رابطه بین بروز بیماری آتشک گلابی در درختان سیب گلدن دلیشز و شاخص تعادل تغذیه‌ای CND

محمد سعید تدین[1]، کبری ثقفی[2]، سهراب صادقی[3]

۱- هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
m.tadayon@areeo.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب تهران ۳- مربی آموزشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

چکیده

بیماری آتشک گلابی تهدیدی عمده برای باغ‌های سیب در مناطق مختلف جهان است. در این مطالعه از روش تشخیص چندگانه CND برای ارزیابی وضعیت عدم تعادل تغذیه‌ای باغ‌های مبتلا به این عارضه استفاده گردید. نرم‌های CND[1] برای زیرجمعیت با شدت آتشک گلابی کم به صورت V*N = 2.813 ± 0.186، V*P = 0.297 ± 0.147، V*K = 2.660 ± 0.149، V*Ca = 2.442 ± 0.218، V*Mg = 1.188 ± 0.061، V*S = 0.595 ± 0.399، V*Fe = -0.952 ± 0.212، V*Mn = -3.132 ± 0.195، V*Zn = -4.040 ± 0.366، V*Cu = -5.032 ± 0.177، V*B = -3.361 ± 0.120، V*Rd = 6.521 ± 0.128. محاسبه گردید. با توجه به شاخص‌های تغذیه‌ای بدست آمده از جمعیت با شدت آتشک کم و زیاد و تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی PCA[2]، مشاهده گردید که از بین شاخص‌های عناصر غذایی برگی، کلسیم، بور، سولفور تأثیر معنی‌داری بر کاهش شدت آتشک گلابی و افزایش عملکرد باغ‌های سیب گلدن دلیشز داشتند. از طرف دیگر، افزایش شاخص‌های پتاسیم و فسفر برگ موجب افزایش شدت بیماری آتشک گلابی شد. تغذیه متعادل و بویژه مدیریت این عناصر می‌تواند موجب بهبود عوارض این بیماری در باغ‌های سیب گردد.

واژگان کلیدی: سیب، آتشک گلابی، شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای

مقدمه

بیماری آتشک گلابی (*Erwinia amylovora* Burr.) بیماری گیاهی باکتریایی مسری است که به عنوان مخرب‌ترین بیماری باغ‌های گلابی، سیب و به شناخته شده که موجب کاهش عملکرد آنها می‌شود (Dougherty و همکاران، ۲۰۲۱). کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی و رشد رویشی زیاد درختان موجب تشدید آتشک گلابی در باغ‌ها شده و مدیریت تغذیه بویژه تغذیه متعادل می‌تواند موجب کاهش اثرات مخرب این بیماری شود (Miloševićو Milošević ، ۲۰۱۵). مهمترین عوامل موثر در بروز بیماری، تنشهای محیطی از جمله تراکم خاک، پهاش بالا، بی‌کربنات و شوری خاک، تنش آبی و غرقاب و وضعیت تغذیه‌ای درختان می‌باشد (Park و همکاران، ۲۰۱۷). عدم تعادل تغذیه‌ای می‌تواند باعث اختلالات و ضعف درختان میوه شود (Matsuoka،۲۰۲۰). روش تشخیص چندگانه CND توانایی تشخیص تغییرات در ترکیب ایونوم[3] و تعاملات چند عنصری برای تشخیص دقیق اختلالات تغذیه‌ای در رابطه با تغییرات فیزیولوژی گیاه را دارد (parent و همکاران، ۲۰۱۳). این روش مبتنی بر تشخیص چند متغیره است و امکان تشخیص و تفسیر نتایج تجزیه برگی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Rozane و همکاران، ۲۰۲۰). این روش هنوز برای تطبیق نسبت مقاومت در باغ‌های سالم و بیمار و تشخیص عدم تعادل تغذیه‌ای که باعث ایجاد بیماری آتشک گلابی در باغ‌های می‌شود، اعمال نشده است. هدف این مطالعه مقایسه تفاوت تغذیه‌ای باغ‌های نسبتاً مقاوم و باغ‌های حساس و تعیین نرم‌ها و شاخص‌های CND و همچنین ایجاد ارتباط بین وضعیت تغذیه و شدت بیماری آتشک گلابی در باغ‌های سیب رقم گلدن دلیشز بود. همچنین با استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی PCA اثرمتقابل شاخص‌های تغذیه‌ای و ارتباط آن با شدت بروز بیماری آتشک گلابی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

[1] Compositional Nutrient Diagnosis
[2] Principal Component Analysis
[3] Ionoms

۶۸ باغ تجاری سیب رقم گلدن دلیشز (Malus domestica Borkh) در مناطق مهم پرورش سیب شامل سپیدان، اقلید، آباده، دزکورد و ممسنی در استان فارس در سال ۱۳۹۸ انتخاب شد. یک پایگاه داده از نتایج تجزیه خاک، برگ، عملکرد و شاخص شدت بیماری آتشک گلابی از این باغها تهیه شد. برای تعیین میزان بروز و شدت بیماری آتشک گلابی، در هر باغ ۱۵ درخت به طور تصادفی از نظر وجود یا عدم وجود عارضه بیماری بررسی شدند. درصد بروز بیماری از نسبت تعداد درختان آلوده (علائم آتشک در زمان گلدهی شامل آبگزیدگی نهنج، تخمدان و دمگل میوه و کدر و خاکستری شدن آنها ۲ هفته پس از ریزش گلبرگ و علائم آتشک شاخه شامل قهوهای شدن شاخهها، آبگزیدگی و تیره شدن پوست، ترکخوردگی پراکنده، و تیره شدن برگ در امتداد رگبرگ اصلی) به تعداد کل درختان بررسی شده به دست آمد (Rehman و همکاران، ۲۰۱۱). شدت بیماری با استفاده از شاخص ۰-۵ بصری تعیین شد. مقیاس رتبهبندی محاسبه شده شامل ۰ = گیاهان سالم، ۱ = ۱-۱۰٪ بروز بیماری، ۲ = ۱۱-۲۰٪ ، ۳ = ۲۱-۳۰٪ ، ۴ = ۳۱-۵۰٪ و ۵ = بیش از ۵۰٪ بود و شاخص بیماری در هر باغ با معادله ۱ محاسبه شد (Kazmi و همکاران، ۲۰۰۵).

$$\text{Disease index (\%)} = \frac{0(n1)+1(n2)+2(n3)+3(n4)+4(n5)+5(n6)}{N} \times \frac{100}{5} \qquad (۱)$$

که در آن n1 تعداد درختان در رتبه بندی ۰، n2 تعداد درختان در رتبه بندی ۱، n3 تعداد درختان در رتبه بندی ۲، n4 تعداد درختان در رتبه بندی ۳، n5 تعداد درختان در رتبهبندی ۴، n6 تعداد درختان در رتبه بندی ۵ و N تعداد کل درختان بود. نمونه مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری تهیه و مورد تجزیه کامل قرا گرفت (احیایی و همکاران، ۱۳۷۲). همچنین نمونه برگ به طور تصادفی در اطراف درختان از برگهای کاملاً بالغ از شاخههای غیر بارده رشد فصل جاری تهیه شد و تجزیه کامل عناصر غذایی انجام شد (امامی، ۱۳۷۵). در زمان برداشت، میانگین وزن محصول برای هر درخت از مجموع ۳۰ درخت نمونهبرداری شده در هر باغ با توزین آنها ثبت شد. محاسبه و تجزیه و تحلیل تشخیص چندگانه CND به روش Prent و Duffier (۱۹۹۲) انجام شد. پس از مرتب نمودن داده ها به صورت نزولی بر اساس شدت بیماری آتشک گلابی، از روش Cate–Nelson برای تقسیم پایگاه داده به دو زیر جمعیت (شدت بیماری کم و شدت بیماری زیاد) بر اساس هر جز (کلیه عناصر غذایی و اثر باقی مانده) استفاده شد (Khiari و همکاران ۲۰۰۱). پس از محاسبه نرمها CND از جمعیت با شدت بیماری آتشک کم، شاخصهای تغذیهای و $CNDr^2$ محاسبه شد. محاسبات توسط نرم افزار Microsoft Excel 2016 انجام شد و تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی PCA توسط نرم افزار Minitab 14 انجام شد.

نتایج و بحث

تقسیم زیر جمعیتها و تعیین جمعیت مرجع (شدت کم آتشک گلابی) بر اساس روش Khiari و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد. برای این منظور از بالاترین مقدار شاخص شدت آتشک گلابی (۱۸/۷۵۹ ٪) در بین فرمهای بیان عناصر غذایی، برای اطمینان از اینکه حداکثر هدف شدت بیماری برای زیر جمعیتی با شدت کم آتشک گلابی محقق شده است، انتخاب شد (جدول ۱).

جدول ۱- برآورد نقطه عطف شاخص شدت بیماری آتشک گلابی (-b/3a) برای عناصر غذایی و مقادیر باقی مانده Rd از طریق توابع نسبت واریانس تجمعی آنها [F_i^c (Vx)] باغهای سیب رقم گلدن دلیشز

اجزاء برگی شامل عناصر غذایی	$F_i^c(V_x) = aY^3 + bY^2 + cY + d$	R^2	نقطه عطف تعیین شده % (-b/3a)
N	$y = -0.0277x^3 + 1.5267x^2 - 28.448x + 185.66$	$R^2 = 0.987$	۱۸/۳۷۲
P	$y = -0.0421x^3 + 2.1466x^2 - 35.282x + 190.88$	$R^2 = 0.964$	۱۶/۹۹۶
K	$y = -0.0505x^3 + 2.5327x^2 - 40.019x + 197.41$	$R^2 = 0.943$	۱۶/۷۱۷
Ca	$y = -0.0504x^3 + 2.5656x^2 - 41.38x + 210.12$	$R^2 = 0.964$	۱۶/۹۶۸
Mg	$y = -0.0213x^3 + 1.1987x^2 - 23.836x + 174.82$	$R^2 = 0.988$	**۱۸/۷۵۹**†

S	$y = -0.0457x^3 + 2.3341x^2 - 37.882x + 194.93$	$R^2 = 0.956$	۱۷/۰۲۵
Fe	$y = -0.0378x^3 + 1.9975x^2 - 34.698x + 207.32$	$R^2 = 0.988$	۱۷/۶۱۵
Mn	$y = -0.0472x^3 + 2.3942x^2 - 39.171x + 213.26$	$R^2 = 0.975$	۱۶/۹۰۸
Zn	$y = -0.029x^3 + 1.6021x^2 - 29.893x + 199$	$R^2 = 0.985$	۱۸/۴۱۵
Cu	$y = -0.0126x^3 + 0.6892x^2 - 18.445x + 161.64$	$R^2 = 0.989$	۱۸/۲۳۳
B	$y = -0.0542x^3 + 2.7612x^2 - 44.472x + 225.09$	$R^2 = 0.971$	۱۶/۹۸۲
*Rd	$y = -0.051x^3 + 2.6159x^2 - 42.822x + 224.18$	$R^2 = 0.971$	۱۷/۰۹۷

* کسر باقیمانده (Rd) † بالاترین مقدار شاخص شدت آتشک گلابی

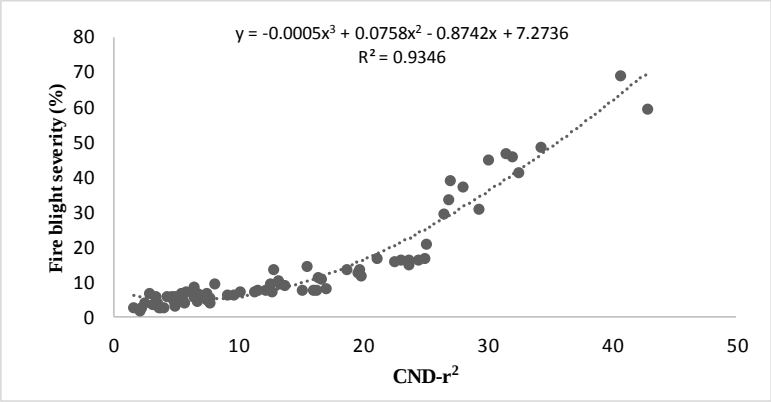
نرم‌های عناصر غذایی یعنی میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی به میانگین هندسی آنها از زیرجمعیت با شدت کم آتشک گلابی (n = ۵۷) (۸۳/۹۵ درصد کل جمعیت) به صورت V*N = 2.813 ± 0.186، V*P = 0.297 ± 0.147، V*K = 2.660 ± 0.149، V*Ca = 2.442 ± 0.218، V*Mg = 1.188 ± 0.061، V*S = 0.595 ± 0.399، V*Fe = -0.952 ± 0.212، V*Mn = -3.132 ± 0.195، V*Zn = -4.040 ± 0.366، V*Cu = -5.032 ± 0.177، V*B = -3.361 ± 0.120، V*Rd = 6.521 ± 0.128. محاسبه گردید. با توجه به اینکه میانگین غلظت عناصر غذایی در زیرجمعیت مرجع به عنوان حد مطلوب در نظر گرفته می شود (Parent و همکاران ۲۰۱۳)، میانگین عناصر غذایی و انحراف معیار آنها در زیر جمعیت با شدت کم آتشک گلابی به عنوان حد مطلوب برای کاهش شدت بیماری برای سیب رقم گلدن دلیشز تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار عناصر غذایی برگی جمعیت مرجع با عملکرد بالا و نتایج مقایسه آن (آزمون T-Student) با زیرجمعیت با عملکرد پایین باغ‌های سیب رقم گلدن دلیشز

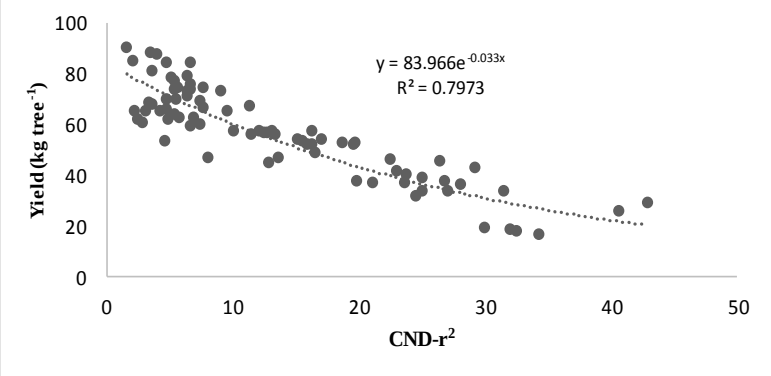
T-test	زیر جمعیت با شاخص شدت بالای آتشک گلابی (n = 11)		زیرجمعیت مرجع با شاخص شدت کم آتشک گلابی (n = 57) دامنه کفایت عناصر غذایی برگی		Units	Nutrient
	SD	Mean	SD	Mean		
۰/۰۰۰**	۰/۱۱۷	۱/۹۴۵	۰/۳۳۳	۲/۳۰۹	(%)	N
۰/۴۵۵ ns	۰/۰۲۱	۰/۱۸۴	۰/۰۱۶	۰/۱۸۵	(%)	P
۰/۱۸۸ ns	۰/۲۳۸	۲/۰۳۶	۰/۱۷	۱/۹۶۸	(%)	K
۰/۰۰۰**	۰/۲۳۱	۰/۶۸۶	۰/۴۳	۱/۶۴۵	(%)	Ca
۰/۰۰۰**	۰/۰۳۳	۰/۳۳۹	۰/۰۵۳	۰/۴۵۳	(%)	Mg
۰/۰۰۰**	۰/۰۴۵	۰/۰۷۶	۰/۰۸۶	۰/۲۶۹	(%)	S
۰/۰۰۱**	۵۱/۰۶۵	۲۶۸/۴۵۵	۷۶/۲۱۳	۳۴۵/۲۵	(mg kg^{-1})	Fe
۰/۰۰۰**	۷/۷۲۱	۴۵/۷۲۷	۱۱/۷۲۴	۶۰/۹۲۶	(mg kg^{-1})	Mn
۰/۱۵۵ns	۱۰/۲۴۸	۲۲/۷۲۷	۱۲/۹۴۳	۲۶/۳۶۸	(mg kg^{-1})	Zn
۰/۴۳۹ns	۱/۷۳۲	۹	۱/۶۸۲	۹/۰۸۸	(mg kg^{-1})	Cu
۰/۰۰۰**	۵/۰۲۷	۲۷/۴۵۵	۹/۵۰۹	۴۸/۶۰۳	(mg kg^{-1})	B
۰/۰۰۰**	۲/۱۶۵	۲۱/۲۶	۳/۶۱۴	۷/۴۸۹	(%)	شاخص شدت آتشک گلابی
۰/۰۰۰**	۷/۷۱۱	۲۹/۵۹۴	۱۴/۳۴۱	۶۱/۴۷۵	(kg $tree^{-1}$)	عملکرد

** با توجه به آزمون T-student اختلاف معنی‌دار در سطح P <0.01 ns فاقد اختلاف معنی دار انحراف معیار (SD)

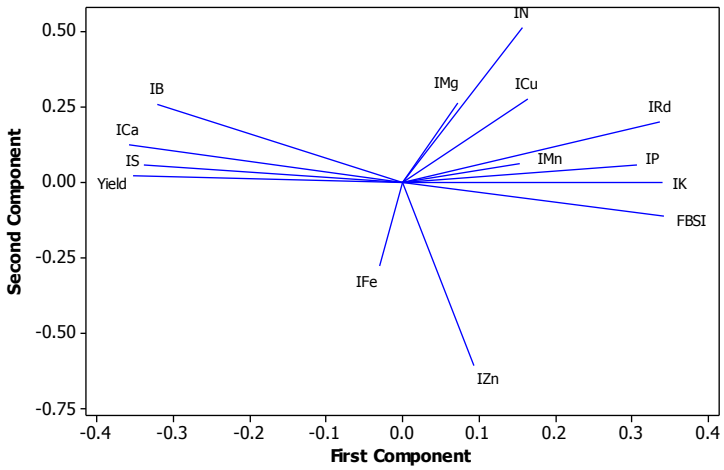
از نرم‌های مرجع CND برای محاسبه شاخص‌های CND (IX) و تعیین شاخص عدم تعادل عناصر غذایی ($CNDr^2$) استفاده شد. از برازش رگرسیونی برای تعیین مقادیر بحرانی شاخص‌های عناصر غذایی روش تشخیص چندگانه و چندمتغیره CND استفاده گردید (شکل ۱). همچنین رابطه بین عملکرد و $CNDr^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) تعیین شد (شکل ۲).



شکل ۱- رابطه بین شدت آتشک گلابی و CND-r2 (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) باغ های سیب رقم گلدن دلیشز (n = ۶۸). کاهش مقدار CND-r2 به کمتر از ۲۰/۳۸، شدت بیماری آتشک گلابی را به زیر ۱۸/۷۵ درصد کاهش داد.



شکل ۲- رابطه بین عملکرد و CND-r2 (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) باغ های سیب رقم گلدن دلیشز (n = ۶۸). کاهش مقدار CND-r2 به کمتر از ۲۰/۳۸، میزان عملکرد را به بیش از ۴۲/۸۵۷ کیلوگرم به ازاء هر درخت افزایش داد.



شکل ۳- تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی PCA از اثرات مختلف شاخص‌های CND (IX) بر ممیزه‌های زیر جمعیت با شدت بالای آتشک گلابی (loading plot). اولین مولفه اصلی ۵۲/۴ درصد و دومین مولفه ۱۴/۳ درصد از توزیع واریانس‌ها را در زیرجمعیت باغ‌های سیب رقم گلدن دلیشز با شدت بالای آتشک گلابی را به خود اختصاص دادند. شاخص شدت آتشک گلابی (Fire blight severity index FBSI).

در زیرجمعیت باغ‌های سیب با شدت آتشک کم شاخص‌های عناصر غذایی برگی S، Ca و B نقش موثر بر کاهش شدت آتشک گلابی داشتند. افزایش شاخص‌های پتاسیم و فسفر برگ موجب افزایش شدت بیماری آتشک گلابی شد. کاربرد بیش از حد کودهای پتاسه، به دلیل اثر آنتاگونیستی، می‌تواند مانع جذب کلسیم و بور شود که از این نظر گیاه را مستعد بیماری‌های باکتریایی می‌کند (Rietra و همکاران، ۲۰۱۷ ؛ Machado و همکاران، ۲۰۱۸). کلسیم و بور تجمع و جذب قند ساکارز را تعدیل می‌کند که موجب تنظیم پاسخ به تنش های زنده و غیر زنده است (Sakr و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین Ca و S به عنوان پیام رسان ثانویه در انتقال سیگنال مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده عمل می‌کنند (Ahmed و همکاران، ۲۰۲۱).

نتیجه‌گیری

شاخص‌های عناصر غذایی برگی، کلسیم، بور، سولفور و روی تأثیر معنی‌داری بر کاهش شدت آتشک گلابی و افزایش عملکرد باغ‌های سیب گلدن دلیشز داشتند و تغذیه متعادل و بویژه مدیریت این عناصر می‌تواند موجب بهبود عوارض این بیماری در باغ‌های سیب گردد. با توجه به محدودیت‌های خاکی موجود، کاربرد این عناصر غذایی بویژه از طریق محلول‌پاشی را می توان توصیه نمود.

فهرست منابع

احیایی ، ع.، بهبهانی‌زاده م.، بهبهانی‌زاده، ع. ا.(۱۳۷۲). شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک وآب.

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران.

Ahmed M., Fahad S., Ali M.A., Hussain S., Tariq M., Ilyas F., Ahmad S., Saud S., Hammad H.M., Nasim W., Wu C. And Liu H. (2021). Hydrogen Sulfide: A Novel Gaseous Molecule for Plant Adaptation to Stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-17.

Dougherty L., Wallis A., Cox K., Zhong G.Y. and Gutierrez B. (2021). Phenotypic Evaluation of Fire Blight Outbreak in the USDA Malus Collection. *Agronomy*, 11(1), 144.

Kazmi M.R., Fateh F.S., Majeed K., Kashkhely A.M., Hussain I., Ahmad I. and Jabeen A. (2005). Incidence and etiology of mango sudden death phenomenon in Pakistan. *Pak. J. Phytopathol*, 17(2), 154-158.

Khiari L., Parent L.E. and Tremblay N. (2001). Selecting the High-Yield Subpopulation for Diagnosing Nutrient Imbalance in Crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802-808.

Machado P.P., Steiner F., Zuffo A.M., Machado R.A. (2018) Could the supply of boron and zinc improve resistance of potato to early blight? Potato Research, 61, 169-182.

Matsuoka K. (2020). Methods for Nutrient Diagnosis of Fruit Trees Early in the Growing Season by Using Simultaneous Multi-element Analysis. *The Horticulture Journal*, UTD-R006.

Milošević T., and Milošević N. (2015). Apple fruit quality, yield and leaf macronutrients content as affected by fertilizer treatment. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(1), 76-83.

Parent S.É., Parent L.E., Egozcue J.J., Rozane D.E. Hernandes A., Lapointe L. and Natale W. (2013). The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. *Frontiers in Plant Science*, 4, 39.

Park D.H., Lee Y.G., Kim J.S., Cha J.S. and Oh C.S. (2017). Current status of fire blight caused by Erwinia amylovora and action for its management in Korea. *Journal of Plant Pathology*, 59-63.

Quaglia M., Bocchini M., Orfei B., D'Amato R., Famiani F., Moretti C. And Buonaurio R. (2021). Zinc phosphate protects tomato plants against Pseudomonas syringae pv. tomato. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-10.

Rehman A., Saleem M., Mehboob S., and Bokhari A.A. (2011). Fungi associated with rhizosphere soil in mango decline orchards and their in vitro control. *Pak. J. Phytopathol*, 23(2), 112-117.

Rietra R.P., Heinen M., Dimkpa C.O., Bindraban P.S. (2017) Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. Commun Soil Sci plant Anal, 48, 1895-1920.

Rozane D.E., Vahl de Paula B., Wellington Bastos de Melo G., Haitzmann dos Santos E.M., Trentin E., Marchezan C., Stefanello da Silva L.O., Tassinari A,, Dotto L., Nunes de Oliveira F. and Natale W. (2020). Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Applied to Grapevines Grown in Subtropical Climate Region. *Horticulturae*, 6,56.

Sakr S., Wang M., Dédaldéchamp F., Perez-Garcia M.D., Ogé L., Hamama L. And Atanassova R. (2018). The sugar-signaling hub: overview of regulators and interaction with the hormonal and metabolic network. *International journal of molecular sciences*, 19(9), 2506.

Zhang X., Wei J., Huang Y., Shen W., Chen X., Lu C. And Cui J. (2018). Increased cytosolic calcium contributes to hydrogen-rich water-promoted anthocyanin biosynthesis under UV-A irradiation in radish sprouts hypocotyls. *Frontiers in plant science*, 9, 1020.

Relationships between the incidence of fire blight in Golden Delicious apple trees and nutrient imbalance indices

Mohammad Saeed Tadayon[1], Kobra Saghafi[2], Sohrab Sadeghi[3]

[1]Correspondent author, Associate professor of Soil and Water Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email m.tadayon@areeo.ac.ir, http://orcid.org/0000-0003-4026-7407

[2]Instructor of Biology and Biotechnology Department, Soil and Water Research Institue, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email saghafi.varesh@gmail.com,

[3]Instructor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email so.sadeghi@areeo.ac.ir, https://orcid.org/0000-0002-1022-891X

Abstract

Erwinia amylovora, the causative agent of fire blight disease is a major threat to the apple orchards in various regions of the world. The multivariate compositional nutrient diagnosis (CND) was considered to evaluate the nutrient imbalance causing fire blight development in 'golden delicious' apple. To establish CND norms and the fire blight severity index, 81 commercial orchards were determined. The CND norms for a low-fire blight severity subpopulation were calculated as $V^*_N = 2.813 \pm 0.186$, $V^*_P = 0.297 \pm 0.147$, $V^*_K = 2.660 \pm 0.149$, $V^*_{Ca} = 2.442 \pm 0.218$, $V^*_{Mg} = 1.188 \pm 0.061$, $V^*_S = 0.595 \pm 0.399$, $V^*_{Fe} = -0.952 \pm 0.212$, $V^*_{Mn} = -3.132 \pm 0.195$, $V^*_{Zn} = -4.040 \pm 0.366$, $V^*_{Cu} = -5.032 \pm 0.177$, $V^*_B = -3.361 \pm 0.120$, $V^*_{Rd} = 6.521 \pm 0.128$. According to the nutritional indices obtained from the population with low and high fire blight intensity and the principal component analysis (PCA), it was observed that among the indices of leaf nutrients, calcium, boron, and sulfur had a significant effect on the reduction of fire blight severity index and enhancement of the yield in 'golden delicious' apple orchards. On the other hand, increasing potassium and leaf phosphorus indices increased the severity of fire blight. The balanced nutrition and especially management of these elements can improve the effects of this disease in apple orchards.

Keywords: Apple, Fire blight, Mineral nutrition, Nutrient imbalance indices

تأثیر سطوح مختلف بیوچار بقایای ذرت و باگاس نیشکر بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خاک

اکبر کریمی[1*]، عبدالامیر معزی[2]، مصطفی چرم[2]، نعیمه عنایتی‌ضمیر[3]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

*نویسنده مسئول: akbar.karimi84@yahoo.com

چکیده

کمبود کربن آلی یکی از مشکلات اساسی خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک است. کاربرد بیوچار می‌تواند در بهبود کربن آلی و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک مؤثر باشد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر بیوچارهای تهیه شده از بقایای ذرت و باگاس نیشکر در سطح ۱ و ۲ درصد وزنی بر تغییرات کربن آلی و ویژگی‌های بیوشیمیایی یک خاک آهکی تحت کشت ذرت بود. به این منظور بیوچارهای بقایای ذرت و باگاس نیشکر در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس، در سطوح ۱ و ۲ درصد با نمونه خاک ترکیب شدند. سپس کشت گیاه ذرت در گلدان‌های ۵ کیلوگرمی انجام شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد هر دو نوع بیوچار سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی کل (۵۶/۷-۱۱۵/۴٪) و محلول (۲۴/۳-۶۰/۹٪) خاک، تنفس میکروبی (۸۵/۸-۴۳/۸٪)، تنفس برانگیخته با سوبسترا (۴۴/۵-۹۸/۹٪) و کربن زیست‌توده میکروبی (۵۴/۸-۹۳/۴٪) شد. تأثیر کاربرد بیوچارها در سطح ۲ درصد در تغییرات کربن آلی و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک، بیش‌تر از کاربرد سطح ۱ درصد آن‌ها بود. همچنین نتایج همچنین نشان داد تیمارهای بیوچار بقایای ذرت در مقایسه با تیمارهای باگاس نیشکر در بهبود کربن آلی و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک مؤثرتر بودند. به‌طور کلی نتایج نشان داد بیوچارهای تهیه شده از بقایای ذرت و باگاس نیشکر می‌توانند اصلاح کننده آلی مناسبی برای بهبود ماده آلی خاک و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک باشند.

واژگان کلیدی: کربن آلی، زیست‌توده، اصلاح کننده، ریزجانداران خاک

مقدمه

کمبود مواد آلی و پیامدهای نامطلوب ناشی از آن یکی از مشکلات اصلی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک است. (El-Naggar *et al*., 2019). کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین واقع شده است و مقدار مواد آلی در اغلب اراضی کشاورزی ایران بسیار کم‌تر از حد مطلوب می‌باشد (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). توجه به مدیریت مواد آلی، افزون بر بهبود ویژگی‌های خاک، مانع از تصاعد کربن آلی به اتمسفر و پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی ناشی از آن می‌شود. برای حفظ کیفیت و حاصلخیزی خاک، بهبود ویژگی‌های خاک و حفظ تعادل در عوامل زیست محیطی، افزودن مواد آلی به خاک‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک امری ضروری است (El-Naggar *et al*., 2019).

در سال‌های اخیر کاربرد بیوچار در خاک به‌عنوان یکی از راه‌کارهای افزایش مواد آلی خاک، مورد توجه قرار گرفته است (Siedt *et al*., 2021; Zhang *et al*., 2021). بیوچار یک ماده متخلخل و غنی از کربن است که از تجزیه حرارتی زیست‌توده‌ها در شرایط بدون اکسیژن و یا اکسیژن کم و در دماهای مختلف تهیه می‌شود (Yu *et al*., 2019; Wang et al. 2020). نتایج مطالعات نشان داده افزودن بیوچار به‌عنوان یک منبع کربن به خاک می‌تواند در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (Zhang et al., 2021)، فعالیت میکروبی خاک (Karimi *et al*., 2020; Moradi and Karimi, 2021) و کیفیت و حاصلخیزی خاک و به‌دنبال آن افزایش رشد و عملکرد گیاهان مؤثر باشد (Siedt *et al*., 2021).

ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت خاک می‌باشند. افزودن اصلاح کننده‌های آلی مانند بیوچار، به خاک احتمالاً می‌تواند راهکار مناسبی برای بهبود فعالیت میکروبی خاک باشد (Karimi *et al*., 2020; Manirakiza *et al*., 2021). بیوچار با ایجاد تغییرات مثبت در ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک می‌تواند در عملکرد ریزجانداران خاک موثر باشد (Song *et al*., 2019; Zhang *et al*., 2021). بیوچار همچنین به‌دلیل داشتن ساختار متخلخل و سطح ویژه بالا، می‌تواند زیستگاه‌های مناسبی را برای ریزجانداران فراهم نموده و فعالیت میکروبی خاک را افزایش دهد (Song *et al*., 2018; Karimi *et al*., 2020). افزون بر این بیوچار می‌تواند با بهبود ظرفیت نگهداشت آب خاک و یا وجود ترکیبات کربنی قابل دسترس برای استفاده ریزجانداران خاک، فعالیت میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار دهد (Song *et al*., 2018; Siedt *et al*., 2021). نتایج مطالعه Lopez *et al*., (2021) نشان داد کاربرد بیوچار بقایای اوکالیپتوس در یک خاک تحت کشت نیشکر، فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک را افزایش داد.

تأثیر بیوچار بر فعالیت ریزجانداران خاک و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک به‌دلیل تفاوت در نوع خاک، نوع بیوچار و زیست‌توده آن و شرایط گرماکافت بیوچار متفاوت می‌باشد (Siedt *et al*., 2021). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد بیوچار تهیه شده از بقایای ذرت و باگاس نیشکر بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی یک خاک آهکی تحت کشت ذرت بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای تهیه بیوچار، از دو زیست‌توده بقایای گیاهی ذرت و باگاس نیشکر استفاده شد. زیست‌توده بقایای ذرت از مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز و زیست‌توده باگاس نیشکر از کشت و صنعت نیشکر دهخدا در شهرستان اهواز تهیه شد. زیست‌توده‌های تهیه شده ابتدا هوا خشک شده و پس از آسیاب کردن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شدند (Singh *et al*., 2017). بیوچارها در کوره الکتریکی در شرایط گرماکافت آهسته، به مدت ۳ ساعت، در دماهای ۳۰۰ درجه سلسیوس و با نرخ افزایش دمای ۵ درجه سلسیوس در دقیقه تهیه شدند. برای ایجاد شرایط بدون اکسیژن از جریان گاز نیتروژن استفاده شد. پس از تهیه بیوچارها ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد (Singh *et al*., 2017). این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار ۱- بدون کاربرد بیوچار (شاهد)، ۲- کاربرد بیوچار بقایای ذرت در سطح یک درصد وزنی، ۳- کاربرد بیوچار باگاس نیشکر در سطح یک درصد وزنی، ۴- کاربرد بیوچار بقایای ذرت در سطح دو درصد وزنی و ۵- کاربرد بیوچار باگاس نیشکر در سطح دو درصد وزنی، در شرایط گلخانه‌ای و در سه تکرار انجام شد. برای انجام این پژوهش یک نمونه خاک از زمین‌های زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، هوا-خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی، غیرشور، کربنات کلسیم بالا (۴۱/۳ درصد) و دارای مقدار کربن آلی کم (۰/۴۱ درصد) بود (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و بیوچارهای مورد استفاده در این پژوهش

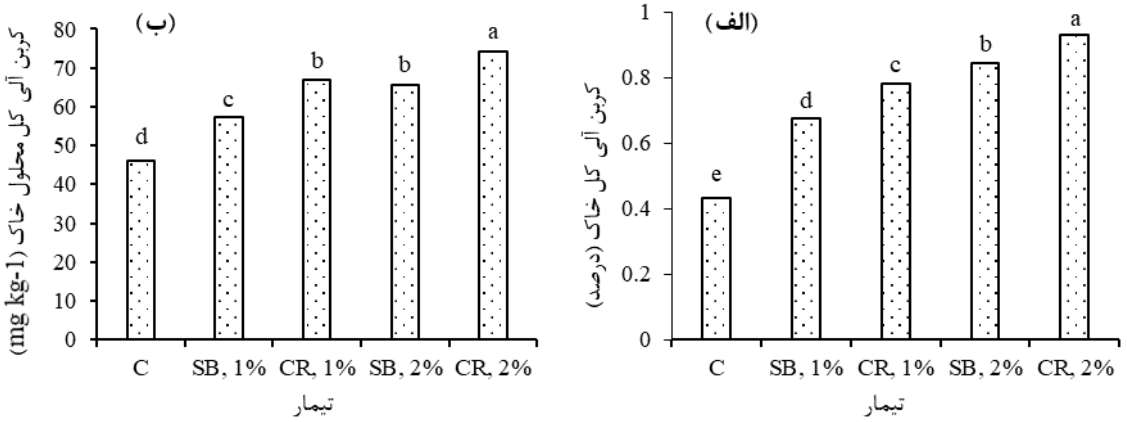
ویژگی	pH	EC	CEC	سطح ویژه	کربن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
واحد	-	dS m^{-1}	cmol$_c$ kg^{-1}	m^2 g^{-1}	%	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	
خاک	۷/۷	۲/۴۵	۱۲/۶	-	۰/۴۱	۰/۳۶	۱۳/۵	۲۷۳/۳
بقایای ذرت	۶/۷۶	۳/۴۳	۳۵/۴۴	۱۲/۴۶	۴۸/۷۰	۱۰/۴۲	۷۸۶	۲۳۴۳۰
باگاس نیشکر	۶/۶۲	۰/۸۶	۳۳/۸۵	۱۰/۱۵	۴۵/۱۵	۶/۸۵	۱۵۶	۸۱۶

برای اعمال تیمارها، ابتدا بیوچارهای آماده شده با نمونه‌های ۵ کیلوگرمی از خاک هوا خشک شده، به‌طور یکنواختی درون کیسه‌های پلاستیکی ترکیب شدند، سپس نمونه‌های آماده شده (ترکیب خاک و بیوچار) به گلدان‌های ۵ کیلوگرمی انتقال داده شدند. رطوبت خاک گلدان‌ها با افزودن آب مقطر به حد رطوبت ظرفیت زراعی رسانده شد. پس

از اعمال تیمارها و آماده سازی گلدان‌ها، در هر گلدان ۶ بذر ذرت در عمق حدود دو سانتی‌متری کشت شد. نمونه‌ها در شرایط کنترل شده در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، نگه‌داری شدند. در طول دوره رشد، رطوبت گلدان‌ها روزانه بصورت وزنی با افزودن آب مقطر (بدون ایجاد زهاب) در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کنترل شد. پس از پایان دوره رویشی گیاه، برداشت گیاه انجام شد. پس از برداشت گیاه، از نمونه‌های خاک گلدان‌ها نمونه‌برداری شد و کربن آلی کل خاک (SOC) به‌روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sommers, 1996) و کربن آلی محلول خاک (DOC) به‌روش عصاره‌گیری با سولفات پتاسیم نیم‌مولار (K_2SO_4) اندازه‌گیری شد (Herbert and Bertsch, 1995). تنفس میکروبی پایه (MBR) با روش گردآوری CO_2 آزاد شده در هیدروکسید سدیم و تیتراسیون برگشتی مقدار باقی‌مانده‌ی آن با اسیدکلریدریک (Anderson, 1982)، تنفس برانگیخته با سوبسترا (SIR) (Alef and Nannipieri, 1995) و کربن زیست‌توده میکروبی خاک (MBC) به روش تدخین- عصاره‌گیری (Jenkinson and Ladd, 1981) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد تمامی تیمارهای بیوچار، سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی کل (۱۱۵/۴٪-۵۶/۷) و کربن آلی محلول (۶۰/۹٪-۲۴/۳) خاک شد (شکل ۱). این افزایش در تیمارهای کاربرد سطح ۲ درصد بیوچارها، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کاربرد سطح ۱ درصد آن‌ها بود. همچنین مقادیر کربن آلی کل و محلول خاک در خاک‌های تیمار شده با بیوچار بقایای ذرت به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بیوچار باگاس نیشکر، بود (شکل ۱).



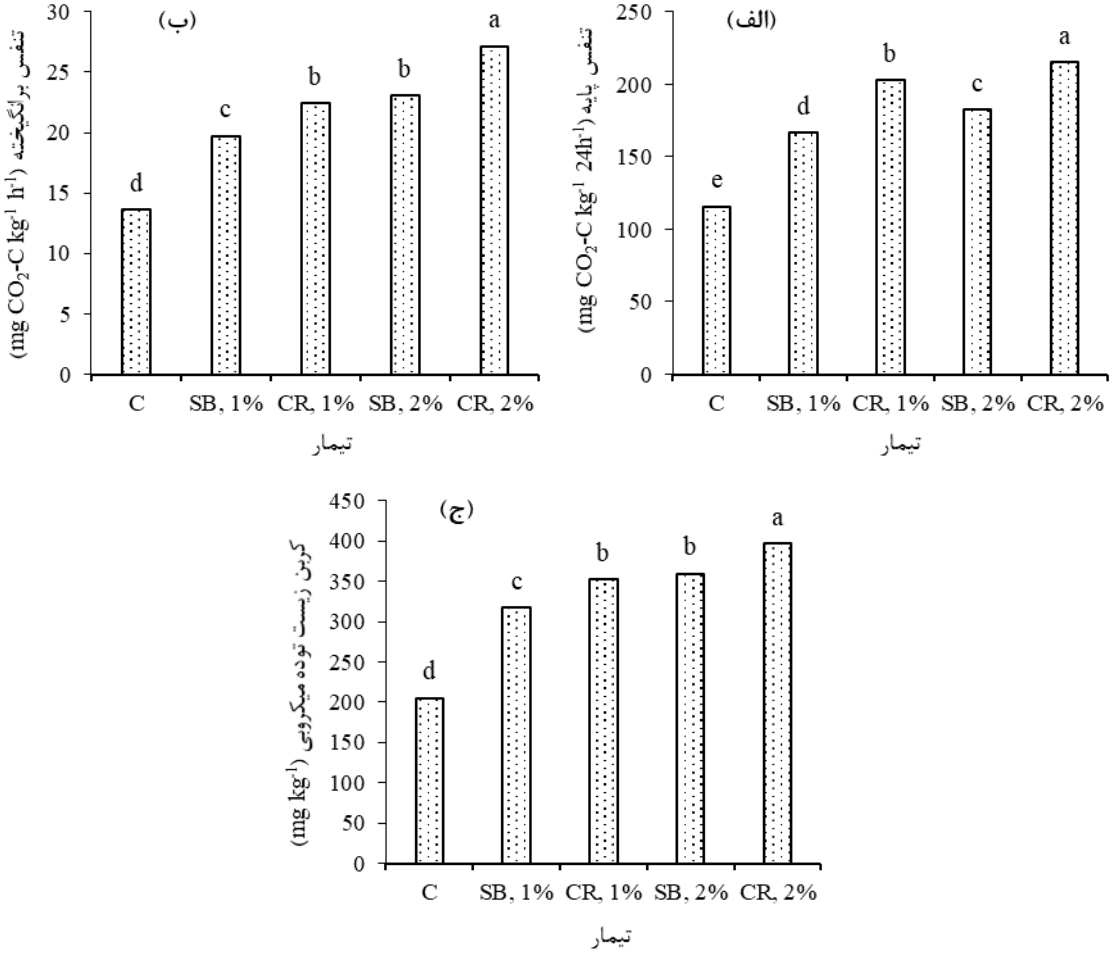
شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بیوچار بر کربن آلی کل (الف) و کربن آلی محلول (DOC) (ب) خاک

C: شاهد؛ SB: بیوچار باگاس نیشکر؛ CR: بیوچار بقایای ذرت؛

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) ندارند.

افزایش کربن آلی کل خاک در اثر افزودن زغال زیستی به خاک به‌دلیل کربن زغال‌های زیستی می‌باشد، که توسط بسیاری از پژوهش‌گران نیز گزارش شده است (ایپولیتو و همکاران، ۲۰۱۶؛ خادم و رئیسی، ۲۰۱۷؛ نعیم و همکاران، ۲۰۱۷؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۶). تاثیر بیش‌تر بیوچار بقایای ذرت در افزایش کربن آلی خاک را می‌توان به محتوای کربن آلی بیش‌تر در بیوچار بقایای ذرت (جدول ۱) نسبت داد. به‌طور مشابه با این پژوهش، Manolikaki and Diamadopoulos (2019) با بررسی تاثیر کاربرد سطح ۲ درصد وزنی زغال زیستی تهیه شده از سبوس برنج، در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس، به یک خاک تحت کشت ذرت دریافتند کاربرد بیوچار سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک شد. با توجه به این‌که بیوچارهای استفاده شده در این پژوهش در دمای پایین تهیه شده بودند و بیوچارهای تهیه شده در دماهای پایین، دارای کربن قابل دسترس نسبتاً بالایی می‌باشند، بنابراین در اثر کاربرد بیوچار، کربن آلی محلول

خاک افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که این بیوچارها دارای کربن قابل دسترس بوده که می‌تواند در خاک آزاد شود و منبع انرژی و تغذیه مناسبی برای ریزجانداران خاک می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بیوچار بر تنفس میکروبی پایه (الف)، تنفس برانگیخته با سوبسترا (ب) و کربن زیست‌توده میکروبی (ج)

C: شاهد؛ SB: بیوچار باگاس نیشکر؛ CR: بیوچار بقایای ذرت؛

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) ندارند.

کاربرد هر دو نوع بیوچار بقایای ذرت و باگاس نیشکر در هر دو سطح ۱ و ۲ درصد سبب افزایش معنی‌دار تنفس میکروبی پایه (MBR)، تنفس برانگیخته با سوبسترا (SIR) و کربن زیست‌توده میکروبی (MBC) شد (شکل ۲). تاثیر کاربرد سطح ۲ درصد بیوچارها در افزایش MBR، SIR و MBC به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کاربرد سطح ۱ درصد آن-ها بود (شکل ۳ و ۴). کاربرد سطح ۱ درصد بیوچارهای باگاس نیشکر و بقایای ذرت مقدار MBR را به‌ترتیب ۴۳/۸، ۵۷/۹ درصد، SIR را به‌ترتیب ۴۴/۵، ۶۴/۶ درصد و MBC را به‌ترتیب ۵۴/۸، ۷۲/۱ درصد افزایش داد. همچنین کاربرد سطح ۲ درصد بیوچارهای باگاس نیشکر و بقایای ذرت مقدار MBR را به‌ترتیب ۷۵/۱، ۸۵/۸ درصد، SIR را به‌ترتیب ۶۹/۱، ۹۸/۹ درصد و MBC را به‌ترتیب ۷۵/۳، ۹۳/۴ درصد افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها همچنین نشان داد تأثیر تیمارهای بیوچار بقایای ذرت در افزایش MBR، SIR و MBC بیش‌تر از تیمارهای بیوچار باگاس نیشکر بود (شکل ۲). این نتیجه احتمالاً به‌دلیل بیش‌تر بودن کربن آلی محلول خاک و محتوای کربن قابل دسترس برای ریزجانداران خاک در تیمارهای بیوچار بقایای ذرت نسبت به تیمارهای باگاس نیشکر بوده است (شکل ۲). افزایش

تنفس میکروبی خاک در اثر کاربرد تیمارهای بیوچار می‌تواند به‌دلیل مواد فرار و ترکیبات جذب سطحی شده بر روی سطح بیوچار باشد، چرا که این ترکیبات می‌توانند به عنوان سوبسترای قابل دسترس برای ریزجانداران خاک عمل نموده و سبب افزایش رشد و فعالیت میکروبی در خاک‌های تیمار شده با بیوچار شوند (Lopez *et al*., 2021). افزایش تنفس برانگیخته با سوبسترا در تیمارهای کاربرد بیوچارها نشان می‌دهد، در اثر کاربرد بیوچارها زیست‌توده فعال ریزجانداران خاک افزایش می‌یابد، زیرا این شاخص جمعیت فعال میکروبی خاک را نشان می‌دهد (Song *et al*., 2018). بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک و افزایش زیست‌توده میکروبی در اثر کاربرد بیوچارها، می‌تواند از دیگر دلایل افزایش تنفس میکروبی خاک در این تیمارها باشد. افزایش کربن زیست‌توده میکروبی خاک در اثر کاربرد بیوچارها، می‌تواند به‌دلیل افزایش کربن آلی خاک (شکل ۱) در اثر افزودن بیوچارها باشد. همچنین افزایش کربن زیست‌توده میکروبی خاک در اثر افزودن بیوچار می‌تواند به این دلیل باشد که بیوچار با داشتن ساختار متخلخل و سطح ویژه بالا می‌تواند زیستگاه مناسبی برای ریزجانداران خاک فراهم کند (ژو و همکاران، ۲۰۱۷). به‌طور مشابه نتایج پژوهش واحدی و همکاران (۱۳۹۸) نیز نشان داد کاربرد بیوچار ضایعات هرس سیب و انگور سبب افزایش چشم‌گیر، MBR، SIR و MBC در یک خاک آهکی تحت کشت گندم (در خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری) شد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تغییرات ویژگی‌های بیوشیمیایی به نوع زیست‌توده بیوچار و سطح کاربرد آن بستگی دارد. به‌طوری که سطح کاربرد ۲ درصد بیوچارهای بقایای ذرت و باگاس نیشکر در مقایسه با سطح ۱ درصد آن‌ها، تأثیر بیش‌تری در بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک داشت. همچنین بیوچار بقایای ذرت در بهبود کربن آلی و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک از بیوچار باگاس نیشکر، مؤثرتر بود. باتوجه به این‌که یکی از مشکلات عمده خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک ایران کمبود مواد آلی و پیامدهای نامطلوب ناشی از این کمبود است، بنابراین افزودن بیوچارهای تهیه شده از بقایای ذرت و باگاس نیشکر در دماهای پایین، به خاک‌های آهکی ایران می‌تواند سبب بهبود کربن آلی خاک و به‌دنبال آن سبب بهبود فعالیت میکروبی و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک شود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد کاربرد بیوچار بقایای ذرت و باگاس نیشکر (به‌ویژه بیوچار بقایای ذرت) در خاک‌های آهکی با ماده آلی پایین، در بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک، بسیار موثر می‌باشد.

فهرست منابع

شهبازی، ک. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاکهای کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی، ۱ (۱): ۱۵-۱.

واحدی، ر.، رسولی صدقیانی، م. ح.، برین، م. ۱۳۹۸. تأثیر بیوچار ضایعات هرس درختان میوه بر برخی خصوصیات بیولوژیکی خاک در شرایط رایزوباکس. مجله علوم آب و خاک، ۲۳ (۱): ۳۳۶-۳۲۱.

Anderson, J. P. E. (1982). Soil respiration. In: A.L. and R. H. Mille (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. Madison, WI.

El-Naggar, A., Lee, S. S., Rinklebe, J., Farooq, M., Song, H., Sarmah, A. K., Zimmerman, A. R., Ahmad, M., Shaheen, S. M., Ok, Y. S. (2019). Biochar application to low fertility soils: a review of current status, and future prospects. *Geoderma*, 337,536-554.

Herbert, B. E., Bertsch, P. M. (1995). Characterization of dissolved and colloidal organic matter in soil solution: a review. *Carbon forms and functions in forest soils*, 63-88.

Jenkinson, D. S. and Ladd J. N. 1981. Microbial biomass in soil measurement and turnover. P415-471, *In*: Paul E. A., Ladd, J. N. (Ed.). Soil Biochemistry, Marcel Dekker, Inc., NY.

Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M., Enayatizamir, N. (2020). Application of biochar changed the status of nutrients and biological activity in a calcareous soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*(2), 450-459.

Lopes, E. M. G., Reis, M. M., Frazão, L. A., da Mata Terra, L. E., Lopes, E. F., dos Santos, M. M., Fernandes, L. A. (2021). Biochar increases enzyme activity and total microbial quality of soil grown with sugarcane. *Environmental Technology and Innovation*, *21*, 101270.

Manirakiza, E., Ziadi, N., Hamel, C., Lévesque, V., Antoun, H., Karam, A. (2021). Soil microbial community dynamics after co-application of biochar and paper mill biosolids. *Applied Soil Ecology*, *165*, 103960.

Manolikaki, I., Diamadopoulos, E. (2019). Positive effects of biochar and biochar-compost on maize growth and nutrient availability in two agricultural soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(5), 512-526.

Moradi, N., Karimi, A. (2021). Fe-Modified common reed biochar reduced cadmium (Cd) mobility and enhanced microbial activity in a contaminated calcareous soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(1), 329-340.

Nelson, D. W., Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter. P. In D. L. Sparks et al., (eds). Methods of soil analaysis. Part III. 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison, WI.

Siedt, M., Schäffer, A., Smith, K. E., Nabel, M., Roß-Nickoll, M., van Dongen, J. T. (2020). Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides. *Science of the Total Environment*, 751, 141607.

Singh, B., Camps-Arbestain, M., Lehmann, J. (2017). Biochar: a guide to analytical methods. Csiro Publishing.

Song, D., Tang, J., Xi, X., Zhang, S., Liang, G., Zhou, W., Wang, X. (2018). Responses of soil nutrients and microbial activities to additions of maize straw biochar and chemical fertilization in a calcareous soil. *European Journal of Soil Biology*, 84, 1-10.

Song, D., Xi, X., Zheng, Q., Liang, G., Zhou, W., Wang, X., (2019). Soil nutrient and microbial activity responses to two years after maize straw biochar application in a calcareous soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 348-356.

Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Yu, Z., Huang, J., Tang, H., Wei, X., Gao, B. (2019). Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. *Journal of Environmental Management*, 232, 8-21.

Effect of different levels of corn residues and sugarcane bagasse biochar application on some biochemical characteristics of soil

Akbar Karimi[1*], Abdoilamir Moezzi[2], Mostafa Chorom[2], Naeimeh Enayatizamir[3]

1. Ph.D Graduated of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

3. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

* Corresponding Author's Email: akbar.karimi84@yahoo.com

Abstract

Organic carbon deficiency is one of the main problems of the calcareous soils in arid and semi-arid regions. The application of biochar can be effective in improving organic carbon and biochemical properties of soil. The aim of this study was to investigate the effect of biochars prepared from corn and sugarcane bagasse residues at the level of 1 and 2 wt% on organic carbon changes and biochemical characteristics of a calcareous soil. For this purpose, corn residue and sugarcane bagasse biochars were combined with soil samples at 1 and 2% at 300 °C. Then corn was grown in 5 kg pots. This study was carried out in a completely randomized design with five treatments and three replications. The results indicated that the addition of both types of biochar caused a significant increase in total (56.7-115.4%) and dissolved soil organic carbon (24.3-60.9%), microbial basal respiration (43.8-85.8%), substrate induced respiration (44.5-98.9%) and microbial biomass carbon (54.8-93.4%). The effect of biochar application at 2% level on organic carbon changes and soil biochemical properties was greater than their 1% level application. The results also revealed that corn residues biochar treatments were more effective in improving organic carbon and soil biochemical traits than sugarcane bagasse biochar treatments. In general, the results demonstrated that biochars derived from corn residue and sugarcane bagasse can be suitable organic amendment to improve soil organic matter and biochemical characteristics.

Keywords: Organic carbon, Feedstocks, amendment, Soil microorganisms

بررسی وضعیت عناصرغذایی در باغ‌های پسته استان قزوین

مهرزاد محصص مستشاری[۱]، اعظم خسروی نژاد[۲]، سعید کاشانی زاده[۳]

[۱]دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران ایمیل mm_mohasses@yahoo.com

[۲]محقق مرکزتحقیقات وآموزش کشاورزی ومنابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ،قزوین، ایران. ایمیل azam_khosravinejad@yahoo.com

[۳]عضوهیات علمی مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی ومنابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران. ایمیل sdkashanizade@yahoo.com

چکیده

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات شهرستان بویین‌زهرا در استان قزوین می‌باشد ولی مشکلاتی نظیر کمبود عملکرد و کیفیت در باغ‌ها وجود دارد که یکی از دلایل مهم این امر ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در باغ‌ها می‌باشد. لذا جمع‌آوری اطلاعات از عوامل مؤثر در تولید محصول و واسنجی نمودن آن‌ها برای ارائه توصیه‌های مناسب و دقیق‌تر جهت بهبود وضعیت رشد و افزایش کمیت و کیفیت محصول ضرورت دارد. استفاده از شاخص‌های تغذیه‌ای به منظور بهینه کردن مصرف کودها و تشخیص اختلالات تغذیه‌ای ضروری به نظر می‌رسد. بررسی نتایج شاخص‌های تغذیه‌ای به دست آمده در تعیین اختلال تغذیه‌ای و اولویت بندی کمبودها، نشان داد که وضعیت عناصرغذایی باغ‌های پسته استان مطلوب نبوده که به نوبه خود بیانگر نبود مدیریت صحیح وکوددهی نامتعادل در این باغ‌ها می‌باشد کمبود برخی از عناصر غذایی در هر دو روش در باغ‌های استان دارای محدودیت شدید می‌باشند، بطوریکه عناصر منیزیم، فسفر و منگنز در این گروه قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: پسته، تعادل عناصر، شاخص‌های DOP، CND

مقدمه

گیاهان باغی برخلاف گیاهان زراعی، گیاهانی ثابت و دائمی هستند و اجرای برنامه‌های کودی دراز مدت را طلب می‌کنند. روش تجزیه گیاه و پایش وضعیت عناصر غذائی نقش اساسی در افزایش کمی و کیفی محصولات خواهد داشت. شناسایی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های میوه به‌منظور افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، امری ضروری و اجتناب ناپذیراست. روش تجزیه گیاه نظیر روش انحراف از درصد بهینه (DOP) توسط مونتانس و همکاران (۱۹۹۳)، روش تشخیص چندگانه عناصر(CND) توسط پرنت (۱۹۹۴) و خیاری و همکاران (a,b۲۰۰۱) جهت تعیین اعداد مرجع (نرم) برای تشخیص وضعیت تغذیه باغ‌ها استفاده گردید. محققان زیادی شاخصDOP را برای گیاهان زراعی وباغی مختلف تعیین نموده‌اند از جمله می‌توان به تعیین شاخص‌هایDOP در سیب توسط مین و همکاران (۲۰۱۵)، موز توسط رغاپتی و همکاران (۲۰۰۲)، و انگور توسط طاهری (۲۰۱۶) و صمدی و مجیدی (۲۰۱۱) اشاره نمود. نجفی وطاهری (۲۰۱۵) درپژوهشی درشهرستان ماه نشان بر روی پسته نشان دادندکه کمبود عناصرغذایی باغ‌های پسته به ترتیب K>P>Zn>B>Mn>Cu>N می‌باشد. استفاده از شاخصCND برای محصولات دیگر نظیر پیاز توسط پرنت و خیاری (۲۰۱۱)، لوبیا چشم بلبلی توسط جوز و همکاران (۲۰۰۵) نیز تعیین شده است. اکسو و همکاران (۲۰۱۵) در

تحقیقی که بر روی وضعیت تغذیه‌ای سیب به روش CND، DRIS وDOP انجام دادند توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم‌های استاندارد را برای عناصرN،P، K، Ca،Mg جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای به دست آورند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش درشهرستان بویین‌زهرا استان قزوین به اجرا درآمد. مکان‌های اجرای طرح به تعداد ۸۰ باغ که از نظر سن، باردهی و رقم قزوینی (قرمز پسته) یکسان بودند انتخاب و نسبت به مکان‌دار کردن نقاط با دستگاه GPS اقدام گردید در هر باغ ۱۰درخت به عنوان نمونه انتخاب و نمونه‌برداری برگ از چهارتا پنج برگ رسیده وکامل انتهایی شاخه‌های یک ساله غیر بارده برداشت شدند. نمونه‌های برگ در مرداد ماه تهیه گردید و سپس طبق دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک وآب مورد تجزیه قرار گرفت (امامی، ۱۹۹۶). نتایج تجزیهٔ عنصرهای غذایی نمونه‌های برگ تهیه شده به عنوان داده‌های پایه دربانک اطلاعاتی ایجاد شده در محیط نرم افزاری SPSS برای بهره‌برداری بعدی دسته‌بندی و همچنین برنامه نویسی شاخص‌های CND با برنامهٔ Excel صورت پذیرفت و عملکرد هر باغ تعیین و در نرم افزار مذکور اضافه گردید.

روشCND

روش تشخیص چندگانه اولین بار توسط (پرنت و دافیر، ۱۹۹۲) و (پرنت، ۲۰۱۱ و خیاری و تریبلی، ۲۰۰۱b) ارائه شد. وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی همه عناصر محاسبه می شود، وبا در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل همه عناصر بیان می شود، و تفکیک دو گروه عملکردی زیاد و کم بر مبنای محاسبات ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی انجام می پذیرد.

روش DOP

باغ‌های مورد مطالعه با استفاده از روش شارما و همکاران (۲۰۰۵) به دو گروه با عملکرد نسبی زیاد و کم تقسیم‌بندی شدند. باغ‌های باعملکرد کم‌تر از رابطه (۱) ، درگروه باغ‌های با عملکرد کم قرارگرفتند و باغ‌های با عملکرد بیشتر از رابطه (۲) ، در گروه باغ‌های با عملکرد نسبی زیاد قرار گرفتند.

۱) باغ‌های با عملکرد کم≤ میانگین عملکرد - انحراف معیار

۲) باغ‌های باعملکرد نسبی زیاد≥ میانگین عملکرد + انحراف معیار

در زمان برداشت محصول با بازدید از هر باغ، عملکرد محصول اندازه‌گیری و یادداشت شد، سپس شاخص DOP با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$DOP = \left[\frac{(C \times 100)}{C_{ref}} \right] - 100$$

C: غلظت عنصر غذایی در نمونه گیاهی با عملکرد پائین که در نظر است وضعیت غذایی آن مورد بررسی قرار گیرد.

Cref: غلظت عنصر غذایی در گیاهی است که دارای عملکرد و کیفیت بالا بوده و از این نظر در شرایط مطلوب قرار داشته ولی ازلحاظ سایر شرایط مشابه شرایط گیاهان با عملکرد کم می‌باشد. مقدار قدر مطلق شاخص DOP اهمیت و یا شدت خروج از حالت تعادل را نشان می‌دهد، زیرا عدد صفر بیانگر حالت تعادل و مقادیر بالای قدر مطلق شاخص DOP نشان‌دهنده انحراف زیاد از حالت تعادل می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایجCND: در۸۰ باغ مورد مطالعه شاخص‌های عناصر غذایی نیز به روش گام به گام CND تعیین شد (پرنت و دافیر، ۱۹۹۲؛ خیاری و تریبلی a۲۰۰۰؛ پرنت، ۲۰۱۱). داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی باغ‌ها بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم ردیف گردید. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی ۱۱عنصر غذایی، محاسبه گردید. در ادامه ۸ مقادیر تابع نسبت واریانس عناصر غذایی [$F_i(V_X)$] برای کلیه عناصر محاسبه شد. متعاقب آن تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی[$F_i^c(V_X)$] بر اساس معادله (۱۱) برای ۱۱ عنصر برآورد گردید. برای تعیین عملکرد حد واسط متمایز گروه کم و زیاد ارتباط بین عملکرد پسته و مقادیر تجمعی نسبت واریانس هر عنصر غذایی یعنی $F_i^c(V_N)$، $F_i^c(V_P)$، $F_i^c(V_K)$، $F_i^c(V_{Ca})$، $F_i^c(V_{Mg})$، $F_i^c(V_{Mn})$، $F_i^c(V_{Zn})$، $F_i^c(V_{Fe})$، $F_i^c(V_{Cu})$، $F_i^c(V_B)$ $F_i^c(V_{Ca})$و $F_i^c(V_R)$محاسبه و ترسیم گردید که به‌صورت۱۲ معادله درجه ۳ برای ۱۱ عنصر و یک قسمت باقیمانده (Rd) برازش داده شد. نقاط عطف منحنی‌ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادلات محاسبه شده (-b/3a) برای۱۱عنصر غذایی وترکیبات باقیمانده به

ترتیب $Fi^c(V_N)=1666.66$، $F_i^c(V_P)=1428.57$ $F_i^c(V_K)=1666.66$ $F_i^c(V_{Ca})=1666.66$

$F_i^c(V_{Cu})=2000$، $F_i^c(V_B)=1666.66$ $F_i^c(V_{Mg})=1666.66$، $F_i^c(V_{Mn})=1904.76$، $F_i^c(V_{Zn})=2000$،

کیلوگرم در هکتار به دست آمد. مدل درجه (۳) برای کلیه عناصر معنی‌دار بود (0.98-R^2=0.86). عملکرد به مقدار ۱۷۲۷کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه باغ‌های با عملکرد کم و زیاد ملاک قرار گرفت، درنتیجه از مجموع ۸۰ باغ تعداد ۱۲ باغ معادل ۱۵درصد در گروه عملکرد زیاد ۶۸ باغ معادل ۸۵ درصد در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

تعیین نرم‌های استاندارد عناصر غذایی CND

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به‌عنوان نرم و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند نتیجتاً با در نظر گرفتن عملکرد حد ۱۷۲۷کیلوگرم در هکتار مقدار V*P،V*N ، V*K،V*Mn، V*Zn، V*Fe، V*Cu، V*B، V*S، V*Rd به‌عنوان نرم‌هایCND برآورد گردید. بر این اساس غلظت‌های بهینه این عناصر نیز به دست آمد. در این تحلیل عملکرد مطلوب پسته برای منطقه بویین‌زهرا که به میزان۱۷۲۷کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نرم‌های به دست آمده عناصر غذایی برای این عملکرد بر اساس داده‌های حد بحرانی عناصر غذایی ماکرو و میکرو برای نیتروژن ۱/۷۹±۰/۰۸۲ درصد، فسفر ۰/۰۱۸ ± ۰/۰۹۵درصد، پتاسیم ۰/۳۹ ± ۱/۲۱درصد، کلسیم ۰/۴۱ ± ۱/۲۲درصد، منیزیم ۰/۳۹±۰/۰۷۸ درصد، منگنز ۳۳±۶۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی۵/۵۳± ۱۹/۵میلی‌گرم بر کیلوگرم، آهن ۲۴/۴ ±۱۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس ۱/۹۸±۷/۹۱ و بور ۲۰± ۱۰۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. نتایج نشان داد که کمبود منگنز، منیزیم، فسفر در مقایسه با سایر عناصر بیشتر می‌باشد. به‌طوری‌که منگنز ۷۷/۷ درصد، منیزیم ۷۳ درصد، فسفر۶۴ درصد در باغ‌ها دچار کمبود بودند.

نتایجDOP

پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد، نمونه‌ها به دو جامعه با عملکرد بالا و عملکرد پایین تفکیک شدند. میانگین غلظت هر عنصر غذایی در نمونه‌های با عملکرد بالا به‌عنوان غلظت استاندارد محاسبه شد ۱۴ باغ درگروه با عملکرد نسبی زیاد و۶۶ باغ درگروه با عملکرد نسبی کم قرار گرفتند. میانگین عملکرد بهینه ۱۷۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج محاسبات آماری عناصر موجود در برگ در باغ‌های با عملکرد زیاد در جدول سه نشان داده شده است. از میانگین غلظت عناصرغذایی این باغ‌ها به عنوان ارقام استاندارد تعیین شده برای محاسبه شاخص‌های انحراف از درصد بهینه استفاده گردید (شارما و همکاران، ۲۰۰۵). حد بهینه عنصر نیتروژن ۱/۸۸، فسفر ۰/۰۸۸، کلسیم ۱/۲۵، منیزیم۰/۴۰، پتاسیم ۱/۲۹درصد و آهن ۱۵۶، منگنز ۵۹/۵، روی۲۱/۷۳، مس ۷/۴ و بور۱۰۶/۲میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. در

محاسبات شاخص‌ها به صورت اعداد مثبت، منفی و یا صفر هستند. عدد صفر وضعیت بهینه، عدد مثبت بیش بود و عدد منفی کمبود عنصر را نشان می‌دهد. متوسط شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای باغ‌های جامعه با عملکرد کم به صورت : نیتروژن ۶/۹۳ ، پتاسیم ۱/۲- ، فسفر ۸/۷۹- ، منیزیم ۸/۹۲- ، کلسیم ۰/۰۹۷، روی ۲۱/۶۵، منگنز ۳۵/۲۴- ، آهن ۷/۸۷، مس ۸/۱ و بور۷/۹ به دست آمد. کمبود منگنز در ۸۴٪ از باغ‌ها مشاهده گردید و کمبود منیزیم در ۵۹٪ باغات و کمبود فسفر در ۵۳٪ از باغ‌ها مشاهده گردید. اساس تفسیر نتایج شاخص‌های محاسبه شده انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پرنیاز، منیزیم و فسفر به ترتیب به عنوان منفی‌ترین شاخص‌ها و در بین عناصر کم‌مصرف، منگنز منفی‌ترین شاخص است. نتایج به‌دست آمده ترتیب نیاز غذایی در پسته بر اساس شاخص انحراف از درصد بهینه، در باغ‌های با عملکرد پایین ترتیب نیاز غذایی صورت Mn>Mg>P>K>Ca>N>Fe>Cu>B>Zn می‌باشد. نکته قابل توجه دیگر این است که جمع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای باغ‌های با عملکرد کم، همگی بزرگ‌تر از صفر و در بسیاری از موارد خیلی بزرگ‌تر از صفر بوده که دلالت بر نبود تعادل بین عناصر غذایی جذب شده توسط پسته در این باغ‌ها دارد. هر چه این عدد بزرگ‌تر باشد گیاه از تعادل تغذیه‌ای فاصله بیش‌تری داشته و هر چه تعادل غذایی درگیاه بیش‌تر به هم بخورد، عملکرد بیشتر کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج شاخص‌های تغذیه‌ای به دست آمده در تعیین اختلال تغذیه‌ای و اولویت بندی کمبودها، نشان داد که وضعیت عناصرغذایی باغ‌های پسته استان مطلوب نبوده که به نوبه خود بیانگر نبود مدیریت صحیح وکوددهی نامتعادل در این باغ‌ها می‌باشد همچنین مقایسه شاخص‌هایDOP وCND نشان داد که کمبود برخی از عناصر غذایی در هر دو روش در باغ‌های استان دارای محدودیت شدید می‌باشند، بطوریکه عناصر منیزیم، فسفر و منگنز در این گروه قرار میگیرند با عنایت به آهکی بودن و پایین بودن مواد آلی خاک منطقه کمبود فسفر و منگنز توجیه پذیر می‌باشد و در خصوص منیزیم می‌توان گفت که با توجه به بالا بودن پتاسیم خاک‌های منطقه و رقابت بین پتاسم، منیزیم و کلسیم برای جذب بر روی غشا ریشه جذب منیزیم به وسیله این کاتیون‌ها کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده توصیه می‌شود برای بهبود عملکرد باغ‌های پسته در مدیریت مصرف کوددهی از موادآلی، فسفر، منگنز و منیزیم استفاده گردد.

منابع

Raghupathi, H.B., Reddy, B.M.C,.andSrinivas, K. 2002. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in banana.Communications in Soil Science and Plant Analysis. 33: 2131–2143

Samadi.A. andMajidi, A. 2011. Norms establishment of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and comparison with DOP approach for nutritional diagnosis of seedless grape (Sultana, cv) in western Azarbaijan Province, Iran.*Iran. J. Soil Res.* (*Soil and Water Sci*.) 24:2. 89-105. (In Persian)

Sharma,J., Shikhamany, S.D,. Singh, R.K. and Raghupathi, H.B. 2005. Diagnosis ofnutrient imbalance in Thompson Seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS.Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36: 19-20. 2823-2838.

Taheri,M.2016. Evaluation of vineyards nutritional status using nutrition indices in Khodabande region Iranian Journal of Horticultural Science.Vol 47, No 4, Winter (703-715)

Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute, Technical publication No. 982, Tehran, Iran, 128p.

Jose, L. Hernandez,G., Valdez,R.,Narciso- Y. CSerrano, A,. Murillo- Amador,B., Garibay,A., Megallanes,R., Juan Larrinaga,Q, Troyo,M. 2005. reliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (Vignaunguiculata (L.) Walp.) grown on desert calcareous soil .Plant and Soil. Volume 271, Numbers 1-2.pp 297-307.

Khiari, L., Parent, L.E .and Tremblay ,N. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93:809–814

Khiari, L., Parent, L.E. and N. Tremblay. 2001b. The Phosphorus compositional nutrient diagnosis

Min,X.andZhang,j. 2015. Nutritional Diagnosis for Apple by DRIS, CND and DOP Journal of Food Science and Technology 7(4): 266-273

Montañés, L., Heras, L., Abadía, J., and Sanz, M. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP). Journal of Plant Nutrition 16:1289–308.

Njafi,M.and Their,m .2015.Evaluation of nutritional balance in Pistachios orchards through eviation from optimum percentage (DOP) method in damghan National Conference cientific approach in industry green gold, pistachio. (*In Persian*).

Parent, L.E. 2011. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. RevistaBrasileiraFruticultura, Jaboticabal. 33: 321-334

Parent, L.E., and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis.J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:239–242

Xu, M., Zhang J., Wu, F., and Wang, X. 2015. Nutritional diagnosis for apple by DRIS, CND and DOP. Advance Journal of Food Science and Technology. 7: 4. 266-273.

Study of Nutrient Status in Pistachio Gardens of Qazvin Province using Nutrition Indices

M. Mohasses mostashari[1] , A. Khosravinejad, s.Kashanizadeh

Associate ProfessorSoil and Water Research Institute, Karaj, IranE-mail: mm_mohasses@yahoo.com

Researcher, Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and. Education Center, Qazvin, Iran; E-mail: azam_khosravinejad@yahoo.com

member, Horticulture Crops Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran; E-mail:: sdkashanizade@yahoo.com

Abstract

Pistachio is one of the most important products of Buein Zahra city at Qazvin province, Iran.There are, however, some problems such as low yield and quality in the gardens, due to nutritional abnormalities. Therefore, data collection related to the effective factors in crop products and calibrating them is an essential issue for representing the more proper and accurate recommendations in order to improve the growth status and enhance the quality and quantity of the crops. Considering that in most fruit trees there is no proper formula for plant nutrition, application of the nutrient indices is necessary in order to optimize the use of fertilizers and in order to diagnose nutritional abnormalities. Examination of the results of nutritional indicators obtained in determining nutritional disorders and prioritizing deficiencies, showed that the condition of nutrients in pistachio orchards in the province was not favorable, which in turn indicates the lack of proper management and unbalanced fertilization in these orchards deficiencies of some nutrients in both methods in the gardens of the province are severely limited, so that the elements magnesium, phosphorus and manganese were included in this group.

Keywords: Pistachio, Balance of nutrients, Indices DOP, CND.

اثرات کاربرد توام کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر عملکرد ذرت علوفه ای و برخی ویژگی‌های خاک در کرت های دایم درکرج

سید علی غفاری نژاد[1] و فرهاد مشیری[2]

۱– استادیار پژوهش و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
Email: Ma_ghaffari51@yahoo.com

۲- استادیار پژوهش و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات توام کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر گیاه ذرت علوفه ای، این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار در سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در پلات‌های ثابت ۲۳۰ متر مربعی در ایستگاه موسسه تحقیقات خاک و آب کرج انجام شد. ذرت علوفه ای به عنوان سومین کشت از این پروژه کرت دائم در قالب تناوب زراعی گندم-آیش-گندم-ذرت کشت شد. تیمارهای آزمایش سناریوهای مختلف مدیریت حاصلخیزی خاک شامل عدم مصرف کود، مصرف کودهای شیمیایی، مصرف توام کودهای شیمیایی و آلی و مصرف توام کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بودند. نتایج نشان داد که نیاز به مصرف کود در کشت ذرت در کرج قطعی است، زیرا تیمار شاهد (بدون مصرف کود) کمترین مقدار عملکرد را داشت. نتایج همچنین نشان داد با کاربرد هر دو سال یکبار ۲۰ تن در هکتار کود دامی یا کمپوست زباله شهری می توان بدون کاهش عملکرد، ۲۵ درصد از مصرف نیتروژن و ۵۰ درصد از مصرف کودهای حاوی فسفر و پتاسیم کم کرد. نکته قابل توجه این است که در این صورت میزان فسفر قابل استفاده کم شد و پتاسیم قابل استفاده خاک تغییری نداشت. استفاده از کود آلی سبب افزایش میزان قابل استفاده عناصر غذایی کم مصرف در خاک شد.

واژگان کلیدی: ذرت، کود آلی، کود بیولوژیک، کود شیمیایی، مدیریت تلفیقی حاصلخیزی

مقدمه

مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک به‌صورت یک مدیریت جامع با در نظر گرفتن تمام جنبه‌ها و عوامل موثر در فرآیند تخریب خاک شامل جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی، سیاست‌گزاری و پیامدهای آن معرفی شده است. به گونه‌ای که سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) روش مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه با منابع و نهاده‌های تجدیدپذیر شامل مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی را برای بهبود حاصلخیزی خاک در راستای توسعه کشاورزی پایدار پیشنهاد داده است (FAO, 2006). پژوهش‌های زیادی در زمینه کاربرد جداگانه و توام کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در تأمین عناصر غذایی برای محصولات مختلف صورت گرفته است (مشیری و همکاران، ۱۳۹۸). از جمله می توان به مطالعه ی گسترده ای در ۱۰ منطقه زراعی-زیستگاهی کشور در سیستم تناوب گندم- ذرت اشاره کرد که مصرف توأمان کودهای دامی و انواع کمپوست زباله شهری و پسماندهای آلی صنعتی (کمپوست باگاس نیشکر، کمپوست چوب و کاغذ مازندران) همراه با کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم مبتنی بر آزمون خاک علاوه بر افزایش تولید محصول سبب کاهش مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی گردید (سماوات، ۱۳۹۶). اما اثر این ترکیبات بر مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه و نقش آنها در افزایش کارایی استفاده از عناصر غذایی مستلزم انجام آزمایشات در تناوب‌ها و سیستم‌های رایج کشاورزی و انجام آزمایشات درازمدت می‌باشد که ضروری است در

تحقیقات آینده و توسعه مدیریت تلفیقی مد نظر قرار گیرد (غفاری نژاد ۱۳۹۶). آزمایش های دراز مدت خاک آزمایش‌های مزرعه-ای با کرت های دایم هستند که به طور منظم از آنها نمونه‌برداری می شود تا تغییرات خاک را طی مقیاس زمانی دهه، کمی کنند. آزمایش‌های دراز مدت در ایران به طور بسیار محدود و عمدتا در مورد یک عنصر غذایی و در مدیریت حاصلخیزی خاک به روش مرسوم اجرا شده‌اند. بررسی شش ساله در خاک‌های زراعی ایستگاه زرقان فارس کاهش سالانه یک میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده خاک در تیمار بدون مصرف کود فسفره، ثابت ماندن فسفر در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار و افزایش فسفر خاک در بقیه تیمارها (۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد (ملکوتی و شاهرخ‌نیا، ۱۳۷۹). این آزمایش به منظور ارزیابی مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برعملکرد و برخی ویژگی های خاک در قالب کرت های دایم در ایستگاه موسسه تحقیقات خاک و آب اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از مهرماه ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و ۳ تکرار، در کرت های با ابعاد ۱۱/۵×۲۰ متر درشرایط مزرعه‌ای به اجرا در آمد. تیمارها شامل : T_1) نکاشت، T_2) بدون مصرف کود (شاهد)، T_3) کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک، T_4) کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود گاوی هر دو سال یک بار + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده +کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده، T_5) کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند زباله شهری هر دو سال یک بار + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده + کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده، T_6) کاربرد سالانه ۲۰ تن در هکتار کود گاوی + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده، T_7) کاربرد سالانه ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند زباله شهری + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده، T_8) کاربرد سالانه ۲۰ تن در هکتار کود گاوی (۱۰ تن کشت اول و ۱۰ تن کشت دوم)، T_9) کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند زباله شهری (۱۰ تن کشت اول و ۱۰ تن کشت دوم)، T_{10}) کاربرد کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک + کاربرد کود زیستی فلاویت، T_{11}) کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود گاوی هر دو سال یک بار + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده + کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده+ کاربرد کود زیستی فلاویت، T_{12}) کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند زباله شهری هر دو سال یک بار + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده + کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده + کاربرد کود زیستی فلاویت، T_{13}) کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک+ کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود گاوی هر دو سال یکبار+ کاربرد کود زیستی فلاویت در کرت های ثابت اعمال شد. کود گاوی کاملا پوسیده استفاده شد. کمپوست زباله شهری از کارخانه کمپوست سازی کهریزک تهران تامین شد. ذرت علوفه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در قالب تناوب زراعی گندم-آیش- گندم-ذرت در تابستان ۱۳۹۸کشت شد. کود زیستی فلاویت به صورت کود آبیاری در نوار تیپ در مرحله ۲ تا ۴ برگی رشد ذرت استفاده شد.

پس از ۱۰۰ روز در مرحله خمیری شدن دانه، عملکرد علوفه در ۱۵ بوته منتخب از هر کرت اندازه‌گیری گردید. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در محصول برداشت شده تعیین گردید. ویژگی‌های خاک شامل قابلیت هدایت الکتریکی، pH، نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز، مس و بور قابل استفاده در عمق ۳۰-۰ سانتی متری پس از برداشت محصول، در تیمارهای T_1 تا T_9 و T_{13} مورد بررسی قرار گرفت. کلیه‌ی محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

خاک مورد بررسی دارای آهک متوسط با کربن آلی کم (کمتر از یک درصد)، شوری پایین، اسیدیته قلیایی، فسفر قابل جذب کم و پتاسیم قابل جذب متوسط و عناصر کم مصرف قابل استفاده در حد متوسط بود (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی‌خاک مزرعه مورد آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)

	EC	pH	T.N.V.	O.C	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	$ds\ m^{-1}$		$(g\ kg^{-1})$							
تکرار ۱	۱/۲۲	۸/۳	۱۱۴	۵/۰	۶/۴	۲۳۵	۱/۸	۶/۹	۱/۲	۱/۱
تکرار ۲	۱/۰۷	۸/۲	۱۳۵	۵/۰	۵/۴	۲۱۰	۱/۶	۵/۵	۰/۹	۰/۹۲
تکرار ۳	۰/۹۸	۸/۲	۱۲۷	۴/۰	۵/۶	۲۱۰	۱/۴	۴/۵	۰/۸	۰/۷۴

کاربرد انواع کودها در افزایش عملکرد ذرت علوفه ای تاثیر قابل ملاحظه ای داشت (جدول ۲). مقایسه تیمارهای T_2 و T_{13} به ترتیب با کمترین و بیشترین عملکرد نشان داد که بدون کاربرد کود، عملکرد محصول ۴۶ درصد کاهش می‌یابد. کاربرد کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک (T_3) با افزایش ۵۹ درصدی عملکرد علوفه همراه بود. بیشترین میزان عملکرد با کاربرد تومان کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در تیمارهای T_{12} و T_{13} حاصل شد که علی‌رغم افزایش حدود ۲۰ تن در عملکرد محصول در هکتار تفاوت معنی داری با کاربرد کود شیمیایی به تنهایی (T_3) نداشت.

جدول ۲- اثر مدیریت های مختلف کوددهی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

تیمار	عملکرد	غلظت نیتروژن	غلظت فسفر	غلظت پتاسیم
	تن در هکتار		درصد	
T_2	۶۶/۳۹c	۰/۹۵e	۰/۲۰bcd	۰/۹۴ab
T_3	۱۰۵/۷۷ab	۱/۴۷bcd	۰/۲۰bcd	۰/۶۳bcd
T_4	۱۰۸/۱۴ab	۱/۳۳cde	۰/۱۹bcd	۰/۶۱cd
T_5	۱۰۶/۲۱ab	۱/۲۷de	۰/۲۰bcd	۰/۷۹abcd
T_6	۱۰۶/۴۸ab	۱/۲۸cde	۰/۱۸cd	۰/۹۰abc
T_7	۹۳/۶۵b	۱/۳۰cde	۰/۱۷d	۰/۷۵abcd
T_8	۸۶/۰۶.bc	۱/۱۹.de	۰/۲۵.ab	۰/۹۶.a
T_9	۸۹/۹۲bc	۱/۳۵bcde	۰/۲۳abcd	۰/۹۳abc
T_{10}	۹۹/۸۰ab	۱/۹۱a	۰/۲۴abc	۰/۶۹abcd
T_{11}	۱۰۸/۵۶ab	۱/۶۰abcd	۰/۲۱abcd	۰/۸۵abcd
T_{12}	۱۲۵/۸۳a	۱/۷۱ab	۰/۲۳abc	۰/۸۳abcd
T_{13}	۱۲۴/۱۴a	۱/۷۹ab	۰/۲۸a	۰/۵۴d
CV	۱۳/۵	۱۱/۱	۱۶/۶	۱۸/۰

کاربرد سالانه کودهای آلی به تنهایی نتوانست عملکردی مشابه مصرف کود شیمیایی حاصل نماید گرچه نسبت به شاهد با افزایش عملکرد محصول همراه بود (جدول ۲). اثر مصرف سالانه کود دامی و یا کمپوست زباله شهری به همراه کاربرد کود شیمیایی کاهش یافته (T_6 و T_7) تاثیری مشابه با مصرف دو سالانه کودهای آلی داشت (T_4 و T_5) بنابراین از لحاظ اقتصادی مصرف دو سالانه این کودها توصیه می شود. کاربرد کود زیستی محرک رشد فلاویت تاثیر معنی داری بر افزایش عملکرد نداشت. با کاربرد کود زیستی فلاویت همراه با کود شیمیایی (T_{10}) و یا همراه با کود گاوی و کود شیمیایی (T_{11}) اثری مشابه با اثر کود شیمیایی به تنهایی (T_3) بر عملکرد ذرت علوفه ای حاصل شد. تنها هنگامی کود زیستی همراه با کمپوست زباله شهری مصرف گردید (T_{12}) عملکرد محصول نسبت به شرایط عدم مصرف کود زیستی (T_5) به میزان ۱۸/۵ درصد با افزایش غیر معنی دار همراه بود.

غلظت عناصر غذایی در محصول ذرت علوفه ای کاملا تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین غلظت نیتروژن در گیاه در تیمارهایی مشاهده می شود که در آنها از محرک های رشد گیاه استفاده شده است. این اثر در مورد غلظت فسفر نیز مشاهده شد به گونه ای که در تیمارهای کاربرد کود زیستی (T_{10}-T_{13}) غلظت فسفر گیاه بالاتر از سایر تیمارها بود. در تیمارهایی که از کود آلی به تنهایی یا توام با کود شیمیایی استفاده شده است (T_4-T_9) غلظت نیتروژن کمتر از شرایطی بود که از کود شیمیایی استفاده گردید (T_3). این کاهش به طور غیر معنی دار بین ۸ تا ۱۹ درصد مشاهده شد. کمترین غلظت نیتروژن در تیمار T_2 (شاهد بدون مصرف کود) مشاهده شد که تفاوت معنی داری با غلظت نیتروژن در تیمارهای T_4-T_9 ندارد. در این تیمارها کود نیتروژن مصرف نشده یا ۲۵ درصد از میزان بهینه آن کم شده است. با افزایش غلظت نیتروژن در گیاه، عملکرد نیز افزایش نشان داد (r=۰/۷۲) که نشان دهنده کارایی داخلی بالای نیتروژن جذب شده و اثر مثبت آن بر رشد گیاه می‌باشد. در مقابل با افزایش عملکرد محصول، غلظت پتاسیم کاهش معنی‌داری نشان داد (r=-۰/۵۷) که بیانگر اثر رقت افزایش عملکرد و رشد گیاه بر غلظت پتاسیم می‌باشد. در تیمارهایی که مواد محرک رشد استفاده شده است غلظت فسفر نیز بیشتر از بقیه تیمارهاست (جدول ۲).

تیمارهای آزمایش بر روی ویژگی های شیمیایی خاک تاثیر داشت (جدول ۳و ۴). بیشترین میزان هدایت الکتریکی خاک در شرایط نکاشت (T_1) مشاهده شد. دلیل این امر عدم آبیاری در تیمار نکاشت و تجمع املاح در سطح خاک است. کمترین میزان هدایت الکتریکی خاک در تیمار (T_2) ناشی از عدم مصرف کود آلی و کود شیمیایی در طول دو سال آزمایش مشاهده شد. تاثیر تیمارهای آزمایش برمیزان pH خاک معنی دار نبود.

کمترین میزان نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی و فسفر قابل استفاده خاک در شرایط عدم مصرف کود (T_2) مشاهده شد که به نظر می آید به دلیل جذب نیتروژن و فسفر از خاک توسط گیاه و بیلان منفی این دو عنصر است. بیشترین میزان نیتروژن آمونیاکی خاک در تیمار T_9 مشاهده شد (جدول ۳) که با تیمارهای T_7 و T_8 تفاوت معنی‌دار ندارد. در این تیمارها سالانه ۲۰ تن کود آلی (دامی یا کمپوست) مصرف شده است. در تیمارهایی که به طور سالانه (T_6 و T_7) و یا قبل از هر کشت (T_8 و T_9) کود آلی مصرف گردید غلظت نیترات و آمونیوم خاک بیش از سایر تیمارها بود. با این حال بیشترین میزان نیتروژن نیتراتی خاک در تیمار (T_{13}) با بیشترین میزان مصرف انواع کودها مشاهده شد. کاربرد کود شیمیایی به میزان توصیه شده بیشترین تاثیر را در نگه داشت سطح فسفر قابل استفاده در مقادیر بالاتر داشت. به طور میانگین مقدار فسفر قابل استفاده خاک در تیمار (T_3) به میزان ۴۵ درصد بیش از سایر تیمارها بود. مقایسه اثرات دو سال کشت و کار همراه با مصرف انواع کود با مقدار فسفر قابل استفاده قبل از شروع آزمایش (جدول ۱) نشان از عدم تاثیر (T_3) و یا اثر کاهشی این فعالیت ها (T_4-T_{13}) در تغییر فسفر قابل استفاده خاک دارد. حتی در شرایط نکاشت مقدار فسفر قابل استفاده خاک بیش از شرایط مصرف کود به ویژه کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی بود. گرچه مصرف کود آلی همراه با کاهش ۵۰ درصدی کاربرد کود فسفری سبب کاهش معنی دار عملکرد در مقایسه با تیمار مصرف عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک نشد (جدول ۲)، اما میزان فسفر خاک را کاهش یافت (جدول ۳). لذا با وجود اثرات کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی در بیلان مثبت فسفر در خاک ناشی از ورود بیشتر عنصر فسفر به خاک نسبت به کاربرد کود شیمیایی به تنهایی و افزایش فسفر کل خاک (مشیری و همکاران، ۱۳۹۸)، قابلیت استفاده فسفر خاک بیشتر متاثر از سایر عوامل از جمله قابلیت دسترسی فسفر موجود در کود دارد.

مقایسه تیمار نکاشت با سایر تیمارها نشان داد که رشد گیاه سبب افزایش پتاسیم قابل استفاده خاک شده است. این اثر بیشتر از اثر کاربرد انواع کودها بوده است چرا که بین تیمارهای مصرف کود (T_3-T_{13}) و تیمار عدم مصرف کود (T_2) اختلاف معنی داری در میزان پتاسیم قابل استفاده مشاهده نشد (جدول ۳). کاربرد سالانه کودهای آلی (T_6-T_8) سبب افزایش پتاسیم قابل استفاده خاک گردید. این اثر افزایشی در میزان پتاسیم قابل استفاده از اثر مصرف کود شیمیایی (T3) نیز بیشتر بود. کمترین میزان پتاسیم خاک در تیمار T_{13}مشاهده شد. به نظر می‌آید با توجه به عملکرد زیاد این تیمار در مقایسه با بقیه تیمارها جذب زیاد پتاسیم از خاک سبب کاهش میزان قابل جذب آن در خاک شده است. استفاده از کود آلی به همراه کاهش ۵۰ درصدی

مصرف کود پتاسیمی (T_4 و T_5) علاوه بر اینکه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با تیمار مصرف عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک نمی شود (جدول ۲)، میزان پتاسیم قابل جذب خاک را نیز حفظ کرده است (جدول ۳).

جدول ۳- اثر مدیریت های مختلف کوددهی بر میزان هدایت الکتریکی، pH و غلظت عناصر پر مصرف قابل جذب خاک

تیمار	EC	pH	نیتروژن آمونیاکی	نیتروژن نیتراتی	فسفر	پتاسیم
	ds m^{-1}		mg kg^{-1}			
T_1	۱/۵۲ a	۸/۰۲ab	۰/۸۴d	۵/۶۵a	۶/۱۳abc	۱۴۵/۰de
T_2	۰/۷۵c	۸/۲a	۰/۴۲d	۱/۰۳d	۲/۴۷d	۱۷۶/۷bcde
T_3	۰/۹۷bc	۷/۹۹b	۰/۹۲cd	۲/۱۵cd	۶/۳۳ab	۱۷۸/۳bcde
T_4	۰/۹۴bc	۸/۰۱ab	۰/۳۹d	۲/۵۲bcd	۴/۷۳bcd	۱۵۸/۳cde
T_5	۰/۹۰bc	۸/۰۰b	۱/۲۱cd	۲/۴۳bcd	۴/۵۳bcd	۱۵۸/۳cde
T_6	۱/۰۱bc	۸/۰۴ab	۲/۴۳bc	۴/۷۱abc	۴/۶۷bcd	۱۹۵/۰bc
T_7	۱/۰۵b	۸/۰۶ab	۳/۰۳ab	۶/۴۴a	۳/۸۷bcd	۲۱۱/۷ab
T_8	۱/۰۲bc	۸/۰۷ab	۳/۶۱ab	۴/۴۸abc	۷/۵۳a	۲۴۸/۳a
T_9	۱/۰۹b	۸/۰۵ab	۴/۴۸a	۴/۶۲abc	۳/۶۰cd	۱۸۸/۳bcd
T_{13}	۰/۹۱bc	۷/۹۶b	۲/۸۰b	۵/۳۲ab	۴/۸۰bcd	۱۳۵/۳e

تیمارهای آزمایش بر غلظت عناصر کم مصرف به جز بور معنی دار بود (جدول ۴). در تیمارهای کاربرد کود آلی (T_4-T_{13}) میزان آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب خاک بیش از سایر تیمارها به ویژه تیمار مصرف کود شیمیایی توصیه شده (T_3) بود. این امر به دلیل وجود این عناصر در محتوای کودهای آلی مصرفی است. علی رغم اختلاف در محتوای عناصر کم مصرف در کود گاوی و کمپوست زباله شهری، تفاوتی در مقدار قابل جذب این عناصر بین دو نوع کود آلی مصرفی مشاهده نشد.

جدول ۴. اثر مدیریت های مختلف کوددهی بر میزان آهن، منگنز، روی، مس و بور قابل جذب خاک

تیمار	آهن	منگنز	روی	مس	بور
	mg kg^{-1}				
T_1	۱/۴۵b	۴/۶۷bc	۰/۸۶bcde	۰/۷۹d	۰/۵۹a
T_2	۱/۶۶b	۴/۱۳bc	۰/۴۵e	۰/۸۲d	۰/۴۳a
T_3	۱/۶۵b	۴/۵۱bc	۰/۵۸cde	۰/۷۹d	۰/۴۱a
T_4	۱/۶۱b	۴/۰۵c	۰/۵۶de	۰/۷۹d	۰/۴۹a
T_5	۲/۶۷ab	۶/۰۹abc	۰/۹۹bcd	۰/۹۸d	۰/۵۷a
T_6	۲/۶۰ab	۵/۴۶abc	۱/۲۸b	۱/۱۲cd	۰/۵۸a
T_7	۳/۰۷a	۷/۴۰ab	۱/۰۳bc	۱/۳۵bc	۰/۵۳a
T_8	۲/۴۱ab	۷/۱۹abc	۰/۹۷bcd	۱/۴۶ab	۰/۳۴a
T_9	۲/۶۵ab	۵/۸۸abc	۱/۷۱a	۱/۷۶a	۰/۴۳a
T_{13}	۲/۷۷ab	۸/۵۹a	۰/۶۷cde	۱/۳۹bc	۰/۳۹a
CV					

نتایج این تحقیق با نتایج برخی دیگر محققین که تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی استفاده نمودند مطابقت دارد. محققین یکی از دلایل این امر را بهبود وضعیت مواد آلی در خاک و به دنبال آن بهتر شدن وضعیت تجزیه میکروبی مواد آلی و قابل دسترس شدن مواد غذایی می دانند (مصطفوی راد و همکاران، ۱۳۹۴). کودهای آلی توانایی تامین تمام و یا بخشی از عناصر

غذایی مورد نیاز گیاه را دارا می باشند. سهم کودهای آلی در فراهم نمودن عناصر غذایی برای گیاه به نوع سیستم زراعی (تناوب زراعی)، شرایط خاکی، اقلیمی، نوع کود آلی و عملکرد محصول وابسته است. نشان داده شده است که با کاربرد کودهای آلی می توان از مصرف کودهای شیمیایی کاست (سماوات، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده می توان چنین استنباط نمود که نیاز به مصرف کود در کشت ذرت در کرج قطعی است زیرا تیمار شاهد (بدون مصرف کود) کمترین مقدار عملکرد را داشت. با استفاده از ۲۰ تن کود دامی یا کمپوست زباله شهری می توان بدون کاهش عملکرد، ۲۵ درصد از مصرف نیتروژن و ۵۰ درصد از مصرف کودهای حاوی فسفر و پتاسیم کم کرد. با وجود برتری عملکرد در این تیمار، فسفر قابل استفاده خاک کاهش نشان داد که نیاز است در ادامه پروژه در قالب کرت دایم موضوع مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. کاربرد کودهای آلی سبب افزایش عناصر غذایی کم مصرف خاک گردید که می تواند در تغذیه متعادل گیاه نقش قابل ملاحظه ای داشته باشد.

منابع

سماوات، س. (۱۳۹۶). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی "بررسی اثر کاربرد کودهای آلی مختلف بر خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک تحت کشت تناوب گندم-ذرت". *موسسه تحقیقات خاک و آب*.

غفاری نژاد، س. ع. (۱۳۹۶). آزمایش های بلند مدت، ضرورتی برای ارزیابی روش های مدیریت حاصلخیزی خاک. مدیریت اراضی. دوره ۵. شماره ۲، ۱۱۲-۹۹.

مشیری، ف.، بلالی، م. ر.، و رجالی، ف. (۱۳۹۸). چارچوب مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه. شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، زنجان، ایران.

مصطفوی راد، م.، طهماسبی سروستانی، ز.، مدرس ثانوی، س و قلاوند، ا. (۱۳۹۴). اثر منابع آلی و شیمیایی نیتروژن بر عملکرد دانه برخی ارقام کلزا و ویژگی های خاک. *نشریه دانش آب و خاک*، جلد ۲۵، شماره ۱، ص‌ص ۲۱۷-۲.

ملکوتی، م. ج.، و شاهرخ نیا، ع. (۱۳۷۹). ضرورت تغییر نگرش در مصرف کودهای فسفاته در راستای کاهش کادمیوم در مواد غذایی ((بررسی طولانی مدت تغییرات فسفر در خاکهای زراعی کشور)). نشریه فنی شماره ۱۶۴. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور.

مشیری، ف.، ع. ح. ضیائیان، م. فروهر، م. کلهر،م. سبطی و ح. ملاحسینی. ۱۳۹۸. اثر کاربرد توام کود گاوی و سوپرفسفات تریپل بر بهره‌دهی سیستم زراعی و بیلان فسفر خاک طی دو سال کشت تناوبی گندم-ذرت علوفه ای. شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. ۷-۵ شهریور ۱۳۹۸. دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

FAO. 2006. Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management. FAO Fertlizer and plant nutrition bulletin. Rome, No 16, 347p.

The effect of Integrated soil fertility management on corn yield and some soil characteristics in permanent plots in Karaj

Seyed Ali Ghaffari Nejad[1], and Farhad Moshiri[2]

1, 2- Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

In order to evaluate the effects of chemical, organic and biological fertilizers on forage corn, this study was carried out in a randomized complete block design with 13 treatments in three replications in field conditions in fixed 230 square meters at soil and water research institute in Karaj. Fodder corn was cultivated as the third cultivation of this permanent plot as wheat-no cultivation, wheat-corn rotation. Treatments of different scenarios of soil fertility including , no fertilizer use, chemical , chemical and organic fertilization consumption and chemical, organic and biological fertilizers were used. The results showed that the need for fertilizer in corn cultivation in Karaj is definite, because the control treatment (without fertilizer) had the lowest yield. The results also showed that using 20 tons per hectare of livestock manure or municipal waste compost can reduce the consumption of 25% nitrogen and 50% of fertilizers containing phosphorus and potassium without reducing yield. It is noteworthy that in this case the amount of soil phosphorus is reduced and the soil is depleted of phosphorus. Therefore, a 50% reduction in soil phosphorus consumption is not recommended. But in the case of potassium, no depletion was performed in the present experimental conditions. In the case of micronutrients, the use of organic fertilizers increased their availabilty in the soil.

Keywords: Corn, organic fertilizer, biological fertilizer, chemical fertilizer, integrated fertility management .

نقش گلوتاتیون در بهبود مقاومت گیاه سویا به کمبود آهن در حضور منابع مختلف آهن در خاک آهکی

زهرا قشلاقی[1]، رضا خراسانی[1]

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
za.gheshlaghi@gmail.com, khorasani@um.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر گلوتاتیون (GSH) بر حلالیت منابع آهن و تأثیر آن بر فراهمی آهن در گیاه سویا در شرایط خاک آهکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف منابع کودی آهن (۰، ۵ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین آهن و ۳۵ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک از منبع مگنتیت و براده‌ی آهن) و کاربرد غلظت‌های صفر و ۵ میلی مولار گلوتاتیون در مصرف به صورت آبیاری بود. کاربرد GSH همراه با منابع معدنی آهن با ایجاد تغییرات در نحوه‌ی توزیع آهن در اندام‌های گیاه و کاهش تجمع آهن رسوب شده در آپوپلاست ریشه‌ای موجب افزایش جذب آهن در برگ گیاه شد. کاربرد GSH با افزایش حلالیت مگنتیت و براده‌ی آهن و افزایش غلظت آهن قابل استخراج برگ اثرات مثبتی در کاهش علائم زردبرگی در گیاه داشت. کاربرد GSH به عنوان یک ترکیب احیاء کننده با جلوگیری از تشکیل منابع غیر متحرک آهن در داخل گیاه در شرایط کمبود آهن موجب افزایش غلظت آهن برگ گردید. استفاده همزمان گلوتاتیون و منابع معدنی آهن موجب افزایش حلالیت هیدروکسیدهای آهن رسوب یافته در گیاه و خاک شد که در نتیجه‌ی آن منابع هیدروکسیدهای آهن در خاک و سایر محیط‌های کشت در حضور این ترکیبات برای گیاه قابل استفاده گردید.

کلید واژه‌ها: آهن، تغذیه‌ی ریشه‌ای، زردبرگی، لگوم، GSH

مقدمه

یکی از مشکلات رایج در خاکهای آهکی ایران کمبود فراهمی عناصر کم مصرف به ویژه آهن قابل استفاده در خاک است که معمولاً با مصرف خاکی و یا محلول پاشی کلات های مصنوعی آهن فریک و یا کودهای معدنی کنترل می‌شود (Álvarez-Fernández et al., 2014). سهم عمده‌ی کودهای کم مصرف به ویژه آهن را در بازار داخلی محصولات وارداتی (عمدتاً به شکل کلات های مصنوعی آهن، EDDHA, EDTA) تشکیل می‌دهد و حتی ماده اولیه عمده‌ی اکثر تولیدات داخلی کودهای آهن (پودر آهن خالص و یا نمک های معدنی آهن با خلوص بالا) از کشورهای خارجی به ویژه چین وارد می‌شود و تنها فرمولاسیون این کودها در داخل کشور انجام می‌شود که با توجه به هزینه‌های گزاف واردات، قیمت تمام شده محصول در داخل کشور در بسیاری از موارد بیشتر از انواع کودهای وارداتی خواهد بود و با توجه به شرایط خاکهای آهکی و شور کشور و مشاهده رضایت زارعین از عملکرد کودهای کلات شده خارجی، بازار کودهای کم مصرف بیشتر در تصرف محصولات خارجی است اگرچه تحقیقات متعددی نشان داده است که همین محصولات کلات شده‌ی خارجی نیز به طور کامل نتوانسته اند در کاهش زردبرگی در خاک ها موفق باشند و خود این کشورها (به ویژه اسپانیا) نیز همچنان در حال تحقیق و توسعه و ارائه کودهای آهن با پایه زیست تخریب پذیر هستند؛ چرا که این روش باید سالیانه تکرار شود زیرا آهن به سرعت در خاک غیرمتحرک می‌شود و از سوی دیگر عوامل کلات کننده ممکن است جذب فلزات دیگر مانند منگنز، مس و نیکل را نیز برای گیاه تحت تأثیر قرار دهد (Abadía et al. 2011). علاوه بر موارد ذکر شده هزینه‌های اقتصادی زیاد و آلودگی های زیست محیطی به علت پایداری زیاد عوامل کلات کننده و آثار

سـوء ثانویه در ایجاد آلودگی های فاضلابی و همچنین انتقال ضعیف آهن اسپری شده در سطح برگ‌ها در روش محلول پاشـی به داخل گیاه به عنوان یکی از مشـکلات اصـلی این کودها محسـوب می‌شـوند. با این وجود استفاده از GSH به عنوان یک روش خاکی برای جلوگیری از کاهش کمبود آهن در هیچ گزارشـی مشاهده نشده است و احتمالاً استفاده از آن در محیط کشـت خاکی در معرض چالش‌های بسیاری قرار دارد. از آنجا که مشخص شده است که باکتری ها و قارچ ها قادر به مصرف و تجزیه GSH برون زا هستند (Vergauwen et al. 2013)، بیوم طبیعی و اختصاصی خاک نیز ممکن اسـت از میزان GSH موجود در فرآیندهای احیاء آهن بکاهد. بنابراین، باید برای ارتقاء بهبود کارآیی مصـرف گلوتاتیون در افزایش فراهمی آهن در خاک آزمایش های ویژه‌ای در طیف وسـیعی از خاک‌های آهکی انجام شـود. بنابراین امکان اسـتفاده از ضـایعات آهن تولیدی در معادن و صنایع (فولاد، تراشکاری و غیره) که حاوی بیش از ۷۰ درصد اکسیدهای آهن هستند به عنوان ماده اولیه‌ی ارزان تر در کاربرد به عنوان منابع آهن با روش‌های ترکیبی می‌تواند منجر به افزایش راندمان انحلال آهن در ضـایعات اولیه گردد و به عنوان منابع جدید آهن در کشـاورزی پیشـنهاد گردد. تا کنون هیچ مطالعه‌ای در ارتباط با نقش گلوتاتیون در تغذیه‌ی ریشـه‌ای گیاهان در محیط کشت خاکی و بررسی تأثیر آن بر کاهش اثرات زردی ناشـی از کمبود آهن، به علت حضـور غلظت‌های زیاد آهک، انجام نشـده اسـت. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسـی اثر گلوتاتیون بر حلالیت منابع آهن و تأثیر آن بر فراهمی و انتقال آهن در گیاه سـویا در شرایط کشت خاک آهکی است.

مواد و روش‌ها

خاک مورد نظر در این آزمایش بعد از هوا خشـک شـدن از الک ۲ میلی متری عبور داده شـد. بافت خاک و برخی از ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری شده مورد آزمایش قرار گرفت (جدول۱).

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری شده در آزمایش (فسفر و پتاسیم قابل استفاده برای گیاه)

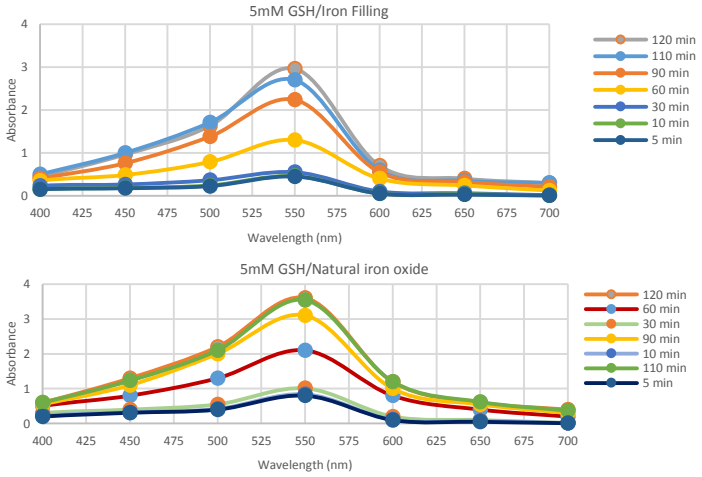
EC_e	pH	CEC	نیتروژن کل	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل کل	کربنات کلسیم معادل فعال	P	K	Fe-DTPA
($dS\ m^{-1}$)		($cmol_c\ kg^{-1}$ soil)	(درصد)				(میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)		
۰/۸۵	۷/۶۹		۰/۲	۲/۲	۱۹/۳۱		۸/۹	۲۲۷	۳/۴۸

این آزمایش به صـورت فاکتوریل، با سـطوح مختلف کوددهی (صـفر (Fe0)، ۵ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک از منبع سـکوسترین آهن (FeEDDHA,4.8 ortho,ortho)، ۳۵ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک از منبع اکسید آهن مگنتیت با میـانگین قطر ذرات کمتر از ۱۰۵ میکرومتر(Magnetite) و ۳۵ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک از منبع براده‌ی آهن با میانگین قطر ذرات کمتر از ۱۰۵ میکرومتر (Iron Filling)) در حضـور (GSH, 5 mM) و عدم حضـور (SH_0) گلوتاتیون به صورت آبیاری در سه نوبت در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در گلدان‌های ۳ لیتری که با ۲/۵ کیلوگرم خاک پر شدند انجام شد. با توجه به تیمار غلظت آهن، منابع کودی آهن و غلظت تعیین شده گلوتاتیون در حجم مشخصی از آب مقطر (۱۰۰ میلی‌لیتر) در تاریکی و در دمای کمتر از ۱۵ درجه سـانتی‌گراد با دور ۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه شـیک و بلافاصـله به صـورت تدریجی در هنگام غروب به هر گلدان در سه نوبت؛۲۱، ۲۸ و ۳۵ روز بعد از کشت گیاهان به هر گلدان اعمال شـدند. در پایان دوره آزمایش گیاهان بعد از تفکیک ریشـه، برگ‌ها و ساقه برای اندازه‌گیری وزن تازه و خشـک اندام‌ها و غلظت عناصـر کم مصرف مورد آنالیز قرار گرفتند. منحنی انحلال و احیاء آهن سه ظرفیتی ترکیبات براده آهن و مگنتیت در حضـور غلظت ۵ میلی‌مولار گلوتاتیون با روش ارائه شده توسط Sisó-Terraza et al. (2016) با کمی تغییرات (Gheshlaghi et al., 2019,2020) اندازه‌گیری شـد. آهن فعال (آهن عصاره‌گیری شده با ۱۰،۱ فنانترولین) در بافت تازه برگ گیاه بـه روش Katyal and Sharma (1984) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

افزایش حلالیت براده آهن و مگنتیت در حضور گلوتاتیون

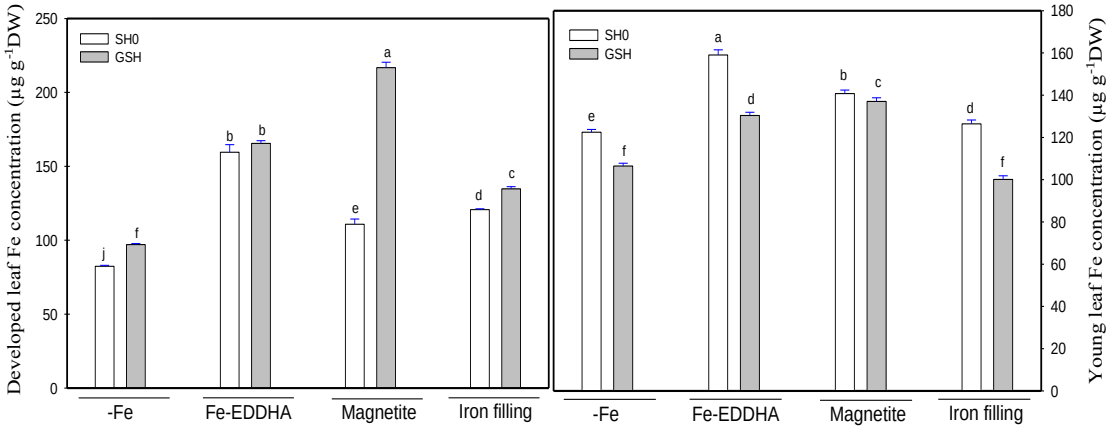
نتایج حاصل از انحلال مگنتیت و براده آهن در حضور گلوتاتیون (شکل ۱) نشان داد که با افزایش زمان میزان انحلال و احیاء آهن سه ظرفیتی موجود در این ترکیبات افزایش یافت و حداکثر میزان جذب اندازه‌گیری شده در طول موج ۵۵۰ نانومتر مشاهده شد که مربوط به طول موج جذب کمپلکس Fe(II)-BPDS می‌باشد. میزان جذب اندازه‌گیری شده در ترکیبب مگنتیت بیشتر از براده‌ی آهن در حضور گلوتاتیون مشاهده شد. این نتایج هم راستا با مطالعات قبلی Gheshlaghi et al., 2019b بود. در مطالعات انجام شده افزایش حلالیت اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن توسط تیول‌هایی نظیر گلوتاتیون در سایر سیستم‌ها توسط سایر محققین گزارش شده است (Amirbahman et al. 1997; Vadas and Ahner 2009). دراین مطالعات به نقش گروه‌های تیولی در احیاء و افزایش حلالیت منابع اکسیدهای آهن در رسوبات حاشیه قاره‌ای نیز اشاره شده است.



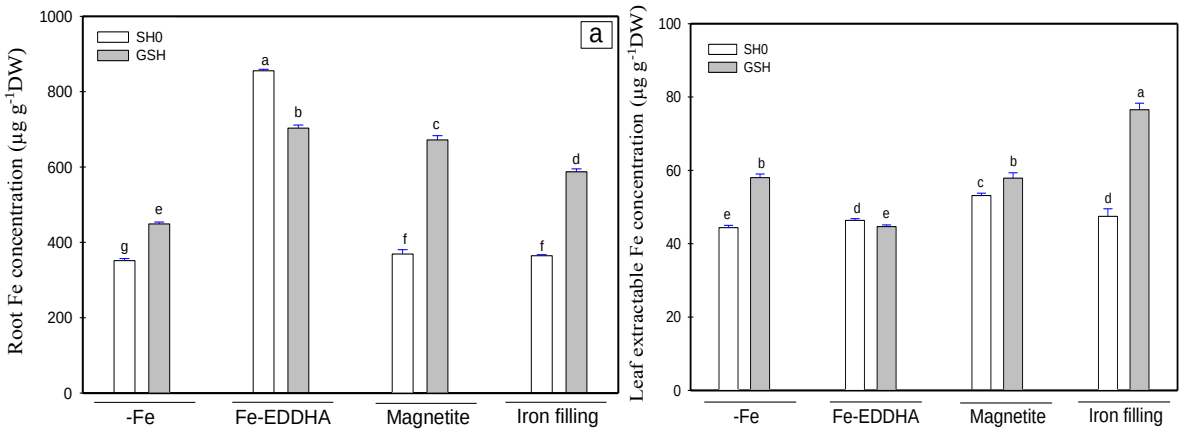
شکل۱ . منحنی انحلال مگنتیت و براده آهن در حضور گلوتاتیون

غلظت آهن برگ و ریشه گیاه

برهمکنش دوگانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر غلظت آهن برگ‌های جوان و توسعه یافته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل۲). غلظت آهن در برگ‌های توسعه یافته درکلیه‌ی تیمارها به جز کاربرد سکوسترین آهن با اعمال گلوتاتیون به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین غلظت آهن در تیمار کاربرد مگنتیت و گلوتاتیون مشاهده شد. در حالیکه غلظت آهن در برگ‌های جوان درکلیه‌ی تیمارها با اعمال گلوتاتیون به طور معنی داری کاهش یافت. برهمکنش دو گانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر غلظت آهن ریشه در سطح ۱ درصد معنی دار شد. کاربرد گلوتاتیون باعث افزایش غلظت آهن ریشه در تمام تیمارها به جز سکوسترین آهن گردید. کاربرد گلوتاتیون در تیمار مگنتیت و براده آهن باعث افزایش ۱/۸ و ۱/۶ برابری آهن ریشه نسبت به تیمار عدم کاربرد گلوتاتیون گردید.

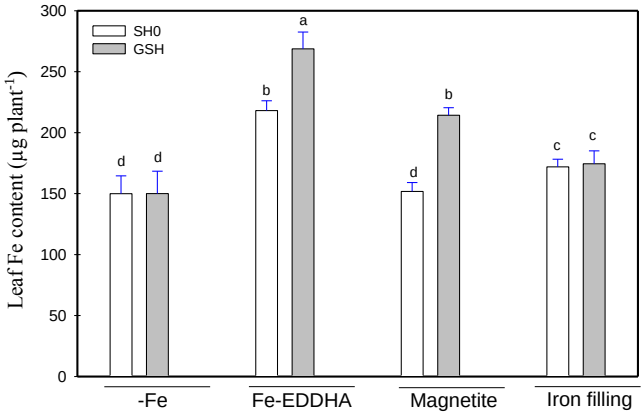


شکل۲. برهمکنش دو گانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر غلظت آهن در برگ‌های توسعه یافته و جوان گیاه سویا



شکل۳. برهمکنش دو گانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر غلظت آهن ریشه و غلظت آهن قابل استخراج برگ گیاه سویا

برهمکنش دوگانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر غلظت آهن قابل استخراج برگ در سطح ۱ درصد معنی دار بود (شکل۳). کاربرد غلظت ۵ میلی مولار گلوتاتیون در تیمار کنترل، مگنتیت و براده‌ی آهن باعث افزایش غلظت آهن قابل استخراج برگ گردید در صورتی که در تیمار کاربرد کود سکوسترین آهن کاربرد گلوتاتیون باعث کاهش غلظت هن قابل استخراج برگ شد. بیشترین و کمترین غلظت آهن قابل استخراج به ترتیب در تیمار براده آهن در حضور گلوتاتیون و تیمار کنترل (-FeSH0) مشاهده شد. آزمایشات پیشین (Gheshlaghi et al. 2019 a,b) نشان داد که مصرف گلوتاتیون (GSH) به عنوان یک ترکیب تیولی و آنتی اکسیدانی به روش تغذیه‌ی ریشه‌ای (۱mM) و همچنین محلول‌پاشی برگی آن (۱mM) از طریق مکانیسم احیاء و انحلال منابع آهن رسوب شده در آپوپلاست برگ و ریشه، افزایش انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی، تحریک و افزایش جذب آهن توسط ریشه‌ها و همچنین کاهش تنش‌های اکسیداتیو و دفع رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش تغذیه‌ای کمبود آهن، در نهایت موجب افزایش فراهمی آهن و رفع علائم کمبود آن در گیاه یونجه شده است. علاوه بر این نتایج نشان داد که افزودن گلوتاتیون به محیط کشت می‌تواند تا حدودی باعث افزایش حلالیت منابع آهن موجود در بستر کشت (شن با منابع آهن موجود) در شرایط کمبود آهن و حتی در شرایط حضور کربنات‌ها گردد که احتمالاً به دلیل حضور گروه تیولی (S-H) در این ترکیب می‌باشد که با ایجاد شرایط احیاء موجب افزایش حلالیت آهن رسوب شده‌ی موجود در محیط کشت برای گیاه شده است.



شکل۴. برهمکنش دو گانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر جذب آهن برگ گیاه سویا

برهمکنش دوگانه منابع مختلف آهن و گلوتاتیون بر جذب آهن برگ در سطح ۱ درصد معنی داربود (شکل۴). کاربرد گلوتاتیون به صورت همزمان در تیمار کودی سکوسترین آهن و مگنتیت باعث افزایش معنی دار جذب آهن برگ گیاه گردید. نتایج نشان داد کارایی روش مصرف خاکی منابع آهن در پیشگیری از ظهور علائم زردبرگی زمانی که با گلوتاتیون همراه شد به مراتب افزایش یافت. در ارتباط با دلیل افزایش کارایی و اثر بخشی بهتر آن می‌توان به این نکته اشاره نمود که پایداری زیاد کود سکوسترین آهن (Fe(III)-EDDHA) احتمالاً مانع از تشکیل کمپلکس آهن-گلوتاتیون در مخلوط کودی حاصل قبل از استفاده شده است و به این ترتیب اثر مثبت مصرف همزمان آهن و گلوتاتیون ممکن است مربوط به تشکیل کمپلکس آهن-گلوتاتیون بعد از اعمال آن و در داخل بافت‌های گیاه باشد، مکانیسم عمل گلوتاتیون، به احتمال زیاد شامل مکانیسم‌های احیاء و محلول سازی منابع آهن رسوب شده در داخل گیاه است که نتیجه‌ی آن افزایش غلظت آهن قابل استخراج در گیاه می‌باشد.

در مطالعات قبلی به تأثیرات مثبت کاربرد گلوتاتیون از طریق ریشه‌ی گیاه در حفظ هموستازی واکنش‌های انتقال الکترون در سطح سلول در شرایط کمبود آهن در گیاه آرابیدوپسیس اشاره شد (Ramírez et al. 2013). همچنین در این مطالعات نشان داده شد که گلوتاتیون در افزایش مقاومت گیاه به کمبود آهن به واسطه‌ی مسیرهای سیگنالینگ نیتریک اکسید (NO) در شرایط کمبود آهن در گیاه نقش اساسی دارد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج مطالعات پیشین در ارتباط با نقش گلوتاتیون در افزایش مقاومت گیاه به سایر تنش‌های غیر زیستی در گیاهان مختلف مطابقت داشت (Chen et al. 2017).

نتیجه گیری

نتایج نشان داد کارایی روش مصرف خاکی منابع آهن در پیشگیری از ظهور علائم زردبرگی زمانی که با گلوتاتیون همراه شد به مراتب افزایش یافت.کاربرد گلوتاتیون در سطوح مختلف منابع آهن در خاک، موجب افزایش معنی‌دار غلظت آهن کل برگ گیاه نسبت به شرایط کنترل شد. کاربرد گلوتاتیون موجب افزایش غلظت آهن جذب آهن کل و همچنین غلظت آهن قابل استخراج در برگ گیاه و بهبود غلظت کلروفیل و جلوگیری از بروز علائم زردبرگی در شرایط کمبود آهن ناشی از آهک در خاک شد. GSH با ایجاد فرایند احیاء و با جلوگیری از تشکیل منابع غیر متحرک آهن در داخل گیاه در شرایط کمبود آهن می‌تواند در رفع پارادوکس آهن کلروزیز مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج

حاصـــل اســـتفاده همزمان منابع کودی آهن و ترکیبات تیولی نظیر گلوتاتیون در خاک‌های آهکی برای کاهش اثرات کلروز ناشی از آهک توصیه می‌شود.

منابع

Abadía, J.,Vázquez, S.,Rellán-Álvarez, R., El-Jendoubi, H. ,Abadía, A. ,Álvarez-Fernández, A., López-Millán, AF. (2011). Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(5), 471–482.

Álvarez-Fernández, A., Díaz-Benito, P., Abadía, A., López-Millán, A-F., Abadía, J. (2014). Metal species involved in long distance metal transport in plants. *Frontiers in Plant Science*, *5*(March), 1–20.

Amirbahman, A., Sigg, L.,Von Gunten, U. (1997). Reductive dissolution of Fe(III) (hydr)oxides by cysteine: Kinetics and mechanism. *Journal of Colloid and Interface Science*, *194*(1), 194–206.

Chen, W., Xiangpeng, L., Wenying, Z., Jinggui, F. (2017). The regulatory and signaling roles of glutathione in modulating abiotic stress responses and tolerance. In *Glutathione in Plant Growth, Development, and Stress Tolerance* (pp. 147–169). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66682-2_7

Katyal, JC.,Sharma, BD. (1984). Some modification in the assay of Fe2+ in 1-10, o-phenanthroline extracts of fresh plant tissues. *Plant and Soil*, *79*(3), 449–450. https://doi.org/10.1007/BF02184337

Ramírez, L., Bartoli, CG., Lamattina, L. (2013). Glutathione and ascorbic acid protect Arabidopsis plants against detrimental effects of iron deficiency. *Journal of Experimental Botany*, *64*(11), 3169–3178. https://doi.org/10.1093/jxb/ert153

Sisó-Terraza, P.,Luis-Villarroya, A., Fourcroy, P., Briat, J-F.,Abadía, A.,Gaymard, F., Álvarez-Fernández, A. (2016). Accumulation and Secretion of Coumarinolignans and other Coumarins in Arabidopsis thaliana Roots in Response to Iron Deficiency at High pH. *Frontiers in Plant Science*, 1–22. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01711

Vadas, TM., Ahner, BA. (2009) Extraction of lead and cadmium from soils by cysteine and glutathione. *J Environ Qual* 38: 2245–2252

Vergauwen, B., Verstraete, K., Senadheera, DB., Dansercoer, A., Cvitkovitch ,DG., Guédon, E, Savvides, SN. (2013) Molecular and structural basis of glutathione import in gram-positive bacteria. via GshT and the cystine ABC importer TcyBC of Streptococcus mutans. *Mol Microbiol* 89:288–303

Gheshlaghi, Z., Khorassani, R.,Abadía, J., Kafi, M., Fotovat, A. (2019a). Glutathione foliar fertilisation prevents lime-induced iron chlorosis in soil grown Medicago scutellata. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1–18.

Gheshlaghi, Z., Khorassani, R., Abadía, J., Álvarez-Férnandez, A., Luís-Villarroya, A., Fotovat, A., Kafi, M. (2019b). Glutathione supplementation prevents iron deficiency in Medicago scutellata grown in rock sand under different levels of bicarbonate. *Plant and Soil*, *446*, 43–63.

Gheshlaghi, Z., Luis-Villarroya, A., Álvarez-Fernández, A., Khorassani, R., Abadía, J. (2020). Iron deficient Medicago scutellata grown in nutrient solution at high pH accumulates and secretes large amounts of flavins. *Plant Science*, *303*, 110664.

Glutathione (GSH) improves adaptation of Soybean (Glycine max L.) plants to iron deficiency in the presence of different sources of iron in calcareous soil

Zahra Gheshlaghi[1], Reza Khorassani[1]

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
za.gheshlaghi@gmail.com, khorasani@um.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of glutathione (GSH) on the solubilization of iron sources and its effect on the availability and transport of iron in soybean under calcareous soil conditions, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with 3 replications in the research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. Factors included different levels of iron fertilizer sources (0, 5 mg kg^{-1} Fe (FeEDDHA),35 mg kg^{-1} Fe (Magnetite and Iron Filling)), in the presence and absence of GSH. Application of GSH along with mineral sources of iron in soil consumption has been able to have positive effects in reducing the symptoms of iron deficiency, by altering the distribution of iron in plant organs and reducing the accumulation of iron deposited in the root apoplast. The application of GSH had positive effects in reducing the symptoms of yellowing in the plant by increasing the solubility of magnetite and iron filings and increasing the concentration of leaf Fe extractable. In general, GSH as a reducing compound can be used to eliminate the iron paradox of chlorosis by preventing the formation of immobile iron sources inside the plant in conditions of iron deficiency. According to the results, it is possible that the simultaneous use of GSH and iron sources in soil conditions can increase the solubility of precipitated iron hydroxides, following that can be easily used sources of iron hydroxides in soil and other culture media for the plant.

Keywords GSH, Iron, Iron chlorosis, Root fertilization, Legumes

روش های مصرف کمپلکس های آلی آهن در غنی سازی گیاه لوبیا در یک خاک آهکی

آتنا میربلوک[۱]، میر حسن رسولی صدقیانی[۲]، ابراهیم سپهر[۳]، امیر لکزیان[۴]، محمد حکیمی[۵]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه (mirbolook@um.ac.ir)

۲ و۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۵- استاد گروه شیمی، دانشگاه پیام نور مرکز مشهد

چکیده

فراهمی مقدار کافی از عنصر آهن برای گیاهان در خاک‌های آهکی دارای اهمیت است. در این تحقیق کلات‌های اسیدهای آمینه و آهن شامل گلایسین-آهن (Fe-Gly)، تیروزین-آهن (Fe-Tyr) و کلات کیتوسان-آهن به فرم هیدرولیز شده‌ی اسیدی (Fe-Chi) به عنوان منابع آهن در مقایسه با Fe-EDDHA برای گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در یک خاک آهکی با سه روش مختلف مصرف خاکی (Soil)، کودآبیاری (Fertigation) و محلول پاشی (Foliar) بررسی گردید. بیشترین افزایش عملکرد گیاه در کاربرد خاکی و محلول پاشی Fe-Gly و کاربرد خاکی Fe-Chi مشاهده شد. نتایج افزایش غلظت آهن در اندام هوایی و دانه‌ی گیاه لوبیا با افزایش عملکرد گیاه هم جهت بود. بیشترین مقادیر SPAD در گیاه در کاربرد خاکی Fe-Gly و Fe-Chi مشاهده شد. به طور کلی روش های مصرف خاکی کمپلکس های Fe-Gly و Fe-Chi و روش محلول پاشی Fe-Gly بیشتر تاثیر مثبت را در بهبود شرایط رشدی گیاه لوبیا و افزایش غلظت آهن در دانه داشتند.

واژگان کلیدی: اسید آمینه، کیتوسان، محلول پاشی، کود آبیاری، غنی سازی

مقدمه

کلروز ناشی از کمبود آهن یک فاکتور محدود کننده در رنج وسیعی از محصولات کشاورزی در سرتاسر جهان (Briat et al., 2015) مخصوصا در خاک های آهکی است که این خاک ها حدود ۳۰ درصد از زمین های دنیا را پوشش می دهند (Hansen et al., 2006). گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) یکی از مهمترین لگوم‌ها و از منابع تغذیه برای بیش از ۳۰۰ میلیون انسان در دنیا می باشد که منبع اصلی عناصر کم مصرفی مثل آهن، روی و ترکیباتی مانند تیامین و اسید فولیک است (Welch et al., 2000). گرچه میانگین غلظت آهن در گونه‌های لوبیا بیشتر از ۵۵ میکرو گرم بر گرم می‌باشد (Beebe et al., 2000) که در مقایسه با محصولات استراتژیک دیگر مثل گندم (Ortiz-Monasterio et al., 2007) و ذرت (Bänziger et al., 2000)، بیشتر است، ولی انسانهایی که از این محصول بیشتر استفاده می‌کنند هنوز دچار کمبود آهن هستند.

رایج ترین کود آهن در خاک‌های آهکی FeEDDHA است که تخریب پذیری کمی در محیط زیست دارد ولی به دلیل قیمت بالا فقط می‌تواند در محصولاتی با ارزش اقتصادی زیاد به کار رود (Garcia-Brugger et al., 2006). بنابراین استفاده از ترکیبات ارزان‌تر و با کارایی بالاتر و حتی با کارایی مشابه با کمپلکس‌هایی چون FeEDDHA ولی با تاثیرات زیست محیطی کمتر، مورد نیاز است. در بیشتر بخش های ایران با زیادی خاکهای آهکی، کیفیت و عملکرد محصول به دلیل کمبود آهن کاهش می‌یابد و از طرفی برای جبران آن استفاده از کمپلکس های آلی آهن افزایش پیدا کرده است و این کودها اغلب کودهای موجود در بازار را به خود اختصاص می دهند (Souri et al., 2018) . آمینو اسیدها و تعداد زیادی از ترکیبات آلی مثل هومات، لیگنو سولفونات‌ها و اخیرا کیتوسان که از مواد طبیعی به دست می‌آیند، می‌توانند به وسیله‌ی محلول پاشی یا مصرف خاکی کمبود عناصر گیاهان را جبران کنند و حتی باعث غنی‌سازی دانه‌ها شوند (Mirbolook et al., 2020a.). همچنین اسیدهای آمینه و کیتوسان با داشتن گروه‌های عامل کربوکسیل و آمین با فلز آهن کمپلکس می‌شوند و می‌توانند انتقال آهن را به بافت ها تسهیل کنند. مطالعات نشان داده است که افزایش فراهمی نیتروژن در افزایش غلظت آهن در دانه و اندام هوایی گیاه نقش دارد که این موضوع استفاده

از ترکیبات نیتروژنی مثل اسیدهای آمینه را به عنوان لیگاند برای یون آهن توجیه پذیرتر کند. اسیدهای آمینه همچنین نقش مهمی در جذب عناصر غذایی دارند. آنها در شرایط کمبود روی و فسفر از ریشه ترشح می شوند (Marschner et al., 2011) تا قابلیت دسترسی فلزات و جذب آنها را افزایش دهند. اسیدهای آمینه و کیتوسان همچنین دارای ساختار نیتروژنی هستند که کاربرد آنها به صورت کلات می‌تواند علاوه بر تامین عناصر مورد نیاز گیاه، شرایط را برای بهبود رشد و عملکرد گیاه نیز مناسب سازد. بنابراین استفاده از ترکیبات نیتروژنی به عنوان کلات‌کننده‌ی آهن می‌تواند به بهبود شرایط تغذیه‌ای آهن در گیاه مخصوصا در خاک‌های آهکی کمک کند.

انواع کمپلکس‌های اسیدهای آمینه و کیتوسان هیدرولیز شده قبلا توسط ما ساخته شده است و ویژگی‌های شیمیایی و ساختاری آن در کمپلکس با عنصر آهن بررسی شده است (Mirbolook et al., 2020b). هدف از این تحقیق، تاثیر روش‌های مختلف مصرف این کمپلکس‌های آلی آهن برای بهبود وضعیت آهن در گیاه لوبیا و غنی‌سازی بذر لوبیا با آهن است. بدین منظور جذب عنصر آهن در اندام هوایی و دانه گیاه بررسی شد و شاخص SPAD در برگ‌های گیاه در طول دوره رشد پایش شد.

مواد و روش ها

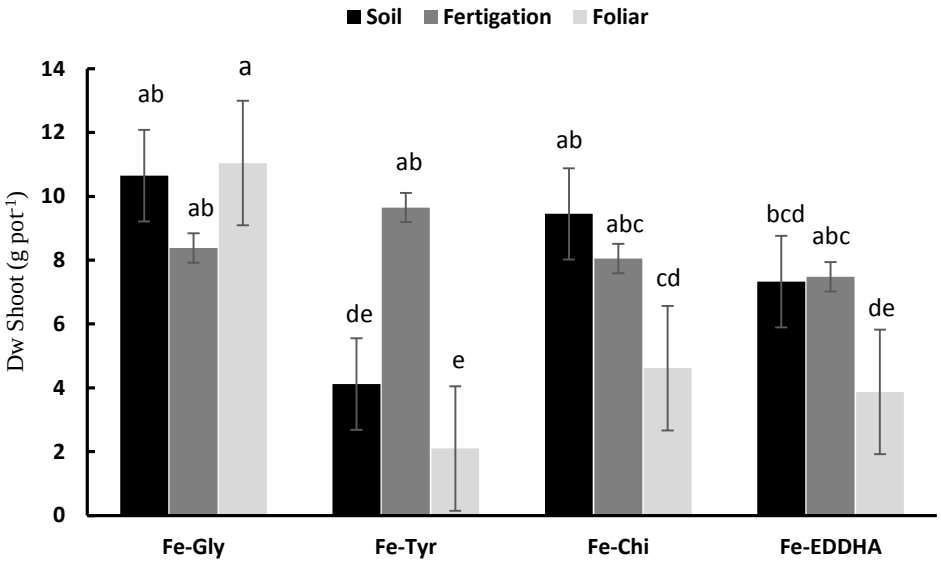
این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با کاربرد چهار تیمار Fe-Chi(A.hyd)، Fe-Gly، Fe-Tyr و Fe-EDDHA به عنوان منبع کودی عنصر آهن و سه روش مصرف خاکی، محلول پاشی و کود آبیاری با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. گیاهان لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط گلخانه‌ای تحت سیستم سرمایشی و نور روزانه‌ی طبیعی رشد کردند. برای آماده سازی محیط رشد، ابتدا خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری از ناحیه ای با عرض جغرافیایی 36°18'36.2"N 59°31'48.1"E در مشهد با pH= 7.8 انتخاب شد. قبل از کاشت نمونه‌ای از خاک برداشت شد و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلیمتری برای آنالیزهای اصلی خاک ذخیره شد. در خاک مورد مطالعه EC ۰/۷ دسی زیمنس بر متر، pH ۷/۸، مقدار رس ۱۲ درصد، درصد کربنات کلسیم ۱۴ و مقدار آهن قابل دسترس خاک ۱/۱ میلی گرم بر کیلوگرم خاک اندازه گیری شدند. برای آماده‌سازی گلدان ها، میزان ۴ کیلوگرم خاک به گلدان هایی با ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر اضافه شد. قبل از کاشت بذور، کود های شیمیایی اوره (N)، فسفات آمونیوم (P_2O_5) و نیترات پتاسیم (K_2O) بر طبق توصیه های عمومی به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به هر گلدان اضافه و مخلوط شدند. سپس بذور لوبیا با آب اکسیژنه ضدعفونی گردید و در گلدانها کشت شد. در روش مصرف خاکی بعد از کاشت دانه در گلدان کودهای آهن به صورت محلول و با غلظت ۲۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک و به یکباره به کمک سرنگ در نزدیکی دانه تزریق شدند. در روش کود آبیاری کودهای آهن با همان غلظت طی سه مرحله شامل سه مرحله شامل ۱) دوبرگی شدن، ۲) قبل از گلدهی و ۳) قبل از پر شدن دانه ها همراه با آب آبیاری به گلدان ها اضافه شدند. همراه با آب آبیاری به گلدان ها اضافه شدند. در روش محلول پاشی نیز در همین سه مرحله ی ذکر شده محلول ۰/۲۵ در صد (w/v) از کودهای آهن تهیه گردید و روی برگ های گیاه اسپری شد. جهت جلوگیری از آسیب دیدگی برگ ها، عمل اسپری کردن در اواخر بعد از ظهر انجام شد.

بعد از تولید دانه، گیاهان لوبیا از هر گلدان به طور جداگانه برداشت شدند. عملکرد دانه بر اساس اندازه‌گیری وزن دانه ی تولیدی بر حسب گرم دانه در گلدان تعیین شد. وزن خشک اندام هوایی نیز در هر گلدان بر حسب گرم اندازه گیری شد. به منظور تعیین غلظت عنصر آهن، اندام های هوایی و دانه به طور جداگانه جداسازی و بعد از شستشو با آب مقطر در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه های خشک شده پودر شدند و در کوره الکتریکی و دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد خاکستر شدند. برای تعیین غلظت آهن در بخش های مختلف گیاه گندم، خاکستر آن در اسید کلریدریک ۲ مولار و با کمک حرارت هضم شدند و پس از رساندن به حجم مشخص، مقادیر آهن در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 3030, USA تعیین شدند (Chapman and Pratt, 1961). جذب عنصر آهن در گیاه از حاصل ضرب وزن خشک بافت گیاهی در غلظت عنصر در بافت گیاهی بدست آمد. شاخص SPAD به عنوان شاخص برای ارزیابی سبزی گیاه، با کمک دستگاه SPAD متر در روزهای ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ از رشد گیاه در برگ گیاه اندازه‌گیری شد. همه آنالیز های آماری با استفاده

از نرم افزار SPSS انجام شد. واریانس (ANOVA) برای اثرات اصلی (نوع کود و روش مصرف) و اثرات متقابل آن ها با استفاده از روش خطی (GLM) تعیین گردیدند. میانگین ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح معنی داری $p<0.05$ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تغییرات وزن خشک اندام هوایی در کاربرد کمپلکس‌های آلی آهن در گیاه لوبیا در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در کاربرد محلول پاشی کمپلکس Fe-Gly با میزان ۱۱/۰۴ g pot^{-1} مشاهده شد. در کاربرد خاکی کمپلکس‌های آهن، Fe-Gly و Fe-Chi(A.hyd) به ترتیب ۴۴/۰۶ و ۲۸/۹۲ درصد وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد افزایش یافت. Fe-Tyr با کاربرد کودآبیاری همچنین ۲۹/۰۱ درصد افزایش در وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد نشان داد.

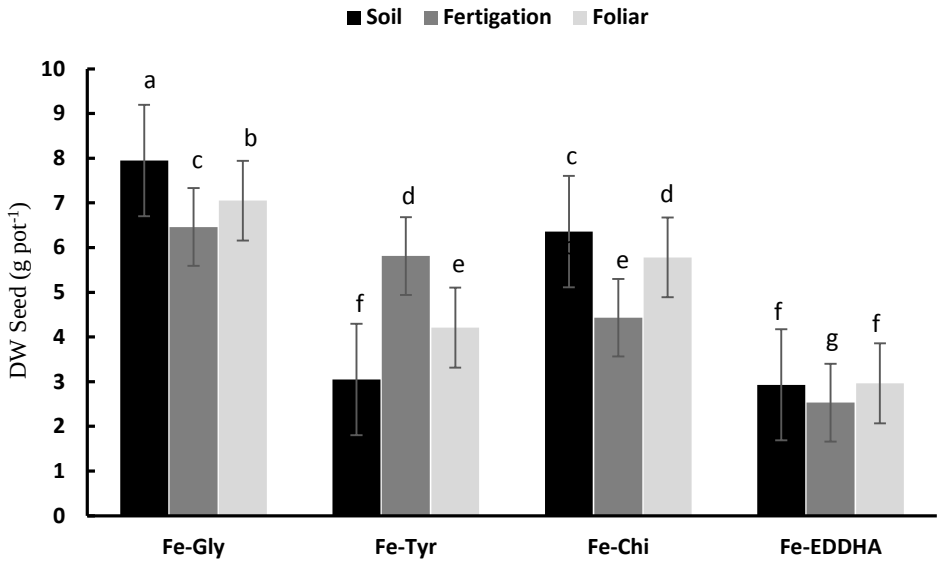


شکل ۱ اثر مصرف خاکی، کود آبیاری و محلول پاشی کمپلکس های آلی آهن در مقایسه با Fe-EDDHA روی وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه لوبیا. مقادیر میانگین سه تکرار هستند و حروف غیر مشترک تفاوت را در سطح معنی داری ($P\leq0.05$) بر اساس آزمون دانکن نشان می دهند.
[Fe-Glycine (Fe-Gly), Fe-Tyrosine (Fe-Tyr), Fe-Chitosan-acid hydrolyzed (Fe-Chi)]

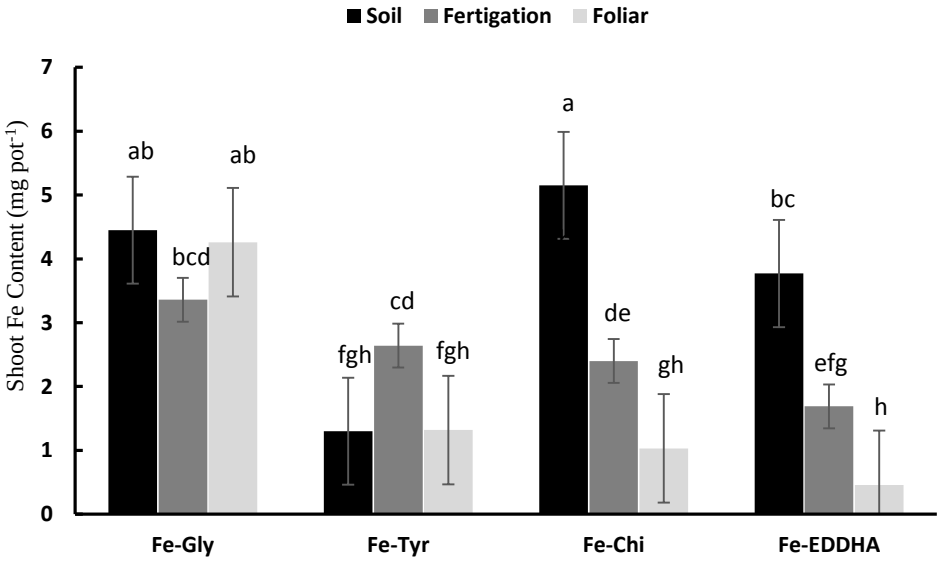
شکل ۲ نمودار وزن خشک دانه یا عملکرد دانه‌ی گیاه لوبیا را در کاربرد کمپلکس‌های آلی آهن نشان می‌دهد. Fe-Gly بیشترین تاثیر را بر افزایش عملکرد دانه نشان داد، مخصوصا در کاربرد خاکی که با میزان ۷/۹ g pot^{-1} مشاهده شد که نسبت به کاربرد خاکی Fe-EDDHA ۲/۷ برابر افزایش را نشان داد. افزایش عملکرد دانه در کاربرد خاکی Fe-Chi(A.hyd) ۶/۳۶ g pot^{-1} و در کاربرد کودآبیاری آن ۴/۴۳ g pot^{-1} مشاهده شد که افزایش معنی داری را نسبت به شاهد نشان دادند. همچنین کاربرد محلول پاشی هر سه کمپلکس آلی آهن، افزایش معنی داری را نسبت به روش محلول پاشی Fe-EDDHA نشان می‌دهند. افزایش در پارامترهای رشد تحت تاثیر کمپلکس های آلی آهن می‌تواند به دلیل اثر تحریک کنندگی و نقش‌های متفاوت ترکیبات آلی اسیدهای آمینه و کیتوسان در متابولیسم گیاهان باشد. اثر اسیدهای آمینه و کیتوسان روی رشد گیاه در مطالعات زیادی بررسی شده است (Mirbolook et al., 2020). اسیدهای آمینه یک عنصر کلیدی در متابولیسم گیاهان هستند و در خیلی از فرایندهای فیزیولوژیکی به طور مستقیم و غیر مستقیم با دیگر متابولیسم ها درگیر هستند.

جذب آهن در اندام هوایی گیاه لوبیا با کاربرد کمپلکس‌های آلی آهن در مقایسه با Fe-EDDHA در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند که با کاربرد خاکی Fe-Chi(A.hyd) بیشترین جذب آهن با مقدار ۵/۱۵ mg pot^{-1} در اندام هوایی

مشاهده شد. بعد از روش مصرف خاکی (Fe-Chi(A.hyd، کاربرد خاکی و محلول پاشی Fe-Gly به ترتیب$^{-1}$mg pot ۴/۴۵ و ۴/۲۶ جذب آهن را در اندام هوایی نشان دادند. در مقایسه‌ی بین کمپلکس‌های آلی آهن، مصرف خاکی (Fe-Chi(A.hyd ۳۶/۶ درصد و مصرف خاکی Fe-Gly ۱۵/۲۸ درصد افزایش در جذب آهن را در اندام هوایی گیاه لوبیا در مقایسه با شاهد نشان دادند. نتایج جذب آهن در اندام هوایی گیاه لوبیا با وزن خشک اندام هوایی مطابقت داشت، به این معنی که با افزایش عملکرد بر اثر کاربرد کمپلکس های آلی آهن، مقدار آهن نیز در اندام هوایی افزایش یافت.

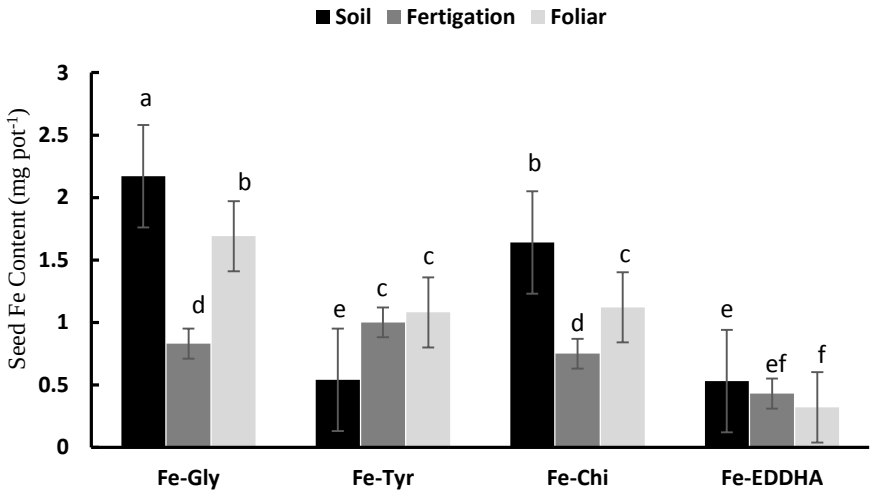


شکل ۲ اثر مصرف خاکی، کود آبیاری و محلول پاشی کمپلکس های آلی آهن در مقایسه با Fe-EDDHA روی عملکرد دانه گیاه لوبیا. مقادیر میانگین سه تکرار هستند و حروف غیر مشترک تفاوت را در سطح معنی داری ($P\leq0.05$) بر اساس آزمون دانکن نشان می دهند.
[Fe-Glycine (Fe-Gly), Fe-Tyrosine (Fe-Tyr), Fe-Chitosan-acid hydrolyzed (Fe-Chi)]



شکل ۳ اثر مصرف خاکی، کود آبیاری و محلول پاشی کمپلکس های آلی آهن در مقایسه با Fe-EDDHA روی جذب آهن در اندام هوایی گیاه لوبیا. مقادیر میانگین سه تکرار هستند و حروف غیر مشترک تفاوت را در سطح معنی داری ($P\leq0.05$) بر اساس آزمون دانکن نشان می دهند.
[Fe-Glycine (Fe-Gly), Fe-Tyrosine (Fe-Tyr), Fe-Chitosan-acid hydrolyzed (Fe-Chi)]

شکل ۴ جذب آهن را در دانه‌ی گیاه لوبیا نشان می دهد که کاربرد Fe-Gly به صورت خاکی ۱/۴ برابر و به صورت محلول پاشی ۲ برابر غلظت آهن را در دانه نسبت به شاهد افزایش داد. کاربرد خاکی Fe-Chi(A.hyd) و محلول پاشی Fe-Tyr نیز به طور معنی داری غلظت آهن را در دانه‌ی لوبیا نسبت به کاربرد Fe-EDDHA افزایش دادند. در بررسی جذب آهن توسط گیاه لوبیا مشاهده شد که کمپلکس Fe-Gly با کاربرد خاکی و محلول پاشی و کمپلکس Fe-Chi(A.hyd) با کاربرد خاکی همچنین جذب آهن بیشتری را نسبت به شاهد در دانه نشان دادند. علاوه بر نقش کمپلکس‌های آلی در انتقال عناصر در گیاه، نقش آنها به عنوان منبع نیتروژن در افزایش رشد و عملکرد گیاه نیز مهم است. اسیدهای آمینه و کیتوسان با دارا بودن مقدار قابل توجهی نیتروژن در فرم آمین نقشی مهم را در فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه دارند. نیتروژن یکی از مهمترین عناصر در رشد و باروری گیاهان است (Souri, 2016, Van et al., 2013). در مطالعه‌ی حاضر بالاترین غلظت نیتروژن در دانه در گیاهان تیمار شده با کمپلکس‌های آلی Fe-Gly و Fe-Chi-(A.hyd) با روش مصرف خاکی، با یک افزایش ۳۸/۱ و ۳۶/۲۸ درصدی نسبت به شاهد مشاهده شد. این اعداد نسبت به مقادیر گزارش شده در دیگر منابع برای دانه های لوبیا که رنجی بین ۱۶/۴ تا ۲۹ درصد بود، بیشتر بود (Souza et al., 2016).



شکل ۴ اثر مصرف خاکی، کود آبیاری و محلول پاشی کمپلکس های آلی آهن در مقایسه با Fe-EDDHA بر جذب آهن در دانه گیاه لوبیا. مقادیر میانگین سه تکرار هستند و حروف غیر مشترک تفاوت را در سطح معنی داری ($P\leq0.05$) بر اساس آزمون دانکن نشان می دهند.
[Fe-Glycine (Fe-Gly), Fe-Tyrosine (Fe-Tyr), Fe-Chitosan-acid hydrolyzed (Fe-Chi)]

شاخص SPAD برای تیمارهای مختلف آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. علائم کلروز شدید در شروع آزمایش در گیاهان مشاهده نشد.

جدول ۱ اثر کاربرد خاکی، کود آبیاری و محلول پاشی کمپلکس های آلی آهن در مقایسه با Fe-EDDHA روی شاخص SPAD در در روزهای ۵، ۱۵،۲۵، ۳۵ و ۴۵ ام در برگ گیاه لوبیا

Treatment	Day 5	Day 15	Day 25	Day 35	Day 45
SPAD reading from leaves of application soil					
Fe-Gly	37.4 ± 0.2 b	38.2 ± 0.2 a	39.46 ± 0.37 b	40.3 ± 0.17 b	42.2 ± 0.15 b
Fe-Tyr	34.5 ± 0.3 c	36.8 ± 2.3 ab	36.53 ± 0.35 c	37.3 ± 0.15 c	37.5 ± 0.35 c
Fe-Chi	38.5 ± 0.2 a	39 ± 0.9 a	41.46 ± 0.23 a	43.3 ± 0.26 a	44.6 ± 0.34 a
Fe-EDDHA	34.7 ± 0.2 c	34.7 ± 0.23 b	36.46 ± 0.3 c	37.5 ± 0.4 c	37.3 ± 0.15 c
Significant	*P< 0.1*	*P< 0.1*	*P< 0.1*	*P< 0.1*	*P< 0.1*
SPAD reading from leaves of fertirrigation soil					

Fe-Gly	24.66 ± 0.41 a	26.2 ± 0.3 a	27.26 ± 0.15	30.03 ± 0.5 a	35.43 ± 0.41 a
Fe-Tyr	23.7 ± 0.36 b	24.1 ± 0.55 b	25.3 ± 0.65	28.33 ± 0.51 bc	31.4 ± 0.43 c
Fe-Chi	24.16 ± 0.4 ab	25.4 ± 0.5 ab	26.16 ± 0.62	29.4 ± 0.5 ab	33.5 ± 0.3 b
Fe-EDDHA	22.76 ± 0.51 c	24.5 ± 0.36 b	26.43 ± 1.07	26.83 ± 0.7 c	29.36 ± 0.37 d
Significant	*P< 0.1*	*P< 0.1*	*ns*	*P< 0.1*	*P< 0.1*
SPAD reading from leaves of foliar					
Fe-Gly	25.36 ± 0.5	27.36 ± 0.5 a	30.46 ± 0.37 a	34.56 ± 0.3 a	38.33 ± 0.25 a
Fe-Tyr	24.36 ± 0.5	24.63 ± 0.46 b	26.36 ± 0.46 bc	29.2 ± 0.17 b	32.46 ± 0.35 b
Fe-Chi	24.6 ± 0.1	25.13 ± 0.65 b	27.43 ± 0.4 b	29.16 ± 0.3 b	32.6 ± 0.43 b
Fe-EDDHA	24.4 ± 0.41	24.7 ± 0.52 b	25.56 ± 0.4 c	25.76 ± 1.2 c	30.2 ± 0.7 c
Significant	*ns*	*P< 0.1*	*P< 0.1*	*P< 0.1*	*P< 0.1*

بر طبق نتایج در مقایسه‌ی بین روش‌های مختلف مصرف کمپلکس‌های آلی آهن، روش خاکی بیشترین مقدار SPAD را در پایان ۴۵ روز نشان داد و همچنین تیمارهای Fe-Chi(A.hyd) و Fe-Gly در روش مصرف خاکی بالاترین مقدار SPAD در انتهای دوره‌ی اندازه گیری را نشان دادند که به طور معنی‌داری از کاربرد تیمار Fe-EDDHA (کمترین میزان SPAD در روز ۴۵ ام) بر اساس معنی داری سطح (P<0.1) بیشتر بود. در روش‌های کودآبیاری و محلول‌پاشی انواع کمپلکس‌های آهن، Fe-Gly بیشترین مقدار SPAD را نسبت به کاربرد بقیه کمپلکس‌های آهن در پایان دوره‌ی آزمایش نشان داد. در کاربرد روش‌های کودآبیاری و محلول پاشی، کمپلکس‌های آهن در روزهای ۵ ام، ۲۵ ام و ۳۵ ام دوره استفاده شدند ولی در روش مصرف خاکی در هنگام کاشت بذر عمل کودهی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که در کاربرد خاکی که کمپلکس‌های آهن در ابتدای مرحله‌ی رشد به کار رفتند، مقدار نهایی SPAD در پایان ۴۵ روز بیشتر از دو روش مصرف دیگر بود ولی روند افزایشی منظمی را در طی ۴۵ روز نشان نداد و تفاوت معنی داری بین مقدار SPAD در هر مرحله بجز در انتهای دوره (روز ۴۵ ام) مشاهده نشد. در کاربرد کود آبیاری و محلول پاشی کمپلکس‌های آهن، مقدار افزایش SPAD در هر مرحله بیشتر از روش خاکی بود. به طوریکه افزایش SPAD در کاربرد خاکی Fe-Gly از روز ۲۵ ام تا ۴۵ ام (۲/۷۴) به طور معنی داری کمتراز کاربرد کودآبیاری (۸/۱۷) و محلول پاشی (۷/۸۷) آن در همین بازه زمانی بود. به این معنی که استفاده از روش‌های محلول پاشی و کود آبیاری در طول مرحله‌ی رشد گیاه مقدار SPAD را به طور معنی داری (P<0.1) افزایش می‌دهد ولی کاربرد خاکی که ابتدای جوانه زنی گیاه آهن را به میزان کافی در اختیار گیاه قرار می دهد در پایان مقدار SPAD بیشتری را در برگ ها نشان می‌دهد که نشان دهنده ی بهتر بودن شاخص کلروفیل برگ است. نتایج بیشترین مقادیر SPAD در مصرف خاکی Fe-Chi(A.hyd) و محلول پاشی و کود آبیاری Fe-Gly با نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت آهن در برگ های گیاه مطابقت داشت و افزایش در مقدار آهن در گیاه منجر به افزایش مقدار کلروفیل در برگ شد.

منابع

Alloway, B. (2008). Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association, Brussels. *International Fertilizer Industry Association, Paris*.

Bänziger, M., Long, J. Bulletin, N. (2000). The potential for increasing the iron and zinc density of maize through plant-breeding. *Food and Nutrition Bulletin* 21**,** 397-400.

Beebe, S., Gonzalez, A. V., Rengifo, J. Bulletin, N. (2000). Research on trace minerals in the common bean. *Food and Nutrition Bulletin* 21**,** 387-391.

Briat, J.F., Dubos, C. Gaymard, F. (2015). Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends in Plant Science* 20**,** 33-40.

Chapman, H. D. Pratt, F. (1961). Methods of analysis for soils, plants and waters, Univ. of California Div. 168-169.

Garcia-Brugger, A., Lamotte, O., Vandelle, E., Bourque, S., Lecourieux, D., Poinssot, B., Wendehenne, D. Pugin, A. (2006). Early signaling events induced by elicitors of plant defenses. *Molecular plant-microbe interactions*, 19**,** 711-724.

Hansen, N. C., Hopkins, B. G., Ellsworth, J. W. Jolley, V. D. (2006). Iron nutrition in field crops. *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms.* Springer.

Lowe, A., Rafferty-Mcardle, S. M. Cassells, A. C. (2012). Effects of AMF-and PGPR-root inoculation and a foliar chitosan spray in single and combined treatments on powdery mildew disease in strawberry. *Agricultural and Food Science,* 21**,** 28-38.

Marschner, P., Crowley, D., Rengel, Z. (2011). Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis–model and research methods. 43**,** 883-894.

Mirbolook, A., Rasouli-Sadaghiani, M., Sepehr, E., Lakzian, A. Hakimi, M. 2020a. Fortification of bread wheat with iron through soil and foliar application of iron-organic-complexes. *Journal of plant Nutrition* 44**,** 1386-1403.

Mirbolook, A., Rasouli‐Sadaghiani, M., Sepehr, E., Lakzian, A. Hakimi, M. (2021). Synthesized Zn (II)‐Amino Acid and‐Chitosan Chelates to Increase Zn Uptake by Bean (Phaseolus vulgaris) Plants. *Journal of plant growth regulation*. 40,831-847.

Ortiz-Monasterio, J. I., Palacios-Rojas, N., Meng, E., Pixley, K., Trethowan, R. Pena, R. (2007). Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *Journal Of Cereal Science*. 46**,** 293-307.

Souri, M. K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1.

Souri, M. K., Naiji, M., Aslani, M. (2018). Effect of Fe-glycine aminochelate on pod quality and iron concentrations of bean (Phaseolus vulgaris L.) under lime soil conditions. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*. 49**,** 215-224.

Souza, T. P., Gonçalves-Vidigal, M. C., Raatz, B., Mukankusi, C. M., Abreu, A., Melo, L. C. Pastor-Corrales, M. (2016). *Major loci controlling resistance to the angular leaf spot of common bean*.

Van, S. N., Minh, H. D., Anh, D. A. (2013). Study on chitosan nanoparticles on biophysical characteristics and growth of Robusta coffee in green house. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2**,** 289-294.

Welch, R. M., House, W. A., Beebe, S., Cheng, Z. (2000). Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (Phaseolus v ulgaris L.) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48**,** 3576-3580.

Fe-Organic Complexes Application Method in Fortification of Bean (*Phaseolus vulgaris)* under a Calcareous Soil

A. Mirbolook[1], M.H. Rasouli Sadaghiani[2], E. Sepehr[3], A. Lakzian[4], M. Hakimi[5]

1. Ph.D in soil science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran (Mirbolook@um.ac.ir)
2 and 3. Professor Soil Science, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
4. Proffesor Soil Science, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
5. Proffesor Chemistry, Chemistry Department, Payam Noor University of Mashhad, Iran

Abstract

The availability of sufficient iron for plants in calcareous soils is important. In this study, amino acid and iron chelates including glycine-iron (Fe-Gly), tyrosine-iron (Fe-Tyr) and chitosan-iron chelate in hydrolyzed acidic form (Fe-Chi) as sources of iron compared to Fe-EDDHA was evaluated for bean (*Phaseolus vulgaris)* plant in a calcareous soil with three different application methods of soil, fertigation and foliar. The highest increase in plant yield was observed in soil and foliar application of Fe-Gly and soil application of Fe-Chi. The results of increasing the iron concentration in the shoot and seed of beans were in line with increasing the yield of the plant. The highest levels of SPAD in the plant were observed in soil application of Fe-Gly and Fe-Chi. In general, soil application methods of Fe-Gly and Fe-Chi complexes and Fe-Gly foliar application method had the most positive effect on improving the growth conditions of bean plants and increasing the concentration of iron in the grain.

Keywords: Amino acid, Chitosan, Foliar application, Fertigation, Enrichment

تأثیر سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر فسفر کارایی دو واریته نیشکر

شیلا خواجوی شجاعی[۱]، کوروش مسعودیان خوزانی[۲]، پردیس خاجی[۳]

۱- دکتری علوم خاک، مدیریت مطالعات کاربردی، کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی.

۲- کارشناس ارشد علوم خاک، مدیریت مطالعات کاریردی، کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی.

۳- دانشجوی دکتری علوم خاک، مدیریت مطالعات کاربردی، کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی.

نویسنده مسئول: shila_khajavi@yahoo.com

چکیده

کارایی واریته‌های مختلف نیشکر در استفاده از عناصر غذایی از جمله فسفر، متفاوت است و آگاهی از کارایی جذب و استفاده از فسفر توسط واریته‌های مختلف می‌تواند در مدیریت تغذیه فسفر در گیاه نقش موثری داشته باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر سطوح کود سوپرفسفات تریپل بر فسفر کارایی دو واریته CP69-1062 و CP48-103 گیاه نیشکر بود. تیمارها شامل استفاده از کود فسفر در سه سطح؛ ۱- ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود سوپرفسفات تریپل (مقدار مرسوم)، ۲- ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود سوپرفسفات تریپل (۵۰ درصد مقدار مرسوم) و ۳- شاهد (بدون کاربرد کود) بود. نتایج نشان داد عملکرد واریته CP48-103 در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در هکتار ۲۱/۳ درصد و در واریته CP69-1062 تیمار ۳۰۰ کیلوگرم کود در هکتار ۱۳/۲ درصد نسبت به شاهد، بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد داشتند. فسفر کارایی واریته CP48-103 و CP69-1062 در شرایط استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار به‌ترتیب ۰/۸۲۸ و ۰/۹۲۹ بدست آمد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد کارایی فسفر در واریته CP69-1062 بالاتر بود و این واریته در شرایط کمبود فسفر نیز قادر است عملکردی نزدیک به شرایط فراهمی فسفر داشته باشد. در حالی که واریته CP48-103 کارایی استفاده از فسفر و پاسخ به کاربرد کود بالاتری داشته و کودپذیرتر از واریته CP69-1062 است. بنابراین تفاوت در فسفر کارایی واریته‌های نیشکر باید در مدیریت کوددهی فسفر مزارع تحت کشت نیشکر در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: دعبل خزاعی، فسفر، کارایی، نیشکر.

مقدمه

فسفر یکی از مهمترین عناصر غذایی در تغذیه گیاه می‌باشد که پس از نیتروژن بیش‌ترین مصرف کود را در کشاورزی دارد. به‌طوری‌که سالانه بیش از ۳۶ میلیون تن در دنیا و ۸۰۰ هزار تن کود فسفر در ایران مصرف می‌شود (ملکوتی، ۱۳۹۷). در بیش‌تر خاک‌ها، با وجود افزودن مقادیر زیاد کودهای فسفر، مقدار فسفر قابل دسترس خاک برای گیاهان به‌دلیل تبدیل آن به‌شکل‌های غیرقابل دسترس، بسیار کم می‌باشد (Bhattacharya, 2019). این در حالی است که کارایی مصرف کودهای فسفر حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد (در سال کاربرد آن) می‌باشد (Rosa *et al*., 2020). از طرف دیگر منابع سهل‌الوصول و باکیفیت کودهای فسفر در دنیا رو به کاهش بوده و پیش بینی می‌شود طی ۷۰ تا ۸۰ سال آینده به اتمام برسند (Wu *et al*., 2020). بنابراین یافتن راهکاری برای مصرف بهینه کودهای فسفر ضروری است. فسفر از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه نیشکر است. برآورده شده است که تولید هر تن نیشکر سبب خروج ۰/۳۸ تا ۰/۸۲ کیلوگرم پنتا اکسید فسفر (P_2O_5) (معادل ۰/۱۶۶ تا ۰/۳۵۸ کیلوگرم فسفر) از خاک می‌شود (Boschiero *et al*., 2019). اگرچه نیشکر به فسفر کم‌تری در مقایسه با نیتروژن و پتاسیم نیاز دارد، اما فسفر نقش مهمی در رشد و عملکرد گیاه به‌ویژه در توسعه ریشه، پنجه‌زنی و راتون‌پذیری نیشکر دارد (Zambrosi *et al*., 2017).

امروزه بررسی توانایی واریته‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. کارایی واریته‌های مختلف نیشکر در استفاده از عناصر غذایی از جمله فسفر، متفاوت می‌باشد.این تفاوت می‌تواند به‌دلیل جذب

توسط ریشه‌ها و یا مصرف توسط گیاه باشد. به‌عبارت دیگر واریته فسفرکارای نیشکر واریته‌ای است که بتواند عملکرد خود را در شرایط کمبود فسفر حفظ کند (Zambrosi *et al*., 2015). از دیدگاه تغذیه گیاهی، واریته کارا در جذب فسفر واریته‌ای است که بتواند فسفر خاک را بیش‌تر جذب نماید و یا بتواند از فسفر جذب شده، برای تولید محصول به‌نحو مطلوب استفاده نماید. واریته‌های فسفرکارا با مکانیسم‌های مختلفی از جمله گسترش ریشه، تغییرات ریزوسفر و ترشح پروتون و اسیدهای آلی، کارایی بالایی در جذب فسفر از خاک دارند و یا با مصرف بهینه عناصر در داخل گیاه از طریق تنظیم فعالیتهای متابولیکی در غلظت کم فسفر جذب شده، کارایی بالایی در استفاده از فسفر دارند. واریته‌های گیاهی که بتوانند شکل‌های تثبیت شده فسفر خاک را به‌طور مؤثرتری جذب و مصرف کنند، می‌توانند سبب کاهش هزینه‌های تولید، ایجاد سیستم‌های زراعی پایدار و حفظ سلامت محیط زیست گردند (Zambrosi *et al*., 2015). همچنین آگاهی از کارایی جذب و استفاده از فسفر توسط واریته‌های مختلف فسفر می‌تواند در مدیریت تغذیه فسفر در گیاه کمک کند (Zambrosi *et al*., 2017). با توجه به نقش حیاتی فسفر در رشد و عملکرد گیاه نیشکر، اثر مقادیر مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر مقدار فسفر خاک، عملکرد و شاخص‌های کارایی فسفر در گیاه نیشکر در کشت و صنعت دعبل خزاعی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شهریور ماه سال ۱۳۹۸ در کشت و صنعت دعبل خزاعی در ۲ مزرعه با واریته CP69-1062 و CP48-103 و در پلات‌های آزمایشی انجام شد. تیمارها شامل استفاده از کود فسفر در سه سطح؛ ۱) ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود سوپرفسفات تریپل (مقدار مرسوم بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان)، ۲) ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود سوپرفسفات تریپل (۵۰ درصد مقدار مرسوم) و ۳) شاهد (بدون کاربرد کود)، بودند که در مساحت ۸ هکتار پیش از کاشت به صورت نواری در زیر قلمه‌ها به خاک اعمال شدند. برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل دسترس ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل تبادل ($mg\ kg^{-1}$)
لوم رسی سیلتی	۸/۳۵	۲/۸۹	۰/۴۹	۰/۰۵۱	۶/۶۳	۱۵۵/۷۴

مقدار فسفر قابل دسترس خاک پیش از کاشت، ۳ و ۸ ماه پس از کاشت و پیش از برداشت به روش رنگ‌سنجی (روش اولسن) اندازه‌گیری شد (Olsen and Sommers, 1982; Murphy and Riley, 1962). پیش از قطع آبیاری مزارع به‌منظور رسیدگی نیشکر، از اندام هوایی گیاه جهت تعیین مقدار فسفر نمونه‌برداری انجام شد. فسفر گیاه پس از هضم نمونه با اسید به روش وانادات-مولیبدات در طول موج ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Gupta, 2000). پس از ۱۸ ماه از کاشت، نیشکر در هر تیمار برداشت شد و عملکرد آن به‌دست آمد. برای ارزیابی تأثیر تیمارها در افزایش فسفر قابل دسترس خاک و کارایی فسفر از روابط زیر استفاده شد (Emami *et al*., 2020 ؛Wu *et al*., 2020).

$$FR = Y_F - Yc \quad (۱)$$

$$P_b = P_F - P_U \quad (۲)$$

$$PAE\ (\%) = (TP_F - TP_c)/P_F \times 100 \quad (۳)$$

$$PUTE = {}^{Y}/_{TP} \quad (۴)$$

$$PE = (Y/Y_F) \quad (۵)$$

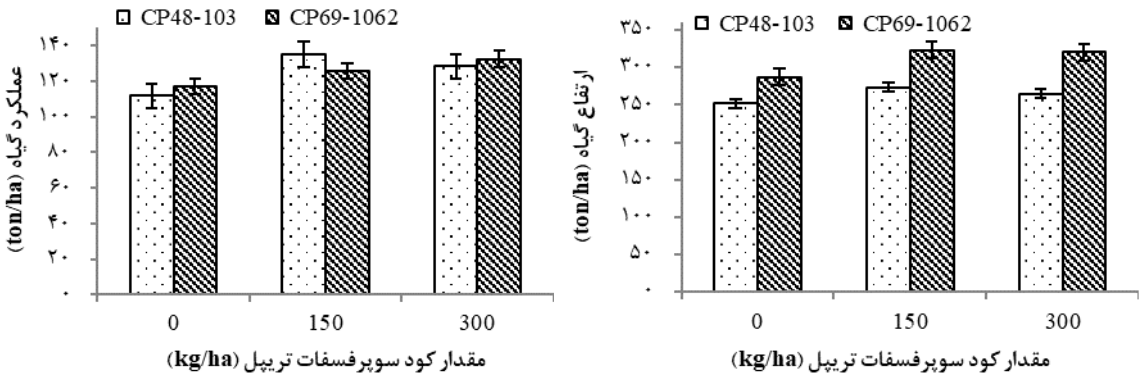
در این روابط API غلظت فسفر قابل دسترس در تیمار کاربرد فسفر و AP_C غلظت فسفر قابل دسترس در تیمار شاهد، FR شاخص پاسخ گیاه به کاربرد کود برحسب تن در هکتار، Y_F عملکرد در تیمار کود داده شده، Yc عملکرد در تیمار شاهد، P_b برآیند ورود و خروج فسفر در خاک، P_F فسفر اضافه شده به خاک در اثر کاربرد کود، P_U فسفر برداشت شده توسط گیاه (ساقه و برگ)، PAE شاخص کارایی جذب فسفر، TP_F و TP_C به‌ترتیب کل فسفر جذب شده یا فسفر برداشت شده از خاک توسط

گیاه در تیمار کود فسفر و شاهد (کیلوگرم)، P_F مقدار کود فسفر استفاده شده (کیلوگرم)، PUTE شاخص کارایی استفاده از فسفر بر حسب تن بر کیلوگرم فسفر، Y عملکرد برحسب تن در هکتار، TP مقدار کل فسفر جذب شده برحسب کیلوگرم، PE شاخص فسفر کارایی بر حسب درصد، Y_c عملکرد در تیمار شاهد و Y_F عملکرد در تیمار کود داده شده است.

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر ارتفاع و عملکرد گیاه

نتایج ارتفاع مزارع در شکل ۱ نشان داده شده است. در واریته CP48-103 بیش‌ترین ارتفاع در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل با ۲۷۳/۳ سانتی‌متر مشاهده شد، که نسبت به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار و شاهد به‌ترتیب ۳/۰ و ۷/۷ درصد بیش‌تر بود (شکل ۱). در واریته CP69-1062 نیز بیش‌ترین ارتفاع مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل با ۳۲۳/۳ سانتی‌متر بود، که نسبت به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار و شاهد به‌ترتیب ۰/۸ و ۱۲/۵ درصد افزایش داشت (شکل ۱). همچنین عملکرد واریته CP48-103 در تیمار ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در هکتار نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۱/۳ و ۱۴/۷ درصد افزایش داشت. در واریته CP69-1062 نیز عملکرد در تیمار ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود به‌ترتیب نسبت به شاهد ۷/۶ و ۱۳/۲ درصد افزایش عملکرد نشان داد. (شکل ۱). نتایج پژوهش Borges *et al.* (2020) نیز نشان داد کاربرد ترکیبی منابع فسفر (کودهای شیمیایی و آلی) سبب افزایش کارایی استفاده نیشکر از فسفر و افزایش رشد و عملکرد آن می‌شود. به‌طور مشابه نتایج مطالعه de Lima Vasconcelos *et al.* (2017) در برزیل نشان داد کاربرد ترکیب کود سوپرفسفات تریپل و فیلترکیک سبب افزایش معنی‌دار جذب فسفر در ساقه و برگ نیشکر (RB86 7515)، عملکرد نیشکر شد.



شکل ۱- اثر سطوح متفاوت سوپرفسفات تریپل بر ارتفاع و عملکرد واریته‌های گیاه نیشکر.

اثر سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر مقدار فسفر قابل دسترس خاک و گیاه

مقدار فسفر قابل دسترس خاک پس از گذشت ۳ ماه از کشت نیشکر، به‌طور میانگین در تیمارهای شاهد، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۷/۶۱، ۱۵/۱۶ و ۲۰/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نسبت به مقدار فسفر قابل دسترس خاک پیش از کشت گیاه افزایش یافت (جدول ۲). با شروع فعالیت رویشی گیاه و جذب فسفر از خاک و همچنین احتمالاً با افزایش تثبیت فسفر خاک در ماه هشتم پس از کشت گیاه، غلظت فسفر قابل دسترس خاک به شدت کاهش یافته و در تیمارهای شاهد، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۰/۳۹، ۲/۵۰ و ۸۸/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. پس از برداشت نیشکر از مزارع مقدار فسفر قابل دسترس خاک در تیمارهای شاهد، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۳/۵۸، ۵/۱۵ و ۶/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد که در تمامی تیمار نسبت به ماه هشتم افزایش نشان داد که احتمالاً به‌دلیل خروج گیاه از رشد فعال و برداشت کمتر فسفر از خاک بوده است که منجر به افزایش مقدار فسفر قابل دسترس خاک گردید (جدول ۲).
برآیند ورود و خروج فسفر در خاک نشان داد، تیمار شاهد بیش‌ترین خروج فسفر به مقدار ۱۴۰/۳۹ کیلوگرم فسفر بر هکتار را داشته است (جدول ۳). خروجی فسفر از خاک در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سبب خروج ۲۸/۶۳ کیلوگرم فسفر از هر

هکتار خاک گردید. در این میان تیمار ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار، ۱۲۶/۶۶ کیلوگرم فسفر به هر هکتار از خاک اضافه کرده است (جدول ۲). بر این اساس می‌توان چنین برداشت کرد که استفاده از سطوح کم‌تر کود، سبب آزادسازی بخشی از فسفر تثبیت شده در خاک می‌گردد، در حالی که می‌تواند در بلندمدت منجر به تخلیه خاک از این عنصر شود و این امر سبب گردد مقدار کافی فسفر در اختیار کشت‌های بازرویی نیشکر قرار نگیرد و گیاه با کاهش سطح فسفر و عملکرد مواجه شود. مقدار برداشت فسفر در هر سه تیمار در واریته CP69-1062 نسبت به واریته CP48-103 بیش‌تر بود. واریته CP69-1062 در تیمار شاهد، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۱۵/۵، ۷۳/۱ و ۹/۹ درصد نسبت به واریته CP48-103 فسفر بیش‌تری از خاک برداشت کرده است. مقدار فسفر موجود در اندام هوایی نیز این مقادیر را توجیه می‌کند، چرا که مقدار آن در واریته CP69-1062 نسبت به واریته CP48-103 در اندام هوایی گیاه نیشکر بالاتر بود (جدول ۲). Zambrosi *et al.* (2020) با مطالعه تأثیر کاربرد سطوح مختلف کود فسفر (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5) بر جذب فسفر توسط نیشکر (RB86-7515) و عملکرد آن در مزارع بازروئی سوم و چهارم (با برداشت سبز)، گزارش کردند کاربرد فسفر سبب افزایش معنی‌دار غلظت و جذب فسفر در ساقه و عملکرد نی شد. نتایج آن‌ها همچنین نشان داد بیش‌ترین عملکرد نی مربوط به تیمار کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 بود که عملکرد نی در آن تیمار در مقایسه با تیمار شاهد بیش از ۲۰ درصد افزایش یافت. آن‌ها مقدار بهینه کود فسفر در مزارع بازروئی سوم و چهارم را ۵۴/۴ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند.

جدول ۲- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر مقدار فسفر قابل استفاده خاک.

واریته	تیمار	مقدار فسفر قابل استفاده خاک (mg kg^{-1})			فسفر اندام هوایی (g kg^{-1})	برآیند ورود و خروج فسفر در خاک (kg P ha^{-1})
		ماه سوم	ماه هشتم	پس از برداشت		
CP48-103	شاهد	۵/۲۷	۰/۵۰	۲/۲۵	۱/۱۵	-۱۲۸/۵۷
	۱۵۰ kg ha^{-1}	۱۳/۹۲	۲/۳۱	۳/۰۲	۱/۲۰	-۱۲/۱۲
	۳۰۰ kg ha^{-1}	۱۶/۴۰	۳/۰۱	۶/۳۴	۱/۳۰	۱۳۳/۲۱
CP69-1062	شاهد	۹/۹۵	۰/۲۸	۴/۹۲	۱/۳۰	-۱۵۲/۲۱
	۱۵۰ kg ha^{-1}	۱۶/۴۲	۲/۷۰	۲/۱۳	۱/۵۵	-۴۵/۱۴
	۳۰۰ kg ha^{-1}	۲۴/۳۵	۵/۸۷	۶/۱۰	۱/۳۵	۱۲۱/۱۲

اثر سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر شاخص‌های کارایی فسفر

از عملکرد نیشکر در تیمارهای مختلف به عملکرد نیشکر در شرایط بهینه فسفر (تیمار ۳۰۰ کیلوگرم کود داده شده) برای ارزیابی شاخص فسفر کارایی استفاده گردید. فسفر کارایی واریته CP69-1062 در شرایط استفاده از هر دو سطح کود فسفر بالاتر از واریته CP48-103 بدست آمد که نشان‌دهنده فسفرکارا بودن این واریته در استفاده از فسفر دارد. فسفرکارایی به فاکتورهای زیادی از قبیل محیط رشد و شکل‌های شیمیایی فسفر خاک وابسته است.

شاخص کارایی استفاده از فسفر از عملکرد تولید شده به ازای واحد فسفر جذب شده به‌عنوان شاخص کارایی مصرف در داخل گیاه استفاده گردید. واریته‌ای که در غلظت‌های پایین فسفر بتواند فعالیت‌های متابولیکی را در بافت‌ها و اندام‌های خود طوری تنظیم کند که عملکرد بالایی را به ازای هر واحد فسفر جذب شده تولید کند، کارایی مصرف فسفر بالایی دارد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴). کارایی استفاده از فسفر در شرایط عدم استفاده از کود در واریته CP48-103 برابر ۰/۸۷۰ تن نیشکر بر کیلوگرم فسفر بدست آمد که بیش‌تر از کارایی مصرف فسفر در واریته CP69-1062 است. این روند در تمامی سطوح کود سوپرفسفات تریپل مشاهده شد. به‌طور کلی در تیمارهای مصرف فسفر شاخص کارایی استفاده از فسفر کاهش یافت که نشان می‌دهد گیاه در شرایط کمبود از مقدار فسفر جذب شده حداکثر استفاده را می‌کند که نوعی سازگاری در شرایط کمبود فسفر است. نتایج نشان داد شاخص کارایی جذب فسفر در هر دو واریته با افزایش سطح استفاده از کود سوپرفسفات تریپل کاهش نشان داد. می‌توان چنین برداشت کرد که افزایش مقدار مصرف کود تأثیری در افزایش جذب فسفر و شاخص کارایی جذب فسفر نداشته است. شاخص پاسخ گیاه به کاربرد کود از اختلاف عملکرد گیاه در شرایط فراهمی فسفر با عملکرد در شرایط

محدودیت فسفر بدست آمد که نشان‌دهنده مقدار کودپذیری گیاه است. این شاخص در هر دو واریته در سطح استفاده ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم مقادیر بالایی بود که نشان از کودپذیری بالایی این واریته‌ها دارد، اما اختلاف قابل توجهی در سطوح ۱۵۰ کیلوگرم استفاده از کود فسفر در واریته CP48-103 نسبت به واریته CP69-1062 مشاهده شد.

جدول ۳ – شاخص‌های مرتبط با کارایی کود فسفر در واریته‌های گیاه نیشکر

واریته	تیمار/ واحد	فسفر کارایی	کارایی استفاده از فسفر	کارایی جذب فسفر	پاسخ گیاه به کاربرد کود
	-	-	ton kg P^{-1}	-	ton ha^{-1}
CP48-103	شاهد	-	۰/۸۷۰	-	-
	۱۵۰ kg ha^{-1}	۰/۸۲۸	۰/۸۳۳	۰/۲۲۴	۲۰/۸۴
	۳۰۰ kg ha^{-1}	۰/۸۷۱	۰/۷۶۹	۰/۱۲۷	۱۲/۲۱
CP69-1062	شاهد	-	۰/۷۶۹	-	-
	۱۵۰ kg ha^{-1}	۰/۹۲۹	۰/۶۴۵	۰/۲۸۷	۷/۶۱
	۳۰۰ kg ha^{-1}	۰/۸۸۳	۰/۷۴۱	۰/۰۸۹	۱۲/۳۱

واریته فسفرکارای نیشکر واریته‌ای است که بتواند فسفر قابل دسترس خاک را جذب داشته باشد و توانایی تبدیل آن به زیست‌توده را داشته باشد (Zambrosi *et al*., 2015). Zambrosi *et al*. (2020) با بررسی توانایی جذب فسفر و فسفرکارایی واریته‌های مختلف نیشکر IACSP95-5000، IACSP94-2101، RB86-7515، IAC91-1099، IACSP94-2094 و IAC87-3396 گزارش کردند کارایی واریته‌های IACSP94-2094 وIACSP95-5000 در جذب و استفاده از فسفر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر واریته‌ها بود.

نتیجه‌گیری

واریته‌های مختلف نیشکر در جذب و استفاده از فسفر می‌تواند متفاوت باشد، واریته گیاهی نیشکر که بتواند فعالیت‌های متابولیکی خود را در غلظت پایین فسفر تنظیم نماید و عملکرد بالاتری نسبت به مقدار فسفر جذب شده تولید نماید واریته کارا در استفاده از فسفر خواهد بود. نتایج این پژوهش نشان داد واریته CP48-103 نسبت به واریته CP69-1062 فسفر کارایی، کارایی استفاده از فسفر و پاسخ به کاربرد کود بالاتری داشت. شناسایی کارایی واریته‌های مختلف نیشکر در جذب و استفاده از فسفر می‌تواند به مدیریت تغذیه فسفر در مزارع نیشکر کمک کند. بنابراین لازم است در مدیریت کوددهی فسفر در مزارع نیشکر باید این موضوع مورد توجه قرار بگیرد.

منابع

موسوی، ر، سپهر، ا، صمدی، ع، رسولی صدقیانی، م، صادق زاده، ب. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر تلقیح میکروبی بر فسفر کارایی ارقام مختلف جو در استفاده از سنگ فسفات. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹ (۶). ۱۴۹۲-۱۴۸۱.

ملکوتی، م. ج. (۱۳۹۷). نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۴۹۸ ص.

Bhattacharya A. (2019). Changing environmental condition and phosphorus-use efficiency in plants. Changing climate and resource use efficiency in plants. Academic Press: Cambridge, MA, USA. 241-305 p.

Borges, B. M. M. N., Abdala, D. B., de Souza, M. F., Viglio, L. M., Coelho, M. J. A., Pavinato, P. S., Franco, H. C. J. (2019). Organomineral phosphate fertilizer from sugarcane byproduct and its effects on soil phosphorus availability and sugarcane yield. *Geoderma*, 339, 20-30.

Boschiero, B. N., de Castro, S. G. Q., da Rocha, A. E. Q., Franco, H. C. J., Carvalho, J. L. N., Soriano, H. L., dos Santos, J. A., Bressiani, J. A. and Kölln, O. T. (2019). Biomass Production and Nutrient Removal of Energy Cane Genotypes in Northeastern Brazil. *Crop Science*, 59(1), 379-391.

de Lima Vasconcelos, R., de Almeida, H. J., de Mello Prado, R., dos Santos, L. F. J., Júnior, J. M. P. (2017). Filter cake in industrial quality and in the physiological and acid phosphatase activities in cane-plant. *Industrial crops and products*, 105, 133-141.

Emami, S., Alikhani, H. A., Pourbabaee, A. A., Etesami, H., Motasharezadeh, B., Sarmadian, F. (2020). Consortium of endophyte and rhizosphere phosphate solubilizing bacteria improve phosphorous use efficiency in wheat cultivars in phosphorus deficient soils. *Rhizosphere*, 14,100196.

Gupta P. K. (2000). Soil, plant, water, and fertilizer analysis. Agrobios pub. Bikaner. India. 438 p.

Murphy, J. A. M. E. S., Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.

Olsen S.R. and Sommers L.E. (1982). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties of Phosphorus, vol 9. ASA Monograph. 403–430 p.

Rosa, P.A.L., Mortinho, E.S., Jalal, A., Galindo, F.S., Buzetti, S., Fernandes, G.C., Barco Neto, M., Pavinato, P.S. Teixeira Filho, M.C.M. (2020). Inoculation with growth-promoting bacteria associated with the reduction of phosphate fertilization in sugarcane. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 32. doi: 10.3389/fenvs.2020.00032

Wu, Q., Zhou, W., Chen, D., Cai, A., Ao, J., Huang, Z. (2020). Optimizing soil and fertilizer phosphorus management according to the yield response and phosphorus use efficiency of sugarcane in southern china. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 1-10. https://doi.org/10.1007/s42729-020-00236-8

Zambrosi, F. C. B. (2020). Phosphorus fertilizer reapplication on sugarcane ratoon: opportunities and challenges for improvements in nutrient efficiency. *Sugar Tech*, 1-5. https://doi.org/10.1007/s12355-020-00925-9.

Zambrosi, F. C. B., Ribeiro, R. V., Machado, E. C., Garcia, J. C. (2017). Phosphorus deficiency impairs shoot regrowth of sugarcane varieties. *Experimental Agriculture*, 53(1), 1-11.

Zambrosi, F. C. B., Ribeiro, R. V., Marchiori, P. E. R., Cantarella, H., Landell, M. G. A. (2015). Sugarcane performance under phosphorus deficiency: physiological responses and genotypic variation. *Plant and soil*, 386(1-2), 273-283.

Effect of different level of triple superphosphate on phosphorus efficiency of two sugarcane varieties

Shila Khajavi-Shojaei [1*], Kourosh Masoudian Khozani [2], Pardis Khaji [3]

1- Ph.D of Soil Science, Applied Research Management, Debal Khozaei Sugarcane Agro-Industry Co., Ahvaz, Iran.

2- MSc. of Soil Science, Applied Research Management, Debal Khozaei Sugarcane Agro-Industry Co., Ahvaz, Iran.

3- Ph.D student of Soil Science, Applied Research Management, Debal Khozaei Sugarcane Agro-Industry Co., Ahvaz, Iran.

*corresponding author: shila_khajavi@yahoo.com

Abstract

The efficiency of different varieties of sugarcane in application of nutrients such as phosphorus is different, and knowledge of the efficiency of absorption and use of phosphorus by different varieties can play an effective role in managing the nutrition of phosphorus in plant. The aim of this study was to investigate the effect of triple superphosphate fertilizer levels on phosphorus efficiency indices in two sugarcane varieties CP69-1062 and CP48-103. Treatments included the use of phosphorus fertilizer at three levels; 1 - 300 kg / ha of triple superphosphate fertilizer (100% of conventional amount), 2 - 150 kg / ha of triple superphosphate fertilizer (50% of conventional amount) and 3 - control (without fertilizer application). The results showed that the yield of CP48-103 variety in the treatment of 150 kg of triple superphosphate fertilizer per hectare was 21.3% and in the CP69-1062 300 kg of fertilizer per hectare was 13.2% compared to the control had the greatest effect on increasing sugarcane yield. Phosphorus efficiency of CP48-103 and CP69-1062 in the application of 150 kg of fertilizer per hectare was 0.828 and 0.929, respectively. In general, the results showed that the phosphorus efficiency of CP69-1062 variety was higher and this variety is capable to show the same yield in both phosphorus deficiency and adequate phosphorus conditions, whereas CP48-103 variety had higher utilization efficiency of phosphorus. Therefore the difference of sugarcane varieties in phosphorus efficiency should be considered in fertilizer management of sugarcane fields.

Keywords: Debal Khozaei, Efficiency, Phosphorus, Sugarcane.

اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید در کاهش اثر نامطلوب تنش گرمایی در خیار گلخانه‌ای

مجید بصیرت[۱]، سید مجید موسوی[۱] و مجید عباسپور[۱]
[۱] موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

گلخانه‌داران هر ساله هزینه‌های بالایی بابت تأمین انرژی گرمایی پرداخت می‌کنند. بنابراین، اتخاذ راهکارهایی که گیاه بتواند در شرایط تنش گرمایی عملکرد خود را حفظ نماید، هدف هر گلخانه‌داری می‌باشد. با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و سیلیسیلیک اسید (۰ و ۴ در هزار) بر روی وضعیت عملکردی و جذب عناصر غذایی در شرایط تنش گرمایی، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی روی خیار گلخانه‌ای اجرا شد. نتایج نشان داد که در شرایط تنش گرمایی، تیمار۴ در هزار سیلیسیلیک اسید (Si) بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد کل خیار (۳۹/۶۴ درصد افزایش نسبت به شاهد) و عملکرد بازار پسند خیار (۴۴/۵۲ درصد افزایش نسبت به شاهد) دارد. همچنین، تحت تنش گرمایی، به استثنای عناصر نیتروژن و روی، سایر عناصر در محدوده‌ی غلظتی مطلوب قرار داشتند. نکته‌ی جالب توجه، اثر معنی‌دار تیمارهای اعمال شده بر کاهش معنی‌دار محتوای نیترات در میوه خیار در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط تنش گرمایی بود. یافته‌های این تحقیق به‌طورکلی نشان داد که مدیریت تغذیه‌ای گیاه (با سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید) ابزاری کارآمد برای افزایش مقاومت خیار گلخانه‌ای و دستیابی به عملکردهای اقتصادی، بازار پسند و سالم (از لحاظ تجمع نیترات) در شرایط تنش گرمایی می‌باشد.

کلمات کلیدی: سالیسیلیک اسید، سیلیسیلیک اسید، تنش گرمایی، محلول‌پاشی، خیار گلخانه‌ای

مقدمه

تنش نتیجه روند غیر عادی فرآیند فیزیولوژیکی است که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل نا مطلوب محیطی یا زیستی حاصل می-شود. به‌طور کلی، هر عاملی که مراحل متابولیک گیاه را به وقفه اندازد، محدود نماید و یا به‌طور زیان آوری تسریع کند و منجر به اثرات سوء بر رشد و نمو گیاه گردد، از عوامل تنش‌زا محسوب می‌شود (Karami, 2013). یکی از عوامل تنش‌زای موثر بر رشد و نمو گیاهان، تنش گرمایی است. تنش گرمایی یک تنش غیر زیستی است که از طریق بلوغ زودرس، پژمردگی، ریزش برگ‌ها و کاهش عملکرد گیاه بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد (Porter, 2005). بنابراین، جهت کاهش اثر تنش گرمایی بر رشد و عملکرد گیاه و افزایش توان تولید گیاهان حتی در شرایط وجود تنش، یافتن راه‌کارهای مدیریتی که علاوه بر کارایی بالا به هزینه کمتری نیاز داشته باشند، امری مهم در تولید محصولات کشاورزی است. اخیراً تغذیه گیاهان به‌عنوان یک استراتژی قوی در مدیریت بسیاری تنش‌های زیستی و غیر زیستی مورد توجه قرار گرفته است (Etesami and Jeong, 2018). اگرچه سیلیسیم (Si) به عنوان یک عنصر غیر ضروری برای رشد و نمو گیاه در نظر گرفته می‌شود، اما نقش آن در افزایش مقاومت گیاهان در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های زیستی و غیر زیستی توسط محققین فعال در این زمینه به اثبات رسیده است (Mousavi et al., 2018). مطالعات قبلی اثرات مفید سیلیسیم در شرایط خشکی، سمیت فلزات سنگین، شوری و تنش‌های دمایی را در گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند (Mousavi et al., 2018 Etesami and Jeong, 2018). سالیسیلیک اسید (SA) نیز یک ترکیب فنلی سنتز شده در سلول‌های

گیاهی است که رشد و نمو گیاهان را در پاسخ به تنش‌های زیستی و و غیرزیستی تنظیم می‌کند (Khan et al., 2015) و تحقیقات کمی در مورد تحمل استرس گرمایی خیار تحت تأثیر کاربرد سیلیسیم و سالیسیلیک اسید انجام شده است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اسید سیلیسیلیک بر خصوصیات مختلف تغذیه‌ای و عملکردی خیار گلخانه‌ای، تحت تنش گرمایی می‌باشد.

مواد و روش

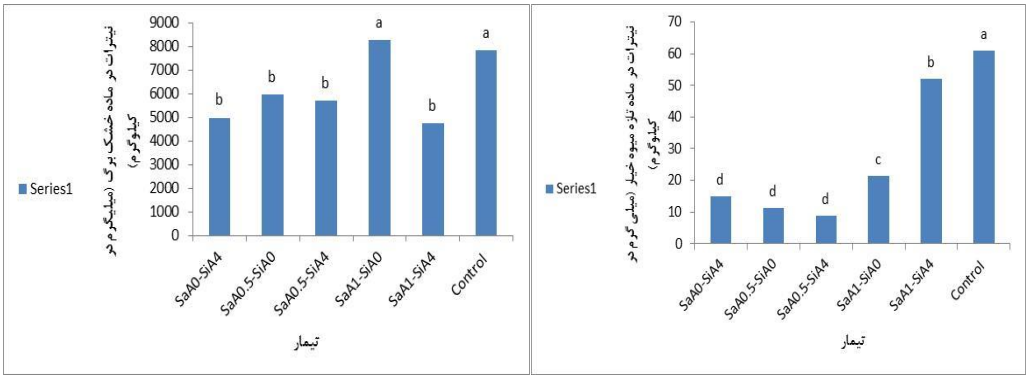
این تحقیق در گلخانه‌ی تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک وآب کرج و به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار اجرا شد. گلخانه‌ی محل اجرا دارای سیستم گرمایش و سرمایش کنترل شده بود و کنترل شرایط محیطی توسط سنسورهای محیطی قابل تنظیم بودند. شرایط کشت به صورت هیدروپونیک و در بستر مخلوط ۳۰ درصد پرلیت و ۷۰ درصد کوکوپیت انتخاب شد. محلول غذایی کامل شامل نیتروژن (۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر)، فسفر (۳۵ میلی‌گرم در لیتر)، پتاسیم (۲۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، کلسیم (۱۷۰ میلی گرم در لیتر)، منیزیم (۲۴ میلی‌گرم در لیتر)، آهن (۱/۲میلی‌گرم در لیتر)، منگنز (۰/۵ میلی‌گرم در لیتر)، روی (۰/۳ میلی‌گرم در لیتر)، مس (۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر) و مولیبدن (۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) به صورت کود آبیاری در اختیار گیاهان قرار گرفت. تیمارهای مورد استفاده شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و اسید سیلیسیلیک در دو سطح صفر و ۴ در هزار بودند که به صورت محلول‌پاشی در مرحله‌ی باردهی در طی ۳ تکرار به فاصله ۲ هفته مصرف شد.
بیشترین و موثرترین زمان فتوسنتز گیاه خیار در گلخانه، در ساعات ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر می‌باشد (Basirat et al., 2018) که جهت اعمال تنش گرمایی، در این ساعات درجه حرارت کمی بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. در سه مرحله بعد از شروع باردهی به فاصله هر دو هفته، محلول پاشی تیمارهای فوق صورت گرفت. در طول این ۶ هفته، عملکرد، ترکیب شیمیایی برگ و محتوای نیترات در ماده‌ی تازه میوه اندازه‌گیری و تفاوت تیمارها بررسی گردید. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر وزن کل خیار در بوته و عملکرد بازار پسند، در شرایط تنش گرمایی نشان داد که تیمارهای مورد نظر به طور معنی‌داری صفات عملکردی را تحت تأثیر قرار داد. همچنین اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید در مورد تعداد کل خیار در گلدان معنی‌دار شد (نتایج گزارش نشده است). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین وزن کل خیار در گلدان را سبب شد که با سطح ۰/۵ میلی-مولار اختلاف معنی‌دار نداشت (نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های عملکردی گزارش نشده است). اثرات سالیسیلیک اسید بر رشد می‌تواند به دلایلی مانند افزایش میزان تقسیم سلولی در مناطق مریستمی و رشد سلولی باشد که موجب افزایش رشد می‌گردد و دلیل دیگر آن نیز تأثیر سالیسیلیک اسید بر سایر هورمون‌های گیاهی می‌باشد (Khan et al., 2013). محلول‌پاشی سیلیسیلیک اسید به طور معنی‌داری وزن کل خیار در گلدان و عملکرد بازار پسندی محصول را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. افزایش رشد و عملکرد گیاه درحضور سیلیسیم تحت شرایط تنش، احتمالاً به دلیل رسوب آن در پهنک برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ است (Saha et al., 2021).

نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی تیمارهای مختلف بر ترکیب شیمیایی برگ و محتوای نیترات میوه خیار نشان داد که تیمارهای مورد بررسی در اکثر موارد به طور معنی‌داری صفات مورد بررسی را تحت تأثیر قرار دادند و اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید نیز تنها نیتروژن کل برگ، فسفر برگ، کلسیم برگ، منیزیم برگ، نیترات در ماده خشک برگ و نیترات در ماده‌ی تازه‌ی میوه خیار را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند (داده ها ارائه نشده است).

طبق نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱- سمت راست)، بیشترین میزان کاهش نیترات در میوه خیار در مقایسه با شاهد به ترتیب به تیمار ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید (حدود ۸۶ درصد)، یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (حدود ۸۵ درصد)، ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید (حدود ۸۲ درصد)، ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید (حدود ۷۲ درصد) و در نهایت تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید (حدود ۱۴٫۷۳٪) اختصاص داشت. به‌طورکلی، بررسی اندازه‌گیری‌های مربوط به محتوای نیترات برگ و میوه خیار در تیمارهای مختلف نشان داد که اکثر تیمارها باعث کاهش انباشت نیترات در مقایسه با شاهد شدند.



شکل ۱- محتوای نیترات در ماده خشک برگ (سمت چپ) و ماده تازه میوه‌ی خیار (سمت راست) در تنش گرمایی

SaA0-SiA4: ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA0: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA4: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA0: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA4 : ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ شاهد: بدون مصرف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید.

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی ترکیب شیمیایی برگ (جدول ۱) نشان می‌دهد که سطح ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری پتاسیم و سیلیسیم برگ را در مقایسه با سایر تیمارها افزایش داد. این نتایج با نتایج Barros و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت. سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث کاهش معنی‌دار محتوای آهن، منگنز، روی و بور در برگ شد ولی اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار از این نظر وجود نداشت در حالی‌که سطح ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث کاهش معنی‌دار محتوای مس برگ در مقایسه با سطح ۰/۵میلی‌مولار شد (۱۱/۶۹ درصد کاهش).

سیلیسیلیک اسید محتوای پتاسیم، سیلیسیم، آهن، منگنز، مس، روی و بور در برگ را به طور معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۱). نقش سیلیسیوم در افزایش جذب آهن توسط گیاه و تعدیل تنش کمبود آهن در نتیجه‌ی مصرف سیلیسیوم را به افزایش ذخیره‌ی آهن آپوپلاستی در ریشه‌ها و نیز افزایش تحرک آهن در ریشه‌ها به دلیل افزایش بیوسنتز ترکیبات کلات کننده‌ی آهن بوسیله‌ی سیلیسیوم نسبت داده‌اند (Pavlovic et al., 2013). در مطالعاتی نیز افزایش غلظت

پتاسیم (Tahir et al., 2011)، سیلیسیوم (Abd-Alkarim et al., 2017)، منگنز و روی (do Nascimento et al., 2019) در نتیجه مصرف سیلیسیوم در مقایسه با تیمار شاهد گزارش شده است. نتایج مطالعه‌ی Greger و همکاران (۲۰۱۸) کاهش در انتقال آهن، مس و روی به اندام هوایی و بدون تغییر ماندن میزان انباشت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، بور و کلر در اندام هوایی گیاهان تحت کشت در نتیجه‌ی مصرف سیلیسیوم را نشان داد.

تیمارهای مختلف به طور معنی‌داری نیتروژن کل برگ را در مقایسه با تیمار شاهد تحت تأثیر قرار ندادند که از این نظر با نتایج Abd-Alkarim و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت. محلول‌پاشی تیمار ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید تنها تیماری بود که باعث افزایش معنی‌دار فسفر برگ به میزان ۳۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد شد و در سایر تیمارها این تغییرات معنی‌دار نبود. تیمارهای مصرفی محتوای کلسیم برگ را کاهش دادند اما تنها در تیمار ۰/۵میلی‌مولار سالیسیلیک اسید این کاهش معنی‌دار بود (۵۸/۳۳ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد). تغییرات محتوای منیزیم برگ نیز تقریباً مشابه با وضعیت تغییرات کلسیم برگ بود با این تفاوت که تنها در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، منیزیم برگ حدود ۱۰/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. بیشترین کاهش معنی دار منیزیم نیز در تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید، با حدود ۱۴/۳ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد، اتفاق افتاد (جدول ۲).

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلک اسید بر ترکیب شیمیایی برگ در تنش گرمایی

فاکتور		پتاسیم برگ	سیلیسیم برگ	آهن برگ	منگنز برگ	مس برگ	روی برگ	بور برگ
	سطح	٪	٪	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
اسید سالیسیلیک (Sa)	صفر	۳/۳۳b±۰/۲۸	۱/۱۶b±۰/۱۲	۱۹۴/۸۳a±۶۶/۱۲	۱۵۱/۰۰a±۱۵/۲۳	۱۲/۳۳a±۰/۶۸	۱۶۵/۵۰a±۲۰/۶۷	۶۸/۲۵a±۶/۰۶
	۰/۵ میلی‌مولار	۳/۴۰b±۰/۲۹	۱/۶۷a±۰/۱۴	۱۲۱/۸۳b±۵/۰۳	۱۳۰/۵۰b±۱۹/۰۰	۱۲/۸۳a±۰/۲۹	۱۴۵/۳۳ab±۸/۰۸	۵۶/۵۸b±۲/۰۲
	۱ میلی‌مولار	۳/۸۷a±۰/۱۰	۱/۶۹a±۰/۱۱	۱۱۰/۶۷b±۱۶/۲۶	۱۲۸/۰۸b±۳/۵۰	۱۱/۳۳b±۰/۲۹	۱۳۸/۸۳b±۱۰/۶۰	۶۱/۰۸ab±۲/۸۴
اسید سیلیسیلیک (Si)	صفر	۳/۴۵b±۰/۳۵	۱/۱۹b±۰/۱۴	۱۲۴/۴۴b±۲۷/۲۴	۱۲۴/۳۹b±۱۱/۴۹	۱۱/۸۸b±۱/۰۰	۱۳۹/۸۹b±۱۶/۳۴	۵۸/۵۰b±۳/۹۲
	۴ در هزار	۳/۶۲a±۰/۲۸	۲/۲۰a±۰/۱۱	۱۶۰/۴۴a±۶۸/۹۹	۱۵۸/۶۷a±۱۰/۱۲	۱۳/۴۳a±۰/۵۸	۱۵۹/۸۹±a۱۹/۰۱	۶۵/۴۴a±۳/۰۰

*به غیر از پتاسیم و سیلیسیم که بر حسب درصد می‌باشند، غلظت بقیه عناصر بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. ***: معنی‌دار در سطح یک هزارم

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی ترکیب شیمیایی برگ خیار در تنش گرمایی

تیمار	نیتروژن کل برگ	فسفر برگ	کلسیم برگ	منیزیم برگ
	درصد			
SaA0-SiA4	۵/۷۹a±۰/۱۴	۰/۸۱a±۰/۰۳	۲/۵۰a±۰/۰۲	۰/۶۰bc±۰/۰۴
SaA0.5-SiA0	۵/۸۲a±۰/۰۸	۰/۷۰ab±۰/۰۸	۱/۶۸b±۰/۲۴	۰/۵۷bc±۰/۰۷
SaA0.5-SiA4	۵/۷۷a±۰/۱۰	۰/۶۰bc±۰/۰۳	۲/۴۹a±۰/۱۷	۰/۶۰bc±/۰۳
SaA1-SiA0	۵/۵۲b±۰/۰۹	۰/۵۵c±۰/۰۷	۲/۲۲ab±۰/۶۳	۰/۷۱a±۰/۰۳
SaA1-SiA4	۵/۸۳a±۰/۰۵	۰/۶۱bc±۰/۰۹	۲/۳۵a±۰/۱۳	۰/۵۶c±۰/۰۶
شاهد	۵/۶۵ab±۰/۰۸	۰/۶۰bc±۰/۰۲	۲/۶۶a±۰/۱۸	۰/۶۴ab±۰/۰۳

SaA0-SiA4: ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA0: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA4: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA0: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA4: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ شاهد: بدون مصرف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید. در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که تنش گرمایی عملکرد خیار گلخانه‌ای را به‌طور نامطلوبی تحت تأثیر قرار می‌دهد و کاربرد سطوح سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید می‌تواند بطوری معنی‌دار عملکرد کل و عملکرد بازارپسند را ارتقاء دهد. اثر پذیری مثبت محتوای نیترات در ماده‌ی تازه‌ی میوه و ماده‌ی خشک برگ خیار از سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید محلول‌پاشی شده در شرایط اعمال تنش گرمایی از دیگر یافته‌های مهم این تحقیق بود. بطوری‌که، تیمارهای اعمال شده بطور معنی‌داری باعث کاهش محتوای نیترات در برگ و میوه‌ی خیار شدند. باتوجه به دانش کسب شده در این تحقیق، مصرف سالیسیلیک اسید و سیلیسیلیک اسید برای ارتقای کیفیت و عملکرد خیار گلخانه‌ای و کاهش محتوای نیترات، بخصوص در مناطقی که احتمال بروز تنش گرمایی وجود دارد توصیه می‌شود.

منابع

Abd-Alkarim, E., Bayoumi, Y., Metwally, E., Rakha, M. 2017. Silicon supplements affect yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in net houses. African Journal of Agricultural Research, 12(31), pp. 2518-2523.

Barros, T. C., De Mello Prado, R., Garcia Roque, C., Ribeiro Barzotto, G., & Roberto Wassolowski, C. (2018). Silicon and salicylic acid promote different responses in legume plants. *Journal of Plant Nutrition*, *41*(16), 2116-2125.

Basirat M, Ghafari Nejad SA, Selesipour M, Mollahosseini H, Tehrani MM (2018). Instruction for integrated management of soil fertility and plant nutrition in greenhouse cucumber. Publisher: Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran. ISBN: 978-600-9807

do Nascimento, C. W. A., de Souza Nunes, G. H., Preston, H. A. F., da Silva, F. B. V., Preston, W., & Loureiro, F. L. C. (2020). Influence of silicon fertilization on nutrient accumulation, yield and fruit quality of melon grown in Northeastern Brazil. *Silicon*, *12*(4), 937-943.

Etesami, H., & Jeong, B. R. (2018). Silicon (Si): Review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. *Ecotoxicology and environmental safety*, *147*, 881-896.

Greger, M., Landberg, T., & Vaculík, M. (2018). Silicon influences soil availability and accumulation of mineral nutrients in various plant species. *Plants*, *7*(2), 41.

Karami, F. (2013). Physiological response of plants to drought stress. Olive Magazine, 128, 34-40.

Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., & Khan, N. A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in plant science*, *6*, 462.

Khan, M. I. R., Iqbal, N., Masood, A., Per, T. S., & Khan, N. A. (2013). Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. *Plant Signaling & Behavior*, *8*(11), e26374.

Kováčik, J., Grúz, J., Bačkor, M., Strnad, M., & Repčák, M. (2009). Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in Matricaria chamomilla plants. *Plant cell reports*, *28*(1), 135-143.

Mousavi, S. M., Motesharezadeh, B., Hosseini, H. M., Alikhani, H., & Zolfaghari, A. A. (2018). Root-induced changes of Zn and Pb dynamics in the rhizosphere of sunflower with different plant growth promoting treatments in a heavily contaminated soil. *Ecotoxicology and environmental safety*, *147*, 206-216.

Nazar, R., Umar, S., & Khan, N. A. (2015). Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate-glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. *Plant signaling & behavior*, *10*(3), e1003751.

Pavlovic, J., Samardzic, J., Maksimović, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K. H., ... & Nikolic, M. (2013). Silicon alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. *New Phytologist*, *198*(4), 1096-1107.

Porter, J. R. (2005). Rising temperatures are likely to reduce crop yields. *Nature*, *436*(7048), 174-174.

Saha, G., Mostofa, M. G., Rahman, M. M., & Tran, L. S. P. (2021). Silicon-mediated heat tolerance in higher plants: a molecular outlook. *Plant Physiology and Biochemistry*.

Siboza, X. I., Bertling, I., & Odindo, A. O. (2014). Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (Citrus limon). *Journal of Plant Physiology*, *171*(18), 1722-1731.

Tahir, M. A., Aziz, T., & Rahmatullah*. (2011). Silicon-induced growth and yield enhancement in two wheat genotypes differing in salinity tolerance. *Communications in soil science and plant analysis*, *42*(4), 395-407.

Wassie, M., Zhang, W., Zhang, Q., Ji, K., Cao, L., & Chen, L. (2020). Exogenous salicylic acid ameliorates heat stress-induced damages and improves growth and photosynthetic efficiency in alfalfa (Medicago sativa L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, *191*, 110206.

Zekri, M., Obreza, T. A., & Koo, R. (2003). Irrigation, nutrition, and citrus fruit quality. *EDIS*, *2003*(12).

Effect of foliar application of salicylic and silicic acid on decreasing the adverse effect of heat stress on greenhouse cucumber

M. Basirat*, S.M. Mousavi*, M. Abaspour
Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
*Corresponding Authors: majid_basirat@yahoo.com; majid62mousavi@gmail.com

Abstract
Greenhouse owners pay high costs each year for energy supply during the cold and warm seasons. The goal of any greenhouse owner is to adopt strategies that can maintain the plant's yield under high temperature stress conditions. The aim of this study was to evaluate the effect of different levels of salicylic (0, 0.5 and 1 mM) and silicic acid (0 and 4 per thousand) on yield and nutrients uptake by cucumber plants under high temperature stress conditions, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design on greenhouse cucumber. The results showed that under high temperature, treatment of 4 per thousand silicic acid (Si) showed the greatest effect on increasing the total yield of cucumber (39.64% increase compared to the control treatment) and marketable yield of cucumber (44.52% increase compared to the control). Also, With the exception of nitrogen and zinc, other nutrients were in the optimum ranges, under high temperature. The notable point, the treatments significantly reduced nitrate content in the cucumber fruit compared to the control treatment under high temperature stress. The findings of this study generally showed that plant nutrition management (with salicylic and silicic acid) is an effective tool to increase greenhouse cucumber resistance and achieve economic, marketable and healthy yields (in terms of nitrate accumulation) in conditions of high temperature stress.

Keywords: Nutritional management, Salicylic acid, Silicic acid, High temperature stress, Foliar application, Greenhouse cucumber

محور مقاله: حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

تاثیر ورمی کمپوست در خاک شور بر خصوصیات رشدی گیاه کینوا

علیرضا آستارایی[1]، محمود نبی زاده[2]

۱ استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی (astaraei@mail.um.ac.ir)

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

چکیده

راهکارهای متعددی برای کاهش اثرات نامطلوب شوری خاک بر روی گیاهان پیشنهاد شده است که یکی از آن‌ها استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی مانند ورمی کمپوست است. این اصلاح کننده قابلیت بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نظیر: ظرفیت نگهداری آب، نفوذپذیری خاک، وضعیت زهکشی، هوادهی، اسیدیته خاک، شوری خاک و ساختار خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های ترغیب کننده رشد گیاهان در خاک‌های مشکل‌دار می باشد، که نهایتا بر خصوصیات رشدی گیاهان تاثیر می‌گذارند. بنابراین آزمایشی به منظور بررسی تاثیر ورمی‌کمپوست در یک خاک شور بر خصوصیات رشدی گیاه کینوا رقم *TTK* در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۱) خاک شاهد (خاک شور بدون ورمی کمپوست)، ۲) ورمی کمپوست در سطح ۲۰ تن بر هکتار و ۳) ورمی کمپوست در سطح ۴۰ تن بر هکتار با سه تکرار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست در سطح ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار، ارتفاع گیاه، وزن خشک سنبله در هر گیاه، مقدار شوری پس از برداشت گیاه و وزن هزاردانه گیاه، وزن خشک ریشه گیاه، را بطور معنی داری افزایش داد. اما تاثیر معنی داری بر مقدار وزن خشک اندام هوایی گیاه و حجم ریشه گیاه در گلدان نشان نداد.

کلمات کلیدی: شوری خاک، ورمی کمپوست، کینوا

مقدمه

مسائل مربوط به تغییرات آب و هوا و کمبود آب باعث ایجاد مشکلات زیادی در زمین های آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک شده و شوری و قلیایی بودن خاک را افزایش می دهد. تغییرات آب و هوا و افزایش دما به طور قابل توجهی احتمال خشکسالی را افزایش می دهد ، و علل تخریب و خراب شدن زمین را تسریع می کند (آقا کوچک و همکاران، ۲۰۱۴). این خاکهای تحت تأثیر نمک به مدیریت موثر، کم هزینه و قابل قبول از نظر محیط زیست نیاز دارند(خیر و همکاران، ۲۰۱۹a). شوری خاک در حال حاضر ۲۰٪ از کل زمین‌های کشت شده و ۳۳٪ از زمین‌های کشاورزی آبیاری در سراسر جهان را پوشش می‌دهد (اسریواستاوا و کومار، ۲۰۱۵) و انتظار می رود با سرعت بیشتری تا سال ۲۰۵۰ افزایش یابد (مرکز تحقیقات شوری خاک مرکزی (CSSRI, 2014). تنش شوری با افزایش مقدار کاربرد NaCl و سایر نمکهای محلول در خاک، اثرات سوئی بر رشد و نمو گیاه ایجاد می‌کند. افزایش غلظت نمک در محلول خاک، پتانسیل اسمزی سلولهای گیاهی را کاهش می‌دهد و منجر به ایجاد یک سری واکنش در گیاهان می‌شود (پاریدا و داس، ۲۰۰۵). بنابراین، نمک بسته به شدت و مدت زمان آن، بسیاری از رویدادهای بیولوژیکی مانند رشد، نمو، جوانه زنی، تقسیم سلول و فتوسنتز در گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شوری با تأثیر بر رشد گیاه، کیفیت محصول و جذب مواد مغذی را محدود می کند (کوکا، ۲۰۰۷). در کاهش تأثیر منفی شوری بر رشد گیاه، استفاده از تنظیم کننده‌های خاک دارای ویژگی کود آلی از جمله اقدامات مهم کشاورزی است. مواد آلی غلظت ریز مغذی‌ها (دمیر و ایسک، ۲۰۱۹) و عناصر درشت خاک را افزایش می‌دهد و با بهبود ساختار آن به افزایش حاصلخیزی و کیفیت خاک کمک می‌کند (ایوبی و همکاران، ۲۰۱۴). به دلیل این ویژگی ها، استفاده از کودهای آلی به یک روش رایج تبدیل شده است که در سالهای اخیر در بهبود شوری خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ورمی‌کمپوست متشکل از ورمی (کرم خاکی) و کمپوست (کود آلی) به معنای نوعی کود آلی است که از فعالیت کرم خاکی حاصل می‌گردد. ورمی کمپوست تأثیرات مثبتی در رشد گیاهان و ساختار خاک دارد. یکی از مزایای تولید این اثر مثبت آن بر محیط زیست است. هر ماده ای مانند مواد زائد گیاهی، حیوانی، صنعتی و شهری می تواند از طریق سیستم گوارشی کرم از طریق استفاده از ورمی

کمپوست به کودهای مفید تبدیل شود (سریتوگلو و همکاران، ۲۰۱۸). ورمی کمپوست یک ترکیب آلی است که می تواند حاوی میکروارگانیسم های مفیدی باشد و حاوی مواد هیومیک با اثرات مشابه تنظیم کننده های رشد گیاه است (بیخومرزی و همکاران، ۲۰۱۸).

ورمی کمپوست یک فناوری دوستدار محیط زیست برای مدیریت بقایای محصولات در نظر گرفته شده است و می تواند عناصر غذایی خاک را فراهم کند (نورهدایتی و همکاران، ۲۰۱۸). خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشد (دی و همکاران، ۲۰۱۹). و شوری خاک را کاهش دهد (ابراهیم و همکاران، ۲۰۱۵)، بنابراین بر سیستم خاک و گیاه تأثیر می گذارد (روکا و همکاران، ۲۰۱۹). این ماده همچنین می تواند در کاهش خسارات ناشی از عوامل محیطی در گیاهان نقش موثری داشته باشد، زیرا دارای تخلخل و مقادیر زیادی از عناصر کلان و ریز و رطوبت هوا است (عبدالله و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از این ماده به عنوان کود آلی در سالهای اخیر افزایش یافته است زیرا این یک روش خوب برای کوددهی محصولات است. با این حال، گزارش شده است که استفاده از ورمی کمپوست یا مشتقات آنها می تواند به تحمل بهتر شوری کمک کند. محتوای بالای اسید هیومیک ورمی کمپوست باعث تولید ترکیبات فنلی در گیاهان می شود که به عنوان یک ماده شیمیایی سازنده مواد مغذی در گیاهان عمل می کند (میتوا، ۲۰۰۲)، همچنین ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ دارد. تأثیر ورمی کمپوست بر روی رشد گیاه به عنوان منبع مواد آلی مورد استفاده برای تهیه ورمی کمپوست و میزان مواد مغذی آن بستگی دارد (نادی و گلچین، ۲۰۱۱).

کینوا (Chenopodium quinoa Willd) یک محصول اصلی است که برای هزاران سال در آند آمریکای جنوبی کشت شده است. در سال های اخیر، علاقه و تقاضای کینوا در سراسر جهان افزایش یافته است (بازیل و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر این، آگاهی اخیر از کینوا در پروتئین آن بالاتر از غلات مانند برنج، جو و ذرت و تعادل خوب اسیدهای آمینه ضروری، مانند لیزین است (وو، ۲۰۱۵).

با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته است، مقدار ماده آلی در خاک بسیار اندک است. بنابراین کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی در این خاک‌ها جهت حفظ پایداری خاک الزامی است. داشتن دانش کافی درباره توسعه زمین‌های شور، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی این خاک‌ها، مقاومت گیاهان به شوری می‌تواند در بهره‌وری بهینه از این‌خاک‌ها موثر باشد. این تحقیق تاثیر اصلاح کننده‌های آلی بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه کینوا در یک خاک شور را مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر ورمی کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه کینوا رقم *Titicaca* در خاک شور آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی در شرایط گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. حجم کافی خاک شور از عمق صفر تا ۳۰ سانتی-متری از روستای قریه اره واقع در ۴۵ کیلومتری جاده مشهد-سرخس جمع آوری شد. برخی از ویژگی‌های اولیه خاک و اصلاح کننده‌های آلی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمار۱: شامل خاک شور و فاقد ورمی کمپوست (شاهد) و تیمار ۲: شامل خاک شور به همراه ورمی کمپوست (۴۰ تن بر هکتار) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی اولیه خاک و اصلاح کننده‌های آلی مورد استفاده در این مطالعه

پارامترها ی شیمیایی	مقدار							
	pH	EC	N(٪)	OC(٪)	P(٪)	K(٪)	Na(٪)	بافت خاک
خاک	۸/۱۷	۸/۱۶	۰/۰۰۸	۰/۰۶۲	۰/۰۸	۰/۳	۱۱/۸۴	لومی
ورمی کمپوست (۱:۵)	۵/۷۶	۱/۴	۳۱/۶۵	۱/۳۱	۱/۱۳	۱/۸۱	۰/۲۳	

مراحل اجرای طرح بدین صورت بود که در ابتدا ورمی کمپوست به خاک گلدان‌های ۴ کیلوگرمی اضافه شدند. و پنج بذر در هر گلدان و در عمق یک سانتی متری کاشته شد. به منظور سبز شدن و جوانه زنی گیاه هر روز و در حد ظرفیت زراعی آبیاری انجام شد. پس از سبز شدن دفعات آبیاری به دو بار در هفته کاهش یافت. و تعداد گیاهان در هر گلدان به دو عدد رسانده شد، ۶۰ روز بعد از کاشت

ارتفاع گیاه اندازه گیری شد و ۴ ماه بعد از کاشت در هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی برخی از صفات مورد نظر شامل وزن خشک اندام هوایی گیاه، وزن خشک سنبله گیاه، وزن خشک ریشه گیاه، و وزن هزار دانه گیاه، پس از خشک شدن در آون، دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد.

داده‌های حاصل از آزمایش با نـرم افزار JMP نسخه ۱۴ و مقایسهٔ میـانگین‌هـا بـا آزمـون دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح ورمی کمپوست روی وزن خشک اندام هوایی گیاه، وزن خشک ریشه گیاه نسبت به شاهد معنی دار نشدند (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده ورمی کمپوست بر وزن خشک سنبله گیاه نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد ورمی‌کمپوست ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار در خاک شور وزن خشک سنبله به طور قابل توجهی افزایش یافت (جدول ۳). در تحقیقی که توسط دایمر و همکاران (۲۰۲۰) بر سطوح مختلف ورمی کمپوست و سطوح مختلف شوری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در مقایسه با شاهد (بدون تنش شوری)، سطوح شوری (۸و۴ ds/m) به ترتیب وزن خشک اندام هوایی کاهو را ۲۵/۴٪ و ۵۲/۹٪ کاهش داد. چنین تحریکی در تولید ماده خشک تحت تأثیر شوری ممکن است به دلیل تجمع یونهای معدنی و املاح آلی برای سازگاری اسمزی باشد در حالی که کاهش محتوای ماده خشک در بالاترین سطح شوری ممکن است به دلیل مهار هیدرولیز غذاهای ذخیره شده و انتقال آنها به شاخه‌های در حال رشد باشد (ژو و همکاران ، ۲۰۰۸).

جدول ۲-تجزیه واریانس پارامترهای اندازه گیری شده

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع گیاه	وزن خشک سنبله در هر بوته	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	وزن هزار دانه	EC_e پس از برداشت گیاه
ورمی کمپوست	۲	۳۰/۷۷*	۰/۰۲۹**	۰/۰۱۷ns	۰/۰۰۲۸*	۳/۱۰**	۰/۰۹۳**
خطای آزمایش	۶	۹/۳۳	۰/۰۰۰۰۵۶	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۷۴	۰/۰۰۰۳۶

****،* و ns** به ترتیب معنی داري در سطح ۱ درصد، معنی داري در سطح ۵ درصد، عدم و جود اختلاف معنی دار

آدامی پور و همکاران (۲۰۱۹) با انجام آزمایشی در سطوح مختلف شوری (صفر،۵۰،۱۰۰،۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم) بیشترین کاهش وزن خشک گیاه را در غلظت بالای نمک ۲۰۰ میلی مولار(۴۸/۷۴-٪) نسبت به شاهد یافتند ولی با اضافه کردن ۲۰ درصد ورمی کمپوست وزن خشک اندام هوایی (۳۸/۹۶+٪) نسبت به شاهد افزایش یافت.تحقیقات نشان داد که شوری خاک باعث کاهش رشد اندام هوایی گیاه می شود. این کاهش پتانسیل آب در خاک یا اثر اسمزی به دلیل وجود نمک در خاک است که جذب آب ریشه را محدود می کند(Nguyen et al, 2015). در تنش شوری، سیستم هورمونی گیاه که تعدادی هورمون مانند سیتوکینین ها را سنتز و منتقل می کند، مختل شده و انتقال آنها از ریشه به قسمت های بالای گیاه محدود می شود. عدم انتقال هورمون از ریشه به شاخه ها و در نتیجه کاهش ظرفیت جذب آب می تواند منجر به کاهش رشد گیاه شود. کاهش سطح برگ را می توان با کاهش رشد سلول یا کاهش میزان تقسیم سلولی به دلیل کاهش تورم سلولی توضیح داد. کاهش سطح برگ همچنین باعث کاهش سرعت فتوسنتز

و در نتیجه کاهش وزن تازه و خشک گیاهان می شود (زارعی و همکاران ، ۲۰۱۶). علاوه بر این، الشامری و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که کاهش رشد به دلیل کاهش انعطاف پذیری، رشد سلول ها و کاهش اکسین ها بوده است. ورمی کمپوست به دلیل فعالیت میکروبی زیاد ناشی از وجود قارچ ها، باکتری ها، مخمرها، اکتینومایست ها و جلبک ها، می تواند تنظیم کننده های مختلف رشد مانند اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها تولید کند که همگی می توانند تأثیرات مثبتی بر رشد و نمو گیاه داشته باشند (ژو و همکاران، ۲۰۱۶ ؛ یولاه و همکاران، ۲۰۱۸) بنابراین، علت افزایش ارتفاع و سطح برگ گیاهان تحت تیمار با ورمی کمپوست احتمالاً ناشی از تحریک تولید تنظیم کننده های رشد از جمله اکسین ها و جیبرلین ها است. بعلاوه، ورمی کمپوست حاوی مواد هیومیکی است که باعث افزایش در دسترس بودن گیاه N ، P، K، و به ویژه Zn برای سنتز تریپتوفان، پیش ماده اکسین هایی که برای ریشه زایی و رشد گیاه استفاده می شوند (بات و همکاران، ۲۰۱۶؛ استار و همکاران، ۲۰۱۶).

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده

تیمار آزمایشی	سطوح تیمار(Ton/ha)	ارتفاع گیاه	وزن خشک سنبله در هر بوته	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	وزن هزار دانه	Ec_e پس از برداشت گیاه
		cm	mg	mg	mg	mg	ds/m
خاک شور	۰	۱۹/۶۶^{b}	۰/۰۷۸^{c}	۱/۵۴^{a}	۰/۲۰^{b}	۱/۵۲^{a}	۶/۴۲^{a}
خاک شور+ورمی کمپوست	۲۰	۲۳/۶۶^{a}	۰/۱۷۹^{b}	۱/۵۰^{a}	۰/۲۴^{a}	۲/۵۳^{b}	۵/۷۶^{b}
خاک شور+ورمی کمپوست	۴۰	۲۶^{a}	۰/۲۷۷^{a}	۱/۴۶^{a}	۰/۲۶^{a}	۳/۵۵^{c}	۵/۵۴^{c}

میانگین هایی که در هر ستون داراي حرف مشترك می باشند فاقد تفاوت معنی دار می باشد.

آدامی پور و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی با موضوع تاثیر ورمی کمپوست بر گیاه همیشه بهار در سطوح مختلف شوری عنوان کرد که وزن تر و خشک ریشه گیاه در شوری ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم نسبت به خاک شاهد (عدم شوری) کاهش قابل توجهی (۵۱/۹۱-٪ و ۷۷/۹۸-٪) پیدا کرد. سمیت یونی ، عدم تعادل غذایی و تنظیم اسمولالیته اسمزی اثرات منفی تنش شوری بر متابولیسم گیاه است. ریشه ها عضوی هستند که مسئول جذب آب و مواد معدنی هستند و تنش شوری بیشتر از سیستم ریشه بر شاخه های گیاه تأثیر می گذارد. با این حال ، سیستم ریشه اولین عضوی است که در معرض تنش شوری قرار می گیرد (Demiral and Türkan, 2005). در نتیجه، گیاهان تحت شرایط تنش شوری اثر ریشه را در تأمین مواد مغذی و آب به اندام های دیگر کاهش می دهند. این باعث کاهش رشد شاخه ها و تولید ماده خشک می شود و در نهایت باعث کاهش انتقال مواد مغذی از ریشه به شاخه ها می شود و در نتیجه منجر به کاهش وزن خشک ریشه ها و ساقه های گیاهان می شود (Butt et al, 2016؛Sattar et al, 2016).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده ورمی کمپوست بر ارتفاع گیاه نسبت به شاهد در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد ورمی کمپوست ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار در خاک شور ارتفاع گیاه کینوا

به طور قابل توجهی نسبت به شاهد به ترتیب (۲۰/۳۴+٪) و (۳۲/۲۴+٪) افزایش یافت (جدول ۳). پرز و همکاران (۲۰۱۷) اعلام کردند که استفاده از ورمی کمپوست به مقدار ۸۶۰ گرم در هر گیاه بیشترین ارتفاع را در گیاه سیب زمینی به همراه داشت. ورمی کمپوست باعث افزایش پارامترهای رشد در گیاهان سیب زمینی می شوند و بنابراین تأثیر تنش شوری را به حداقل می رسانند.آنها از سه سطح ورمی کمپوست(۳۰۰،۵۸۰،۸۶۰) گرم بر گیاه و سه سطح ورمی واش (۵،۱۰،۱۵ میلی لیتر در گیاه)و سه سطح شوری (۱۵،۲۰،۲۵) میلی مولار استفاده کردند.این نتیجه را می توان توضیح داد که ورمی کمپوست حاوی مواد هوماتی یا هیومیکی هستند که به عنوان فعال کننده های فیزیولوژی ، جذب مواد مغذی عمل می کنند و تنش شوری را کاهش می دهند (ریس و همکاران، ۲۰۱۴). مهار رشد در شرایط تنش شوری نتیجه چندین واکنش فیزیولوژیکی است که ممکن است اصلاح شده در تعادل یونی ، بازده فتوسنتز ، تخصیص و استفاده از کربن باشد (مونس و تستر، ۲۰۰۸) خاتون و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که ارتفاع گیاه ذرت در تیمار ورمی کمپوست (۷۲ گرم در ۵ کیلوگرم خاک) دارای خاک شور (dS/m ۶/۱) بیشترین عملکرد را نسبت به خاک شاهد (بدون ماده آلی) داشت. آرانکون و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که رشد گیاهان توت فرنگی مزرعه ای پس از استفاده از ورمی کمپوست در خاک های زراعی ، به مقدار ۲/۵ تا ۵ تن در هکتار، همراه با کودهای غیر آلی افزایش یافت. کائور و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که بیشترین غلظت ورمی کمپوست یعنی ۱۵ تن در هکتار به طور معنی داری رشد و عملکرد گیاه را افزایش داد. ماسکیاندارو و همکاران (۱۹۹۷) کاربردهای مستقیم ورمی کمپوست، تولید شده از لجن فاضلاب، به خاک را مورد بررسی قرار داد و شاخص رشد بیشتر شاهی (Lepidium sativum) را در خاک های تیمار شده با ورمی کمپوست گزارش کرد، در مقایسه با خاکهایی که فاقد کاربرد ورمی کمپوست هستند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ورمی کمپوست ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار بر وزن هزار دانه گیاه نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد(جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد ورمی کمپوست ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار در خاک شور وزن هزار دانه گیاه کینوا به طور قابل توجهی نسبت به شاهد به ترتیب (۶۶/۴۴+٪) و (۱۳۳/۵۵+٪) افزایش یافت (جدول ۳). در تیمارهای تغذیه شده با ورمی کمپوست وزن هزاردانه افزایش یافته است که این امر به دلیل فراوان بودن مواد مغذی در این خاک ها می باشد. احمد و همکاران (۲۰۰۹) اعلام کردند که استفاده از کود آلی تحت شوری باعث افزایش تعداد و وزن بذر در هر دیسک گل آفتابگردان شد که منجر به افزایش عملکرد دانه و مقدار روغن در هر دیسک گل آفتابگردان شد. کاهش معنی دار وزن هزار دانه با افزایش شوری میتواند به دلایل کاهش مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه، کاهش شدت رشد در اثر پتانسیل اسمزی و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه ها باشد (تجلی و همکاران، ۱۳۹۰).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ورمی کمپوست بر وزن خشک ریشه نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد(جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد ورمی کمپوست ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار در خاک شور وزن خشک ریشه گیاه کینوا به طور قابل توجهی نسبت به شاهد به ترتیب (۲۰+٪) و (۳۰+٪) افزایش یافت (جدول ۳). سمیت یونی، عدم تعادل غذایی و تنظیم اسمولالیته اسمزی اثرات منفی تنش شوری بر متابولیسم گیاه است. ریشه ها عضوی هستند که مسئول جذب آب و مواد معدنی هستند و تنش شوری بیشتر از سیستم ریشه بر شاخه های گیاه تأثیر می گذارد. با این حال، سیستم ریشه اولین عضوی است که در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد (دمیرال و ترکان، ۲۰۰۵). در نتیجه، گیاهان تحت شرایط تنش شوری اثر ریشه را در تأمین مواد مغذی و آب به اندام‌های دیگر کاهش می دهند. این باعث کاهش رشد شاخه ها و تولید ماده خشک می شود و در نهایت

باعث کاهش انتقال مواد مغذی از ریشه به شاخه‌ها می‌شود و در نتیجه منجر به کاهش وزن خشک ریشه‌ها و ساقه‌های گیاهان می‌شود (Butt et al, 2016؛Sattar et al, 2016).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده ورمی کمپوست بر مقدار Ec_e خاک نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد ورمی کمپوست (۲۰ تن بر هکتار)، مقدار Ec_e خاک به طور قابل توجهی نسبت به شاهد کاهش (۱۳/۷۰-٪) یافت. او و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله ای با عنوان خصوصیات خاک و رشد ذرت در خاکهای شور با استفاده از ورمی کمپوست گزارش کردند که ورمی کمپوست (5Mgha_1) باعث کاهش شوری خاک (۴/۲۶ ds/m) گردید، آنها همچنین اعلام کردند میزان شوری خاک به مواد اولیه ورمی کمپوست و غلظت یون آنها بستگی دارد (آتیه،۲۰۰۲b).

نتیجه گیری

شور شدن خاک یک مشکل بسیار جدی در تخریب خاک های زراعی به شمار میآید و در بسیاری از مناطق جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک در حال افزایش است. شوری خاک بر رشو و نمو گیاهان تاثیر جدی می گذارد که منجر به خسارات زیادی در بهره وری محصولات کشاورزی می شود. ورمی کمپوست یکی از کودهای آلی است که می تواند رشد و تحمل شوری را به دلیل داشتن عناصر غذایی فراوان، هورمون ها و مواد آلی بهبود بخشد. در این مطالعه، تنش شوری به طور قابل توجهی منجر به کاهش شاخص‌های رشدی گیاه کینوا رقم *TTK* در گلدان شد. استفاده از ورمی کمپوست در شرایط شوری باعث افزایش پارامترهای رشدی در این گیاه شد. ورمی کمپوست با افزایش مواد مغذی در محیط خاک باعث افزایش وزن خشک سنبله ، ارتفاع و وزن هزاردانه گیاه و کاهش شوری خاک پس از برداشت گیاه کینوا گردید ولی تاثیر معنی داری بر وزن خشک اندام هوایی وحجم ریشه گیاه نداشت. با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد ۴۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست می تواند باعث افزایش خصوصیات رشدی گیاه کینوا گردد. استفاده از ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک سنبله ، ارتفاع و وزن هزاردانه گیاه و شوری خاک پس از برداشت گیاه کینوا در سطح یک درصد معنی دار گردید ولی تاثیر معنی داری بر وزن خشک اندام هوایی وحجم ریشه گیاه نداشت. با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد ۴۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست می تواند باعث افزایش خصوصیات رشدی گیاه کینوا و کاهش اثرات زیان بار شوری خاک گردد.

منابع

تجلی، ط.، ع. ر. باقری و م. حسینی. ۱۳۹۰ . اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم کلزا. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. شماره ۹ :جلد۳. ۷۷-۹۰

Abogadallah, G. M. 2010. Antioxidative defense under salt stress. Plant Signaling and Behavior 5: 369–374.

Adamipour, N., Khosh-Khui, M., Salehi, H., & Rho, H. (2019). Effect of vermicompost on morphological and physiological performances of pot marigold (Calendula officinalis L.) under salinity conditions. Advances in Horticultural Science, 33(3), 345-358.

AghaKouchak, A., Cheng, L., Mazdiyasni, O., Farahmand, A., 2014. Global warming and changes in risk of concurrent climate extremes: insights from the 2014 California drought. Geophys. Res. Lett. 41, 8847–8852.

Ahmad, R., & Jabeen, N. (2009). Demonstration of growth improvement in sunflower (Helianthus annuus L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. Pakistan Journal of Botany, 41(3), 1373-1384.

ALSHAMMARY S., QIAN Y., WALLNER S., 2004 – *Growth response of four turfgrass species to salinity*. -Agric.Water Manag., 66: 97-111.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C.,Metzger, J.D., 2004. The influence of vermicompost applications to strawberries: Part 1. Effects on growth and yield. Biores. Technol. 93, 145–153.

Atiyeh RM, Lee Edward CA, Arancon NQ, Metzger JD (2002b). The influence of humic acids derived from earthworm- processed organic wastes on plant growth. Bioresour. Technol., 84: 7-14.

Atiyeh RM, Lee Edward CA, Sulbar S, Metzger T (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium. Effects on physiochemical properties and plant growth.Bioresour. Technol., 78: 11-20..

Ayyobi, H., & Peyvast, G. A. (2014). The effects of cow manure vermicompost and municipal solid waste compost on peppermint (Mentha piperita L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, *3*(4), 147-153.

Azarmi R, Torabi Giglou T, Taleshmikail RD (2008) Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. Afr J Biotechnol 7:2397–2401.

Azarmi, R., Giglou, M. T., & Taleshmikail, R. D. (2008). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (Lycopersicum esculentum) field. *African Journal of Biotechnology*, *7*(14).

Bazile, D., H.D. Bertero, and C. Nieto, 2015. State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013. Roma: FAO & CIRAD, 589.

Beykkhormizi A, Siavash HS, Mohammad R, Sarafraz A, Seyed MM, Seyed MMK (2018) Alleviation of salinity stress by vermicompost extract: a comparative study on five fennel landraces. Commun Soil Sci Plant Anal 49(17):1–8. https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1499109

BUTT M., AYYUB C., AMJAD M., AHMAD R., 2016 – Proline application enhances growth of chilli by improving physiological and biochemical attributes under salt stress. -Pak. J. Agr. Sci., 53: 25-38.

Ceritoğlu M, Sezer Ş, Murat E (2018) Effects of vermicompost on plant growth and soil structure.Selcuk J Agr Food Sci 32(3):607–615

Demir, Z., & Işık, D. (2019). Effects of cover crops on soil hydraulic properties and yield in a persimmon orchard. *Bragantia*, *78*(4), 596-605.

DEMİR, Z., & KIRAN, S. (2020). Effect of vermicompost on macro and micro nutrients of lettuce (Lactuca sativa var. Crispa) under salt stress conditions. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *23*(1), 33-43.

DEMIRAL T., TURKAN I., 2005 - *Comparative lipid peroxidation,antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance*. -Environ. Exp. Bot., 53: 247-257.

Demiral, T., & Türkan, I. (2005). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and experimental botany*, *53*(3), 247-257.

Di, W., et al., 2019. Biochar combined with vermicompost increases crop production while reducing ammonia and nitrous oxide emissions from a paddy soil. Pedosphere 29 (1), 82–94.

El-Kheir, M.S.A.A., S.A. Kandil and H.A. El-Zeiny. 2000. Growth, yield and some physiological processes of sunflower plants as affected by paclobutrazol treatments under salt stress conditions. *Egypt J. Agron*., 22: 107-24.

Flagella, Z., M.M. Giuliani, T. Rotunno, R. Di Caterina and A. De Caro. 2004. Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid.*European J. Agron.*, 21: 267-72.

Frederickson, J., G. Howell, and A. M. Hobson. 2007. Effect of pre-composting and vermicomposting on compost characteristics. European Journal of Soil Biology 43:320–6.

Ibrahim, M.M., Mahmoud, E.K., Ibrahim, D.A., 2015. Effects of vermicompost and water treatment residuals on soil physical properties and wheat yield. Int. Agrophys. 29, 157–164.

Khatun, M., Shuvo, M. A. R., Salam, M. T. B., & Rahman, S. H. (2019). Effect of organic amendments on soil salinity and the growth of maize (Zea mays L.). Plant Science Today, 6(2), 106-111.

Kheir, A.M.S., Abouelsoud, H.M., Hafez, E.M., Ali, O.A.M., 2019a. Integrated effect of nano-Zn, nano-Si, and drainage using crop straw–filled ditches on saline sodic soil properties and rice productivity. Arab. J. Geosci. 12, 471. https://doi.org/10.1007/s12517.019-4653-0.

Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, İ. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and experimental Botany*, *60*(3), 344-351.

Masciandaro, G., Ceccanti, B., Garcia, C., 1997. Soil agro-ecological management: fertirrigation and vermicompost treatments. Biores. Technol. 59, 199–206.

Munns, R., and M. Teste. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651–681.

NADI, M., GOLCHIN, A., MOZAFARI, V., SAEIDI, T., & SEDAGHATI, E. (2011). The effects of different vermicomposts on the growth and chemical composition of the pistachio seedlings.

NGUYEN H.T., STANTON D.E., SCHMITZ N., FARQUHAR G.D., BALL M.C., 2015 - Growth responses of the mangrove Avicennia marina to salinity: development and function of shoot hydraulic systems require saline conditions.Ann. Bot., 115: 397-407.

Nurhidayati, N., Machfudz, M., Murwani, I., 2018. Direct and residual effect of various vermicompost on soil nutrient and nutrient uptake dynamics and productivity of four mustard Pak-Coi (Brassica rapa L.) sequences in organic farming system. Int. J.Recycl. Org. Waste Agric. 7, 173–181.

Oo, A. N., Iwai, C. B., & Saenjan, P. (2015). Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava- industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. *Land Degradation & Development*, *26*(3), 300-310.

Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, *60*(3), 324-349.

Pérez-Gómez, J. D. J., Abud-Archila, M., Villalobos-Maldonado, J. J., Enciso-Saenz, S., Hernández de León, H., Ruiz-Valdiviezo, V. M., & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2017). Vermicompost and vermiwash minimized the influence of salinity stress on growth parameters in potato plants. Compost Science & Utilization, 25(4), 282-287.

Pérez-Gómez, J. D. J., M. Abud-Archila, J. J. Villalobos-Maldonado, S. Enciso-Saenz, H. Hernández De León, V. M.Ruiz-Valdiviezo, and F. A. Gutiérrez-Miceli. 2017. Vermicompost and vermiwash minimized the influence of salinity stress on growth parameters in potato plants. Compost Science & Utilization 25(4):282–87. doi:10.1080/1065657X.2017.1333932.

Rahman, M.S., Di, L., Yu, E.G., Tang, J., Lin, L., Zhang, C., Yu, Z., Gaigalas, J., 2018. Impact of climate change on soil salinity: a remote sensing based investigation in coastal Bangladesh. In: The Seventh International Conference on Agro- Geoinformatics, August 6-9, China. https://doi.org/10.1109/Agro- Geoinformatics.2018.8476036.

Reyes-Perez, J. J., B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, E.Troyo-Dieguez, I. M. Reynaldo-Escobar, E. O. Rueda-Puente, and F. Guridi-Izquierdo. 2014. Humates of vermicompost as mitigator of salinity in basil (Ocimum basilicum L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 46:149–62.

Richards, L.A. (Ed.), 1954. Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils. USDA Handbook No. 60, Washington, DC, USA.

Roca-P´erez, L., Martinez, C., Marcilla, P., Boluda, R., 2009. Composting rice straw with sewage sludge and compost effects on the soil–plant system. Chemosphere 75, 781–787.

SATTAR A., CHEEMA M.A., ALI H., SHER A., IJAZ M., HUSSAIN M., HASSAN W., ABBAS T., 2016 - Silicon mediates the changes in water relations, photosynthetic pigments,enzymatic antioxidants activity and nutrient uptake in maize seedling under salt stress. - Grassl. Sci.,62: 262-269.

Srivastava, P., Kumar, R., 2015. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi J. Biol. Sci. 22, 123–131.

ULLAH M.A., AAMIR S.S., HAIDER H., ADIL B., 2018 Growth of olive varieties in tunnel under salinity plus humic acid, biozote and vermicompost. - Int. J. Adv.Res. Biol. Sci., 5: 118-124.

Wu, F., 2015. Planning for Growth: Urban and Regional Planning inChina, Routledge: London.

Xu X, Xu H, Wang Y, Wang X, Qiu Y, Xu B 2008. The effect of salt stress on the chlorophyll level of the main sand-binding plants in the shelterbelt along the Tarim Desert Highway. Chinese Science Bulletin. 53(2):109–111.

Xu, L., Yan, D., Ren, X., Wei, Y., Zhou, J., Zhao, H., & Liang, M. (2016). Vermicompost improves the physiological and biochemical responses of blessed thistle (Silybum marianum Gaertn.) and peppermint (Mentha haplocalyx Briq) to salinity stress. *Industrial Crops and Products*, *94*, 574-585.

ZAREI M., AZIZI M., RAHEMI M., TEHRANIFAR A., 2016 Evaluation of NaCl salinity tolerance of four fig genotypes based on vegetative growth and ion content in leaves,shoots, and roots. - HortScience, 51: 1427-1434.

Topic for submission: Soil fertility and plant nutrition

Effect of vermicompost on growth characteristics of quinoa in saline soil

Astarai[1], A, Nabizade[2], M.
1 Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Ferdowsi, Iran
2 M.Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Ferdowsit, Iran

Abstract
Several strategies have been proposed to reduce its adverse effects on plants, one of which is the use of organic modifiers such as vermicompost. This modifier has the ability to improve the physical, chemical and biological properties of soil such as: water holding capacity, soil permeability, drainage status, aeration, soil acidity, soil salinity and soil structure and the activity of microorganisms that promote plant growth in problem soils. , Which ultimately affect the growth characteristics of plants. Therefore, an experiment was conducted to investigate the effect of vermicompost in a saline soil on the growth characteristics of quinoa in a completely randomized design. Experimental factors included 1) control soil (saline soil without vermicompost), 2) vermicompost at the level of 20 tons per hectare and 3) vermicompost at the level of 40 tons per hectare with three replications. Analysis of variance showed that the application of vermicompost at 20 and 40 tons per hectare, plant height, dry weight of spike per plant, post-harvest salinity and 1000-seed weight significantly increased the dry weight of plant roots. But did not show a significant effect on the amount of dry weight of plant shoots and plant root volume in pots.

Keywords: Soil salinity, vermicompost, quinoa

محور مقاله: حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

تاثیر کمپوست ضایعات قارچ در خاک شور بر خصوصیات رشدی گیاه کینوا

علیرضا آستارایی[1] ، محمود نبی زاده[2]

[1] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی (astaraei@mail.um.ac.ir)

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

چکیده

شوری خاک یکی از معضلاتی است که توجه جهانیان را به خود جلب کرده است و تغییرات اقلیمی از جمله گرم شدن زمین اثرات تشدیدی بر کاهش محصولات زراعی را در پی داشته است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر استفاده از کمپوست ضایعات قارچ به عنوان یک اصلاح کننده آلی در یک خاک شور بر خصوصیات رشدی گیاه هالوفیتی مانند کینوا در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۱) خاک شاهد (خاک شور بدون کمپوست ضایعات قارچ)، ۲) کمپوست ضایعات قارچ در سطح ۲۰ تن بر هکتار و ۳) کمپوست ضایعات قارچ در سطح ۴۰ تن بر هکتار با سه تکرار صورت گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد سطوح ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار کمپوست ضایعات قارچ به به ترتیب سبب افزایش وزن خشک سنبله گیاه، ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی گیاه، وزن هزاردانه گیاه و شوری خاک پس از برداشت گیاه کینوا شد.

کلمات کلیدی: شوری خاک، کمپوست ضایعات قارچ، کینوا

مقدمه

شوری خاک یکی از چالش های بزرگ و گسترده در دوره اخیر است که مانع امنیت جهانی غذا و پایداری محیط زیست می شود. در سطح جهان، شوری عاملی است که بهره وری محصولات کشاورزی را محدود می کند. عوامل طبیعی و انسانی متعددی از جمله تغییر آب و هوا، افزایش از دست دادن آب ،کشت محصولات در مقیاس بزرگ و آبیاری با آب زیرزمینی به شور شدن خاک های کشاورزی کمک کرده است (کنستانتینی و دالیاکوپولوس، ۲۰۱۶). نمک های موجود در خاک های شور می توانند کربنات (CO3)، سولفات‌های منیزیم (MgSO4)، کلسیم (CaSO4) و سدیم (NaSO4) و کلریدها (کلرید) سدیم (NaCl) ، پتاسیم (KCl) و منیزیم (MgCl2) باشند اما در این بین(NaCl) یکی از نمکهایی است که به دلیل حلالیت بالا مشکلات بیشتری را ایجاد می کند (مانس و تستر، ۲۰۰۸). از دیدگاه کشاورزی، خاکی شور به شمار می‌رود که هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن $4\ dS.m^{-1}$ یا بیشتر باشد. کلریدسدیم بیش از حد در خاک می تواند از طریق تنش اسمزی، سمیت یونی و تنش اکسیداتیو بر خصوصیات رشدی و عملکردی گیاهان زراعی تاثیر بسزایی داشته باشد. در شرایط شوری بالا (9.6–17.5 ds/m)، عملکرد متوسط کلیه گیاهان زراعی حیاتی مانند سورگوم ، جو ، گندم ، نیشکر ، چغندرقند و پنبه ۵۰٪ کاهش می یابد (پانتا و همکاران، ۲۰۱۴). هنگامی که آب آبیاری با سطح شوری بالا در قبل از کاشت و شروع گل استفاده شود، باعث کاهش قابل توجه جوانه زنی بذر (فاولر، ۱۹۹۱)، رشد گیاهچه (المنصوری و همکاران، ۲۰۰۱) و ارتفاع بوته می شود (میشرا و آجو، ۱۹۹۶)، همچنین می تواند رشد خردل و عملکرد دانه را به ترتیب ۵۰ و ۷۰ درصد کاهش دهد.

استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی به جای اصلاح‌کننده‌های شیمیایی رویکرد جدیدی است که برای اصلاح خاک‌های شور و شور-سدیمی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است (وو و همکاران، ۲۰۱۸). متاسفانه در کشورهای در حال توسعه باقی‌مانده کشت قبلی محصولات زراعی مانند ذرت، پنبه، برنج و گندم علی رغم این که سرشار از عناصر غذایی هستند سوزانده می‌شود که این امر آلودگی زیست محیطی و همچنین گرم شدن زمین را در پی‌دارد (خیر و همکاران،۲۰۱۹a؛ آینه بند و همکاران، ۲۰۱۷) بستر قارچ مصرف شده نیز همانند مواد آلی دیگر به طور صحیح استفاده نمی‌شود و در حال تبدیل شدن به مشکلی بزرگ در زمینه آلودگی

زیست محیطی است. بستر قارچ مصرفی نوعی زباله آلی سرشار از مواد غذایی است که پس از چندین دوره از هر نوع کشت قارچ تولید می شود (حفیفه و همکاران، ۲۰۱۸). معمولا یک بستر قارچ هر ۱ کیلوگرم قارچ تولید شده تقریباً ۵ کیلوگرم بستر مصرف شده قارچ تولید می کند (اکونومو و همکاران، ۲۰۱۷). بستر قارچ مصرف شده در مورد کاربرد آن در کشاورزی، به ویژه در خاک برای بهبود فیزیکوشیمیایی و حاصلخیزی خاک، به میزان زیادی گزارش شده است (مارین و همکاران، ۲۰۱۶). مطالعات متعددی در مورد بررسی مزایای استفاده از مکمل بستر پایه با بستر قارچ مصرف شده یا ترکیب مجدد بستر قارچ مصرف شده گزارش شده است. لو و همکاران (۲۰۱۷a) استفاده از بستر قارچ مصرف شده گیاهان (صدفی) Ploretus eryngii و Ploretus ostreatus را در ترکیب با اوره پیشنهاد کرد که باعث تغییر شکل نیتروژن معدنی در خاک اصلاح شده شود. منگ و همکاران (۲۰۱۸a) دریافت که بستر قارچ مصرف شده در ترکیب با کود خوک می تواند بر مقدار N، P و K آن تأثیر مثبت بگذارد. (لو وهمکاران، ۲۰۱۷a)

گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی یکساله هالوفیت با طول دوره رشد ۹۰ تا ۱۲۰ روز از خانواده اسفناجیان است که توسط بومیان منطقه آند از هفت هزار سال پیش کشت می‌شده است و ارزش غذایی بالای آن سبب شده تا به مادر دانه‌ها معروف گردد. تحمل شرایط نامساعد محیطی مانند شوری، دمای بالا و خشکی سبب شده تا محققان توجه ویژه‌ای به این گیاه داشته باشند. ارتفاع این گیاه از ۱ تا ۱/۵متر متغیر می باشد. برگ های آن شبیه اسفناج است و گل های آن از سفیدتا قرمز متغیر می باشد. بذرها کوچک و به رنگ های متنوع از سفید تا تیره دارند. بذرها در گل آذین خوشه ای قرار دارند و اندازه انها بین ۸ تا ۱۱ میلیمتر قطر دارند. در واریته های کینوا بین ۱۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ بذر تولید می شود. این گیاه مانند گندم خودگرده افشان بوده و گاهی اوقات ۱۰ تا ۱۵ درصد دگرگرده افشانی از خود نشان می دهد. این گیاه دارای سیستم ریشه ای قوی بوده و نسبت به استرس خشکی مقاوم می باشد. بنابراین در این مطالعه تغییرات خصوصیات رشدی گیاه کینوا که نسبت به شوری مقاوم است در حضور سطوح مختلف ضایعات کمپوست قارچ مورد بررسی قرار گرفت

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر کمپوست ضایعات قارچ بر خصوصیات رشدی گیاه کینوا رقم *Titicaca* در خاک شور آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی در شرایط گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. حجم کافی خاک شور از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از روستای قریه اره واقع در ۴۵ کیلومتری جاده مشهد-سرخس جمع آوری شد. برخی از ویژگی‌های اولیه خاک و اصلاح کننده‌های آلی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمار۱: شامل خاک شور و فاقد کمپوست ضایعات قارچ (شاهد) و تیمار ۲: شامل خاک شور به همراه کمپوست ضایعات قارچ (۴۰ تن بر هکتار) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی اولیه خاک و اصلاح کننده‌های آلی مورد استفاده در این مطالعه

پارامتر	مقدار						
	pH	EC	N(٪)	P(٪)	K(٪)	OC(٪)	بافت خاک
خاک	۸/۱۷	۸/۱۶	۰/۰۰۸	۰/۰۸	۰/۳	۰/۰۶۲	لومی
کمپوست ضایعات قارچ(40ton/ha)	۷/۷۱	۸/۹۶	۱/۶۵	۵/۱۵	۳/۱۵	۳/۲۳	

مراحل اجرای طرح بدین صورت بود که در ابتدا کمپوست ضایعات قارچ به خاک گلدان‌های ۴ کیلوگرمی اضافه شدند. و پنج بذر در هر

گلدان و در عمق یک سانتی متری کاشته شد. به منظور سبز شدن و جوانه زنی گیاه هر روز و در حد ظرفیت زراعی آبیاری انجام شد. پس از سبز شدن دفعات آبیاری به دو بار در هفته کاهش یافت. و تعداد گیاهان در هر گلدان به دو عدد رسانده شد، زمانی که دانه های گیاه به طور کامل رسیدند ارتفاع گیاه اندازه گیری شد و صفات مورد نظر شامل وزن خشک اندام هوایی گیاه، وزن خشک سنبله گیاه، وزن خشک ریشه گیاه، و وزن هزار دانه گیاه پس از خشک شدن در آون، دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد.

داده‌های حاصل از آزمایش با نـرم افزار JMP نسخه ۱۴ و مقایسهٔ میـانگین‌هـا بـا آزمـون دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کمپوست ضایعات قارچ برارتفاع گیاه کینوا نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد کمپوست ضایعات قارچ سطوح ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار به ترتیب سبب افزایش ۱۱/۹۰ ٪ و ۲۸/۴۰ ٪ ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). جاناتان و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند استفاده از کمپوست ضایعات قارچ به مقدار ۶۰۰ گرم در ۶ کیلوگرم خاک باغچه باعث افزایش ارتفاع گیاهان (بامیه،فلفل قرمز،گوجه فرنگی،فلفل دلمه) در هفته چهاردهم شد. با افزایش غلظت املاح در خاک پتانسیل اسمزی کاهش یافته و گیاه انرژی بیشتری را برای جذب آب مصرف می کند، درنتیجه رشد گیاه کاهش می یابد (همای، ۲۰۰۲). شوری از طریق فعالیت های مهم گیاه مانند تنظیم فشار اسمزی و فعالیت آنزیم ها و فتوسنتز رشد گیاه را کاهش می دهد و با کاهش مواد آلی در خاک این اثرات منفی شوری افزایش می یابد (میلر و همکاران، ۲۰۱۷). کرمی نیا و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که استفاده از کمپوست ضایعات قارچ (سه درصد وزنی) باعث افزایش (۱/۳ برابر) ارتفاع گیاه جعفری نسبت به خاک شور(۶ds/m) فاقد کود آلی شد. وی آف و همکاران (۲۰۱۸) ارتفاع نهال های گوجه فرنگی رشد یافته در خاک لومی اصلاح شده با کمپوست ضایعات قارچ در تمام غلظت های مختلف (۵،۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰ درصد حجمی) به طور معنی داری (۰۳ / ۰p >) نسبت به گروه شاهد (یعنی فقط آنهایی که در خاک لومی رشد می‌کنند) بالاتر بود. مطالعات آلسادون و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که SMC شسته شده می تواند به طور قابل توجهی باعث افزایش ارتفاع گیاه خیار در سطح خاک لوم شنی با ۱۵ و ۲۰ درصد کمپوست ضایعات قارچ شود. میلر و همکاران (۲۰۱۷) اعلام کردند تنش شوری از راه تأثیر بر چند مکانیسم مهم گیاه مانند فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی و فعالیت آنزیمها، تقسیم سلولی را کاهش می دهد. اثرات منفی تنش شوری با سطوح پایین مواد آلی در خاک تشدید می شود.

جدول ۲-تجزیه واریانس برخی از پارامترهای اندازه گیری شده

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع گیاه	وزن خشک سنبله در هر بوته	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	وزن هزار دانه	Ec_e پس از برداشت گیاه
کمپوست ضایعات قارچ	۲	۲۴/۳۳**	۰/۰۵۰**	۲/۰۵**	۰/۰۰۱۱*	۵/۸۸**	۳۶/۴۷**
خطای آزمایش	۶	۰/۸۸	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۰۷۵	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۸

**،* و ns به ترتیب معنی داري در سطح ۱ درصد، معنی داري در سطح ۵ درصد، عدم و جود اختلاف معنی دار

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کمپوست ضایعات قارچ تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک سنبله گیاه کینوا در شرایط شوری خاک داشت (جدول ۲). به طوری که افزودن سطوح ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار از آن به ترتیب سبب افزایش ۱/۵۶ و ۳/۲۳ برابری وزن خشک سنبله کینوا شد و سطوح مذکور با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). تنش شوری در واقع باعث محدود شدن جذب آب و کاهش فتوسنتز در گیاهان می‌شود (دود و داناوان، ۱۹۹۹). علاوه بر این کاهش وزن خشک سنبله تحت تنش شوری به واسطه اثرات مخرب سمیت یونی و اختلالات تغذیه ای در محلول خاک قابل رویت است (مانس، ۲۰۰۲). پژوهش ها نشان داده‌اند که افزودن منابع حاوی نیتروژن به خاک افزایش تعداد سنبله در گیاه و عملکرد دانه را در پی دارد (علی و همکاران، ۲۰۰۵). ژو و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند مصرف کود نیتروژنه سبب افزایش تعداد سنبله، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد دانه در هر سنبله در برنج شد و بنابراین منجر به بهبود عملکرد شد. آل- کثیر و همکاران (۲۰۱۹) به افزایش تعداد سنبله، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و ارتفاع بوته در اثر افزودن کود اوره و اصلاح کننده آلی فیلترکیک اذعان کردند. مواد آلی با افزایش قابلیت نگه داری آب در خاک و نیتروژن نقش بسزایی در کاهش اثرات سوء شوری خاک داشته و لذا به نظر می‌رسد همین امر دلیل عمده افزایش وزن خشک سنبله در کینوا باشد.

جدول ۳-مقایسه میانگین پارامترهای رشدی اندازه گیری شده

تیمار آزمایشی	سطوح تیمار(Kg/ha)	ارتفاع گیاه	وزن خشک سنبله در هر بوته	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	وزن هزار دانه	Ec_e پس از برداشت گیاه
		cm	mg	mg	mg	mg	ds/m
خاک شور	۰	۱۹/۶۶^{c}	۰/۰۷۸^{c}	۱/۶۱^{c}	۰/۲۹^{b}	۱/۵۲^{c}	۲/۴۰^{c}
خاک شور+ کمپوست ضایعات	۲۰	۲۲^{b}	۰/۲۰^{b}	۲/۴۴^{b}	۰/۲۹^{b}	۲/۸۹^{b}	۵/۸۸^{b}
خاک شور+ کمپوست ضایعات	۴۰	۲۵/۳۳^{a}	۰/۳۳^{a}	۳/۲۶^{a}	۰/۳۲^{a}	۴/۳۲^{a}	۹/۳۸^{a}

میانگین هایی که در هر ستون داراي حرف مشترك می باشند فاقد تفاوت معنی دار می باشد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کمپوست ضایعات قارچ بر وزن خشک اندام هوایی گیاه نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد کاربرد سطوح ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار از کمپوست ضایعات قارچ در خاک شور به ترتیب سبب افزایش ۵۱/۵۵ ٪ و ۱۰۲/۴۸ ٪ وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد (جدول ۳). علاوه براین، کاربرد ۲۰ تن بر هکتار از این اصلاح کننده الی تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه کینوا نداشت در حالی که سطح ۲۰ تن بر هکتار افزایش ۱۰/۳۴ ٪ وزن خشک ریشه را نسبت به شاهد نشان داد. (جدول ۳). آفاق و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند استفاده از کمپوست ضایعات قارچ در سطوح مختلف باعث افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاه بابونه شد. گنت و همکاران (۱۹۹۸) استفاده از کمپوست ضایعات قارچ به مقدار (15 Mt·ha-1) باعث افزایش ۴۰ درصدی وزن خشک اندام هوایی سیب زمینی شد. رحمانیان و همکاران (۱۳۹۶) بیشترین وزن خشک گیاه مرزه در تیمار ۱۰ درصد کمپوست ضایعات قارچ گزارش کردند. زیشن و همکاران (۲۰۱۶) اذعان کردند که کمپوست ضایعات قارچ (۶۰ گرم کمپوست با ۱۲۰ گرم خاک در هر گلدان) به طور قابل توجهی سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه گیاه گوجه فرنگی شد. وانتام و همکاران (۲۰۱۵) به افزایش وزن خشک و تر ریشه‌ی خربزه را در تیمار استفاده از ۴۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ به همراه کود مرغ اشاره کردند و محتوای بیشتر نیتروژن و پتاسیم در تیمار مذکور را به عنوان عامل اصلی افزایش وزن ریشه معرفی کردند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کاربرد کمپوست ضایعات قارچ بر وزن هزار دانه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد کاربرد سطوح ۲۰ و ۴۰ تن از کمپوست ضایعات قارچ سبب افزایش ۹۰/۱۳ ٪ و ۱۸۴/۲ ٪ وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). ابراهیم و همکاران (۲۰۰۸) کود آلی و کمپوست ($30\ Mg\ ha^{-1}$) به طور معنی داری باعث افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد بدون تیمار شد. تفاوت در جذب عناصر غذایی تا حد زیادی بر رشد و پتانسیل عملکرد تأثیر می گذارد (احمد و همکاران ، ۲۰۰۸). حاجی نیا و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که بر روی سطوح مختلف شوری (۴،۸،۱۲ds/m) انجام گردید به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری خاک وزن هزار دانه در یک دوره ۱۸۰ روزه گیاه گندم کاهش قابل توجهی دارد. آبدیف و همکاران (۲۰۱۹) قرار گرفتن بذر نخود در غلظت های مختلف نمک (۵۰ تا ۱۰۰ میلی مولارسدیم کلرید) باعث کاهش عملکرد محصول، وزن هزار دانه و افزایش حساسیت به عوامل بیماری زا و در نتیجه کاهش دوره رشد شد. کاهش وزن دانه در خاک شور می تواند به دلیل جلوگیری از انتقال جذب عناصر غذایی به بذر و کاهش رشد در مرحله پر شدن بذر باشد. از این نظر ، کاریوتیس و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که افت قابل توجه عملکرد دانه در شرایط خاک شور (۶/۵ dSm^{-1}) به دلیل تراکم ضعیف و ناهموار گیاه ناشی از خواص نامطلوب خاک مانند pH بالای خاک (pH 8.5) و هوادهی ضعیف و نفوذ پذیری آب است. با این حال ، از دست دادن عملکرد ناشی از تنش شوری ، نزدیک به چهار محدودیت عمده است: (۱) کمبود آب ، (۲) سمیت یون ، (۳) عدم تعادل مواد مغذی ، (۴) محدودیت جذب CO2 (مونس و تستر ، ۲۰۰۸). در مورد اثر شوری بر گیاهان کینوا، ایسا و همکاران (۲۰۱۲)، گزارش کردند که به نظر نمی رسد نه تنش اسمزی و نه کمبود یا سمیت یون برای کینوا در شرایط شور تعیین کننده باشد. کاهش رشد ناشی از شوری گیاهان کینوا احتمالاً به دلیل تأمین کم فتوسنتز به عنوان یک نتیجه از اختلال در ظرفیت فتوسنتز است. کاهش فتوسنتز و فعالیت کمتر سنتز نشاسته نسبت به پر شدن دانه ، همراه با کاهش ماندگاری گرده منجر به کاهش مجموعه بذر و عملکرد کمتر گیاهان برنج تحت شرایط شوری می شود (خان و عبدالله ۲۰۰۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کمپوست ضایعات قارچ بر مقدار شوری خاک نسبت به شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد با کاربرد کمپوست ضایعات قارچ بر مقدار شوری خاک به طور قابل توجهی(۲۹۰/۸۳+٪) نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). در مطالعه ای که توسط جردن و همکاران (۲۰۰۸) استفاده از کمپوست قارچ مصرف شده و اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک و رشد گیاه Lolium perenne صورت گرفت اعلام کردند که کمپوست ضایعات قارچ به میزان ۴۰۰ تن بر هکتار باعث افزایش قابل توجهی از شوری (۲۵/۲۱+٪) در خاک غیر شور می گردد. همچنین کرمی نیا و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اثر کمپوست مصرف شده قارچ و بیوچار آن بر عملکرد گیاه جعفری تحت تنش شوری گزارش کردند استفاده از کمپوست ضایعات قارچ باعث لفزلیش شوری (۱۹۵/۸۳+٪) نسبت به شاهد گردید.

نتیجه گیری

بستر قارچ مصرفی یک محصول جانبی معمولی برای تولید قارچ است که سرشار از ترکیبات مغذی و زیست فعال مانند آنزیم های خارج سلول ، متابولیت های ثانویه و مواد آلی برای رشد میکروبی است. بنابراین ، اخیراً بحث های قابل توجهی در مورد پتانسیل استفاده از بستر قارچ مصرفی برای تولید محصولات با ارزش افزوده برای کاربردهای کشاورزی مطرح شده است. عوامل کنترل بیولوژیکی خوبی در برابر عوامل بیماری زای خاک و گیاهان که عوامل کنترل بیولوژیکی گزینه مهمی برای مواد شیمیایی مصنوعی ارائه می دهند. علاوه بر این ، استفاده مستقیم از کمپوست ضایعات قارچ همچنین از مزایای خوبی بر خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک مانند افزایش محتوای آلی، بهبود ساختار خاک، در دسترس بودن مواد مغذی و همچنین برای تصفیه زیست محیطی آلاینده ها مفید است. این مزایا ممکن است به رشد گیاه و متابولیت های ثانویه گیاه کمک کند. بنابراین، استفاده از کمپوست ضایعات قارچ به عنوان مواد زیستی جدید برای یک روش کشاورزی سالم، ایمن و پایدار قابل توجه خواهد بود.

استفاده از کمپوست ضایعات قارچ باعث افزایش وزن خشک سنبله ، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و وزن هزاردانه گیاه و شوری خاک پس از برداشت گیاه کینوا در سطح یک درصد معنی دار گردید ولی تاثیر معنی داری بر حجم ریشه گیاه نداشت. با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد کمپوست ضایعات قارچ می تواند باعث افزایش خصوصیات رشدی گیاه کینوا گردد اما استفاده مداوم از آن شوری بیشتر خاک را سبب می‌شود. بنابراین طبق نتایج بدست آمده کاربرد کمپوست ضایعات قارچ با هدف اصلاح شوری خاک امری غیر معقول است و توصیه می‌گردد این اصلاح کننده با هدف افزایش عملکرد در خاک‌های غیر مساله‌دار استفاده شود.

منابع

رحمانیان،م.، ب. اسماعیلپور، ج. هادیان و م. ح. شهریاري. ۱۳۹۶ . تاثیر کاربرد ورمیکمپوست و پسماند کمپوست قارچ خوراکي (Agaricus bisporous L)بر شاخصهاي رشد و جذب عنصرهاي غذایي کم کاربرد در گیاه دارویي مرزه (Satureja hortensis L)
مجله کشاورزي بوم شناختي ۷ (۲):۷۷-۶۱.
کرمی نیا, رنگ زن, نفیسه, نادیان قمشه, حبیب الله, لطفی جلال آبادی, & امین. (۲۰۱۹). اثر کمپوست مصرف شده قارچ و بیوچار آن بر عملکرد گیاه جعفری تحت تنش شوری. تحقیقات آب و خاک ایران, ۵۰(۶), ۱۴۵۳-۱۴۶۵.

Abdiev, A., Khaitov, B., Toderich, K., & Park, K. W. (2019). Growth, nutrient uptake and yield parameters of chickpea (Cicer arietinum L.) enhance by Rhizobium and Azotobacter inoculations in saline soil. Journal of Plant Nutrition, 42(20), 2703-2714.

Ahmad, R., M. Naveed, M. Aslam, Z.A. Zahir and M. Arshad. 2008. Economizing the use of nitrogen fertilizer in wheat production through enriched compost. Renew. Agric. & Food System., 23(3): (In press).

Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (Triticum durum Desf.). Plant Soil 231, 243–254

Alsadon, A. A., M. A. Wahb-Allah, and S. O. Khalil. 2006. Growth, yield and quality of three greenhouse cucumber cultivars in relation to type of water applied at different stages of plant growth. Journal of King Saud University, Agricultural Sciences 18: 89–102.

Aynehband, A., Gorooei, A., Moezzi, A.A., 2017. Vermicompost: an eco-friendly technology for crop residues management in organic agriculture. Energy Procedia 141, 667–671.

Bojórquez-Quintal JE, Echevarría-Machado I, Medina-Lara F, Martínez-Estévez M (2012) Plants challenges in a salinized world: the case of capsicum. Afr J Biotechnol 11:13614–13626

cash crop halophyte. Aust J Crop Sci 6(2):357–368

Chutipaijit S, Cha-um S, Sompornpailin K (2011) High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in Oryza sativa L. spp. indica. Aust J Crop Sci 5:1191–1198

Costantini ACE, Lorenzetti R (2013) Soil degradation processes in the Italian agricultural and forest ecosystems. Ital J Agron 8(4):28 culture. J. Agric. Food Chem. 51, 6505–6508.

Daliakopoulos IN, Tsanis IK, Koutroulis A, Kourgialas NN, Varouchakis AE, Karatzas GP (2016) The threat of soil salinity: a European scale review. Sci Total Environ 573:727–739

Delgado Fernández, I. C., E. Giménez Luque, F. Gómez Mercado, and W. Pedrosa. 2016. Influence of temperature and salinity on the germination of Limonium tabernense Erben from Tabernas Desert (Almería, SE Spain). Flora 218:68–74. doi:10.1016/j.flora.2015.12.001.

Dodd, G. L., and L. A. Donovan. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. The American Journal of Botany 86:1146–53.

Economou CN, Diamantopoulou PA, Philippoussis AN (2017) Valorization of spent oyster mushroom substrate and laccase recovery through successive solid state cultivation of Pleurotus,Ganoderma and Lentinula strains. Appl Microbiol Biotechnol 101(12):5213–5222. https://doi.org/10.1007/s00253-017-8251-3

Eisa S, Hussin S, Geissler N, Koyro HW (2012) Effect of NaCl salinity on water relations,Gent, M. P. N., Elmer, W. H., Stoner, K. A., Ferrandino, F. J., & LaMondia, J. A. (1998). Growth, yield and nutrition of potato in fumigated or nonfumigated soil amended with spent mushroom compost and straw mulch. Compost Science & Utilization, 6(4), 45-56

Fowler, J.L., 1991. Interaction of salinity and temperature on the germination of Crambe. Agron. J. 83, 169–172.

Gonani, Z., H. Riahi, and K. Sharifi. 2011. Impact of using leached spent mushroom compost as a partial growing media for horticultural plants. Journal of Plant Nutrition 34 (3):337–44. doi:10.1080/01904167.2011.536876.

Gonani, Z., Riahi, H., & Sharifi, K. (2011). Impact of using leached spent mushroom compost as a partial growing media for horticultural plants. *Journal of plant nutrition*, *34*(3), 337-344.

Guo, M., and J. Chorover. 2004. Solute release from weathering of spent mushroom substrate under controlled conditions. *Compost Science and Utilization* 12: 225–234.

Hafifah F, Hanafi M, Rezania S, Mat S, Mohd T, Din F (2018) Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. J Mater Cycles Waste Manag 20(3):1383–1396. https://doi.org/10.1007/s10163-018-0739-0

Hardie, M., Doyle, R., 2012. Measuring soil salinity. In: Shabala, S., Cuin, T.A. (Eds.),Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology,vol. 913. ,https://doi.org/10.1007/978-1-61779-986-0_28.

Hasegawa PM, Bressan R, Zhu J, Bohmert H (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 51:463–499

Homai, M. (2002). Response of Plant to Salinity. First Edition. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. p, 97-120.

Ibrahim, M., Hassan, A., Iqbal, M., & Valeem, E. E. (2008). Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. Pak. J. Bot, 40(5), 2135-2141.

Jonathan, S. G., Lawal, M. M., & Oyetunji, O. J. (2011). Effect of spent mushroom compost of Pleurotus pulmonarius on growth performance of four Nigerian vegetables. Mycobiology, 39(3), 164-169.

Jordan, S. N., Mullen, G. J., & Courtney, R. G. (2008). Utilization of spent mushroom compost for the revegetation of lead–zinc tailings: Effects on physico-chemical properties of tailings and growth of Lolium perenne. Bioresource technology, 99(17), 8125-8129.

Karioti, A., Skaltsa, H., Demetzos, C., Perdetzoglou, D., 2003. Effect of nitrogen concentration

Khan, M. A., & Abdullah, Z. (2003). Salinity–sodicity induced changes in reproductive physiology of rice (Oryza sativa) under dense soil conditions. Environmental and Experimental Botany, 49(2), 145-157.

kheir, A.M.S., Abouelsoud, H.M., Hafez, E.M., Ali, O.A.M., 2019a. Integrated effect of nano-Zn, nano-Si, and drainage using crop straw–filled ditches on saline sodic soil properties and rice productivity. Arab. J. Geosci. 12, 471. https://doi.org/10.1007/s12517.019-4653-0.

Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N.W., Do¨ ll, P., Kabat, P., Jime´nez, B., Miller, K. A.,Oki, T., Sen, Z., and Shiklomanov, I. A. (2007). Freshwater resources and their management.In "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" (M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson, Eds.), pp. 173–210. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Lou Z, Sun Y, Zhou X, Baig SA, Hu B, Xu X (2017a) Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil. Geoderma 307:30–37. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.07.033

Mafakheri, S., R. Omidbeygi, F. Sefidkon, and F. Rejali. 2012. Effect of biofertilizers on physiological, and morphological characteristics and on essential oil content in Dragonhead (Dracocephalum moldavica). Iranian Journal of Horticultural Science 42:245–54. (in Persian).

Marín-Benito JM, Rodríguez-Cruz MS, Andrades MS, Sánchez-Martín MJ (2012) Assessment of spent mushroom substrate as sorbent of fungicides: influence of sorbent and sorbate properties.J Environ Qual 41:814–822. https://doi.org/10.2134/jeq2011.0437

Marques, E. L. S., E. T. Martos, R. J. Souza, R. Silva, D. C. Zied, and S. E. Dias. 2014. Spent mushroom compost as a substrate for the production of lettuce. Proceedings Journal of Agriculture Science 6 (7):138–43. doi:10.5539/jas.v6n7p138.

Medina, E., C. Paredes, M. D. Pérez-Murcia, M. A. Bustamante, and R. Moral. 2009. Spent mushroom substrates as a component of growing media for germination and growth of horticultural plants. Bioresource Technology 100 (18):4227–32. doi:10.1016/j.biortech.2009.03.055.

Meng X, Liu B, Xi C, Luo X, Yuan X, Wang X, Zhu W, Wang H, Cui Z (2018a) Effect of pig manure on the chemical composition and microbial diversity during co-composting with spent mushroom substrate and rice husks. Bioresour Technol 251:22–30. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.077

Miller, J., Beasley, B., Drury, C., Larney, F. and Hao,X. (2017). Surface soil salinity and soluble salts

Miller, J., Beasley, B., Drury, C., Larney, F. and Hao,X. (2017). Surface soil salinity and soluble salts after 15 applications of composted or stockpiled manure with straw or wood- chips. Compost Science, 25, 36 - 47.

Mishra, S.N., Anju, C., 1996. Nitrate and ammonium effect on Indian mustard seedling grown under salinity stress. Indian J. Plant Physiol. 1, 93–97.

Munns R, Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annu Rev Plant Biol 59:651–681

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25:239–50. doi:10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x.

Nia, S. H., Zarea, M. J., Rejali, F., & Varma, A. (2012). Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with Azospirillum strains from saline or non-saline soil. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 11(2), 113-121.

Panta, S., Flowers, T.J., Lane, P., Doyle, R., Haros, G., Shabala, S., 2014. Halophyte agriculture: success stories. Environ. Expert. Bot. 107, 71–83.

Tavakkoli E, Fatehi F, Conventry S, Rengasamy P, McDonald GK (2011) Additive effects of Na+ and Cl_ ions on barley growth under salinity stress. J Exp Bot 62:2189–2203

Vahid Afagh, H., Saadatmand, S., Riahi, H., & Khavari-Nejad, R. A. (2019). Influence of spent mushroom compost (SMC) as an organic fertilizer on nutrient, growth, yield, and essential oil composition of German chamomile (Matricaria recutita L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50(5), 538-548.

Van Tam, N., & Wang, C. H. (2015). Use of spent mushroom substrate and manure compost for honeydew melon seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 34(2), 417-424.

Wiafe-Kwagyan, M., & Odamtten, G. T. (2018). Use of Pleurotus eous strain P-31 spent mushroom compost (SMC) as soil conditioner on the growth and yield performance of Capsicum annuum L. and Solanum lycopersicon L. seedlings under greenhouse conditions in Ghana. Tropical life sciences research, 29(1), 173.

Wu, Y., Li, Y., Zhang, Y., Bi, Y., Sun, Z., 2018. Responses of saline soil properties and cotton growth to different organic amendments. Pedosphere 28 (3), 521–529.

Zeeshan, M. A., Khan, I., Shah, B., Naeem, A., Khan, N., Ullah, W., ... & Iqbal, M. (2016). Study on the management of Ralstonia solanacearum (Smith) with spent mushroom compost. Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(3), 114-121.

Zhu JK (2001) Plant salt tolerance. Trend Plant Sci 6:66–71

.

Topic for submission: Soil fertility and plant nutrition

Effect of spent mushroom compost on growth characteristics of quinoa in saline soil

Astarai[1], A, Nabizade[2], M.
1 Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Ferdowsi, Iran
2 M.Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Ferdowsit, Iran

Abstract
Climate change and reduced rainfall in arid and semi-arid regions are causing shallow groundwater aquifers. When groundwater moves to the surface, it also brings salts to the soil surface and causes soil salinization. Soil salinization is the process of accumulation of water-soluble salts. This feature is characterized by the presence of excess salts in the soil surface and root areas. It is a type of soil degradation in which salts accumulate in the soil to the extent that it negatively affects plant growth. Spent Mushroom substrate (SMS) is one of the most abundant agricultural wastes that is obtained at the end of mushroom cultivation. spent mushroom substrate still contains essential nutrients needed to grow a healthy crop in addition to cultivated mushroom mycelium and a large population of the microbial community. The use of mushroom substrate in agriculture mainly helps to improve soil quality, absorbs organic and inorganic contaminants chemically and acts as a good carrier for plant growth-promoting microbes (PGRM). And shows the best biological efficiency against soil and plant pathogens. In order to investigate the effect of fungal waste compost on the improvement of growth characteristics in a saline soil, an experiment was conducted in a completely randomized design. Experimental factors included 1) control soil (saline soil without fungal waste compost), 2) fungal waste compost at the level of 20 tons per hectare and 3) fungal waste compost at the level of 40 tons per hectare with three replications. Analysis of variance showed that the application of fungal waste compost at 40 tons per hectare was able to determine the dry weight of spike, plant height, dry weight of shoot and 1000-seed weight of plant and soil salinity after harvest ($p < 0.01$) influence. But it had no significant effect on plant root volume.
Keywords: soil Salinity, spent mushroom compost, quinoa

تأثیر استفاده از هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه بر میزان جذب عناصر فسفر و پتاسیم در گیاه

افروزه آبیل نجف زاده،[1] احمد غلامعلی‌زاده آهنگر[2]

کارشناسارشد علوم خاک دانشگاه زابل: afroozeh.abil1374@gmail.com

دانشیار گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل: a_ahangar2002@yahoo.com

چکیده

هیدروکسیدهای لایه‌ای سه‌گانه که از سنتز مواد شیمیایی به‌دست می‌آیند ماتریس‌های امیدوارکننده‌ای برای تولید کودهای کندرها می‌باشند و در تولید محصولات زراعی و باغی مدرن به عنوان کود کندرها،بیوسنتزها یا تنظیم کننده‌های زیستی برای بهبود کیفیت و عملکرد گیاه و کاهش اثرات منفی زیست محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کودها سبب جذب آلاینده-های فلزی از خاک می‌شود. همچنین باعث می‌شود که عناصر موجود در خاک به آرامی و به اندازه کافی جذب گیاه شود. این کودها حاوی عناصر ماکرو و میکرو مغذی و معدنی هستند. به منظور بررسی تأثیرکود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه بر خصوصات کمی و کیفی گیاه شب‌بو آزمایشی به صورت طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه آموزشی بقیهٔ ا... الاعظم (عج) (چاه نیمه) دانشگاه زابل در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ صورت گرفت. برای اجرای این طرح هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه (LTH) و کود تجاری و کود غنی‌شده(EEH) در ۷ سطح (0, 0/25, 0/50, 1, 2/5, 5, 10) به صورت مصرف خاکی صورت گرفت. گیاه شب‌بو کشت شد و ۴۵ روز پس از پایان دوره ی رشد گیاه اندام هوایی از محل طوقه برداشت شد و برای اندازه-گیری میزان عناصر گیاه به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه بر میزان جذب عناصر غذایی گیاه شب‌بو تأثیر گذاشت.کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه در سطوح مختلف می‌تواند سبب جذب عناصر غذایی توسط گیاه شوند و عملکرد گیاه افزایش یابد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانوکودها می‌توانند به قابل جذب کردن عناصر غذایی کمک کنند. و استفاده از کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه برای سایر گیاهان توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: عناصر غذایی خاک، کندرها، کود جدید، هیدروکسید لایه‌ای سه گانه

مقدمه:

هیدروکسیدهای لایه‌ای به طور گسترده در کاتالیز، تبادل یونی، بیونانوکامپوزیت‌ها، حس‌گرهای زیستی و حتی به عنوان بستری برای اتصال نانوذرات استفاده شده‌اند (Fang Zhan et al,. 2010). در حوزه کشاورزی هیدروکسیدهای لایه‌ای در آفت-کش‌ها، علف‌کش‌ها، هورمون‌های رشد گیاهان و همچنین افزایش مواد مغذی نظیر نیترات، فسفات‌ها و ... مورد استفاده قرار گرفتند. (Gustavo et al., 2018) هیدروکسیدهای لایه‌ای مواد نانوساختار و ماتریس‌های امیدوارکننده‌ای برای استفاده از آن به عنوان کود می‌باشند. همچنین هیدروکسیدهای لایه‌ای ماتریس‌های امیدوارکننده‌ای برای رشد کودهای جدید آهسته هستند (Benicio et al., 2015; Bernardo et al., 2016). رفتار هیدروکسیدهای لایه‌ای به منظور انتشار آهسته ریز مواد مغذی از نظر شیمیایی و کانی‌شناسی است و به عنوان منبع مواد مغذی آهسته کاربرد دارد. (Berber et al., 2014; Imran et al., 2016; Moraes et al., 2016; Ashekuzzaman et al., 2017). هیدروکسید لایه‌ای سه گانه با علامت اختصاری (LTH) نشان داده می‌شوند. که هر لایه مثبت با واحدهای هشت ضلعی که شامل کاتیون‌های فلزی در مرکز و آنیون‌های هیدروکسی که در رأس آن‌ها قرار دارد تشکیل می‌شود. این واحدهای هشت ضلعی لبه‌های خود را به اشتراک می‌گذارند و لایه‌های مسطح را تشکیل می‌دهند که در آن‌ها یون‌های مثبت با حضور آنیون بین لایه‌ها خنثی می‌شوند (Luiz Paulo etal., 2017). در واقع ساختار آن‌ها دقیقاً مشابه ساختار کانی بروسیت می‌باشد. این ساختار اخیراً مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفتند و این ساختارها به عنوان کودهای کنترل‌شده محبوب شده‌اند و هیدروکسیدهای لایه‌ای سه‌گانه ماتریس‌هاینویدبخشی برای انتشار آهسته کودهای جدید را به‌وجود می‌آورند (Benicio et al., 2015 Everaert et al., 2016 and Bernardo et al., 2016). هیدروکسیدلایه‌ای سه گانه باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود و در تغذیه گیاه مؤثر واقع می‌شود شود زیرا انتشار آهسته کود-های کنترل شده مزیت‌هایی از قبیل کاهش مصرف انرژی و زمانمورد نیاز برای رشد محصول را به دنبال دارد به دلیل این که مواد مغذی به آرامی و به تدریج در طول فصل رشد پخش می‌شوند و به طور قابل توجهی طولانی تر از کودهای معمولی در دسترس هستند. انتشار آهسته کودهای کنترل‌شده‌یLTHs تلفات مواد مغذی را کاهش می‌دهد و بهره‌وری مواد مغذی را افزایش می‌دهد و مصرف کود را حدود ۲۰تا۳۰ درصد کاهش می‌دهد در حالی که همان عملکرد دریافت می‌شود (Rabbins,j2005).کود آهسته تولید مواد مغذی را به تدریج و در گذر زمان آزاد می‌کند. کودهای کنترل شده همچنین میزان و مدت انتشار مواد مغذی را کنترل می‌کند و کود متناسب با تقاضای گیاه تامین می‌شود. ناگفته نماند که LTHs علاوه بر انتشار آهسته عناصر مغذی، انتشار علف کش‌ها را هم می‌توانند کنترل کنند که این فرآیند خود نقش به سزایی در جلوگیری از مسمومیت گیاهان دارد. استفاده از کودهای آهسته به عنوان یک ابزار مهم برای دستیابی به اهداف جنگلزدائی به رسمیت شناخته شده است. یکی از عوامل مؤثر و کلیدی در جنگل زدائی استفاده از بوته‌هایی با کیفیت بالا می‌باشد که می‌توانند پس از نابود شدن به طور رقابتی ایجاد و رشد کنند که استفاده از هیدروکسید لایه‌ای سه گانه می‌تواند منجر به ایجاد بوته‌هایی با

کیفیت بالا شود علاوه بر آن تا همین اواخر، نگرانی وجود داشت که قراردادن کود در نزدیکی سیستم ریشه نهال منجر به مسمومیت می‌شود که با استفاده از فناوری کودهای آهسته بهبود یافته است (Diane L et al., 2006). هیدروکسید لایه‌ای سه گانه به دلیل ساختار خاص خود محافظت فیزیکی را به عناصر افزایش داده و باعث کاهش تماس مستقیم این عناصر با خاک می‌شود. فضای بین لایه‌ای صفحات هیدروکسید شرایط را برای واکنش‌های شیمیایی فراهم می‌کند (Rives, 2001).استفاده از هیدروکسید لایه‌ای دوگانه یک تکنولوژی جدید برای انتشار سایر کودها از جمله کود فسفات بر اساس مواد نانوساختار می-باشد استفاده از هیدروکسید لایه‌ای که حاوی فسفات بود باعث افزایش عملکرد (جرم ماده خشک) ارتفاع و محتوای فسفر در ماده خشک می‌شود. علاوه بر آن هیدروکسید لایه‌ای حاوی فسفات باعث افزایش مقدار pH شد و موجبکاهش ظرفیت جذب پتاسیم خاک شد و باعث شد گیاهان بیشتری در دسترس قرار گیرد. (Benicio, L et al., 2017). به‌طور کلی در زمینه کشاورزی هیدروکسیدهای لایه‌ای در انتقال سموم دفع آفات، علف‌کش‌ها، هورمون‌های رشد گیاه و همچنین جابجایی مواد مغذی مانند نیترات و فسفات و برای به‌دست آوردن ماتریس که انتشار پایدار از آنیون‌های درهم تنیده را شامل شود مورد استفاده قرار می‌گیرند. (Tronto et al., 2004; Cardoso et al., 2006;Ghormadeet al., 2011; da Silva et al., 2014).

با استفاده از روش تبادل یونی،یک سیستم انتقال نانو قارچ کش با درهم آمیختن دازومت در بین لایه های هیدروکسید دو لایه لایه روی / آلومینیوم (Zn / Al-LDH) سنتز شده است.دازومت یک ماده شیمیایی است که برای از بین بردن آفاتی که از طریق تخریب گازی مانع رشد گیاه می شوند ، استفاده می شود. دازومیت به عنوان ماده ضدعفونی کننده خاک در مکان-های مختلف مانند زمین‌های گلف، زمین چمن و خاک گلدان استفاده می‌شود (US Environmental Protection Agency,Office(of Pesticide Programs. July 10, 2008. مطالعه مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) نشان داده است که نوارهای جذب نانوکامپوزیت حاصل از هر دو ویژگیdazomet و Zn / Al-LDH تشکیل شده است، که تأیید برهم خوردگیdazomet به لایه های بینZn / Al-LDH با می‌باشد. مطالعات بیشتر در مورد نهال نخل روغنی همچنین رویZn / Al-LDH (DZALDH) انجام شد. هر دو اثرات مثبتی بر رشد دانه های نخل روغنی نشان داده اند. این کار نشان داده است که محصولات شیمیایی زراعی حاصل داراییک سیستم تحویل نانو قارچ کش دو حالته هستند، به عنوان یک قارچ کش و یک تامین کننده ریز مغذی برای حمایت از رشد اولیه گیاه و این امکان را دارد که از تماس مستقیم قارچ کش ها با کاربران به دلیل فرآینددرونی شدن جلوگیری کند(Isshadiba F. Mustafa etal., 2018).

تنظیم رشد گیاه با پوشش بذر با هیدروکسیدهای لایه‌ای دوگانه لایه آلژیانت و اکسین بررسی شد. اکسین ها دسته ای از مواد آلی هستند که به عنوان تنظیم کننده‌های رشد گیاه شناخته می شوند و بر روی فیزیولوژی گیاه اثر می‌گذارند و رشد کامل آن را تقویت می‌کنند. با این حال، به دلیل ناپایداری زیاد این مواد در میان تنوع محصولات و محیط های زراعی، لازم است که به

دنبالروش‌های کارایی کارآمدتر، که منجر به یک توزیع همگن می‌شود و با توجه به تقاضای گیاهان، یک رهش پایدار ایجاد می-شود، شود. پوشش بذر، با استفاده از فیلم‌های حاوی پلیمر قابل تجزیه و اکسین هایی که به ترکیبات لایه‌ای تبدیل می‌شوند ، به عنوان یک رویکرد بسیار امیدوار کننده برای شکل جدیدی از کاربرد تنظیم کننده رشد ظاهر می‌شود. بنابراین، کار ارائه شده سه هدف داشت: (i) سنتز و توصیف یک ماده ترکیبی آلی غیر معدنی حاوییک هیدروکسید دو لایه (LDH) روی و آلومینیوم و اسید اکسید ۱-نفتالنو استیک (ZnAl-NAA-LDH)، (ii) پوشش دانه‌های لوبیا (Phaseolus vulgaris L.) با فیلم‌های ترکیبی تولید شده از مخلوط پلیمر آلژینات و (ZnAl-NAA-LDH)، و (III) ارزیابی پاسخ گیاه توسط روش‌های زیست سنجی. ترکیبی از ZnAl-NAA-LDH با مجموعه‌ای از تکنیک‌های تحلیلی، از جمله پراش اشعه X پودر، تجزیه و تحلیل حرارت سنجی همراه با کالریمتری اسکن دیفرانسیل و طیف سنجی جرمی، اندازه گیری سطح خاص و میکروسکوپ الکترونی روبشی مشخص شد. سنجش زیستی با بذرهای پوشیده شده با فیلم کامپوزیت برای ارزیابی سرعت جوانه زنی و شاخص سرعت جوانه زنی بذرها، و همچنین تجزیه و تحلیلبیومتریک از جمله اندازه گیری سطح ریشه، ماده تازه ریشه و طول شاخهگیاهان انجام شد. سنجش زیستی انجام شده در گلدان‌های خاک نشان داد که فیلم آلژینات حاویZnAl-NAA-LDH باعث افزایش سطح ریشه، ماده ریشه تازه و طول شاخه ها می‌شود. بنابراین، فیلم‌های تولید شده از مخلوط آلژینات و مواد ترکیبی حاوی تنظیم کننده رشد که به LDH تبدیل می‌شوند، می‌توانند یک گزینه مناسب برای تقویت رشد گیاه باشند، که می‌تواند در مدیریت بذر موجود باشد(Vander A de Castro et al., 2020).

هیدروکسید لایه‌ای دوگانه (LDH) با یون‌های فسفات (LDH-Phosphate) با روش تبادل یونی حاوی یون‌های نیترات بین لایه‌ها سنتز شد. مواد با استفاده از پراش پرتو ایکس (XRD)، بازتاب طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (ATR-FTIR)، طیفسنجی جرمی (TGA-DSC-MS)، مساحت سطوح خاص (BET) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) آنالیز شدند. در این تحقیق فرض شد که هیدروکسید لایه‌ای دوگانه‌ی حاوی فسفات (LDH-Phosphate) می‌تواند به عنوان کود کنترل‌شده استفاده شود و به افزایش بازده کود فسفات در خاک‌های گرمسیری کمک کند. این فناوری کود جدید در یک مطالعه جنبشی انتشار فسفات تحت شرایط کنترل‌شده از نظر نور، رطوبت، دما با استفاده از ذرت به عنوان گیاه شاخص مورد آزمایش قرار گررفت و در نتیجه مشاهده شد که هیدروکسید لایه‌ای دوگانه حاوی فسفات (LDH-Phosphate) باعث افزایش بهره‌وری گیاه (جرم ماده خشک)، ارتفاع و محتوای فسفر در ماده خشک شد. علاوه بر این، هیدروکسید لایه‌ای دوگانه حاوی فسفات (LDH-Phosphate) باعث افزایش مقدار pH خاک می‌شود و به کاهش ظرفیت جذب فسفر منجر می‌شود وآن را در دسترس گیاهان قرار می‌دهد(Luiz.P et al., 2016).

یک تحقیق چند تکنیکی برای بررسی اثرات نوع خاک و تیمار شیمیایی بر روی گونه‌های نیکل در خاک انجام شد. رسوب

هوایینیکل از یک پالایشگاه در بندر کلبورن، انتاریو، کانادا منجر به غنی سازی ۲۹ کیلومتر مربع زمین با غلظت نیکل بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سبب اقدام درمانی وزارت محیط زیست کانادا شده است.چندین مطالعه بر روی این خاک ها نشان داده است که آهکی بودن خاک در کاهش نیکل قابل استخراج شیمیایی و همچنین کاهش علائم سمیت نیکل در محصولات گیاهی رشد یافته در مجاورت پالایشگاهمؤثر بوده است.برعکس، افزودن سنگ‌های آهکی دولومیتی منجر به افزایش جذب نیکل در مایع علفی جمع کننده نیکل*آلیسوممورال*می‌شود. *آلیسوم مورال* گیاهی است که استفاده از آن به عنوان یک استراتژی اصلاح برای این منطقه پیشنهاد شده است.آزمایش‌های انحلال جریان هم‌زن با استفاده از pH4HNO3 نشان داد که انتشار نیکل از سنگ‌های آهکی و خاک‌های لوم نسبت به خاک‌هایغیر آهکی کاهشیافته است.تجزیه و تحلیل میکروسکوپ الکترونی (EMPA) تقریباً ذرات کرویNIO و Ni فلز را که با هیچ فلز دیگری همراه نیستند و قطر آنها از ۵ تا ۵۰ میکرومتر است، شناسایی کرد.سنکروترون ساختار ریز جذب اشعه X و طیف سنجی‌های فلورسانس اشعه X نشان داد که فازهای هیدروکسید لایه‌ای دوگانه Ni وAl(Ni-Al LDH) در هر دو خاک معدنی آهکی و غیر آهکی وجود دارد،گونه‌های نیکل در خاک آهک، احتمالاً با حل شدن Si به افزایشpH کمک می‌کند.در خاک های پوشیده، مجتمع های آلی - نیکل (یعنی اسید فولویک) در هر دو خاک آهک و بدون آهک تسلط بر گونه زایی دارند.نتایج گزارش شده در اینجا نشان می‌دهد که هر دو نوع خاک و تیمار اثر برجسته‌ای بر روی گونه های نیکل در خاک های اطراف پالایشگاه بندر کولبورن دارند.فازهایNi-Al LDH می‌توانند در خاک هایغنی‌شده از مواد معدنی در pH محیطی تشکیل شوند و می‌توانند منجر به کاهش تحرک Ni شوند.در خاک های آلی نیکل به شدت توسط مواد آلی خاک کمپلکس می‌شود.افزایش تجمع نیکل توسط یک مورال رشد یافته در خاک‌های آهک و لوم نشان می‌دهد که گیاه ممکن است قادر به حذف Ni از آن بخش‌هایی باشد که به طور معمول برای اکثر گیاهان غیرقابل دسترس است(David H. et al., 2007).

یک روش جدید و آسان یک مرحله ای برای رشد هیدروکسیدهای نیکل کبالت فاز α ساخته شده است.استفاده از ۱-متیل-۲-پیرولیدون (NMP) در حلال مخلوط نقش تعیین کننده‌ای در رسوب یون های فلزی و تشکیل هیدروکسیدهای فاز α دارد.روش مصنوعی برای سنتز هیدروکسیدهایNi-Co با نسبت‌های مختلف استوکیومتریNi و Co به اندازه کافی قوی است و می‌تواند به تهیه هیدروکسیدNi0/67Zn0/33 و رشد لایه های هیدروکسیدهایNi-Co پشتیبانی شده رویفوم نیکل گسترش یابد.ساختار یک فاز و همچنین مورفولوژی کاملاً مشخص به کارایی بالای استفاده از هیدروکسیدهایNi-Co در هنگام استفاده به عنوان مواد الکتریکی فعالبرای خازن‌های بزرگ کمک می‌کنند. علاوه بر این،به دلیل همزیستییون‌هایNi و Co ، هیدروکسیدهایNi-Co دو فلزی فاز به صورت سنتز شده فعالیت الکتروشیمیایی بسیار بالاتری را در مقایسه با هیدروکسیدNi-Co تک فلزی نشان می‌دهند. در نتیجه، هیدروکسیدهای دو فلزیNi-Coیک فاز، قابلیت سرعت برتر و بهبود ثبات را نسبت به هیدروکسید نیکل تک فلزی نشان می‌دهند(Haichao Chen et al., 2015).

مواد و روش ها:

زمان و مکان تحقیق

به منظور بررسی اثرهیدروکسید لایه‌ای سه گانه برای رهایش آهسته عناصر غذایی گیاه در خاک و مقایسه اثر نحوه کاربرد و سطوح تیمارهای کودی (آب مقطر، کودهای نیترات نیکل،نیترات کبالت، نیترات آهن، کودتجاری، کود غنی‌شده از آهن) بر پارامترهای فیزیولوژیک و ترکیبات شیمیایی گل شب‌بو، آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده علوم پایه زابل در سال ۹۷-۹۸ انجام شد.

تهیه نمونه‌های خاک

در این تحقیق ۲۵۰ کیلوگرم خاک از افق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتیمتری) از روستایی به‌نام کفتارگی در اطراف زهک به صورت مرکب جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک در سایه هوا خشک و سپس با استفاده از چکش پلاستیکی، کلوخه‌ها خرد و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. مقداری نمونه خاک برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه دانشگاه زابل انتقال داده شد. بقیه نمونه‌های خاک برای کشت گلدانی مورد استفاده قرار گرفت.

تیمارهای آزمایش

طرح انجام پژوهش به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش عبارت از۳ منبعکودی (هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه، کود تجاری، کود غنی‌شده) ودرهفت سطح (صفر به عنوان نمونه شاهد، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۱، ۲/۵، ۵، ۱۰) به صورت مصرف خاکی می باشد. جـدول ۲-۳ تیمارهای استفاده شده در آزمایش را نشان می-دهد.

آماده‌سازی نمونه‌های خاک

براساس نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی گیاه، کود شیمیایی اوره در دو مرحله یک بار قبل از کشت و دفعه دوم چهار هفته بعد از کشت مجموعاً به مقدار ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، کود سوپرفسفات تریپل به مقدار۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و کود پتاسه به مقدار ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به گلدان‌ها اضافه شد. البته لازم بهذکر است برای اینکه شرایط برای هر چه بهتر شدن اختلاط فراهم باشد کودها ابتدا کاملاً آسیاب شدند و سپس با مقدار کمتری خاک مخلوط و بعد با کل خاک مخلوط شدند.

مراحل کاشت، داشت و برداشت گیاهان

بذور گیاه شب‌بو که از گلخانه آموزشی و تحقیقاتی(چاه نیمه) دانشگاه زابل تهیه شده بود، به تعداد ۵ عدد در هر گلدان کاشته شد. جوانه‌های گیاه بعد از مدت چند روز پس از کشت به تعداد ۳ گیاه در هر گلدان تنک شدند. آبیاری توسط آب مقطر بر اساس کاهش رطوبت خاک‌ها از حد رطوبت زراعی توسط توزین گلدان‌ها با ترازوی دیجیتالی انجام شد و البته به‌گونه‌ای بود که زه‌آبی از گلدان‌ها خارج نشود. گلدان‌ها در طی دوره رشد در دمای میانگین روز ۲۵ درجه و شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در طول آزمایش محل قرارگیری گلدان‌ها چندین بار تغییر داده شد تا تمام گلدان‌ها در شرایط محیطییکسان قرار گیرند. دوره رشد گیاهان ۲ ماه به طول انجامید و در این مدت هر روز به گلدان‌ها سرکشی شده و رطوبت هر گلدان به-صورت وزنی در رطوبت ۰/۸FC –۰/۷۵ تنظیم گردید. بعد از ۶۰روز که گیاهان به بیومس کافی رسیدند، در داخل گلخانه تحقیقاتی اندام‌هوایی گیاهان توسط تیغه مخصوص از سطح خاک بریده شدند و ریشه‌ها نیز از خاک جدا گردیده و پس از شستشو در آب مقطر به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌های اندام هوایی و ریشه‌ها به‌طور جداگانه در پاکت‌های کاغذی دارای برچسب مناسب نگهداری شدند و در آون در دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند (Motsara and Roy, 2008).

اندازه‌گیری عناصر گیاه:

اندازه‌گیری فسفر گیاه

برای اندازه‌گیری فسفر از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر انجام شد. برای این منظور ابتدا محلول آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات آماده گردید. بعد از تهیه محلول آمونیوم مولیبدات- وانادات، سری محلول‌های استاندارد ۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساخته شد که حاوی۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی گرم در لیتر فسفر بودند. این سری محلول‌ها در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده می‌شوند. در نهایت برای تهیه عصاره، میزان ۵ میلی‌گرم از محلول‌های عصاره گیاهی و شاهد را به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر منتقل و سپس میزان ۵ میلی‌گرم از محلول آمونیوم مولیبدات-وانادات را اضافه کرده و به حجم رسانیده شد.

اندازه‌گیری پتاسیم گیاه

اندازه‌گیری به روش نشر شعله‌ای و با استفاده از دستگاه فیلم امیشن اسپکترومتر انجام شد. برای این منظور سری محلول‌های استاندارد، نمونه شاهد و عصاره گیاهی را به نسبت ۱+۹ توسط محلول غلیظ کلروسزیم غلیظ، رقیق گردید. محلول‌های نهایی استاندارد حاوی۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم بودند. از این ارقام در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده

گردید. شدت نور امیشن حاصل از نمونه‌های عصاره، شاهد و سری محلول‌های استاندارد توسط دستگاه در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر و با استفاده از گاز پروپان با هوا اندازه‌گیری شد.

بحث و نتایج:

نتایج تجزیه واریانس عناصر پتاسیم، و فسفر در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس حاصل از داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی تیمارهای منابع مختلف عناصر و سطح اثرات متقابل دوگانه آن‌ها بر جذب عناصر پتاسیم، فسفر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است.

جدول۱:نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی مورد بررسی شب‌بو تحت تیمار نوع مصرف خاکی منابع مختلف نانوذرات بر عناصر پتاسیم و فسفر

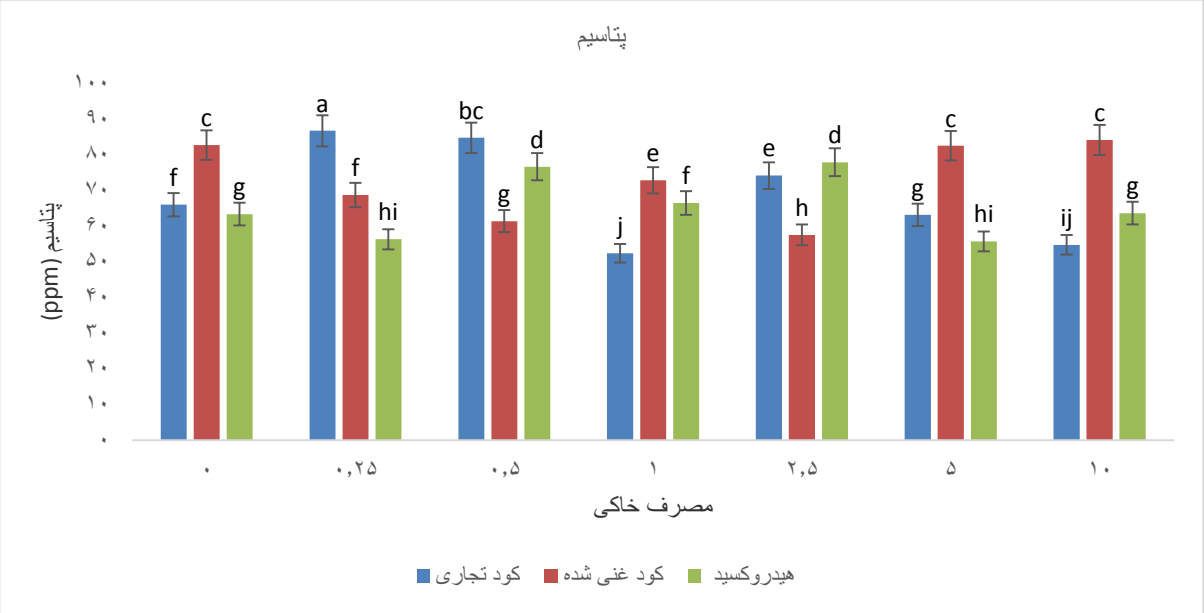
منابعتغییرات	درجهآزادی	میانگینمربعات	
		پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)
تیمار	۳	*۴۳۷/۶	*۱/۷۵
سطوحدرونتیمار	۱۵	*۴۳۰/۵	n.s۰/۸۴
خطا	۴۴		
CV(٪)		۸/۸	۸/۷

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

۱: پتاسیم

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در تیمار A بیشترین مقدار پتاسیم در اندام هوایی در مصرف خاکی تیمار کود تجاری(۸۶/۸۲۳۹ ppm) در سطح ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است که نسبت به شاهد ۱/۳۱ برابر افزایش معنی‌داری را نشان داد. و در تیمار B بیشترین مقدار پتاسیم در اندام هوایی در مصرف خاکی تیمار کود غنی‌شده(EEH)(۸۴/۲۳۳ ppm) در سطح ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است که نسبت به شاهد ۱/۰۱۷ برابر افزایش معنی‌داری داشته است. و در تیمار C بیشترین مقدار پتاسیم در اندام هوایی در مصرف خاکی تیمار کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه (۷۸/۰۲۰۷ ppm) در سطح ۲/۵ میلی-

گرم در کیلوگرم است که نسبت به شاهد ۱/۲۲ برابر افزایش معنی‌داری داشته است. در این خصوص خسروی مشیزی و همکارش (۱۳۹۴) گزارش کردند که کاربرد پتاسیم باعث افزایش مقدار نسبی آب و تعداد برگ، میانگین وزن میوه، ضخامت، قطر و طول میوه را در هر دو رقم طالبی گردید. ترکیب کلسیم و پتاسیم در ارقام آناناسی و شاه‌پسندی، به ترتیب عملکرد میوه را به میزان ۸۰ و ۱۴۷ و مقدار کارتنوئید را ۴۷ و ۸۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد که به عنوان ترکیب تیمار برتر معرفی می‌گردد.



شکل۱ مقایسه میانگین اثرکاربردمصرف خاکی منابع مختلف کودهای نانوذرات بر جذب پتاسیم

۲: فسفر

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در تیمار A بیشترین مقدار فسفر دراندام گیاهی در مصرف خاکی تیمار کود تجاری(۴/۱۸۴۹ ppm) در سطح ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است که نسبت به شاهد ۱/۲۸ برابر افزایش معنی‌داری داشته است. و در تیمار B بیشترین مقدار فسفر در اندام گیاهی در مصرف خاکی تیمار کود غنی‌شده(EEH)(۴/۵۰۸۸ ppm) در سطح ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است که نسبت به شاهد ۱/۸۴ برابر افزایش معنی‌داری داشته است. و در تیمار C بیشترین مقدار فسفر در اندام گیاهی در مصرف خاکی تیمار کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه (۳/۹۲۶۴ ppm) در سطح ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است که نسبت به شاهد ۱/۷۲ برابر افزایش معنی‌داری داشته است.جوکار و همکاران(۱۳۹۴) گزارش کردند که کاربرد خاکی ۰/۴۰۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک منبع سکوسترین آهن باعث کاهش غلظت فسفر اندام هوایی در گیاه لوبیا چشم بلبلی گردیده است.



شکل۲مقایسه میانگین اثرکاربردمصرف خاکی منابع مختلف کودهای نانوذرات برجذب فسفر

نتیجه‌گیری

با انجام این تحقیق مشخص شد که اثرات متقابل دوگانه نحوه مصرف، سطح و منابع مختلف کود تجاری، کودغنی-شده(EEH) و کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه نقش به سزاییبر میزان جذب عناصر غذایی اندام هوایی (پتاسیم و فسفر) گیاه شب‌بو داشت، به‌طوری که تأثیر معنی‌داری (در سطح پنج درصد) بر همه پارامترهای مورد بررسی مشاهده شد. در اثر مصرف کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه میزان جذب پتاسیم در سطح ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد که نسبت به نمونه شاهد ۱/۲۲ برابر افزایش عملکرد داشته است و همچنین میزان جذب عنصر فسفر در اثر مصرف این کود در سطح ۲/۵میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد که نسبت به نمونه شاهد ۱/۷۲ برابر افزایش عملکرد داشته است. پس کود هیدروکسید لایه‌ای سه‌گانه در سطوح مختلف می‌تواند سبب جذب عناصر غذایی توسط گیاه شوند و عملکرد گیاه افزایش یابد.می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانوکودها می‌توانند به قابل جذب کردن عناصر غذایی کمک کنند.

منابع

۱جوکار، ل.، رونقی، ع.م.، کریمیان، ن.ع. و قاسمی فسایی، ر. ۱۳۹۴. اثر کاربردسطوح مختلف آهن از نانو کود کلات آهن و سکوسترین آهن بر رشد و غلظت برخی عناصر غذایی گیاه لوبیا در یک خاک آهکی. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۶(۲۲): ۱۸-۹*

۲خسروی مشیزی، م.، و سرچشمه‌پور، م. (۱۳۹۴). تأثیر محول‌پاشی کلسیم و پتاسیم بر رشد گیاه، عملکرد و خصوصیات پس از برداشت میوه دو رقم طالبی. *دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵(۱۷): ۳۱۰-۲۹۵*

1 Ashekuzzaman S.M. & Jiang J.Q. (2017) Strategic phosphate removal/recovery by a re-usable Mg–Fe–Cl layered double hydroxide. Process Safety and Environmental Protection, 107, 454-462.

۲BerberM.R.,Hafez I.H.& MinaguwaK.(2014). A sustained controlled release formulation of soil nitrogen based on nitrate-layered double hydroxide nanoparticle material.Journal of soil and sediments.14:60-66

3BenicioL.P.F.,silvaR.A.,LopesJ.A.,EulalioD.,Dos Santos M.M,.AquinoL.A.,VergutzL., NovaisR.F.,CostaL.M.,PintoF.G&Trontoj.(2015).Layered double hydroxides:nanomaterials for applications in agriculture.*Revista Basileira de Ciencia do solo. 39:1-13*

4Bernardo, M. P.; Moreira, F. K.; Colnago, L. A.; Ribeiro, C. (2016). Physico-chemical assessment of [Mg-Al-PO4]-LDHs obtained by structural reconstruction in high concentration of phosphate. *Colloids Surf., A 497: 53−62.*

5 Benicio,L.P.F.,Constantino,V.R.L.,Pinto,F.G.,Vergutz,L.,Tronto.j.anddecota,L.(2017).Layered Double Hydroxides New Technology in phosphate Fertilizer Based on Nunostructured Materials.*ACS Sostaion chemistry and Engineering*,5:399-409.

6 Cardoso, L.P., Celis, R., Cornejo, J., Yalim, J,B, 2006. Layeread double hydroxides as supports for the slow release of acid herbicides, Journal Of Agricultural And Food Chemistry,54:5968-59750.

7DIANE L. HAASE,*, ROBIN ROSE and JOHN TROBAUGH. 2006. Field performance of three stock sizes of Douglas-fir container seedlings grown with slow-release fertilizer in the nursery growing medium. New Forests ,31: 1–24

8 David H. McNear Jr, Rufus L. Chaney, Donald L. Sparks.(2007). The effects of soil type and chemical treatment on nickel speciation in refinery enriched soils: A multi-technique investigation. *Journal&Books.*2190-2208.

9Dasilva,V.,Kamogawa,M.Y.,Marangoni,R.,Mangrich,A.S.,Wypych,F.(2014). Layered double hydroxides as matrizes for nitrate slow release fertilizers. Revista Brasileira Ciencia do solo. 38:272-277

10Everart,M.,Warrinnier,R.,Baken,S.,Gustafsson,J.P.,DeVos.,Smolders,E.2016. Phosphate –exchanged mg-al layered double hydroxides: a new slow release phosphate fertilizer. *ACS Sustainable Chemistry&Engineering. 5:399-409*

11Fang Zhang. Jianwei Jiang. Changzhou Yuan. Liang Hao. Laifa Shen. Luojiang Zhang. Xiaogang Zhang. (2010). Glycine-assisted hydrothermal synthesis of nanostructured Co_xNi_{1-x}_Al layerd triple hydroxides as electrode materials for high_performance supercapacitors. *J Solid State Electrochem. 16: 1933-1940*

12Ghormeda V., Deshpande M.V& Pakmikar K.M. (2011). Perspectivesfor nanobiotechnologh enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnologh Advances, 29:792-803.*

13Gustavo Franco de Castro, Jader Alves Ferreira, Denise Eulalio, Silas Junior de Souza, Sarah Vieira Novais, Roberto Ferreira Novais, Frederico Garcia Pinto, Jairo Tronto.(2018). Layered double hydroxides: matrices for storage and source of boron for plant growth. *Universidade Federal de Vicosa, Campus de Vicosa, Departamento de Solos, Vicaso, CEP: 36570-900, Brazil.*

14 Haichaochen, Jianjun Jiang, Li Zhang, Yuandong Zhao, Danqing Guo, Yunjun Rua Dandan Xia.(2015). One-pot fabrication of layered [alpha]- phase Nickel-Cobalt hydroxides as advanced electrode materials for psedocapacitors. *Chemplus Chem:181-187.*

15Imran,A.,Lo,pez-Rayo,S.,Magid,J.,Hansen,H.C.B.(2016). Dissolution kinetics of phroaurite-type layered double hydroxide doped with Zn:perspectives for Ph controlled micronutrient release . Appl.ClaySci. 123:56-63

16Isshadiba F. Mustafa, Mohd Zobir Hussein, Sharida Fakurazi, Abu Seman Idris and Nur Hailini Z. Hilmi.(2018). Syntesis of Dazomet –Zinc/Aluminium Layered Double Hydroxide Nanocomposite and Phytoxicity Effect on Oil Palm Seeds Growth. *Pubs.acs.org on October 25.*

17Luiz.P,Vera.L,Frederico.G,Jairo.T,Leonardus.V,Liovando.M,(2016). Layered Double Hydroxides:New Technology in Phosphate Fertilizers Based on Nanostruectured Materials.5:399-409

18Luíz Paulo Figueredo Benício,*,† Vera Regina Leopoldo Constantino,‡ Frederico Garcia Pinto,§ Leonardus Vergütz,† Jairo Tronto,*,§ and Liovando Marciano da Costa† (2017). Layered Double Hydroxides: New Technology in Phosphate Fertilizers Based on Nanostructured Materials. ACS Sustainable Chem. Eng. 5: 399-409

19Motsara, M.R., & Roy, R.N. 2008. Plant analysis. In Motsara, M.R., & Roy, R.N. (Eds), Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations. PP: 77-81.

20Moraes P.I.R., Tavares S.R., Vaiss V.S. & Leitao A.A. (2016). Ab initio, study of layered double hydroxides containing iron and its potential use as fertilizer. *The Journal of Physical Chemistry C, 120(18): 9965-9974.*

21Rabbins,j.(2005).Slow-release fertilizers as tools. *IFA International Work shop on Enhanced-Efficiency Fertilizers,*Frankfurt,Germany,28-39.

22Rives, V. (Ed), (2001). Layered Double Hydroxides. Nova Scince Publishers. Huntington.

23Tronto j., Dos Ris M.J., SilverioF., Balbo V.R., Marchetti J.M& Valim J.B. (2004). In vitro release of citrate anions intercalated in magnesium aluminium layered double hydroxides. Journal Of Phsics And Chemistry Of Solids, 65:475-480.

24Vander A de Castro, Valber G O Duarte, Danúbia A C Nobre, Geraldo H Silva, Vera R L Constantino, Frederico G Pinto, Willian R Macedo, Jairo Tronto. (2020). Plant growth regulation by seed coating with films of alginate and auxin-intercalated layered double hydroxides.11:1082-1091.

The effect of using triple layer hydroxide on theabsorption of phosphorus and potassium in plants

afroozeh abil najafzadeh1 ahmad gholamalizade ahangar[2]

Master of Soil Science, Zabol University[1]afroozeh.abil1374@gmail.com

Associate Professor, Department of Water and Soil, Faculty of Agriculture, Zabol University[2]a_ahangar2002@yahoo.com

Abstract

Triple-layer hydroxides obtained from the synthesis of chemicals are promising matrices for the production of frankincense fertilizers and in the production of modern crops and horticultural products as frankincense fertilizers, biosynthesizers or regulators. Biomasses are used to improve plant quality and yield and reduce negative environmental effects. These fertilizers absorb metal contaminants from the soil. It also causes the elements in the soil to be absorbed slowly and sufficiently by the plant. These fertilizers contain macro and micro nutrients and minerals. In order to investigate the effect of triple layer hydroxide fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of experimental nightshade plant in a completely randomized design with three replications in the educational greenhouse of the rest of Al-Azam (AS) (half well) of Zabol University in the crop year 1397-98. To implement this plan, triple layer hydroxide (LTH) and commercial fertilizer and enriched fertilizer (EEH) in 7 levels (0, 0/25, 0/50, 1, 2, 5, 5, 10) to Soil consumption was done. The nightshade plant was cultured and 45 days after the end of the plant growth period, the shoot was removed from the crown and transferred to the laboratory to measure the amount of plant elements. The results of analysis of variance showed that triple layer hydroxide fertilizer affected the nutrient uptake of nightshade. Triple layer hydroxide fertilizer at different levels can cause the plant to absorb nutrients and increase plant yield. It can be concluded that the use of nanofertilizers can help to absorb nutrients. And the use of triple layer hydroxide fertilizer is recommended for other plants.

Keywords: Layered triple hydroxide, New fertilizer, Slow release, Soil element

اثرات اسید هیومیک و عصاره سیر بر وزن خشک و غلظت پتاسیم گندم در شرایط تنش خشکی

مهسا غنی زاده[۱]، رضا خراسانی[۲]، امیر فتوت[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد m.ghanizadeh7320@gmail.com

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

استفاده از مواد آلی به عنوان عوامل تعدیل‌کننده اثرات منفی تنش خشکی از جمله راهکارهای مقابله با این تنش‌ها می‌باشد. در این تحقیق اثر برگ‌پاشی اسید هیومیک و عصاره سیر بر وزن خشک و غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه گندم بررسی شد. دو سطح اسید هیومیک و سه سطح عصاره سیر در تنش ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در کشت گندم مورد مطالعه قرار گرفتند و نتایج نشان داد که عصاره سیر در مقایسه با اسید هیومیک تاثیر بیشتر و معنی‌داری بر وزن خشک و غلظت پتاسیم اندام هوایی داشت. برهمکنش این دو ترکیب نیز باعث افزایش پارامترهای اندازه‌گیری شده در مقایسه با شاهد شد که البته این افزایش در برخی موارد معنی‌دار نبود.

واژگان کلیدی: اسیدهیومیک، تنش خشکی، عصاره سیر، گندم

مقدمه

تنش خشکی از طرق مختلف از جمله فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی بر گیاهان تأثیر می‌گذارد (نژاد احمدی و همکاران، ۲۰۱۳). اسید هیومیک با فعالیت به عنوان یک مولکول شبه هورمونی، نقش فعالی در رشد و نمو گیاه دارد و در شرایط تنش غیرزیستی نقش محافظتی دارد. علاوه بر این، اسید هیومیک به دلیل وزن مولکولی کم به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (گارسیا مینا و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات نشان داده که استفاده از اسید هیومیک بر غشای سلولی گیاهان تأثیر می‌گذارد و منجر به افزایش انتقال مواد معدنی، افزایش سنتز پروتئین، افزایش فراهمی عناصر پر مصرف و کم مصرف مورد استفاده گیاه و افزایش فعالیت جمعیت میکروبی خاک می‌شود (پوراووری و همکاران ۲۰۰۴). مطالعات متعدد نشان داده که عصاره‌های طبیعی مانند عصاره سیر (السادونی و همکاران، ۲۰۱۷) می‌توانند اثرات مثبتی بر کاهش تنش خشکی داشته باشند. شواهد زیادی وجود دارد که مواد شیمیایی موجود در عصاره سیر تأثیر قابل توجهی بر تقسیم سلولی، جذب یون و آب، متابولیسم هورمون گیاهی، تنفس، فتوسنتز، عملکرد آنزیم و همچنین بیان ژن در گیاهان دارند (صاداقا و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به مطالب بیان شده هدف این تحقیق استفاده از اسید هیومیک و عصاره سیر به صورت برگ‌پاشی در کشت گیاه گندم به منظور کاهش اثرات منفی تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل دو سطح اسید هیومیک (صفر و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سه سطح عصاره سیر (صفر، ۲ و ۴ درصد) بود که به صورت برگ‌پاشی و در تنش ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در کشت گیاه گندم با سه تکرار اعمال شدند. در ابتدا خاک مورد مطالعه از عمق ۰-۳۰ سانتی متری پردیس دانشگاه فردوسی مشهد برداشت شده و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری پارامترهای اولیه آن طبق روش‌های مرسوم آزمایشگاهی اندازه‌گیری و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شد. به منظور پر کردن گلدان‌ها، از ۴/۵ کیلوگرم خاک هوا خشک استفاده شد و عناصر مورد نیاز نیز بر اساس آنالیز اولیه خاک و توصیه کودی، فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (P_2O_5) به میزان ۳۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به‌صورت جامد، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به میزان ۸۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک به صورت محلول و نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم (NH_4NO_3)، به میزان ۹۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌صورت محلول که نصف آن قبل از کشت و نصف دیگر آن در سه نوبت در طول فصل کشت به خاک اضافه شد. پس از آماده‌سازی

گلدان‌ها تعداد ۱۰ عدد بذر گیاه گندم رقم سیروان کشت شده و پس از استقرار، گیاهان تنک شده و ۴ عدد در هر گلدان نگهداری شد. ۱۷ روز پس از کشت گیاه، تنش خشکی مورد نظر به صورت وزنی اعمال شد بدین صورت که مقدار آب مورد نیاز با توجه به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی محاسبه شده و توسط وزن کردن گلدان‌ها به آن‌ها اعمال شد. تیمارهای عصاره سیر و اسید هیومیک نیز پس از ۱۳ روز از شروع تنش خشکی به صورت برگ‌پاشی به گلدان ها اعمال شدند (اسید هیومیک در دو نوبت و عصاره سیر در سه نوبت). عصاره سیر مورد نیاز برای برگ‌پاشی نیز طبق روش الدسوکی و همکاران (۱۹۹۸) تهیه شد. پس از ۵۴ روز از شروع کشت، گیاهان برداشت شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شده و پس از آن وزن خشک اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری پتاسیم اندام هوایی نیز، در ابتدا گیاه آسیاب شده و توسط روش خشک هضم شده و مقدار پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	مقدار	واحد	ویژگی	مقدار	واحد
بافت خاک	Silty Loam	_	کربن آلی	۰/۳۱۲	%
پتاسیم قابل‌استفاده	۱۰۲	mg kg-1	کربنات کلسیم	۱۴/۲	%
فسفر قابل‌استفاده	۵/۷۵	mg kg-1	pH	۸/۱۱	_
نیتروژن کل	۶۲۳	mg kg-1	EC	۱/۲۸	dS m-1
FC	۱۸/۴۹	%			

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی نشان داد که در دو پارامتر اندازه‌گیری شده اثر ساده عصاره سیر و اثر متقابل عصاره سیر و اسید هیومیک معنی‌دار بوده و این در حالی بود که اثر ساده اسید هیومیک اثر معنی‌دار نداشت (جدول۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک و غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		وزن خشک	پتاسیم اندام هوایی
اسید هیومیک	۱	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۳۴^{ns}
عصاره سیر	۲	۲/۳۷ **	۰/۰۹۹*
اسید هیومیک*عصاره سیر	۲	۱/۵**	۰/۲۶۶**
خطا	۱۲	۰/۱۳	۰/۰۱۵
کل	۱۷		

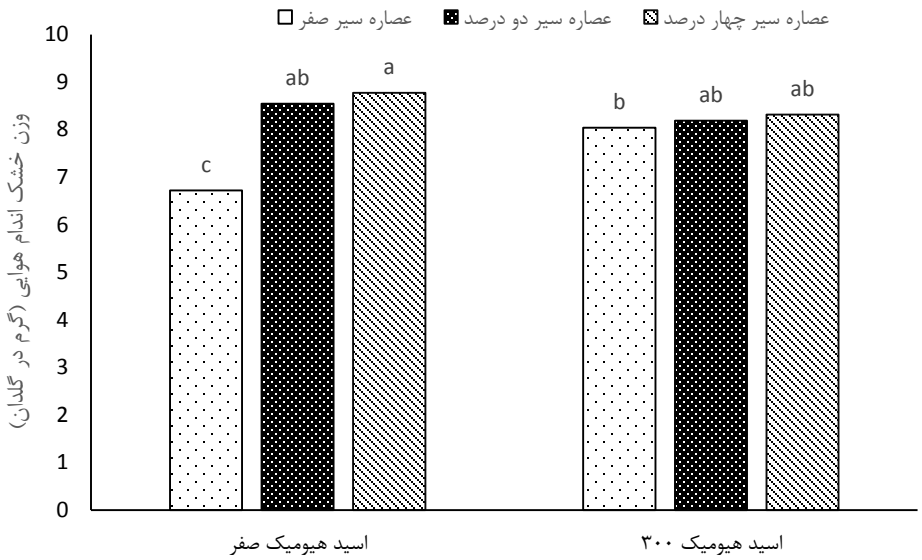
ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده سطوح عصاره سیر بر مقادیر وزن خشک و غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم در جدول ۳ نشان داده شده است. بر طبق این نتایج دو سطح ۲ و ۴ درصد عصاره سیر باعث افزایش پارامترهای مورد اندازه‌گیری در مقایسه با شاهد (سطح صفر) شدند و این افزایش در وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بوده و در مورد غلظت پتاسیم اندام هوایی سطح ۴ درصد عصاره سیر اختلاف معنی‌دار با شاهد نداشت.

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین اثر ساده سطوح عصاره سیر بر وزن خشک و غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم

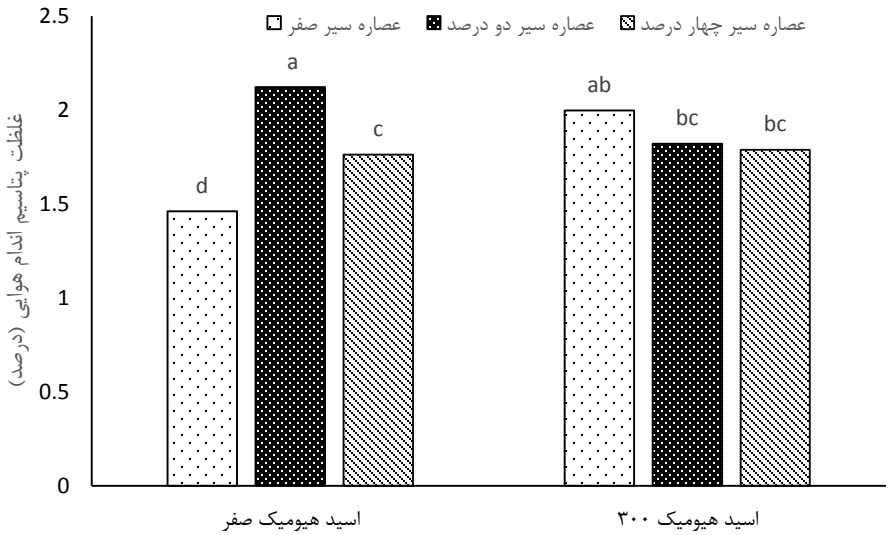
سطح عصاره سیر (درصد)	وزن خشک (گرم در گلدان)	غلظت پتاسیم اندام هوایی (درصد)
صفر	۷/۳۸ b	۱/۷۲b
۲	۸/۳۶ a	۱/۹۷ a
۴	۸/۵۴ a	۱/۷۷ b

شکل ۱ نشان دهنده برهمکنش سطوح اسید هیومیک و عصاره سیر بر مقدار وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم می‌باشد. بر طبق این نتایج بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک به ترتیب در دو تیمار سطح صفر اسید هیومیک و چهار درصد سیر و شاهد مشاهده شد. در هر دو سطح اسید هیومیک مورد استفاده، سطوح سیر باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با شاهد شده که البته در سطح ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک این افزایش معنی‌دار نبود.



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سطوح اسید هیومیک و عصاره سیر بر وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم

نتایج برهمکنش اثر سطوح عصاره سیر و اسید هیومیک بر غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم در شکل ۲ نشان داده شده است. بر طبق این نتایج بیشترین غلظت پتاسیم از برهمکنش سطح صفر اسید هیومیک و سطح ۲ درصد عصاره سیر بدست آمد. کمترین مقدار نیز در تیمار شاهد (سطح صفر) اندازه‌گیری شد. روند مشاهده شده در مورد سطوح مختلف عصاره سیر در حضور و عدم حضور اسید هیومیک متفاوت بوده به طوریکه در سطح صفر اسید هیومیک، افزودن عصاره سیر باعث افزایش غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم شده و در سطح ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک این روند برعکس بود.



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سطوح اسید هیومیک و عصاره سیر بر غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم

نتایج به طور کلی نشان از مثبت بودن اثر کاربرد برگ‌پاشی اسید هیومیک و عصاره سیر بر وزن خشک و غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم داشت. به نظر می‌رسد که عصاره سیر به کار برده شده در این تحقیق احتمالاً با بهبود شرایط رشدی گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم باعث افزایش وزن خشک گیاه گندم در شرایط تنش خشکی شده است. در این مورد پرتالس-ریس (۲۰۱۵) و لان و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که ترکیباتی مانند عصاره سیر بر متابولیسم هورمون‌های گیاهی، جذب یون و آب و تنفس و فتوسنتز گیاه اثر گذار می‌باشند. در گزارش دیگری هیات و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر عصاره سیر و استیل سالسیلیک اسید بر تعدادی از گیاهان پرداخته و گزارش کردند که پارامترهایی همچون، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، رشد ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی در حضور عصاره سیر و استیل سالسیلیک اسید در مقایسه با شاهد افزایش یافته که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت.

کولی کوا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که اسید هیومیک می‌تواند بر علیه تنش‌های محیطی عمل کند. در مورد اثر مثبت کاربرد اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی گیاهان در شرایط تنش مطالعات مختلفی انجام شده است. به عنوان مثال ماسکانیدارو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، تسهیل انتقال عناصر ضروری از ریشه به اندام هوایی و همچنین بهبود تنفس گیاه باعث بهبود رشد گیاه در شرایط تنش می‌شود. آرانکن و همکاران (۲۰۰۶) اثر مثبت کاربرد اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی گیاه را همانند اثرات مثبت هورمون‌های گیاهی در نظر گرفتند.

نتیجه گیری

کاربرد عصاره سیر و اسید هیومیک در این مطالعه باعث افزایش وزن خشک گیاه و غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم در مقایسه با شاهد در تنش خشکی شدند. با وجود مشاهده روندهای مختلف این ترکیبات باز هم بهبود پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان از اثر مثبت این مواد در شرایط بحرانی مانند تنش خشکی می‌باشد و لذا مطالعه هر چه بیشتر دیگر سطوح این ترکیبات و همچنین برهمکنش با سایر ترکیبات، جهت انتخاب بهترین تیمار در زمان بروز تنش‌های محیطی ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

Arancon N. Q., Edwards, C. A., Lee, S. and Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. European Journal of Soil Biology 42, 65-69

El-Desouky, S.A., Wanas, A.L. and Khedr, Z.M.A. 1998. Utilization of some natural plant extracts (of garlic & yeast) as seed-soaked materials to squash (Cucurbita pepo L.). Annals of Agricultural Science Moshtohor, 36 (2): 839-854.

El-Saadony, F.M., Nawar, D.A. and Zyada, H.G. 2017. Effect of foliar application with salicylic acid, garlic extract and proline on growth, yield and leaf anatomy of pea (Pisum sativum L.) grown under drought stress. Middle East Journal of Applied Sciences, 7 (3): 633-650.

Garcia-Mina JM, Antolín MC, Sanchez-Diaz M (2004) Metal-humic complexes and plant micronutrient uptake: a study based on different plant species cultivated in diverse soil types. Plant Soil 258:57–68.

Hayat, S., Ahmad, H., Ali, M., Hayat, K., Khan, M. A., & Cheng, Z. (2018). Aqueous garlic extract as a plant biostimulant enhances physiology, improves crop quality and metabolite abundance, and primes the defense responses of receiver plants. *Applied Sciences*, *8*(9), 1505.

Ian SP, Justin LB, Alia T (2014). Radish Introduction affects soil biota and has a positive impact on the growth of a native plant. Oecol. 174:471-478

Kulikova, N. A., Stepanova, E. V. and Koroleva, O. V. (2005). Mitigating activity of humic substances: direct Influence on Biota. In I. V. Perminova (Ed.), Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: from Theory to Practice, NATO Science Series IV: Erath and Environmental Series (p. 285- 309). USA: Kluwer Academic Publishers.

Masciandaro, G., Ceccanti, B., Ronchi, V., Benedicto, S., and Howard, L. (2002). Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33, 365-378.

Nezhadahmadi A, Prodhan ZH, Faruq G (2013) Drought tolerance in wheat. Sci World J 2013:1–12

Portales-Reyes C, Van Doornik T, Elizabeth H, Schultheis TS (2015). A novel impact of a novel weapon: allelochemicals in Alliaria petiolate disrupt the legume-rhizobia mutualism. Biol. Invas. 17:2779-2791.

Sadaqa E, Mohammed S, Qari S, Ali K (2016). Genotoxix effect of Garlic extract on root tips of Allium Cepa L. J. Pharm. Biol. Sci. 11(2):41-44.

The effects of humic acid and garlic extract on dry weight and potassium concentration of wheat in drought stress conditions

Mahsa Ghanizadeh [1], Reza Khorasani [2], Amir Fotout [3]

MSc. Student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract
The use of organic matter as a modulator of negative effects of drought stress is one of the ways to deal with these stress. In this study, the effect of humic acid and garlic extract foliar application on dry weight and potassium concentration in wheat shoot was investigated. Two levels of humic acid and three levels of garlic extract at 45% of field capacity in wheat cultivation were studied. The results showed that garlic extract had a greater and significant effect on dry weight and potassium concentration of shoots compared to humic acid. The interaction of these two combinations also increased the measured parameters compared to the control, although this increase was not significant in some cases.

Keywords: Drought stress, Garlic extract, Humic acid, Wheat

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

تاثیر کود آلی حاصل از ضایعات کشتارگاه طیور روی تغذیه پسته(*Pistacia vera*)

حسین صفاری[۱]، حسین بشارتی[۲]

۱-استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب

۲- استاد پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده

در این پژوهش اثر بخشی کود آلی تولید شده از ضایعات کشتارگاه طیور در باغ پسته ارزیابی شد. ازمایش به صورت طرح کاملا تصادفی اجرا شد. تیمارها شامل: شاهد(T1)، توصیه کودی کامل براساس آزمون خاک (T2)، مصرف دو تن در هکتار کود حاصل از ضایعات کشتارگاه(T3) ، مصرف سه تن در هکتار کود حاصل از ضایعات کشتارگاه (T4)، مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از اوره(۰/۰۷گرم اوره در کیلوگرم خاک)+ مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه(۰/۵۳گرم در کیلوگرم خاک(T5)، مصرف ۲۵درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۷۵درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه(T6)، مصرف چهار تن ورمی کمپوست(۱/۳ گرم در کیلوگرم خاک)(T7) بود. دو تیمار شاهد و هفتم در باغ پسته بیشترین غلظت نیتروژن کل در برگ پسته را داشت. میزان آهن برگ در تیمارهای مختلف بیش از دو برابر حد بهینه(بیش از ۲۰۰میلیگرم در کیلوگرم) ولی مقدار روی در کلیه تیمارها به شدت پایین(کمتر از ۱۵ میلیگرم در کیلوگرم) و گیاه دچار کمبود روی بود. از نظر مقدار مس بجز تیمار پنجم و ششم بقیه تیمارها در حد بهینه بودند. از نظر مقدار منگنز همه تیمارها بین حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از حد بهینه بود. به طورکلی بهترین تیمارها با اختلاف اندک از نظر رشد و حجم ریشه تیمارهای پنجم و ششم بود پیشنهاد می گردد آزمایش در محصولات باغی مختلف برای حداقل دو سال تکرار شود.

کلمات کلیدی: ضایعات کشتارگاه طیور، آلی، کود غنی شده، پسته

مقدمه

در کشتارگاه های مرغ مقادیر زیادی ضایعات حاوی محتوای شکمبه، سر ، پر و غیره فراوری شده و به عنوان کود آلی می تواند استفاده شود. کود آلی تولید شده سازگار با محیط زیست بوده و در باروری خاک های شنی و رسی و همچنین بر روی محصولات سویا (Glycine max L) و ذرت (Zea mays L) مورد بررسی قرار گرفت(دی الباکورکویی نونز و همکاران، ۲۰۱۴). در این تحقیق مقادیر مختلف تا ۱۶ تن در هکتار از کود آلی ضایعات کشتارگاه همراه با ۳۰۰ کیلو گرم کودهای شیمیایی مرکب با فرمول ۲۰-۲۰-۲۰ برای سویا و ۱۲-۱۵- ۱۵ برای ذرت بر اساس آزمون خاک مصرف شد.

تاثیر کود آلی ضایعات کشتارگاه باعث بهبود اسیدیته خاک، کلسیم ، منیزیم ، فسفر و پتاسیم شد و این تاثیر در خاک شنی بیشتر از خاک رسی بود(دی الباکورکویی نونز و همکاران، ۲۰۱۴).

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی غذا تولید کل طیور با سرعت زیادی افزایش یافته و در سال ۲۰۱۰ به ۱۶۰۱۳۰ میلیون تن رسیده و مقادیر تخمینی تا سال ۲۰۲۰ از ۲۷۵۰۰۰ میلیون تن فراتر خواهد رفت (فائو ، ۲۰۱۱). در نتیجه رشد صنعت مرغداری ، تعداد کشتارگاههای مرغ تولید شده منجر به مقادیر زیادی مواد فرعی جامد آلی و زباله ها شده است. زباله های کشتارگاه مخزنی بالقوه از عوامل بیماری زای باکتریایی ، ویروسی ، پریونی و انگلی است که قادر به آلودگی حیوانات و انسان است(فرانکی ویتل و اینسام ، ۲۰۱۳) .، علاوه بر این ، حیوانات ممکن است فلزات مختلف(As ، Pb، Zn، Ni، Cd، Cu، Mn)، داروها و سایر مواد شیمیایی اضافه شده در غذای خود مانند گزانتوفیل ها ، آنتی بیوتیک ها ، ضد پروتزوها ، آنتی اکسیدان ها ، پرو بیوتیک ها ، فنل های پلی کلرینه ، تتراکلرودیبنزوپ - دیوکسین و هورمون ها را جمع کنند(هاپاپورو و همکاران، ۱۹۹۷و جکسون و همکاران، ۲۰۰۳).

تحقیق بر روی استفاده از ضایعات کشتارگاه به عنوان کود آلی بر روی حاصلخیزی خاک شنی و رسی و عملکرد سویا و ذرت نشان داد مصرف ۱۶ تن کود آلی به صورت سالانه باعث افزایش کلسیم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن شد و این افزایش در خاک شنی بیش از خاک رسی بود. مقدار مصرف کود آلی در سال دوم برای رسیدن به بالاترین عملکرد برای ذرت در هر دو خاک و برای سویا در خاک شنی کمتر برآورد شد(دی البوقورق و همکاران، ۲۰۱۵). عادلی و همکاران(۲۰۰۵) در تحقیق بر روی تاثیر استفاده از پودر ضایعات کشتارگاه بر کمیت و کیفیت سویا نشان داد که مصرف پودر ضایعات کشتارگاه در مقادیر مختلف باعث افزایش تصاعدی مقدار نیتروژن و فسفر و عملکرد دانه سویا شد. عملکرد دانه سویا در تیمار های پودر ضایعات کشتارگاه بیشتر از تیمار کودهای شیمیایی رایج بود. رابطه عملکرد دانه با فسفر خاک خطی نبود ولی با مقدار نیتروژن معنی دارشد. به ازای افزایش هر واحد مصرف نیتروژن استفاده از تیمار پودر ضایعات کشتارگاه ۳/۴ درصد عملکرد دانه بیشتر نسبت به تیمار کود شیمیایی را نشان داد. . ضایعات کشتارگاه طیور یکی از مواد جانبی است که حین کشتار مرغ تولید شده و بعضا بلا استفاده می باشد و دفع آن ضمن ایجاد آلودگی هزینه هایی را به همراه دارد. در مواردی که ترکیبات تشکیل دهنده جیره دام و طیور(از جمله کنجاله سویا...) گران می شود، به دلیل غنی بودن ضایعات از مواد پروتئینی، در جیره غذایی مورد استفاده قرار می گیرد، در غیر این صورت کاربرد چندانی ندارد. لذا تهیه کود آلی غنی از عناصر غذایی از جمله نیتروژن و ریزمغذی ها از ضایعات گزینه مناسبی برای استفاده از این مواد می باشد که در این تحقیق دنبال گردید. هدف از اجرای پژوهش حاضر استفاده از کود آلی حاصل از ضایعات کشتارگاه در باغ پسته می باشد.

مواد و روش ها

اندازه گیری ویژگی های کود آلی

برخی ویژگی های شیمیایی ضایعات کشتارگاه طیور(کشتار طیور که در حرارت بالا (حدود ۱۲۰ درجه سلسیوس)فرآوری و خشک شده اند و در تهیه کود آلی مورد استفاده قرار گرفت) نظیر pH، EC، میزان عناصر غذایی: نیتروژن، فسفر، آهن، روی، پتاسیم. اندازه گیری شد که نتایج در جدول یک ارائه شده است.

تیمارهای آزمایش:

شاهد(T1)، توصیه کودی کامل براساس آزمون خاک(مصرف یک گرم اوره+۰/۵گرم سوپرفسفات تریپل+۰/۵۱گرم سولفات پتاسیم)(T2)، مصرف دو تن در هکتار کود حاصل از ضایعات کشتارگاه(مصرف پنج گرم در گلدان)(T3)، مصرف سه تن در هکتار کود حاصل از ضایعات کشتارگاه (مصرف ۷/۴گرم در گلدان)(T4) ، مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه (مصرف ۰/۵گرم اوره+۳/۷گرم کودآلی در گلدان)(T5)، مصرف ۲۵درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۷۵درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه (مصرف ۰/۲۵گرم اوره+۵/۶گرم کودآلی در گلدان) (T6)، مصرف چهار تن ورمی کمپوست(مصرف ۹/۳گرم در گلدان)(T7)

اعمال تیمارها در باغ پسته

ابتدا مقادیر کافی از پودر ضایعات کشتارگاه تهیه و پس از اختلاط آن با مواد دیگر، فرمولاسیون موردنظر تهیه و به عنوان کود در باغ پسته استفاده گردید. تیمارهای اعمال شده در باغ پسته همان تیمارهایی هفتگانه بود که در گلخانه برای کشت ذرت استفاده شد. قبل از اعمال تیمارها در باغ پسته، چند ردیف درخت یکنواخت انتخاب گردید. سپس در محدوده سایه انداز هر درخت سه چاله به عرض و عمق تقریبی ۴۰سانتی متر حفر گردید(شکل) . هفت تیمار موردنظر در چاله ها اعمال و سپس روی آنها با خاک پوشانده شد. مدیریت باغ برای تیمارهای مختلف یکسان می باشد و در اواسط مهر ماه از گیاه در تیمارهای مختلف نمونه تهیه شد و شاخص های موردنظر در گیاه بر اساس روشهای آزمایشگاهی مرسوم اندازه گیری شد(امامی، ۱۳۷۵).

اندازه گیری عناصر در بخش هوایی پسته:

- **اندازه گیری عناصر پرمصرف(نیتروژن، فسفر و پتاسیم):** اندازه گیری نیتروژن کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر و استفاده از سیستم اتوماتیک(کجل تک) صورت گرفت.اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری(رنگ زرد مولیبدات – وانادات) انجام شد. شدت رنگ زرد با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر قرایت شده و در مقایسه با استانداردها، غلظت فسفر محاسبه می گردد.اندازه گیری پتاسیم به روش نشر شعله ای(فلیم فتومتری) انجام شد (امامی، ۱۳۷۵).
- **اندازه گیری عناصر کم مصرف(اهن، روی، مس و منگنز):** اندازه گیری عناصر کم مصرف در برگ به روش هضم تر و سپس قرائت با دستگاه اتمیک صورت گرفت(امامی، ۱۳۷۵).

نتایج و بحث

تجزیه ضایعات کشتارگاه

. نتایج اندازه گیری ویژگی های ضایعات کشتارگاه مرغ در جدول یک ارایه شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی های شیمیایی ضایعات کشتارگاه مرغ[1]

[1] پس از افزودن ترکیبات دیگر به ضایعات کشتارگاه، از آنالیز شیمیایی و اندازه گیری ویژگی ها در محصول نهایی خودداری گردید زیرا ویژگی ترکیبات اضافه شده در دسترس بود.

Zn	Cu	Mn	Fe	K	P	O.C	N	EC(dS/m)	pH(1:5)
	(mg kg^{-1})				(٪)				
99	11	17	980	0.43	1.6	58.78	7.45	5.66	5.28

همان طور که از نتایج جدول پیداست نمونه ضایعات کشتارگاه دارای pH نسبتا اسیدی بوده و هدایت الکتریکی آن بیش از پنج دسی زیمنس بر متر بود. در پودر ضایعات کشتارگاه بیش از ۷ درصد نیتروژن وجود داشت. همچنین میزان فسفر و آهن این فرآورده بسیار بالاست. با توجه به میزان کربن آلی بالا و محاسبات لازم میزان مواد آلی نزدیک به ۱۰۰ درصد است.

نتایج اندازه گیری شاخص های موردنظر در گیاه پسته

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده های حاصل از اعمال تیمارهای مختلف در باغ پسته و اثرات آنها بر غلظت عناصر در برگ پسته در جداول شش و هفت ارایه شده اند.

جدول ۶- خلاصه تجزیه واریانس عناصر اندازه گیری شده در برگ پسته[۲]

Mn	Cu	Zn	Fe	K	P	N	sources
55.51**	39.14**	8.96*	3114.60**	0.29**	۰0.002**	0.072**	traetment
2.32	1.29	2.94	711.47	0.05	0.0004	0.017	error
5.2	11.13	12.97	9.49	18.23	19.2	8.15	C.V

*معنی دار در سطح پنج درصد ** معنی دار در سطح یک درصد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارها از نظر عناصر کم مصرف و پر مصرف(بجز روی) در سطح یک درصد معنی دار شده و در مورد روی در سطح پنج درصد معنی دار است (جدول۶). از نظر شاخص ضریب تغییرات که نشان دهنده میزان اختلاف بین تکرارها در هر تیمار می باشد

جدول ۷- مقایسه میانگین عناصر اندازه گیری شده در برگ پسته در تیمارها

Mn(mg/kg)		Cu(mg/kg)		Zn(mg/kg)		Fe(mg/kg)		K(%)		P(%)		N(%)		treatment
28.1±2.58	c	14.2±1.2	A	14.2±2.3	ab	314.8±31.57	a	0.95±0.22	b	0.13±0.02	a	1.68±0.15	ab	T1
26.2±1.75	c	11.5±0.93	B	11.5±0.79	c	285.6±23.5	abc	1.47±0.16	a	0.11±0.02	ab	1.56±0.21	bc	T2
26.00 ±1.69	c	10.7±1.04	B	13.4±1.3	abc	288.2±35.7	ab	1.58±0.18	a	0.1±0.007	abc	1.59±0.09	bc	T3
31.4±0.96	b	10.7±1.56	B	11.76±1.26	bc	306.2±30.47	a	1.38±0.37	a	0.1±0.02	bd	1.50±0.07	bc	T4
27.1±0.82	c	7.7±1.15	C	12.9±1.75	abc	248.8±14.13	c	1.06±0.25	b	0.08±0.007	cd	1.48±0.03	c	T5
34.5±1.00	a	5.56±0.44	D	13.5±1.11	abc	255±29.2	bc	1.06±0.18	b	0.08±0.007	cd	1.47±0.07	c	T6
32.2±1.036	b	11.2±1.3	B	15.3±2.66	a	267.8±13.3	bc	1.09±0.11	b	0.12±0.03	ab	1.8±0.17	a	T7

- شاهد(T1)، توصیه کودی کامل براساس آزمون خاک(T2)، مصرف دو تن در هکتار کود حاصل از ضایعات کشتارگاه(T3) ، مصرف سه تن در هکتار کود حاصل از ضایعات کشتارگاه (T4) ، مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه (T5)، مصرف ۲۵درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۷۵درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه (T6) ، مصرف چهار تن ورمی کمپوست(T7)
- میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری (P≤۰/۰۵) ندارند.

در مورد غلظت نیتروژن در برگ پسته، دو تیمار شاهد(T1) و مصرف چهار تن ورمی کمپوست(T7) بیشترین غلظت نیتروژن کل در برگ پسته را به خود اختصاص داده اند. از آنجا که نیتروژن نقش کلیدی در رشد رویشی گیاه دارد، لذا پایین بودن

[2] اعداد جدول بیانگر میانگین مربعات تیمار و خطای آزمایشی می باشد

غلظت نیتروژن در برگ پسته در تیمارهای دیگر(در مقایسه با دو تیمار یادشده) می تواند به علت رشد بهتر درخت در این تیمارها و رقیق شدن غلظت عناصر از جمله نیتروژن در بخش هوایی گیاه باشد(Dilution Effect).

مقایسه نتایج میانگین عناصر در برگ پسته در تیمارهای مختلف با مقادیر بهینه آن حاکی از آن است که مقدار نیتروژن در همه تیمارها کمتر از حد بهینه می باشد .کمترین مقدار مربوط به تیمار ششم(مصرف ۲۵درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۷۵درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه) و پنجم(مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از اوره+ مصرف ۵۰ درصد نیتروژن از کود ضایعات کشتارگاه (مصرف ۰/۵گرم اوره+۳/۷گرم کودآلی در گلدان) بود. اگرچه در این دو تیمار بیشترین مقدار نیتروژن مصرف شده است اما به دلیل رشد رویشی درخت و افزایش وزن و تعداد برگها و رشد سرشاخه ها و افزایش تعداد آنها، غلظت نیتروژن در برگ بدلیل اثر رقت با افزایش رشد رویشی و ماده خشک گیاه کمتر شده است. به منظور مقایسه غلظت عناصر در برگ پسته با مقادیر بهینه عناصر در برگ، حد بهینه برخی عناصر در برگهای پسته در جدول هشت ارایه شده است.این نتایج با تحقیقات ملکوتی و همکاران (۱۳۸۰)و دملاش و همکاران (۲۰۱۴)مطابقت داشته و تایید می گردد.

نتایج مشابه در تحقیقات ژانگ و همکاران(۲۰۱۶)، والدر و همکاران(۲۰۱۴) کسب شده و مورد تایید می باشد.

جدول ۸- حد بهینه مقدار عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در برگهای پسته(Malakouti and Tabatabai, 2001)

macronutrient **(%)**	N	P	K	Ca	Mg	S
	2.0	0.12	1.5	2.5	0.5	0.3
micronutrient **(mg/kg)**	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	110	50	40	12	50	2

از بررسی کلی نتایج مقدار عناصر کم مصرف و پرمصرف در تیمارهای مختلف چنین استنباط می شود که مقدار فسفر برگ در بعضی تیمارها در حد بهینه و در بعضی اندکی کمتر است که این اختلاف معنی دار نیست. از نظر مقدار پتاسیم بجز تیمارهای دو و سه در بقیه تیمارها حدود ۳۵ درصد کمتر از حد بهینه می باشد که علت آن رشد سریع گیاه و در نهایت کم شدن غلظت پتاسیم در برگ می باشد.

از نظر میزان آهن برگ مقادیر در تیمارهای مختلف بیش از دو برابر حد بهینه است که علت آن غنی بودن خاک باغ از آهن قابل جذب است. از طرفی کمترین میزان آهن مربوط به تیمارهای پنج و شش بود که متاثر از اثر رقت در مرحله رشد سریع گیاه است.

مقدار روی در کلیه تیمارها به شدت پایین و گیاه تحت تاثیر کمبود روی قرار گرفت و تیمار مصرف ورمی کمپوست و ضایعات آلی کشتارگاه هم نتوانست مقدار روی را در برگ برای سال اول بهبود دهد. از نظر مقدار مس بجز تیمار پنج و شش بقیه تیمارها در حد بهینه می باشد و اختلاف اندک با حد بهینه معنی دار نیست. کم بودن مقدار مس در تیمارهای پنج و شش تا حد ۵۰ درصد می تواند به دلیل پایین بودن مس قابل جذب خاک عدم جذب کافی و تامین آن توسط ریشه و افت شدید غلظت مس در برگ تحت تاثیر رشد سریع و اثر رقت (dilution effect) قرار گرفت.

از نظر مقدار منگنز همه تیمارها بین حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از حد بهینه می باشد و معنی دار می باشد. که ناشی از کم بودن منگنز قابل جذب خاک است مقادیر منگنز در تیمارهای نشان می دهد که مصرف ضایعات کشتارگاه علیرغم افزایش رشد سریع توانسته تا حدودی کمبود منگنز را جبران کند اما کافی نیست. در بررسیهای انجام شده از روند رشد اندام هوایی درختان مشخص شد که رشد اندام هوایی ارتباط و همبستگی خوبی با رشد ریشه در چالکود های حفر شده در باغ مورد آزمایش داشت. بهترین تیمار از نظر رشد و حجم ریشه در چالکود تیمارهای پنج(نیتروژن (۵۰٪ اوره+ ۵۰٪ ضایعات کشتارگاه) و شش(نیتروژن (۲۵٪ از اوره+ ۷۵٪ از ضایعات کشتارگاه) بود.

نتیجه گیری کلی:

ضایعات کشتارگاه طیور یکی از مواد جانبی است که حین کشتار مرغ تولید می شود. در مواقعی که نهاده های دامی از جمله کنجاله سویا که در جیره غذایی مرغداریها استفاده می شود، گران می شود، برخی مرغ داران برای کاهش هزینه های تولید از ضایعات کشتارگاه طیور در جیره غذایی استفاده می کنند. در غیر این صورت ای ضایعات بلا استفاده بوده و دفع آن ضمن ایجاد آلودگی هزینه هایی را به همراه دارد. لذا تهیه کود آلی غنی از عناصر غذایی از جمله نیتروژن و ریزمغذی ها از ضایعات گزینه مناسبی برای استفاده از این مواد می باشد نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کود آلی حاصل از ضایعات کشتارگاه در باغ پسته می تواند بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بویژه نیتروژن را تامین نماید. همچنین نتایج بیانگر آن بود که تغذیه تلفیقی گیاه (کاربرد توامان کودآلی و شیمیایی) راهکاری مناسب برای مدیریت تغذیه گیاه و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می باشد.

REFERENCES

۱- ملکوتی، م. ج. و طباطبایی، س. ج. ۱۳۸۰.مدیریت تغذیه بهینه در باغهای میوه کشور(تولید بیشتر با کیفیت برتر) مجموعه مقالات، معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، تهران، انتشارات سنا ،چاپ اول.

2- Adeli A., Karamat R. Sistani, Dennis E. Rowe, and Haile Tewolde(2005)

3- Anon. (2002). The Animal By-Products Regulations (EC) no. 1774/2002. *European Commission, Brussels.*

4- De Albuquerque Nunes W. & et al. (2015) Use of organic compost produced from slaughterhouse waste as fertilizer in soybean and corn crops Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.72 no.4 http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0094

5- De Bertoldi, M.D., Vallini, G.E., Pera, A., 1983. The biology of composting: a review.Waste Manag. Res. 1 (2), 157–176.

6- Demelash, N., Bayu, W., Tesfaye, S., Ziadat, F., Sommer, R., 2014. Current and residualeffects of compost and inorganic fertilizer on wheat and soil chemical properties.Nutr. Cycl. Agroecosyst. 100, 357–367.

7- Emami, A. 1996. Plant decomposition methods. V1,Technical Journal No. 982. Soil and Water Research Institute.

7- FAO, 2011. Production et santé animales - evolution du secteur avicole en tunisiee- isbn 978-92-50207115-0.

8- Franke-Whittle, I.H., Insam, H., 2013. Treatment alternatives of slaughterhousewastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review.Crit. Rev. Microbial. 39 (2), 139–151.

9- Haapapuro, E.R., Barnard, N.D., Simon, M., 1997. Review-Animal waste used as live-stock feed: danger to human health. Prev. Med. 26, 599–602.

10- Jackson, B.P., Bertsch, P.M., Cabrera, M.L., Camberato, J.J., Seaman, J.C., Wood, C.W.,2003. Trace element speciation in poultry litter. J. Environ. Qual. 32 (2), 535–540.

11- Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes, June Faria Scherrer Menezes2, Vinícius de Melo Benites3, Sérgio Araújo de Lima Junior4, Anderson dos Santos Oliveira5 2014 Use of organic compost produced from slaughterhouse waste as fertilizer in soybean and corn crops Scientia Agricola http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0094 .

12- Zhang, Y., Li, C., Wang, Y., Hu, Y., Christie, P., Zhang, J., Li, X., 2016. Maize yield and soilfertility with combined use of compost and inorganic fertilizers on a calcareoussoil on the North China Plain. Soil Tillage Res. 155, 85–94.

Study of effectiveness of organic fertilizer from Poultry on pistachio(*Pistacia vera*) nutrition

Hossein saffari,Hossein besharati
1-Members of scientific staff of Soil and Water Research institute , AREEO, Karaj, Iran

Abstract

In the present study, effectiveness of organic fertilizer produced from poultry wastes was evaluated as complete block design experiment on pistachio**(*Pistacia vera*)** on field condition. Treatments applied included: Control(T_1) , Fertilizer Recommendation based on soil test(T_2) , Use of two tons per hectare of slaughter wastes(T_3) , Use of three tons per hectare of slaughter wastes(T_4), Use of 50% recommended N from urea + 50% N from slaughter wastes fertilizer(T_5), Use of 25% nitrogen from urea + 75% nitrogen from slaughter wastes fertilizer(T_6) , Four tons of vermicompost(T_7). Control treatment (T_1) and treatment of four ton vermicompost (T_7) had the highest nitrogen concentration in pistachio leaves. Leaf phosphorus content was optimal in some treatments while slightly lower in other ones. Potassium content was about 35% lower than the optimum levels except for T_2 and T_3 treatments . Leaf Fe content in the different treatments was more than twice the optimum level(>200mg/kg), but Zn content in all treatments was severely low and the plant was deficient in zinc(<15mg/kg). In terms of copper content, except the T_5 and T_6, the other treatments were optimal. Manganese content of all treatments was about 30% to 50% lower than optimum. In general, the best treatments with a slight difference in growth and root volume were T_5 (nitrogen 50% urea + 50% slaughter wastes) and T_6 (nitrogen 25% urea + 75% slaughter wastes). Repeat the experiment on different garden condition for at least two years is proposed.

Keywords: Poultry slaughter waste, Organic, Enriched fertilizer, Pistachio

تأثیر بقایای ماشک گل خوشه‌ای و منداب بر عملکرد علوفه خرفه در سطوح مختلف نیتروژن

حامد جوادی[1]

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه پیام نور

Email: h_javadi@pnu.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر بقایای ماشک گل خوشه‌ای و منداب بر عملکرد علوفه خرفه در سطوح مختلف نیتروژن، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. چهار سطح بقایای گیاهی شامل: شاهد، ماشک گل‌خوشه‌ای، منداب و مخلوط منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای به‌عنوان عامل اصلی و سه سطح کود نیتروژن شامل: صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که برگرداندن بقایای گیاهی مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به خاک موجب افزایش به ترتیب ۱۱/۲، ۷/۵، ۱۰/۴ و ۱۲/۶ درصدی عملکرد تر ساقه، عملکرد تر برگ، عملکرد تر علوفه و عملکرد خشک برگ نسبت به شاهد شد. این در حالی بود که تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمار ماشک گل خوشه‌ای و منداب به‌تنهایی و شاهد مشاهده نشد. افزایش نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۳۵/۷ و ۳۰/۷ درصدی عملکرد تر ساقه و عملکرد تر علوفه نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد. این در حالی بود که عملکرد تر و خشک برگ تحت تأثیر نیتروژن واقع نشد. اثرمتقابل بقایای گیاهی و نیتروژن بر عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه از تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای با افزایش به ترتیب ۲۶/۹ و ۲۰/۹ درصدی نسبت به شاهد (عدم کاربرد بقایای گیاهی و کود نیتروژن) حاصل شد. تأثیر بقایای گیاهی، نیتروژن و اثرمتقابل آن‌ها بر نسبت برگ به ساقه معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، برگرداندن بقایای مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار جهت دستیابی به حداکثر عملکرد علوفه خرفه در منطقه بیرجند توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: بقایای گیاهی، وزن خشک اندام‌های هوایی، نسبت برگ به ساقه

مقدمه

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L. گیاهی یک‌ساله و چهار کربنه از خانواده پرتولاکاسه (Portulacaceae) است که به تنش های محیطی ازجمله شوری و خشکی مقاوم است (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵). این گیاه بومی ایران بوده و سابقه کشت آن به بیش از ۲۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵). این گیاه در مناطق جنوبی کشور به‌عنوان یک سبزی مهم مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. خرفه در بسیاری از کشورهای دنیا برای اهداف گوناگون از جمله تغذیه انسان، صنایع تبدیلی و دارویی کاربرد دارد. مقدار پروتئین برگ خرفه ۴۴/۲۵ گرم در ۱۰۰ گرم برگ خشک (اینانلوفر و همکاران، ۱۳۹۲) ذکر شده است. ساقه و برگ این گیاه غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان شامل آلفاتوکوفرول، اسید آسکوربیک، بتاکاروتن و گلوتاتیون است (اینانلوفر و همکاران، ۱۳۹۲؛ سلطانی نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی است که نقش مهمی در رشد و نمو و تولید ماده خشک گیاه دارد. دسترسی گیاه به نیتروژن کافی منجر به افزایش شاخص سطح برگ، کارایی فتوسنتز، افزایش وزن خشک گیاه و میزان پروتئین شده و به جذب بهتر فسفر و پتاسیم موجود در خاک کمک می‌کند (Ashraf *et al.*, 2005). نتایج تحقیقات متعددی حاکی از اثرات مثبت نیتروژن بر عملکرد گیاهان مختلف می‌باشد. در این ارتباط، اینانلوفر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باعث افزایش وزن تر و خشک کل، وزن تر و خشک ساقه در خرفه شد، اما ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ نسبت به شاهد تحت تأثیر نیتروژن قرار نگرفت. هم‌چنین در مطالعه یوسفیان قهفرخی و همکاران (۱۳۹۴) مشخص شد که

بیشترین ارتفاع بوته، میزان کلروفیل و وزن خشک خرفه مربوط به تیمار کود شیمیایی بود. سلطانی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند که اثر نیتروژن بر ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن تر ساقه و وزن تر اندام‌های هوایی خرفه معنی‌دار بود. نتایج مطالعه قمری و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیانگر افزایش عملکرد خرفه در اثر استفاده از نیتروژن است.

برگرداندن بقایای گیاهی به خاک برای آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و تسهیل در فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌تواند به‌عنوان راهکاری عملی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود کارایی آن‌ها مدنظر قرار گیرد (Mosavi *et al.*, 2008). کاربرد کود سبز به‌ویژه گیاهان تیره غلات (Poaceae) می‌تواند به‌طور کارآمدی عناصر غذایی باقی‌مانده در خاک را جذب کند (Kuo and Jellum, 2002) و درنتیجه نقش به سزایی را در کاهش آبشویی نیترات ایفا نماید. در مقابل، کاشت لگوم‌ها به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن جوی در تقویت خاک از نظر این عنصر مؤثر است. با وجود این، در تحقیقی مشخص شد که کاشت ترکیبی از گیاهان پوششی لگوم و غله می‌توانند از مزایای بیشتری در یک محدوده گسترده از آشیان‌های اکولوژیک برخوردار باشد (Bergkvist *et al.*, 2011). ساینجو و سینگ (Sainju and Singh, 2001) نیز عنوان کردند که کاشت توأم یک لگوم و یک غله به‌عنوان گیاهان پوششی موجب افزایش بیوماس گیاهی در زیر و بالای خاک و نیز افزایش محتوای نیتروژن و کربن اضافه شده به خاک می‌شود و در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از این گیاهان، نقش بیشتری در بهبود کیفیت خاک و حاصلخیزی آن دارد.

با توجه به اهمیت تولید علوفه به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از جمله خراسان جنوبی و اینکه خرفه گیاهی با خصوصیات مقاوم به شوری و خشکی است و تحقیق روی ویژگی‌های کاربردی مختلف این گیاه از جمله مطالعه این گیاه به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای می‌تواند در این مناطق راهگشا باشد. لذا تحقیق بر روی جنبه‌های مختلف زراعی خرفه ضروری به نظر می‌رسد و با توجه به اینکه اطلاعات اندکی در زمینه نیاز کودی این گیاه در دسترس است این تحقیق با هدف بررسی تأثیر برگرداندن بقایای ماشک گل خوشه‌ای و منداب به خاک و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد علوفه خرفه در منطقه بیرجند طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ به اجرا درآمد. این آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای اصلی با چهار سطح برگشت بقایای گیاهی به خاک شامل: شاهد، ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa*)، منداب (*Eruca sativa*)، مخلوط منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای و فاکتورهای فرعی شامل کود نیتروژن از منبع اوره به‌صورت خالص در سه سطح شامل صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بودند. کاشت منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای در سال اول آزمایش در ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۳ و در سال دوم آزمایش در ۵ آبان ماه ۱۳۹۴ با دست به‌صورت خشکه‌کاری و کرتی انجام گرفت. با توجه به سرمازدگی که در سال اول آزمایش به وجود آمد، کاشت منداب و ماشک گل خوشه‌ای در سال بعد ۱۵ روز زودتر انجام شد. میزان بذر مصرفی برای منداب ۲۰ کیلوگرم در هکتار، برای ماشک گل‌خوشه‌ای ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار و مخلوط دو گیاه منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای به ترتیب ۱۰ و ۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. پس از تکمیل دوره رشد رویشی این گیاهان و قبل از ورود به مرحله زایشی اقدام به برگرداندن گیاهان مذکور شد.

کاشت خرفه با تراکم ۱۶۷ هزار بوته در هکتار در ۱۵ اردیبهشت در سال‌های ۹۴ و ۹۵ با دست و به‌صورت خشکه‌کاری در کرت‌های مذکور انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره در دو مرحله (یک‌دوم قبل از کاشت در اوایل بهار و یک‌دوم مابقی پس از چین اول) به‌صورت سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. برداشت اندام‌های هوایی در هر چین در قبل از شروع گل‌دهی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری وزن‌تر اندام‌های هوایی از هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای اقدام به برداشت شد. سپس ۵ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و برای اندازه‌گیری صفاتی مانند وزن‌تر ساقه، وزن‌تر برگ و نسبت برگ به ساقه به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین پس از تعیین وزن‌تر اندام‌های هوایی در واحد سطح، برای تعیین میزان رطوبت یک نمونه تصادفی (تعداد ۵ بوته) از هر کرت را توزین و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 انجام پذیرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح یک و پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر برگرداندن بقایای گیاهی بر عملکرد تر و خشک برگ، عملکرد تر و خشک ساقه و عملکرد تر و خشک علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر این تیمار تأثیر معنی‌داری بر نسبت برگ به ساقه خرفه نداشت (جدول ۱). اثر نیتروژن نیز بر عملکرد تر و خشک ساقه و عملکرد تر و خشک علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما عملکرد تر و خشک برگ و نسبت برگ به ساقه تحت تأثیر قرار نگرفت (جدول ۱). همچنین اثرمتقابل برگرداندن بقایای گیاهی به خاک × نیتروژن بر عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد علوفه خرفه تحت تأثیر برگرداندن بقایای گیاهی و نیتروژن در دو سال آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد تر ساقه	عملکرد تر برگ	عملکرد تر علوفه	عملکرد خشک ساقه	عملکرد خشک برگ	عملکرد خشک علوفه	نسبت برگ به ساقه
سال	۱	۱۰۹۹۶/۸**	۲۴۶۰/۳۲**	۲۳۸۶۰/۱**	۵۵/۹۷**	۱/۳۶**	۳۹/۸۶**	۲/۱۱**
تکرار (سال)	۴	۱۲۲/۵	۴/۳۲	۱۶۲/۴	۰/۴۹	۰/۱۳	۰/۴۷	۰/۰۱
برگرداندن بقایای گیاهی	۳	۳۴۲/۱**	۴۷/۵۶**	۶۲۸/۳**	۰/۷۴**	۰/۱۹**	۱/۵۶**	۰/۰۱$^{n.s}$
سال× برگرداندن بقایای گیاهی	۳	۳۱۷/۸**	۵۸/۶۰**	۶۳۴/۹**	۰/۵۴*	۰/۱۸**	۱/۳۰**	۰/۰۰۸$^{n.s}$
خطای اصلی	۱۲	۱۳۶/۸	۱۰/۵۹	۱۶۳/۵	۰/۵۶	۰/۰۸	۰/۹۷	۰/۰۰۴
نیتروژن	۲	۱۰۴۸/۲**	۱۸/۷۸$^{n.s}$	۱۲۸۵/۹**	۳/۳۷**	۰/۰۲$^{n.s}$	۳/۸۷**	۰/۰۱۱$^{n.s}$
سال× نیتروژن	۲	۳۶۱/۱**	۹/۱۶$^{n.s}$	۴۲۲/۶*	۲/۱۶**	۰/۴۱**	۱/۷۰**	۰/۰۵۸**
بقایای گیاهی × نیتروژن	۶	۱۰۳/۳$^{n.s}$	۸/۱۴$^{n.s}$	۱۴۴/۳$^{n.s}$	۰/۵۷**	۰/۰۳$^{n.s}$	۰/۷۶**	۰/۰۰۴$^{n.s}$
سال× برگرداندن بقایای گیاهی × نیتروژن	۶	۵۴/۳$^{n.s}$	۲/۷۵$^{n.s}$	۴۸/۴$^{n.s}$	۰/۳۵$^{n.s}$	۰/۰۸*	۰/۴۵$^{n.s}$	۰/۰۰۶$^{n.s}$
خطای فرعی	۳۲	۶۳/۵	۹/۲۸	۱۰۳/۵	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۳۵	۲۸/۳۹	۱۸/۷۸	۱۲/۹	۱۳/۵۴	۱۰/۴۹	۱۷/۰۱

**، * و n.s به ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که برگرداندن بقایای گیاهی مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به خاک موجب شد عملکرد تر ساقه، عملکرد تر برگ، عملکرد تر علوفه و عملکرد خشک برگ نسبت به شاهد به ترتیب ۱۱/۲، ۷/۵، ۱۰/۴ و ۱۲/۶ درصد افزایش یابد. تفاوت آماری معنی‌داری بین بقایای گیاهی منداب و ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی و شاهد مشاهده نشد (جدول ۲).

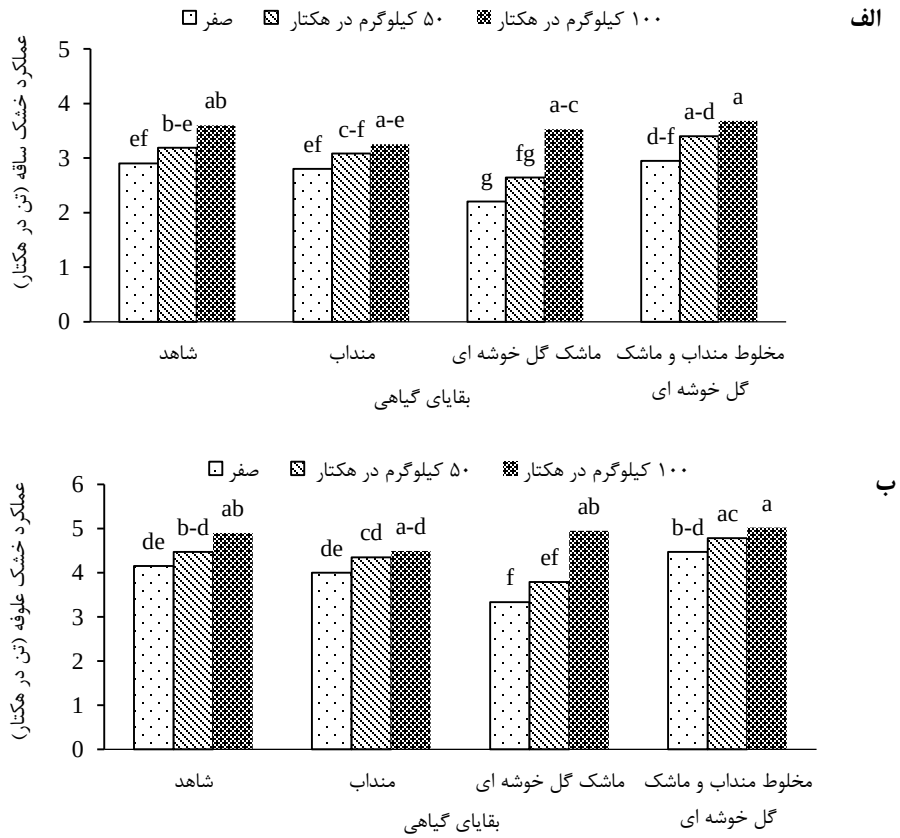
افزایش نیتروژن باعث افزایش عملکرد تر ساقه و عملکرد تر علوفه شد، به‌طوری‌که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۳۵/۷ و ۳۰/۷ درصدی عملکرد تر ساقه و عملکرد تر علوفه نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد (جدول ۲).

اثرمتقابل بقایای گیاهی و نیتروژن بر عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه نشان داد که در تمامی تیمارهای بقایای گیاهی مصرف نیتروژن عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه را افزایش داد. به‌طوری‌که در تیمار عدم کاربرد بقایای گیاهی (شاهد) مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث شد عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه به ترتیب ۲۴/۱ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یابد. بیشترین عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه از تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای با افزایش به ترتیب ۲۶/۹ و ۲۰/۹ درصدی نسبت به شاهد (عدم کاربرد بقایای گیاهی و کود نیتروژن) حاصل شد. کمترین عملکرد خشک ساقه و عملکرد خشک علوفه از تیمار ماشک گل خوشه‌ای و عدم مصرف نیتروژن به میزان به ترتیب ۲/۲ و ۳/۳ تن در هکتار حاصل شد (شکل ۱).

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد علوفه خرفه تحت تأثیر برگرداندن بقایای گیاهی و نیتروژن در دو سال آزمایش

تیمار	عملکرد تر ساقه (تن در هکتار)	عملکرد تر برگ (تن در هکتار)	عملکرد تر علوفه (تن در هکتار)	عملکرد خشک برگ (تن در هکتار)	نسبت برگ به ساقه
سال					
اول	۳۱/۰۶b	۴/۸۸b	۳۵/۹۴b	۱/۴۲a	۰/۶۴a
دوم	۵۵/۷۸a	۱۶/۵۷a	۷۲/۳۵a	۱/۱۵b	۰/۳۰b
برگرداندن بقایای گیاهی					
شاهد	۴۴/۲۲ab	۱۱/۵۱a	۵۵/۷۳ab	۱/۲۷b	۰/۴۴a
منداب	۴۱/۱۱b	۱۰/۳۸ab	۵۱/۵۰bc	۱/۲۳b	۰/۴۶a
ماشک گل خوشه‌ای	۳۹/۱۸b	۱۰/۶۱ab	۵۱/۸۰bc	۱/۲۰b	۰/۴۸a
مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای	۴۹/۱۷a	۱۲/۳۸a	۶۱/۵۶a	۱/۴۳a	۰/۴۹a
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)					
صفر	۳۶/۹۴c	۱۰/۳۸a	۴۷/۳۲b	۱/۲۷a	۰/۴۹a
۵۰	۴۳/۱۸b	۱۰/۰۶a	۵۳/۲۴b	۱/۲۶a	۰/۴۷a
۱۰۰	۵۰/۱۵a	۱۱/۷۳a	۶۱/۸۸a	۱/۳۲a	۰/۴۵a

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرمتقابل برگرداندن بقایای گیاهی و نیتروژن بر عملکرد خشک ساقه (الف) و عملکرد خشک علوفه (ب) خرفه

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

بر اساس نتایج این تحقیق بیشترین عملکرد تر و خشک علوفه از تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای حاصل شد. با توجه به اینکه عملکرد علوفه از مجموع اجزای عملکرد تأثیر می‌پذیرد لذا افزایش عملکرد تر و خشک ساقه و عملکرد تر برگ از دلایل افزایش عملکرد علوفه در تیمار مذکور بود (جدول ۲ و شکل ۱). در این تحقیق مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای با نسبت ۵۰ درصد انجام شد و ترکیب این دو گونه با یکدیگر مزیت‌هایی به همراه داشت. منداب گیاهی از خانواده شب بو، دارای ریشه نسبتاً عمیق بوده که توانایی جذب نیتروژن باقیمانده خاک و جلوگیری از آبشویی آن را دارد (صمدانی و منتظری، ۱۳۸۸). از طرف دیگر ماشک گل خوشه‌ای از خانواده لگوم، دارای ریشه‌های متراکم و دارای قابلیت تثبیت ازت می‌باشد (صمدانی و منتظری، ۱۳۸۸)؛ بنابراین ترکیب این دو گونه باعث اثرات مثبت بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک خواهد شد. کامح و همکاران (Kamh *et al*., 1999) گزارش کردند که وارد کردن گیاهان پوششی به نظام‌های زراعی، از طریق آزادسازی آنیون‌های آلی مثل ترکیبات حل‌کننده فسفات از ریشه خود، به استفاده مؤثرتر از خاک و عنصر فسفر توسط گیاهانی که کارایی کمتری در ترشح ترکیبات حل‌کننده فسفات از ریشه خود دارند، کمک می‌کند. شاه و همکاران (Shah *et al*., 2011) در یک پژوهش چندساله گزارش شد که کشت متناوب گیاهان خانواده بقولات به‌عنوان کود سبز با گندم به همراه استفاده از کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش کارایی جذب این عنصر غذایی گردید. ساینجو و سینگ (Sainju and Singh, 2001) نیز عنوان کردند که کاشت توأم یک لگوم و یک غله به‌عنوان گیاه پوششی موجب افزایش بیوماس گیاهی در زیر و بالای خاک و نیز افزایش محتوای نیتروژن و کربن اضافه شده به خاک می‌شود و در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از این گیاهان، نقش بیشتری در بهبود کیفیت خاک و حاصلخیزی آن دارد. در تحقیقی مشخص گردید استفاده از تیمارهای تلفیقی کود آلی و شیمیایی (نیتروژن) می‌تواند ضمن افزایش عملکرد علوفه از هدر رفت نیتروژن جلوگیری کند (یوسفیان قهفرخی و همکاران، ۱۳۹۴).

افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد تر ساقه و عملکرد تر علوفه خرفه را افزایش داد (جدول ۲). افزایش نیتروژن از طریق جذب بهتر فسفر و پتاسیم موجود در خاک، افزایش شاخص سطح برگ و کارایی فتوسنتز باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (Ashraf *et al*., 2005). اینانلوفر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باعث افزایش وزن تر و خشک کل، وزن تر و خشک ساقه در خرفه شد. سلطانی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند که اثر نیتروژن بر وزن تر برگ، وزن تر ساقه و وزن تر اندام‌های هوایی خرفه معنی‌دار بود. نتایج مطالعه قمری و همکاران (Ghamari *et al*., 2016) نیز بیانگر افزایش عملکرد خرفه در اثر استفاده از نیتروژن است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج دوساله این تحقیق، جهت دستیابی به حداکثر عملکرد علوفه خرفه در منطقه بیرجند برگرداندن بقایای مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱. اسدی، ح. ع.، حسندخت، م. ر.، و دشتی، ف. ۱۳۸۵. مقایسه ترکیب اسیدهای چرب، اگزالیک اسید و عناصر معدنی بذر و برگ ارقام خرفه ایرانی (*Portulaca oleracea* L.) با نمونه خارجی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، ۳ (۳): ۴۹ تا ۵۴.

۲. اینانلوفر، م.، امیدی، ح.، و پازکی، ع. ر. ۱۳۹۲. تغییرات مورفولوژیکی، زراعی و محتوی روغن گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تحت تأثیر خشکی و کود زیستی/ شیمیایی نیتروژن. فصلنامه گیاهان دارویی، ۴۸: ۱۷۰ تا ۱۸۴.

۳. سلطانی نژاد، ف.، فلاح، س. ا.، و حیدری، م. ۱۳۹۲. اثر منابع و مقادیر مختلف نیتروژن بر رشد و تولید زیست‌توده گیاه دارویی خرفه. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶(۳): ۱۲۵ تا ۱۴۳.

۴. صمدانی، ب.، و منتظری، م. ۱۳۸۸. استفاده از گیاهان پوششی در کشاورزی پایدار. انتشارات موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. تهران.
۵. یوسفیان قهفرخی، ح. ا.، ابدالی مشهدی، ع. ر.، بخشنده، ع. م.، و لطفی جلال‌آبادی، ا. ۱۳۹۴. بررسی اثر مواد جاذب الرطوبه، کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) در منطقه اهواز. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۴(۱۳): ۸۷ تا ۹۶.

6. Ashraf, M., Ali, Q., and Rha, E. S. 2005. The effect of applied nitrogen on the growth and nutrient concentration of Kalonji (*Nigella sativa*). *Australian* Journal of Experimental Agriculture, 45(4): 459-463.
7. Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Bath, B., and Elfstrand, S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley-Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research*, 120: 292-298.
8. Ghamari, H., Shafaghkolvagh, J., Sabaghpoure, S. H., and Dabbagh Mohamadi Nassba, A. 2016. Effects of chemical and biological fertilizers on some morpho-physiological traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) and dragon's head (*Lallemantia iberica* Fisch. & C.A. Mey) cultivated under intercropping system. *Notulae Scientia Biologicae*, 8(1): 112-117.
9. Kamh, M., Horst, W. J., Amer, F., Mostafa, H., and Maier, P. 1999. Mobilization of soil and fertilizer phosphate by cover crops. *Plant and Soil*. 211: 19-27.
10. Kuo, A., and Jellum, E. J. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn yield. *Agronomy Journal*, 94: 501-508.
11. Mosavi, S. B., Jafarzadeh, A. A., Nishabouri, M. R., Ostan, Sh., and Feiziasl, V. 2008. Effects of Rye Green Manure Application in Soil Physical and Chemical Characteristics in Maragheh Dryland Condition Zone. Intl. Meeting on Soil Fertil. Land Manage and Agroclimatology, Turkey, PP. 599-608.
12. Sainju, U. M., and Singh, B. P. 2001. Tillage, cover crop, and kill-planting date effects on corn yield and soil nitrogen. *Agronomy Journal*, 93: 878-886.
13. Shah, Z., Rashid, A., Rahman, H.U., Latif, A., and Shah, A. 2011. Rice and wheat yield in relation to biomass of green manure legumes. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27 (1): 73-84.

The effect of vetch (*Vicia villosa L.*) and Arugula (*Eruca sativa L.*) residue on forage yield of purslane (*Portulaca oleracea L.*) at different nitrogen levels

Hamed Javadi [1]
Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Engineering, Payame Noor University (PNU)
Email:h_javadi@pnu.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of vetch and arugula residues on *Portulaca oleracea* forage yield at different nitrogen levels, an experiment was conducted as the split plots in a randomized complete block design with three replications in Birjand University Research Farm in 2014-2015 and 2015-2016. The main factor included plant residue: control, vetch (*Vicia villosa L.*), Arugula (*Eruca sativa L.*), arugula and vetch mix and sub-factor included pure nitrogen fertilizer at three levels of zero (control), 50 and 100 kg per hectare.The results showed that returning plant residues of mixed vetch and arugula to the soil increased by 11.2, 7.5, 10.4 and 12.6% of fresh stem yield, fresh leaf yield, fresh forage yield and dry leaf yield, respectively compared to the control. However, there was non significant difference between the treatment of vetch, arugula and control. Increasing nitrogen to 100 kg N ha^{-1} caused 35.7% and 30.7% increase in fresh stem yield and fresh forage yield compared to the control (no fertilizer application), respectively. However, fresh and dry leaf yield was not affected by nitrogen.The interaction effect of plant residues and nitrogen on dry stem yield and dry forage yield was significant. The highest dry stem yield and dry forage yield were obtained from treatment arugula and vetch mix with an increase of 26.9% and 20.9%, respectively, compared to the control (no use of plant residues and nitrogen fertilizer). The effect of plant residues, nitrogen and their interaction on leaf to stem ratio was not significant. Therefore, it is recommended to return the mixed residues of vetch and arugula with 100 kg nitrogen per hectare in order to achieve maximum forage yield of *portulaca oleracea* in Birjand region. **Keywords**: Leaf to stem ratio, Shoot dry weight, Plant residue.

تاثیر مصرف خاکی کودهای شیمیایی بر غلظت برخی عناصر در برگ درختان پسته (رقم احمدآقایی)

شیما شهبازی منشادی[1]، کاظم کمالی علی آباد[2]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
sh.shahbazi_m@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

چکیده

استفاده از غلظت‌های مناسب کودهای شیمیایی در باغ‌های پسته موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی این محصول می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر سطوح کودی مختلف به روی غلظت برخی عناصر در برگ پسته صورت گرفته است. تیمارهای آزمایشی شامل کود اوره در چهار سطح (۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار)، کود سوپرفسفات تریپل در چهار سطح (۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار) و کود سولفات پتاسیم در چهار سطح (۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم بر هکتار) بودند که با استفاده از روش تاگوچی و نرم افزار Minitab15 طراحی شدند. استفاده از روش تاگوچی کار را برای ما راحت کرده است، که با استفاده از آن نه تنها در هزینه و وقت صرفه‌جویی می‌شود بلکه فاکتورها و سطوح آزمایشی به نحوی کنار یکدیگر چیده می‌شوند که شرایط آنها کاملا برابر باشد. نتایج نشان داد که کاربرد کدام ترکیب از سطوح مختلف کودهای شیمیایی موجب افزایش غلظت عناصر غذایی نیترون، فسفر و پتاسیم در برگ درختان پسته شده‌است. همچنین می‌توان بهترین ترکیب کوددهی را با استفاده از روش تاگوچی تعیین نمود.

واژگان کلیدی: احمد آقایی، پسته، تاگوچی، کود شیمیایی.

مقدمه

پسته یکی از مهمترین محصولات باغی نواحی خشک و نیمه خشک ایران است. لذا مدیریت تغذیه و کوددهی باغ‌های پسته بسیار حائز اهمیت می‌باشد (حسینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۸). همانند دیگر محصولات کشاورزی، افزایش عملکرد پسته در واحد سطح در صورتی امکان‌پذیر است که عامل‌های تولید در حد بهینه و مطلوب باشد. کاربرد بهینه کود و رعایت تناسب بین عنصرهای غذایی در خاک و گیاه در افزایش کمی و کیفی محصول اهمیت زیادی دارد. برای تعیین نیاز کودی گیاه از روش‌های مختلفی از جمله مشاهدهٔ نشانه‌های کمبود، آزمون خاک، تجزیه گیاه و ... میتوان استفاده کرد. برگ اصلی‌ترین و مهمترین محل سوخت و ساز گیاه است و غلظت عنصرهای غذایی در برگ در مراحل خاصی از رشد و تکامل گیاه می‌تواند عملکرد آن را تحت تاثیر قرار دهد (طاهری و نجفی، ۱۳۹۷). مطالعه حاضر به منظور تعیین بهترین غلظت ترکیب کودهای شیمیایی به وسیله تجزیه برگ صورت گرفته‌است. بنابراین، تفسیر نتایج به دست آمده می‌تواند اطلاعات خوبی از نحوه کوددهی گیاه و مقدار آن فراهم کند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی سطوح مختلف کودهای شیمیایی به صورت مصرف خاکی (چالکود) در پائیز ۱۳۹۸ صورت گرفته‌است. تیمارهای آزمایشی شامل سه نوع کود در چهار سطح مختلف بوده‌اند. کود اوره در سطوح (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کود سوپرفسفات تریپل در سطوح (۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود سولفات پتاسیم در سطوح (۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت چالکود به درختان پسته اضافه شد. در این باغ فاصله ردیف‌ها از هم پنج متر و فاصله هر درخت از درخت دیگری در هر دریف یک و نیم متر بود. آبیاری درختان پسته به روش غرقابی با فاصله زمانی

۳۲ روزه در این باغ انجام می‌گردید. از مدل تاگوچی برای طراحی آزمایشات استفاده شد (جدول ۱). این روش، کار را برای ما راحت کرده و با استفاده از آن نه تنها در هزینه و وقت صرفه‌جویی می‌شود بلکه فاکتورهای و سطوح آزمایشی به نحوی کنار یکدیگر چیده می‌شوند که شرایط آنها کاملا برابر باشد. به منظور اندازه‌گیری غلظت برخی از عناصر موجود در برگ، اوایل مردادماه نمونه برداری از برگ درختان انجام گرفت. پس از انتقال برگ‌ها به آزمایشگاه شستشو و سپس در دمای محیط خشک شدند. بعد از خشک شدن در درمای ۶۵ درجه سلسیوس در آون و ثابت شدن وزن، نمونه‌های گیاهی پودر شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره خاکستر گردیده و پس از آن عصاره‌گیری با استفاده از اسیدکلریدریک دو نرمال انجام شد. غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر مدل Jenway PFP7 ، فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Analytic jena 210 در طول موج ۸۷۰ نانومتر و درصد نیتروژن کل نیز با استفاده از دستگاه اتوکلتک مدل Behr distillation unit S4 بر اساس روش کجلدال تعیین گردید. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ و تجزیه آماری با نرم افزار SPSS و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

جدول ۱- سطوح کودهای شیمیایی در آزمایش طراحی شده به روش تاگوچی

فاکتور / سطوح	اوره	سوپرفسفات تریپل	سولفات پتاسیم
۱	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰
۲	۱۵۰	۲۵۰	۳۵۰
۳	۱۵۰	۳۰۰	۴۰۰
۴	۱۵۰	۳۵۰	۴۵۰
۵	۲۰۰	۲۰۰	۳۵۰
۶	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
۷	۲۰۰	۳۰۰	۴۵۰
۸	۲۰۰	۳۵۰	۴۰۰
۹	۲۵۰	۲۰۰	۴۰۰
۱۰	۲۵۰	۲۵۰	۴۵۰
۱۱	۲۵۰	۳۰۰	۳۰۰
۱۲	۲۵۰	۳۵۰	۳۵۰

۱۳	۳۰۰	۲۰۰	۴۵۰
۱۴	۳۰۰	۲۵۰	۴۰۰
۱۵	۳۰۰	۳۰۰	۳۵۰
۱۶	۳۰۰	۳۵۰	۳۰۰

مقادیر بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند.

نتایج و بحث

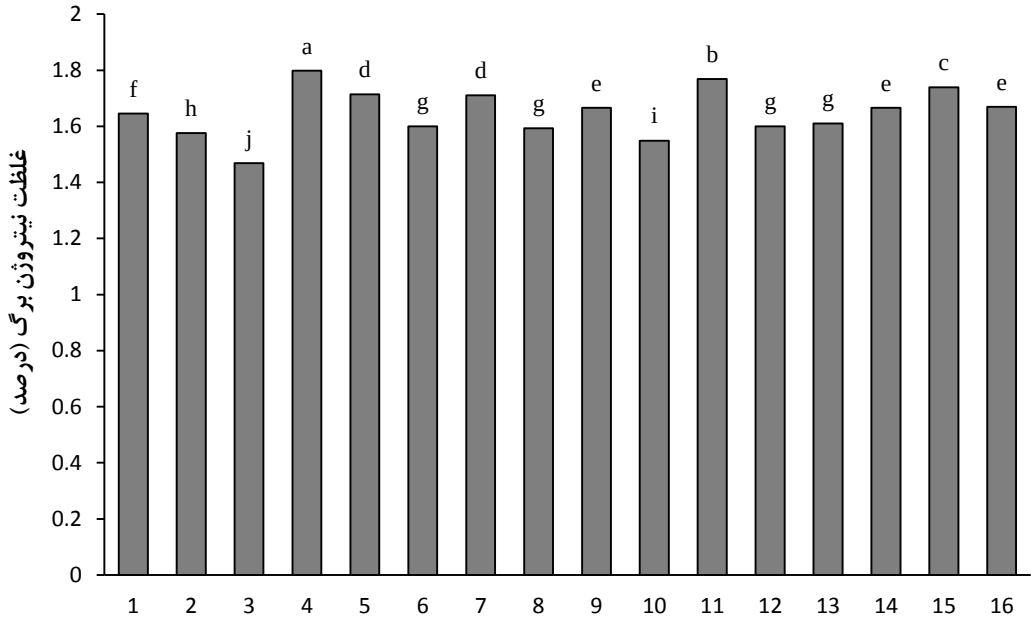
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، ترکیب سطوح مختلف کودهای شیمیایی (جدول ۱)، بر غلظت نیتروژن و پتاسیم برگ‌های درختان پسته معنی‌دار بود. در حالی که اثر معنی‌داری بر غلظت فسفر برگ‌ها نداشت (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی بر غلظت برخی عناصر غذایی در برگ درختان پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		غلظت نیتروژن	غلظت فسفر	غلظت پتاسیم
تیمار کوددهی	۱۵	۰/۰۵۹***	۰/۰۴۴ns	۱/۲۵۸***
خطای آزمایش	۱۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۴۶	۰/۰۱۱

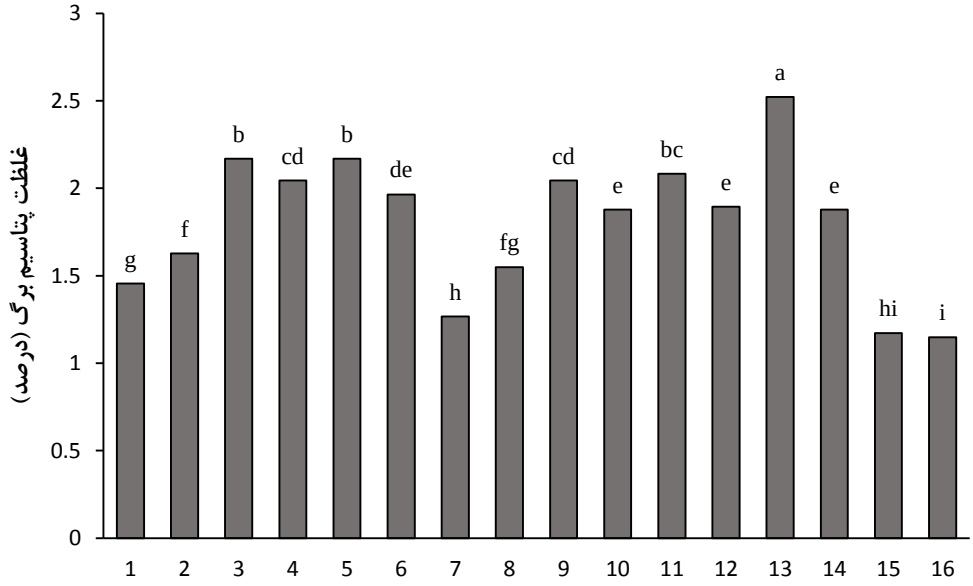
ns و *** به ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح ۰/۱ درصد است.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱) و با توجه به جدول ۱، بیشترین غلظت نیتروژن برگ در سطح کوددهی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم مشاهده شد. بنابراین از این طریق می‌توان بهترین ترکیب کوددهی که بالاترین غلظت نیتروژن در برگ را شامل می‌شود، تعیین نمود. ازت یک عنصر ضروری برای تکامل گیاه است که وجود آن برای سنتز بیومولکول‌ها مانند پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل لازم است (کارلسان و همکاران، ۲۰۱۷). طبق نظریه محمدی و همکاران (۱۳۸۹) مبنی بر اهمیت ازت، عملکرد پسته، همبستگی مثبت و معنی‌داری با غلظت نیتروژن برگ دارد.



شکل ۱- تاثیر سطوح مختلف کوددهی بر غلظت نیتروژن برگ

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) و با توجه به جدول ۱، بیشترین غلظت پتاسیم برگ در سطح کوددهی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم مشاهده شد. حاصلخیزی باغات پسته با پتاسیم، تاثیر بسزایی روی افزایش عملکرد درختان پسته داشته است (کومار و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۲- تاثیر سطوح مختلف کوددهی بر غلظت پتاسیم برگ

نتیجه‌گیری

تجزیه برگ و تفسیر نتایج به دست‌آمده، به شرطی که بر پایه روشی درست انجام شود، می‌تواند اطلاعات خوبی از وضعیت تغذیه گیاه فراهم کرده و برای توصیه کودی مناسب استفاده شود. تعیین غلظت عنصرها در طول فصل رشد سودمند است و می‌تواند در پی آن توصیه کودی مناسب صورت گیرد.

منابع

حسینی فرد، س.ج. صداقتی، ن. محمدی، ا. و علی‌پور، ح. (۱۳۹۸). اثرات محلول‌پاشی آهن از منابع سولفاته و کلاته بر عملکرد و کیفیت میوه درختان پسته رقم اوحدی در استان کرمان. مجله علوم و فناوری پسته ۴(۸) ۶۰-۴۳.

طاهری، م. و نجفی، م. (۱۳۹۷). ارزیابی وضعیت تغذیه ای برخی رقم‌های پسته بنابر نتایج تجزیه ی برگ. مجله علوم باغبانی ایران ۴۹(۱) ۲۲۳-۲۱۳.

محمدی محمدآبادی، ا. علیپور، ح. غفاری موفق، ف. منعم‌زاده، علیرضا. (۱۳۸۹). تاثیر سطوح مختلف ازت و آبیاری بر صفات کمی و کیفی پسته در منطقه خاش. مجله علوم باغبانی ایران ۴۱(۱) ۳۸-۲۷.

Carlsson, J., Svennerstam, H., Moritz, Th., Egertsdotter, U., and Ganeteg, U. (2017). Nitrogen uptake and assimilation in proliferating embryogenic cultures of Norway spruce—Investigating the specific role of glutamine. PLoS ONE 12(8): e0181785.

Kumar, P., Sharma, S.K., Chandel, R.S., Singh, J., and Kumar, A. (2016). Nutrient dynamics in pistachios (*Pistacia vera* L.): The effect of mode of nutrient supply on agronomic performance and alternate-bearing in dry temperate ecosystem. Scientia Horticulturae. 210:108-121.

The effect of soil application of chemical fertilizers on the concentration of some elements in the leaves of pistachio trees (Ahmad Aghaei cultivar)

Shima Shahbazi Manshadi[1], Kazem Kamali Aliabad[2]
1- M.Sc. Graduate, Soil Science Department, Faculty of Natural Resources and Desertification, University of Yazd.
2- Associate Prof., Dry and Desert Areas Management Department, Faculty of Natural Resources and Desertification, University of Yazd.

Abstract
The use of appropriate concentrations of chemical fertilizers in pistachio orchards increases the quantitative and qualitative yield of this product. The aim of this study was to investigate the effect of different fertilizer levels on the concentration of some elements in pistachio leaves. Experimental treatments included Urea fertilizer at four levels (150, 200, 250 and 300 kg / ha), Triple superphosphate fertilizer at four levels (200, 250, 300 and 350 kg / ha) and Potassium sulfate fertilizer at four levels (300, 350, 400 and 450 kg / ha) which were designed using Taguchi method and Minitab15 software. Using the Taguchi method has made it easier for us, which not only saves time and money, but also puts the factors and test levels together in such a way that their conditions are exactly the same. . The results showed that the application of which combination of different levels of chemical fertilizers increased the concentration of nitron, phosphorus and potassium in the leaves of pistachio trees. The best fertilizer composition can also be determined using the Taguchi method.

Keywords: Ahmad Aghaei, chemical fertilizer, Pistachio, Taguchi.

بررسی جذب فسفر در سطوح مختلف فسفر در شرایط تنش رطوبتی در بین دو رقم گندم

مریم موسوی[۱]، رضا خراسانی[۲] و رضا توکل افشاری[۳]

نویسنده مسئول:مریم موسوی، پست الکترونیکی moosavi . mary91@yahoo.com

۱. دانشجوی دکتری، ۲. دانشیارگروه علوم خاک و ۳. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

یکی از راه‌های مقابله با کمبود فسفر در خاک‌های آهکی در شرایط تنش خشکی استفاده از گیاهان فسفر کارا می‌باشد که راه حل پایدار و مناسب برای افزایش عملکرد محصول در این شرایط است. برای مقایسه دو رقم گندم در جذب فسفر تحقیقی در سه سطح رطوبتی خاک و سه سطح فسفر انجام شد. با توجه به تاثیر فسفر و تنش خشکی مشاهده شد که ارقام از نظر وزن خشک و جذب فسفر در اندام هوایی و ریشه و خصوصیات مورفولوژیکی ریشه دارای اختلاف معنی‌داری هستند. افزایش فسفر (۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کاهش تنش خشکی بیش‌ترین رشد و نمو را به همراه داشت، ولی این افزایش در سطوح خشکی زیاد (۵۰ درصد) به دلیل تثبیت فسفر و کاهش رشد ریشه، تاثیر بسزایی نداشت. هم‌چنین با توجه به نتایج این آزمایش مشاهده شد که رقم سیروان به دلیل افزایش رشد ریشه و جذب فسفر بیش‌تر که منجر به افزایش وزن خشک و رشد و نمو خوب آن در شرایط تنش خشکی گردید به عنوان رقم کارا شناخته شد.

واژگان کلیدی: ارقام گندم، تنش خشکی، کمبود فسفر، ماده خشک گیاهی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از منابع غذایی مهم در بین غلات در سراسر جهان می‌باشد. تغییر مداوم در آب و هوا همراه با کاهش بارندگی دلیل مکرر شروع تنش خشکی می‌باشد و تولید گندم را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد و عملکرد گندم را در طی سال‌های اخیر در سرتاسر جهان کاهش داده است Sharma *et al,*(2019). تنش خشکی یکی از گسترده ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که با کاهش توسعه برگ و هدایت روزنه‌ها منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود و با افزایش تنش اکسیداتیو اثرات نامطلوبی بر روی رشد و عملکرد گیاهان به خصوص گندم می‌گذارد، لذا چنین ضررهایی برای تامین نیازهای رو به رشد غذایی باید به حداقل برسد. پاسخ گیاهان به تنش خشکی پیچیده است و شامل تغییرات فیزیولوژی، بیوشیمیایی و مورفولوژی می‌باشد. علاوه بر تنش خشکی، کمبود فسفر نیز به طور قابل توجهی باعث کاهش رشد و عملکرد در گیاه می‌شود Zhang *et al* (2018). تنش خشکی با کاهش در جذب فسفر از متداولترین فاکتورهای تنش در عملکرد گندم در جهان به شمار می‌آیند. فسفر عنصر ضروری برای توسعه و رشد گیاهان از جمله گندم می‌باشد Xin-Kai *et al*(2012). به دلیل اهمیت فسفر در گیاه گندم، کارایی استفاده از کودهای فسفردار در این شرایط اهمیت قابل توجهی دارد. به همین منظور شناسایی و استفاده از واریته‌ها، ارقام یا ژنوتیپ‌های کارا و مقاوم به شرایط کمبود فسفر می‌تواند یک استراتژی یا راه‌کار مقرون به صرفه و مورد توجه در سیستم‌های کشاورزی پایدار باشد Sidhu *et al* (2018). کاربرد میزان مناسب کود فسفر تحت شرایط خشکی باعث افزایش کارایی فسفر و توانایی مقاومت خشکی در گندم Li-Yun *et al* (2014)، Deng *et al* (2018) و در نتیجه افزایش عملکرد گردید. نیاز ژنوتیپ‌ها به فسفر برای رشد متفاوت می‌باشد و هم‌چنین پاسخ‌های متفاوتی به کاربرد فسفر دارند Bilal *et al* (2018). ژنوتیپ‌های فسفرکارا در شرایط کمبود فسفر با افزایش خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی از جمله افزایش و توسعه ریشه، تارهای کشنده، طول، سطح، نسبت ریشه به اندام هوایی باعث افزایش جذب و کارایی فسفر در گیاه(2018) Deng *et al*، (2019) De souza Campos *et al* ، (2016) Mori *et al* می‌شوند و در نتیجه مقاومت آن‌ها را در برابر تنش خشکی و کمبود فسفر افزایش می‌دهند Jun *et al* (2017).

با توجه به شرایط آب و هوای خشک و نیمه‌خشک برای رشد گندم در ایران و هم‌چنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک این مناطق نظیر درصد زیاد آهک، کمبود آب و مواد آلی که مشکلات بسیاری در تولید آن ایجاد کرده است. این مطالعه با هدف بررسی و مقایسه دو رقم گندم در جذب فسفر در سطوح مختلف فسفر در شرایط تنش رطوبتی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور مقایسه پاسخ ارقام گندم به کمبود فسفر و تنش خشکی، در گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشکده کشاورزی در دانشگاه فردوسی مشهد، ایران به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار بر روی دو رقم گندم (سیروان رقم مقاوم به خشکی و سیوند رقم حساس به خشکی) در طی دوره رشد رویشی در شرایط کنترل شده انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل فسفر از منبع منو کلسیم فسفات منوهیدرات (۰، ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سه رژیم رطوبتی شامل ۵۰ و ۷۰ و ۹۵ درصد ظرفیت زراعی بودند.

پس از اعمال تنش به مدت حدود ۲ ماه، برداشت ارقام گندم با سه تکرار و از تمام گلدان‌ها انجام شد. به این ترتیب که گلدان‌ها برای بررسی وزن خشک و تر، صفات مورفولوژیک، غلظت، جذب فسفر در اندام هوایی و ریشه، در پایان مرحله رشد رویشی در دو بخش اندام هوایی و ریشه جدا شدند. جذب فسفر در اندام هوایی و ریشه با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید :

Phosphorus uptake of plant (mg) = P concentration (mg /kg) × dry plant weight (kg)

نتایج و بحث

با توجه به نتایج این آزمایش تنش خشکی و سطوح مختلف فسفر (جدول ۱و شکل ۱) تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی، ریشه، طول تجمعی ریشه، سطح ریشه و جذب فسفر داشت. همان‌طور که مشاهده می‌شود وزن خشک اندام هوایی، طول تجمعی و سطح ریشه، جذب فسفر تحت تاثیر کمبود فسفر و افزایش خشکی کاهش یافتند. لیکن با افزایش سطح فسفر در سطح ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کاهش تنش خشکی در سطح ۹۵ درصد بیش‌ترین تاثیر را در این پارامترها مشاهده گردید. در صورتی که با افزایش تنش خشکی (۵۰ درصد) و فسفر، افزایشی در وزن خشک اندام هوایی و ریشه، طول تجمعی و سطح ریشه و جذب فسفر حاصل نشد. لذا کاهش این پارامترها با افزایش تنش خشکی ممکن است به دلیل افزایش تثبیت فسفر، کاهش در رشد ریشه و جذب فسفر در سطوح زیاد خشکی و کاهش میزان فتوسنتز در نتیجه کاهش در توسعه برگ و تخریب رنگدانه های کلروپلاست در گیاه و بسته شدن روزنه ها به عنوان عامل اصلی در کاهش فتوسنتز تحت تاثیر افزایش غلظت اسید ابسزیک و انتقال آن از طریق آوند چوبی به اندام هوایی باشد. تنش خشکی یک استرس محیطی مهم در کاهش رشد و تولید گیاهان می‌باشد (2012) Bartlett *et al*. خشکی با کاهش میزان فتوسنتز و آب سلولی باعث کاهش رشد در گیاه می‌شود (2016) Wang *et al*. این احتمال وجود دارد که کاربرد فسفر با افزایش فعالیت فتوسنتز و جذب آب منجر به افزایش مقاومت به تنش خشکی گردیده است. که مطابق با یافته های (2002) Zhu، (2013) Singh *et al*) می‌باشد. کاربرد فسفر و افزایش جذب آن منجر به افزایش رشد ریشه، هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه، افزایش سرعت رشد و تجمع بایومس می‌شود (2017) Razaq *et al* و در نتیجه توانایی ریشه ها به استخراج آب خاک را افزایش و مقاومت به خشکی را زیاد می‌کند (2015) Meng and yao. فسفر عنصر ضروری برای رشد و توسعه گیاهان از جمله گندم می‌باشد و دسترسی به این عنصر برای تولید و عملکرد محصول مهم می‌باشد (2012) Xin-Kai *et al*، (2018) Pang *et al* . با توجه به نتایجی که از این پژوهش بدست آمد، مشاهده گردید که با کاربرد میزان و زمان مناسب فسفر در تنش های کم خشکی به

دلیل تاثیر مثبت آن بر روی بایومس ریشه و گسترش ریشه منجر به افزایش جذب آب و فسفر از خاک گردید و تحمل به تنش خشکی را تا حدودی افزایش داد، که با نتایج تاریق و همکاران (۲۰۱۷) و نجی و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. ازترک و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند، ارقام گندم با جذب زیاد فسفر در شرایط کمبود فسفر با توجه به افزایش مقدار آن در گیاه باعث افزایش وزن خشک گردید و همبستگی خوبی بین این دو پارامتر وجود دارد. این پژوهشگران معتقد بر این هستند که مقدار فسفر و تولید ماده خشک در شرایط کمبود فسفر به دلیل سهم افزایش جذب، انتقال و کارایی استفاده بهینه فسفر در داخل گیاه می‌باشد و پارامترهای مورد اعتماد برای ارزیابی کارایی فسفر در مراحل رشدی در ارقام گندم می‌باشند. میزان زیادی از فسفر بکار برده شده در خاک ها برای پاسخگویی نیاز گیاه در مراحل مختلف زمانی به دلیل تبدیل به فرم غیرقابل دسترس، به آسانی در اختیار ریشه گیاهان قرار نمی‌گیرد. بنابراین توسعه ارقام فسفر کارا با توانایی بیش‌تر رشد و عملکرد تحت شرایط کمبود فسفر خاک از اهداف مهم می‌باشد Ozturk *et al* (2005)، که منجر به کاهش هزینه کود مصرفی و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود Cakmak(2002). که با نتایج این پژوهش در رقم سیروان به عنوان رقم کارا نسبت به سیوند مطابقت دارد. هم‌چنین با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش مشاهده گردید که در رقم سیروان با داشتن میزان بیش تر فسفر در بذر (رقم سیروان ۴۰ درصد و رقم سیوند ۲۶ درصد) ، منجر به افزایش سرعت و درصد جوانه زنی سریع بذر گردید. لذا با افزایش رشد ریشه در این رقم و استفاده بیش‌تر از فسفر خاک، توانسته است با ایجاد نهال های قوی در مراحل رشد رویشی بیش‌ترین وزن خشک را در ریشه و اندام هوایی نسبت به رقم سیوند بدست آورد. افزایش فسفر بذر محرکی برای رشد اولیه نهال و به عنوان پتانسیلی برای افزایش عملکرد به خصوص در شرایط کمبود فسفر می‌باشد. بنابراین در این خاک‌ها با توجه به ذخیره عناصر بذر و به خصوص میزان فسفر بذر به عنوان نیروی خوبی در مراحل اولیه رشد با ایجاد تولید ریشه بیش‌تر و افزایش جذب فسفر و عناصر دیگر از خاک منجر به افزایش بایومس ریشه، غلظت فسفر در ریشه و اندام هوایی و در نهایت منجر به افزایش وزن خشک می‌شود Ros *et al*(1997).

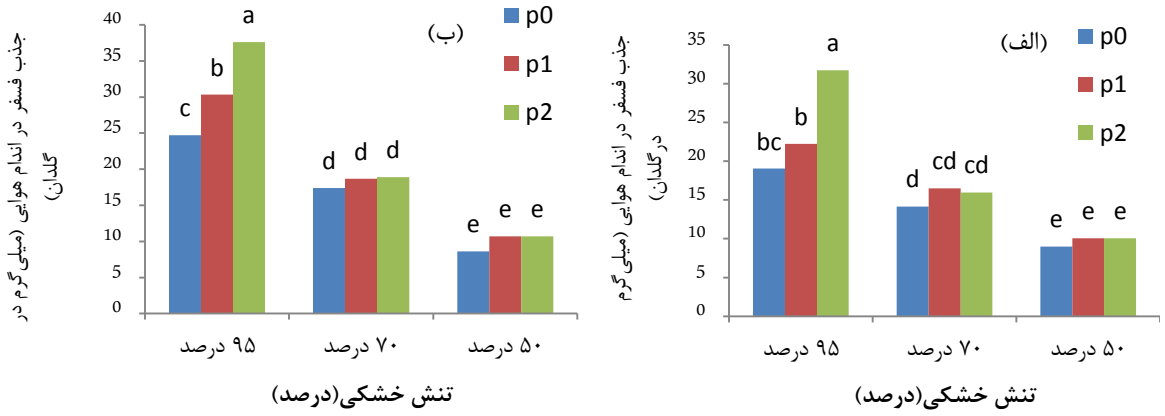
نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که، افزایش میزان فسفر و سطوح رطوبت مناسب باعث افزایش وزن خشک ریشه، اندام هوایی، سطح و طول ریشه گردید که در سطح سوم فسفر (۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) این افزایش بیش‌تر از سطح دوم (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) فسفر بود. به عبارت دیگر این نتایج نشان دهنده نقش مثبت فسفر در سطوح ۹۵ و ۷۰ درصد تنش خشکی می‌باشد. لذا کاربرد بیش‌تر کود فسفر با افزایش تنش خشکی تاثیر بسزایی بر روی این پارامترها نداشت. هم‌چنین رقم سیروان با رشد بیش‌تر ریشه و جذب بهتر فسفر، نسبت به رقم سیوند وزن خشک زیادتری داشت و در نتیجه مقاومت بیش‌تری را در این شرایط برای این رقم ایجاد کرد و به عنوان رقم کارا شناخته شد.

جدول ۱- تاثیر تنش خشکی و کمبود فسفر بر ارقام گندم

ارقام	فاکتورهای آزمایش	سطح ریشه (مترمربع)	طول تجمعی ریشه (متر)	جذب فسفر (میلی‌گرم/گلدان) (ریشه)	وزن خشک (گرم/گلدان) (ریشه)	وزن خشک (گرم /گلدان) (اندام هوایی)
	T1	۰/24a	640/39a	4.91a	3.68a	11.85a
	T2	۰/15b	411/45b	3.22b	2.32b	7.43b
سیروان	T3	۰/11b	323/04b	1.79c	1.45c	4.74c
	P0	۰/14b	413/25b	2.85b	1.95b	6.89b
	P1	۰/16b	415/69b	3.26ab	2.51a	7.74b
	P2	۰/21a	545/95a	3.81a	۳.۰۰a	9.38a
	T1	۰/19a	569/35a	3.18a	۲.۳8a	9.44a
	T2	۰/13b	372/04b	2.74a	1.87b	6.30b
سیوند	T3	۰/10c	232/74c	1.45b	۱.۱8c	4.34c
	P0	۰/12b	340/23b	2.27b	1.65b	6.12b
	P1	۰/12b	335/32b	2.14b	1.۶۰b	۶.۰6b
	P2	۰/17a	498/59a	2.96a	2.19a	8.11a

تنش خشکی(T)، ۹۵ درصد (T1) ۷۰۰ درصد (T2) و ۵۰ درصد (T3) ظرفیت زراعی، فسفر (P)، ۰ (P0)، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (P1)، ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (P2)



شکل ۱- تاثیر تنش خشکی و سطوح فسفر بر ارقام گندم سیوند (الف)، سیروان (ب)
(فسفر (P)، ۰ (P0)، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (P1)، ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (P2))

فهرست منابع

Bartlett, M. K., Scoffoni, C., Sack, L. (2012). The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. Ecology Letters, 15, 393–405.

Bilal, H. M., Aziz, T., Maqsood, M. A., Farooq, M., Yan., G. (2018). Categorization of wheat genotypes for phosphorus efficiency, PLOS ONE, 13(10): e0205471.

Cakmak, I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant and Soil, 247, 3–24.

Deng, Y., Teng, W, Tong, Y, Chen, X., Zou, C. (2018). Phosphorus Efficiency Mechanisms of Two Wheat Cultivars as Affected by a Range of Phosphorus Levels in the Field. Frontiers in Plant Science, 9:1614.

Jun, W., Ping, L., Zhiyong, L., Zhansheng, W, Yongshen, L., Xinyuan, G. (2017). Dry matter accumulation and phosphorus efficiency response of cotton cultivars to phosphorus and drought, Journal Of Plant Nutrition, 2349-2357.

Li-yun, K., Shan-chao, Y., Shi-qing, L. (2014). Effects of Phosphorus Application in Different Soil Layers on Root Growth, Yield, and Water-useEfficiency ofWinter Wheat Grown under Semi-arid Conditions, Journal of Integrative Agriculture, 13(9):2028–2039.

Meng, L. S., Yao, S. Q. (2015). Transcription co-activator Arabidopsis ANGUSTIFOLIA3 (AN3) regulates water-use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density and improving root architecture by the transrepression of YODA (YDA). Plant Biotechnology Journal, 13, 893–902.

Mori, A., Fukuda, T., Vejchasarn, P., Nestler, J., Pariasca-Tanaka, J., Wissuwa, M. (2016). The role of root size versus root efficiency in phosphorus acquisition in rice. Journal of Experimental Botany, 1179–1189.

Nejia, M ., Kouasa, S., Gandoura, M., Aydib, S., Abdellya, C. (2019). Genetic variability of morpho-physiological response to phosphorus deficiency in Tunisian populations of *Brachypodium hybridum*, Plant Physiology and Biochemistry 143:246-256.

Ozturk, L., Eker, S., Torun, B., Cakmak. I. (2005). Variation in phosphorus efficiency among 73 bread and durum wheat genotypes grown in a phosphorus-deficient calcareous soil. Plant and Soil, 69–80.

Pang, J., Zhao, H., Bansal, R., Bohuon, E., Lambers, H., Ryan, M.H., Siddique, K. H. M. (2018). Leaf transpiration plays a role in phosphorus acquisition among a large set of chickpea genotypes: leaf transpiration and P acquisition in chickpea. Plant, Cell & Environment, 41 (9), 2069–2079

Razaq, M., Zhang, P., Shen, H.-L., Salahuddin. (2017). Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. PLOS ONE, 12:e0171321.

Sharma, S, Chen, C, Khatri, K., S. Rathore, M., P. Pandey, S. (2019). *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis. Plant Physiology and Biochemistry, 143–154.

Sidhu, S. K., Kaur, J., Singh, S., Grewal, S. K., Singh, M. (2018). Variation of morpho-physiological traits in geographically diverse pigeonpea [Cajanus cajan (L.) Millsp] germplasm under different phosphorus conditions. Journal of Plant Nutrition, 1321-1332.

Tariq, A., Pan, K., Olatunji, O., Graciano, C., Li, Z., Feng Sun, F., Sun, X., Song, D., Chen, W., Zhang, A., Wu, X., Zhang, L., Mingrui, D., Xiong, Q., Chenggang Liu, C. (2017). Phosphorous Application Improves Drought Tolerance of Phoebe zhennan. Frontiers in Plant Science, 8:1561.

Tariq, A., Pan, K., Olatunji, O. A., Graciano, C., Li, Z ., Sun, F., Zhang, L., Wu, X., Wenkai Chen, W., Song, D., Huang, D., Xue, T., Zhang, A. (2018). Phosphorous fertilization alleviates drought effects on Alnus cremastogyne by regulating its antioxidant and osmotic potential. Scientific reports, 8(1):5644.

Wang, X., Shen, J and Liao., H. (2010). Acquisition orutilization,which is more critical for enhancing phosphorus efficiency inmoderncrops?. Plant Science, 302–306.

Xin-kai, Z., Chun-yan, L., Zong-qing, J ., Lian-lian, H., Chao-nian, F., Wen-shan, G.,Yong-xin, P. (2012). Responses of Phosphorus Use Efficiency, Grain Yield, and Quality to Phosphorus Application Amount of Weak-Gluten Wheat. Journal of Integrative Agriculture, 1103-1110.

Zhang, B., Zhang, H., Wang, H., Wang, P., Wu, Y., Wang, M. (2018). Effect of Phosphorus Additions and Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation on the Growth, Physiology, and Phosphorus Uptake of Wheat Under Two Water Regimes. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 862-874.

Zhu, Y., Smith, F. A., Smith, S. E. (2003). Phosphorus efficiencies and responses of barley (Hordeum vulgare L.) to arbuscular mycorrhizal fungi grown in highly calcareous soil. Mycorrhiza, 13(2):93-100

Investigation of phosphorus uptake at different levels of phosphorus under water stress conditions between two wheat cultivars

Maryam Moosavi [1], Reza Khorassani [2] and Reza Tavakol Afshari [3]
1. PhD student, 2. Associate Professor, Soil Science Department, and 3. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

Abstract

One of the ways to deal with phosphorus deficiency in calcareous soils in drought stress conditions is the use of phosphorus efficient plants, which is a sustainable and suitable solution to increase crop yield in this conditions. To compare two wheat cultivars in phosphorus uptake, research was conducted on three soil moisture levels and three phosphorus levels. Due to the effect of phosphorus and drought stress, it was observed that cultivars have significant differences in terms of dry weight and phosphorus uptake in shoots and roots and root morphological characteristics. Increase of phosphorus and decrease of drought stress had the highest growth and development, but this increase in high drought levels (50%) did not have a significant effect due to phosphorus fixation and reduced root growth. Also, according to the results of this experiment, it was observed that Sirvan cultivar was known as efficient phosphorus cultivar due to increased root growth and more phosphorus uptake, which resulted to increase dry weight and suitable growth and development under the drought stress conditions.

Keywords: Drought; Dry matter, Low phosphorus,Wheat cultivars

اثر ساده و تلفیقی کود شیمیائی، کودآلی و زیستی ازتوباکتر بر ویژگی های مورفولوژی و فیزیولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط گلخانه

علی کسرائیان[1]، مهدی جلالی [2]

۱- گروه علوم خاک، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران ، alkasra@yahoo.com

۲- گروه علوم باغبانی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

چکیده

برای مطالعه اثر تکی و تلفیقی کود شیمیائی، کود زیستی ازتوباکتر و کود آلی (کود حیوانی (گوسفندی)، ضایعات شیرین بیان و ورمی کمپوست) بر ویژگی های مورفولوژی و بیوشیمیایی گیاه داروئی ریحان آزمایشی به شکل کاملا تصادفی با سه تکرار شامل تیمارهای کود شیمیائی، ازتوباکتر، کود گوسفندی، تفاله شیرین بیان و ورمی کمپوست به شکل منفرد و ترکیب های کود شیمیایی و ورمی کمپوست،کود شیمیائی و تفاله شیرین بیان، کود شیمیایی و کود گوسفندی به شکل دوتائی و با افزودن ازتوباکتر به گروه دوم تیمارهای سوم در محیط گلخانه پیاده سازی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که اکثر ویژگی های رشدی گیاه تحت تاثیر فاکتورهای انتخابی قرار گرفت. طول و وزن تر بخش هوائی و ریشه و تعداد برگ ریحان به درجاتی در حضور فاکتورهای آزمایش بهبود یافت و مقدار کلروفیل a و b نیز افزایش یافت. اما در عمل بیشترین تاثیر هنگامی مشاهده شد که در کنار کود شیمیایی و آلی از ازتوباکتر نیز استفاده شد و میانگین سه تیمار تلفیقی تمام عوامل در مقایسه با شاهد ۲۰/۸۷ ، ۱۳۱ ، ۱۳۵/۵۵ ، ۹۸/۷۲ درصد افزایش به ترتیب در طول گیاه و تعداد برگ در بوته ، وزن تر گیاه و وزن تر ریشه در گیاه ریحان شد.

واژگان کلیدی: اثر تلفیقی کود، ازتوباکتر، تفاله شیرین بیان، کود حیوانی، ورمی کمپوست،

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بعنوان گیاه داروئی، ادویه ای و سبزی تازه استفاده گسترده ای دارد و تولید آن در شرایط گلخانه ای و مزرعه ای امکان پذیر بوده که تولید آن، مانند سایرگیاهان زراعی، تحت تاثیر عوامل محیطی از جمله تامین عناصر غذایی می باشد.یکی از مهمترین تغییرات اساسی که در سیاست تولید غذا و همچنین تحقیقات کشاورزی به وجود آمده تلاش برای دستیابی به افزایش محصول بر اساس اهداف کشاورزی پایدار است (آرون، ۲۰۰۲) و اخیراً رویکرد کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم با الهام از طبیعت سرعت بیشتری گرفته است. میکروارگانیسم های محرک رشد گیاه از مهمترین کود های زیستی هستند که بطور مستقیم با محلول کردند و افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی و تثبیت نیتروژن و تولید هورمون رشد و به طور غیر مستقیم با کاهش یا پیشگیری از اثرات زیان آور بیماری ها از طریق تولید انواع مواد آنتی بیوتیکی و سیدروفورها سبب افزایش رشد گیاه شده و عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می‌بخشد (هان و لی ۲۰۰۵). این باکتری ها قادرند تا از طریق تولید و ترشح تنظیم کننده های رشد مانند اکسین ها جیبرلین ها و سیتوکینین هاباعث افزایش درصد جوانه زنی بذر ها ریشه زائی و گسترش ریشه شده و از این طریق با فراهم بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن و پتاسیم سبب افزایش رشد گیاه شود (هادی و همکاران ۱۳۸۸). در این راستا بارال و ادهیکاری (۲۰۱۳) در یک آزمایش مزرعه ای در نپال به افزایش ۱۵ تا ۳۵ درصدی دانه ذرت با کاربرد ازتوباکتر اشاره کردند. در مطالعه دیگری هنساودین (۲۰۱۲) نشان داد که تلقیح باکتری ازتوباکتر همراه با ماده آلی در همین گیاه سبب افزایش سطح نیتروژن و فسفر و در نهایت افزایش محصول شد. در مطالعه گیاهان داروئی آزاز و همکاران (۲۰۱۰) بر

روی گیاه رازیانه و گیلاوی زاده و همکاران (۲۰۱۳) بر عملکرد اسانس زنیان از تاثیر مثبت کودهای زیستی که شامل ازتوباکتر بوده سخن می گویند.

کمپوست یک کود بیولوژیک و شامل یک مخلوط بیولوژیکی فعال از باکتری ها آنزیم ها و بقایای گیاهی حیوانی و کپسولهای کرم خاکی می باشد که علاوه بر این خصوصیات دارای شکل قابل استفاده از عناصری مانند فسفر و پتاسیم کلسیم و منیزیم می باشند. مطالعات متعددی به اثر مثبت ورمی کمپوست در افزایش عملکرد کیفی و کمی گیاهان زارعی و داروئی پرداخته اند که از آن جمله می توان به اثر ورمی کمپوست بر مقدار و کیفیت ریحان (انوار و همکاران،۲۰۰۵) و درمنه (پاندی، ۲۰۰۵) اشاره کرد. مامو و همکاران (۲۰۱۷) مزیت استفاده از ورمی کمپوست را در مقابل سایر کمپوست های آلی به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی در آن دانستند در حالیکه کودهای کمپوست آلی دیگر را باید با کودهای شیمیائی بکار برد.

ضایعات شیرین بیان محصول جانبی کارخانه‌های فرآوری گیاهان دارویی است که از آن به عنوان خاکپوش برای حفظ رطوبت و اصلاح فیزیکی بستر خاک گیاهان استفاده می شود. مدینا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند کمپوست شیرین‌بیان قابل مقایسه با پیت است در حالی که مواد غذایی آن بالاتر و شوری آن نسبتاً کم است. استفاده از تفاله شیرین بیان به علت بهبود ساختمان و جلوگیری از تراکم خاک و حفظ آب سلولی باعث ایجاد محیط مناسب جهت رشد گیاه گشته و آب قابل دسترس بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهد از یک طرف کمک به تامین عناصر غذایی کرده و از طرف دیگر باعث بهبود فعالیت میکروارگانیسم های خاک می شود.

استفاده از کود دامی در سیستم ارگانیک و مدیریت پایدار خاک از اهمیت بالایی برخوردار است بسیاری از محققین اعتقاد دارند که کود دامی با افزایش مواد آلی و هوموس خاک موجب افزایش درصد و خلل و فرج و اسفنجی شدن خاک می شود و در نهایت وزن مخصوص خاک را کاهش می دهند این عوامل نیز به نوبه خود سبب افزایش گسترش ریشه در خاک و نهایتا بهبود جذب آب و مواد غذایی می شود (بلایز و همکاران ۲۰۰۵). شریفی عاشور آبادی (۱۹۹۸) در مطالعه اثر ساده کودهای شیمیایی و دامی و اثر تلفیق آنها بیان داشت که مصرف کود دامی موجب افزایش ۷۸ درصدی و کود شیمیایی ٪۶۹ درصدی محصول رازیانه شد درحالیکه مصرف مخلوط آنها تولید رازیانه را ۱۲۲ درصد افزایش داد.

امروزه با توجه به گرایش جهانی جهت تولید و تکثیر گیاهان داروئی در سیستم های کشاورزی پایدار و کم نهاده و همچنین کمبود مطالعات در رابطه با واکنش گیاه دارویی ریحان نسبت به منابع کودی مختلف ، این پژوهش با هدف مقایسه انواع کودهای آلی ، شیمیایی و زیستی به عنوان جز مهمی از کشاورزی پایدار است بر برخی صفات کمی و کیفی ریحان انجام شد

مواد و روش‌ها

برای پاسخ به اهداف این پژوهش آزمایشی به صورت گلدانی در شرایط گلخانه ای به شکل طرح پایه کاملاً تصادفی با ۱۲ تیم در سه تکرار شامل شاهد کود شیمیایی ورمی کمپوست تفاله شیرین بیان کود حیوانی و کود زیستی تیمار های دوگانه کود شیمیایی ورمی کمپوست کود شیمیایی تفاله شیرین بیان کود شیمیایی کود حیوانی (گوسفندی) تیمارهای سه گانه کود شیمیایی ورمی کمپوست کود زیستی کود شیمیایی تفاله شیرین بیان کود زیستی کود شیمیایی کود حیوانی (گوسفندی) کود زیستی پیاده سازی شد.

تیمارهای شامل کود شیمیایی حاوی ۰/۲۲ گرم نیتروژن از منبع اوره، ۰/۱ گرم فسفر از منبع کود فسفات آمونیوم و ۰/۱ گرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به ازای هر کیلوگرم خاک محاسبه و اضافه شد. همچنین قبل از استفاده از ضایعات شیرین بیان برای کاهش شوری آن آبشویی گردید. مقدار استفاده از ضایعات شیرین بیان، ورمی کمپوست و کود گوسفندی

در هر گلدان ۴۰ درصد حجم خاک بود. در تیمارهای حاوی ازتوباکتر (تهیه شده از شرکت مهر آسیا) این باکتری ها در دو مرحله استفاده شد در مرحله اول مقدار ۰/۱۵ میلی لیتر از مایه تلقیح بر روی هر ۱۰۰ گرم بذر ریحان پاشیده شد و در مرحله دوم، پس از کاشت بذرها، مجددا مقدار ۷ گرم مایه تلقیح به گلدانها اضافه گردید. پس از کاشت تعدادی بذر در هر گلدان و کاهش آن به سی عدد بعد از ۴۵ روز برخی از صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته وزن خود و تر اندام هوایی طول ریشه وزن تر و خشک ریشه تعداد برگ) و فیزیولوژیکی (مقدار کلروفیل های a و b) و همچنین درصد اسانس به روش های معمول آزمایشگاهی اندازه گیری شد.

تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزارSAS 9.1 و مقایسه میانگین مربعات بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد صورت گرفت جهت رسم نمودار ها نیز از بسته نرم افزاری آفیس- اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش بیانگر اثر تیمارهای مختلف بر برخی از ویژگی‌های مرفولوژی و فیزیولوژی گیاه ریحان بود. همانطور که در جدول ۱ بر اساس کدهای مقایسه میانگین های آزمون دانکن نشان داده می شود در این آزمایش، تنها کاربرد تفاله شیرین بیان توانست (۱۴ سانتیمتر) نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی داری در افزایش طول ساقه ریحان ایجاد کند اما سایر تیمارهای در شکل تیمارهای دوتائی و سه تائی فاکتورهای آزمایش اگرچه توانستند این خصوصیت را افزایش دهند اما این تفاوت نسبت به تیمار شاهد معنی دار نبود (جدول ۱).

میزان آب یا وزن تر اندام هوائی ریحان نیز تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش قرار گرفت و مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین آن در تیمار تکی و مختص به کاربرد تفاله شیرین بیان بود و در تیمارهای دو تائی کود شیمیائی و ورمی کمپوست و در تیمارهای سه تائی کود شیمیائی همراه با تفاله شیرین بیان و ازتوباکتر بود (۱۶/۴ گرم). بطور کلی کاربرد سه تائی فاکتورهای در این آزمایش توانست بیشترین میانگین وزن تر اندام هوائی ریحان را سبب شود (جدول ۱) اما با این حال در هیچ یک از تیمارهای آزمایشی ماده خشک گیاهی تحت تاثیر قرار نگرفت.

در بخش زمینی گیاه طول ریشه های ریحان نیز نسبت به فاکتورهای آزمایش پاسخ معنی داری داده و بطور کلی این ویژگی در تمام تیمارهای (تکی ، دو تائی و سه تائی) نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت اما بطور کلی میانگین افزایش طول ریشه در تیمارهای سه تائی بیشتر از سایر تیمارها بود (حداکثر ۱۱/۲ سانتیمتر) (جدول ۱). وزن تر ریشه های یا بعبارتی مقدار آب در بافت ریشه نیز مانند طول ریشه این گیاه تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و تمام تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشتند اما بطور متوسط مقدار آب در تیمارهای سه تائی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (حداکثر ۲/۳ گرم) (جدول ۱). وزن خشک ریشه نیز تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش قرار گرفت. بیشترین وزن خشک در تیمار سه تائی کاربرد فاکتورهای آزمایش بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها و همچنین تیمار شاهد داشت (حداکثر ۰/۴ گرم) (جدول ۱).

با این حال به رغم اثر معنی دار تیمارهای ازمایش بر ویژگی های اندازه گیری ریشه اما نسبت وزن خشک اندام هوائی به زمینی این گیاه تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش قرار نگرفت

در تیمارهای سه گانه فاکتورهای آزمایشی بطور معنی داری بیشترین تعداد برگ در بوته شمارش شد و تنها در تیمارهای کاربرد کود شیمیائی همراه با تفاله شیرین بیان و کاربرد کود شیمیائی همراه با کود گوسفندی توانست از نظر آماری با تیمارهای سه گانه از نظر آماری تفاوت معنی دارد نداشته باشد (بیشترین تعداد برگ ۱۳ عدد) (جدول ۱).

ج

منفرد

صفات	T1*	T2	T3	T4	T5
ارتفاع بونه***	b** 15	ab 17.21	a 15.54	ab 21.65	b 17.21
وزن‌تر اندام هوای	e 5.85	de 17.21	cd 15.54	ab 21.65	cd 17.21
طول ریشه	f 7.23	d 9.27	e 8.59	cd 9.49	e 8.14
وزن تر ریشه	f 1.12	c-e 1.63	cd 1.89	de 1.42	c-e 1.48
وزن خشک ریشه	c 0.004	b 0.01	bc 0.01	b 0.01	b 0.01
تعداد برگ در بوته	e 6	d 9	cd 11	cd 10	bc 11
درصد اسانس	e 1.41	d 1.79	d 1.92	cd 1.92	b-d 1.98
کلروفیل a****	c 1.08	a 2.14	c 1.24	c 1.15	b 1.08
کلروفیل b	c-e 0.51	ab 0.74	e 0.45	de 0.48	b-e 0.54	a-c

* تیمارهای آزمایش، T1 شاهد، T2 کود شیمیائی، T3 ورمی‌کمپوست، T4 تفاله شیرین بیان، T5 کود گوسفندی، T6 ازتوباکتر، T7 کودشیمیائی و ورمی‌کمپوست

** ردیفهای با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۹۵ دارای اختلاف معنی داری نمی باشند (دانکن)

*** تمام واحدهای طول به سانتیمتر و وزن به گرم است

**** واحد اندازه گیری کلروفیل a و b میلی گرم بر گرم وزن تر می باشد

درصد اسانس بعنوان یکی از ویژگی های مهم در ریحان نیز در این آزمایش تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش قرار گرفت و بطور متوسط بیشترین میانگین اسانس تولید شده در تیمارهای سه گانه فاکتورهای آزمایش بود که نسبت به شاهد تفاوت

معنی داری نشان داد در حالی که به رغم تفاوت معنی دار در تیمارهای دو تائی و تکی فاکتورهای آزمایش با شاهد، این گروه ها درصد اسانس کمتری نسبت به تیمارهای سه گانه تولید کردند

اما تاثیر تیمارهای آزمایش بر مقدار کلرفیل a نیز بیانگر اثر متفاوت تیمارهای آزمایش بر مقدار این ویژگی بود. بطور متوسط بیشترین مقدار کلروفیل در تیمارهای سه گانه بود که با تیمارهای دو گانه از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت. در تیمارهای تکی افزودن کودهای شیمیائی سبب افزایش معنی داری نسبت به سایر تیمارهای این گروه نسبت به شاهد داشت که پس از آن تیمار ازتوباکتر قرار داشت (بیشیته کلروفیل a، ۲/۱۵ واحد). چنین روندی در خصوص محتوای کلروفیل b نیز مشاهده شد (بیشینه کلروفیل b، ۰/۸۸) . اثر کود شیمیائی و ازتوباکتر در افزایش محتوای کلروفیل می تواند به دلیل تامین قابل دسترس بیشتر نیتروژن توسط این تیمارها باشد.

اثر تلقیح ازتوباکتر همراه مواد آلی در ذرت سبب افزایش عملکرد و جذب بیشتر نیتروژن و فسفر در این گیاه شد (هنساودین، ۲۰۱۲). مانسک و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که سویه های مختلف ازتوباکتر با تولید هورمونهای گیاهی سبب افزایش رشد طولی و تراکم ریشه در گندم شده است که با مطالعه اخیر مطابقت دارد همچنین شریفی و امیر یوسفی (۱۳۹۶) در بررسی بوم شناختی جنس و گونه های ازتوباکتر اظهار داشتند که اندام هوایی و ریشه گیاهان مرتعی به ترتیب از تیمار کود ازته به سمت تلقیح با ازتوباکتر و تیمار توام کود ازته و ازتوباکتر نسبت به شاهد افزایش یافته این تیمار سبب افزایش جذب و انتقال پتاسیم به اندام هوایی شد که با یافته های این پژوهش و اثر سه تائی تیمارهای آزمایش بر روی ویژگی های رشد ریحان مطابقت دارد. تاثیر تلقیح ازتوباکتر کرکوکوم با اسپریلیوم برازیلینز همراه کود دامی سبب شد رشد، تجمع ماده خشک، تولید دانه و پروتئین را در سورگوم افزایش یابد (تیلاک و همکاران، ۲۰۱۶) . تاثیر تغذیه ازتوباکتر به ویژه همراه با کود دامی روی عملکرد محصولاتی مانند سرعت و ارزن مثبت بود (مارتین و همکاران، ۲۰۱۱)که با یافته های این پژوهش مطابقت نداشته و اثر تیمارهای مختلف بر روی افزایش ماده خشک گیاهی معنی دار نبوده است. کاربرد کود دامی با بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک موجب بهبود شرایط محیط خاک برای فعالیت موجودات زنده و در پی آن ریشه گیاه می شود (صدور و همکاران، ۲۰۱۰). رضایی نژاد و افیونی (۱۳۷۹) در خصوص افزایش ماده آلی به خاک به بهبود جذب عناصر پرمصرف نیتروژن، پتاسیم و فسفر و عناصر کم مصرف روی، مس، آهن، در خاک اشاره کردند. شریفی عاشور آبادی (۱۹۹۸) در بررسی اثر مقادیر مختلف کود دامی کود شیمیایی و مصرف توام آنها در گیاه رازیانه گزارش کردند که تنها مصرف کود دامی موجب افزایش ۷۸ درصد و کود شیمیایی ۶۹ درصد در محصول رازیانه شد در حالی که مخلوط آنها توانست تولید رازیانه را ۱۲۲ درصد افزایش دهد. بنابراین به نظر می رسد همراهی کود دامی و کود شیمیایی بتوانند شرایط مطلوب تری برای رشد و عملکرد محصول به وجود آورد.

به رغم اثر مثبت ورمی کمپوست بر عملکرد گیاهان مطالعات نشان داده که کاربرد تلفیقی این کود همراه با کودهای زیستی می‌توانند در نظام کشت (برنج - لگوم) باعث افزایش عملکرد دانه شود (جیبال و کاپسوامی، ۲۰۱۶). در این پژوهش نیز شاهد اثر مثبت توامان کاربرد ورمی کمپوست با کود آلی و کود زیستی بر برخی ویژگی های مرفولوژی گیاه بودیم (جدول ۱).

گزارش چراغی (۱۳۹۵) نشان داد که مخلوط نمودن تفاله شیرین بیان با خاک موجب کاهش تبخیر از سطح خاک می گردد و به این ترتیب ذخیره رطوبتی خاک افزایش پیدا میکند و با کاهش تبخیر انتقال آب به سطح خاک نیز کاهش می یابد وی همچنین بیان کرد که گرچه تفاله شیرین بیان از نظر ماده غذایی مانند مواد آلی دیگر همچون کود گوسفندی و مرغی نیست اما اثرات مثبتی بر برخی فرایندهای خاک دارد. رجایی و همکاران ۱۳۹۴ نیز به اثر ضایعات شیرین بیان در وزن تر و خشک اندام هوایی خیار اشاره کردند. در مقایسه تیمارهای مختلف مشاهده شد که در رطوبت زراعی کامل و

کاربرد ۴۰ درصدی تفاله شیرین بیان بیشترین وزن تک میوه و عملکرد تک بوته به دست آمد. آنها اظهار داشتند که تفاله شیرین بیان شرایط خاک را از لحاظ فیزیکی بهبود داده و آن را بستری مناسب برای رشد خیار کرده است.

نتیجه‌گیری

از آنجا که مصرف کودهای شیمیائی می تواند سبب آلودگی محیط زیست و حتی تجمع بیش از اندازه برخی فاکتورهای سمی مانند نیترات در گیاه شود کاربرد توامان کود شیمیائی همراه با کود آلی (ورمی کمپوست، کود گوسفندی و تفاله شیرین بیان) همراه با کود زیستی ازتوباکتر در نهایت توانست مقدار تولید و عملکرد گیاه را در راستای یک مدیریت ثابت (آب مساوی و شرایط محیطی مشابه)افزایش دهد که این می تواند در عمل تولید این گیاه را به شکل پایدار افزایش دهد. در این مطالعه مشخص شد که کاربرد کود شیمیائی همراه با کود آلی (ورمی کمپوست ، ضایعات شیرین بیان و کود گوسفندی) به رغم تفاوت در منشا و خصوصیت آنها توانست عملکرد مورفولوژیکی گیاه را افزایش دهد اما در تیمار سه گانه که همراهی ازتوباکتر را با خود داشت این خصوصیات بطور کلی به حداکثر خود رسید.

فهرست منابع

۱. چراغی، ع. م. ۱۳۹۵. تاثیر ضایعات شیرین بیان بر حفظ رطوبت و شوری خاک. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس، وزارت کشاورزی. ۲۴ ص.

۲. رجایی, مجید, عطارزاده, محمود, موسوی, سیدحسین, عطارزاده, مصطفی. (۱۳۹۴). استفاده از کمپوست شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)درکاهش اثر تنش کم آبی در خیار گلخانه ای .دانش کشاورزی وتولید پایدار.90-79 ,(3)25 ,

۳. رضایی نژاد، ی.، افیونی م. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن. مجله علوم آب و خاک ۴ (۴) :۱۹-۲۹.

۴. هادی، ح.، ج. دانشیان، ا. اصغرزاده، آ. حمیدی، ع. ر. دانشمند و ن. کاری1388. .بررسی تاثیر ازتوباکتر کروکوکوم و مایه تلقیح سویا بر ویژگی های رویشی سویا. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص ۱۰-۱۲.

5. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S.P.S., 2005. Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in soil science and plant analysis, 36 (13-15), pp. 1737-1746.
6. Arun, K., 2002. A Handbook of Organic Farming. Agrobios, India, 180p.
7. Azzaz, N.A., Hassan, E.A. and Hamad, E.H.,2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Science, 3(2), pp.579-587.
8. Blaise, D., Singh, j.v., Bonde, A.N., Tekale, K.u. and Mayeee, C.D., 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rainfed cotton (Gossypium hirsutum). Bioresource Technology. 96 (3), pp.345-349.
9. Ghilavizadeh, A., Darzi, M.T. and Hadi, M.H.S., 2013. Effects of biofertilizer and plant density on essential oil content and yield traits of Ajowan (Carun copticum). Middle-east journal of Scientific Research, 14 (11), pp. 1508-1512.
10. Han, H.S. and Lee, K.D., 2006. Effect Of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant soil and Environment, 52(3), p.130-136.

11. Hasanudin, H., 2012. increasing the nutrient and uptake availability of N and P and through corn yield of inoculation of mycorrhiza, azotobacter and on ultisol organic matter. Journal of Agriculture Science of Indonesia, 5(1), pp.83-89.
12. Jeyabal, A. and Kuppswamy, G., 2016. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy, 15(3), pp. 153-170.
13. Mamo, M., Rosen, C.J. and Halbach, T.R., 2017. Nitrogen availability and leaching from soil amended with municipal solid waste compost. Journal of Environmental Quality, 28(4), pp. 1074-1082.
14. Manske, G.G.B., Luttger, A.B., Behl, R.K., and Vlek, P.L.G., 2014. Nutrient efficiency based on VA mycorrhizae (VAM) and total root length of wheat cultivars grown in India. Angewandte Botanik (Germany)
15. Martin, X.M.m Sumathi, C.S., and Kannan, V.R., 2011. influence of agrochemicals and azotobacter sp. application on soil fertility in relation to maize growth under nursery conditions. Eurasian Journal of Biosciences. F: 19-28.
16. Pandey, R., 2005. Management of Meloidogyne incognita in Artemisia pallens with bio-organics. Phytoparasitica, 33(3), pp. 304-308.
17. Medina, S., Krassnovsky, A., Yogev, A. and Raviv, M., 2011. Horticultural characteristics of licorice waste compost. Compost Science & Utilization, 19(3), pp.163-169.
18. Sadur, R., Khalil, S.K., Fida, M., Abdur, R., Khan, A.Z., Saljoki, A.R., Muhammad, Z. and Khalil, I.H., 2010. Phenology, leaf area index and grain yield of rainfed wheat influenced by organic and inorganic fertilizer. Pakistan Journal of Botany, 42(5), pp.3671-3685.
19. Sharif Ashor Abadi, A. 1998. Effect of different soil fertilizers and agronomical system on grwth, biochemical contents and essential oil of Fennel (Foeniculumvulgare). PhD Thesis of agronomy, Islamic Azad university, Science and Research Unit of Tehran.
20. Sharifi, M., Afyuni, M. and Khoshgoftarmanesh, A.1-1., 2010. Effect of sewage sludge, compost and cow manure on growth and yield and Fe, Zn, Mn and Ni uptake in tagetes flower. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 1(2), pp.43-54.
21. Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Nautiyal, C.S., Mittal, S., Tripathi, A.K. and Johri, B.N., 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current science, pp.136-150.

Simple and combined effect of chemical fertilizers, organic fertilizers and Azotobacter as a biofertilizer on morphological and physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) (Greenhouse Study)

Ali Kasraian, Department of Soil Science, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran,
alkasra@yahoo.com
Mehdi Jalali, Department of Horticulture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Abstract:
To study the single and combined effect of chemical fertilizers, biofertilizers Azotobacter and organic fertilizer (animal manure (sheep), licorice waste and vermicompost) on the morphological and biochemical characteristics of basil in a completely randomized manner with three replications including treatments of chemical fertilizer, Azotobacter, sheep manure, licorice pulp and vermicompost Single compost and combinations of chemical fertilizers and vermicompost, chemical fertilizers and licorice pulp, chemical fertilizers and sheep manure in double form with the addition of Azotobacter to the group The second is the third treatment Implemented in the greenhouse environment. The results of this study showed that most of the features Plant growth under the influence of selective factors it placed. Wet length and weight of aerial parts and roots

and number of basil leaves to some extent in the presence of experimental factors Improved and the amount of chlorophyll a and b also increased. But the greatest impact was observed when along with chemical and organic fertilizers, Azotobacter was also used. Increasing average of the three combined treatments of all factors in comparison with the control were 20.87, 131, 135.55, 98.72% in plant length, number of leaves per plant , plant fresh weight and root fresh weight respectively.
Keywords: Basili, Fertlizers combine effect, Licorice root waste, Manure, Vermicompost

تأثیر اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه اشنان و قیچ

سمانه میرحسینی[1]، سمیه قاسمی[2]

۱- دانش‌آموخته گروه علوم خاک دانشگاه یزد

۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه یزد s.ghasemi@yazd.ac.ir

چکیده

گیاه اشنان (*Seidlitzia rosmarinus*) و قیچ (*Zygophyllum*) جزء با ارزش‌ترین گونه‌های گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند و نقش بسیار مهمی در تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش بادی دارند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی این دو گونه گیاهی انجام شد. برای اعمال تیمارها، نهال‌ها به مدت ۱۵ روز، به صورت یک روز در میان، توسط محلول ۲۰ میکرو مولار اسیدسالیسیلیک یا سولفوسالیسیلات آبیاری شدند. پس از گذشت ۱۲ هفته از اعمال تیمارها، گیاهان برداشت شده و عملکرد ریشه و شاخساره و غلظت کلروفیل و نیتروژن گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که وزن تر ریشه و شاخساره، در گونه گیاهی قیچ به‌طور معنی‌داری بیشتر از گونه گیاهی اشنان بود. اسیدسالیسیلیک در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار وزن تر شاخساره و غلظت نیتروژن شاخساره شد. همچنین در حضور پیش‌تیمار سولفوسالیسیلات، وزن تر ریشه و شاخساره و غلظت نیتروژن شاخساره افزایش یافت. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، کاربرد هورمون‌های اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات می‌تواند در بهبود رشد گیاهان بیابانی اشنان و قیچ و در نتیجه حفاظت خاک مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: کلروفیل، گیاهان بیابانی، نیتروژن، هورمون گیاهی

مقدمه

مناطق خشک و بیابانی به دلیل کمبود رطوبت، دمای بالا، وزش بادهای شدید، فرسایش خاک و تخریب اراضی ناشی از فعالیت بشر، شرایط بسیار دشواری را برای رشد و توسعه گیاهان بوجود آورده است، بطوریکه تنها تعداد نسبتاً محدودی از گونه های گیاهی قادر به ادامه حیات می باشند. گیاهان بومی چنین مناطقی به دلیل قابلیت سازگاری با شرایط سخت محیطی، از گونه های بسیار ارزشمند محسوب می‌شوند. اشنان از جمله گیاهان بارز شوره‌زارهای کشور است که حتی شوری بیش از ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر را نیز، به راحتی تحمل می‌کند. این درختچه از لحاظ حفاظت خاک، به‌ویژه در نواحی شور و قلیایی، نقش مهمی ایفا می‌کند (Hussin *et al.*, 2013). گیاه قیچ نیز از کلیدی‌ترین و با ارزش‌ترین گونه‌های گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک کشور بوده و در حدود ۱/۸ درصد از سطح کل کشور گسترده شده است. این گیاه در اراضی سبک، ماسه‌ای و تپه‌های شنی به خوبی رشد نموده و با ایجاد شبکه وسیع ریشه‌ای و شاخ و برگ فراوان، در تثبیت شن‌های روان و جلوگیری از فرسایش بادی مؤثر است و به عنوان یک گیاه عالی محافظ خاک عمل می‌کند (جنگجو و نوعدوست، ۱۳۹۱).

با توجه به نقش بسیار مهم پوشش گیاهی در حفاظت از خاک، یافتن راهکارهایی جهت افزایش تحمل گیاهان بیابانی به شرایط نامساعد محیطی و همچنین بهبود رشد آنها، از اهمیت زیادی برخوردار است. اسیدسالیسیلیک یکی از ترکیباتی است که نقش مهمی در تحمل گیاهان به تنش‌های غیر زیستی دارد و به دلیل اینکه می‌تواند اثرات حفاظتی را در گیاهان القا نماید، می‌توان آن را در شرایط نامساعد محیطی به کار برد. اسید سالیسیلیک و مشتقات آن مانند سولفوسالیسیلات، از جمله ترکیبات جدیدی هستند که به عنوان فیتوهورمون در برخی گیاهان عمل می‌کنند و اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. اسید سالیسیلیک در شکوفا شدن جوانه‌ها، نفوذپذیری غشاء، تنفس، بسته شدن روزنه‌ها،

انتقال مواد، فتوسنتز، سرعت رشد و جذب یونها تأثیر گذار است. به علاوه، اسید سالیسیلیک بر فتوسنتز و رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبت دارد (Hayat *et al.*, 2007). نقش مهم اسیدسالیسیلیک در کاهش اثرات منفی ناشی از تـنش‌هـای مختلف زیـــستی و غیـــر زیـــستی، توسط Shakirova et al. (2003) و El-Tayeb (2005) گزارش شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل در چهار تکرارانجام گرفت. تیمارها شامل دو نوع گونه گیاهی (اشنان و قیچ) و سه نوع هورمون (شاهد، اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات) بودند. بذرهای قیچ و اشنان، پس از شستشو و ضدعفونی در گلدان‌های حاوی سه کیلوگرم خاک با بافت لوم رسی شنی، pH ۷/۵ و هدایت الکتریکی ۴/۳ دسی‌زیمنس بر متر، کشت شدند. در هر گلدان پنج بذر کشت شد و پس از سبز شدن، به دو بوته کاهش داده شدند. پس از گذشت هشت هفته از کشت گیاه، تیمارهای اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات اعمال گردید. برای این منظور، نهال‌ها به مدت ۱۵ روز به صورت یک روز در میان توسط ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۲۰ میکرو مولار اسیدسالیسیلیک یا سولفوسالیسیلات آبیاری شدند.

پس از گذشت ۱۲ هفته از اعمال تیمارها، ریشه و شاخساره به‌طور جداگانه برداشت و با آب‌مقطر شسته شدند. وزن تر ریشه و اندام هوایی برای هر نمونه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم توزین شد. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل، ۰/۵ گرم برگ تازه گیاهی توسط استون ۸۰ درصد سائیده شده و پس از عبور از کاغذ صافی، با استون به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید. سپس مقدار جذب عصاره حاصل در طول موج ۶۴۵ و ۶۴۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن نیز، مقدار ۲/. گرم نمونه گیاهی آسیاب شده به بالن هضم انتقال داده شد و پس از هضم در مجاورت کاتالیزور (سولفات مس، سولفات پتاسیم و سلنیم) و اسید سولفوریک غلیظ در دمای ۳۸۰ درجه سلسیوس به مدت سه ساعت، غلظت نیتروژن توسط دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

وزن تر ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که گونه گیاهی و هورمون به ترتیب در سطح یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر وزن تر ریشه داشتند (جدول ۱)، اما اثر متقابل هورمون و گونه گیاهی بر وزن تر ریشه معنی‌دار نبود.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، وزن تر ریشه گونه گیاهی قیچ به‌طور معنی‌داری بیشتر از گونه گیاهی اشنان بود (جدول ۲). همچنین سولفوسالیسیلات در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه شد (جدول ۳)، اما از این نظر اختلاف معنی‌داری بین اسیدسالیسیلیک و تیمار شاهد وجود نداشت. در مطالعه انجام شده توسط Savita and Somveer (2018) نیز کاربرد سولفوسالیسیلیک اسید با غلظت 10^{-5} مولار، باعث بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد گیاه نخود تحت تنش شوری گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر گونه گیاهی و کاربرد هورمون بر وزن تر ریشه و شاخساره و غلظت کلروفیل و نیتروژن

میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات			
		وزن تر ریشه	وزن تر شاخساره	غلظت کلروفیل	غلظت نیتروژن شاخساره
گونه گیاهی	۱	۱۹۹۱/۰۸**	۵۵/۸۱**	۰/۰۵۱**	۰/۴۹**
هورمون	۲	۱۰/۲۴*	۲۰/۵۱**	۰/۰۱۱	۰/۱۲**
هورمون * گونه گیاهی	۲	۷/۴۵	۱/۴۰	۳/۸۰	۰/۲۶**
خطای آزمایش	۲۴	۳/۴۵	۲/۷۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶

* و ** ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد آزمون دانکن است.

جدول ۲- تأثیر گونه گیاهی بر وزن تر ریشه و شاخساره و غلظت کلروفیل و نیتروژن

گونه گیاهی	وزن تر ریشه ($g\ pot^{-1}$)	وزن تر شاخساره ($g\ pot^{-1}$)	غلظت کلروفیل (mg/g)	غلظت نیتروژن شاخساره (٪)
اشنان	۶/۰۶^{b}	۷/۷۸^{b}	۰/۲۶^{b}	۱/۳^{a}
قیچ	۲۴/۲۸^{a}	۱۰/۸۳^{a}	۰/۳۵^{a}	۱/۰۲^{b}

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن نمی‌باشند.

جدول ۳- تأثیر اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات بر وزن تر ریشه و شاخساره و غلظت کلروفیل و نیتروژن

هورمون	وزن تر ریشه ($g\ pot^{-1}$)	وزن تر شاخساره ($g\ pot^{-1}$)	غلظت کلروفیل (mg/g)	غلظت نیتروژن شاخساره (٪)
شاهد	۱۴/۱۱^{b}	۷/۴۶^{b}	۰/۲۶^{a}	۱/۰۵^{c}
اسیدسالیسیلیک	۱۵/۰۳^{ab}	۱۰/۳۳^{a}	۰/۳۴^{a}	۱/۲۹^{a}
سولفوسالیسیلات	۱۶/۳۶^{a}	۱۰/۱۲^{a}	۰/۳۱^{a}	۱/۱۴^{b}

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن نمی‌باشند.

وزن تر شاخساره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که گونه گیاهی و کاربرد هورمون در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر وزن تر شاخساره داشتند (جدول ۱)، اما اثر متقابل آنها بر وزن تر شاخساره معنی‌دار نبود. وزن تر شاخساره گونه گیاهی قیچ به‌طور معنی‌داری بیشتر از اشنان بود (جدول ۲). کاربرد اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات نیز در مقایسه با تیمار شاهد، باعث افزایش معنی‌دار وزن تر شاخساره شدند (جدول ۳). تأثیر مثبت اسیدسالیسیلیک بر افزایش رشد ذرت، توسط Garcia et al. (2002) نیز گزارش شده است. همچنین، Eraslan et al. (2007) مشاهده کردند که کاربرد اسیدسالیسیلیک باعث افزایش رشد گندم و سویا شد.

غلظت کلروفیل

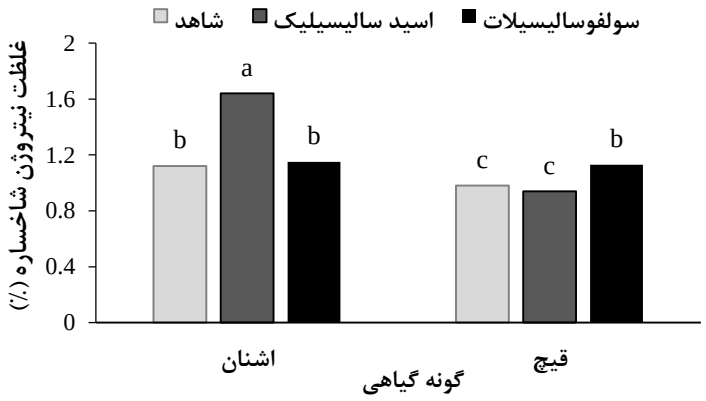
تأثیر گونه گیاهی بر غلظت کلروفیل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱)، اما کاربرد هورمون و اثر متقابل گونه گیاهی و هورمون، تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل نداشتند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲)، غلظت کلروفیل در برگ گونه گیاهی قیچ به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاه اشنان بود.

غلظت نیتروژن شاخساره

تأثیر گونه گیاهی، پیش‌تیمار و اثر متقابل آنها بر غلظت نیتروژن شاخساره در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت نیتروژن در شاخساره گونه گیاهی اشنان به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاه قیچ است (جدول ۲). کاربرد اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات نیز در مقایسه با تیمار شاهد، باعث افزایش غلظت نیتروژن شاخساره شدند (جدول ۳). تأثیر اسیدسالیسیلیک بر افزایش غلظت نیتروژن شاخساره به‌طور معنی‌داری بیشتر از سولفوسالیسیلات بود. در مطالعات متعدد به تأثیر مثبت اسیدسالیسیلیک بر بهبود جذب عناصر غذایی اشاره شده است (Amin *et al.*, 2008 ;Sarangthem and Singh, 2003). در تحقیقی Sarangthem and Singh (2003) مشاهده کردند که کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش غلظت نیتروژن و پروتئین و فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در گیاه لوبیا گردید. تأثیر تیمار اسیدسالیسیلیک بر افزایش غلظت نیتروژن در گیاه ذرت، توسط Güneş et al. (2005) نیز گزارش

شده است. همچنین، Amin *et al.* (2008) مشاهده کردند که کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه گندم شد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها (شکل ۱)، تأثیر کاربرد اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات بر غلظت نیتروژن شاخساره بسته به نوع گیاه متفاوت بود. به‌طوری‌که بیشترین غلظت نیتروژن شاخساره در گیاه اشنان، مربوط به گیاهان تیمار شده با اسیدسالیسیلیک و در گیاه قیچ مربوط به گیاهان تیمار شده با سولفوسالیسیلات بود.



شکل ۱- تأثیر کاربرد اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات بر غلظت نیتروژن شاخساره.

نتیجه‌گیری

برای بهبود و حفاظت از خاک به‌عنوان یکی از عناصر حیاتی کشور، تقویت پوشش گیاهی اهمیت بسیار زیادی دارد. چراکه حل مشکلات خاک بدون توجه به پوشش گیاهی امکان‌پذیر نیست. خاک دارای پوشش گیاهی مناسب، با جذب آب مانع ایجاد سیل و فرسایش خاک می‌شود و از طرفی وجود رطوبت و آب کافی در خاک نیز، باعث افزایش پوشش گیاهی و حاصلخیزی خاک می‌گردد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد اسیدسالیسیلیک و سولفوسالیسیلات از طریق بهبود رشد گیاهان بیابانی اشنان و قیچ، می‌تواند در حفاظت خاک و کنترل فرسایش، مؤثر باشد.

فهرست منابع

جنگجو، م.، نوعدوست، ف. (۱۳۹۱). اکولوژی فردی گیاه قیچ *Zygophyllum atriplicoides* در مراتع استان خراسان شمالی. نشریه مرتع و آبخیزداری ۶۵ (۴). ۴۹۴-۴۸۳

Amin, A., El-Sh. A., Rashed M., Fatma, A. and Gharib E. (2008) Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. Australian Journal of Basic and Applied Science, 2, 252-261.

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45, 215-225.

Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., and Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae,113, 120–128.

Garcia, M.G., Busso, C.A., Polci, P., Garcia, L.N., and Echenique, V. (2002). Water relation and leaf growth rate of three Agropyron genotypes under water stress. Biology of Cell, 26, 309-317.

Güneş, A., İnal, A., Alpaslan, M., Çiçek, N., Güneri, E., Eraslan, F. and Güzelordu T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 51, 687–695.

Hayat, S., Ali, A., Ahmad, A. (2007) Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: Hayat, S., Ahmad, A. (eds), Salicylic acid: a plant hormone, pp. 1-14. Springer, the Netherlands.
Hussin, S., Geissler, N., Koyro, HW. (2013). Effect of NaCl salinity on *Atriplex nummularia* (L.) with special emphasis on carbon and nitrogen metabolism. Acta Physiologiae Plantarum, 35(4), 1025-1038.
Sarangthem, K. and Singh, T.H.N. (2003) Efficacy of salicylic acid on growth, nitrogen metabolism and flowering of *Phaseolus vulgaris*. Crop Research, 26, 355-360.
Savita, S. and Somveer, J. (2018). Effect of foliar spray with sulfosalicylic acid on morphological and yield traits of chickpea under salinity conditions. Annals of Plant Sciences, 7, 2139-2146.
Shakirova, F.M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A. and Fatkhutdinova D.R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164, 317–322.

The effect of salicylic acid and sulfosalicylate on the some morphophysiological characteristics of *Seidlitzia rosmarinus* and *Zygophyllum*

Samaneh Mirhoseini, Somayeh Ghasemi

Department of Soil Science, Yazd University, s.ghasemi@yazd.ac.ir

Abstract

Plants of *Seidlitzia rosmarinus* and *Zygophyllum* are among the most valuable plant species in arid and semi-arid regions and play a very important role in soil stabilization and prevention of wind erosion. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the effect of salicylic acid and sulfosalicylate on the some morphological and physiological characteristics of these two plant species. To apply treatments, plants were irrigated for 15 days, one day in between, with 20 µM solution of salicylic acid or sulfosalicylate. After 12 weeks of application of treatments, plants were harvested and root and shoot yield and concentration of chlorophyll and nitrogen were measured. The results showed that root and shoot fresh weight in plant species of *Zygophyllum* was significantly higher than *Seidlitzia rosmarinus*. Salicylic acid showed a significant increase in shoot fresh weight and shoot nitrogen concentration compared to control treatment. Also, in the presence of sulfosalicylate, root and shoot fresh weight and shoot nitrogen concentration increased. Based on the results of this study, the use of salicylic acid and sulfosalicylate hormones can be effective in improving the growth of desert plants of *Seidlitzia rosmarinus* and *Zygophyllum* as a result of soil conservation.

Keywords: chlorophyll**,** Desert plants, Nitrogen**,** Plant hormone

واکنش خصوصیات رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی ارقام مختلف برنج به نانو کود نیتروژن

فرهاد حبیب‌زاده[۱]، ارسطو عباسیان[۲] و سید جابر حسینی[۳]

۱- استادیار، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران (آدرس پست الکترونیکی نویسنده مسئول: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir)، ۲- استادیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، ۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

مدیریت تغذیه گیاهان زراعی از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و نقش مهمی در کاهش خلاء عملکرد دارد. محلول‌پاشی نانو کودها در بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی نقش مهمی دارد. بدین منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۱۲ رقم برنج به عنوان فاکتور اول و محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد نانو کود نیتروژن) به عنوان فاکتور دوم بودند. خصوصیات مختلف شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a به b، کاروتنوئید و آنتوسیانین در مرحله رویشی در ارقام مختلف مورد مطالعه، اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش نشان داد که نانو کود نیتروژن تاثیر مثبتی بر خصوصیات رنگدانه‌ای ارقام مختلف برنج داشت. نتایج تجزیه کلاستر نشان داد که تنوع مطلوبی بین ارقام مورد مطالعه در شرایط عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن وجود داشت.

واژگان کلیدی: آنتوسیانین، تجزیه کلاستر، تابع تشخیص، فتوسنتز، کاروتنوئید

مقدمه

برنج یکی از گیاهان مهم زراعی می‌باشد که در سطح جهان بخش وسیعی از اراضی تحت کشت را به خود اختصاص داده است. از سویی دیگر به دلیل عدم تغذیه مناسب گیاهان زراعی به‌ویژه برنج، اختلاف زیادی بین عملکرد پتانسیل و عملکرد بالقوه وجود دارد، بدین منظور، یکی از راه‌های کاهش خلاء عملکرد مدیریت تغذیه گیاهان زراعی می‌باشد. از سویی دیگر، نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف و مهم در رشد و نمو گیاه برنج است که نقش‌های زیادی را در فیزیولوژی گیاهان زراعی ایفا می‌کند. یکی از مهم‌ترین نقش‌های عنصر نیتروژن، تاثیر آن بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی می‌باشد. علاوه بر این، نیتروژن در پدیده سیگنالینگ گیاهی نیز نقش عمده‌ای داشته و تاثیر بسزایی در سازماندهی هورمون‌های گیاهی دارد (Yang et al., 2020). امروزه با توجه به آبشویی زیاد نیتروژن در پرورش گیاه برنج، محققین علوم زیستی بر این باورند که بکارگیری روش‌های دیگری به غیر از کاربرد خاکی عناصر غذایی، می‌تواند موجب بهبود تغذیه گیاه برنج و کاهش آبشویی عنصر نیتروژن شود. یکی از راهکارهای مفید در این زمینه استفاده از روش محلول‌پاشی عناصر غذایی می‌باشد. امروزه نانو کودها فناوری نوینی هستند که با کوچک کردن اندازه ذرات در مقیاس نانو، امکان جذب بسیار بیشتری را فراهم می‌آورند (Sajyan et al., 2020). قابلیت جذب و مصرف بالا هم از طریق خاک (به صورت سرک همراه آب آبیاری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی) و هم از طریق برگ (محلول‌پاشی) از ویژگی‌های این نوع کودها به شمار می‌روند (Abbasifar et al., 2020). امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای

شیمیایی به وجود آورده است، استفاده از کودهای زیستی و نانو کودها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است (Ahmadian et al., 2021). بنابراین، هدف از انجام این آزمایش بررسی پاسخ فیزیولوژیکی ارقام مختلف برنج به نانو کود نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی ارقام مختلف برنج از نظر برخی خصوصیات رنگدانه‌ای در پاسخ به محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۱۲ رقم برنج (G1: آمل یک، G2: آمل دو، G3: آمل سه، G4: کشوری، G5: فجر، G6: تابش، G7: دشت، G8: خزر، G9: نعمت، G10: ندا، G11: سفیدرود و G12: خزر) به عنوان فاکتور اول و محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد نانو کود نیتروژن) به عنوان فاکتور دوم بودند. محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن در دو مرحله به ترتیب ۱۵ و ۲۵ روز پس از نشاکاری صورت گرفت. خصوصیات مختلف شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a به b، کاروتنوئید و آنتوسیانین در مرحله رویشی در ارقام مختلف مورد مطالعه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ای آزمایش به وسیله نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. همچنین برای انجام تجزیه‌های چند متغیره شامل تجزیه کلاستر، تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه تابع تشخیص از نرم‌افزار XLSTAT استفاده شد.

نتایج و بحث

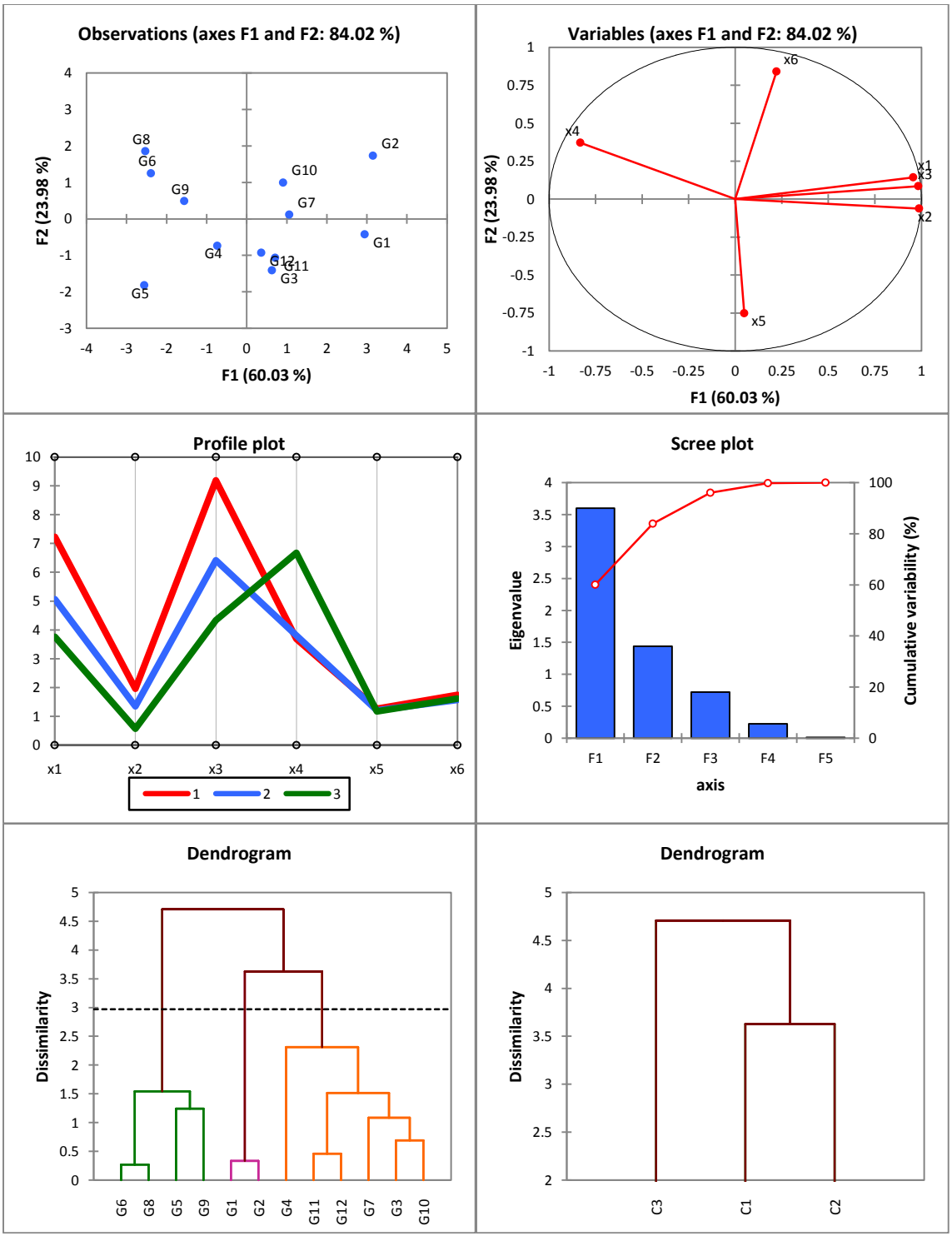
بر پایه نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر متقابل برای کلیه صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول نشان داده نشد). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کلیه ارقام مورد مطالعه از نظر همه صفات اندازه‌گیری شده تحت تاثیر نانو کود نیتروژن قرار گرفتند. آماره‌های توصیفی نشان داد که مقدار صفات کلروفیل a، b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و آنتوسیانین در تیمار محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد بیشتر بود (جدول ۱). تعدادی از محققین نشان دادند که نانو کود نیتروژن نقش مهمی در افزایش خصوصیات فتوسنتزی به‌ویژه رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی دارد (Ponce-García et al., 2019; Mahdavi Khorami et al., 2020).

جدول ۱- آماره‌های توصیفی مربوط به کلیه صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف برنج

صفات	عدم محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن				محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن			
	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
کلروفیل a (میکروگرم بر میلی لیتر)	۳/۳۷	۷/۲۴	۴/۹۹	۱/۳۱	۵/۳۸	۹/۲۶	۷/۰۱	۱/۳۱
کلروفیلb (میکروگرم بر میلی لیتر)	۰/۵۰	۱/۹۸	۱/۱۹	۰/۵۳	۲/۰۴	۳/۵۲	۲/۷۳	۰/۵۳
کلروفیل کل(میکروگرم بر میلی لیتر)	۳/۹۲	۹/۲۰	۶/۱۸	۱/۸۱	۷/۴۷	۱۲/۷۵	۹/۷۴	۱/۸۱
نسبت کلروفیل a به b	۳/۰۴	۷/۴۶	۴/۷۵	۱/۵۳	۲/۲۶	۳/۰۰	۲/۶۸	۰/۲۵
کاروتنوئید (میکروگرم بر میلی لیتر)	۰/۹۹	۱/۴۵	۱/۲۰	۰/۱۷	۱/۳۴	۱/۸۱	۱/۵۶	۰/۱۷
آنتوسیانین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۱/۴۵	۱/۸۳	۱/۶۱	۰/۱۱	۲/۹۰	۳/۲۸	۳/۰۷	۰/۱۱

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط عدم محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن نشان داد که تعداد دو مولفه دارای مقدار ویژه بالاتر از یک بودند و به عنوان مولفه اثرگذار شناخته شدند (شکل ۱). همچنین نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که مولفه اول با ۶۰/۰۳ درصد و مولفه دوم با ۲۳/۹۸ درصد بیشترین میزان واریانس نسبی را به خود اختصاص دادند و در کل ۸۴/۰۲ درصد از

واریانس کل را دارا بودند. بای‌پلات حاصل از مولفه اول و دوم نشان داد که ژنوتیپ‌های G1، G2، G7 و G10 دارای همبستگی بالایی با صفات کلروفیل a، b و کلروفیل کل بودند. همچنین تجزیه کلاستر ارقام مختلف مورد مطالعه را به سه گروه مجزا تفکیک نمود که گروه دوم دارای بیشترین تعداد ارقام بود. مقایسه بین گروه‌های حاصل از تجزیه کلاستر نشان داد که بیشترین میزان اختلاف بین سه گروه مربوط به صفات کلروفیل a، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a به b بود.

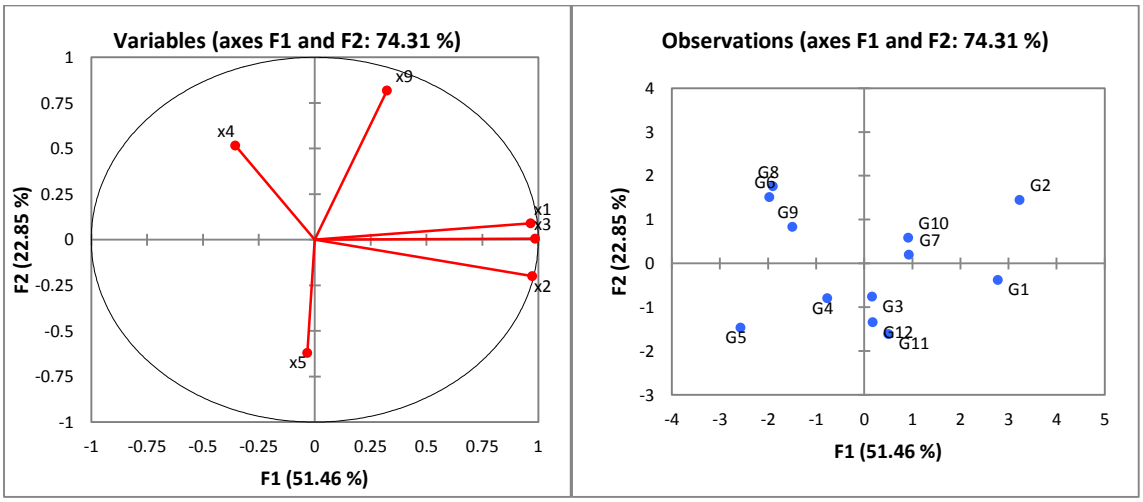


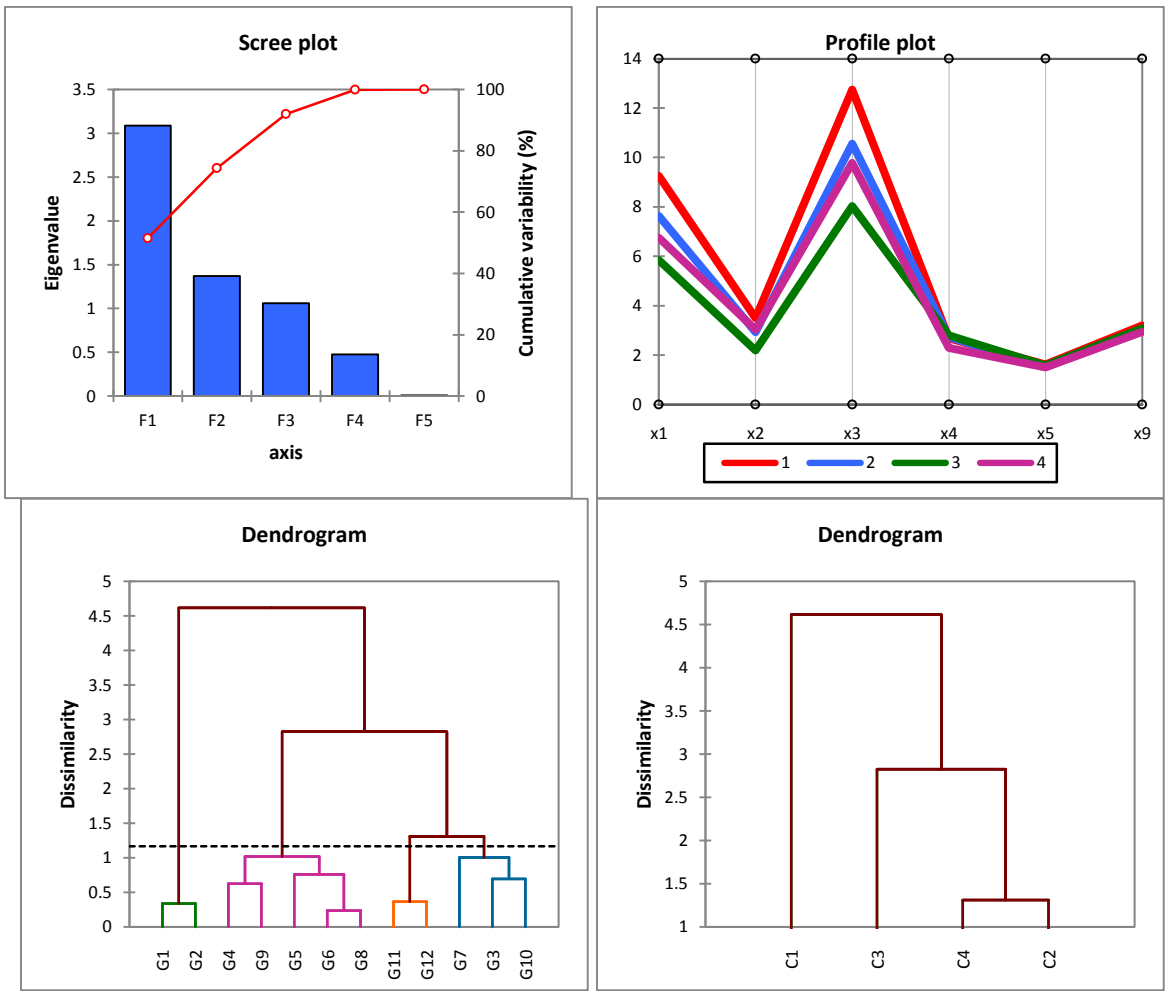
شکل ۱- نتایج تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط عدم محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن (x1: کلروفیل a (میکروگرم بر میلی لیتر)، x2: کلروفیل b (میکروگرم بر میلی لیتر)، x3: کلروفیل کل(میکروگرم بر میلی لیتر)، x4: نسبت کلروفیل a به b ، x5: کاروتنوئید (میکروگرم بر میلی لیتر) و x6: آنتوسیانین (میلی گرم بر گرم وزن تر))

نتایج تجزیه چند متغیره در شرایط محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن در شکل ۲ نشان داده شد. بر اساس نتایج نمودار سنگریزه مشخص شد که تعداد سه مولفه در شرایط محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن دارای مقدار ویژه بالاتر از یک بودند و به عنوان مولفه‌های اثرگذار انتخاب شدند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که مولفه اول و دوم به ترتیب با ۵۱/۴۶ و ۲۲/۸۵ درصد بیشترین میزان واریانس نسبی را به خود اختصاص دادند و در مجموع ۷۴/۳۱ درصد از واریانس کل را دارا بودند. تجزیه کلاستر در شرایط محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن ارقام مختلف را در چهار گروه مجزا تفکیک نمود که گروه سوم بیشترین تعداد ارقام را دارا بود. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده مشاهده شد که بیشترین مقدار اختلاف بین چهار گروه حاصل از تجزیه کلاستر مربوط به صفات کلروفیل a و کلروفیل کل بود. حسینی و همکاران (۲۰۲۱) از روش تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی جهت گروه‌بندی اکوتیپ‌های مختلف نعناع بر مبنای خصوصیات رنگدانه‌ای استفاده نمودند. نتایج مربوط به تجزیه تابع تشخیص در شکل ۳ نشان داده شد. بر پایه نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص مشاهده شد که گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه کلاستر در شرایط عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن به ترتیب دارای صحت تشخیص ۹۱ و ۱۰۰ درصد بودند.

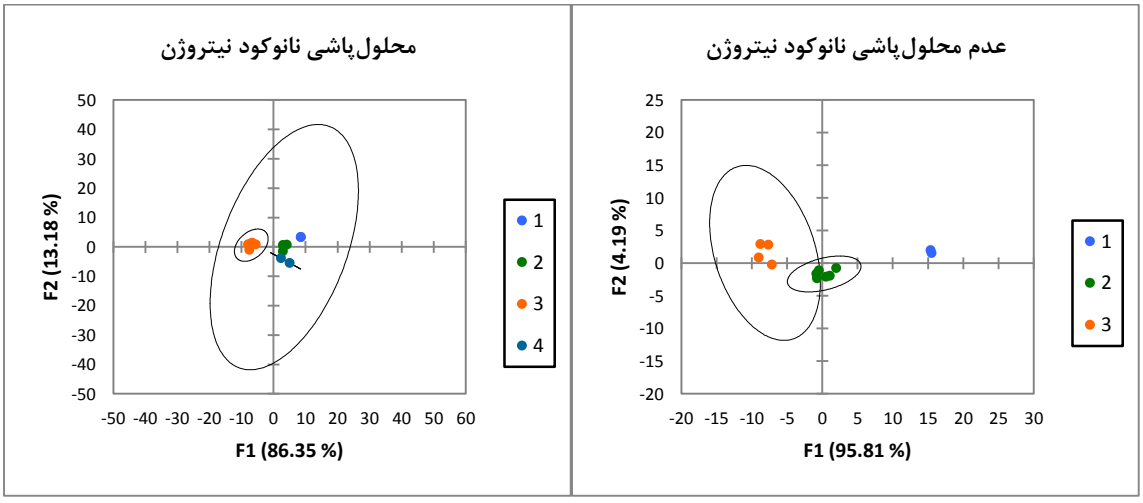
نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تنوع مطلوبی بین ارقام مختلف برنج در هر دو شرایط محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن وجود داشت. همچنین نانو کود نیتروژن توانست خصوصیات رنگدانه‌ای ارقام مختلف برنج را بهبود بخشد. از این رو می‌توان از نانو کود نیتروژن به منظور بهبود تغذیه گیاه زراعی برنج و همچنین به جهت کاهش آبشویی نیتروژن، حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی استفاده نمود.





شکل ۲- نتایج تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن



شکل ۳- نتایج تجزیه تابع تشخیص بر اساس نتایج به دست آمده از کلیه صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف برنج (x1: کلروفیل a (میکروگرم بر میلی لیتر)، x2: کلروفیل b (میکروگرم بر میلی لیتر)، x3: کلروفیل کل(میکروگرم بر میلی لیتر)، x4: نسبت کلروفیل a به b، x5: کاروتنوئید (میکروگرم بر میلی لیتر) و x6: آنتوسیانین (میلی گرم بر گرم وزن تر))

منابع

Abbasifar, A., Shahrabadi, F., & ValizadehKaji, B. (2020). Effects of green synthesized zinc and copper nano-fertilizers on the morphological and biochemical attributes of basil plant. Journal of Plant Nutrition, 43(8), 1104-1118.

Ahmadian, K., Jalilian, J., & Pirzad, A. (2021). Nano-fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation. Agricultural Water Management, 244, 106544.

Hosseini, S. J., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Pirdashti, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Hazrati, S., & Nicola, S. (2021). Investigation of yield, phytochemical composition, and photosynthetic pigments in different mint ecotypes under salinity stress. Food Science & Nutrition, 9(5), 2620-2643.

Mahdavi Khorami, A., Masoud Sinaki, J., Amini Dehaghi, M., Rezvan, S., & Damavandi, A. (2020). Sesame (Sesame indicum L.) biochemical and physiological responses as affected by applying chemical, biological, and nano-fertilizers in field water stress conditions. Journal of Plant Nutrition, 43(3), 456-475.

Ponce-García, C. O., Soto-Parra, J. M., Sánchez, E., Muñoz-Márquez, E., Piña-Ramírez, F. J., Flores-Córdova, M. A., & Yáñez Muñoz, R. M. (2019). Efficiency of nanoparticle, sulfate, and zinc-chelate use on biomass, yield, and nitrogen assimilation in green beans. Agronomy, 9(3), 128.

Sajyan, T. K., Alturki, S. M., & Sassine, Y. N. (2020). Nano-fertilizers and their impact on vegetables: Contribution of Nano-chelate Super Plus ZFM and Lithovit®-standard to improve salt-tolerance of pepper. Annals of Agricultural Sciences, 65(2), 200-208.

Yang, Y., Xiong, J., Tao, L., Cao, Z., Tang, W., Zhang, J., & Lu, Y. (2020). Regulatory mechanisms of nitrogen (N) on cadmium (Cd) uptake and accumulation in plants: a review. Science of the Total Environment, 708, 135186.

Response of photosynthetic and non-photosynthetic pigment properties of different rice cultivars to nitrogen nano-fertilizer

Farhad Habibzadeh[1], Arasto Abbasian[2] and Seyyed Jaber Hosseini[3]

1- Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran (Corresponding author email: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir), 2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran; 3- PhD student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Crop nutrition management is very important and plays an important role in reducing the yield gap. Foliar application of nano-fertilizers plays an important role in improving physiological properties. For this purpose, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in field conditions. The studied treatments included 12 rice cultivars as the first factor and foliar application of nitrogen nano-fertilizer at two levels (application and non-application of nitrogen nano-fertilizer) as the second factor. Various characteristics including chlorophyll a, b, total chlorophyll, chlorophyll a to b ratio, carotenoids and anthocyanins were measured in the growing stage in different cultivars. The results showed that nitrogen nano-fertilizer had a positive effect on the pigment properties of different rice cultivars. The results of cluster analysis showed that there was a favorable variation between the studied cultivars in terms of non-foliar application and foliar application of nitrogen nano-fertilizer.

Keywords: Anthocyanin, Carotenoids, Cluster analysis, discriminant analysis, Photosynthesis

اثر تنش گرما و مقا دیر ازت برخصوصیات خوشه و میزان کلروفیل برگ لاین های متحمل به گرمای برنج

عبدالعلی گیلانی[1*] و سامی جلالی [2]

*۱- استاد یار پژوهش بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
gilani.abdolali@yahoo.com
۲- محقق برنج، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین نقش کود ازته در واکنش ارقام متحمل به گرمای برنج به تنش درجه حرارت زیاد از طریق تغییر در تاریخ‌کاشت طراحی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار به روش خشکه‌کاری و طی دوسال(۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) اجراء شد. سه تاریخ‌کاشت (d1= ۴/۱، d2= ۴/۱۰ و d3= ۴/۲۰) در کرت‌های اصلی و۳ لاین برنج متحمل به گرمای انتخابی از ۵۴ لاین ارسالی از ایری V1=IR64197-3B-15-2 ،V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG ،V3=GHARIB(ACC32307)+HARIB و V4= رقم محلی هویزه(شاهد متحمل به گرما) وسه سطح نیتروژن خالص (n1=۵۰، n2=۷۵ و n3=۱۰۰ کیلوگرم درهکتار) به صورت فاکتوریل درکرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیشترین طول خوشه با ۲۴/۶ سانتی‌متر را رقم هویزه در تاریخ‌کاشت دوم و سطح n3 داشت و کمترین آن با متوسط ۱۷/۳ سانتی‌متر مربوط به لاین ۳ از سطح n1 در تاریخ‌کاشت اول بود. در هر سه مقدار از نیتروژن، میزان‌باروری لاین۱ از دولاین دیگر و رقم هویزه بیشتر بود و مقدار آن در دامنه ۷۳ درصد از n1 تا ۷۵/۷ درصد در n3 قرار داشت. زمان ظهورخوشه ارقام برنج در سطوح نیتروژن و هر سه تاریخ‌کاشت در ساله دوم کمتر از اول بود. میزان کلروفیل از تاریخ‌کاشت اول به سوم در هر دوسال روند افزایشی داشت. عدد کلروفیل سنج هر سه لاین و رقم هویزه در سال دوم از مقادیر کمتری برخوردار بود .

واژگان کلیدی: خشکه‌کاری، ظهور خوشه، عقیمی گلچه، میزان کلروفیل

مقدمه

ایتووهمکاران (۱۹۹۹)و حوری وهمکاران(۱۹۹۶)اعلام نمودند فرآیند گرم شدن زمین می‌تواند باعث عقیمی گلچه‌ها و افزایش ناپایداری عملکرد دانه برنج در آینده حتی در مناطق معتدله شود. لذا پذیرش واریته‌های محتمل به گرما یکی از موثرترین اقدامات متقابل برای حفظ بازدهی و پایداری زیاد برنج در شرایط آب و هوایی پیش روی در نواحی معتدله خواهد بود. (حوری و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش نمودند واکنش عملکرد برنج نسبت به افزایش دمای محیط می‌تواند بسته به شرایط رشد متفاوت باشد به طوری‌که با افزایش درجه‌حرارت، عملکردها در نواحی با عرض‌های جغرافیایی پایین، کاهش می‌یابد. چون هرگونه افزایش دما می‌تواند آنها را در معرض تنش بیشتر قرار دهد اما در عرض‌های بالا و متوسط که عملکرد، توسط دماهای پایین و فصل رشد کوتاه محدود می‌گردد تولید دانه افزایش خواهد یافت . مطالعه برنج رقم IR64 (ایندیکا، لولند) و آزوسینا (ژاپینکا، آپلند) در سه رژیم گرمایی شامل $29/6^{\circ}C$ (شاهد)، $33/7^{\circ}C$ و $36/2^{\circ}C$ نشان داد چنانچه هر دو ژنوتیپ به مدت یک ساعت و یا حتی کمتر در معرض دمای $33/7^{\circ}C$ یا بیشتر قرارگیرند، میزان عقیمی افزایش می‌یابد. همچنین به ازای هر درجه افزایش دما بالای $29/6^{\circ}C$ در رقم IR64 و $33^{\circ}C$ در آزوسینا، میزان باروری به ترتیب ۷ و ۲/۴ درصد کاهش یافت (جاگادیش و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله (۲۰۰۰-۲۰۰۲). در تایوان بر روی رقم برنج TNG61 نشان داد بین میزان نیتروژن، کلروفیل برگ و قرائت‌های SPAD یک رابطه خطی با ضریب تبیین ۸۶ درصد وجود دارد (یانگ، ۲۰۰۳). افزایش شدید میزان عقیمی گلچه‌ها و کاهش طول دوره رسیدگی و پر شدن دانه در مرحله زایشی ناشی از درجه زیاد، نه تنها یکی از عوامل اصلی افت تولید دانه برنج در استان خوزستان محسوب می‌شود بلکه منجر به حذف تعداد قابل‌توجهی از ژرم‌پلاسم‌های ارسالی از داخل و خارج کشور و

کاهش تنوع در ارقام قابل کشت استان می‌گردد. لذا معرفی لاین‌های جدید و سازگار با عملکرد مطلوب امری اجتناب‌پذیر است. تحقق این مهم مستلزم تعیین نقش تاریخ‌کاشت و تاثیرگذاری آن بر پارامترهای اقلیمی مطلوب و مورد نیاز لاین‌های برنج از یک طرف و فرآیند جذب نیتروژن توسط ریشه و انتقال آن به بخش‌های بالایی گیاه، متابولیسم و سرعت جذب و انباشت آن در سطح اندام‌های هوایی بخصوص میزان و تداوم سبزینگی برگ‌ها بخصوص در دوره زایشی و تشکیل دانه از طرف دیگر می‌باشد .

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف تعیین واکنش لاین‌ها و رقم متحمل به گرمای برنج به تغییرات پارامترهای اقلیمی ناشی از تفاوت در تاریخ‌کاشت، مقادیر نیتروژن و دست‌یابی به سطح مطلوبی از آنها طراحی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار به مدت دوسال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. تاریخ‌کاشت (۴/۱، ۴/۱۰، ۴/۲۰) به عنوان عامل اصلی و۳ لاین برنج متحمل به گرمای انتخابی از ۵۴ لاین ارسالی از ایری V1=IR64197-3B-15-2، V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG، V3=GHARIB(ACC32307)+ HARIB وV4= رقم محلی هویزه(شاهد متحمل به گرما) و سه سطح نیتروژن خالص(n1=۵۰، n2=۷۵ وn3=۱۰۰ کیلوگرم درهکتار) به صورت فاکتوریل درکرت‌های فرعی قرارگرفتند پس از بسترسازی کامل، بذر خشک لاین‌ها با احتساب ۸۰ کیلوگرم درهکتار در یک بستر خشک بذرپاشی شد و سپس با چنگک در عمق ۳ سانتی‌متری خاک قرارگرفت. برای تسریع در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ها، آب با عمق ثابت ۴سانتی‌متر به مدت ۲۰ ساعت درکرت‌ها حفظ شد. سپس تا ظهور اولین برگ دور آبیاری در حد اشباع نمودن خاک تا عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت .و پس از آن تا ۷-۸ روز قبل از برداشت، آبیاری به صورت غرقاب کامل و با ارتفاع ۵-۴ سانتی‌متر و تناوب ۴ روزه انجام شد. با توجه به نتایج تجزیه خاک، عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و روی از منابع فسفات‌آمونیم، سولفات پتاسیم و روی به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۴۰ کیلوگرم درهکتار به صورت خاک‌کاربرد مصرف گردیدند. اما نیتروژن خالص در چهار تقسیط طی مراحل نموی شامل پایان گیاهچه‌ای و شروع پنجه‌زنی، ابتدای ساقه رفتن، آبستنی و ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها استفاده شد . طول و درصدباروری‌خوشه با برداشت تصادفی ۵۰ خوشه در زمان برداشت تعیین شدند. زمان ۵۰ درصد خوشه‌دهی به طریق چشمی محاسبه گردیدند. مقدار کلروفیل برگ پرچم در زمان گرده‌افشانی توسط دستگاه کلروفیل‌متردستی یا(SPAD-502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری گردید. تجزیه مرکب توسط برنامه MSTATC و مقایسه میانگین‌ها به روش چنددامنه‌ای‌دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

- طول‌خوشه:

نتایج تجزیه مرکب نشان داد بین ارقام، نیتروژن، اثرمتقابل رقم و تاریخ‌کاشت و اثرمتقابل سه‌گانه تاریخ‌کاشت، رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد و تاریخ‌کاشت و نیتروژن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری بود. اما در سایر اثرات اصلی و متقابل دو و سه‌گانه به لحاظ آماری اختلافی وجود نداشت (جدول ۱). واکنش ارقام به تاریخ‌کاشت در طی دو سال نشان داد علی‌رغم کاهش طول‌خوشه رقم هویزه و سه لاین از سه تاریخ‌کاشت در سال دوم، در هر دو سال رقم هویزه و لاین۲ در هر سه تاریخ‌کاشت نسبت به دو لاین دیگر برتری داشتند. و مقدار آن از حداکثر ۲۴/۱ سانتی‌متر از رقم هویزه در تاریخ‌کاشت و سال اول تا حداقل ۱۸/۴ سانتی‌متر در لاین۳ و تاریخ‌کاشت اول در سال دوم متغیر بود. در اثرمتقابل سه‌گانه سال و تاریخ‌کاشت و نیتروژن مشخص شد طول‌خوشه سطوح نیتروژن در هر سه تاریخ‌کاشت در سال دوم کمتر بود. همچنین در سال اول و دوم مقدار آن در هر سه سطح نیتروژن از تاریخ‌کاشت اول به دوم با نسبت‌های متفاوت افزایش یافت اما در تاریخ‌کاشت سوم کاهش داشت. واکنش لاین‌ها و رقم هویزه به سطوح نیتروژن در طی دو سال نشان داد رقم هویزه و لاین ۲ در هر سه سطح از نیتروژن از طویل‌ترین خوشه در هر دو سال برخوردار بودند. در اثرمتقابل سه‌گانه تاریخ‌کاشت رقم و نیتروژن مشخص شد در هر سه تاریخ‌کاشت و سطوح نیتروژن، رقم هویزه و

لاین۲ بر دو لاین دیگر برتری داشتند و بیشترین آن با ۲۴/۶ سانتی‌متر مربوط به رقم هویزه در تاریخ‌کاشت دوم و سطح n3 بود و کمترین مقدار با متوسط ۱۷/۳ سانتی‌متر را لاین ۳ از سطح n1 در تاریخ‌کاشت اول داشت.

- باروری‌خوشه:

با توجه به نتایج ، بین تاریخ‌کاشت، رقم، اثرمتقابل دوگانه سال و تاریخ‌کاشت، سال و رقم، تاریخ‌کاشت و رقم، رقم و نیتروژن، و اثرمتقابل سه‌گانه سال و رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار بود. اما درسایرمواردداختلافی ازنظرآماری وجود نداشت(جدول۱). واکنش ارقام برنج در طی دو سال مشخص نمود بیشترین میزان باروری با ۷۵/۲ درصد در لاین ۱ و سال دوم بدست آمد اما کمترین آن با مقادیر ۴۵/۵ و ۴۶/۲ درصد مربوط به رقم هویزه در سال‌های اول و دوم بود. همچنین در هر دو سال، لاین ۱ باروری بالاتری نسبت به دو لاین دیگر و رقم هویزه داشت اثرمتقابل نیتروژن و تاریخ‌کاشت نشان داد میزان‌باروری خوشه در سطوح نیتروژن از تاریخ‌کاشت اول به سوم روند افزایشی داشت و در هر سه تاریخ‌کاشت، سطح سوم نیتروژن نسبت به دو سطح دیگر دارای برتری بود. در اثرمتقابل رقم و نیتروژن مشخص شد در هر سه مقدار از نیتروژن، میزان‌باروری لاین۱ از دولاین دیگر و رقم هویزه بیشتر بود و مقدار آن در دامنه ۷۳ درصد در n1 تا ۷۵/۷ درصد در n3 قرار داشت. اما کمترین مقدار با متوسط ۴۵/۹ درصد مربوط به رقم هویزه بود. اثرمتقابل سه‌گانه سال، تاریخ‌کاشت و رقم نشان داد بیشترین وکمترین میزان‌باروری با مقادیر۸۲/۳ درصد و ۲۴/۵ درصد را به ترتیب لاین۳ و تاریخ‌کاشت سوم و رقم هویزه و تاریخ‌کاشت اول درسال دوم داشتند. در اثرمتقابل تاریخ‌کاشت و نیتروژن در طی دو سال، میزان‌باروری خوشه سطوح نیتروژن در سه تاریخ‌کاشت مستقل از سال بود به طوری‌که سه سطح نیتروژن از سال اول به دوم میزان باروری‌شان در دو تاریخ‌کاشت اول و دوم روند کاهشی داشت. اما درتاریخ‌کاشت سوم مقدار آن به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافت و بیشترین باروری خوشه نیز مربوط به این تاریخ‌کاشت بود. همچنین به موازات افزایش مقدار نیتروژن، میزان‌باروری خوشه در این تاریخ‌کاشت به طورنسبی زیاد شد. اثرمتقابل سال، رقم و نیتروژن نشان داد بیشترین میزان‌باروری خوشه با مقادیر ۷۶/۱ و ۷۶/۲ درصد به ترتیب مربوط به لاین۱ و سطوح n2 و n3 در سال‌های اول و دوم بود. اما کمترین مقدار را رقم هویزه و سطوح نیتروژن در طی دو سال داشتند. در مجموع لاین ۱ در هر سه سطح نیتروژن و در هر دو سال نسبت به دو لاین دیگر و رقم هویزه از باروری بیشتری برخوردار بود. در اثرمتقابل تاریخ‌کاشت، رقم و نیتروژن مشخص شد باروری خوشه لاین ۱ در هر سه سطح نیتروژن از تاریخ‌کاشت اول به دوم کاهش و سپس افزایش یافت اما در لاین ۲ روند متفاوت و برعکس بود. از طرفی در رقم هویزه و لاین۳ میزان‌باروری از تاریخ اول تا سوم روند افزایشی داشت و بیشترین مقادیر آنها نیز در تاریخ‌کاشت سوم بدست آمد. همچنین واکنش رقم هویزه به تغییرات تاریخ‌کاشت در هر سه سطح نیتروژن به مراتب بیشتر از سه لاین دیگر بود.

- زمان۵۰٪ خوشه‌دهی:

نتایج تجزیه مرکب نشان داد بین سال، رقم، اثرمتقابل سال و رقم،تاریخ‌کاشت و رقم در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار بودند. اما در سایر اثرات اصلی و متقابل بین عوامل آزمایش از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(جدول۱). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، در سال اول، ۵۰% خوشه‌ها، ۱۰۲ پس از کاشت ظاهر شدند اما در سال دوم مدت زمان آن به ۹۵ روز کاهش یافت. به نظر می‌رسد دمای بیشتر هوا در سال دوم و افزایش سرعت رشد باعث کوتاه‌تر شدن در زمان ظهور خوشه‌ها و گلدهی گردید. به طوری که در سال دوم، زمان ظهورخوشه‌ها در هر سه تاریخ‌کاشت با ریت متفاوت کاهش یافت. و مدت زمان آن از حداکثر ۱۰۳ روز در تاریخ‌کاشت دوم وسال اول تا ۹۴ روز در تاریخ‌کاشت‌های اول و سوم در سال دوم متغیر بود. در اثرمتقابل سه‌گانه سال و تاریخ‌کاشت و رقم صرف‌نظر از کاهش زمان ظهورخوشه ارقام در تاریخ‌کاشت سوم از سال دوم، روند واکنش لاین‌های۱ و۳ و رقم هویزه درتاریخ‌کاشت اول و دوم در طی دو سال کاهشی بود که میزان آن در لاین۳ به مراتب بالاتر بود. اما در لاین۲ واکنش افزایشی داشت. اثرمتقابل سال و تاریخ‌کاشت و نیتروژن نشان داد علاوه بر روند کاهشی زمان ظهورخوشه سطوح نیتروژن در هر سه

تاریخ‌کاشت از سال اول به دوم، تفاوت بین مقادیر نیتروژن در هر تاریخ‌کاشت، طی دو سال بسیار کم و جزیی بود. و مقدار آن از ۱۰۴ روز در سطح سوم نیتروژن از تاریخ‌کاشت دوم و سوم در سال اول تا ۹۳ روز از سطوح اول و سوم در تاریخ‌کاشت اول و سطح دوم از تاریخ‌کاشت سوم در سال دوم متغیر بود. در اثرمتقابل سال و رقم و نیتروژن، تعداد روز جهت ظهورخوشه‌ها در هر سه لاین و رقم هویزه و تمام سطوح نیتروژن از سال اول به دوم با شدت‌های متفاوت کاهش یافت. در دو لاین۲ و ۳ به موازات تاخیر در کاشت، زمان ظهورخوشه‌ها بشدت کاهش و کوتاهتر شد در حالی‌که در رقم هویزه روند افزایشی بود. لذا لاین۳ در تمام سطوح نیتروژن وتاریخ‌کاشت دوم با ۱۰۴ روز و رقم هویزه درسطح دوم نیتروژن و تاریخ‌کاشت اول با ۸۹ روز، در یک بازه زمانی ۱۴ روزه اختلاف داشتند. کاشت زودتر رقم هویزه در تاریخ‌کاشت اول و دوره رشد کمتر آن نسبت به لاین‌های دیگر از دلایل دست یابی به نتیجه مزبور می‌باشد.

عددکلروفیل‌سنج:

نتایج مربوط به مقدار کلروفیل مشخص نمود بین ارقام، سطوح نیتروژن، اثرمتقابل دوگانه تاریخ‌کاشت و رقم، سال و نیتروژن، رقم و نیتروژن و اثر همزمان تاریخ‌کاشت و رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد، و اثر دو و سه‌گانه سال و تاریخ‌کاشت، سال و تاریخ‌کاشت و رقم در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت . اما در سایر موارد اختلافی از لحاظ آماری مشاهده نشد(جدول۱). عدد کلروفیل سنج در سه لاین متحمل به گرما بر رقم هویزه برتری داشت. اما بیشترین و کمترین میزان کلروفیل با متوسط ۳۹/۷ و ۳۸/۱ به ترتیب مربوط به لاین۱ و رقم هویزه بود. با توجه به گزارش یانگ (۱۹۹۹) مبنی بر رابطه خطی بین میزان نیتروژن، کلروفیل برگ و قرائت‌های حاصل از کلروفیل سنج و نقش ضخامت برگ در تغییر این روابط، مقدار بیشتر کلروفیل برگ لاین‌های برنج نسبت به رقم هویزه را می‌توان به سطح کمتر و نیز وزن‌خشک بیشتر در واحد سطح برگ و یا برگ‌های ضخیم‌تر نسبت داد که تحت این شرایط میزان تجمع کلروفیل در واحد سطح برگ و وزن‌خشک به ترتیب کمتر و بیشتر می‌باشد. میزان کلروفیل برگ از n1 به n3 روندی افزایشی داشت و حداکثر مقدار آن با متوسط ۳۹/۶ مربوط به سطح سوم نیتروژن بود در حالی‌که سطوح n1 و n2 به ترتیب مقادیر ۳۸/۳ و ۳۸/۶ را داشتند. با توجه به نقش مهم عنصر نیتروژن در ساختار مولکول کلروفیل بخصوص حلقه تترا پیرول، دست‌یابی به نتیجه مزبور منطقی است. در اثرمتقابل سال و تاریخ‌کاشت میزان کلروفیل از تاریخ‌کاشت اول به سوم در هر دوسال روند افزایشی داشت. عدد کلروفیل سنج هر سه لاین و رقم هویزه به طور نسبی در سال دوم از مقادیر کمتری برخوردار بود . اثرمتقابل تاریخ‌کاشت و رقم نشان داد بیشترین و کمترین میزان با ۴۳/۳ و ۳۶/۹۷ مربوط به لاین۳ در تاریخ‌کاشت سوم و لاین۲ در تاریخ‌کاشت دوم بود. واکنش سطوح نیتروژن به تغییرات تاریخ‌کاشت بیانگر افزایش نسبی مقدار کلروفیل برگ و روند یکسان در هر سه سطح نیتروژن می‌باشد. و مقادیر بیشتر آن مربوط به تاریخ‌کاشت سوم بود. در اثرمتقابل رقم و نیتروژن علاوه بر برتری نسبی میزان کلروفیل در لاین‌های متحمل به گرمای برنج بر رقم هویزه در هر سه سطح نیتروژن، بیشترین مقدار آن با ۴۰/۱ و ۴۰/۲ در لاین۳ و سطوح اول وسوم نیتروژن بدست آمد. اما کمترین میزان با متوسط ۳۵/۹ مربوط به رقم هویزه در n1 بود. اثرمتقابل سال و تاریخ‌کاشت و رقم نشان داد میزان کلروفیل سه لاین و رقم هویزه در تاریخ‌کاشت‌های اول و دوم، از سال اول به دوم کاهشی بود. اما در تاریخ‌کاشت سوم روندی افزایشی داشت. بیشترین و کمترین مقدار با متوسط ۴۴/۵و ۳۴ مربوط به لاین۳ در تاریخ‌کاشت سوم از سال دوم و لاین۲ از تاریخ‌کاشت دوم در سال دوم بود. در طی دو سال میزان کلروفیل سطوح نیتروژن در تاریخ‌کاشت‌های اول ودوم، از سال اول به دوم کاهشی بود. اما در تاریخ‌کاشت سوم افزایش داشت. و دامنه آن از حداکثر ۴۲/۵ در سطح سوم نیتروژن و تاریخ‌کاشت در سال دوم تا حداقل ۳۵/۶ در سطح اول نیتروژن و تاریخ‌کاشت در سال دوم متغیر بود.

نتیجه‌گیری

افزایش دما منجر به کاهش باروری خوشه گردید اما مقدار آن در لاین۱ از دولاین دیگر و رقم هویزه بیشتر بود و مقدار آن در دامنه ۷۳ درصد در n1 تا ۷۵/۷ درصد در n3 قرار داشت. به دلیل دمای بیشتر در سال دوم زمان ظهورخوشه ارقام برنج در سطوح نیتروژن و هر سه تاریخ‌کاشت کمتر از سال اول بود. میزان کلروفیل از تاریخ‌کاشت اول به سوم در هر دوسال روند افزایشی داشت. و عدد کلروفیل سنج هر سه لاین و رقم هویزه به طور نسبی در سال دوم از مقادیر کمتری برخوردار بود . با افزایش میزان ازت مصرفی، مقدارکلروفیل در لاین‌های متحمل به گرمای برنج نسبت به رقم هویزه بیشتر شد.

بررسی منابع

1-Horie, T., Ohishi, M., Angus, J. F. , Lewin, L. G. , Tsu Kaguchi, T. and Matano, T. 1997. Physiological characteristics of high-yielding rice inferred from cross – Location experiments. Field Crops Res . 52:55-67.

2-Horie, T., Yoshida, H., Shiraiwa, T., Nakagawa, H. , Kuroda, E. , Sasaki, T., Hagiwara, M., Kobata, T., Ohnishi, M. and Kobayashi, K. 2003. Analysis of genotype by environment interaction in yield formation processes of rice grown under a wide environmental range in Asia . 10. Asian Rice Network (ARICENET) research and preliminary results. JPN. J. Crop Sci. 72 (Extra issue2):88-89(in Japanse).

3-Ito,S., Peterson, W.F.and Grant , W.R.1999. Rice in Asia. is it becoming an inferior good? American J. Agric. Econo: 71 (1) : 32-42.

4-Jagadish, S.V. K., Craufurd, P.Q. and wheeter, T.R.2007. High temperature stress and spikelet fertility in rice *(oryza Satival L.)* J. of EXP. Botany No: P: 1-9.

5-.Yang, C.M. 2003. Using chlorophyll meter to estimate leaf chlorophyll and nitrogen content of rice plants. J. Agric. Res . China. 52:73-83.

جدول ۱- خلاصه نتایج تجزیه مرکب

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول خوشه	باروری خوشه	٪۵۰ خوشه‌دهی	عدد کلروفیل‌سنج
سال	۱	۴/۶۵ ns	۳/۵۵ ns	۲۷۸۰/۷**	۹۲/۷ ns
تکرار (سال)	۴	۱/۰۲ ns	۲۷/۹۸ ns	۱۵۴/۴ ns	۵۱/۲ ns
تاریخ‌کاشت	۲	۱/۵۰۲ ns	۵۵۶۲/۶**	۱۲۷/۷ ns	۶۵/۷ ns
سال× تاریخ‌کاشت	۲	/۰۱۲**	۲۳۴۸/۲**	۱۹/۲۴ ns	۱۶۱/۹*
خطای (a)	۶	۹/۳۱	۱۱۹/۲	۱۳۷/۵۴	۲۴/۹
رقم	۳	۳۰۷/۶۵**	۷۹۱۰/۱**	۳۳۵/۰۲**	۲۷/۷**
سال× رقم	۳	/۰۲۶ ns	۷۶۴/۲**	۱۰۱۳/۹۸**	۹/۱۹ ns
تاریخ‌کاشت× رقم	۶	۱۱/۰۸**	۲۵۹۸/۷**	۱۱۲/۷۴	۶۷/۵**
سال× تاریخ‌کاشت× رقم	۶	/۰۵۱ ns	۲۰۲/۶**	۴۷/۲۵ ns	۱۴*
نیتروژن	۲	۹/۳۲**	۱۳۸/۱ ns	۳۴/۷۲ ns	۳۲/۹**
سال× نیتروژن	۲	/۰۷۷ ns	۲۲/۲ ns	۲۸/۲۴ ns	۵۰/۷**
تاریخ‌کاشت× نیتروژن	۴	۳/۷۴*	۳۸/۴۵ ns	۱۲/۹۷ ns	۱۰/۰۱ ns
سال× تاریخ‌کاشت× نیتروژن	۴	/۰۲۲ ns	۹۲/۹۵ ns	۵/۹۹ ns	۱۲/۸۸ ns
رقم× نیتروژن	۶	۱/۶۵ ns	۲۲۶/۸**	۶۴/۳۵ ns	۱۹/۶**
سال× رقم× نیتروژن	۶	/۰۱۰ ns	۱۸۱/۳**	۲۳/۸۳ ns	۲/۸۷ ns
تاریخ‌کاشت× رقم× نیتروژن	۱۲	۳/۶۸**	۴۶/۷۷ ns	۱۳/۸۲ ns	۱۷/۷**
سال× تاریخ‌کاشت× رقم× نیتروژن	۱۲	/۰۲۷ ns	۴۵/۰۵ ns	۲۲/۱۵ ns	۶/۲۷ ns
خطای (b)	۱۳۴	۱/۲۱۱	۴۶/۳۴	۳۳/۷۱	۵/۵۴
ضریب تغییرات(٪)		**۵/۱۷**	**۱۰/۹۸**	**۵/۹۰**	**۶/۰۶**

The effect of heat stress and nitrogen amounts on panicle characteristics and leaf chlorophyll contents of heat tolerance rice cultivars

A. Gilani[1*] , S. Jalali[2]

[1*]- Corresponding Author,Assistant professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

[2]- Rice researcher of Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

Abstract

This study planed to determine of nitrogen role in heat tolerance rice cultivars response to high temperature by planting date change.The experiment was laid out in a randomized complete design on factorial-split with three factors and replications for two years (2017- 2018) in Shavoor agriculture research station. planting date as main plot included three levels (d1- 5/20, d2– 5/30 and d3- 6/9) and sub plot were on factorial of rice cultivars namely (V1=IR64197-3B-15-2, ,V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG V3=GHARIB(ACC32307+ GHARIB and V_4-H0vazeh) with three levels nitrogen (n1-50,n2-75 and n3-100 kg/ha). The results showed d3n2v4 had the highest panicle length (24/6 centimeter) and the lowest with17/3 centimeter related to d1n1v3 . Panicle fertility of line1was more than two other lines and V_4 . Panicle exertion was lower in second year for three levels nitrogen and planting date. chlorophyll content had growing trend From d1 to d3 in two years.Reading spade of rice cultivars were lower in second year.

Key words: Dry bed seeding, panicle exertion, Unproductive Floret, chlorophyll content.

بررسی تاثیر محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برنج

شهریار کاظمی
استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.
Shahryarkazemi56@yahoo.com

چکیده
تغذیه صحیح نقش بسزایی در افزایش عملکرد گیاه برنج بر عهده دارد. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل محلول‌پاشی نیتروژن در سه سطح شاهد (عدم کاربرد محلول‌پاشی نیتروژن)، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به عنوان فاکتور اول و کاربرد متیل جاسمونات در سه سطح شامل شاهد (عدم کاربرد متیل جاسمونات)، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار به عنوان فاکتور دوم بود. نتایج آزمایش نشان داد که صفات آنتوسیانین، کاروتنوئید، محتوای قند محلول برگ و ساقه و نشت الکترولیت تحت تاثیر برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات قرار گرفتند و در سطح یک درصد معنی‌دار بودند.. نتایج نشان داد که بیشترین میزان صفات کاروتنوئید و محتوای قند محلول برگ و ساقه در تیمار کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات به دست آمد. همچنین کمترین میزان صفات نشت الکترولیت و آنتوسیانین در تیمار کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات مشاهده شد. روابط رگرسیونی نشان داد که بین صفات کاروتنوئید و محتوای قند محلول برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

کلمات کلیدی:آنتوسیانین، تغذیه، رگرسیون، متیل جاسمونات، همبستگی

مقدمه

برنج یکی از گیاهان زراعی است که بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. عملکرد برنج پیوسته در حال افزایش است، اما در سال‌های اخیر این روند تسریع شده است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد برنج در شرایط حاضر استفاده از محلول-پاشی عناصر غذایی و هورمون‌ها به عنوان افزایش‌دهنده خصوصیات مطلوب گیاهی می‌باشد که نقش بی‌بدیلی را در افزایش عملکرد بر عهده دارند (Kundu et al., 2020). مدیریت صحیح تغذیه می‌تواند با حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از کاهش کیفیت آب-ها و حفظ تنوع زیستی کارایی نهاده‌ها را افزایش داده و با جلوگیری از کاربرد غیر ضروری و بی‌رویه مصرف عناصر غذایی، هزینه-های تولید را به حداقل کاهش دهد (Ali et al., 2021). نیتروژن عنصر ضروری برای گیاهان است به طوری که هرگاه به صورت کود مورد استفاده قرار گیرد باعث افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای آن می‌شود. کوددهی نیتروژن مخصوصا اگر همراه با مدیریت ضعیف باشد موجب زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی می‌گردد. لذا با توجه به هدرروی نیتروژن در مصرف خاکی، استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن یکی از راه‌های مهم افزایش بهره‌روری از این عنصر مفید می‌باشد (Hasan et al., 2020). جاسمونات‌ها یکی از جدیدترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند. جاسمونیک اسید و متیل استر آن (متیل جاسمونات)، ترکیبات مشتق از اسید سیکلو پنتان لینولنیک هستند (Thakur, M., & Kumar, 2020). اطلاعات اندکی در مورد بیوسنتز جاسمونات‌ها وجود دارد اما بافت‌های نوک ساقه، برگ‌ها و نوک ریشه مقدار زیادی جاسمونیک اسید دارند. جاسمونات‌ها یکی از انواع مولکول‌های علامت‌دهی هستند و نیز در جایگاه گروهی از انتقال‌دهندگان پیام در دفاع از گیاه در مقابل آسیب‌های مکانیکی، حشرات، حمله پاتوژن‌ها، خشکی و شوری عمل می‌کنند. این ترکیبات همچنین موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاه و کاهش رادیکال‌های آزاد و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند(Khalvandi et al., 2019). بنابراین این آزمایش به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برنج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برنج (رقم طارم هاشمی)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل محلول-پاشی نیتروژن در سه سطح شاهد (عدم کاربرد محلول‌پاشی نیتروژن)، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به عنوان فاکتور اول و کاربرد متیل جاسمونات در سه سطح شامل شاهد (عدم کاربرد متیل جاسمونات)، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار به عنوان فاکتور دوم بود. ابتدا کشت نشاء برنج در گلدان‌ها صورت گرفت و محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات در دو مرحله ۱۵ و ۲۵ روز بعد از کشت نشاء برنج اعمال شد. سرانجام در مرحله گلدهی صفاتی نظیر آنتوسیانین، کاروتنوئید، محتوای قند محلول برگ و ساقه و نشت الکترولیت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. جهت رسم نمودار و برازش رگرسیون از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

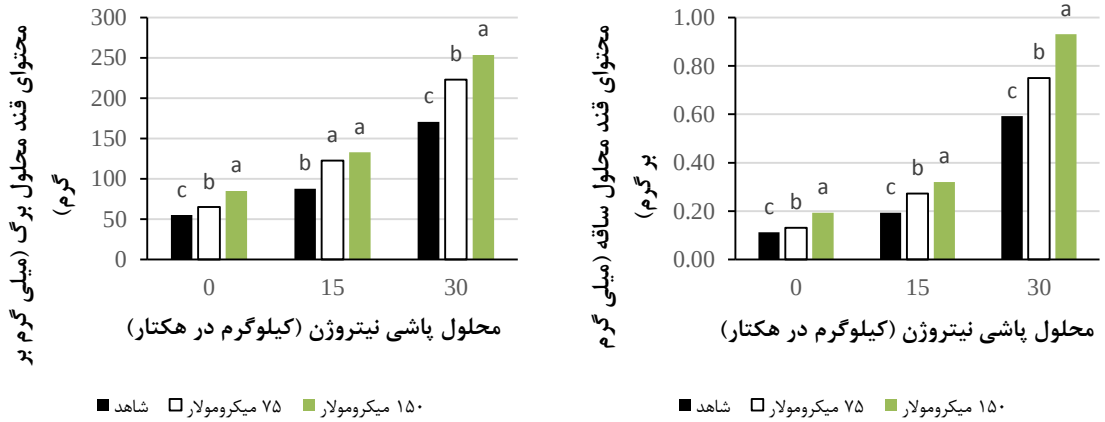
نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کلیه صفات مورد مطالعه تحت تاثیر برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات قرار گرفتند و در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. بر پایه نتایج به دست آمده مشاهده شد که بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمار کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات به میزان ۱/۷۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. در مقابل کمترین میزان کاروتنوئید به میزان ۱/۰۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر در تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن و متیل جاسمونات) مشاهده شد. محققان اثبات نمودند که متیل جاسمونات و نیتروژن نقش مهمی در تحریک سنتز رنگدانه‌های گیاهی به‌ویژه کاوتنوئید بر عهده دارد (Luo et al., 2020).از سویی دیگر نتایج مربوط به صفت آنتوسیانین نشان داد که در همه سطوح محلول-پاشی نیتروژن، کاربرد متیل جاسمونات موجب کاهش مقدار آنتوسیانین شد. نتایج برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات بر میزان صفات آنتوسیانین نشان داد که تیمار شاهد بیشترین مقدار آنتوسیانین را به میزان ۰/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر دارا بود، اما در مقابل کمترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات به میزان ۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که با نتایج خالوندی و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص کاربرد متیل جاسمونات در گیاه نعناع فلفلی مطابقت داشت (شکل ۱).



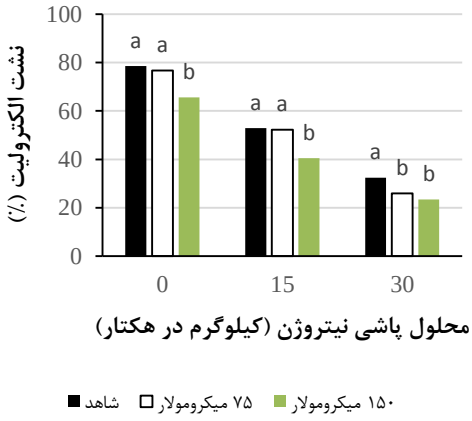
شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات مربوط به صفات کاروتنوئید و آنتوسیانین در گیاه زراعی برنج

نتایج مربوط به میزان محتوای قند محلول ساقه و برگ نشان داد که تحت تاثیر برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات قرار گرفتند. بر پایه نتایج آزمایش حاضر بیشترین میزان محتوای قند محلول ساقه و برگ مربوط به تیمار کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات به ترتیب به میزان ۰/۹۳ و ۲۵۳/۵۲ میلی گرم بر گرم بود و در

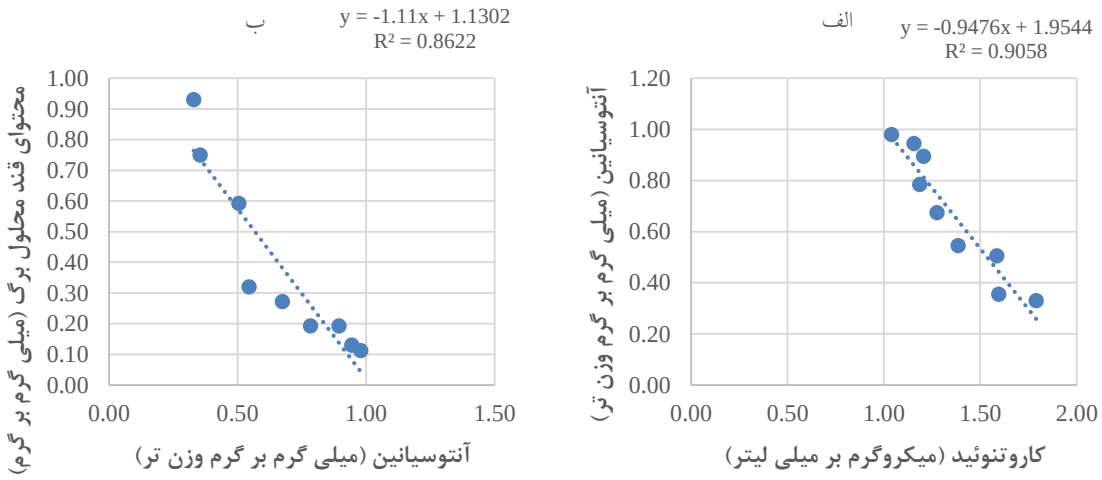
مقابل کمترین میزان این صفات در تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن و متیل جاسمونات) مشاهده شد (شکل ۲). احمدی و همکاران (۲۰۱۸)نشان دادند که متیل جاسمونات‌ها نقش مهمی در سنتز قندهای محلول در گیاهان دارند. همچنین دیگر محققان نشان دادند که نیتروژن نقش کلیدی در میزات محتوای قند محلول در برگ و ساقه دارد (Hu et al., 2017). میزان نشت الکترولیت نیز تحت تاثیر برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات قرار گرفت، به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ میکرومولار مشاهده شد (شکل ۳). روابط رگرسیونی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که بین صفات آنتوسیانین و کاروتنوئید یک همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت (شکل ۴ و ۵). از سویی دیگر بین کاروتنوئید و محتوای قند محلول برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (شکل ۶).



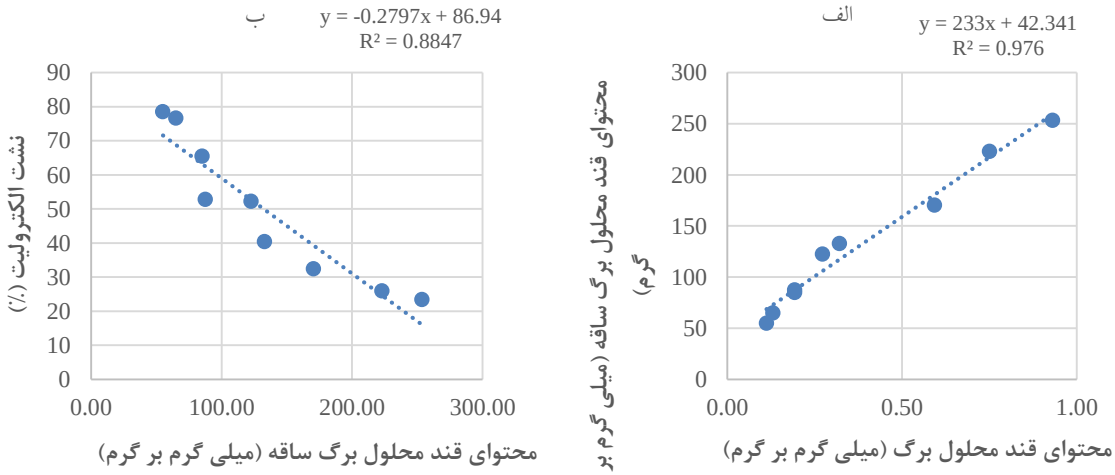
شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات مربوط به صفات محتوای قند محلول برگ و ساقه در گیاه زراعی برنج



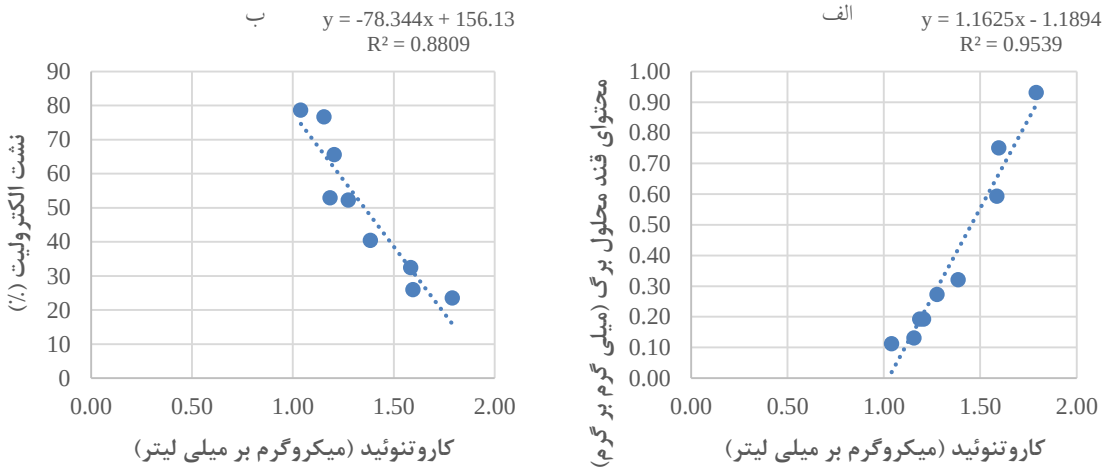
شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش محلول‌پاشی نیتروژن و متیل جاسمونات مربوط به صفت نشت الکترولیت در گیاه زراعی برنج



شکل ۴- معادلات رگرسیونی مربوط به رابطه بین صفات الف) کاروتنوئید و آنتوسیانین و ب) محتوای قند محلول برگ و آنتوسیانین



شکل ۵- معادلات رگرسیونی مربوط به رابطه بین صفات الف) محتوای قند محلول برگ و محتوای قند محلول ساقه و ب) محتوای قند محلول ساقه و نشت الکترولیت



شکل ۶- معادلات رگرسیونی مربوط به رابطه بین صفات الف) کاروتنوئید و محتوای قند محلول برگ و ب) نشت الکترولیت و کاروتنوئید

منابع

Ahmadi, F. I., Karimi, K., &Struik, P. C. (2018). Effect of exogenous application of methyl jasmonate on physiological and biochemical characteristics of *Brassicanapus* L. cv. Talaye under salinity stress. *South African Journal of Botany*, *115*, 5-11.

Ali, H., Sarwar, N., Muhammad, S., Farooq, O., Rehman, A. U., Wasaya, A., & Akhtar, M. N. (2021). Foliar Application of Magnesium at Critical Stages Improved the Productivity of Rice Crop Grown under Different Cultivation Systems. *Sustainability*, 13(9), 4962.

Hasan, A. M., Mohamed Ali, T. J., & Al-Taey, D. K. (2020). Effects of winter foliar fertilizing and plant growth promoters on element and carbohydrate contents on the shoot of navel orange sapling. *International Journal of Fruit Science*, 20(4), 682-691.

Hu, W., Coomer, T. D., Loka, D. A., Oosterhuis, D. M., & Zhou, Z. (2017). Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. *Plant physiology and biochemistry*, *115*, 408-417.

Khalvandi, M., Amerian, M., Pirdashti, H., Keramati, S., & Hosseini, J. (2019). Essential oil of peppermint in symbiotic relationship with *Piriformosporaindica* and methyl jasmonate application under saline condition. *Industrial Crops and Products*, *127*, 195-202.

Kundu, A., Raha, P., Dubey, A. N., Rani, M., Paul, A., & Patel, R. (2020). Differential responses of rice (Oryza sativa L.) to foliar fertilization of organic potassium salts. *Journal of Plant Nutrition*, 44(9), 1330-1348.

Luo, H., He, W., Li, D., Bao, Y., Riaz, A., Xiao, Y., & Liu, C. (2020). Effect of methyl jasmonate on carotenoids biosynthesis in germinated maize kernels. *Food chemistry*, *307*, 125525.

Thakur, M., & Kumar, R. (2020). Foliar application of plant growth regulators modulates the productivity and chemical profile of damask rose (*Rosadamascena* Mill.) under mid hill conditions of the western Himalaya. *Industrial Crops and Products*, *158*, 113024.

Investigation of the effect of foliar application of nitrogen and methyl jasmonate on physiological characteristics of rice

Shahryar Kazemi
Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University,Iran.
(shahryarkazemi56@yahoo.com)

Abstract
Proper nutrition plays an important role in increasing the yield of rice. For this purpose, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in greenhouse conditions. The studied treatments included nitrogen foliar application at three levels of control (no application of nitrogen foliar application), 15 and 30 kg ha-1 nitrogen as the first factor and application of methyl jasmonate at three levels including control (no application of methyl jasmonate), 75 and 150 µM was the second factor. The results showed that the traits of anthocyanin, carotenoids, soluble sugar content of leaves and stems and electrolyte leakage were affected by the interaction of nitrogen spraying and methyl jasmonate. The results showed that the highest amount of carotenoid and soluble sugar content of leaves and stems were obtained in the application of 30 kg/ha nitrogen and 150 µM methyl jasmonate. Also, the lowest amount of electrolyte leakage and anthocyanin was observed in the application of 30 kg/ha nitrogen and 150 µM methyl jasmonate. Regression relationships showed that there was a positive and significant correlation between carotenoid and leaf sugar content.

Keywords: Anthocyanin, Correlation, Methyl jasmonate, Nutrition, Regression

پاسخ لاین‌های مختلف گندم به کاربرد نانوکود فسفر بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی

شهریار کاظمی
استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.
shahryarkazemi56@yahoo.com

چکیده
مدیریت کود یکی از عوامل مهم در کشت گیاهان زراعی به خصوص گندم می‌باشد و در این بین شناسایی کودهای سازگار با طبیعت و مناسب برای رشد گیاه از اهمیت خاصی برخوردار است. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۸ انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۱۰ لاین گندم و محلول‌پاشی نانوکود فسفر (کاربرد و عدم کاربرد) بود. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد نانوکود فسفر تاثیر مثبتی بر همه خصوصیات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، طول, عرض و سطح برگ، قطر ساقه، SPAD، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در لاین‌های مختلف گندم داشت. همچنین تجزیه کلاستر نشان داد که تنوع مطلوبی بین لاین‌های گندم مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد و کاربرد نانوکود فسفر وجود داشت. تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که لاین L6 با صفت عملکرد دانه همبستگی بالایی در هر دو شرایط عدم کاربرد و کاربرد نانوکود فسفر داشت.
کلمات کلیدی:تجزیه کلاستر، تنوع، سطح برگ، عملکرد، مولفه اصلی

مقدمه
تحقیقات نانو تکنولوژی زمینه‌ای از فناوری‌های پیشرفته است که به توسعه سریع علم الکترونیک، بیوتکنولوژی، پزشکی، علوم فضایی و صنایع دفاعی منجر شده است. تاکنون مطالعات اندکی بر روی اثرات و مکانیزم‌های نانو ذرات بر روی رشد گیاهان انجام شده است (Zulfiqar و همکاران، ۲۰۱۹). خصوصیات منحصر به فرد نانو ذرات مثل سطح ویژه زیاد و واکنش‌پذیری زیاد منجر به استفاده گسترده این مواد در سطوح مختلف صنعت و تجارت شده است (Raliya و همکارن، ۲۰۱۷). نانو تکنولوژی نقش مهمی در بهبود روش‌های موجود مدیریت گیاهان زراعی بازی می‌کند. مواد شیمیایی زراعی از طریق آبشویی، تجزیه توسط نور، هیدرولیز و تجزیه میکروبی، بخش یا درصد خیلی کمی از آن‌ها در محل هدف قرار می‌گیرند. از این رو کاربردهای مکرر برای داشتن یک کنترل مؤثر مورد نیاز است که باعث برخی اثرات نامطلوب نظیر آلودگی آب و خاک می‌گردد (Zulfiqar و همکاران، ۲۰۱۹).
امروزه نانو کودها فناوری نوینی هستند که با کوچک کردن اندازه ذرات در مقیاس نانو، امکان جذب بسیار بیشتری را فراهم می-آورند. قابلیت جذب و مصرف بالا هم از طریق خاک (به صورت سرک همراه آب آبیاری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی) و هم از طریق برگ (محلول‌پاشی) از ویژگی‌های این نوع کودها به شمار می‌روند. امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به وجود آورده است، استفاده از کودهای زیستی و نانو کودها درکشاورزی مجدداً مطرح شده است. کاربرد کودهای زیستی و نانو کودها علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، ازجنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمرثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب ومطلوب برای کودهای شیمیایی باشد و به نظر می‌رسد که یکی از راه-های دست یابی به اهداف کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای زیستی و نانو کودها می‌باشد (Raliyaو همکارن، ۲۰۱۷)که نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی گیاهان دارند و این تحقیق، مصرف این کودهای مفید را در زراعت گندم توصیه می نماید. لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی خصوصیات مختلف لاین‌های گندم تحت تاثیر مصرف نانوکود فسفر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر نانوکود فسفر بر خصوصیات مختلف لاین‌های گندم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شریط مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۸ انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۱۰ لاین مختلف گندم به عنوان فاکتور اول و تیمار نانوکود فسفر (کاربرد و عدم کاربرد) به عنوان فاکتور دوم بود. ابعاد کرت آزمایشی ۳ × ۴ متر بود. پس از آماده‌سازی زمین بذرپاشی در آبان ماه صورت گرفت. در انتهای فصل رشد برداشت صورت گرفت و صفات مختلف شامل ارتفاع بوته، طول برگ، عرض برگ، سطح برگ، قطر ساقه، SPAD، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. جهت انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه کلاستر از نرم-افزار XLSTAT استفاده گردید. همچنین برای یافتن میزان ارتباط بین صفات مورد مطالعه از همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی و متقابل برای همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول نشان داده نشده است). به منظور بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل مربوط به خصوصیات مختلف مورد مطالعه از روش برش‌دهی استفاده شد.نتایج مربوط به مقایسه میانگینخصوصیات مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مشاهده شد که بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به لاین‌های L5 و L6 به ترتیب به میزان ۵/۵۷ و ۵/۶۳ تن در هکتار بود. نتایج مربوط به صفت SPAD نشان داد که لاین‌های L4 و L5 بیشترین میزان را دارا بودند. بیشترین میزان ارتفاع بوته در لاین‌های L6، L7 و L8 مشاهده شد. از نظر سطح برگ نیز اختلاف معنی‌داری بین لاین‌های مختلف مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر وجود داشت، به طوری که لاین L4 بیشترین میزان سطح برگ را دارا بود و در مقابل لاین L8 کمترین میزان سطح برگ را دارا بود.

جدول ۱- خصوصیات مربوط به لاین‌های گندم مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر

لاین-ها	عملکرد (تن در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	SPAD	قطر ساقه (میلی‌متر)	سطح برگ (سانتی-متر مربع)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
L1	۴/۱۳±۰/۰۲	۳۸/۵۰±۰/۰۰	۴۴/۲۰±۰/۷۵	۴/۱۶±۰/۱۰	۲۴/۵۸±۱/۳۱	۱/۰۹±۰/۰۶	۳۰/۲۰±۰/۰۰	۸۹/۰۰±۱/۴۴
L2	۳/۱۵±۰/۶۰	۴۰/۵۰±۴/۰۴	۴۳/۶۳±۲/۰۱	۴/۲۷±۰/۱۴	۲۸/۹۴±۰/۸۰	۱/۲۹±۰/۰۰	۳۰/۰۳±۰/۸۳	۹۳/۱۷±۰/۸۸
L3	۴/۴۸±۰/۶۰	۴۷/۵۰±۰/۵۸	۴۷/۵۳±۳/۴۷	۵/۰۴±۰/۰۳	۳۵/۷۹±۰/۶۹	۱/۴۹±۰/۰۶	۳۲/۲۰±۱/۰۰	۹۳/۸۳±۱/۴۵
L4	۴/۶۶±۰/۶۱	۴۷/۱۷±۰/۳۳	۴۹/۱۰±۱/۵۶	۵/۲۱±۰/۳۲	۳۶/۹۹±۰/۰۵	۱/۵۹±۰/۰۶	۳۱/۲۰±۱/۱۵	۸۳/۱۷±۰/۸۸
L5	۵/۵۷±۰/۶۰	۴۴/۵۰±۳/۴۶	۴۸/۷۳±۲/۶۲	۴/۶۷±۰/۰۷	۲۳/۲۵±۱/۲۰	۱/۲۵±۰/۰۳	۲۴/۷۷±۱/۰۱	۸۱/۱۷±۲/۴۰
L6	۵/۶۳±۰/۶۲	۴۷/۱۷±۰/۳۳	۳۹/۸۷±۲/۵۸	۴/۸۸±۰/۴۰	۲۹/۱۶±۱/۰۷	۱/۴۵±۰/۰۳	۲۶/۷۷±۰/۴۴	۹۸/۵۰±۱/۰۰
L7	۵/۰۴±۰/۰۴	۴۴/۵۰±۲/۳۱	۳۶/۶۷±۱/۵۳	۴/۹۰±۰/۲۰	۲۵/۱۱±۰/۶۰	۱/۱۵±۰/۰۳	۲۹/۱۰±۰/۷۶	۹۹/۱۷±۱/۴۵
L8	۵/۱۲±۰/۰۵	۴۷/۸۳±۰/۳۳	۴۱/۵۵±۲/۳۶	۴/۸۲±۰/۲۵	۲۲/۵۳±۱/۵۵	۱/۲۲±۰/۰۳	۲۴/۶۰±۱/۰۰	۱۰۳/۱۷±۱/۷۶
L9	۳/۳۱±۰/۰۰	۳۸/۵۰±۰/۰۰	۴۲/۰۰±۰/۶۷	۴/۵۰±۰/۱۹	۲۵/۶۵±۲/۴۳	۱/۳۹±۰/۰۶	۲۴/۶۰±۱/۵۳	۸۸/۵۰±۱/۱۵
L10	۳/۸۴±۰/۱۰	۴۶/۵۰±۱/۱۵	۳۹/۴۹±۰/۷۴	۴/۶۴±۰/۰۶	۲۹/۳۶±۱/۸۹	۱/۴۵±۰/۰۳	۲۶/۹۳±۱/۳۳	۸۸/۵۰±۱/۱۵

نتایج بیانگر میانگین±SE می‌باشد.

نتایج مربوط به خصوصیات لاین‌های گندم مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط کاربرد نانوکود فسفر در جدول ۲ نشان داده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مشاهده شد که کاربرد نانوکود فسفر موجب افزایش در همه خصوصیات مورد مطالعه شد و نشان داد که نانوکود فسفر می‌تواند خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی لاین‌های مختلف گندم را بهبود بخشد.

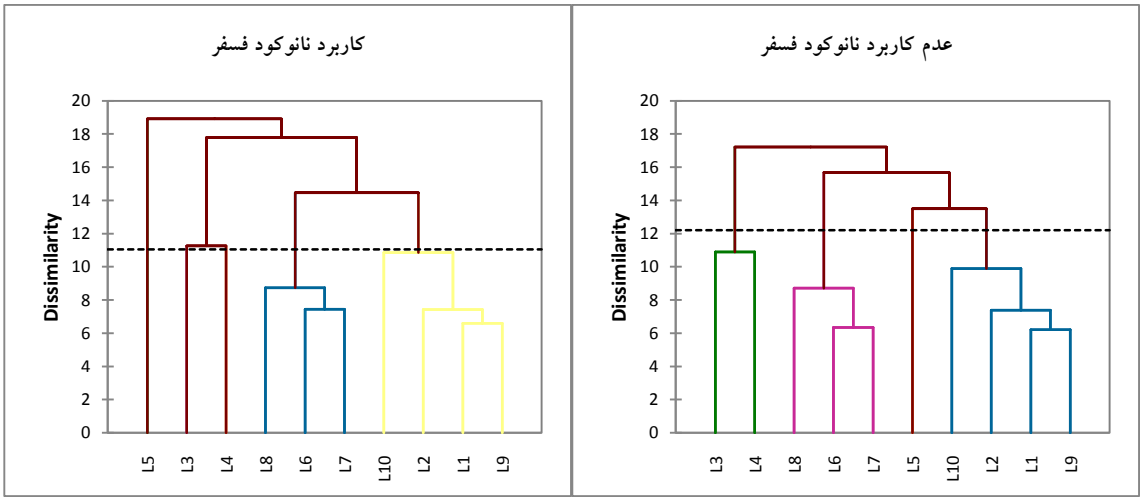
جدول ۲- خصوصیات مربوط به لاین‌های گندم مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط کاربرد نانوکود فسفر

لاین‌ها	عملکرد (تن در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	SPAD	قطر ساقه (میلی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
L1	۴/۲۱±۰/۰۲	۴۰/۰۴±۰/۲۲	۴۵/۹۷±۰/۷۸	۴/۲۲±۰/۱۰	۲۵/۷۰±۱/۶۰	۱/۱۰±۰/۰۶	۳۱/۱۱±۰/۱۷	۹۴/۲۹±۰/۵۰
L2	۳/۴۰±۰/۶۴	۴۲/۳۹±۳/۵۳	۴۵/۲۹±۲/۶۸	۴/۳۱±۰/۱۴	۳۰/۱۴±۱/۳۳	۱/۳۰±۰/۰۰	۳۰/۸۶±۱/۳۷	۹۸/۴۳±۰/۲۰
L3	۴/۶۲±۰/۶۰	۴۸/۷۸±۱/۱۶	۴۹/۹۵±۲/۹۴	۵/۱۰±۰/۰۳	۳۷/۳۸±۱/۴۱	۱/۵۰±۰/۰۶	۳۳/۱۵±۰/۸۸	۹۸/۱۵±۰/۳۹
L4	۴/۹۴±۰/۷۱	۴۹/۵۲±۰/۷۰	۵۰/۶۰±۲/۰۸	۵/۲۴±۰/۳۳	۳۸/۲۶±۰/۲۷	۱/۶۰±۰/۰۵	۳۱/۹۳±۱/۱۸	۸۷/۰۵±۰/۹۲
L5	۵/۹۳±۰/۷۲	۴۶/۷۱±۳/۶۲	۵۱/۲۳±۳/۳۹	۴/۷۱±۰/۰۷	۲۴/۶۶±۱/۱۰	۱/۲۷±۰/۰۴	۲۵/۹۹±۰/۹۲	۸۴/۳۸±۲/۲۷
L6	۵/۹۴±۰/۶۷	۴۸/۷۵±۱/۳۱	۴۱/۶۱±۲/۷۵	۴/۹۳±۰/۳۸	۳۱/۰۱±۰/۹۶	۱/۴۷±۰/۰۳	۲۸/۱۰±۰/۴۴	۱۰۳/۷۸±۲/۳۵
L7	۵/۲۴±۰/۱۱	۴۶/۱۶±۲/۶۵	۳۷/۶۸±۲/۰۱	۴/۹۴±۰/۲۱	۲۵/۹۵±۰/۵۴	۱/۱۶±۰/۰۳	۲۹/۷۸±۰/۸۵	۱۰۵/۸۱±۲/۸۰
L8	۵/۴۳±۰/۱۵	۴۹/۹۲±۱/۳۰	۴۳/۸۲±۱/۶۹	۴/۸۷±۰/۲۵	۲۳/۸۷±۱/۴۷	۱/۲۳±۰/۰۳	۲۵/۸۲±۰/۹۴	۱۰۷/۵۹±۱/۲۰
L9	۳/۴۸±۰/۰۷	۴۰/۵۵±۰/۱۳	۴۲/۷۱±۰/۹۲	۴/۵۴±۰/۲۰	۲۷/۳۰±۲/۶۲	۱/۴۱±۰/۰۵	۲۵/۷۶±۱/۶۷	۹۳/۵۲±۱/۴۸
L10	۴/۰۴±۰/۱۰	۴۹/۴۶±۱/۵۴	۴۱/۰۷±۰/۸۸	۴/۶۹±۰/۰۷	۳۱/۰۰±۲/۵۰	۱/۴۷±۰/۰۳	۲۸/۱۵±۱/۹۲	۹۳/۲۰±۱/۱۲

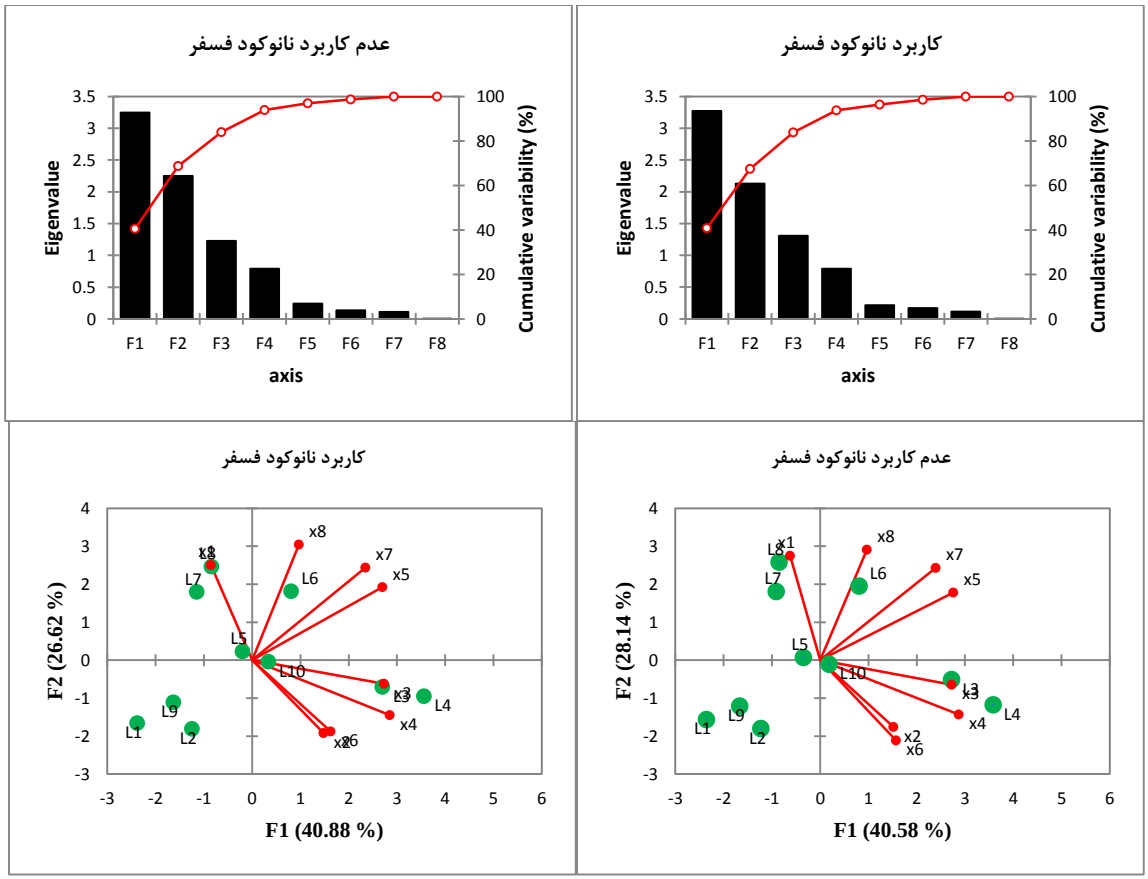
نتایج بیانگر میانگین±SE می‌باشد.

نتایج مربوط به تجزیه کلاستر در شکل ۱ نشان داده شد. بر اساس دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر مشاهده شد که لاین‌های گندم بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه به چهار گروه مجزا تفکیک شدند. از سویی دیگر در شرایط کابرد نانوکود فسفر نتایج تا حدوددی متفاوت بود، به طوری که لاین‌های مورد مطالعه به پنج گروه مجزا تفکیک شدند. به طور کلی تجزیه کلاستر نشان داد که بین لاین‌های گندم مورد مطالعه از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده تنوع مطلوبی وجود داشت. تعدادی از محققین از روش تجزیه کلاستر جهت گروه‌بندی لاین‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف استفاده نمودند (مظلومی و همکاران، ۱۳۹۹، حسینی و همکاران، ۲۰۲۱، حسینی و همکاران، ۱۳۹۸، صادقی بختوری و همکاران، ۱۳۹۸).

نمودار سنگریزه در شرایط عدم کاربرد و کاربرد نانوکود فسفر نشان داد که سه مولفه اول دارای مقدار ویژه بالاتر از یک بودند و به عنوان مولفه‌های اثرگذار انتخاب شدند (شکل ۲). نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر نشان داد که مولفه اول و دوم به ترتیب با ۴۰/۵۸ و ۲۸/۱۴ درصد دارای بالاترین مقدار واریانس نسبی بودند و در مجموع ۶۸/۷۲ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. از سویی دیگر نتایج در شرایط کاربرد نانوکود فسفر نشان داد که مولفه اول با ۴۰/۸۸ و ۲۶/۶۲ درصد به ترتیب بیشترین میزان واریانس نسبی را دارد بودند و در مجموع ۶۷/۵۰ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. همچنین بای‌پلات حاصل از مولفه اول و دوم در شرایط کاربرد و عدم کاربرد نانوکود فسفر نشان داد که لاین L6 با صفت عملکرد دانه همبستگی بالایی دارد (شکل ۲). تجزیه به مولفه‌های اصلی یکی از روش‌های آماری می‌باشد که جهت کاهش داده‌های آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعدادی از محققین از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی برای کاهش داده‌های مورد بررسی در لاین‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف در گیاهان گوناگون استفاده نمودند (مظلومی و همکاران، ۱۳۹۹، حسینی و همکاران، ۲۰۲۰، حسینی و همکاران، ۲۰۲۱، حسینی و همکاران، ۱۳۹۸، صادقی بختوری و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر مبتنی بر کلیه خصوصیات مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد و کاربرد نانوکود فسفر در لاین‌های مختلف گندم.



شکل ۲- نمودار سنگریزه و بای‌پلات حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی مبتنی بر کلیه خصوصیات مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد و کاربرد نانوکود فسفر در لاین‌های مختلف گندم. (x1: ارتفاع بوته، x2: طول برگ، x3: عرض برگ، x4: سطح برگ، x5: قطر ساقه، x6: SPAD، x7: وزن هزار دانه، x8: عملکرد دانه)

ضرایب همبستگی پیرسون بین کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر در جدول ۳ و ۴ نشان داده شد. نتایج تجزیه همبستگی در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر نشان داد که سطح برگ با طول برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۷۱) داشت. از سویی دیگر در شرایط کاربرد نانوکود فسفر صفت SPAD با ارتفاع همبستگی منفی و معنی‌دار (۰/۵۶-) داشت.

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون بین کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد نانوکود فسفر

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ارتفاع بوته (۱)	۱							
طول برگ (۲)	-۰/۰۸	۱						
عرض برگ (۳)	-۰/۲۴	۰/۱۶	۱					
سطح برگ (۴)	-۰/۲۲	۰/۷۱**	۰/۸۱**	۱				
قطر ساقه (۵)	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۴۳*	۰/۴۱*	۱			
SPAD (۶)	-۰/۵۶**	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۳۵	-۰/۰۱	۱		
وزن هزار دانه (۷)	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۴۰*	۰/۳۸	۰/۴۴*	۰/۰۰	۱	
عملکرد (۸)	۰/۲۶	-۰/۱۴	-۰/۰۴	-۰/۱۰	۰/۵۲**	-۰/۰۴	۰/۴۳*	۱

*** و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.**

جدول ۴- ضرایب همبستگی پیرسون بین کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط کاربرد نانوکود فسفر

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ارتفاع بوته (۱)	۱							
طول برگ (۲)	-۰/۰۷	۱						
عرض برگ (۳)	-۰/۲۷	۰/۱۹	۱					
سطح برگ (۴)	-۰/۲۴	۰/۷۱**	۰/۸۲**	۱				
قطر ساقه (۵)	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۴۳*	۰/۴۰*	۱			
SPAD (۶)	-۰/۵۵**	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۸	-۰/۰۲	۱		
وزن هزار دانه (۷)	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۳۹*	۰/۳۹*	۰/۴۷*	۰/۰۱	۱	
عملکرد (۸)	۰/۱۹	-۰/۱۱	-۰/۰۲	-۰/۰۶	۰/۵۲**	۰/۰۰	۰/۴۳*	۱

*** و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.**

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که نانودکود فسفر تاثیر مثبتی بر کلیه خصوصیات مورد مطالعه در لاین‌های گندم داشت، به طوری که عملکرد و اجزای آن را بهبود بخشید و همچنین موجب تاثیر مثبت بر خصوصات برگ و SPAD گردید. همچنین نتایج مربوط به تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که تنوع مطلوبی بین لاین‌های گندم مورد مطالعه از نظر کلیه صفات اندازه-گیری شده وجود داشت.

منابع

Hosseini, S. J., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Pirdashti, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Hazrati, S., and Nicola, S. 2021. Investigation of yield, phytochemical composition, and photosynthetic pigments in different mint ecotypes under salinity stress. Food Science & Nutrition, 9(5): 2620-2643.
Mazlomi, H., H. Pirdashti, A. Ahmadpour and S.J. Hosseini. 2020. Grouping of advanced wheat lines based on yield and its components. Journal of Crop Breeding, 12 (35): 41-53.
Hosseini, S.J., Z. Tahmasebi-sarvestani, H. Pirdashti, S.A.M. Modarres sanavi, A. Mokhtassi-bidgoli and S. Hazrati, 2019. Study of Diversity and Estimation of Leaf Area in Different Mint Ecotypes Using Artificial Intelligence and Regression Models under Salinity Stress Conditions. Journal of Crop Breeding, 11 (32): 59-73.
Hosseini, S.J., Z. Tahmasebi-Sarvestani, H. Pirdashti, S.A.M. Modarres-Sanavy, A. Mokhtassi-Bidgoli, S. Hazrati and S. Nicola. 2020. Assessment of Salinity Indices to Identify Mint Ecotypes using Intelligent and Regression Models. International Journal of Horticultural Science and Technology, 7(2): 119-137.
Sadeghbakhtvari A, Ghahrmani-baktash B, Pasban-eslam B, Sarabi V, Hazrati S. 2019. Evaluation of Rapeseed's Different Genotypes Tolerance to Water Deficit Stress in East Azarbaijan Province. Journal of Crop Breeding, 11(31): 65-77.
Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N. A., andMunné-Bosch, S. 2019. Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant Science*, *289*, 110270.
Raliya, R., Saharan, V., Dimkpa, C., and Biswas, P. 2017. Nanofertilizer for precision and sustainable agriculture: current state and future perspectives. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66(26), 6487-6503.

Response of different wheat lines to phosphorus nano-fertilizer application based on morphophysiological characteristics

Shahryar Kazemi
Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University,Iran.
(shahryarkazemi56@yahoo.com)

Abstract
Fertilizer management is one of the important factors in the cultivation of crops, especially wheat, and in the meantime, identifying fertilizers that are compatible with nature and suitable for plant growth is of particular importance.For this purpose, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in field conditions. The studied treatments included 10 wheat lines and foliar application of phosphorus nano-fertilizer (application and non-application).The experimental results showed that the application of phosphorus nano-fertilizer had a positive effect on all studied characteristics including plant height, length, width and leaf area, stem diameter, SPAD, 1000-grain weight and grain yield in different wheat lines.Cluster analysis also showed that there was a favorable variation between the studied wheat lines in the conditions of non-application and application of phosphorus nano-fertilizer.Principal component analysis showed that L6 line had a high correlation with grain yield as a result of both non-application and application of phosphorus nano-fertilizer.

Keywords: Cluster analysis, Leaf area,Principal component, Variety, Yield

بررسی وضعیت آهن قابل استفاده خاک در خاک‌های کشاورزی ایران

[*1]حامد رضایی، سعید سعادت[2]، رسول میرخانی[3]، لیلا اسمعیل نژاد[4]، یوسف‌رضا باقری[5]

[*1]عضو هیأت علمی، دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، Email: rezaei_h@yahoo.com

۲، ۳، ۴: عضو هیات علمی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران

۵: محقق، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران

خلاصه

بررسی وضعیت عناصر غذایی در پیش‌بینی پتانسیل باروری خاک بسیار مهم است. با نگاهی اجمالی به آمار و اطلاعات مشخص می‌شود که منابع خاک‌های کشور با تهدیداتی متعدد، متنوع و جدی روبرو است. یکی از مهمترین این عوامل حاصلخیزی خاک و وضعیت عناصر غذایی در خاک است. از میان عناصر مورد نیاز گیاهان، کمبود آهن به‌عنوان عنصر کم‌مصرف، بیشترین محدودیت را برای محصولات کشاورزی سرتاسر جهان دارد. در این پژوهش، آهن قابل استفاده خاک در بیش از ۳۰۰۰ پایگاه مطالعاتی پایش کیفیت خاکهای کشاورزی در سراسر کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از کل نمونه خاک‌های سطحی، ۴۴٪ از آنها آهن قابل استفاده کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم داشتند. بیشترین مقدار آهن قابل استفاده خاک در اراضی زراعی آبی مشاهده شد و پس از آن اراضی آیش قرار داشت. البته این دو کاربری از نظر آهن قابل استفاده با هم تفاوت معناداری نداشتند. پس از آن اراضی زراعی دیم و باغی قرار داشتند. مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین آهن قابل استفاده خاک در نمونه‌های سطحی خاک‌های مورد مطالعه در کل پایگاه‌های مطالعاتی، به‌ترتیب ۳۲۹، ۰/۱۰ و ۹/۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بودند.

کلمات کلیدی: آهن قابل استفاده، خاک‌های کشاورزی، کم‌مصرف، کاربری اراضی، عناصر غذایی

مقدمه:

پایش ویژگی‌های شیمیایی خاک از جمله میزان عناصر غذایی و آهن سهم بسزائی در شناسایی و مدیریت حاصلخیزی خاک دارد. ویژگی‌های خاک به‌صورت مکانی و زمانی از سطح یک مزرعه تا منطقه با مقیاس وسیع‌تر تغییر می‌نماید و این ویژگی‌ها تحت تأثیر عوامل طبیعی (عوامل خاکسازی همانند مواد مادری) و عوامل بیرونی (همانند مدیریت خاک، کوددهی و تناوب زراعی) می‌باشد. ناهمگونی و تغییرات ویژگی‌های خاک بایستی شناخته شده تا درک بهتر از اثرات عواملی همانند مدیریت کشاورزی منجر به عملیات کارآمدتر گردد (Hou et al., 2020). در گذشته کشاورزی با استفاده از منابع آلی و معدنی موجود در منطقه برای تأمین عناصر غذایی به عنوان کود انجام می‌گرفت. با افزایش جمعیت و نیاز روز افزون آنها به غذای بیشتر استفاده از کودهای شیمیایی، گسترش یافت (Knap et al., 2018).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، غلظت کل عناصر کم‌مصرف مانند آهن در خاکهای زراعی معمولاً اغلب کم نیست؛ اما به علت ویژگی‌های خاک ازجمله اسیدیته و کربنات کلسیم زیاد و مادهٔ آلی کم، غلظت قابل جذب برای گیاهان ناچیز است. مواد آلی خاکهای ایران به دلایل مختلف از جمله واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک کم است (Karimi et al., 2018)؛ لذا رشد بسیاری از گیاهان زراعی در این خاکها با مشکل تغذیهٔ عناصر کم‌مصرف به ویژه آهن روبه‌رو است؛ از اینرو، کاربرد روش‌های کوددهی، تناوب زراعی، اختلاط بقایای گیاهی با خاک و استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی (برای افزایش قابلیت جذب عناصر کم مصرف) خاک ضروری به نظر می‌رسد (Jakubus and Graczyk, 2020). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بقایای گیاهی سوزانده یا برای خوراک دام استفاده می‌شوند؛ این بقایا منبع درخور توجهی از عناصر کم‌مصرف ازجمله آهن و مس هستند و مخلوط‌کردن آنها با خاک می‌تواند به چرخهٔ این عناصر در خاک کمک کند. به هر حال با نگاهی اجمالی به آمار و اطلاعات مشخص می‌گردد که منابع خاک‌های کشور با تهدیداتی متعدد، متنوع و جدی روبرو است. در این رابطه هر گونه سطحی‌نگری، عدم برنامه‌ریزی و سیاست‌گزاری برای مدیریت منابع خاک، ما را با بحرانی با عنوان از دست رفتن منابع خاک و کاهش تولیدات گیاهی مورد نیاز

جمعیت رو به تزاید، در آینده مواجه خواهد کرد که حل آن بسیار مشکل و گاهی غیر ممکن خواهد بود. به‌همین منظور یکی از راهکارهای کارآمد برای جلوگیری از این چالش، بررسی روند تغییرات کیفیت خاک‌ها، ارزیابی سیستم‌های مدیریتی حاکم بر خاک‌های کشور و به‌طور اجمال داشتن بانک اطلاعاتی قوی و مستدل از ویژگی‌های مختلف خاک‌های کشاورزی است. به‌همین دلیل، انجام بررسی وضعیت آهن قابل استفاده گیاه در پایگاه‌های مطالعاتی پروژه پایش کیفیت خاک‌های کشور با هدف بررسی وضعیت آهن قابل استفاده در کاربری های مختلف و شناسایی ازتباط آن با ویژگیهای مختلف خاک مورد توجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها:

به‌منظور بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی این پروژه در بیش از ۳۰۰۰ پایگاه مطالعاتی انجام شد. پایگاه‌های مطالعاتی بر اساس کاربری اراضی دیم، آبی، و آیش، اطلاعات زمین‌شناسی، خاکشناسی و... انتخاب شد. در پایگاه‌های انتخابی نمونه‌برداری در نقاط مشخص شده بر روی نقشه‌ها (با طول و عرض جغرافیایی) نمونه‌برداری خاک انجام گرفت. انتخاب هر پایگاه به گونه‌ای بود که حتی‌الامکان قطعه‌ای ۳-۱ هکتاری با مدیریت واحد بوده و تغییرات شدید همانند تغییر کاربری، تسطیح اراضی و ... در طول مطالعه در آن انجام نگیرد. برای نمونه‌برداری دایره نمونه‌برداری به قطر ۵۰ متر را به حداقل ۵ قطعه مساوی تقسیم و از مرکز هر یک از این قطعات یک زیر نمونه (sub-sample) یک کیلوگرمی از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر(برای اراضی زراعی) و سه نمونه از عمق‌های۳۰-۰ ، ۶۰-۳۰ و ۹۰ -۶۰ سانتی‌متر(برای باغ‌ها) گرفته شد. سپس زیرنمونه‌های هم‌عمق را به‌خوبی با همدیگر مخلوط نموده و یک نمونه ۵ کیلوگرمی تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌ها ابتدا در هوای آزاد و در سایه خشک شدند. پس از عبور از الک، بافت خاک، کربن آلی، آهن قابل استفاده، آهک، و هدایت الکتریکی در خاک اندازه‌گیری شد. داده‌ها و اطلاعات حاصله جمع‌آوری و با استفاده از نرم افزار SPSS و EXCELL تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث:

نتایج مقادیر غلظت آهن قابل استفاده در خاک‌های زراعی کشور و بر اساس نوع کاربری به تفکیک در جدول یک آورده شده است. بیشترین میزان آهن در کل اراضی زراعی کشور در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برابر با ۳۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین آهن در اراضی تحت کشت ایران در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برابر با ۹/۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های اراضی زراعی در لایه سطحی دارای بیش از ۵/۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن داشتند. بر این پایه، ۴۴ درصد اراضی تحت کشت کشور در عمق ۳۰-۰ سانتیمتر دارای کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن قابل استفاده بودند. غلظت آهن قابل استفاده خاک با افزایش عمق کاهش یافت. به‌طوری‌که با افزایش عمق، این مقدار در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری به ۸/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری به ۵/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید.

نتایج جدول یک نشان می‌دهد که بیشترین غلظت آهن قابل استفاده خاک در اراضی زراعی آبی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برابر با ۳۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین آهن در اراضی زراعی آبی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برابر با ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های سطحی در اراضی زراعی آبی دارای بیش از ۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن هستند. ۴۲ درصد خاک سطحی اراضی آبی کشور مقدار آهن کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم داشتند.

بر پایه جدول یک، بیشترین غلظت آهن در اراضی زراعی دیم در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برابر با ۴۲/۶۴ میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین آهن در عمق ۳۰-۰ سانتی متری اراضی زراعی دیم برابر با ۶/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های سطحی اراضی دیمدارای بیش از ۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن هستند. ۴۸ درصد خاکهای سطحی اراضی دیم کشور دارای مقدار آهن قابل استفاده کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم هستند.

نتایج جدول یک نشان می‌دهد که بیشینه غلظت، میانگین، و کمینه غلظت آهن در اراضی آیش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر به‌ترتیب برابر با ۲۵,۴، ۵,۳۴، و ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است. بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های اراضی آیش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

حاوی بیش از ۴,۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن هستند. ۵۳ درصد خاکهای سطحی اراضی آیش کشور دارای کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن می‌باشند. بیشترین غلظت آهن در اراضی آیش در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر برابر با ۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین آهن در اراضی آیش ایران در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر برابر با ۵,۱۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. و بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های در اراضی آیش ایران در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر حاوی بیش از ۴,۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن قابل استفاده هستند. بیش از ۶۰ درصد خاکهای عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتر اراضی آیش کشور حاوی کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن می‌باشند.

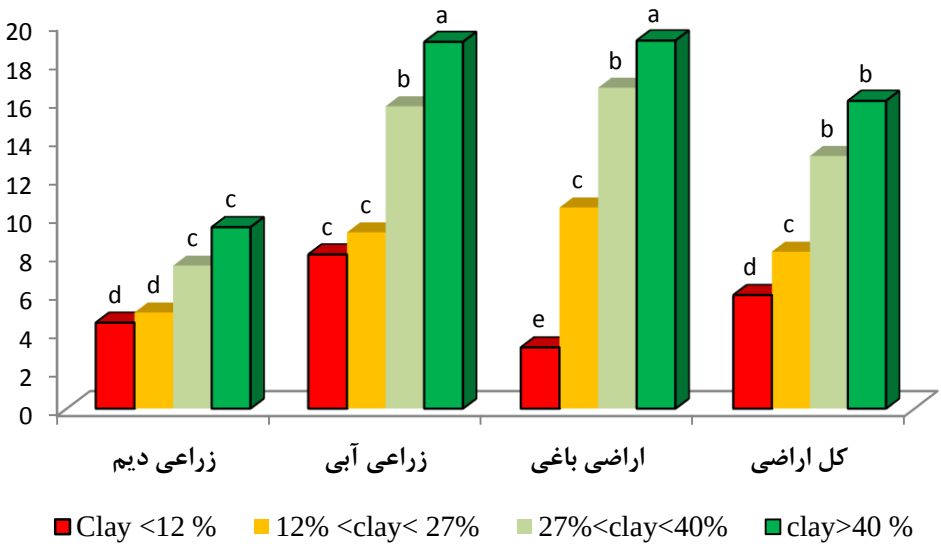
جدول ۱- وضعیت آهن قابل استفاده خاک در کل پایگاه‌های مطالعاتی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری

عمق	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
کل اراضی زراعی کشور							
۰-۳۰	۹,۹۷	۵,۴۶	۲۰,۶	۰,۱۰۴	۳۲۹	۷,۲۹	۶۷,۸۹
۳۰-۶۰	۸,۳۹۸	۵,۲	۱۴,۷۸۴	۰,۱۶۴	۲۴۶	۸,۳۵	۹۰,۷۹
۶۰-۹۰	۵,۴۸۷	۳,۶۲۹	۷,۰۰۱	۰,۰۴۸	۸۵,۴۱۸	۵,۹۹	۵۸,۲
اراضی آبی کشور							
۰-۳۰	۱۲	۵,۸	۲۴,۹۹	۰,۱۰۴	۳۲۹	۵,۹۶	۴۴,۷
۳۰-۶۰	۱۰,۱۳	۵,۹	۱۷,۶۶	۰,۲۴	۲۴۶	۳,۲۱	۲۶,۴
اراضی دیم کشور							
۰-۳۰	۶,۱۵	۵,۱	۴,۳۹	۰,۲۶	۴۲,۶۴	۳,۴۲	۱۹,۱۲
۳۰-۶۰	۵,۸۷	۵	۳,۹۶	۰,۲	۳۸,۶	۲,۹۸	۱۷,۳۵
اراضی آیش کشور							
۰-۳۰	۵,۳۴۲	۴,۶۵	۳,۰۱۹	۱,۰	۲۵,۴	۲,۵۸	۱۱,۶۳
۳۰-۶۰	۵,۱۹۹	۴,۵	۲,۹۱۳	۰,۹۳	۲۲	۲,۱۷	۷,۶۳
اراضی باغی کشور							
۰-۳۰	۱۰,۹۵	۴,۹۷	۲۶,۲۹	۰,۱	۳۰۶	۶,۹۵	۵۹,۲۸
۳۰-۶۰	۹,۳۱	۴,۶۸	۲۰,۳۲	۰,۱۶	۱۹۳	۶,۰۹	۴۳,۰۴
۶۰-۹۰	۵,۴۸۷	۳,۶۲۹	۷,۰۰۱	۰,۰۴۸	۸۵,۴۱۸	۵,۹۹	۵۸,۲

بیشترین میزان آهن در اراضی باغی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر برابر با ۳۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین آهن در اراضی باغی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر برابر با ۱۰,۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. و بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های در اراضی باغی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر حاوی بیش از ۴,۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن هستند. ۵۱ درصد از خاکهای سطحی اراضی باغی کشور دارای کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن خاک می‌باشند. بیشترین میزان آهن قابل استفاده در اراضی باغی ایران در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر برابر با ۱۹۳ میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین آهن در اراضی باغی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر برابر با ۹,۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. بیش از ۵۰ درصد نمونه خاک‌های در اراضی باغی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر حاوی بیش از ۴,۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن هستند. تقریباً بیش از نیمی از خاک‌های عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتر اراضی باغی کشور دارای کمتر از ۵ میلی گرم در کیلوگرم آهن می باشند.

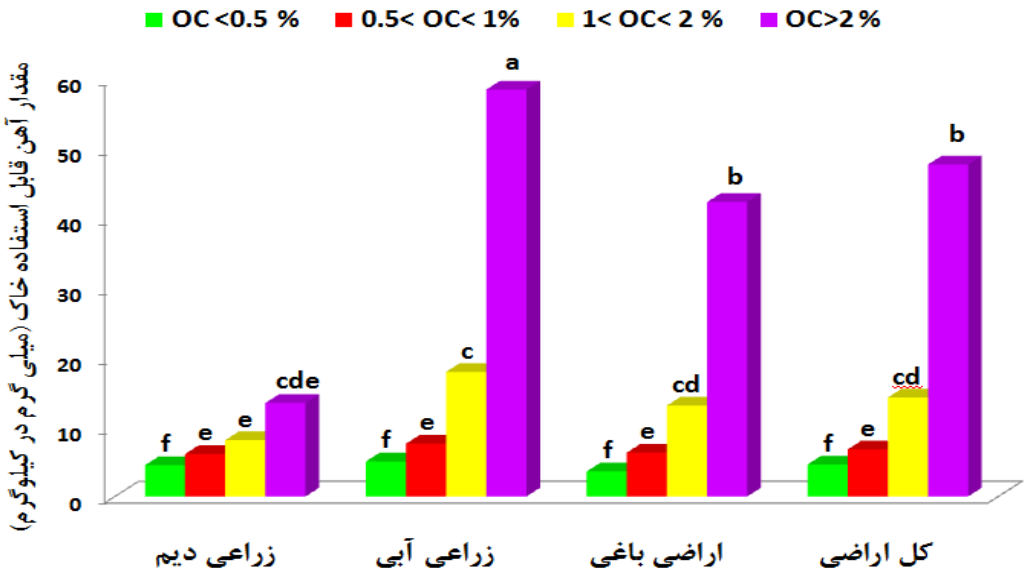
در شکل یک، مقادیر آهن قابل استفاده خاک سطحی بر پایه مقدار رس خاک، در چهار گروه رس ارائه شده است. بر اساس نتایج می‌توان مشاهده کرد که بیشترین میزان آهن خاک در کاربری زراعی آبی و کاربری باغی دارای بیش از ۴۰ درصد رس مشاهده

گردید در حالی‌که خاک اراضی باغی کشور با مقدار رس کمتر از ۱۲ درصد دارای کمترین میزان آهن خاک می‌باشند. در تمام کاربری‌ها با افزایش محتوای رس خاک، افزایش میزان آهن خاک قابل مشاهده است.



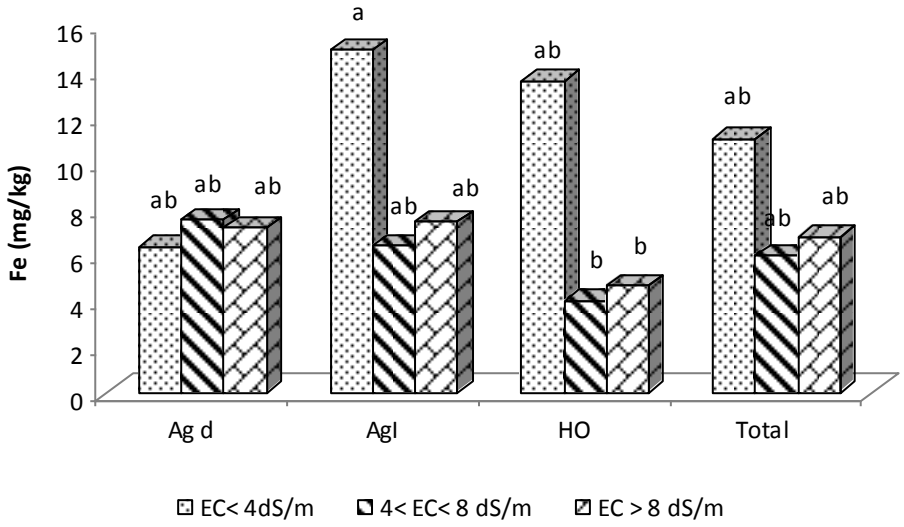
شکل ۱- وضعیت آهن تحت تأثیر درصد رس در نمونه خاک‌های سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتیمتری)

براساس مقدار ماده آلی خاک، نمونه‌های خاک‌ها از عمق ۳۰-۰ سانتیمتر را به ۴ گروه تقسیم و روابط بین مقادیر مختلف آهن قابل استفاده و مقدار کربن آلی در کاربری‌های مختلف بررسی شد (شکل دو). بر این پایه، در تمامی کاربری‌ها به جز در اراضی زراعی دیم، با افزایش میزان کربن آلی خاک، میزان آهن خاک به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. بیشترین میزان آهن خاک در اراضی زراعی آبی دارای بیش از ۲ درصد کربن آلی مشاهده شد و کمترین میزان آهن خاک های سطحی کشور در اراضی باغی دارای کمتر از ۰,۵ درصد کربن آلی مشاهده شد. این نتیجه، ضرورت افزایش کربن آلی خاک در اراضی زراعی را بیش از پیش روشن می‌کند.



شکل ۲. مقایسه میانگین مقادیر آهن قابل استفاده خاک در مقادیر مختلف ماده آلی خاک در کاربری های مختلف

مقادیر میانگین آهن قابل استفاده خاک در محدوده‌های مختلف هدایت الکتریکی خاک در خاک سطحی کاربری‌های مختلف زراعی در شکل سه نشان داده شده است. بر این پایه، در کاربری زراعی دیم، میزان آهن خاک متأثر از میزان شوری خاک نیست و هیچ اختلاف معنی‌داری بین میزان آهن خاک در خاکهای دارای هدایت الکتریکی های مختلف مشاهده نمی‌شود. اما در سایر کاربری‌ها، خاک‌های دارای هدایت الکتریکی کمتر از ۴ دسی‌زیمنس در متر دارای بیشترین میزان آهن خاک بوده و با افزایش هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک به بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس در متر شاهد کاهش میزان آهن نمونه‌های خاک می‌باشیم. بیشترین میزان آهن خاک‌های سطحی کشور در اراضی زراعی آبی با هدایت الکتریکی کمتر از ۴ دسی زیمنس در متر مشاهده شد.



شکل ۳. مقایسه میانگین مقادیر آهن خاک در مقادیر مختلف هدایت الکتریکی خاک در کاربری‌های مختلف

نتیجه‌گیری کلی:

بر پایه نتایج به دست آمده، حدود نیمی از خاک‌های سطحی زراعی کشور، غلظتی کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن قابل استفاده داشتند که در محدوده خاک‌هایی با آهن کم و خیلی کم قرار داشته و با احتمال بالا باعث ایجاد علایم کمبود در گیاه شده و کاهش عملکرد را به دنبال خواهند داشت. بنابراین ضروری است نسبت به رفع این مشکل از طریق افزایش مواد آلی خاک و کاربرد کودهای آلی و معدنی آهن‌دار اقدام نمود. ذکر این نکته شایان توجه است که استفاده از مدیریت حاصلخیزی خاک در خصوص آهن صرفاً در اراضی با کمبود مقدار قابل استفاده آهن نبوده و کلروز آهکی آهن در بسیاری از اراضی دارای مقدار بالای آهن قابل استفاده نیز به چشم می خورد که نیازمند مدیریت صحیح می باشد.

منابع مورد استفاده:

Hou D., Bolan N.S., Tsang D.C.W., Kirkham M.B., Oconnor D. 2020. Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach. Science of the total environment, 729, 138961.

Jakubus, M and Graczyk, M. 2020. Microelement Variability in Plants as an Effect of Sewage Sludge Compost Application Assessed by Different Statistical Methods. Agronomy, 10:642.

Karimi, V., Karami E., Keshavarz, M. 2018. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. Journal of Integrative Agriculture, 17(1): 1–15.

Knapp, S.; van der Heijden, M.G.A. 2018. A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. Nat. Commun., 9, 3632.

Abstract

Investigation of Available Soil Iron Status in Agricultural Soils of Iran

Hamed Rezaei[*1], Saeed Saadat[2], Rasoul Mirkhani[3], Leila Ismailnejad[4], Yousef Reza Bagheri[5]
*Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Alborz, Iran. Email: rezaei_h@yahoo.com
2, 3 and 4: member of scientific board, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Alborz, Iran.
5: researcher, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Alborz, Iran.

Nutrient status is very important in predicting soil fertility potential. A brief look at the statistics and information shows that the soil resources of the country face many diverse and serious threats. One of the most important before mentioned factors is soil fertility and nutrient status in the soil. Among the elements needed by plants, iron deficiency is the most limiting factor for agricultural products around the world. In this study, available soil iron was studied in more than 3000 agricultural soil quality monitoring study sites across the country. The results showed that of the total surface soil samples, 44% had available iron less than 5 mg / kg. The highest amount of available soil iron was observed in irrigated lands, followed by fallow lands. Of course, these two land uses were not significantly different in terms of available iron. After that, there were dry lands and horticultures. The maximum, minimum and average values of available soil iron in the studied surface samples in all study sites were 329, 0.10 and 9.97 mg / kg, respectively.

Keywords: available iron, agricultural soils, micro elements, land use, nutrients.

بررسی تأثیر نانو اکسید سیلیسیم پوشیده شده با اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر برخی پارامترهای مرفولوژی گیاه دارویی سیاهدانه تحت شرایط تنش شوری

حمید ملا حسینی[1*]- محمد فیضیان[2]-سعید دوازده‌امامی[3] -ابراهیم مهدی پور[4]

۱-عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران-

molahoseini_h@yahoo.com

۲-استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران

۳- استادیار پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- ایران

۴- استادیار دانشکده شیمی، دانشگاه لرستان، ایران،

چکیده

این پژوهش جهت بررسی تاثیر پوشش نانو اکسید سیلیسیم پوشش دار در افزایش تحمل به شوری گیاه سیاهدانه در شرایط گلخانه‌ای در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش در قالب طرح اسپیلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار جهت آزمون اثر بخشی نانو اکسید سیلیسیم پوشش دار اجرا گردید. تیمار شوری در ۳ سطح شامل ۲، ۳/۵ و ۵ دسی زیمنس بر متر با آب آبیاری و تیمار نانو اکسید سیلیسیم پوشش دار در ۴ سطح شامل ، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم در لیتر در دو مرحله چند برگی و گلدهی در آب آبیاری اعمال شدند. ارزیابی نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی، ریشه، ارتفاع بوته و رطوبت نسبی برگ با افزایش شوری کاهش و با کاربرد نانو ذره پوشش دار در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر افزایش معنی دار داشتند بطوریکه وزن خشک اندام هوایی درغلظت ۰/۵ گرم در لیتر نانو ذره پوشش دار در شوری های ۳/۵ و ۵ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی دار نداشت. لذا نتیجه می شود با پوشش نانو اکسید سیلیسیم توسط اسید هیومیک و سالسیلیک می توان با کاهش مقدار و دفعات مصرف، تحمل به شوری گیاه سیاهدانه را افزایش داد.

واژگان کلیدی: تحمل به شوری، رویشی، سیاهدانه، نانو اکسید سیلیسیم

مقدمه

کشور ایران با ۲۷ میلیون هکتار اراضی شور در مقام اول کشورهای آسیا قرار دارد.. تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، اختلال در جذب و انتقال برخی عناصر غذایی ضروری نظیر کلسیم و پتاسیم، موجب اختلال در برخی فرآیندهای گیاه می‌شود (Kaya *et al*., 2006). امروزه افزودن نانو ذرات به محلول غذایی گیاهان به دلیل داشتن اثرهای بی نظیر مانند نفوذ سریع تر و راحت تر به درون غشای سلولی، توجه زیادی را در بین تولید کنندگان به خود جلب کرده است از طرفی در بین نانو ذرات، نانو اکسیدها بیشتر استفاده می‌شوند (Aitken *et al*., 2006). نانوذرات سیلیکا پس از جذب توسط ریشه گیاهان وتشکیل یک لایه در دیواره سلولی باعث افزایش تحمل به تنش ها از جمله تنش شوری و بهبود رشد و عملکرد گیاهان می شوند (Derosa *et al*., 2010). Fazeli *et al*. (2011) گزارش کردند تیمار سیاهدانه با سالیسیلیک اسید میزان محتوای رطوبت نسبی را افزایش داد. اسید هیومیک در خاک شور از طریق تقویت رشد میکروبی، بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی و فعالیت آنزیم باعث بهبود تولید محصولات کشاورزی می‌شود (Shaaban *et al*., 2013؛ Khattak *et al*., 2013). سیاهدانه با نام علمی (*Nigella sativa L*.) گیاهی از تیره آلاله است که به‌طور طبیعی و خود رو در نقاط مختلف ایران رشد می‌کند. این گیاه بومی غرب آسیا می‌باشد و در مصر، هند، ایران، عربستان، ترکیه و پاکستان کشت

می‌شود (Hyam & Pankhurst, 1995). با پوشش نانو اکسید سیلیسیم به‌وسیله اسید هیومیک و در حضور اسید سالیسیلیک، امکان تجمیع توانایی محرک‌های زیستی و عناصر معدنی در افزایش تحمل به شوری گیاهان و همچنین کاهش اثرات مضر ناشی از مصرف اضافی آن‌ها فراهم می‌شود. لذا جهت درک بهتر اثر توأم نانو ذرات با مواد آلی طبیعی مطالعه حاضر باهدف بررسی چگونگی پوشش نانو اکسید سیلیسیم با اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و تأثیر آن بر برخی پارامترهای رشدی، ترکیب یونی و افزایش تحمل به شوری گیاه سیاهدانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق جهت بررسی اثربخشی نانو اکسید سیلیسیم پوشش دار شده بر برخی پارامترهای مرفولوژی و ترکیب یونی گیاه دارویی سیاهدانه تحت شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش در قالب طرح اسپیلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار جهت آزمون اثر بخشی نانو اکسید سیلیسیم پوشش دار اجرا گردید. فاکتور اصلی شوری آب آبیاری با نمک کلرید سدیم در ۳ سطح شوری شامل ۲ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان شاهد (S1)، ۳/۵ (S2) و ۵ دسی زیمنس بر متر (S3) همراه با آب آبیاری استفاده شدند. فاکتور فرعی غلظت نانو اکسید سیلیسیم پوشیده شده با اسید هیومیک در اسیدیته ۴ با حضور اسید سالیسیلیک در۴ سطح شامل ۰ (N1)، ۰/۲۵ (N2)، ۰/۵ (N3) و ۰/۷۵ (N4) گرم در لیتر با کاربرد در آب آبیاری در دو مرحله چند برگی (۱۵ روز پس از کاشت نشا) و گلدهی (۵۰ روز پس از کاشت نشا) اعمال شدند. بذرهای مورد استفاده پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه، ۳ تا ۵ بار با آب مقطر شسته و درون سینی‌های نشا حاوی پیت ماس کشت و نهایتا نشاها به گلدان‌های پلاستیکی استوانه ای(قطر دهانه ۲۰ سانتی متر و ارتفاع ۲۵ سانتی متر) حاوی مخلوط مساوی پرلیت پودری با پرلیت ۱ تا ۳ میلی‌متری منتقل شدند. وضعیت دمایی گلخانه درنیمه اول دوره در شب و روز به ترتیب ۱۵ و ۲۵ و در نیمه دوم دوره در شب و روز به ترتیب ۲۰ و ۳۵ درجه سانتی گراد و وضعیت رطوبت گلخانه ۳۰ درصد بود. ۱۱۰ روز پس از تغذیه بوته‌ها با استفاده از محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) در طی رشد بهاره و ظهور ۸۰ درصد علائم رسیدگی سیاهدانه شامل زرد شدن، خشک شدن بوته‌ها، ریزش برگ‌ها، کرمی رنگ شدن کپسول و سیاه و سفت شدن بذور در کپسول، بوته‌ها برداشت و صفات ارتفاع گیاه از سطح بستر و نسبت اندام هوایی به ریشه اندازه‌گیری شدند. وزن تر اندام هوایی و ریشه بعد از برداشت با استفاده از ترازوی دیجیتال و وزن خشک آنها پس از قرار گرفتن در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین گردید. به‌منظور تعیین تاثیر تیمارها در تحمل به شوری فاکتورهای محتوای آب نسبی برگ ,.Mishra & Choudhuri (1999) و نشت یونی (Kaya *et al*., 2002) در مرحله رسیدن دانه در برگ اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از نرم‌افزارMSTATC و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱) نشان داد که تغییرات وزن خشک اندام هوایی سیاهدانه تحت تأثیر شوری، تیمارهای نانو اکسید سیلیسیم پوشش دارو اثر متقابل آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند. وزن خشک اندام هوایی در بین تیمارهای شوری شاهد و شوری ۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با میانگین ۵۷۹ و ۴۵۰/۷ گرم در مترمربع بیشترین و کمترین مقدار را داشتند. همچنین صفت مذکور در بین سطح صفر و ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار، به ترتیب با میانگین ۴۵۳/۴ و ۵۵۵ گرم در مترمربع بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و تیمارهای نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار بر وزن خشک اندام هوایی (شکل۱) نشان داد که پاسخ وزن خشک اندام هوایی در شوری‌های مختلف نسبت به افزایش غلظت نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار مثبت بود بطوریکه وزن

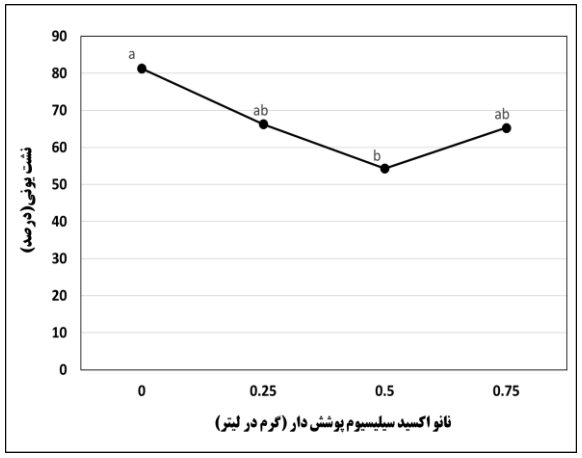
خشک اندام هوایی در تیمار شوری شاهد و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار با غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم در لیتر (S1N3 و S1N4) و تیمار شوری ۳/۵ دسی زیمنس برمترو نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار با غلظت ۰/۷۵گرم در لیتر (S2N4) بیشترین مقدار و ازلحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند البته افزایش وزن خشک اندام هوایی در تیمار شوری ۵ دسی زیمنس برمتر و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار با غلظت ۰/۵ گرم در لیتر (S3N3) معنی‌دار و با تیمار (S2N3) در یک گروه قرار گرفتند. وزن خشک ریشه سیاهدانه در بین تیمارهای شوری و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار به‌طور مستقل به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت ولی در اثر متقابل شوری و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار معنی‌دار نگردید (جدول۱). وزن خشک ریشه در شوری شاهد (۲ گرم در مترمربع) تقریباً ۱/۵ برابر وزن خشک ریشه در شوری ۵ دسی زیمنس بر متربود که بیانگر تأثیر منفی شوری در رشد ریشه بود. همچنین مقایسه بین سطوح نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار نشان داد که وزن خشک ریشه در سطوح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۱/۲ ،۱/۴ و۱/۴برابر افزایش و از نظر آماری با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند. در خصوص صفت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک‌ریشه، اثر شوری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، ولی در سطح نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار و اثر متقابل شوری و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار معنی‌دار نشد (جدول۱). صفت مذکور در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر کمترین (۳۵/۶) و در شاهد بیشترین (۴۳/۸) بود که بیانگر تأثیر بیشتر شوری در کاهش وزن ریشه نسبت به وزن اندام هوایی است. ارتفاع بوته در تیمارهای شوری و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار به‌طور مستقل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد ولی در اثر متقابل دو تیمار معنی‌دار نگردید (جدول۱). شوری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد بطوریکه کمترین ارتفاع بوته (۹۰/۴ سانتی‌متر) مربوط به شوری ۵ دسی زیمنس برمترو بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۱/۴ سانتی‌متر) مربوط به شاهد بود. از طرفی کاربرد سطوح مختلف نانو اکسید سیلیسیم پوشش دار تاثیر معنی‌داری در افزایش ارتفاع بوته داشت بطوریکه ارتفاع بوته در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۱/۰۶ و ۱/۰۸ برابر افزایش و ازنظر آماری با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند.

جدول۱- میانگین مربعات صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن ریشه، وزن خشک اندام هوایی به ریشه وارتفاع بوته

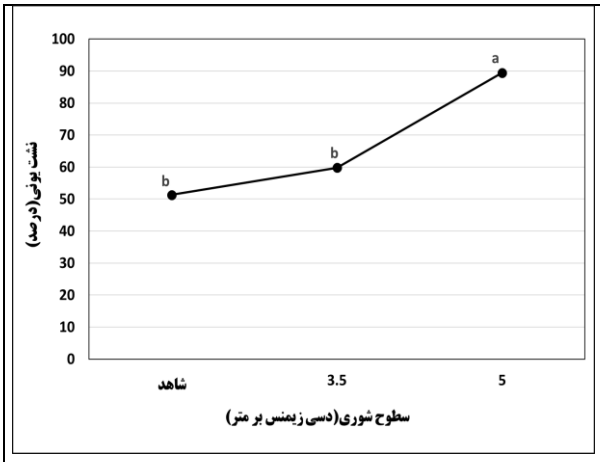
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک‌ریشه	وزن خشک اندام هوایی به ریشه	ارتفاع بوته
تکرار	۳	۴۸۵۰/۷	۰/۴۶۹	۴۱/۶	۵۹/۷
شوری	۲	۶۷۱۶۱/۸**	۲۳۰/۱**	۲۴۲*	۵۰۳/۹**
خطا	۶	۱۸۹۹/۱	۵/۶	۲۲/۷	۲۱/۲
نانوذره پوشش‌دار	۳	۲۵۲۹۲/۷**	۳۷/۴*	۷/۹ns	۱۱۹/۵**
شوری* نانوذره پوشش‌دار	۶	۵۱۴۷/۳**	۴/۴ns	۱۳/۲ns	۲۲/۵ns
خطا	۲۷	۱۴۲۲/۹	۸/۳	۴۲/۸	۱۸/۴

درصد نشت یونی غشا برگ سیاهدانه مطابق شکل‌های ۲ و ۳ تحت تأثیر تیمارهای شوری و نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار به‌طور مستقل قرار گرفت مقایسه میانگین میزان نشت یونی در بین تیمار شوری نشان داد که کمترین میزان نشت یونی (۵۱/۳ درصد) مربوط شاهد و بیشترین (۸۹/۵ درصد) مربوط به شوری ۵/۵ دسی زیمنس بر متر بود از طرفی کاربرد نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار کاهش معنی‌داری روی نشت یونی داشت بطوریکه میزان نشت یونی در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر

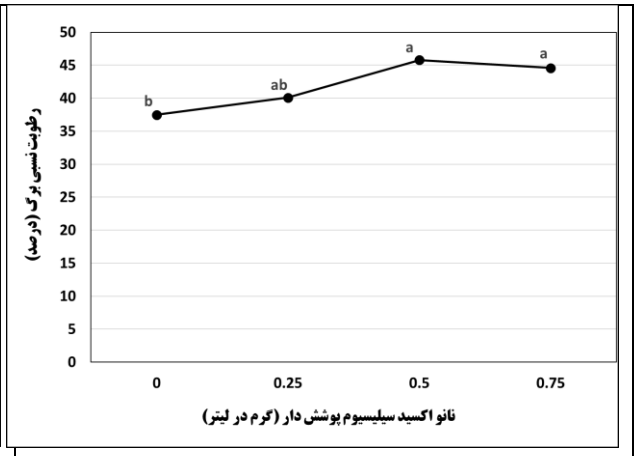
نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار با بیش از۶۰ درصد کاهش به ۵۴/۳ درصد رسید که معادل میزان نشت یونی در شرایط بدون تنش شوری بود. شوری و کاربرد نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ سیاهدانه داشتند (اشکال ۴ و ۵) بطوریکه با افزایش سطوح شوری، محتوای آب نسبی برگ در شوری ۵ دسی زیمنس برمترکمترین (۳۸/۶درصد) و در تیمار شاهد بیشترین (۴۷/۶درصد) بود همچنین با افزایش کاربرد نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار، محتوای آب نسبی برگ با۱/۲برابر افزایش به ۴۵/۸ درصد در تیمار ۰/۵گرم در لیتر نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار رسید.



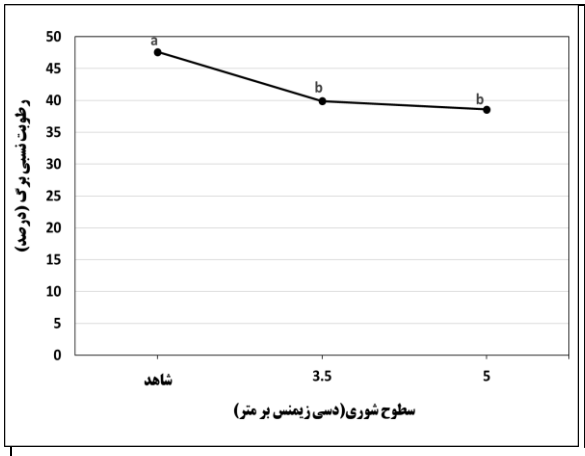
شکل۲: تاثیر نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار بر نشت یونی



شکل۳: تاثیر شوری بر نشت یونی



شکل۴: تاثیر نانو اکسید سیلیسیم پوشش‌دار ر بر رطوبت نسبی



شکل۵: تاثیر شوری بر رطوبت نسبی

بحث

نتایج آزمایش اثربخشی نانو اکسید سیلیسیم پوشیده شده با اسید هیومیک و اسیدسالیسیلیک در کاهش تنش شوری گیاه سیاهدانه نشان داد که با افزایش شوری تا ۵ دسی زیمنس بر متر وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه وارتفاع بوته به

ترتیب به میزان۲۳، ۳۸، ۱۱ و ۲۱ درصد کاهش معنی‌داری داشتند همچنین نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه به میزان ۱/۳برابر افزایش داشت که بیانگر تأثیر منفی بیشتر شوری روی وزن خشک ریشه نسبت به وزن خشک اندام هوایی و همچنین حساسیت سیاهدانه به شوری است. نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش‌شده است در آزمایشی تأثیر تنش شوری بر برخی خصوصیات رشدی گیاه دارویی نعنا نشان داد که با افزایش شوری طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، طول میانگره و بیوماس کل کاهش یافت(Khorasaninejad et al., 2010). Hajar و همکاران (۱۹۹۶) با بررسی اثر تیمارهای مختلف شوری بر جوانه زنی و شاخص های رشد سیاهدانه مشاهده کردند با افزایش شوری؛ وزن ساقه، وزن ریشه، کاهش یافتند. مطابق نتایج این آزمایش با کاربرد غلظت 0/5و 0/75 گرم در لیتر نانواکسید سیلیسیم پوشیده شده با اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک وزن خشک اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳ برابرافزایش داشت هم چنین با کاربرد غلظت ۰/۲۵ گرم در لیتر نانوذره مذکور ارتفاع بوته ۱/۱ برابر افزایش و با کاربردهای بیشتر اختلاف معنی‌دار نداشت نتایج مشابهی توسط سایر محققین در خصوص اثرهای منفرد سیلیسیم، اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید روی افزایش پارامترهای رشد و افزایش تحمل به تنش در گیاهان گزارش‌شده است. بررسی اثر نانو اکسید سیلیسیم روی برخی از خصوصیات گیاه دارویی ریحان درشرایط تنش شوری نشان داد که وزن تر و خشک و مقدار کلروفیل برگ با کاربرد نانو اکسید سیلیسیم در شرایط تنش شوری افزایش یافت(Kalteh et al., 2014). بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر شاخص‌های رویشی گیاه زینتی دارویی پروانش نشان داد که غلظت کم اسید هیومیک (100میلی‌گرم بر لیتر)و متوسط اسید سالیسیلیک (۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین تأثیر را روی ارتفاع گیاه داشت (Chamani et al., 2016). در مطالعه ای تأثیر استفاده از اسید هیومیک بر تعداد گل، وزن تر گل و وزن تر و خشک کلاله زعفران مثبت بود (Koocheki et al.,۲۰۱۶). بررسی وضعیت نتایج نشت یونی در این آزمایش بیانگر این است که افزایش شوری تا ۵ دسی زیمنس بر متر باعث افزایش نشت یونی به میزان ۱/۷ برابر شد همچنین با کاربرد غلظت ۰/۵ گرم در لیتر نانواکسید سیلیسیم پوشیده شده با اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مقدار نشت یونی به میزان ۶۶ درصد کاهش داشت نتایج ما با سایر محققین مطابقت دارد. محلول پاشی گیاه سیاهدانه با غلظت ۱/۵ میلی مولار سیلیسیوم تحت تنش شوری ۲۵ و ۷۵ میلی مولار، باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی ، امکان رشد و بقای گیاه در این شرایط شد همچنین محتوی نسبی آب برگ افزایش و نشت یونی کاهش یافت(Fazeli et al., 2018).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش، نشان‌دهنده این موضوع است که غلظت متوسط نانو اکسید سیلیسیم پوشیده با هیومیک اسید و اسید سالیسیلیک باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه و ارتفاع گیاه گردید همچنین باعث افزایش تحمل گیاه سیاهدانه در برابر شرایط نامساعد محیطی و تنش شوری از طریق افزایش پایداری غشا و کنترل رطوبت نسبی برگ‌ها شد. لذا نتیجه می شود با پوشش نانو اکسید سیلیسیم توسط اسید هیومیک و اسید سالسیلیک می توان با کاهش مقدار و دفعات مصرف مواد مذکور، تحمل به شوری گیاه سیاهدانه را افزایش داد.

فهرست منابع

Aitken, R. J., Chaudhry, M. Q., Boxall, A. B. A. and Hull, M., 2006. Manufacture and use of nano materials: current status in the UK and global trends, Occup. Med, 56: 300–306.

Chamani, I., Bonyadi, M. and Ghanbari, A., 2016. Effect of Salicylic Acid and Humic Acid on Vegetative Indices of Parvanesh medicinal ornamental plant, Journal of Horticultural Science, 29(4): 631-641.

Derosa, M. R., Monreal, C., Schmitzer, M., Walsh, R. and Sultan, Y., 2010. Nanotechnology in fertilizers, NatNanotechnol, 1: 193-225.

Fazeli, A., Zarei, B. and Tahmasebi, Z., 2018. The effect of salinity stress and salicylic acid on some physiological and biochemical traits of Black cumin (*Nigella sativa L.*), Iranian Journal of Plant Biology, 9(4): 69-83.

Hajar, A. S., Zidan, M. A. and Al-zahrani, H. S., 1996. Effect of salinity stress on the germination, growth and physiological activities of Black cumin (*Nigella sativa L.*), The Arab Gulf Journal of Science Reseach, 14(2): 445-454.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I., 1950 The waterculture for growing plants without soil, California Agriculture Experimental Statistics Circular, 347: 32.

Hyam, R. and Pankhurst, R., 1995. Plants and their names, Oxford, 545.

Kalteh, M., Taj Alipour, Z., Ashraf, S., Marashi Aliabadi, M. and Falah, A., 2014. Effect of silica Nanoparticles on Basil (*Ocimum basilicum*)Under Salinity Stress, Journal of Chemical Health Risks, 4(3), 49–55.

Kaya, M. D., Okci, G., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O., 2006 Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus L.*), European Journal of Agronomy, 24: 291-295.

Khattak, R. A., Haroon, K. and Muhammad, D., 2013. Mechanism(s) of humic acid induced beneficial effects in salt_affected soils, Sci. Res.Essays Acad. J, 8: 932-939.

Koocheki, A., Fallahi, H. R., Amiri, M. B. and Ehyaei, H. R., 2016. Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of Saffron. Journal of Agroecology, 7(4): 425-442.

Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, Kh. and Khalighim, A., 2010. The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters, Essential oil Yield and Constituent of eppermint (*Mentha piperita L*), World Applied Sciences Journal, 11(11): 1403-1407.

Mishra, A. and Choudhuri, M. A., 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice, Biologia Plantarum, 42: 409-415.

Evaluation of effect of silicone nano oxide coated with humic acid and salicylic acid on some morphological parameters of black cumin (*Nigella sativa L.*) under salinity stress

Hamid molahosein[1*]- Mohhamad Feizian[2]- SaeidDavazdah Emami[3]-Ebrahim Mehdi **Pour**[4]

1-Corresponding Author, Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran, Email:molahoseini_h@yahoo.con

2- Assistant Professor, Soil Department, Lorestan Univ, Iran,

3- Assistant Professor, Natural Resource Research Departments, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran,

4-Assistant Professor, Chimistry Faculty, LorestanUniv, Iran,

Abstract

In order to evaluate the effect of silicone nano oxide coated with humic acid and salicylic acid on some morphological parameters of black cumin (*Nigella sativa L.*) under salinity stress were conducted (in greenhouse) in 2017-2018. The Split Plots experiment based on randomized complete blocks with four replications. Salinity applied in three levels 2 ds m^{-1} as control, 3.5 and 5 ds m^{-1} with irrigiation. The coated silicone nano oxide concentration treatments were 0, 0.25, 0.5 and 0.75 g l^{-1} which were applied via irrigation in two stages of black cumin growth(vegetative and reproductive). The results showed that changes in dry weight of shoot, root, plant height, shoot/root ratio and relative water content in the salinity treatments and coated nanoparticles were independently significant, but in their interactions, only changes in the dry weight of shoot were different, significantly. It is concluded that with the coating of silicone nano oxide with humic acid and salicylic acid, the tolerance to salinity of the Black cumin can be increased by reducing the amount and frequency of these material consumption.

Keywords Black cumin,Nanosilica, Salt tolerance

بررسی تاثیر لئوناردیت و باکتری حل کننده روی بر برخی خصوصیات بیولوژیکی خاک و مورفولوژیکی گیاه ذرت

فردین حسینی[۱]، بهنام دولتی[۲*] و محسن برین [۳]

[۱] دانشجوی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[۲ و ۳] استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

b.dovlati@urmia.ac.ir

چکیده

روی یکی از عناصر ضروری گیاهان در خاک است و در خاکهای آهکی مشکلات عدیده ای در جذب توسط گیاهان دارد. بدین منظور برای افزایش انحلال و قابلیت استفاده روی در خاک، آزمایش گلخانه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور میکروبی (بدون باکتری و باکتری حل کننده روی) و لئوناردیت در سه سطح صفر، ۲ و ۴ درصد در ۳ تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که تلقیح میکروبی و سطوح مختلف لئوناردیت باعث بهبود ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک شد و توانست pH خاک را به اندازه ۳/۳۵ واحد کاهش و میزان قابلیت استفاده روی را ۵۴ درصد افزایش دهد. ویژگیهای بیولوژیکی خاک از جمله جمعیت میکروبی، تنفس پایه و کربن میکروبی بترتیب ۳۶/۲، ۷۷ و ۷۷ درصد افزایش یافت. همچنین تیمارها تاثیر مثبت و معنی دار بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه ذرت داشت و باعث افزایش ارتفاع (۲۶/۹ درصد)، قطر (۳۳/۹ درصد) و وزن خشک بوته ذرت (۹/۹۸ درصد) و همچنین افزایش ارتفاع (۲/ ۲۶ درصد) و حجم ریشه (۲۳/۷ درصد) شدند. توصیه میشود جهت افزایش قابلیت استفاده عناصر و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از منابع مواد هیومیکی و باکتری های کارا استفاده شود.

واژگان کلیدی: باکتری حل کننده روی، ذرت و لئوناردیت

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. یکی از غلات گرمسیری مهم و از خانواده گندمیان (گرامینه) متعلق به گیاهان تک لپه ای می‌باشد. ذرت گیاهی یک ساله و یک پایه می باشد و بدلیل تنوع ژنتیکی امروزه جایگاه سوم بعد از گندم و برنج را از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است. ذرت دارای مقاومت بسیار زیادی از نظر شرایط محیطی می‌باشد و در تمام دنیا گسترش یافته است بطوریکه در تغذیه دام و طیور، صنعت کاغذ سازی و تامین مواد غذایی انسان نقش مهمی را ایفا می‌کند (احمدی و همکاران ، ۱۳۷۹). لئوناردیت بعنوان زغال سنگ نارس با مقادیر بسیار زیادی مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولیک) است که از بقایای گیاهی به وجود می‌آید و برای اولین بار توسط لئونارد زمین شناس آمریکایی کشف شد. لئوناردیت ساختاری نسبتا پیچیده دارد و عمدتا از کربن (۵۵٪ وزنی) تشکیل شده است، که دارای محیط نسبتا غیر قطبی بوده و در رسوبات و شیل‌های کربن‌دار یافت می‌شود (Schnitzer et al., 2001). لئوناردیت زغال سنگی نرم با رنگ سیاه و یا قهوه‌ای براق است که به‌راحتی در محلول‌های قلیایی حل می‌شود که دارای pH اسیدی در محدوده ۳ می‌باشد و به طور گسترده در سرارسر جهان یافت می‌شود (Neuendrof et al., 2005). باکتری‌ها کوچکترین و فراوان ترین ریز جانداران خاک می‌باشند که اکثرا آزادزی بوده و بر خلاف کوچک بودن اندازه، موجوداتی بسیار شگفت انگیز هستند. باکتری‌ها به علت شرکت در چرخه کربن و نیتروژن و تغییر و تبدیل عناصر در خاک حائز اهمیت هستند. این ریز موجودات مقاومت بسیار بالایی در برابر شرایط محیطی ناسازگار دارا بوده و توانایی زیادی در اتباط با سایر ریز جانداران و گیاهان عالی دارند. باکتری‌ها به دلیل اندازه کوچک، سرعت رشد و تکثیر بالا و توانایی تجزیه انواع مواد مختلف آلی و غیر آلی اهمیت چشمگیری دارا می‌باشند. همچنین این موجودات علارغم کوچکی جثه نسبت به سایر موجودات زنده توانایی متابولیکی بیشتر از بقیه ریز جانداران دارا می‌باشند که همین امر سبب تاثیر چشمگیر باکتری‌ها در تشکیل خاک، تجزیه مواد آلی، اصلاح خاک‌های آلوده و افزایش دسترسی عناصر برای گیاهان می گردد (لکزیان،

۱۳۸۴). همچنین Wei-Hong و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که افزایش غلظت روی در ناحیه ریزوسفری خاک می‌تواند ناشی از افزایش ترکیبات آلی ریشه گیاه به موجب فعالیت میکرواورگانیسم‌های این منطقه باشد که از طریق کلات کردن و انحلال موجب آزادسازی روی فعال در خاک شده و در نتیجه زیست فراهمی آن را افزایش می‌دهند. استفاده از اصلاح کننده‌های طبیعی و همچنین میکروب‌های حل‌کننده یکی از راهکارهای مهم جهت نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست می‌باشد. لذا این تحقیق با هدف تاثیر لئوناردیت و باکتری‌های حل کننده بر شاخص‌های رشدی گیاه ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش، خاکی که با مقدار روی (Zn) پایین از مزارع دانشگاه ارومیه برداشت شد و بعد از هواخشک جهت آنالیز آزمایشگاهی (۲ میلیمتر) و همچنین عملیات گلخانه ای (۵ میلیمتر) آماده سازی شد. ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی و همچنین روی قابل استفاده در خاک به روش DTPA (رفرنس) اندازه گیری شد. بذر ذرت (رقم ۷۰۴) را پس از تهیه، ابتدا با هیپوکلرید سدیم ۰/۵ به صورت سطحی استریل نموده و سپس آن‌ها را به مایع تلقیح‌های میکروبی کشت شده در آزمایشگاه بیولوژی خاک (به صورت بذر مال) اضافه نمودیم. لازم به ذکر است که در این مرحله بذور ذرت را در دو مایه تلقیح (با و بدون تیمار میکروبی) قرار دادیم و پس از تکان دادن بذور (۲۴ ساعت) در انکوباسیون شیکردار، جهت کشت استفاده شد. پس از اعمال تیمارهای لئوناردیت در مقادیر صفر، ۲ و ۴ درصد وزنی، ۶ عدد بذر ضد عفونی شده ذرت در هر گلدان کاشته شد و پس از رویش سه بوته مناسب انتخاب و بمدت ۷۰ روز در شرایط گلخانه نگهداری شد. پس از اتمام دوره رشد، عملیات برداشت نمونه‌ها انجام گردید. قبل از برداشت ابتدا ارتفاع بوته‌های ذرت از سطح خاک اندازه گیری و یادداشت گردید. بوته ها از محل طوقه از سطح خاک بریده شد و به منظور تعیین وزن خشک، داخل پاکتهای کاغذی به آون منتقل و به مدت ۷۲ ساعت تحت دمای ۶۵ درجه سانتی گراد خشک گردید. میزان روی در گیاه و pH خاکها در پایان آزمایش اندازه گیری شد. برخی از ویژگیهای بیولوژیکی خاک گلدانی با استفاده از روشهای استاندارد اندازه گیری شد. پارامترهای برازش داده‌ها با نرم افزار Exel-Solver؛ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین از طریق آزمون (SNK) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

خاک مورد بررسی دارای بافت لومی شنی و آهکی، pH تقریباً خنثی و همچنین حاوی ۱۹/۵ درصد کربنات کلسیم بود (جدول ۱). غلظت روی قابل دسترس (DTPA-Zn) نیز به میزان ۰/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که از حد بهینه آن در خاک کمتر بود.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه

بافت خاک	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	روی کل	روی قابل دسترس	pH	EC
	(٪)		(mg kg^{-1})			(dS m^{-1})
لومی شنی	۱۹/۵	۰/۵۹	۹۳	۰/۷۵	۷/۶۹	۱

لئوناردیت با pH اسیدی حاوی ۳۶/۵ درصد کربن آلی و دارای ۶۷ سانتی بار بر کیلوگرم ظرفیت تبادلی بود. همچنین از شاخصهای مهم جاذب وجود مقادیر ۲۸ درصد از هیومیک و فولویک اسید بود.

مقدار روی قابل استفاده بین ۰/۵۹ الی ۱/۱۳ میلی گرم در کیلوگرم متغییر بود بطوریکه حداکثر آن در تیمار ۴ درصد لئوناردیت و حد اقل آن در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج نشان داد که جمعیت میکروبی، تنفس پایه و کربن میکروبی تحت تأثیر تلقیح میکروبی، سطوح مختلف لئوناردیت و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. میانگین جمعیت میکروبی، تنفس پایه و کربن میکروبی خاک تحت تاثیر لئوناردیت و تلقیح باکتری بترتیب ۸/۱۹، ۱۵ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۲). کربن جمعیت میکروبی به شدت تحت تأثیر جمعیت میکروبی قرار دارد، چون آن‌ها نه تنها قادر به ذخیره مواد غذایی هستند بلکه در چرخه تغییر و تبدیل عناصر غذایی و مواد آلی در خاک دخیل بوده (Hoffman et al., 2003) و نقش مهمی در تجزیه ترکیبات پیچیده و آزاد کردن ترکیبات ساده مثل CO_2 دارند و افزایش آن‌ها در خاک باعث افزایش کربن

زیتوده میکروبی می‌شود (Rasul et al., 2006). در تایید نتایج این پژوهش لئوناردیت تاثیر مثبتی در افزایش جمعیت میکروبی خاک و فعالیت میکروبی داشت. علت این امر احتمالاً وجود مقادیر مختلف اجزای آلی مقاوم در برابر تجزیه در لئوناردیت و هومیک اسید و در نتیجه میزان تجزیه متفاوت آن‌ها است (Majumder *et al.*, 2008). فتحی و همکاران (۱۳۹۴) مشاهده کردند که منافذ ریز بیوچار که دارای محل‌های تبادلی مثبتی مانند هومیک اسید است می‌تواند محیطی مناسبی را برای میکروب‌های تغییردهنده شکل عناصر غذایی فراهم کند و سبب کاهش زمان گردش و افزایش قابلیت دسترسی بیولوژیک عناصر غذایی شود.

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف باکتری و لئوناردیت بر بیولوژی خاک

لئوناردیت*باکتری	جمعیت میکروبی	تنفس پایه	کربن میکروبی
شاهد	۵/۲۳^{e}	۰/۰۵۵^{e}	۲۶۴/۱^{c}
تلقیح باکتری	۶/۲۵^{d}	۰/۱۷۸^{d}	۴۹۲/۵۳^{bc}
لئوناردیت۲ درصد بدون تلقیح	۶/۵۲^{d}	۰/۱۳۴^{c}	۵۲۸/۲^{bc}
لئوناردیت۲ درصد با تلقیح	۷/۲۹^{b}	۰/۱۹۱^{b}	۶۱۶/۳^{b}
لئوناردیت۴ درصد بدون تلقیح	۷/۰۲۲^{c}	۰/۱۶۸^{c}	۱۱۴۴/۶^{a}
لئوناردیت۴درصد با تلقیح	۸/۱۹^{a}	۰/۲۲۵^{b}	۱۱۴۴/۶^{a}

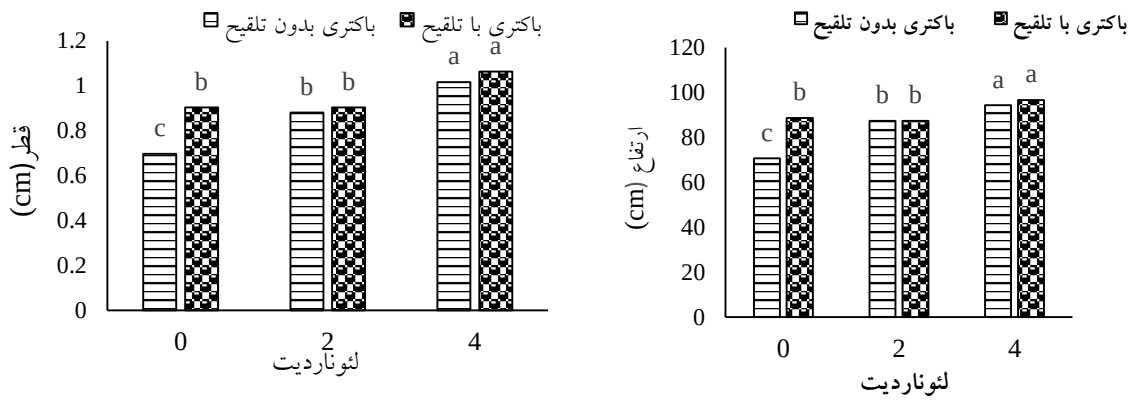
برخی از شاخص‌های رشدی گیاه ذرت شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک بوته، حجم و ارتفاع ریشه تحت تاثیر تلقیح میکروبی و سطوح مختلف لئوناردیت پس از یک دوره ۷۰ روزه اندازه گیری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع و قطر بوته ذرت تحت تأثیر تلقیح میکروبی، سطوح مختلف لئوناردیت و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف باکتری و لئوناردیت بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن خشک	ارتفاع ریشه	حجم ریشه
باکتری	۱	۲۰۶/۷۲۲۲***	۰/۰۳۸۲۷**	۱/۱۵۰*	۱/۱۲^{ns}	۰^{ns}
لئوناردیت	۲	۳۷۶/۱۶۶۷***	۰/۰۸۸***	۶/۲۲۹***	۱۷۴/۲۳***	۴۰/۷۲***
باکتری*لئوناردیت	۲	۱۴۳/۷۲۲۲***	۰/۰۱۴۹*	۰/۱۸۶^{ns}	۸/۵۳**	۶/۵۰**
خطای آزمایشی	۱۲	۲/۳۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۹۳۹	۰/۵۹	۰/۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۱/۷۴۵	۴/۴۳	۵/۷۱	۱/۸۰	۳/۰۲

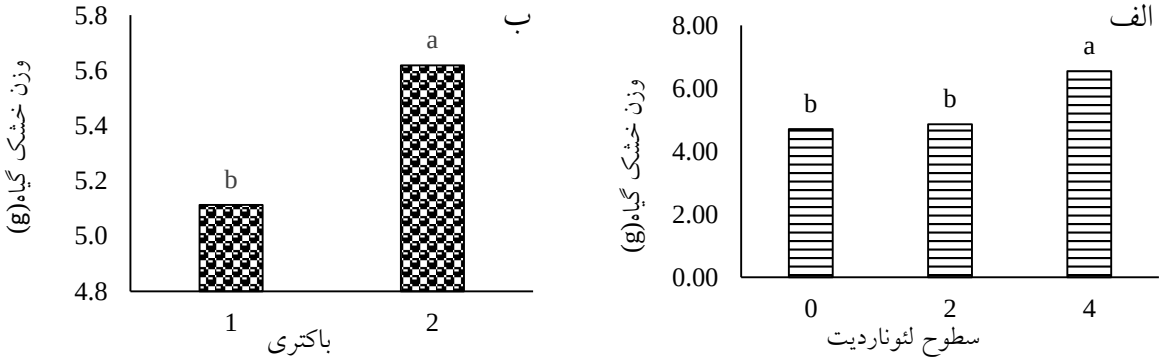
*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns: عدم معنی‌دار بودن

بیشترین میانگین ارتفاع بوته ذرت در تیمار لئوناردیت ۴ درصد با تلقیح باکتری (۹۶/۶۷ سانتی‌متر) نسبت به تیمار شاهد (۷۰/۶۷ سانتی‌متر) مشاهده شد. (شکل۱). گزارش شده است که مواد حاوی هیومین و اسید هیومیک موجب افزایش مواد مغذی در خاک و به موجب آن افزایش رشد، توسعه برگ و ساقه در گیاه می‌شوند (Mindari *et al.*, 2014). همچنین اثرات متقابل تلقیح میکروبی و لئوناردیت بیشترین تاثیر بر قطر ذرت داشتند به‌طوری که بیشترین قطر (۱/۰۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تلقیح شده با باکتری و سطح ۴ درصد لئوناردیت بود که با شاهد و سایر تیمارها به غیر از سطح ۴ درصد لئوناردیت بدون تلقیح باکتری تفاوت معنی‌دار نشان داد و کمترین قطر گیاه (۰/۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۲). استفاده از لئوناردیت به‌صورت خاکی باعث می‌شود که خاک در معرض تعامل با سلول‌های زیستی حساس‌تر شود، زیرا مواد هیومیک می‌توانند ساختار و فعالیت میکرواورگانیسم‌ها را در منطقه ریزوسفر بهبود بخشند و به‌تبع آن ساختار ریشه و قدرت جذب آن را افزایش دهند. از سوی دیگر با افزایش جذب عناصر توسط ریشه، رشد گیاه افزایش پیدا کرده و ساختارهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد گیاهان را بهبود می بخشد (Canellas and Olivares, 2014).



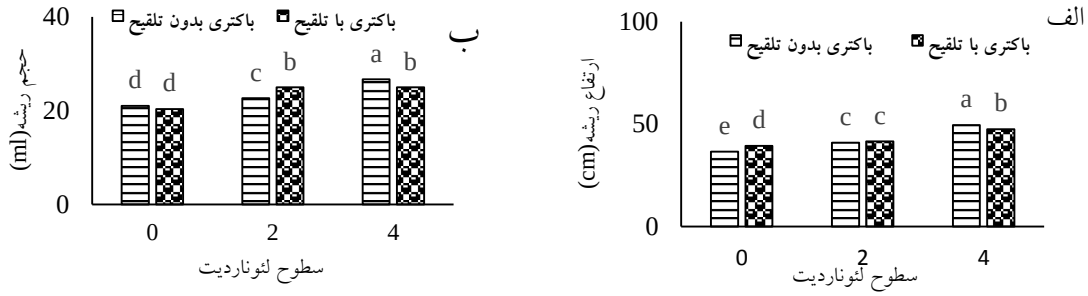
شکل ۱- تأثیر نسبت‌های مختلف لئوناردیت و باکتری بر ارتفاع و قطر گیاه ذرت

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی لئوناردیت و تلقیح میکروبی در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک گیاه ذرت تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳). میانگین داده‌ها حاکی از آن است که تیمار ۴ درصد لئوناردیت بیشترین تاثیر بر وزن خشک گیاه نسبت به شاهد داشت و مقادیر آنها بین ۴/۷ الی ۶/۵۴ گرم متغییر بود بطوریکه افزایش ۳۹ درصدی را بدنبال داشت. ولی تیمار ۲ درصد لئوناردیت با وجود افزایش جزئی با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۲ الف). همچنین میانگین وزن خشک گیاه ذرت در تلقیح با باکتری نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشت ($p<0.001$) (شکل ۲ ب). ضمنا افزایش ۹/۹۸ درصدی وزن خشک گیاه ذرت تحت تاثیر تلقیح با باکتری مشاهده گردید. بر اساس این داده ها می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر لئوناردیت نسبت به تلقیح میکروبی در افزایش وزن خشک گیاه بیشتر موثر بود.



شکل ۲- تأثیر نسبت‌های مختلف لئوناردیت (الف) و باکتری (ب) بر وزن خشک گیاه ذرت

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که تیمار باکتری در عملکرد ریشه معنی‌دار نبود در حالیکه تیمار لئوناردیت و اثرات متقابل آنها در حجم و ارتفاع ریشه تاثیر معنی دار داشت ($P<0.01$). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده می‌شود که ارتفاع و حجم ریشه تحت تیمار باکتری× لئوناردیت افزایش یافته و بیشترین ارتفاع و حجم ریشه بترتیب ۴۹/۵ سانتی‌متر و ۲۶/۶۷ سانتی‌مترمکعب مربوط به تیمار ۴ درصد لئوناردیت بدون تلقیح با باکتری حاصل شد. همچنین کمترین ارتفاع و حجم ریشه در تیمار شاهد بترتیب ۳۶/۶ سانتی‌متر و ۲۰/۳۳ سانتی‌مترمکعب مشاهده شد (شکل ۳ الف و ب).



شکل ۴- تأثیر نسبت‌های مختلف لئوناردیت و باکتری بر ارتفاع (الف) و حجم ریشه (ب)

اسید هیومیک در گسترش سیستم ریشه، عرض و طول ریشه و وزن تر و خشک ریشه گیاهان اثرات قابل توجهی دارد. گزارش شده است که اسید هیومیک رشد طول ریشه در خیار و همچنین پسته را به میزان قابل توجهی افزایش داده است (Mora *et al.*, 2010) همچنین باکتری‌های سودوموناس از طریق ساز و کارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، کمک به جذب نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند در کنار کود نیتروژن باعث توسعه بهتر ریشه و کارایی بیشتر آن می‌شوند (Abdul jaleel *et al.*, 2007).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله تاثیر مثبت لئوناردیت و باکتری در افزایش میزان عناصر قابل استفاده بخصوص روی و اثرات آن بر رشد گیاه که باعث بهبود ارتفاع، قطر و ماده خشک و ساختار ریشه ذرت شدند. همچنین غلظت مناسب لئوناردیت در این پژوهش تیمار ۴ درصد بود که همراه با تلقیح میکروبی تاثیر چشمگیری بر رشد گیاه ذرت داشتند.

فهرست منابع

احمدی ج، زینالی خانقاه ح، رستمی م. ع، چوکان ر. ۱۳۷۹. بررسی شاخص های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات در هیبریدهای ذرت دانه ای.

حسن‌آبادی، ط.، اردکانی، م.ر.، رجالی، ف. و پاک‌نژاد، ف. ۱۳۹۳. بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر عملکرد و شاخصهای جذب نیتروژن در گیاه جو(*Hordeum vulgare* L.) تحت سطوح مختلف نیتروژن. مجله زارعت و اصالح نباتات، ۸(۳): ۱۷۴-۱۶۱.

شریعتی، ش.، علیخانی، ح.ع.، پوربابایی، ا.ع. و شریعتی، ف. ۱۳۹۳. تاثیر مایه‌زنی به بذر و خاک زادمایه باکتری افزاینده رشد گیاه (سودوموناس فلورسنس) بر عملکرد و جذب برخی عناصر در ذرت. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۷(۱): ۹۳-۱۰۷.

فتحی، ا.، روحانی نژاد، آ.ع. و حسینی، ح.۱۳۹۴. اثر بیوچار بر تغییر شکل عناصر غذایی خاک، همایش بین المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی.

فلاح نصرت‌آباد، ع.ر. و شریعتی، ش. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس در عملکرد گندم و جذب عناصر غذایی و مقایسه آن با کود شیمیایی و آلی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۵): ۹۸۶-۹۷۶.

لکزیان، ا. ۱۳۸۴. شناسایی پلاسمیدهای مشترک در بین باکتری‌های ریزوبیوم با استفاده از تهیه خزانه ژن.

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. Pseudomonas fluorescens enhances biomass yield and ajmalicine production in Catharanthus roseus under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 60: 7–11.

Canellas, L.P. and Olivares, F.L. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 1:3pp.

Elmongy, M.S., Zhou, H. Cao, Y., Liu, B. and Xia, Y. 2018. The effect of humic acid on endogenous hormone levels and antioxidant enzyme activity during in vitro rooting of evergreen azalea. Scientia Horticulturae, 227: 234-243.

Hoffman, J., Bezchlebova, J., Dusek, L., Dolezal, L., Holoubek, I., Andel, P., Ansorgova, A. and Maly, S. 2003. Novel approach to monitoring of the soil biological quality. Environment International, 28: 771-778.

Majumder, B., Mandal, B., Bandyopadhyay, P.K., Gangopadhyay, A., Mani, P.K., Kundu, A.L. and Mazumdar, D. 2008. Organic amendments influence soil organic carbon pools and rice-wheat productivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 72: 775-785.

Mindari, W., Aini, N., Kusuma, Z., Syekhfani. 2014. Effects of humic acid-based buffer + cation on chemical characteristics of saline soils and maize growth. Journal Of Degraded And Mining Lands Management, 2(1): 259-268.

Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreño, A.M., Aguirre, Em., Garnica, M., Fuentes, M. García-Mina, J.M. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shootdistribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. Journal of Plant Physiology. 167(8), 633-642.

Neuendorf, K. K. 2005. Glossary of geology. Springer Science and Business Media.

Rasul, G., Appuhn, A., Muller, T. and Joergensen, R.G. 2006. Salinity-induced changes in the microbial use of sugarcane filter cake added to soil. Applied Soil Ecology, 31: 1- 10.

Schnitzer, S. A., and Carson, W. P. 2001. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. Ecology, 82 (4), 913-919.

Wei-Hong, X., Huai, L., Qi-Fu, M. and Xiong, Z.T. 2007. Root exudates, rhizosphere Zn fractions, and Zn accumulation of ryegrass at different soil Zn levels1. Pedosphere. 17: 3. 389-396.

The effect of leonardite and zinc solubilizing bacteria on some soil biological and morphological characteristics of maize

Fardin Hosseini [1], Behnam Dovlati [2]* and Mohsen Barin[3]

1- MSc. students of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
2, 3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
Corresponding Author: *b.dovlati@urmia.ac.ir

ABSTRAC

Zinc is one of the essential elements of plants in soil and in calcareous soils it has many problems in adsorbtion by plants. For this purpose, to increase the solubility and usability of zinc in soil, a factorial greenhouse experiment in a completely randomized design with two microbial factors (without bacteria and zinc-soluble bacteria) and leonardite at three levels of zero, 2 and 4% in 3 replications was implemented. The results showed that microbial inoculation and different levels of leonardite improved the physical and chemical properties of the soil and was able to reduce the soil pH by 3.35 units and increase the usability of zinc by 54%. Soil biological properties including microbial population, basal respiration and microbial carbon increased to 36.2, 77 and 77 %,. Also, the treatments had a positive and significant effect on the morphological characteristics of the corn plant and increased the height (26.9 %), diameter (33.9 %) and dry weight of the corn plant (9.98%) and also increased the height (26.2 %) and root volume (23.7 %). It is recommended to use sources of humic substances and efficient bacteria to increase the usability of elements and improve the physical and chemical conditions of the soil.

Keywords: Bacteria that dissolve Zinc, Corn, Leonarditis

تاثیر تنش شوری بر مشخصه‌های فیزیولوژیکی پایه‌های جوان عناب (*Zizyphus jujuba*)

ناصر طباطبایی[1*]، اعظم جعفری[2]، محمدهادی راد[3] و مصطفی شیرمردی[4]
[1،2 و 4] دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
[3]مرکز ملی تحیقات شوری، یزد، ایران
نویسنده مسئول: naser.tabatabay.1345@gmail.com

اکثر مناطق ایران در اقلیمی قرار دارند که رشد و نمو گیاهان را با محدودیت‌های شوری و خشکی مواجه می‌کند. تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های گیاهی به برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک آن بستگی دارد. درخت عناب سازگاری زیادی با انواع خاک‌ها و شرایط آب‌وهوایی مختلف دارد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار تنش شوری (آبیاری با شوری ۳ (شاهد)، ۶، ۹ و۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در ۳ تکرار انجام گرفت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، با افزایش سطح شوری در پایه‌های جوان عناب، صفات شاخص پایداری برگ و محتوای نسبی کلروفیل برگ کاهش یافت و مشخصه‌های EC عصاره برگ و پتانسیل اسمزی برگ افزایش نشان دادند. ولی شوری نتوانست بر صفت محتوای رطوبت نسبی برگ عناب مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: پتانسیل اسمزی، سبزینگی برگ، سطح برگ، محتوای رطوبت نسبی، نشت یونی.

مقدمه

درخت عناب ۲۳۰۰ سال قبل در نواحی از ایران، افغانستان، هندوستان و ترکمنستان کشت می‌شده است. سپس به سوریه، اطراف دریای مدیترانه، ایتالیا، فرانسه، اسپانیا، پرتغال و شمال آفریقا منتقل و کشت شده است. عناب از طریق ایران به آسیای صغیر، فلسطین، غرب عربستان، مغولستان، کره، ژاپن و شرق استرالیا منتقل شده است و در سال ۱۸۷۳ از جنوب فرانسه به کالیفرنیا منتقل و کشت شده است(امید بیگی، ۱۳۹۰). درخت عناب که در گیلان با نام اون ناف دار شناخته می شود، درختچه‌ای ایستاده به ارتفاع ۳ تا ۸ متر با ساقه‌های خاردار و کج و معوج و برگهای کوچک، شفاف و متناوب و دندانه دار با سه رگبرگ طولی است. گلها کوچک با دمگل کوتاه به رنگ سبز مایل به زرد و مجتمع که به صورت دسته های کوچک در کنار برگ ها می روید. میوه عناب به صورت

شفت و ابتدا سبزرنگ، ولی بعداً به رنگ مایل به قرمز و قرمز درمی‌آید و پس از رسیدن به بزرگی یک زیتون خوراکی است، بوی آن ضعیف و طعم آن کمی شیرین و مطبوع است. میوه آن دارای لعاب فراوان، مواد قندی مختلف، مواد پروتئینی و املاح آلی است و اثر ملین دارد(زرگری، ۱۳۷۶).

عناب به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند و مقاوم به شرایط مختلف آب و هوایی در بسیاری از مناطق ایران کشت می‌شود. امروزه در کنار صادرات میوه از عناب به عنوان گیاه دارویی نیز استفاده می شود، بنابر این از لحاظ ارزش اقتصادی توسعه کشت آن توسط باغداران مورد توجه می باشد (هاجر و همکاران، ۱۳۸۹). تنش های محیطی به ویژه شوری معمولا به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، اثر یونی خاص، عدم تعادل تغذیه ای گیاه و یا ترکیبی از این عوامل، به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و توسعه گیاه در دنیا است. در ایران از مجموع کل مساحت کشور حدود ۲۵ میلیون هکتار که معادل ۱۵ درصد کل مساحت کشور است را خاک های شور تشکیل می دهند و از مجموع ۱۵/۶۵ میلیون هکتار زمین های کشاورزی سالیانه و دائمی کشور، حدود ۷/۳۳ میلیون هکتار شور می باشد که این معادل ۵۰ درصد از زمین های تحت کشت کشور است و متاسفانه به علت عدم مدیریت صحیح، سالیانه بر شدت اثرات سوء آن افزوده می شود (Qureshi et al., 2007).

با توجه به اینکه بیشتر زمین‌های کشاورزی ایران، بدلیل شوری خاک و آب برای کشت بیشتر محصولات باغی مناسب نیست، کشت عناب، به عنوان یک درخت مقاوم به شوری و خشکی با کاربرد زینتی و دارویی در استان یزد مناسب است. بروز خشکسالی‌های متمادی، شوری آبهای کشاورزی و وزش بادهای شدید از جمله مهمترین عوامل تضعیف کشت درختان عناب در استان یزد می باشد. بدلیل نبود تحقیقات پایه‌ای کافی، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات شوری بر مشخصه های مورفوفیزیولوژیکی پایه های جوان عناب در استان یزد انجام شد.

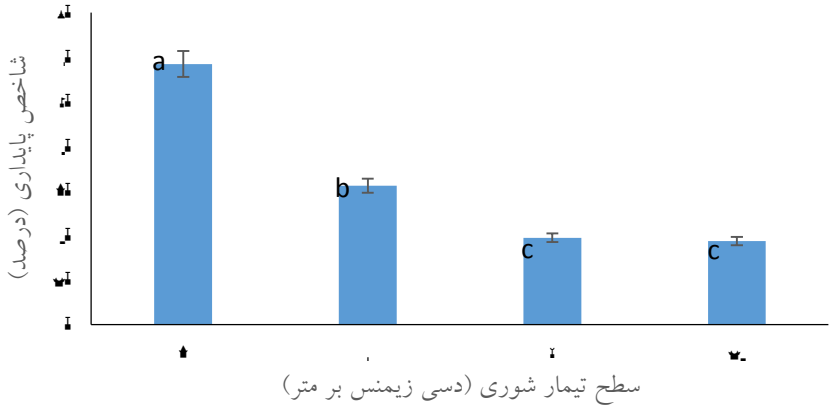
مواد و روش ها

این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار (آبیاری با شوری ۶،۹،۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و شاهد ۳ دسی‌زیمنس بر متر) در ۳ تکرار انجام گرفت، بدین ترتیب تعداد ۱۲ گلدان عناب در طی چهار ماه از پایان اردیبهشت تا اواخر شهریور آبیاری گردید.

نتایج و بحث

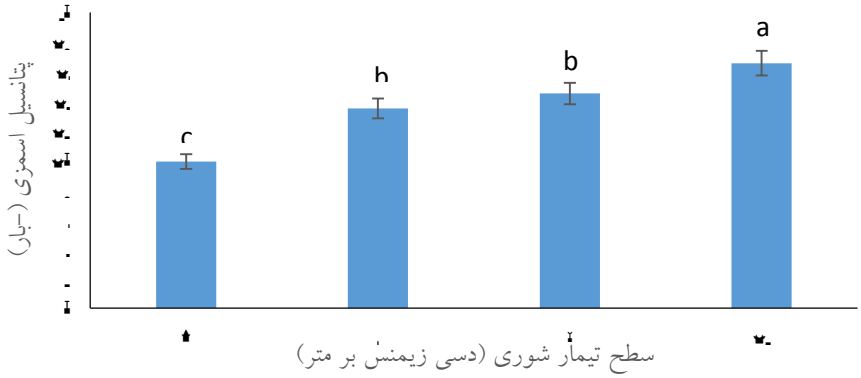
با انجام مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شاخص پایداری برگ یا نشت یونی پایه‌های رویشی عناب که تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفتند، مشخص گردید که بالاترین پایداری و یا کمترین میزان نشت یونی مربوط به تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد (شکل ۱). تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر در یک گروه و تیمار ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز در گروه دیگر و از اختلاف معنی داری

برخوردار نبودند. با این شرایط، بیشترین میزان نشت یونی مربوط به تیمارهای ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص پایداری برگ یا نشت یونی در نهال‌های رویشی عناب

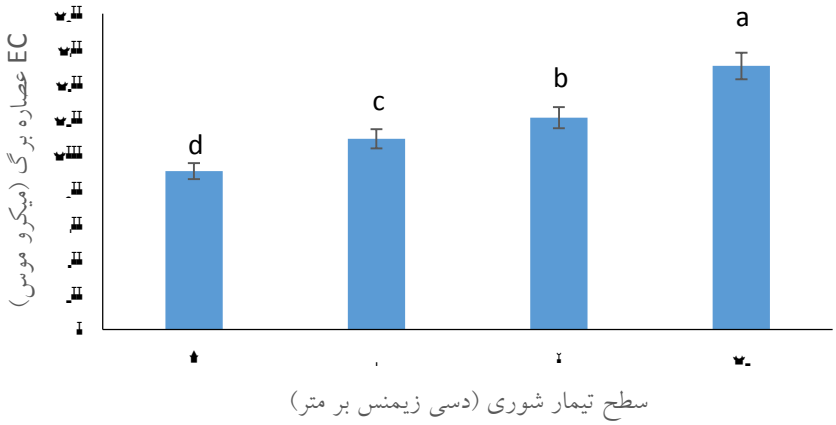
مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص تأثیر سطوح مختلف شوری بر پتانسیل اسمزی برگ، نشان داد که بالاترین میزان پتانسل اسمزی مربوط به تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر بود که با سایر تیمارها از اختلاف معنی داری برخوردار بود (شکل ۲). تیمارهای شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر کمترین میزان پتانسل اسمزی را به خود اختصاص داد. تیمارهای ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ۲).



شکل ۲-مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر پتانسیل اسمزی برگ در نهال های رویشی عناب

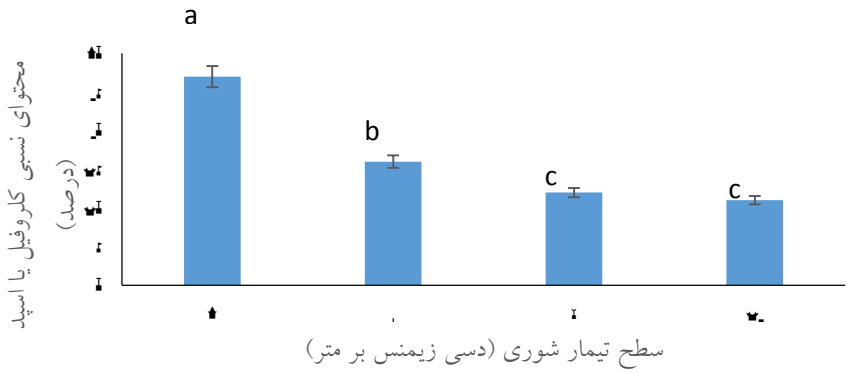
با انجام مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شوری یا EC برگ پایه‌های رویشی عناب که تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفتند، مشخص گردید که بالاترین میزان شوری برگ مربوط به تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد. اگرچه بین سطوح مختلف دیگر تیمارهای شوری

اختلاف معنی داری مشاهده گردید، با این وجود کمترین میزان شوری برگ مربوط به تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر EC عصاره برگ در نهال‌های رویشی عناب

همچنین با انجام مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شاخص محتوای کلروفیل برگ، مشخص گردید که بالاترین میزان محتوای نسبی کلروفیل برگ یا به عبارتی بالاترین درصد سبزینگی برگ مربوط به تیمار شوری ۳ دسی-زیمنس بر متر بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. تیمارهای ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند، هر چند با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی‌داری بودند (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر محتوای نسبی کلروفیل برگ یا اسپد در نهال های رویشی عناب

شوری یکی از مهم‌ترین موانع تولید گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که عملکرد گیاه را به روش‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش سطح برگ به‌عنوان نخستین اثر شوری، توانایی بالقوه گیاه جهت

فتوسنتز را کاهش می‌دهد. به‌همین ترتیب تخریب کلروفیل توسط یون‌های سمی از جمله سدیم، کاهش فتوسنتز را به‌دنبال خواهد داشت، و اسید هیومیک و دیگر اسیدهای آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی و باکتری‌های محرک رشد از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی جهت بالا بردن عملکرد بخصوص در شرایط تنش شوری می‌توانند مؤثر واقع شوند (ملرو و همکاران ۲۰۰۷).

سطوح مختلف شوری بر برخی دیگر از شاخص‌های فیزیولوژیکی ازجمله شاخص پایداری برگ یا نشت یونی، EC عصاره برگ، پتانسیل اسمزی برگ و محتوای نسبی کلروفیل برگ موثر بود. با افزاش سطح شوری، میزان پتانسیل اسمزی و EC برگ نیز افزایش یافت و بیشترین پتانسیل اسمزی و EC برگ در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. بیشترین میزان سبزینگی برگ نیز در پایین‌ترین سطح شوری (۳ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد

با بررسی مقایسه میانگین داده‌های این پژوهش مشخص شد که در سطوح شوری ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کمترین شاخص پایداری برگ و درواقع بیشترین نشت یونی مشاهده شد و بیشترین شاخص پایداری برگ در تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر یافت شد. تنش شوری سبب تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه، واکنش‌های اکسیداتیو، تخریب لیپیدهای غشاء و از هم پاشیدن آن می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). عدم جذب کلسیم که باعث استحکام دیواره سلولی می‌شود نیز این پدیده را تشدید می‌کند. بنابراین، علاوه بر کاهش تقسیم سلولی، سلول‌ها نیز مستعد فروپاشی در اثر تجمع یون‌های ویژه مثل سدیم و کلر می‌شوند. تخریب سلولی رابطهٔ مثبت معنی‌داری با سدیم و همبستگی منفی با کلسیم دارد (صباغ و همکاران، ۲۰۱۴).گزارش‌های متعددی همبستگی مثبتی بین افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط و افزایش مقدار یون سدیم در بافت‌های گیاهی را نشان می‌دهد. گزارش شده است که برخی مواد مانند سالیسلیک اسید با کاهش مقدار سدیم در برگ، باعث کاهش تنش اکسیداتیو و افزایش همبستگی غشاء می‌شوند (دانشمند و همکاران، ۱۳۹۳).

کریمی و صادقی سرشت (۲۰۱۸) دریافتند که شوری در پسته باعث کاهش پارامترهای رویشی، شاخص کلروفیل، مقدار نسبی آب برگ و کارایی استفاده از آب می‌شود.

منابع

Asch, F. Dingkuhn, M. and Droffling, K. 2000. Salinity increases CO2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant and soil. 218: 1-10.

Cutini, A., Matteucci, G. and Mugnozza, G.S., 1998. Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. Forest Ecology and Management, 105(1): 55-65.

Genevini, A. F. Zaccheo, P. Zocchi, P. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. Plant Nutrition . 21(3): 561.

Karimi H. R. & Sadeghi-Seresht E. 2018 Effects of salinity stress on growth indices, physiological parameters and element concentration in Banebaghi (Pistacia sp.) as rootstock for pistachio, Journal of Plant Nutrition, 41:9, 1094-1103, DOI: 10.1080/01904167.2017.1392572

Maghsoudi Moud, A. and Maghsoudi, K. 2008. Salt stress effects on respiration and growth of germinated seed of different wheat (Triticum aestivum L.) cultivars. J. Agric. Sci. 4: 3. 351-358.

Martínez, J.P., Silva, H.F.L.J., Ledent, J.F. and Pinto, M., 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (Phaseolus vulgaris L.). European Journal of Agronomy, 26(1): 30-38.

Melero, S. Madejon, E. and Herencia, J.C. 2007. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dry land agriculture system as affected by organic fertilization. Eur J. Agron, 26: 327-334

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Journal. Plant Cell and Environment. 25:239-250.

Naeini, M. R., Khoshgoftarmanesh A.H. and Falahi, E. 2006. Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. Journal. Plant Nutrition. 29: 1835–1843.

Qureshi, A.S. Qadir, M. Heydari, N. Turral, H & . Javadi, A. (2007) A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 30p

Effect of different levels of salinity stress on physiological characteristics of young jujube trees (*Ziziphus jujube*)

Abstract

Most regions of Iran are located in this climate, which restricts the growth and development of plants with salinity and drought restrictions. Salinity stress tolerance in plant genotypes depends on some of its physiological and morphological characteristics. The jujube tree (*Ziziphus jujuba*) is very adaptable to different types of soils and different climatic conditions. This study was conducted in a completely randomized design with 4 salinity stress treatments (irrigation with salinity of 3 (control), 6, 9 and 12 dS/m) in 3 replications. Based on the results of this study, with increasing salinity level in young jujube rootstocks, leaf stability index and relative chlorophyll

content of leaves decreased and EC of leaf extract and leaf osmotic potential increased. However, salinity could not affect the relative water capacity of jujube leaves.

Keywords: Osmotic potential, Chlorophyll, Leaf surface, Relative water capacity, Ion leakage

تاثیر حضور یون کلسیم و سدیم بر خصوصیات رشدی گیاه اسفناج

راشین اختری[۱]، غلامحسین داوری نژاد[۲]، بهرام عابدی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (rashin.71@yahoo.com)

۲- استاد، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

وجود مقادیر بالای عنصر سدیم و کلسیم در خاک بر میزان رشد گیاهان تاثیر گذار بوده که این اثرگذاری در اکثر موارد منفی می‌باشد و در این تحقیق هدف بررسی اثر حضور کلسیم و سدیم در خاک بر خصوصیات رشدی گیاه اسفناج می‌باشد. طرح مورد مطالعه کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار بود. نتایج نشان داد که افزایش میزان سدیم باعث کاهش مقدار وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ در گیاه اسفناج شد. دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کلسیم به ترتیب دارای بیشترین تعداد برگ و مقدار وزن خشک ریشه گیاه اسفناج بودند که این نشان از اثر مثبت این عنصر بر خصوصیات رشدی گیاه در این مطالعه داشت. برهمکنش دو سطح ۲۰۰ کلسیم و سدیم بیشترین تاثیر بر کاهش تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی گیاه داشت.

کلمات کلیدی: خصوصیات رشدی، اسفناج، شوری

مقدمه

محلول خاک خاک‌های شور از طیف وسیعی از نمک‌های محلول مانند NaCl، Na_2SO_4، $MgSO_4$، $CaSO_4$، $MgCl_2$، KCl و Na_2CO_3 تشکیل شده است که هرکدام از آن‌ها در ایجاد تنش شوری نقش دارند (Munns and Tester, 2008؛ Rengasamy, 2002). کاهش رشد ناشی از شوری زیاد، عواقب ناشی از تنش اسمزی و کمبود آب و اثرات بیش از حد یون‌هایی مانند سدیم بر فرآیندهای بیوشیمیایی مهم است (Munns and Tester, 2008). اثر منفی شوری بر رشد گیاه می‌تواند در اثر تنش آبی، سمیت یون‌ها، عدم تعادل یونی و یا ترکیبی از این عوامل باشد و پاسخ گیاهان به تنش شوری بستگی به نوع نمک، غلظت نمک و ژنوتیپ گیاه دارد (Kumar et al, 2000). همچنین گزارش شده است که مقدار بیش از حد سدیم عامل کاهش رشد و عملکرد می‌شود (Kingsbury and Epstein، 2001؛ Tsai *et al*.، 2004؛ Hong *et al*.، 2009). در این شرایط، فعالیت فتوسنتزی از یک طرف به علت دهیدراته شدن غشاء سلولی که نفوذپذیری دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد و از سوی دیگر به علت ورود یون‌های سدیم به سلول، که به غیر فعال شدن سیستم‌های انتقال الکترون در فتوسنتز منجر می‌شود، سبب کاهش فرایند فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد در گیاهان می‌گردد (Hong *et al*, 2009). وجود مقادیر زیاد کلسیم در خاک باعث تغییر در مورفولوژی و در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه می‌شود (Giel and Bojarczuk, 2011). و همچنین مقدار زیاد کلسیم در خاک باعث کاهش اختلال در جذب سایر عناصر غذایی مانند پتاسیم و منیزیم توسط گیاه می‌شود. در این تحقیق هدف بررسی تاثیر دو یون کلسیم و سدیم بر خصوصیات رشدی گیاه اسفناج می‌باشد.

مواد و روش

این تحقیق به صورت طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل با سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کلسیم (۰ (Ca0)، ۱۰۰ (Ca100) و ۲۰۰ (Ca200) میلی‌گرم در کیلوگرم) و سه سطح سدیم (۰ (Na0)، ۱۰۰ (Na100) و ۲۰۰ (Na200) میلی مولار) بودند. ابتدا مخلوطی از سه ترکیب ماسه، خاک برگ، رس آماده شد. که هر سه ترکیب الک شدند و مخلوط خاک همگنی بدست آمد نحوه اضافه کردن تیمارها بدین صورت بوده که سیلیکات کلسیم به صورت جامد به خاک هر گلدان اضافه شده و سدیم کلرید نیز به صورت محلول و توسط آب آبیاری مورد استفاده قرار گرفتند. هر گلدان حاوی ۵ کیلوگرم خاک بوده و در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر اسفناج در عمق تقریبا یک سانتی‌متری کاشته شده و پس از استقرار گیاه در هر گلدان ۵ بوته نگهداری شد. در ادامه و در طول دوره آزمایش رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی توسط آب مقطر نگهداری شد. در پایان آزمایش تعداد برگ گیاهان شمارش شده و پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون نگهداری شده و در ادامه وزن خشک اندام هوایی و ریشه نیز اندازه‌گیری شد. به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده از نرم افزار آماری SPSS استفاده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه اولیه خاک مورد مطالعه

پارامتر	بافت	کربن آلی	آهک	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
واحد		درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم		
مقدار	loam	0.2	12	246	10.3	223

نتایج و بحث

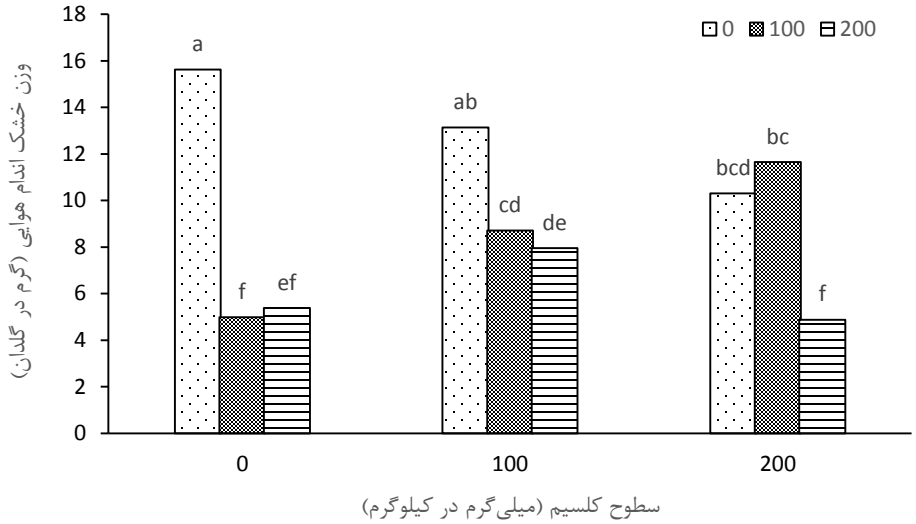
نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات اندازه‌گیری نشان داد که در مورد وزن خشک ریشه و تعداد برگ اثر ساده سطوح سدیم و کلسیم و برهمکنش این سطوح معنی‌دار بوده و در مورد وزن خشک اندام هوایی تنها اثر ساده کلسیم معنی‌دار نبوده و دو اثر دیگر معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ و وزن خشک ریشه گیاه اسفناج

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد برگ
		میانگین مربعات		
سدیم	۲	۱۱۲/۴**	۱/۰۱*	۴۴۲/۴**
کلسیم	۲	۴/۰۱ns	۲/۷۸*	۲۰۵/۳**
سدیم*کلسیم	۴	۲۹/۴*	۰/۷۷*	۶۰/۱*
خطا	۱۸	۲/۹۶	۰/۰۸۱	۲۰/۲
کل	۲۶			

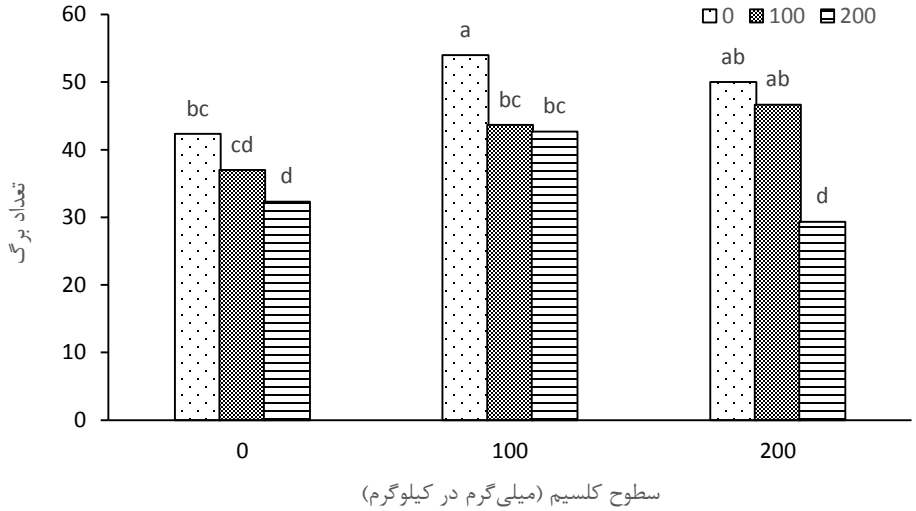
نتایج برهمکنش سطوح سدیم و کلسیم بر مقدار وزن خشک اندام هوایی در شکل ۱ نشان داده شده است. بر طبق این نتایج بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک اندام هوایی اسفناج به ترتیب در دو تیمار Ca0Na0 و Ca200Na200 به ترتیب با مقادیر ۱۵/۶۳ و ۴/۸۷ گرم در گلدان اندازه‌گیری شد. با افزایش سطوح دو عنصر سدیم و کلسیم در خاک وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. حضور دو

سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کلسیم توانسته تا حدودی باعث کاهش تعدیل اثر سو غلظت‌های بالای سدیم بر وزن خشک اندام هوایی گیاه شود.



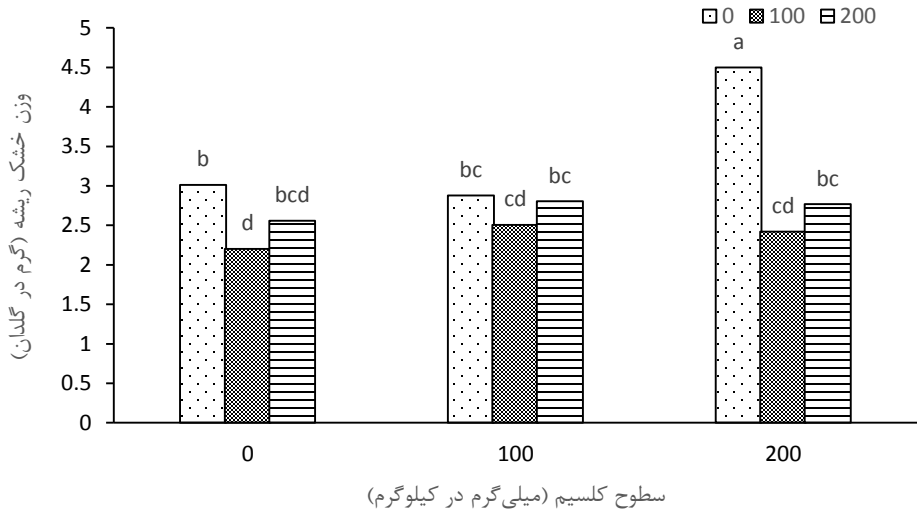
شکل ۱ اثر متقابل سطوح سدیم و کلسیم بر وزن خشک اندام هوایی گیاه اسفناج

نتایج بیان شـــده در شـــکل ۲ حاکی از آن بود که بیشـــترین و کمترین میانگین تعداد برگ گیاه اســـفناج به ترتیب در دو تیمار Ca100Na0 و Ca200Na200 با مقادیر ۵۴ و ۲۹/۳ مشـاهده شـد. به طور کلی دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کلسیم در تمام سـطوح سـدیم باعث افزایش تعداد برگ در مقایسـه با سـطح صفر شد. افزایش سطوح سدیم از صفر به ۲۰۰ میلی‌مولار در تمام سطوح کلسیم مورد مطالعه باعث کاهش تعداد برگ گیاه اسفناج شد.



شکل ۲ اثر متقابل سطوح سدیم و کلسیم بر تعداد برگ گیاه اسفناج

نتایج برهمکنش سطوح سدیم و کلسیم بر مقدار وزن خشک ریشه گیاه اسفناج در شکل ۳ نشان داده شده است. بر طبق این نتایج بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه به ترتیب در دو تیمار Ca200Na0 و Ca0Na100 به ترتیب با مقادیر ۴/۵ و ۲/۲ گرم در گلدان اندازه‌گیری شد. بیشترین تاثیر بر وزن خشک ریشه گیاه از برهمکنش سطح ۲۰۰ کلسیم و ۰ سدیم بوده و سایر تیمارها اثر بخصوصی بر مقدار این پارامتر نداشته و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نیز با یکدیگر نداشتند.



شکل ۳ اثر متقابل سطوح سدیم و کلسیم بر وزن خشک ریشه گیاه اسفناج

بحث

به طور کلی نتایج مشاهده شده در این مطالعه نشان از اثر سو سطوح مورد مطالعه سدیم بر پارامترهای اندازه‌گیری شده داشت و این در حالی بود که اثر کلسیم نیز عمدتا به عنوان عامل مثبت در این اندازه‌گیری مطرح بود. لازم به ذکر است که برهمکنش سطح ۲۰۰ این دو عنصر نیز اثر سوئی بر سه پارامتر اندازه‌گیری شده داشت. اثر مثبت کاربرد کلسیم بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه در مطالعه Domingues et al (2016) نیز گزارش شد. در مورد اثر سو مقادیر بالای سدیم نیز مطالعات نشان داده که این یون با ایجاد اختلال در جذب و انتقال سایر عناصر غذایی مانند پتاسیم و کلسیم و آمونیوم باعث کاهش فعالیت‌های متابولیکی و به تبع آن کاهش رشد گیاه می‌شود (Kader and Jutzi, 2004). ایجاد ناهنجاری تغذیه‌ای، کاهش رشد و همچنینی کاهش کیفیت محصولات در اثر سمیت یون سدیم نیز گزارش شده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۹).

منابع

رحیمی ا، شمس‌الدین سعید م، اعتمادی ف. ۱۳۸۹. اثر تنش شوری بر جوانه زنی، رشد رویشی و مقادیر یونی سیاه دانه (*Nigella Sativa* L). فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. جلد اول. شماره دوم.

Domingues, L. D. S., Ribeiro, N. D., Andriolo, J. L., Possobom, M. T. D. F., & Zemolin, A. E. M. (2016). Growth, grain yield and calcium, potassium and magnesium accumulation in common bean plants as related to calcium nutrition. *Acta Scientiarum. Agronomy*, *38*(2), 207-217.

Giel, P., & Bojarczuk, K. (2011). Effects of high concentrations of calcium salts in the substrate and its pH on the growth of selected rhododendron cultivars. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, *80*(2).

Hong C-Y, Chao Y-Y, Yang M-Y, Cho S-C, Huei Kao C. 2009. Na+ but not Cl– or osmotic stress is involved in NaCl-induced expression of glutathione reductase in roots of rice seedlings. Journal of Plant Physiology 166, 1598–1606.

Kader, M. A. and S. Jutzi, S. C. 2004. Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19˚C. Journal of Agronomy and Crop Science. 190: 35-38.

Kingsbury R, Epstein E. 1986. Salt sensitivity in wheat. A case for specific ion toxicity. Plant Physiology 80, 651–654.

Kumar, R. G., Shah, K., & Dubey, R. S. (2000). Salinity induced behavioural changes in malate dehydrogenase and glutamate dehydrogenase activities in rice seedlings of differing salt tolerance. *Plant Science*, *156*(1), 23-34.

Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59, 651–681.

Rengasamy P. 2002. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. Australian Journal of Experimental Agriculture 42, 351–361. Reuter

Tsai YC, Hong C-Y, Liu L-F, Kao H. 2004. Relative importnace of Na+ and Cl– in NaCl-induced antioxidant systems in roots of rice seedlings. Physiologia Plantarum 122, 86–94.

The effect of the presence of calcium and sodium ions on the growth characteristics of spinach

Rashin Akhtari1[1], GholamHosein Davarynejad[2], Bahram Abedi[3]

1- MSc. Student, Department of Horticultural Science and Landscape, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad (rashin.71@yahoo.com)

2- Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

The presence of high amounts of sodium and calcium in the soil has affected the growth rate of plants, which in most cases is negative. The aim of this study was to investigate the effect of the presence of calcium and sodium in the soil on the growth characteristics of spinach. The study design was completely randomized with factorial arrangement in three replications. The results showed that increasing the amount of sodium reduced the amount of shoot dry weight, root dry weight and number of leaves per spinach plant. The two levels of 100 and 200 mg/kg of calcium had the highest number of leaves and dry weight of spinach root, respectively, which indicated the positive effect of this element on the growth characteristics of the plant in this study. Dividing 200 levels of calcium and sodium had the greatest effect on reducing the number of leaves and dry weight of the shoot.

Keyword: Growth characteristics, Spinach, Salinity

تأثیر بیوچار بر کیفیت کمپوست هم‌نوا تهیه شده از پسماند جامد شهری

کمال خلخال[1]، عادل ریحانی تبار[2]،شاهین اوستان[3] و ناصر علی‌اصغرزاد[4]

۱* دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز ۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. ۳ و ۴ استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

همگام با افزایش جمعیت، میزان تولید پسماند در جوامع بشری به‌سرعت در حال رشد است و در میان روش‌های مختلف مدیریت پسماند، کمپوست‌کردن به دلیل هزینه‌های عملیاتی کم و مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی، مورد توجه قرار گرفته است. اما تولید و مصرف کمپوست با مشکلاتی همچون انتشار گازهای گلخانه‌ای و بوی بد، هدررفت نیتروژن و آلودگی منابع آب و خاک همراه است. هدف این مقاله مروری نگاهی اجمالی به بررسی تأثیر بیوچار بر کیفیت کمپوست هم‌نوا تهیه شده از پسماند جامد شهری، جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی و چالش‌های پیش‌رو می‌باشد، چرا که مطالعات صورت گرفته در دنیا بسیار محدود بوده و در ایران هم تاکنون گزارش چاپ شده‌ای در این‌زمینه وجود ندارد. بیوچار به دلیل ساختار متخلخل آن می‌تواند بر دما، pH، رطوبت، تهویه، عناصر غذایی، نسبت C/N و اشکال به آسانی قابل‌دسترس کربن تأثیر گذاشته و از طریق این‌موارد بر جوامع میکروبی و درنتیجه تجزیه زیستی کمپوست هم‌نوا تأثیر گذاشته و باعث افزایش کیفیت کمپوست هم‌نوا می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که تأثیر نوع مواد اولیه، دمای پیرولیز، اندازه و درصد کابرد متفاوت بیوچار بر افزایش ارزش زراعی، کاهش تحرک فلزات سنگین، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمپوست پسماند شهری و در نهایت کیفیت کمپوست در تحقیقات آینده کشور گنجانده شود.

واژگان کلیدی: بیوچار، کمپوست هم‌نوا، پسماند جامد شهری

مقدمه

افزایش جمعیت جهان و در نتیجه مصرف بیشتر مواد غذایی موجب تولید سریع پسماندهای ناشی از منازل، صنعت و کشاورزی شده است. تولید پسماندهای جامد در سراسر جهان در پایان قرن حاضر به بیش از ۱۱ میلیون تن در روز خواهد رسید (Hoornweg et al. 2013). سرانه تولید پسماند در ایران به ازای هر نفر ۰/۸ کیلوگرم در روز گزارش شده است (مدیریت پسماند ایران، ۱۴۰۰) که با احتساب جمعیت ۸۰ میلیونی ایران روزانه حدود ۶۴ میلیون تن پسماند در کشور تولید می‌شود. این وضعیت باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی شده است. در میان روش‌های مختلف مدیریت پسماند، کمپوست کردن به دلیل هزینه‌های عملیاتی کم و مزایای اجتماعی و زیست محیطی، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (Onwosi et al. 2017). در کنار مزایای فراوان فرایند کمپوست‌شدن جنبه‌های منفی همچون هدررفت نیتروژن از طریق تصاعد آمونیاک، انتشار گازهای گلخانه‌ای و بد بو و نگرانی‌های مربوط به حضور آلاینده‌های معدنی/آلی از بسترهای کمپوست وجود دارد که گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی را به‌دنبال دارد (Onwosi et al. 2017). از طرف‌دیگر کمپوست تولیدی از زباله شهری نسبت به کمپوست تولیدی از بقایای گیاهی و کود دامی کیفیت پائین‌تری دارد (Vandecasteele et al. 2016). کمپوست‌های پسماند جامد شهری در ایران اغلب به دلیل شوری و حضور فلزات سنگین کمپوست درجه ۲ (کلاس B) محسوب شده و تنها برای فضای سبز شهری و جنگل‌ها توصیه می‌شوند. اما اخیراً از یک سری مواد افزودنی[1] به‌ویژه بیوچار برای حذف یا کاهش اثرات منفی کمپوست در فرایند کمپوست‌شدن معروف به "کمپوست مشترک یا هم‌نوا[2]" استفاده شده است. بیوچار به دلیل نقش‌های چند منظوره خود در بهبود کیفیت کمپوست مورد توجه خاصی قرار گرفته است. کمپوست‌های معمولی پس از استفاده در خاک به سرعت معدنی می‌شوند درحالی‌که، استفاده از کمپوست هم‌نوای بیوچار باعث افزایش پایداری کربن خاک و همچنین در خاک‌های آلوده قادر به کاهش فراهمی فلزات سنگین

*ایمیل نویسنده مسئول: k.khalkhal@tabrizu.ac.ir

[1] Additives

[2] Co-Compost

می‌باشد (Barthod et al. 2018). اما با این وجود در ایران تنها یک گزارش چاپ شده در این مورد در قالب پروپوزال تحقیقاتی در دانشگاه تبریز به چشم می‌خورد. هدف این مقاله مروری نگاهی اجمالی به بررسی تأثیر بیوچار بر کیفیت کمپوست هم‌نوا تهیه شده از پسماند جامد شهری، جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی کمپوست هم‌نوای بیوچار، فرصتها و چالشهای پیش‌رو می‌باشد.

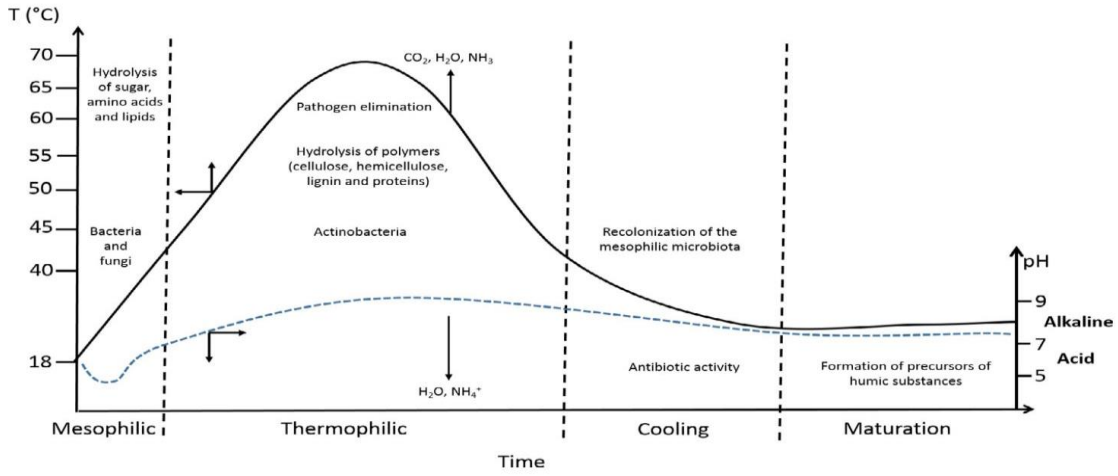
مواد و روش‌ها

اطلاعات این مقاله از منابع گوناگون، شامل سایت انجمن بین‌المللی بیوچار (IBI)، مدیریت پسماند ایران، مقالات متعدد مروری و تحقیقاتی، پایگاه ایرانداک (گنج) و سیلویکا با جستجوی اصطلاحات بیوچار، کمپوست‌شدن و کمپوست مشترک تا تاریخ ۱۴۰۰/۴/۲۵ جمع‌آوری گردید.

نتایج و بحث

۱) تأثیر بیوچار بر فرایند کمپوست‌شدن پسماند شهری

کمپوست‌شدن یک فرایند زیستی است که منجر به تغییر شکل مواد آلی شده و محصول نهایی با صفت پایدار و عاری از عوامل سمی گیاهی[۳] و پاتوژن‌ها توصیف می‌شود. معمولاً فرایند کمپوست‌شدن هوازی با توجه به تغییرات دما به چهار فاز مزوفیل، ترموفیل، سرد شدن و رسیدگی تقسیم شده است (شکل ۱). برخی از محققان گزارش کردند که بیوچار اضافه شده به مخلوط کمپوست می‌تواند باعث افزایش دما در فاز ترموفیلی شود (Waqas et al. 2018؛ Sánchez-García et al. 2015). از آنجایی‌که بیشترین دما هم مربوط به فاز ترموفیلی است بنابراین هرچه دما در فاز ترموفیلی افزایش یابد طول دوره کمپوست‌شدن کاهش می‌یابد. مکانیسم تولید گرما توسط بیوچار بدین صورت است که سطح متخلخل بیوچار منجر به افزایش تهویه و فعالیت میکروبی و در نتیجه تولید گرما می‌شود. بیوچار همچنین فضای بین ذرات معلق کمپوست را پر کرده و منجر به کاهش اتلاف گرما در طی فرآیند کمپوست‌شدن می‌شود (Akdeniz et al. 2019).



شکل ۱. تغییرات دما، pH، نوع جوامع میکروبی و ترکیبات آلی مربوطه در فرایند کمپوست‌شدن.

اگرچه بیوچار و کمپوست هر دو از پسماندهای آلی تولید می‌شوند، اما برای همان مواد اولیه با هم رقابت نمی‌کنند. ماده اولیه ایده‌آل برای تولید بیوچار دارای سطح رطوبت کم (۱۰٪ -۲۰٪) و مقدار لیگنین بالا، مانند بقایای مزارع یا پسماندهای چوبی است. در مقابل، کمپوست برای پسماندهایی که دارای رطوبت زیاد (۶۰٪ - ۷۰٪) و محتوای بالای عناصر غذایی مانند لجن فاضلاب، کود دامی یا حیوانات مرده و پسماندهای شهری مناسب‌تر است (IBI. 2015). دلایل استفاده رو به گسترش از بیوچار برای اصلاح‌کمپوست را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

۱) افزایش فعالیت میکروبی با افزایش تهویه زیست‌توده در حال تبدیل به کمپوست، ۲) کاهش جرم مخصوص ظاهری زیست‌توده،

[۳] Phytotoxic agents

۳) افزایش سریع‌تر دما در فرایند کمپوست‌شدن، ۴) کاهش تصاعد آمونیاک، ۵) افزایش ظرفیت نگه‌داشت آب، ۶) کاهش هدررفت عناصر غذایی از طریق آبشویی، ۷) کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بوی بد، ۸) افزایش درجه هوموسی‌شدن ۹) افزایش نیترات‌سازی ۱۰) کاهش مدت زمان کمپوست‌شدن (Akdeniz et al. 2019; Sánchez-García et al. 2015).

در شکل (۲) به طور خلاصه به تأثیر بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی کمپوست اشاره شده است.



شکل ۲. تأثیر بیوچار بر فرایند کمپوست‌شدن (Wu et al. 2017)

۱-۱ اثر بیوچار بر غلظت فلزات سنگین در کمپوست مشترک

آلاینده‌های باقی‌مانده در کمپوست یکی دیگر از نگرانی‌های استفاده ایمن کمپوست است. بنابراین، فراهمی و تحرک فلزات سنگین در کمپوست پارامترهای مهمی برای کنترل کیفیت کمپوست هستند. بیشتر مطالعاتی که در ارتباط با تأثیر بیوچار بر تحرک فلزات سنگین در کمپوست هم‌نوا انجام شده، کاهش تحرک فلزات سنگین به دلیل خواص بیوچار را گزارش کرده‌اند (Godlewska et al, 2017; Li et al, 2015). از جمله خواص بیوچار می‌توان به افزایش گروه‌های عاملی، CEC، pH و فعالیت میکروبی اشاره کرد که فراهمی فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی را کاهش می‌دهد. کاهش زیست‌فراهمی فلزات سنگین در کمپوست هم‌نوای بیوچار با پدیده تشکیل گروه‌های عاملی کاهنده اکسیژن مرتبط بوده که عمدتاً در نتیجه اکسایش مربوط به فعالیت میکروبی اتفاق می‌افتد و باعث افزایش CEC سطح بیوچار و در نتیجه جذب فلزات سنگین می‌شود (Borchard et al. 2012)، همچنین ممکن است از طریق افزایش pH کمپوست هم‌نوای بیوچار باعث کاهش تحرک فلزات سنگین (کاتیونی) شود.

۱-۲ ویژگی های فیزیکی وشیمیایی و درصد کاربرد بیوچار در فرایند کمپوست‌شدن

در فرایند کمپوست‌سازی درصد کاربرد بیوچار در کنار ویژگی‌های آن از عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت کمپوست هم‌نوا است. در مطالعات انجام گرفته در جوامع پیشرفته میزان استفاده از بیوچار از ۳ تا ۵۰ درصد (وزنی) گزارش شده است. برخی محققان استفاده از مقادیر بالاتر از ۱۰ درصد را مناسب ندانسته دلیل آن را هدررفت شدید آب و اتلاف گرما عنوان کرده‌اند که می‌تواند بر روند کمپوست‌شدن تأثیر منفی بگذارد (Luo et al. 2017). برخی دیگر از محققان بیوچار کاربردی را در دامنه ۲ تا ۲۰ درصد (وزنی) توصیه کرده‌اند. این محققان معتقدند افزودن بیوچار در کمیت‌های بالا ممکن است با تجزیه زیستی[۴] پسماند آلی تداخل داشته باشد (Camps and Tomlinson. 2015). قیمت بیوچار نیز می‌تواند یک عامل محدودکننده در تصمیم‌گیری در مورد مقدار مصرف باشد. با بررسی منابع مختلف، میزان کاربرد بیوچار در مطالعات مربوط به تهیه کمپوست هم‌نوا بین ۵ تا ۱۰ درصد (وزنی)

[۴] Biodegradation

توصیه می‌شود.

امروزه کاملاً مشخص شده است که عواملی مانند سرعت گرمادهی در طول فرایند پیرولیز، دمای پیرولیز، زمان اقامت، نوع و رطوبت اولیه زیست‌توده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار تولید شده و درصد عملکرد تأثیرگذار هستند و در این میان نوع مواد اولیه و شرایط پیرولیز از بقیه مهمتر هستند (Reyhanitabar et al. 2020). تأثیر بیوچار بر کیفیت کمپوست حاصل از کود دامی در کشورهای پیشرفته تا حدودی بررسی شده اما مطالعات مربوط به کمپوست هم‌نوای بیوچار و پسماند شهری بسیار محدود است. در جدول ۱ تأثیر بیوچار با دمای پیرولیز و مواد اولیه متفاوت بر کمپوست پسماندهای مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱. تأثیر مواد اولیه، نسبت C/N، دما و درصد کاربرد بیوچار در فرآیند کمپوست‌شدن هم‌نوا

مواد اولیه کمپوست و درصد آن،نسبت C/N	مواد اولیه بیوچار، دمای پیرولیز	درصد کاربرد	تأثیر بر روی فرایند کمپوست‌شدن	منابع
پسماند غذایی (۲۳/۴٪)، کلش (۱۵/۳)، پسماند معدنی (۱۴/۷)، چمن (۱۲/۶)، خاک اره (۴/۳)، کاغذ و چوب (۲۵)، لجن فاضلاب (۴/۷)، (وزن تازه)، C/N ۱۳:۱	خرده چوب ۵۵۰ °C	۱٫۵٪، ۳٪ و ۵ ٪ (وزن تازه)	- بیوچار سمیت گیاهی کمپوست را کاهش داد. - کمپوست حاصل با افزودن بیوچار، رطوبت بیشتر و تراکم پسماند کمتری را نشان داد. - بیوچار در نگه‌داشت نیتروژن در هنگام کمپوست‌شدن مؤثر بود اما فرایند کمپوست‌شدن را تسریع نکرد. - فراوانی ریزجانداران بالقوه بیماری‌زا در طی فرآیند کمپوست‌شدن با افزودن بیوچار کاهش یافت.	Malinowski et al. (2019)
لجن صنایع، پسماند جامد شهری، خاک اره (۴:۲:۱)، C/N ۲۵:۱	ضایعات باغی و زراعی (دما ذکر نشده)	۱۲٪ (وزن تازه)	-کاهش فراوانی میکروبی و افزایش تنوع باکتریایی و قارچی. -اکتینوباکتری، پروتئوباکتری و کلروفلوکسی باکتری‌های اصلی و آسکومیست و بازیدیومیست‌ها شاخه‌های غالب قارچی بودند.	Awasthi et al. (2017)
پسماند غذایی، C/N=درج نشده	برگ نخل (۵۰٪)، پسماند گیاهان زینتی (۲۰٪)، چمن کوتاه شده (۱۵٪) و برگ نارگیل (۱۵٪)، ۳۵۰ °C و ۴۵۰	۱۰ و ۱۵ ٪ (وزن خشک)	- بیوچار باعث دستیابی سریع به مرحله ترموفیلی شد. -افزایش تجزیه ماده آلی (۱۴/۴ تا ۱۵/۳٪) - افزایش غلظت NH_4^+ (۳۷/۸ تا ۴۵/۶٪) و NO_3^- (۵۰ تا ۶۲٪) -دمای ۳۵۰ درجه و افزودن ۱۵٪ بیوچار برای تولید کمپوست پایدار مناسب بود.	Waqas et al. (2018)
پسماند سبز، پسماند جامد شهری، C/N ۱۷/۵:۱ و ۲۲	بلوط دریایی، ۶۵۰°C،	۱۰٪ (وزن خشک)	-افزایش تجزیه ماده آلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای -کاهش هدر رفت نیتروژن - افزایش فراهمی فسفر قابل جذب	Vandecasteele et al. (2016)

۲) تأثیر کمپوست‌شدن بر بیوچار

چنانچه که بیوچار بر فرایند کمپوست‌شدن تأثیر دارد، کمپوست‌شدن نیز بر بیوچار تأثیر گذاشته و باعث تغییر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آن می‌شود. فرایند کمپوست‌شدن با ایجاد گروه‌های عاملی اکسیژن، اکسایش سطوح بیوچار را تسریع می‌کند (Sanchez-Monedero et al. 2018). به‌عنوان مثال ویدنر و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که اکسایش سطح بیوچار توانسته از طریق کمپوست‌شدن تسریع و نسبت‌های O/C محاسبه شده از ۰/۱۳ در بیوچار تازه به ۰/۴۰ در بیوچار کمپوست هم‌نوا افزایش یابد، فرایندی که به‌عنوان "پیری" یا "هوازدگی" شناخته می‌شود. پیری یا هوازدگی بیوچار به‌عنوان یک فرایند غیرزیستی متشکل از اکسایش حلقه‌های کربن با چگالی بالا و رادیکال‌های آزاد تعریف شده است. بدون اکسایش، توانایی بیوچار در بهبود حاصلخیزی خاک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) و نگه‌داشت عناصر غذایی محدود است. با این‌حال، اکسایش یک فرایند آهسته است. کمپوست‌شدن بیوچار با یک ماده آلی برای تسهیل اکسایش طبیعی ثابت شده است. کمپوست‌شدن باعث افزایش اکسایش سطح بصورت غیرزیستی در اثر افزایش دما و بصورت زیستی با فعالیت میکروبی بالا شده است. علاوه بر این، جذب

ترکیبات آلی در سطح بیوچار منجر به افزایش تعداد گروه‌های عاملی قابل اکسیدشدن خواهد شد (Prost et al. 2013). وو و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کمپوست‌شدن باعث افزایش گروه‌های عاملی، CEC، رطوبت، C/N، محتوای ماده آلی، غلظت کل نیتروژن محلول و فسفر و پتاسیم قابل‌جذب و کاهش سطح ویژه بیوچار شد. دلیل کاهش سطح ویژه بیوچار توسط کمپوست‌شدن، مسدود کردن منافذ ریز بیوچار با جذب مواد از کمپوست است (Sanchez-Monedero et al. 2018).

۳) توجیه اقتصادی استفاده از بیوچار در فرایند کمپوست‌شدن پسماند شهری

کاربرد بیوچار به تنهایی به‌رغم مزایای فراوان غیر از هزینه بالا، ممکن است دارای برخی اثرات منفی بوده و حتی در مواردی بر رشد گیاه تأثیر منفی هم داشته باشد (Mukherjee and Lal. 2014). مثلاً برخی انواع بیوچار می‌توانند فراهمی برخی عناصر غذایی را کاهش دهند و منجر به کمبود Ca، P، N در گیاهان شوند (Rees et al. 2015). به منظور از بین بردن اثرات منفی و استفاده از اثرات مثبت آن پیشنهاد شده است بیوچار بسته به هدف اصلاح شود و یا جهت تهیه کمپوست هم‌نوا استفاده شود. امروزه کاربرد انواع بیوچار به‌عنوان یک استراتژی موثر در مدیریت پسماندها به ویژه پسماند شهری و کشاورزی مطرح است.

پتانسیل اقتصادی فرایند کمپوست‌سازی به هزینه اولیه، حجم تولید، کیفیت مواد اولیه و قیمت محصول نهایی در یک مکان خاص بستگی دارد. لیم و همکاران (۲۰۱۶) تخمین زدند که هزینه‌های اولیه تولید کمپوست سالانه حدود ۴ میلیون دلار است ولی حدود ۱ میلیون دلار سود در سال ایجاد می‌شود. لذا فرایند کاملاً اقتصادی است. از آنجا که کمپوست‌شدن یک فرایند زمان‌بری است، استفاده از بیوچار برای کوتاه کردن مدت زمان کمپوست‌شدن می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد. قیمت هر کیلوگرم بیوچار در ایران بسته به مواد اولیه و دمای پیرولیز از ۲۰ تا ۶۰ هزار تومان متفاوت است. قیمت کمپوست در ایران با توجه به شکل عرضه اولیه متفاوت است. کمپوست تولید شده را می‌توان به صورت فله‌ای در تناژ بالا با قیمت ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ تومان و به صورت گرانوله هم تا ۱۲۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم فروخت، در صورت بسته‌بندی هم حداقل قیمت ۱۳۰۰ تومان می‌باشد. با توجه به اینکه حدود ۶۰ درصد پسماند شهری تجزیه‌پذیر است از ۶۴ میلیون تن پسماند تولید شده در روز حدود ۳۸ میلیون تن قابل تجزیه است که بعد از فراوری می‌توان از آن برای تولید کمپوست استفاده کرد. تولید کمپوست از پسماندهای شهری دارای اثرات اقتصادی دیگری مانند کاهش هزینه‌های دفن پسماند، جلوگیری از خروج سالیانه چندین هکتار زمین از چرخه تولید به دلیل دفن پسماندها، ایجاد اشتغال، امکان بازیافت پسماندهای خشک با ارزش (شامل انواع فلزات، پلاستیک و غیره) است ((Lim et al. 2016).

نتیجه گیری و پیشنهادات

بیوچار به دلیل ساختار متخلخل آن می‌تواند بر دما، pH، رطوبت، تهویه، وجود عناصر غذایی، نسبت C/N، منبع اضافی انرژی و اشکال به آسانی قابل دسترس کربن و از طریق این موارد بر جوامع میکروبی و در نتیجه تجزیه زیستی کمپوست هم‌نوا تأثیر گذاشته و باعث افزایش کیفیت کمپوست هم‌نوا می‌شود.

با توجه نتایج مثبت تحقیقات صورت گرفته در کشورهای پیشرفته در خصوص تأثیر کابرد بیوچار در فرایند کمپوست‌شدن توصیه می‌شود که تأثیر مواد اولیه، دمای پیرولیز، اندازه و درصد کابرد متفاوت بیوچار بر افزایش ارزش زراعی، کاهش تحرک فلزات سنگین، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمپوست پسماند شهری و در نتیجه افزایش حاصلخیزی و رشد و عملکرد گیاهان متنوع در تحقیقات آینده کشور گنجانده شود.

منابع

Akdeniz, N. (2019). A systematic review of biochar use in animal waste composting. Waste Management, 88: 291-300.

Awasthi, M.K., Li, J., Kumar, S., Awasthi, S.K., Wang, Q., Chen, H., Wang, M., Ren, X. and Zhang, Z. (2017). Effects of biochar amendment on bacterial and fungal diversity for co-composting of gelatin industry sludge mixed with organic fraction of municipal solid waste. Bioresource technology, 246, pp.214-223.

Barthod, J., Rumpel, C., and Dignac, M.F. (2018). Composting with additives to improve organic amendments. A review. Agronomy for Sustainable Development, 38(2): 17-40.

Borchard, N., Prost, K., Kautz, T., Moeller, A., and Siemens, J. (2012). Sorption of copper (II) and sulphate to different biochars before and after composting with farmyard manure. European Journal of Soil Science, 63(3), 399-409.

Camps, M., and Tomlinson, T. (2015). The use of biochar in composting. International Biochar Initiative. www.biochar- international.org.

Godlewska, P., Schmidt, H. P., Ok, Y. S., and Oleszczuk, P. (2017). Biochar for composting improvement and contaminants reduction.

A review. Bioresource technology, 246, 193-202.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., and Kennedy, C. (2013). Environment: Waste production must peak this century. Nature News, 502(7473): 615-617.

https://pasmandiran.ir/Content/Item/6827.

IBI (International Biochar Initiative). (2015). The Use of Biochar in Composting [WWW Document]. URL www.biochar-international.org (accessed 3.29.18).

Li, R., Wang, Q., Zhang, Z., Zhang, G., Li, Z., Wang, L., and Zheng, J. (2015). Nutrient transformation during aerobic composting of pig manure with biochar prepared at different temperatures. Environmental technology, 36(7), 815-826.

Lim, S.L., Lee, L.H., and Wu, T.Y. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gasses emissions and economic analysis. Journal of Cleaner Production, 111: 262–278.

Luo, X., Liu, G., Xia, Y., Chen, L., Jiang, Z., Zheng, H., and Wang, Z. (2017). Use of biochar compost to improve properties and productivity of the degraded coastal soil in the Yellow River Delta, China. Journal of Soils and Sediments, 17: 780–789.

Malinowski, M., Wolny-Koładka, K., & Vaverková, M. D. (2019). Effect of biochar addition on the OFMSW composting process under real conditions. Waste management, 84, 364-372.

Mukherjee, A. and Lal, R. (2014). The biochar dilemma. Soil Research, 52(3): 217-230.

Onwosi, C.O., Igbokwe, V.C., Odimba, J.N., Eke, I.E., Nwankwoala, M.O., Iroh, I.N., and Ezeogu, L.I. (2017). Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. Journal of Environmental Management, 190: 140–157.

Prost, K., Borchard, N., Siemens, J., Kautz, T., Séquaris, J.-M., Möller, A., and Amelung, W. (2013). Biochar affected by composting with farmyard manure. Journal of Environmental Quality, 42: 164.

Rees, F., Germain, C., Sterckeman, T., and Morel, J.L. (2015). Plant growth and metal uptake by a non-hyperaccumulating species (Lolium perenne) and a Cd-Zn hyperaccumulator (Noccaea caerulescens) in contaminated soils amended with biochar. Plant and Soil, 395(1): 57–73.

Reyhanitabar, A., Frahadi, E., Ramezanzadeh, H., and Oustan, S. (2020). Effect of Pyrolysis Temperature and Feedstock Sources on Physicochemical Characteristics of Biochar. Journal of Agricultural Science and Technology, 22(2): 547-561.

Sánchez-García M, Alburquerque JA, Sánchez-Monedero MA, Roig A, Cayuela ML. (2015). Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. Bioresource technology, 192:272–279.

Sanchez-Monedero, M.A., Cayuela, M.L., Roig, A., Jindo, K., Mondini, C. and Bolan, N. (2018). Role of biochar as an additive in organic waste composting. Bioresource Technology, 247: 1155-1164.

Vandecasteele, B., Sinicco, T., D'Hose, T., Vanden Nest, T., and Mondini, C. (2016). Biochar amendment before or after composting affects compost quality and N losses, but not P plant uptake. Journal of Environmental Management,168: 200–209.

Waqas, M., Nizami, A. S., Aburiazaiza, A. S., Barakat, M. A., Ismail, I. M. I., and Rashid, M. I. (2018). Optimization of food waste compost with the use of biochar. Journal of Environmental Management, 216, 70-81.

Wu, S., He, H., Inthapanya, X., Yang, C., Lu, L., Zeng, G., and Han, Z. (2017). Role of biochar on composting of organic wastes and remediation of contaminated soils-a review. Environmental Science and Pollution Research, 24(20):16560-16577.

The effect of biochar on the quality of co-compost prepared from municipal solid waste

Kamal Khalkhal*[1], Adel Reyhanitabar[2], Shahin Oustan[3] and Naser Aliasgharzad[4]

1. PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3 , 4. Prof, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran[5]

Abstract

As the population grows, the amount of waste products in human societies is growing rapidly and among the various methods of waste management, composting has been considered due to low operating costs and social and environmental benefits. But compost production and consumption are associated with problems such as greenhouse gas emissions and odors, nitrogen loss, and pollution of water and soil resources. The purpose of this article is to review the impact of biochar on the quality of co-compost prepared from municipal solid waste, economic and environmental aspects and challenges ahead, because studies have been very limited in the world and in Iran so far there isn't published reports in this field. Due to its porous structure, biochar can affect temperature, pH, humidity, aeration, nutrients, C/N ratio and easily available forms of carbon, and through these, affect microbial communities and thus biodegradation of co-compost and increase the quality of co-compost. Therefore, it is recommended that the effect of type of raw materials, pyrolysis temperature, size and percentage of different application of biochar on increasing agricultural value, reducing the mobility of heavy metals, reducing greenhouse gas emissions and finally the quality of compost should be included in future research.

Keyword: Biochar, Co-Composting, Municipal solid waste.

Corresponding author, Email: k.khalkhal@tabrizu.ac.ir

توزیع و پویایی فسفر و پتاسیم در خاک و جذب توسط ذرت و سیب زمینی درسیستم آبیاری قطره ای

میثم رضایی[۱]، کامبیز بازرگان[۲]، کریم شهبازی[۲]

۱- مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ ایمیل: Meisam.rezaei1@gmail.com

۲- مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛

چکیده

حرکت، انتقال و توزیع (افقی و عمودی) آب و عناصر غذایی مانند پتاسیم و فسفر بواسطه کودآبیاری از مسائل بسیار مهم در مدیریت پایدار خاک و آب می باشد. این مطالعه به منظور ارزیابی دینامیک این عناصر در کشت سیب زمینی و ذرت تحت سیستم آبیاری قطره ای در مزرعه موسسه خاک و آب انجام شد. سیب زمینی به صورت جوی و پشته (فاصله ردیفهای ۷۰ و با فاصله گیاه ۶۰ سانتیمتر) و ذرت بصورت نواری (به فاصله ردیفهای ۶۰ و فاصله گیاه ۱۵ سانتیمتر) کشت شد. برنامه آبیاری بصورت دوبار در هفته و هر بار حدود ۴ ساعت به مقدار حدود ۴ لیتر بر هر متر تیپ (لوله) با فشار حدود ۰/۶ بار آبیاری بود. مقدار کود لازم برای هر گیاه بر أساس آزمون خاک در دو تقسیط بصورت کود آبیاری یک ساعت پس از شروع آبیاری و به مدت سه ساعت اعمال شد. پس از دور اول کودآبیاری نمونه برداری خاک در فواصل زمانی ۴، ۲۴، ۹۸ و ۶۲۴ و ۱۶۳۲ ساعت و در دور دوم در فواصل زمانی ۴، ۲۴، ۹۸ و ۹۶۰ در فواصل افقی۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی متر و فواصل عمقی ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰، ۲۵-۳۰ و ۳۰-۴۰سانتی‌متر (روش آگر) از قطره چکان با دو تکرار (دو بوته گیاه) انجام شد وغلظت فسفر و پتاسیم تبادلی انداره گیری شد. برای ارزیابی اولیه داده های مشاهداتی درون یابی شدند. سپس توزیع آنها در زمان و مکان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که توزیع/حرکت فسفر و پتاسیم در یک خاک با کشت گیاه متفاوت، متفاوت خواهد بود. بنظر می رسد تقسیط کوددهی، فراهمی عناصر را بیشتر می کند. الگوی توزیع دو عنصر کاملا متفاوت بود. توصیه می شود ارزیابی حرکت جریان آب و عناصر در خاک و جذب توسط گیاه توسط مدل گیاهی-هیدرولوژیکی انجام شود.

واژگان کلیدی: فسفر، پتاسیم، توزیع/حرکت، آبیاری قطره ای، کودآبیاری، مدلسازی

مقدمه

آبیاری تحت فشار به‌خصوص آبیاری قطره ای راهکاری مناسب برای عرضه آب و مواد غذایی مستقیما در منطقه ریشه محصولات می باشد و بخاطر این پتانسیل راندمان کاربرد آب و مواد شیمیایی را بطور دقیقی افزایش می دهد ((Abalos et al., 2014) این رویکرد با افزایش کمبود آب و هزینه کودها در دهه های اخیر در حال گسترش است. برنامه کودآبیاری برای افزایش کیفیت و کمیت بسیاری از محصولات در حال گسترش هستند. ترکیب آبیاری قطره‌ای و کودآبیاری برای تحویل آب و مواد غذایی مستقیما به ریشه و با هدف همزمان کردن کاربرد کود و نیاز گیاه و همچنین نگه داشتن غلظت و توزیع یونها و آب در یک سطح دلخواه در خاک صورت می‌گیرد (Gärdenäs et al., 2005; Phogat et al., 2014; Zhang et al., 2015). اصل بنیادی در آبیاری قطره‌ای عرضه آب و مواد غذایی به‌صورت منظم و در بخش کوچکی از خاک، به مقدار کم و به دفعات بیشتر و متناسب با نیاز گیاه است. بنابراین کاربرد کود از طریق کودآبیاری ضمن افزایش کارای مصرف آب و عناصر غذایی و افزایش درآمد کشاورزان و همچنین کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی باعث کاربرد آسان و مناسب مقدار و غلظت بهینه کود برحسب مرحله رشد گیاه و شرایط اقلیمی، کاهش شوری و نوسان در غلظت عناصر غذایی در طول فصل رشد محصول و استفاده از کودهای جامد با حلالیت بالا به مانند کودهای مایع و ریزمغذی بالانس شده است (Zhang et al., 2015). هرچند که با وجود کاربرد اصول ذکر شده هنوز پتانسیل حرکت آب و مواد غذایی به پاینتر از منطقه ریشه به دلایل متعدد مثل مقدار و شدت بارندگی، مقدار زیاد عرضه آب و مواد غذایی، ظرفیت محدود ریشه برای جذب عناصر غذایی و توانایی فرد آبیاری کننده برای کنترل و مدیریت زهکشی و آبشویی زیاد است (Phogat et al., 2014). معمولا رایج است که بخشی از آب آبیاری قبل از کودهی و بخشی دیگر بعد از آنصورت

عرضه می‌شود. بعبارتی کودهی بین آبیاری صورت می گیرد تا از توزیع یکنواخت کود در خطوط آبیاری اطمینان حاصل گردد. مدیریت نامناسب آبیاری باعث خارج شدن آب و عناصر غذایی از منطقه ریشه شده و باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهد شد (Zhang et al., 2015). بنابراین الگویی مناسب برای آبیاری جهت بهبود راندمان جذب آب و عناصر غذایی لازم است.

جذب عناصر غذایی مثل پتاسیم از خاک توسط گیاه بسته به نوع خاک، نوع پوشش گیاهی، شرایط محیطی و زمان متفاوت خواهد بود. اقدامات مدیریتی مثل شخم، کودهی و آبیاری نیز ممکن است بر جذب پتاسیم تاثیرگذار باشند (Arnold et al., 1993; Saxton et al., 1974; Šimůnek et al., 2006; Therrien et al., 2009; van Dam et al., 1997). توزیع صحیح کودهای شیمیایی، آلودگیهای زیست محیطی را کاهش میدهد (Kesi, and Pawel, 2012). در سالهای اخیر پژوهشهای بسیاری برای حرکت آب و مواد مغذی در خاک صورت گرفته است، اما مطالعه در مورد حرکت پتاسیم و فسفر به روش آبیاری قطره ای بسیار اندک است. پژوهشگران بسیاری برتریهای توزیع نیتروژن و پتاسیم از طریق آبیاری قطرهای نسبت به سایر روشهای کشت را برای سیب زمینی (Selim et al 2009)، آفتابگردان (Sezen et al 2011)، انگور (Tagipure et al 2005) و سبزیجات (Holthsen et al 2012) گزارش داده اند که نسبت به روشهای دیگر آبیاری از بازده بالایی برخوردار است و میزان آبشویی را به پایینترین حد کاهش میدهد.

هر چند که در ایران و در طول سالهای اخیر تحقیقات زیاری در مورد آبیاری قطره ای انجام گرفته است ولی تحقیقات انجام شده بر روی حرکت و توزیع پتاسیم، فسفر و نیترات در سیستم آبیاری قطره ای و بخصوص جذب آن برای گیاهان استراتژیک سیب زمینی و ذرت کم بوده است. آگاهی از دینامیک کاربرد این مواد غذایی بصورت کودآبیاری در طراحی سیستم های کودآبیاری بسیار مفید خواهد بود. این مطالعه به منظور پاسخ به این که سوال توزیع عمقی و افقی عناصر فسفر و پتاسیم در خاک بعد از کاربرد به صورت کودآبیاری از طریق آبیاری قطره ای چگونه خواهد بود در مزرعه موسسه خاک و آب انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این طرح سیستم تحت کشت خاکورزی سنتی که با سیستم قطره‌ای در شرایط آب و هوایی نیمه خشک و در یک فصل زراعی مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق سعی شد که کلیه عملیات و مدیریت معمول که توسط کشاورز اعمال میگردد بدون تغییر برای زمین و کشت مورد مطالعه لحاظ گردد تا بتوان بهترین نتیجه کاربردی را حصول نمود.

نوع کشت سیب زمینی به صورت جوی و پشته به فاصله ردیفهای ۷۰ سانت و فاصله هر گیاه از گیاه دیگر ۶۰ سانتیمتر در طول پشته بود. کشت ذرت بصورت نواری به فاصله ردیفهای ۶۰ سانت و فاصله هر گیاه از گیاه دیگر به طور میانگین ۱۵ سانتیمتر در طول ردیف بود.

برنامه آبیاری بصورت دوبار در هفته و هر بار حدود ۴ ساعت به مقدار حدود ۴ لیتر بر هر متر تیپ (لوله) با فشار حدود ۰/۶ بار آبیاری بود. برای بررسی میزان غلظت عناصر در زمان کشت و توصیه کودی، ابتدا توزیع غلظت عناصر مورد نظر در خاک از عمق ۰-۴۰ سانتی‌متر با تهیه ۴ نمونه با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر قبل از کشت مشخص شد. مقدار کود لازم برای گیاه در دو تقسیط بر اساس توصیه کودی دستورالعمل تلفیقی حاصلخیزی و تغذیه گیاه موسسه خاک و آب از کل مقدار توصیه ای (۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۴۵۰ کیلوگرم اوره بمنظور بیشترین عملکرد) بصورت کود آبیاری یک ساعت پس از شروع آبیاری و به مدت سه ساعت اعمال شد. به منظور کنترل شرایط، بعد از ساعت اول آبیاری از سیستم سرم (محلول کودی) استفاده شد (شکل ۱).

پس از دور اول کودآبیاری نمونه برداری خاک در فواصل زمانی ۴، ۲۴، ۹۸ و ۶۲۴ و ۱۶۳۲ ساعت و در دور دوم در فواصل زمانی ۴، ۲۴، ۹۸ و ۹۶۰ در فواصل افقی۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی متر و فواصل عمقی ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰، ۲۵-۳۰ و ۳۰-۴۰سانتی‌متر (روش آگر) از قطره چکان با دو تکرار (دو بوته گیاه) انجام شد. این نمونه برداری ها از نزدیکترین گیاه به سنسور (و

برای نقطه بدون گیاه موارد ذکر شده اعمال گردید) برداشته شد تا پراکندگی مکانی به حداقل برسد. در حقیقت فرض گردید که پراکندگی مکانی تا یک متر وجود ندارد. نحوه نمونه برداری در شکل ۲ قابل مشاهده است. نمونه های خاک فورا به آزمایشگاه منتقل و در یخچال نگهداری شد تا در اسرع وقت (کمتر از یک روز) غلظت فسفر و پتاسیم و همچنین رطوبت در نمونه‌های برداشت شده به روش معمول آزمایشگاهی مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. فسفر به روش اولسن و پتاسیم تبادلی به روش استات آمونیوم اندازه گیری شد.

برای ارزیابی اولیه داده های مشاهداتی درون یابی شدند و توزیع آنها در زمان و مکان مورد بررسی قرار گرفت.



شکل۱. نحوه کودآبیاری یک ساعت پس از آبیاری برای ذرت، سیب زمینی و محل بدون کشت.



شکل ۲. محل و نحوه نمونه برداری در منطقه بدون گیاه و ذرت.

نتایج و بحث

جدول ۱ ترکیب شیمیایی آب مورد استفاده برای آبیاری و غلظت املاح مراحل کودآبیاری را نشان می دهد. آب آبیاری بدون کود دارای پی اچ ۸/۵ و هدایت الکتریکی ۰/۳۴ دسی زیمنس بر متر بود. با افزودن املاح کودی پی اچ کاهش و هدایت الکتریکی افزایش یافت که دور از انتظار نبود. غلظت فسفر، پتاسیم، آمونیوم و نیترات در دو محلول اندکی متفاوت بود هرچند مقدار مواد شیمیایی یکسانی استفاده شده بود. بیشترین تفاوت در مقدار بی کربنات و کربنات، منیزیم و پتاسیم دو محلول کودی بود.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری و غلظت املاح مراحل کودآبیاری

CO_3^{2-}	HCO_3^-	Mg^{2+}	Cl^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	NO_3^-	NH_4^+	P	ECe	pH	
mg/l									%	ds m^{-1}		
0.2	103.7	7.2	35.5	13.75	0.8	46	6.44	3.92	0	0.34	8.5	آب آبیاری
48	256	3	18	18	514	3	504.6	516	0.044	1	7.8	کودآبیاری مرحله اول
0	628	9	25	19	423	5	479.3	500	0.035	1	7.8	کودآبیاری مرحله دوم

نتایج نشان داد که با افزایش عمق مقادیر هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش یافت درحالیکه غلظت یونهای محلول و تبادلی دارای نوسان بوده و اغلب در لایه اول بیشتر از لایه دوم بود و از عمق ۱۵ سانتی متری تا ۱۰۰ سانتی متری افزایش یافت (جدول ۲). لایه ۳۵-۶۵ سانتی متری خاک دارای بافت سنگین تر و سیلت و رس بیشتری نسبت به لایه های بالایی و زیرین بود. البه باید متذکر شد که تغییرات مقادیر شن از با افزایش عمق ابتدا کاهشی و سپس افزایشی می شود. ظرفیت تبادل کاتیونی لایه ها تقریبا یکسان بود.

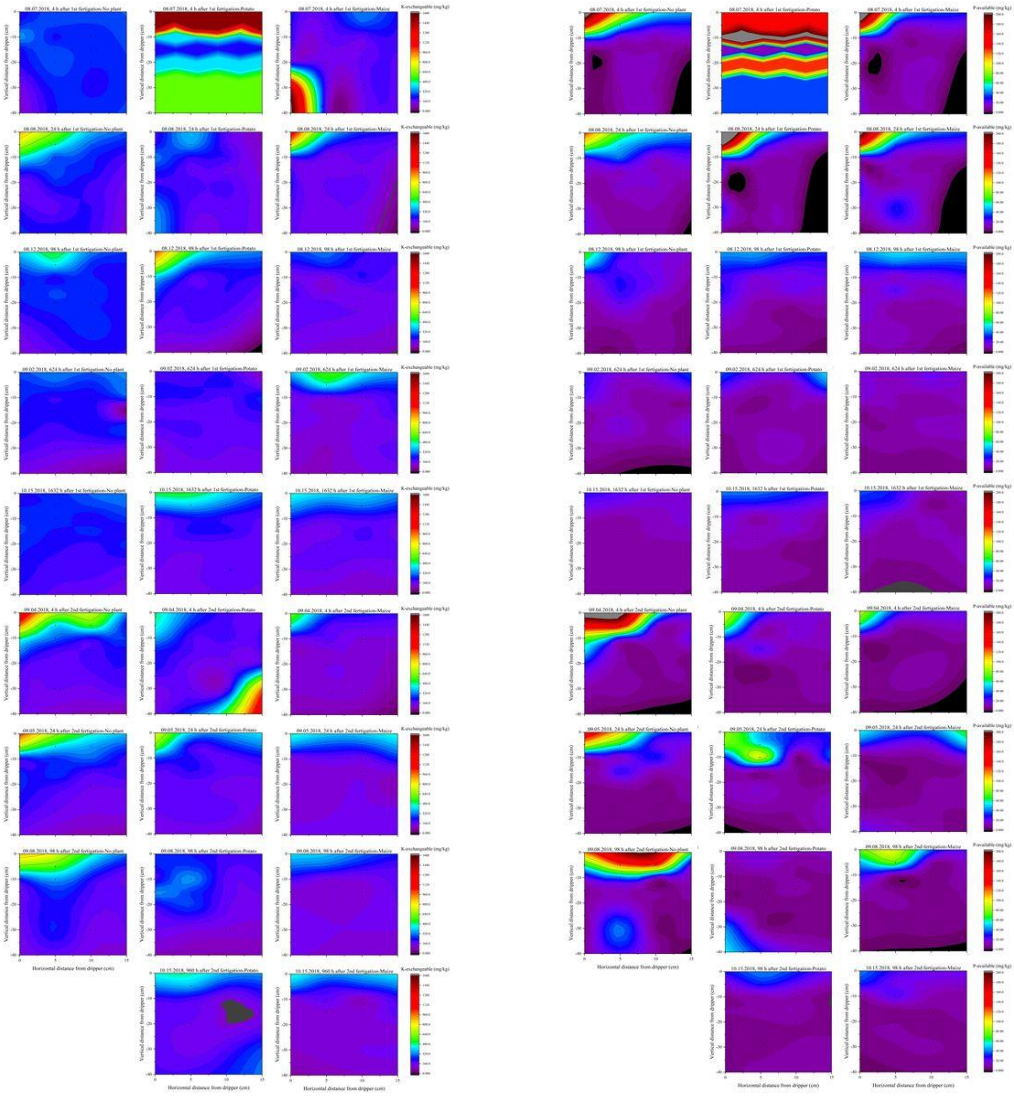
جدول ۲. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی لایه های خاک

CEC	یونهای تبادلی				یونهای محلول					pH	EC	رس	سیلت	شن	عمق
(meq/100gr)	(meq/kg)				(mg/l)						(dS/m)	(%)			(cm)
	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	P	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+						
29.48	0.23	0.22	2.12	0.064	0.07	23.5	16	135	51.6	7.9	1.51	28	30	42	**0-15**
29.75	0.2	0.18	1.99	0.064	1.1	18	19	88	25.2	7.9	1.55	24	32	44	**15-35**
30.81	0.21	0.21	1.97	0.049	0.8	24	22	96	46.7	7.9	2.66	30	40	30	**35-65**
29.75	0.21	0.24	2.14	0.063	2.4	23	15	98	58.4	7.8	2.58	12	38	50	**65-100**

نتایج نشان داد که میزان فسفر قابل جذب در ساعات اولیه (۴ ساعت) و همچنین روز اول افزایش یافته و سپس با گذشت زمان کم از غلظت آن به طور عمودی کم (غلظت در نقطه ورودی، قسمت بالا سمت چپ هر گراف) و به صورت افقی افزایش یافته است در حقیقت این نتیجه نشان می دهد که در ابتدا فسفر به صورت عمودی حرکت نموده و سپس پس از یک روز به حرکت افقی آن بیشتر شده است این شرایط برای ذرت برای سیب زمینی بسیار بیشتر و مشهودتر از منطقه بدون گیاه است. در زمان طولانی تر (بعد از ۱۶۰۰ ساعت) حرکت جانبی-سطحی در سیب زمینی بیشتر بود.

در مرحله دوم کود دهی، قسمت بدون گیاه مقادیر بیشتری از فسفر را نشان می دهد که با گذشت زمان جریان عمودی و افقی فسفر دیده می شود. به تعادل رسیدن خاک با مقادیر غلظت ورودی می تواند عامل این روند باشد. در مرحله دوم کود دهی، در ذرت و سیب زمینی میزان فسفر در زمان های اولیه بیشتر و سپس کاهش می یابد روند تغییرات فسفر در گیاه ذرت و گندم کاملاً متفاوت است به غیر چند ساعت اول پس از آبیاری و کودآبیاری. نتایج همچنین نشان می دهد که پس از ۹۸ ساعت از کود آبیاری تغییرات میزان فسفر چه بصورت افقی و چه عمودی در گیاه سیب زمینی و ذرت مشابه بود اما با گذشت زمان تغییرات فسفر این دو گیاه به طور معنی‌داری متفاوت شد (بالاخص برای زمان ۱۶۳۲ ساعت). این تفاوت ها در زمان کود آبیاری دوم بسیار بیشتر و قابل تامل تر است زیرا در قسمت بدون گیاه میزان غلظت فسفر بسیار زیاد شده و تغییرات آن با زمان کمتر می شود. در حقیقت میزان غلظت فسفر با توجه به نیاز گیاهی و جذب گیاه در زمانهای اولیه کودآبیاری دوم سبب تفاوت در میزان غلظت ها در دو گیاه است.

اما در مورد پتاسیم رفتار کاملاً متفاوت قابل مشاهده است، در زمان کوتاه بعد از آبیاری اول میزان پتاسیم به صورت افقی و عمودی از محل قطره چکان افزایش یافته و این مقدار برای بدون گیاه و سیب زمینی مشهور تر است. بنظر می‌رسد توزیع و حرکت افقی در ذرت بیشتر از سیب زمینی است. در گیاه ذرت و سیب زمینی میزان تغییرات پتاسیم در مرحله دوم کود آبیاری بسیار بیشتر از بدون گیاه است. توزیع/حرکت عمودی در منطقه کشت شده کمتر از خاک بدون گیاه است. احتمالا جذب عناصر معدنی توسط گیاهان موجب بروز این تفاوت هاست.



ب الف

شکل ۳. غلظت الف) فسفر قابل دسترس (روش اولسن) و ب) پتاسیم تبادلی در زمانهای مختلف بعد از کوددهی برای ناحیه بدون گیاه، سیب زمینی و ذرت. نقاط مشخص شده در شکاها نشان دهنده نقاط نمونه برداری شده است.

پیش بینی حرکت پتاسیم و تخمین میزان آن به علت لازم بودن آن در ارتباط با کارایی استفاده از کود مهم است (Jalali, and Rowell, 2003 and 2009). نتایج تحقیقی نشان داد که غلظت فسفر در محل قطره‌چکان‌های سیستم قطره‌ای بیشتر

بوده و تدریجا با فاصله از آن کاهش می‌یابد (Hardie et al., 2018). گزارش شده است از آنجایی که در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بخش خاصی که تحت آبیاری قطره‌ای است خیس می‌شود بنابراین ریشه گیاه در منطقه محدودی (منطقه خیس) گسترش می‌یابد. بنابراین نمونه‌برداری برای عناصر غذایی در این سیستم از سیستم فارو بحرانی‌تر است (Hart et al., 2007). عرضه کافی پتاسیم و فسفر برای دستیابی به عملکرد و کیفیت بهینه محصول ضروری است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که توزیع/حرکت فسفر و پتاسیم در یک خاک با کشت گیاه متفاوت، متفاوت خواهد بود. با نادیده گرفتن تغییرپذیری مکانی، آگاهی از دینامیک کاربرد مواد غذایی بصورت کودآبیاری در طراحی سیستم های کودآبیاری بسیار مفید خواهد بود. از طرف دیگر، ارزیابی بهینه غلظت، حرکت، توزیع و جذب گیاهی عناصر مستلزم اندازه گیری صحیح و پیشرفته در کشت مزرعه ای و همچنین شبیه سازی با استفاده از مدلهای پیشرفته گیاهی-هیدرولوژیکی می باشد. تلفیق این روشها سبب ارتقا کارایی موثرمصرف منابع، توزیع بهتر عناصر و درنتیجه افزایش تولید میگردند. بدلیل تاثیر معنی دار حرکت آب و املاح در خاک بردسترسی عناصر غذایی و حتی تجمع آنها (منتج به شوری، که بر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله فشار اسمزی، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی تاثیر گذاشته، سبب اختلال جدی در رشد و نمو بیشتر گیاهان یا توقف کامل رشد آنها میشود) کمی سازی این عوامل و میزان عناصر جهت مدیریت مصرف در کشاورزی مدرن ضروری می نماید. حرکت، انتقال و جذب عناصر و املاح بوسیله گیاه یکی از فرایندهای مهم و پیچیده می باشد که پیشنهاد می شود توسط مدلهای رقومی شبیه سازی و پیش بینی حرکت جریان آب در خاک و جذب توسط گیاه _کوتاه و بلندمدت_ پیش بینی شوند.

تشکر و قدردانی

از معاونت فن آوری ریاست جمهوری و مؤسسه تحقیقات خاک و آب به دلیل فراهم کردن امکانات اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

Abalos, D., Sanchez-Martin, L., Garcia-Torres, L., van Groenigen, J.W., Vallejo, A., 2014. Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and NO emissions from drip-fertigated crops. Science of The Total Environment, 490, 880-888.

Arnold, J.G., Allen, P.M., Bernhardt, G., 1993. A Comprehensive Surface-Groundwater Flow Model. Journal of Hydrology, 142, 47-69.

Gärdenäs, A.I., Hopmans, J.W., Hanson, B.R., Šimůnek, J., 2005. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. Agricultural Water Management, 74, 219-242.

Hardie, M., Ridges, J., Swarts, N. *et al.* Drip irrigation wetting patterns and nitrate distribution: comparison between electrical resistivity (ERI), dye tracer, and 2D soil–water modelling approaches. *Irrig Sci* **36,** 97–110 (2018).

Hart, J., Christensen, N., Don Horneck, D., Sullivan, D., and Pirelli, G. 2007. Phosphorus and Potassium Soil Test Results and Sampling Depth - Part 2 .. 1-3

Holthsen, D., Reeb, D., and Horn, R. 2012. Influence of potassium fertilization, water and salt stress, and their interference on rheological soil parameters in planted containers. Soil and Tillage Research, 125: 72-79.

Jalali, M., and Rowell, D.L. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Experimental Agriculture. 39: 379-394.

Jalali, M., and Rowell, D.L. 2009. Potassium leaching in undisturbed soil cores following surface applications of gypsum. Environmental Geology. 57: 41-48.

Kesi, L., and Pawel, W. 2012. Corn production response to tillage and nitrogen application in dry-land environment. Soil and Tillage Research, 124: 138-143

Phogat, V. et al., 2014. Seasonal simulation of water, salinity and nitrate dynamics under drip irrigated mandarin (Citrus reticulata) and assessing management options for drainage and nitrate leaching. Journal of Hydrology, 513, 504-516.

Selim, E.M., Mosa, A.A., and El-Ghamry, A.M. 2009. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. Agric. Water Manage. 96: 1218-1222.

Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B., and Tekin, S. 2011. comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climate conditions. Agric. Water Manage. 98: 1153-1161.

Saxton, K.E., Johnson, H.P., Shaw, R.H., 1974. Modeling evapo-transpiration and soil moisture. Transactions of American Society of Agricultural Engineers, 17, 673-677.

Šimůnek, J., van Genuchten, M.T., Šejna, M., 2006. The HYDRUS Software Package for Simulating Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, Technical Manual, Version 1.0, PC Progress, Prague, Czech Republic

Tagipure, F., and Naderi, N. 2005. Estimation of potassium effect and irrigation water with drip irrigation in quantity and quality of grape fruit. P 171-180, In: proceeding of Fourth Horticulture Science Conference. Mashhad, Iran

Therrien, R., R.G. McLaren, E.A. Sudicky, and S.M. Panday, fully-integrated, S.A.t.-d.n.m.d., Groundwater, s.a.s.f.o.a.s.t.U.s.g., Simula, 2009. HydroGeoSphere: A three-dimensional numerical model describing fully-integrated subsurface and surface flow and solute transport: User's guide, Groundwater Simulations Group, Waterloo, ON, Canada.

van Dam, J.C., Huygen, J., Wesseling, J.G., 1997. Theory of SWAP version 2.0: simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil- Water-Atmosphere-Plant environment. 71, DLO Winand Staring Centre, Wageningen. Report / Wageningen Agricultural University, Department Water Resources.

Zhang, J.-j., Li, J.-s., Zhao, B.-q., Li, Y.-t., 2015. Simulation of water and nitrogen dynamics as affected by drip fertigation strategies. Journal of Integrative Agriculture, 14, 2434-2445.

Potassium and phosphate distribution and dynamics in a soil and uptake by maize and potato in pressurized irrigation system

Meisam Rezaei[1], Kambiz Bazargan[2], Karim Shahbazi[2]

1- Soil and Water Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran; E-mail: Meisam.rezaei1@gmail.com

2- Soil and Water Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Abstract

The flow, movment and spatial (horizontal and vertical) distribution of water and nutrients in fertigation system is very important in sustainable soil and water management. This study was conducted to evaluate the dynamics of these elements in potato and maize cultivation under drip irrigation system in the field of soil and water research institute. Potatoes were grown in a furrow system (row spacing of 70 with plant spacing of 60 cm) and maize as strip cropping (spaced between rows 60 and plant spacing 15 cm). Irrigation schedualed to twice a week, each time about 4 hours with 4 liters per meter of type (pipe) with a pressure of about 0.6. The amount of required fertilizer for each plant based on soil test was applied in two fertigation steps, one hour after irrigation and for three hours. After the first round of fertigation, soil sampling at intervals of 4, 24, 98, 624 and 1632 hours and in the second round at intervals of 4, 24, 98 and 960 at were carried out. The horizontal intervals of 0, 5, 10 and 15 cm and depth intervals 0 5, 5-10, 10-15, 15-20, 25-30 and 30-40 cm (agar method) were performed from the dripper with two replications (two plants). Then, the concentration of exchangeable phosphorus and potassium was measured. For initial evaluation, observational data were interpolated and their distribution in time and space was examined. The results showed that the distribution / movement of phosphorus and potassium in a soil with different plant cultivation was different. Fertigation installments seem to increase the availability of elements. The distribution pattern of both nutrients was quite different. It is recommended to evaluate further the movement of water flow and this nutrients in the soil and plant uptake by using the agro-hydrological model.

Keywords: Phosphor, Potassium, Dynamics, Fertigation, Drip irrigation, Modelling

تأثیر کاربرد فاضلاب شهری و زئولایت بر جذب عناصر سنگین در دانه گندم

بابک خیامباشی[۱]، حمید ملاحسینی[۲]، ناهید کاوه زاده[۳]

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان (BKHAYAM@YAHOO.COM)

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

چکیده

در شرایط بحران کمبود آب در استان اصفهان استفاده ازفاضلاب تصفیه شده شهری در آبیاری محصولات کشاورزی یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. باتوجه به احتمال وجود خطرات کاربرد این پساب ها، ضرورت بررسی تاثیر پساب در اراضی کشاورزی این منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی میزان جذب عناصر مختلف غذایی و شیمیایی و تاثیر زئولایت در جذب آنها توسط دانه گندم در اراضی با مصرف طولانی مدت پساب صورت گرفت. آزمایش دارای سه تیمار شامل دو سطح ماده اصلاح کننده معدنی زئولیت (۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و یک تیمار شاهد بدون کاربرد زئولیت بصورت طرح آماری بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال زراعی انجام گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک میزان غلظت فلزات سنگین مس و سرب کل خاک از میزان استاندارد کمتر بود. کاربرد زئولایت باعث کاهش جذب مس شده و در جذب سرب تاثیری نداشته است. مقدار انباشتگی عنصر سنگین سرب در دانه بیش از حد مجاز بود. بعنوان نتیجه مدیریتی میتوان گفت که استفاده از پساب از نظر جذب سرب در گیاه صرفا برای محصولات بذری و غیر خوراکی مجاز میباشد و به هیچ عنوان قابلیت کاربرد برای تولید محصولات خوراکی انسانی و دامی ندارد.

واژگان کلیدی: پساب فاضلاب شهری، دانه گندم، زئولایت

مقدمه

ایران از جمله کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا به‌حساب می‌آید، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی بالاترین درصد را در بین کلیه مصارف به خود اختصاص داده و در بسیاری از نقاط کشور، کمبود آب به چنان وضعیت حاد و بحرانی رسیده است که برنامه ریزان و مدیران منابع آب را مجبور ساخته تا در برنامه‌ریزی‌های توسعه ، به کلیه منابع متعارف و غیرمتعارف آب (منابع آب باکیفیت پایین) توجه نمایند. یکی از منابع آب باکیفیت پایین ، فاضلاب‌های شهری می‌باشد که البته استفاده از آن‌ها در کشاورزی نیاز به مدیریت‌های خاص دارد. رشد فزاینده نیاز به آب از یک‌سو و محدودیت منابع آبی موجود از سوی دیگر، زندگی انسان‌ها را با مخاطره روبرو کرده است. امروزه منابع آب را به‌عنوان بخشی از ارکان توسعه منابع پایدار به شمار می‌آورند. در عصری که بحران آب تلاش‌ها را برای دستیابی به منابع آبی بیشتر افزایش داده، توجه به منابع آبی موجود در کشور و استفاده بهینه و مناسب از آن‌ها امری مهم و سرنوشت‌ساز به شمار می‌آید. . برخی از محققین نیز استفاده از فاضلاب در کشاورزی را به‌عنوان راه‌حلی جهت تخلیه فاضلاب‌ها در محیط‌زیست پیشنهاد می‌کنند که در حقیقت پالایش این‌گونه پساب‌ها در اراضی کنترل‌شده زراعی مدنظر می‌باشد. در مطالعه¬ای که در سال ۲۰۰۸ توسط منیر و همکاران برای مشخص کردن اثرات طولانی مدت آبیاری با فاضلاب بر روی غلظت فلزات سنگین در خاک و تجمع آن در گیاه ذرت انجام گردید مشخص شد که استفاده از فاضلاب به صورت بلند مدت در خاک و گیاه باعث تجمع فلزات سنگین گردیده است که این امر در حدودی فراتر از حد مجاز برای انسان و مصرف دام است .همچنین در این مطالعه مشخص گردید که میزان pH در خاکی که در معرض فاضلاب بوده است اسیدی¬تر از خاکی است که در آن هیچ فاضلابی استفاده نشده است. در پژوهشی دیگر قدیر وهمکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی خاک اراضی کشاورزی که تحت کشت گندم قرار گرفته و به مدت ۲۰ تا ۳۰ سال با پساب شهری آبیاری شده بود پرداختند، نتایج پژوهش¬های آن ها

افزایش ۵۰ درصدی هدایت الکتریکی در کرت¬های آبیاری شده با پساب نسبت به کرت¬های آبیاری شده با آب چاه را نشان داد. نتایج مطالعات سولیز و همکاران (۲۰۱۱) در اراضی مکزیک که حدود ۲۰ سال با پساب آبیاری شده بود، نشان داد که هر چند استفاده از پساب باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده است اما افزایش غلظت فلزات سنگین سمی در خاک وگیاه را در پی داشته است .همچنین نتایج آنالیز شیمیایی شیر گاو¬ها نشان داد که مقدار مس، سرب و روی در شیر آن ها تفاوت معنی¬داری با شیر گاو هایی که از علوفه سالم استفاده کرده بودند داشته است. ملاحسینی(۱۳۸۴) گزارش کرد که آبیاری طولانی مدت اراضی کشاورزی در جنوب تهران با فاضلاب شهری باعث افزایش غلظت قابل استفاده کربن آلی، فسفر، پتاس، روی، مس، کادمیوم، سرب و نیکل در این اراضی نسبت به اراضی تحت آبیاری با آب چاه یا قنات شده است.

استان اصفهان نیز به عنوان یکی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور دارای محدودیت کمی و کیفی منابع آب می باشد و در شرایط بحران کمبود آب استفاده ازفاضلاب تصفیه شده شهری در آبیاری محصولات کشاورزی یک ضرورت اجتناب ناپذیر است.

با توجه به وجود تصفیه خانه در شمال این استان و مصرف پساب آن توسط کشاورزان که قدمت آن به حدود ۲۸ سال می رسد کشاورزان از این پساب ها در امر کشاورزی استفاده می نمایند. از سوی دیگر قرار گرفتن این منطقه در حاشیه کویر،عدم فعالیت های کشاورزی می تواند سبب پیشروی کویر و خسارات زیان باری به شهر اصفهان گردد .در حال حاضر با این پساب فاضلاب حدود ۵۰۰۰ هکتار از اراضی این منطقه به کشت گیاهانی از قبیل غلات اختصاص دارد و بیش از ۱۰۰۰ کشاورز در این منطقه بطور مستقیم مشغول فعالیت کشاورزی و دامداری می باشند . باتوجه به احتمال وجود خطرات کاربرد این پساب ها، ضرورت بررسی همه جانبه بر روی خصوصیات خاک، گیاه، و تناوب زراعی در اراضی کشاورزی این منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این تحقیق در این منطقه اجرا با هدف بررسی میزان جذب عناصر مختلف غذایی و شیمیایی و تاثیر زئولایت در جذب آنها توسط گیاهان رایج منطقه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه حبیب آباد واقع در شمال شهر اصفهان و در مزرعه ایی که به مدت ۲۶ سال بطور مداوم تحت آبیاری با پساب شهری خارج شده از تصفیه خانه شمال اصفهان قرار داشت انجام شد. این اراضی در منطقه برخوار و در اراضی محدوده تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان واقع شده بود. آزمایش دارای سه تیمار شامل دو سطح ماده اصلاح کننده معدنی زئولیت (۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و یک تیمار شاهد بدون کاربرد زئولیت بصورت طرح آماری بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و همراه گیاهان زراعی فوق الذکر در دو سال زراعی انجام گرفت. تأثیر ماده اصلاحی بر غلظت عناصر شیمیایی در دانه گندم در پایان هر فصل زراعی بررسی و تجزیه و تحلیل شد. در نمونه های تهیه شده گندم پس از برداشت ابتدا قسمتهای کاه و دانه مجزا گردید و سپس عملکرد هر یک از قسمتها بطور مجزا محاسبه گردید. جهت اندازه گیری عناصر براساس دستورالعمل موسسه آب و خاک از روش عصاره گیری تر استفاده گردید. نیتروژن از روش کلدال، فسفر از طریق رنگ سنجی بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم به روش انتشار نور با دستگاه فلیم فتومتر و عناصر کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، مس، روی، کادمیم و سرب بوسیله روش جذب نور و با استفاده از دستگاه اتمیک ابزوربشن تعیین گردید. داده‌های به‌دست‌آمده گیاه با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و عناصر سنگین در خاک‌های تحت کشت پساب شهری در منطقه مورد آزمایش در جداول ۱ و ۲ آمده است. نتایج بررسی آماری و مقایسه میانگین غلظت مس و سرب در دانه گندم نیز در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

پارامتر	پ.هاش	EC	شن	سیلت	رس	سنگریزه	کربنات کلسیم معادل	ماده آلی
واحد		ds/m				درصد		
روش آزمایش		گل اشباع		هیدرومتر			تیتراسیون برگشتی	والکلی و بلاک
مقدار	۷/۸	۳/۵۶	۳۹/۱۵	۲۵/۲۲	۳۵/۶۰	۳/۵	۲۶/۷۳	۱/۰۷

جدول ۲: مقادیر کل عناصر در خاک در محل مورد مطالعه

عنصر	کادمیوم	سرب	نیکل	کبالت	مس	روی	منگنز	آهن
واحد				میکروگرم بر گرم				
روش آزمایش				روش جذب اتمی				
مقدار	۲/۵	۳۹/۲	۶۰/۸	۱۸/۵	۳۵/۲	۱۰۶/۲	۴۶۸/۷	۱۹۹۷۷

جدول ۳: نتایج میانگین مربعات (MS) دانه گندم

سال		۱۳۹۸		۱۳۹۹	
منبع	df	مس	سرب	مس	سرب
تیمار	۲	۱۹/۰۰*	۰/۰۰۶ns	۲۱/۰۰*	۰/۱۰۶ns
بلوک	۲	۰/۳۳ns	۰/۲۴ns	۱/۰۰ns	۰/۱۴ns
خطا	۴	۱/۳۳	۱/۳۶	۲/۰۰	۰/۷۰
ضریب تغییرات		۱۹/۲۴	۴۰/۶۵	۱۵/۷۱	۳۱/۳۶

جدول ۴: میانگین غلظت عناصر در دانه گندم در سطوح مختلف زئولایت

سال	۱۳۹۸		۱۳۹۹	
عنصر	مس	سرب	مس	سرب
تیمار	میکرو گرم در گرم			
شاهد	۸/۶۶(a)	۲/۸۵(a)	۸/۰۰(a)	۲/۵۵(a)
۲۰ تن در هکتار زئولیت	۳/۶۷(b)	۲/۸۳(a)	۵/۰۰(b)	۲/۵۷(a)
۴۰ تن در هکتار زئولیت	۵/۶۷(b)	۲/۹۲(a)	۷/۰۰(b)	۲/۸۸(a)

نتایج نشان میدهد که در هر دوسال تیمار زئولایت بر مقدار تجمع عنصر مس در دانه گندم تاثیر معنی دار داشته است در حالیکه تاثیری بر مقدار سرب در دانه این گیاه نداشته است. نتایج مقایسه میانگین نشان میدهد که مصرف زئولایت باعث کاهش غلظت مس در دانه گیاه در اثر آبیاری با پساب فاضلاب شهری شده است. در خصوص عنصر سرب اگرچه زئولایت تاثیری بر کاهش غلظت آن نداشته است ولی در تیمار شاهد هم مقدار آن بسیار فراتر از غلظت استاندارد میباشد. این نتیجه گویای این است که در اراضی که طولانی مدت تحت تاثیر فاضلاب شهری بوده اند غلظت سرب در دانه گندم افزایش چشمگیری دارد و عملا مصرف زئولایت با این مقدار نمیتواند تاثیری در کاهش آن داشته باشد. یکی از دلایل آن میتواند بافت نسبتا سنگین خاک در منطقه و نیز دامنه تغییرات موجود در پساب در مراحل مختلف رشد گیاهی باشد که لازم است در تحقیقی کوچکتر مورد بررسی دقیقتری قرار گیرد. لازم به ذکر است که در خصوص گندم بر اساس استاندارد ۱۲۹۶۸ با عنوان خوراک انسان-دام- بیشینه رواداری فلزات سنگین مصوب سال ۱۳۸۹ حداکثر مقدار سرب در دانه گندم به ترتیب معادل ۰/۱۵ میکروگرم در گرم ذکر شده است که در گندم کشت شده در این طرح در تمام تیمارهای زئولایت مقدار سرب در دانه گندم بسیار بیشتر از استاندارد ذکر شده میباشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه نمونه های خاک نشان داد که در خاک مورد بررسی که بمدت ۲۶ سال با پساب شهری آبیاری شده بودند، میزان غلظت فلزات سنگین کادمیم، سرب، نیکل، کروم، کبالت و آرسنیک کل خاک از میزان استاندارد کمتر بود. بطور بسیار کلی زئولایت بیشتر در جذب مس تاثیر داشته و در جذب سرب تاثیری نداشته است. مقدار انباشتگی عنصر سنگین سرب در تمامی اندامهای گیاهان کشت شده بین ۴-۲ میکروگرم در کیلوگرم است که بیش از حد مجاز است. بعنوان نتیجه مدیریتی میتوان گفت که استفاده از پساب از نظر جذب سرب در گیاه صرفا برای محصولات بذری و غیر خوراکی مجاز میباشد و به هیچ عنوان قابلیت کاربرد برای تولید محصولات خوراکی انسانی و دامی ندارد.

فهرست منابع

1. ملاحسینی، ح.، م. هراتی.، غ. اکبری. و ن، حریری.۱۳۸۴ تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ذرت علوفه ای تحت آبیاری با فاضلاب. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران.
2. Munir, J., Rusan, M., Hinnawi, S., and Rusan, L. 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. Desalination. 215: 143-152.
3. Qadir M., Mateo-Sagasta J., Jiménez B., Siebe C., Siemens J., Hanjra M A. (2015). Environmental risks and cost-effective risk management in wastewater use systems Wastewater (pp. 55-72): Springer
4. Soliz D., Glenn Edward P., Seaman R., Yoklic M., Nelson Stephen G., Brown P. (2011). Water consumption, irrigation efficiency and nutritional value of Atriplex lentiformis grown on reverse osmosis brine in a desert irrigation district. Agriculture, ecosystems & environment، 140(3-4): 473-483.

Abstract:

Impact of municipal wastewater and zeolite on the uptake of heavy elements in wheat grain

Khayambashi B.[1], Molahoseini H.[2], Kavezadeh N.[3]

[1]Scientific board of isfahan agricultural and natural resources research and education center

[21]Scientific board of isfahan agricultural and natural resources research and education center

[3]M.A. of isfahan agricultural and natural resources research and education center

Municipal wastewater usage in irrigation of agricultural products is an inevitable necessity in the conditions of water shortage crisis in Isfahan province. Due to the possible dangers of using these effluents, the need to study the impact of effluents on agricultural lands in this area is of particular importance. The aim of this study was to investigate the uptake of various nutrients and chemical elements and the effect of zeolite on their uptake by wheat grains in lands with long-term effluent consumption. The experiment had three treatments including two levels of zeolite mineral modifier (20 and 40 tons per hectare) and a control treatment without the use of zeolite as a randomized complete block design with three replications in two cropping years. Based on the results of soil analysis, the concentration of heavy metals copper and lead in the whole soil was less than the standard level. The use of zeolite reduced copper uptake and had no effect on lead uptake. The accumulation of heavy element lead in the grain was excessive. As a management result, it can be said that the use of effluent in terms of lead absorption in the plant is allowed only for seed and non-edible products and can not be used for the production of human and animal feed products.

Keywords: Municipal wastewater, wheat grain, zeolite

راهنمای نگارش مقاله

مدیریت تنش گرما در گوجه فرنگی گلخانه ای با سالسیلیک و سیلیسیلیک اسید

بابک خیامباشی۱، مجید بصیرت۲، مختار میران‌زاده۳

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان (BKHAYAM@YAHOO.COM)

۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

چکیده

در حال حاضر با توجه به کاهش منابع آب و نیز امکان کنترل شرایط اقلیمی صنعت تولیدات گلخانه ای رو به گسترش است. صنعت تولیدات گلخانه علمی میتواند تاثیر بسزایی در افزایش بهروری از آب و نهاده‌های کشاورزی داشته باشد. گوجه‌فرنگی یکی از محصولات رایج گلخانه ای بوده و یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی که تاثیر زیادی بر کمیت و کیفیت تولید این محصول دارد دمای گلخانه است. در این خصوص مواد محرک رشد این پتانسیل را دارند که از تاثیرات نامطلوب تنشهای غیرزنده جلوگیری کنند. لذا هدف این تحقیق بررسی تاثیر محلولپاشی سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر کمیت و کیفیت ظاهری گوجه فرنگی گلخانه ای در دمای بالای ۳۵ درجه سانتیگراد بود. این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی و به صورت فاکتوریل با ۴ تکرار پیاده گردید. تیمارهای شامل محلولپاشی اسید سالیسیلیک و اسید سیلیسیلیک بود که پس از شروع باردهی و زمانی که درجه حرارت کمی بیش از ۳۵ درجه سانتی شد اعمال گردید. استفاده از سه نوبت محلولپاشی اسید سلیسیلیک با غلظت نیم مولار یا اسید سیلیسیلیک با غلظت ۴ در هزار هنگام افزایش دما به بیش از ۳۵ درجه سانتیگراد و پس از شروع میوه دهی جهت مقابله با تنش گرما توصیه میگردد.

واژگان کلیدی: تنش دما، سالیسیلیک اسید، سیلیسیلیک اسید، گلخانه، گوجه‌فرنگی

مقدمه

در حال حاضر با توجه به کاهش منابع آب و نیز امکان کنترل شرایط اقلیمی صنعت تولیدات گلخانه ای رو به گسترش است. در گلخانه ها بواسطه بالا بودن عملکرد بهره وری نهاده های مصرفی مانند آب و کود بسیار بیش از کشتهای فضای باز میباشد. بیشترین سطح زیر کشت گلخانه ها عموما بر تولید محصولات سبزی و صیفی تمرکز خواهد یافته است. گوجه‌فرنگی یکی از محصولات رایج گلخانه ای بوده که دارای ارقام زیادی بوده و از کیفیت بسیادر گلخانه پارامترهای اقلیمی نظیر دما تاثیر زیادی بر کمیت و کیفیت تولید دارند. کنترل دما در گلخانه با استفاده از تهویه، سیستم خنک کننده فن و پد و نیز استفاده از مه‌پاشها صورت میگیرد. در بسیاری از گلخانه ها بدلیل تهویه نامناسب یا هزینه بسیار بالای نصب، نگهداری و نیز انرژی مصرفی کنترل این پارامتر بسیار مشکل میباشد. این مشکل بخصوص در ماههای گرم با ایجاد تنش گرمایی باعث ایجاد خسارات کمی و کیفی به میوه گوجه فرنگی میشود. همچنین باعث کاهش بهره وری ترکیبات غذایی و از همه مهمتر آب مصرفی میگردد. در این راستا کالو و همکاران (۲۰۱۴) کاربرد کشاورزی محرکهای رشد گیاهی را بر رشد ریشه، جذب مواد غذایی و مقابله با تنشها محیطی موثر دانسته و گزارش نمودند که مواد محرک رشد این پتانسیل را دارند که در مواجهه با تنشهای غیرزنده مثل خشکی و شوری مصرف شوند. سالسیلیک اسید و اسید سیلیسیک از جمله ترکیباتی هستند که میتوانند در کاهش اثرات تنشهای غیر زنده موثر باشند.

سالسیلیک اسید، به عنوان یک ماده‌ی شبه هورمون در نظر گرفته می شود و نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاهان ایفا می کند. این ماده به وسیله سلولهای ریشه تولید شده و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مثل رشد، نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند.(پیراسته و همکاران ۱۳۹۳) این ترکیب یکی از مولکول های سیگنال دهندهٔ

مهم است که سبب واکنش گیاه در برابر تنش های محیطی می شود همانند یک آنتی اکسیدانت غیر آنزیمی تأثیر زیادی در تنظیم فعالیت های فیزیولوژیکی و مقاومت سیستمیک در گیاه دارد (کاشفی و همکاران ۱۳۹۳). امروزه سالسیلیک اسید به عنوان یک مولکول داخلی شناخته شده و موجب القای مقاومت به تنش محیطی و زنده می شود. هم چنین این ماده تحت تنش شوری و خشکی در بافت گیاهی تجمع می یابد و در افزایش مقاوت گیاه به تنش شرکت می کند (دانشمند و همکاران ۱۳۹۱).

اسید سیلیسیک $Si(OH)_4$ فرم محلول سیلیکون بوده که توسط گیاهان قابل‌جذب می‌باشد. اگرچه سیلیسیم به عنوان عنصر ضروری برای رشد بیشتر گیاهان معرفی نشده است، اما اثرهای سودمندی در رشد و نمو گیاهان در تنش های محیطی نشان داده است(اللهبخش و همکاران ۱۳۹۵). سیلیسیوم با ترکیبات دیواره سلولی مانند پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها ارتباط دارد و بین لیگنین و کربوهیدرات‌ها پیوند برقرار می‌کند. (سراجی و همکاران ۱۳۹۶). نتایج تحقیقی در گیاه جو می‌دهد که سیلیسیم با افزایش بیان و فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده تحت اثر تنش و کاهش محتوای رادیکال‌های آزاد در سلول، مانع از خسارات اکسنده به سلول‌های گیاه جو شده است. همچنین این عنصر موجب افزایش میزان پروتئین محلول کل، رنگدانه‌های فتوسنتزی و میزان تجمع پرولین در هنگام تنش در این گیاه شده است .(حداد و مخلصیان ۲۰۱۶). همچنین هاتوری و همکاران(۲۰۰۸)، گزارش نمودند که کاربرد سیلیسیوم در شرایط تنش اسمزی با بهبود و کاهش صدمات ناشی از تنش در بافت‌های برگ گیاه خیار سبب بهبود رشد خیار گردیده است.

با توجه به اثرات ضد تنش این ترکیبات، ضروری است که تاثیر آنها در کمیت و کیفیت ظاهری محصولات گلخانه ای مورد توجه قرار گیرد. لذا بخشی از اهداف این تحقیق بررسی تاثیر محلولپاشی سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر کمیت و کیفیت ظاهری گوجه فرنگی گلخانه ای در دمای بالای ۳۵ درجه سانتیگراد بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی گیاه گوجه فرنگی گلخانه¬ای با رقم پرمحصول رایج (ازمیر) در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام شد. این گلخانه دارای سیستم کنترل گرمایش و نیز سیستم خنک کننده با کنترل زمانی بود. جهت حذف پارامترهای خاکی که ممکن بود در نتایج آزمایش موثر باشد، این بررسی در روش کشت هیدروپونیک و با بستر غیر خاکی انجام شد. در این گلخانه کنترل شرایط دمایی توسط سنسورهای محیطی قابل تنظیم انجام گردید. همچنین سیستم خنک کننده در تابستان شامل کولر آبی و نیز رطوبت ساز بود که با کنترل زمانی در طول روز دمای گلخانه را تعدیل می‌نمود. این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی و به صورت فاکتوریل با ۴ تکرار پیاده گردید. تیمارهای شامل محلولپاشی اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و اسید سیلیسیلیک (صفر ، ۴ در هزار) بود که پس از شروع باردهی و زمانی که درجه حرارت کمی بیش از ۳۵ درجه سانتی شد اعمال گردید. محلولپاشی در سه مرحله بعد از شروع باردهی به فاصله دو هفته با ترکیبات فوق بر اساس نقشه طرح صورت گرفت. اندازه گیریها و نتایج بدست آمده حاصل مجموع برداشت میوه از اواخر بهار تا آخرین برداشت در مهرماه میباشد. شاخص های اندازه گیری شده شامل میزان عملکرد ، تعدادمیوه، تعداد کل گوجه سالم و بدشکل در گلدان بود. نتایج بوسیله نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نمودارها بوسیله نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی تیمارهای سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی عملکرد گوجه فرنگی در جدول ۱ آمده و جدول ۲ مقایسه میانگین تیمارها بروش دانکن در سطح ۵ درصد نشان میدهد. نتایج بدست آمده نشان میدهد که تنها تاثیر اصلی تیمار سالیسیلیک اسید بر وزن میوه معنی دار و نیز تاثیر اصلی تیمار سیلیسیلیک اسید بر این پارامتر بسیار معنی دار شده است.

همچنین این تیمارها تاثیری بر تعداد کل گوجه سالم در گلدان، تعداد کل گوجه بدشکل در گلدان و درصد گوجه بدشکل در گلدان نداشته اند (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی تیمارهای سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی عملکرد گوجه فرنگی در تنش گرمایی

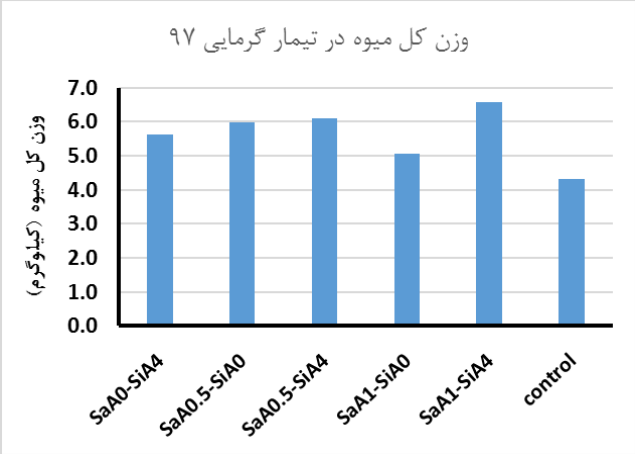
منبع تغییرات	تعداد کل گوجه در گلدان	وزن کل گوجه در گلدان	تعداد کل گوجه سالم در گلدان	تعداد کل گوجه بدشکل در گلدان	درصد گوجه بدشکل در گلدان
سالیسیلیک اسید	۵۲۸/۱۲۵ns	۲/۵۰*	۵۰۹/۵۴ns	۰/۱۷ns	۰/۳۷ns
سیلیسیلیک اسید	۵۴۱/۵۰ns	۵/۸۹**	۵۲۲/۶۶ns	۰/۱۷ns	۰/۶۵ns
اثر متقابل	۱۹۸/۸۷ns	۱/۱۶Ns	۲۲۸/۲۹ns	۱/۱۷ns	۳/۷۸ns
ضریب تغییرات	۱۵/۴۹	۱۴/۷۰	۱۴/۹۱	۷۱/۵۸	۶۶/۵۹

ns: غیر معنی‌دار؛ *: معنی دار در سطح ۵ درصد؛**: معنی‌دار در سطح یک درصد، ***: معنی‌دار در سطح یک هزارم.

با توجه به عدم معنی دار شدن اثر متقابل این دو تیمار در گوجه فرنگی تنها نتایج مقایسه میانگین که به روش دانکن در سطح ۵ درصد محاسبه شده است در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج بیان میدارد که مصرف ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک بصورت محلولپاشی سبب افزایش معنی دار وزن کل گوجه فرنگی در گلدان شده است. همچنین نتایج نشان میدهد که مقدار عملکرد در تیمار ۱ میلی مولار اختلاف معنی داری نسبت به شاهد و تیمار ۱ میلی مولار نداشته است بنابراین مصرف بیش از ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید تاثیری در افزایش عملکرد نداشته است. از طرف دیگر این نتایج بیانگر این است که مصرف این ترکیب سبب افزایش تعداد میوه نسبت به تیمار شاهدگردیده است ولی اختلافی بین سطوح مختلف آن مشاهده نشده است (جدول ۲). در خصوص سیلیسیلیک اسید نیز نتایج گروهبندی فاکتور اصلی نشان میدهد که مصرف این ترکیب سبب افزایش معنیدار عملکرد شده است در حالیکه بر خلاف سالیسیلیک اسید تاثیری بر تعداد میوه نداشته است. بر اساس مقادیر میانگین محاسبه شده، این تیمار تقریبا سبب افزایش ۲۰ درصد در عملکرد شده است. با توجه به عدم تاثیر این تیمار در تعداد میوه میتوان نتیجه گرفت که این افزایش ناشی از افزایش سایز میوه ها باشد. نتایج تیمارهای فوق به تفکیک در شکل ۱ نیز آمده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثرسطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی عملکرد گوجه فرنگی در تنش گرمایی

پارامتر	سطح	وزن کل گوجه در گلدان (کیلوگرم)	تعداد کل گوجه سالم در گلدان
اسید سالیسیلیک	صفر	۴/۹۷b	۷۴/۸۷b
	۰/۵ میلی‌مولار	۶/۰۳a	۸۹/۰۰a
	۱ میلی‌مولار	۵/۸۲ab	۸۸/۳۷a
اسید سیلیسیلیک	صفر	۵/۱۱b	۷۹/۴۲a
	۴ در هزار	۶/۱۱a	۸۸/۷۵a



شکل ۱- وزن کل میوه برداشت شده در طول دوره تنش گرمایی در سال اول اجرای طرح

SaA0-SiA4: ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA0: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA4: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA0: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA4 : ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ شاهد: بدون مصرف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق استفاده از محلولپاشی سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید به تنهایی میتواند سبب افزایش عملکرد، کاهش میوه های بد شکل و بیشتر شدن وزن میوه میگردد. استفاده از سه نوبت محلولپاشی اسید سلیسیلیک با غلظت نیم مولار یا اسید سیلیسیلیک با غلظت ۴ در هزار هنگام افزایش دما به بیش از ۳۵ درجه سانتیگراد و پس از شروع میوه دهی جهت مقابله با تنش گرما توصیه میگردد

فهرست منابع

۱. اللهبخش ،الف .سیروس مهر،ع .ابراهیمی ،الف .شهرکی ، ن. (۱۳۹۵) اندوزش و تحمل آلودگی کادمیومی و تأثیر تیمار سیلیسیم بر برخی شاخص های (Portulaca oleracea) فیزیولوژیک در گیاه خرفه. مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۳): ۳۷۴-۳۵۹.

۲. پیراسته انوشه ،ه.امام ،ی .روستا، م ح .۱۳۹۳،روش های مختلف تیمار گیاهان زراعی با اسید سالسیلیک در پژوهش‌های شوری ،مرکز ملی تحقیقات شوری ،صفحات ۱۷-۱ .

۳. حداد ،ر .مخلصیان ،ص. (۲۰۱۶). تاثیر سیلیکون بر میزان بیان ژن پراکسیداز و صفات ریخت شناسی گیاه جو تحت تنش خشکی. سلول و بافت (Cell and Tissue). ۶(۴): ۴۶۰-۴۵۱

۴. دانشمند،ف.آروین ،م. کرامت،ب. ۱۳۹۱،تغییرات ایجاد شده توسط سالسیلیک اسید در گیاهان گلرنگ تحت تنش شوری ،مجله زیست شناسی ایران ،ج ۲۷،ش۲،صفحات ۲۰۴-۲۰۹

۵. سراجی ،ز.عبدل زاده ،الف .صادقی پور،ح. (۲۰۱۸). اثرات کاربرد سیلیکون در بهبود رشد و کاهش تنش اکسیداتیو گیاه. مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران).۳۱(۲):۳۴۷-۳۳۲

۶. کاشفی، ب. قدس، م. مقدم، م. (۱۳۹۳). بررسی کاربرد سالسیلسک اسید بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مریم گلی کبیر تحت تنش شوری ،صفحه ۴۳۲

7. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 383(1-2), 3-41.

Abstract:

Heat stress management in tomatoes with salicylic and silicic acid

Khayambashi B.[1], Basirst M.[2], Miranzadeh M.[3]

[1]Scientific board of isfahan agricultural and natural resources research and education center

[2]Scientific board of soil and water research institute

[3]M.A. of isfahan agricultural and natural resources research and education center

the reduction of water resources and the possibility of controlling the climatic conditions of the greenhouse industry is expanding now a days. The scientific greenhouse industry can have a significant impact on increasing the productivity of water and agricultural inputs. Tomato is one of the common greenhouse's products and one of the most important climatic parameters that has a great impact on the quantity and quality of this product is the greenhouse temperature. In this regard, growth stimulants have the potential to prevent the adverse effects of abiotic stresses. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of foliar application of salicylic and silicic acid on the quantity and quality of greenhouse tomatoes at temperatures above 35 ° C. This research was implemented in a completely randomized and factorial design with 4 replications. Treatments included foliar application of salicylic acid and silicic acid, which were applied after the onset of fruiting and when the temperature was slightly above 35 ° C. It is recommended to use three times of foliar application of salicylic acid with a concentration of half a molar or silicic acid with a concentration of 4 per thousand when the temperature rises to more than 35 degrees Celsius and after fruiting to deal with heat stress.

Keywords: Temperature stress, salicylic acid, silicic acid, greenhouse, tomato

تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و شوری بر عملکرد برنج رقم گیلانه

بیژن قاسمی‌نژاد پارگامی[۱]*، صفورا اسدی کپورچال[۲]، مجتبی رضایی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

bijanghasemi00@gmail.com

[۲] استادیار، گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

[۳] استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

نیتروژن یکی از مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عناصر غذایی در رشد برنج است. از سوی دیگر شوری منابع خاک و آب سبب کاهش عملکرد برنج می‌شود. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (۰، ۸۰، ۱۱۰ و ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار) و شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد برنج رقم گیلانه در خاک با بافت لوم انجام شد. پس از طی دوره رشد اندام هوایی گیاه برداشت و عملکرد و اجزای آن اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که با توجه به پر محصول بودن برنج رقم گیلانه افزایش مقدار نیتروژن تا ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش عملکرد برنج شد. مصرف آب شور با هدایت الکتریکی ۵ دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر، سبب کاهش عملکرد در تمام تیمارهای کود نیتروژن شد. با توجه به اینکه اختلاف عملکرد بین سطوح مختلف شوری تیمار ۱۱۰ با سطوح مختلف شوری تیمار ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن معنی‌دار نبود، کاربرد ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن جهت مدیریت بهینه کودهای ازته با هدف افزایش عملکرد توصیه می‌شود. در نهایت با مصرف بهینه کود نیتروژن که از اهداف کشاورزی پایدار است، در کنار افزایش کارآیی مصرف کود، عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: آب شور، اجزای عملکرد، برنج، کود نیتروژن

مقدمه

برنج به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی، با میانگین مصرف سرانه بیش از ۸۰ کیلوگرم در سال (به عنوان مثال سرانه ۹۰ کیلوگرم در سال در چین و ۱۵۰ کیلوگرم در سال در اندونزی) در کشورهای آسیایی است (Lestari *et al*., 2010). نیتروژن یکی از مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عناصر غذایی در رشد برنج است. به‌طوری‌که عدم جذب این عنصر در هر مرحله از رشد گیاه سبب کاهش عملکرد خواهد شد (Sadeghi *et al*., 2021). نقش نیتروژن تشکیل پروتئین لازم برای افزایش طول ساقه، پنجه، ساخت برگ و افزایش فتوسنتز است که می‌تواند بر میزان رسیدگی دانه و کیفیت پخت نیز تأثیر بگذارد (Liu *et al*., 2018). نیتروژن از طریق تأثیر بر صفات مورفولوژیکی گیاه اثر مثبتی بر عملکرد دانه دارد و بهترین عملکرد برنج زمانی است که نیتروژن در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه استفاده شود (Fageria *et al*., 2013). نتایج تحقیقی در کشور هند با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن از ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بیش‌ترین محصول دانه برنج و کاه (۴/۸۴ و ۶/۹۹ تن در هکتار) را نسبت به بقیه سطوح نیتروژن تولید کرد. همچنین مصرف ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، به صورت معنی‌دار تعداد پنجه و وزن خشک را در مراحل مختلف رشد افزایش داد (Reddy and Patter, 2006).

در تحقیق دیگری در بنگلادش با کاربرد سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) نشان داده شد که سطوح نیتروژن بر همه‌ی پارامترهای رشد به‌جز طول سنبله و وزن هزار دانه برنج تأثیر معنی‌دار داشت و بیش‌ترین محصول دانه ۵/۳۸ تن در هکتار با مصرف ۷۵٪ مقدار توصیه شده به‌دست آمد (Hossain *et al*., 2005). Manzoor *et al*. (2006) گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در کپه، طول

پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب ۳/۱۰، ۶/۲۹، ۶/۱۶، ۳/۶، ۲/۱۵ و ۶۴ درصد به طور معنی‌داری افزایش یافت. موسوی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم برنج، نشان دادند که اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد خوشه و عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در خاک‌های شور با افزایش شوری پتانسیل آب موجود در خاک کاهش پیدا خواهد کرد و کاهش جذب آب ناشی از کاهش اختلاف پتانسیل اسمزی در گیاه و خاک سبب بروز علائمی مشابه شرایط تنش خشکی در گیاه می‌شود. شوری آب آبیاری در دوره رشد رویشی برنج سبب کاهش تعداد پنجه و بیوماس سطح برگ می‌شود. در مرحله رشد زایشی نیز کاهش تعداد خوشچه پر شده، خوشه بارور، وزن صد دانه و درصد باروری دانه و افزایش نسبت پنجه‌های نابارور را به دنبال دارد. همچنین اثرات این تنش بر عملکرد در شرایط هوای گرم و تبخیر زیاد بیشتر است (Asch *et al*., 2000). نتایج پژوهش فلاح و همکاران (۱۳۹۴) بر دو رقم دیلم و PSBRC88 نشان داد که بیشترین کاهش تولید ماده خشک در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. آب شور با هدایت الکتریکی ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش رشد سطح برگ، وزن خشک کل، هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتزی به میزان ۱۲، ۲۵، ۴۸ و ۵۵ درصد در مرحله گلدهی شد و در نهایت برای رقم‌های مورد مطالعه مصرف آب شور با هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر سبب کاهش رشد گیاه برنج شد. برنج گیاهی حساس به شوری است و کاهش جذب آب به دلیل کاهش پتانسیل آب موجود در خاک در شرایط شوری، در رشد و عملکرد گیاه تاثیر به‌سزایی دارد. با توجه به وجود خشکسالی کمبود منابع آب شیرین دست‌یابی به ارقام مشابه ارقام محلی با دوره رشد و نیاز آبی کم‌تر و دارا بودن کیفیت پخت مطلوب با عملکرد مناسب و مقاوم به خوابیدگی از اولویت‌های مهم تحقیقاتی به‌شمار می‌آید (اله-قلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). نظر به اینکه رقم گیلانه رقمی زودرس بوده و از نظر پخت و خوراک شبیه دو رقم خوش کیفیت هاشمی و علی کاظمی است لذا در این تحقیق تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و شوری بر عملکرد نهایی گیاه برنج رقم گیلانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کود نیتروژن و شوری بر عملکرد برنج رقم گیلانه در خاک با بافت لوم به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت و در سال زراعی ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتور اول کود نیتروژن در چهار سطح ۰، ۸۰، ۱۱۰ و ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار از منبع کود اوره و فاکتور دوم شوری آب آبیاری در پنج سطح ۰، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر از منبع نمک طعام معمولی بود. گلدان‌های مورد استفاده در پژوهش ده کیلوگرمی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری بود. در هر گلدان یک کپه شامل سه عدد نشاء کشت و آبیاری به صورت غرقاب انجام شد. با توجه به اینکه رقم گیلانه رقم پرمحصولی بوده و دوره رشد آن نیز کمی کوتاه‌تر از رقم هاشمی است به عنوان رقم مورد مطالعه در پژوهش حاضر انتخاب شد. به منظور ایجاد محیطی مشابه مزرعه، گلدان‌ها در بخشی از مزرعه و زیر شلتر قرار داده شدند و سقف شلتر نیز جهت جلوگیری از ورود باران به گلدان‌ها با پلاستیک روشن پوشانده شد. پس از طی دوره رشد کل اندام هوایی گیاه به صورت دستی برداشت و برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد به آزمایشگاه منتقل شد. تعداد خوشه، تعداد پنجه و ارتفاع گیاه در هرگلدان اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن عملکرد، خوشه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون خشک شده و وزن خشک دانه‌ها بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد با استفاده از ترازویی با دقت یک صدم گرم به عنوان عملکرد (برحسب گرم) تعیین شد. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در محیط نرم افزار SPSS و رسم نمودارها در محیط اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

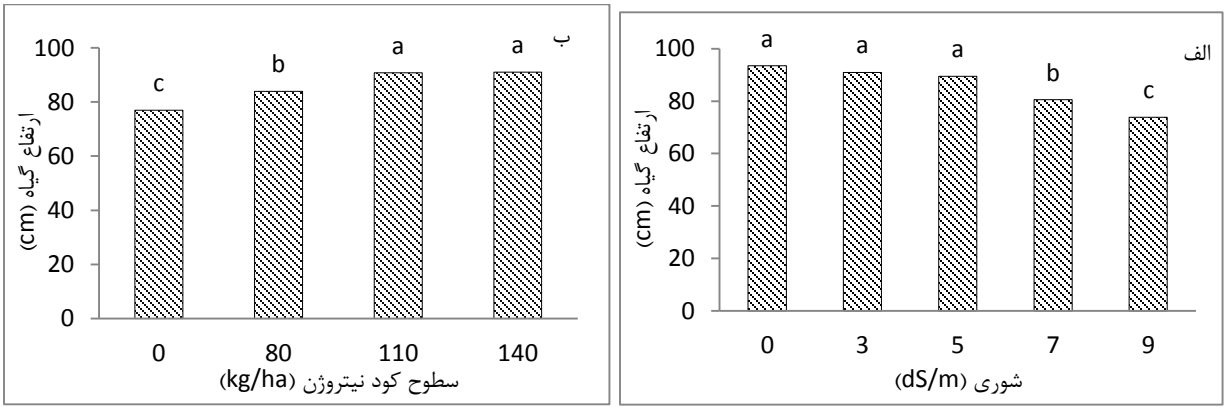
در این پژوهش پارامترهای گیاهی پس از برداشت شامل تعداد پنجه، تعداد خوشه، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه در در تیمارهای مختلف کود نیتروژن و شوری مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد مطالعه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم گیلانه در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اثر ساده کود نیتروژن بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار شده که با نتایج شهیدی‌پور و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد. اثر ساده شوری نیز بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار شده لیکن اثر متقابل کود نیتروژه و شوری بر تمامی صفات به‌جز ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر بافت خاک ، آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم گیلانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع گیاه (cm)	تعداد پنجه	تعدادخوشه	عملکرد (gr/pot)
کود نیتروژن	۱	۶۷۰/۳۶**	۳۱۷/۷۱ **	۱۸۵/۹۸**	۱۲۴/۷۶**
شوری	۴	۸۰۸/۴۶**	۲۴/۹۲**	۱۹۹/۹۸**	۶۳۶/۵۲**
کود نیتروژن × شوری	۴	۴۵/۳۷^{ns}	۷/۸۵**	۸/۷۳**	۳۸/۸۹**
خطای آزمایش	۱۸	۲۹/۹۶	۳/۸۰	۴/۵۲	۵/۲۹

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد

نظر به اینکه اثر متقابل کود نیتروژن و شوری بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبوده، لذا مقایسه میانگین‌ها برای اثر ساده کود نیتروژن و شوری بر ارتفاع گیاه انجام شد که در شکل ۱ ارائه شده است، همانطور که مشاهده می‌شود اختلاف ارتفاع گیاه تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبوده اما در تیمارهای ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بوده است (شکل ۱- الف). همچنین با افزایش سطح کود نیتروژن ارتفاع گیاه نیز افزایش یافته (شکل ۱- ب) که با نتایج موسوی و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی داشته است.



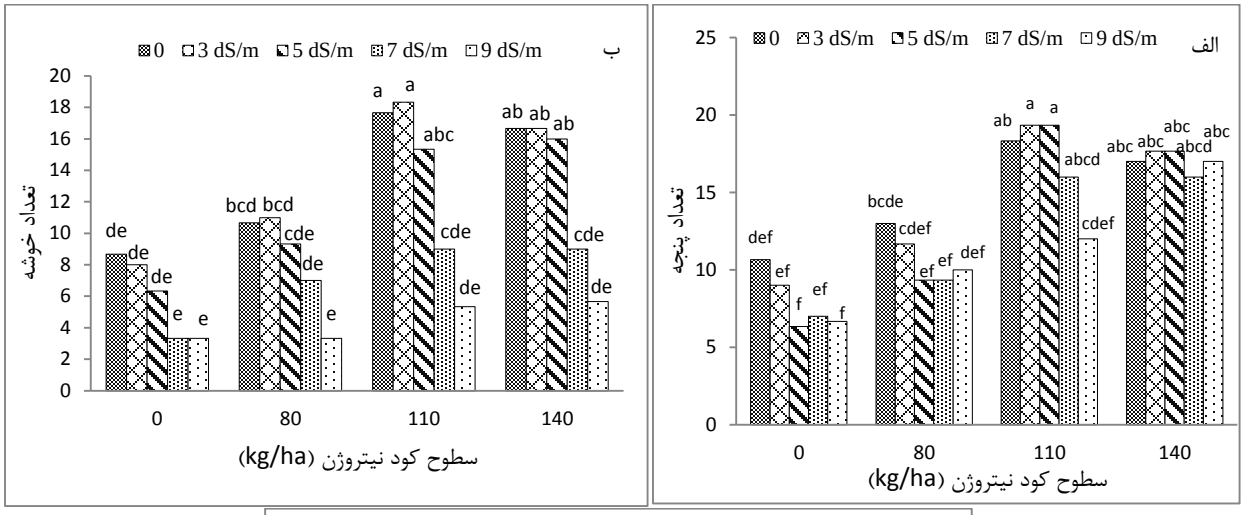
شکل ۱- اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و شوری **بر ارتفاع گیاه**

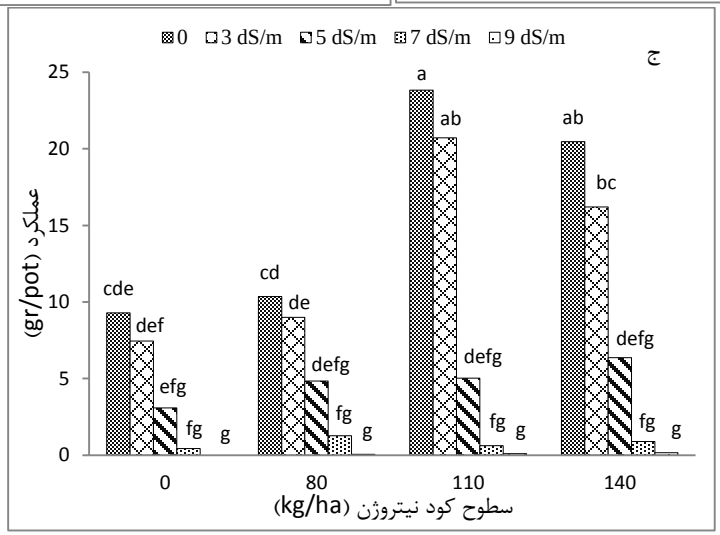
مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و شوری بر تعداد پنجه، تعداد خوشه و عملکرد در شکل ۲ ارائه شده است. برهم‌کنش کود نیتروژن و شوری بر تعداد پنجه در شکل ۲-الف بیانگر آن است که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری در هر یک از تیمارهای ۰، ۸۰ و ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن وجود ندارد. بیشترین تعداد پنجه در تیمار ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن

و سطوح شوری ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. به طور کلی تعداد پنجه با افزایش سطح کود نیتروژن ارتباط مستقیم داشته که با نتایج Manzoor *et al.* (2006) و موسوی و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی داشته است.

برهم‌کنش برهم‌کنش کود نیتروژن و شوری بر تعداد خوشه در شکل ۲-ب ارائه شده است. بیشترین تعداد خوشه مربوط به تیمار ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن و سطوح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر بوده که با سطوح شوری صفر و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در همین سطح کودی و نیز سطوح شوری صفر تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری ندارد. نتایج پژوهش Mannan *et al.* (2010) و Bindra *et al.* (2000) نیز نشان داد که تعداد خوشه در واحد سطح با افزایش نیتروژن رابطه مستقیم داشته و به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

برهم‌کنش کود نیتروژن و شوری بر عملکرد در شکل ۲-ج نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد در تیمار ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن و سطوح شوری صفر و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بوده که با سطح شوری صفر در تیمار ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری ندارد. نتایج پژوهش موسوی و همکاران (۱۳۹۴) نیز بیانگر آن بود که افزایش مصرف کود نیتروژن تأثیر مثبتی بر تولید دانه و افزایش عملکرد داشته است. Rao (1991) در پژوهشی دلیل افزایش عملکرد دانه برنج هنگام استفاده از کود نیتروژن را افزایش تعداد پنجه و خوشه در واحد سطح بیان کرد. Koutroubasa and Ntanos (2003) نیز در پژوهشی سهم تعداد خوشه در واحد سطح را در افزایش عملکرد دانه بیش از ۵۰٪ اعلام کرد.





شکل ۲- اثر برهم‌کنش سطوح مختلف کود نیتروژن و شوری بر صفات مورد بررسی

همچنین در تحقیقی از کاوسی و یزدانی (۱۳۹۹) به منظور اثر دور آبیاری و میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین عملکرد دانه بین تیمارهای کودی نیز در تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد.

نتیجه‌گیری

نیتروژن یکی از مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عناصر غذایی در رشد برنج است. به طورکلی در این پژوهش با توجه به پر محصول بودن برنج رقم گیلانه افزایش مقدار نیتروژن تا ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح مختلف شوری سبب افزایش عملکرد دانه به میزان قابل توجهی شد. با افزایش شوری آب آبیاری از سطح ۵ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد در تمام تیمارهای کود نیتروژن کاهش یافت. با توجه به اینکه اختلاف عملکرد بین سطوح مختلف شوری تیمار ۱۱۰ با سطوح مختلف شوری تیمار ۱۴۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن معنی‌دار نبوده کاربرد ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن جهت مدیریت بهینه کودهای ازته با هدف افزایش عملکرد توصیه می‌شود. در نهایت با مصرف بهینه کود که از اهداف کشاورزی پایدار است، در کنار افزایش کارآیی مصرف کود، عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد.

فهرست منابع

الهقلی‌پور، م. کاوسی، م. مجیدی، ف. یزدانی، م.ر. شرفی، ن. و شفیعی ثابت، ح. (۱۳۹۷). گیلانه، رقم جدید برنج با زمینه ژنتیکی ارقام بومی ایرانی- نشریه علمی ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی ۷ (۲): ۲۸۹- ۲۷۷.

شهیدی‌پور، ر. دانشمند، ع.ر. مبصر، ح.ر. و یوسف‌نیا پاشا، ح. (۱۳۹۴). تاثیر مقادیر نیتروژن و تعداد نشاء بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج فجر و شیرودی. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی ۲۸ (۳): ۹۸-۹۱.

فلاح، ا. فرهمندفر، ا. و مرادی، ف. (۱۳۹۴). تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشد بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی دو رقم برنج در شرایط گلخانه. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۱۰۷: ۱۸۲-۱۷۵.

کاوسی، م. و یزدانی، م.ر. (۱۳۹۹). اثر دور آبیاری و میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی. نشریه علوم زراعی ایران ۲۲ (۲): ۱۸۲-۱۶۸.

موسوی، س.غ.ر. محمدی، ا.ل. برادران، ر. ثقه الاسلامی، و.ج. و امیری، ا. (۱۳۹۴). تأثیر مقادیر کود نیتروژن بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم برنج. پژوهشهای زراعی ایران ۱۳(۱): ۱۴۶-۱۵۲.

Asch, F., Dingkuhn, M. and Dorffling, K. (2000). Salinity increases CO2 assimilation but reduces growth in field-grown irrigated rice. *Land and Soil*, 218: 1-10 .

Bindra, A.D. Kalia, B.D. and Kumar, S. (2000). Effect of N-levels and dates of transplanting on growth, yield and yield attributes of scented rice. *Advances in agricultural Research in India*,10: 45-48.

Fageria, N.K. Santos, A.B.D. and Oliveira, J.P.D. (2013). Nitrogen-use efficiency in lowland rice genotypes under field conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44: 2497–506.

Hossain,A.T.M.S. Rahman, F. Talukder, M.S.A. and Sharkar, B.K. (2005). Evaluation of Leaf color chart based N-fertilizer management for MV rice in faridpur region. *International Journal of sustainabl Agricultural Technology*, 1(3): 16-19.

Koutroubasa, S. D. and Ntanos, D.A.(2003). Genotypic differences for grain yield and nitrogen utilization in India and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 83:251-260.

Lestari, A. P. Abdullah, B. Junaedi, A. and Aswidinnoor, H. (2010). Yield stability and adaptability of aromatic new plant type (NPT) rice lines. *Journal Agronomi Indonesia*, 38(3): 199-204.

Liu, K. Zheng, J. and Chen, F. (2018). Effects of washing, soaking and domestic cooking on cadmium, arsenic and lead bioaccessibilities in rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (10): 3829-3835.

Mannan, M.A. Bhuiya, M.S.U. Hossain, H.M.A. and Akhand, M.I.M. 2010. Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (Oriza sativa L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(1):157-165.

Manzoor, Z. Awan, T.H. Safdar, M.E. Inayat, R. Mirza, A. Ashraf, M. and Ahmad, M. (2006). Effects on nitrogen levels on yield and yield components of basmati rice. Journal of Agricultural Research, 44(2): 115- 120.

Rao, S.P. 1991. Influence of source and sink on the production of high-density grain and yield in rice. *Indian Journal of Plant Physiology*, 34: 339-348.

Reddy,B.G.M. and Pattar, P.S. (2006). Leaf Colour chart- a simple and inexpensive tool for nitrogen management in transplanted rice. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 76(5): 289-292.

Sadeghi, M. Hamidizad, H. and Habibi, F. (2021). Effects of irrigation interval and nitrogen fertilizer on quality characteristics related to viscosity in Gilaneh rice cultivar. *Food Science and Technology*, 17(109): 21-32.

Effect of different levels of nitrogen fertilizer and salinity on yield of rice, cultivar Gilaneh

Bijan Ghaseminejad Pargami[1*], Safoora Asadi Kapourchal[2] and Mojtaba Rezaei[3]

[1]MSc Student, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University Of Guilan, Rasht, Iran. bijanghasemi00@gmail.com

[2]Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University Of Guilan, Rasht, Iran.

[3]Research Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

Abstract

Nitrogen is one of the most important and limiting nutrients in rice growth. On the other hand, salinity of soil and water resources reduces rice yield. This study was conducted to evaluate the effect of different levels of nitrogen fertilizer (0, 80, 110 and 140 kg/ha) and irrigation water salinity (0, 3, 5, 7 and 9 dS/m) on rice yield of Gilaneh cultivar in soil with loam texture. After the growth period, the whole shoot of the plant was harvested and yield and yield components were measured. The results showed that according to the high yield of Gilaneh cultivar, increasing the amount of nitrogen to 110 kg/ha increased rice yield. Also, use of saline water with electrical conductivity of 5 dS/m and more, reduced the yield in all nitrogen fertilizer treatments. Due to the fact that the yield difference between different salinity levels of 110 treatment with different salinity levels of 140 kg/ha nitrogen fertilizer was not significant, the use of 110 kg/ha nitrogen fertilizer is recommended for optimal management of nitrogen fertilizers to increase yield. Finally, with the optimal use of nitrogen fertilizer which is one of the sustainable agriculture objectives, in addition to increasing the efficiency of fertilizer application, plant yield also increases.

Keywords: Nitrogen fertilizer, Rice, Saline water, Yield components

مقایسه اثر ضایعات آلی مختلف و کمپوست آن‌ها بر رشد و جذب عناصرغذایی توسط گندم

خاکزار[۱]، ا، خراسانی[۲]، ر، حلاج‌نیا[۳]، ا.

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲] دانشیار، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده مسئول (khorasani@um.ac.ir)، [۳] استادیار، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد،

چکیده

به منظور بررسی اثر ضایعات آلی مختلف و کمپوست آن‌ها بر روی رشد و عملکرد گیاه گندم، آزمایشی گلدانی به صورت طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ انجام شد، که تیمارهای آزمایشی شامل شاهد، تفاله‌های (گوجه‌فرنگی، چای، لیمو) و کمپوست هر یک از آن‌ها بودند. نتایج نشان دادند که بیش‌ترین مقادیر در خصوصیات وزن خشک اندام هوایی و جذب نیتروژن (عدم تفاوت معنی‌دار با تفاله چای و کمپوست لیمو)، فسفر (عدم تفاوت معنی‌دار با تفاله گوجه‌فرنگی) و پتاسیم (عدم تفاوت معنی‌دار با تفاله‌های گوجه و لیمو و کمپوست لیمو)، در تیمار کمپوست تفاله گوچه‌فرنگی و کم‌ترین مقادیر نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. البته در مورد وزن خشک اندام‌هوایی تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمارهای (تفاله گوجه، تفاله لیمو و کمپوست چای) مشاهده نشد و در مورد مقادیر جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم (تفاوت معنی‌داری در بین تیمار شاهد و کمپوست چای) و در مورد جذب فسفر (تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای شاهد، تفاله لیمو، تفاله چای و کمپوست آن‌ها) مشاهده نشده است . بنابراین می‌توان عنوان کرد که مصرف کودهای آلی به خصوص به شکل کمپوست شده، می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد گیاه، تاثیر مثبتی بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد..

واژگان کلیدی: تفاله‌های آلی، غلظت عناصر غذایی در گیاه گندم، کمپوست‌کردن

مقدمه

با توجه به قرارگرفتن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک کره زمین، محدودیت ماده آلی در این خاک‌ها و مشکلات زیست‌محیطی استفاده زیاد از کودهای شیمیایی، یک راه حل مناسب برای افزایش ماده آلی در خاک‌های زراعی کشور، استفاده از کودهای آلی می‌باشد که می‌توانند در جهت بارور کردن خاک و افزایش بازدهی محصولات مورد استفاده قرار گیرند. زیرا مواد آلی نقش مهمی از نظر حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به ویژه متحرک نمودن عناصرغذایی دارا هستند (کلباسی، ۱۳۷۵ ; ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴). ضایعات و پسماندهای کشاورزی یکی از انواع کودهای آلی می‌باشند، که با توجه به وجود مسائلی چون محدودیت منابع کشاورزی، روند صعودی رشد جمعیت، مشکلات زیست‌محیطی ناشی از سوزاندن، دفن و رهاسازی ضایعات و هدردادن منابع محدود (آب و خاک) و ... توجه محققان به استفاده بهینه از این مواد معطوف شده است (مجذوبی و همکاران، ۱۳۹۰; ایزدی و حیاتی، ۱۳۹۲). از این رو استفاده مجدد از آن‌ها، علاوه بر کاهش

هزینه‌ها، سبب جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست شده و توسعه پایدار را تامین خواهد کرد ملکوتی (۱۳۷۵). همچنین از آنجایی که احتمال می‌رود کمپوست ضایعات تاثیر بیشتری در فراهمی عناصر داشته باشد، در این تحقیق سعی بر این است که علاوه بر تاثیرات انواع تفاله، تاثیر کمپوست حاصل از آن‌ها نیز بررسی شود، زیرا بر طبق نظر گیتی (۱۳۸۹) با قرار گرفتن کمپوست ضایعات در خاک، این کمپوست مانند یک کود کندرها عمل کرده و عناصر موجود در آن در طی زمان آزاد گشته و به تدریج جذب گیاه می‌گردد. از این رو با مانع شدن از آبشویی عناصر و انتقال آن‌ها به جریان‌های سطحی یا زیرسطحی از آلودگی آن‌ها نیز جلوگیری به عمل خواهد آمد. تحقیقات مختلفی در زمینه استفاده از ضایعات و کمپوست آن‌ها صورت گرفته که عبارتند از بررسی تاثیر کمپوست‌های مختلف تفاله گوجه‌فرنگی بر روی گیاه ذرت، توسط کاکابوکی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که در بین همه تیمارهای به کار رفته در آزمایش از نظر عملکرد گیاه، تفاوت معنی‌داری در هر دو سال وجود داشت به طوری که بیش‌ترین مقدار عملکرد در تیمار تلفیقی تفاله گوجه‌فرنگی و کود کشاورزی در سال اول به دست آمد و کم‌ترین آن در تیمار شاهد در سال دوم بود. نتایج تحقیق میرزایی تالارپشتی و همکاران(۱۳۸۸) در مورد تاثیر کاربرد کودهای آلی بر روی گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد ،که کود کمپوست توانست میزان غلظت نیتروژن کل ، فسفر و پتاسیم قابل جذب را افزایش دهد. رجایی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی تاثیر استفاده از کمپوست شیرین بیان در کاهش اثر تنش کم‌آبی در خیار گلخانه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان پسماندهای شیرین بیان سبب افزایش معنی‌داری در وزن خشک و تر اندام‌هوایی خیار گردید محمدیان و ملکوتی (۱۳۸۱) گزارش کردند که افزایش مصرف کمپوست باعث افزایش میزان عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه ذرت، مقدار نیتروژن خاک، نیتروژن برگ و دانه ذرت و کربن آلی خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تاثیر مواد اصلاحی چون (تفاله گوجه‌فرنگی، تفاله چای، تفاله لیمو) و کمپوست هریک از آن‌ها بر روی رشد و جذب عناصرغذایی توسط گیاه گندم می‌باشد.

روش کار

این پژوهش به صورت کشت گلدانی، در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد . تیمارهای آزمایشی شامل مواد آلی ضایعاتی (شاهد، تفاله گوجه‌فرنگی، تفاله چای، تفاله لیمو، کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی، کمپوست تفاله چای و کمپوست تفاله لیمو) در سطح یک درصد وزنی بودند. نمونه خاک جهت انجام کشت گلخانه‌ای به میزان مورد نیاز از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از منطقه‌ای با (عرض جغرافیایی″ ۲۸,۵ ′ ۱۸ ° ۳۶ شمالی و طول جغرافیایی″ ۵۲,۸ ′ ۳۱ ° ۵۹ شرقی) در داخل دانشگاه برداشته شد و پس از هواخشک کردن و عبور آن از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر طبق روش‌های مرسوم اندازه‌گیری و در (جدول۱) ارائه شد به منظور آماده‌سازی هر کدام از ضایعات آلی با توجه به روش سیال و همکاران (۲۰۱۹) تفاله مربوط به هرکدام از مصارف شهری و خانگی تهیه شد و سپس به مدت یک هفته هواخشک گردید و بعد به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از گذشت زمان مورد نظر تفاله‌ها ابتدا کمی با هاون کوبیده شدند و سپس توسط آسیاب برقی پودرشدند و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند در نهایت در سطح یک درصد وزنی با خاک مخلوط شدند. از این رو تمام گلدان‌ها به منظور ایجاد تعادل هم زمان با آماده‌سازی کمپوست‌ها در گلخانه قرار گرفته و

رطوبت آن ها در حد ظرفیت زراعی نگه‌داری شد. بعد از گذشت ۹۰ روز و تهیه کمپوست‌ها به منظور آماده‌سازی گلدان‌ها جهت انجام کشت گیاه گندم، ابتدا عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاه شامل نیتروژن ، فسفر و پتاسیم بر اساس توصیه کودی به نمونه‌های خاک اضافه شد. سپس کمپوست‌های مورد نظر پس از خشک و آسیاب شدن در سطح یک درصد با خاک مخلوط شدند در طی مرحله داشت که تقریبا ۶۰ روز به طول انجامید رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداری شدند و پس از برداشت پارامترهای وزن خشک گیاه و جذب سه عنصر نیتروژن و فسفر و پتاسیم در گیاه اندازه‌گیری شدند. در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار JMP، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی-داری ۹۵ درصد و رسم نمودارها در محیط اکسل انجام شد.

آماده‌سازی کمپوست‌ها

با توجه به ساخت سه تکرار مربوط به هر تیمار در یک ظرف و همچنین با درنظر گرفتن کاربرد یک درصد ماده آلی در خاک هر گلدان، مقدار ۱۵۰ گرم از پودر هر کدام از تفاله‌ها در داخل ظرف موردنظر ریخته شد (البته با توجه به احتمال تجزیه شدن مواد در حین فرآیند کمپوست‌سازی تصمیم گرفته شد تا مقدار کمپوست دو برابر ساخته شود) سپس به مقدار ۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آب تفاله‌ها به داخل ظرف‌ها آب مقطر اضافه شد و مواد داخل ظرف به خوبی مخلوط شد و به منظور ایجاد شرایط هوازی به جای درب ظرف از فویل آلومینیومی استفاده شد که روی آن سوراخ‌هایی به منظور تبادل هوا وجود داشت این ظرف‌ها در نهایت وزن شدند و در طی یک دوره ۹۰ روزه به صورت هر ۱۰ روز یک بار از ظرف ها بازدید شد و در صورت کاهش وزن ظرف به آن‌ها آب داده می‌شد و هم زده می‌شد تا فعالیت میکروبی حفظ شود.

نتایج و بحث

جدول۱- برخی از ویژگی های فیزیکو شیمیایی خاک مورد مطالعه

عمق (cm)	بافت خاک	pH (گل اشباع)	EC (عصاره گل اشباع) ($ds\ m^{-1}$)	N کل خاک ٪	P (قابل استفاده) ($mg\ kg^{-1}$)	K (قابل استفاده) ($mg\ kg^{-1}$)	Fe (عصاره گیری شده با DTPA) ($mg\ kg^{-1}$)	$CaCO_3$ (%)	OC (%)	OM (%)	FC (%)
۰-۳۰	Loam	۷/۵۳	۰/۸۸	۰/۰۵	۷/۴۲	۱۳۶/۲۴	۲/۰۷	۱۵/۵۶	۰/۲۸	۰/۴۹	۱۸،۰۰

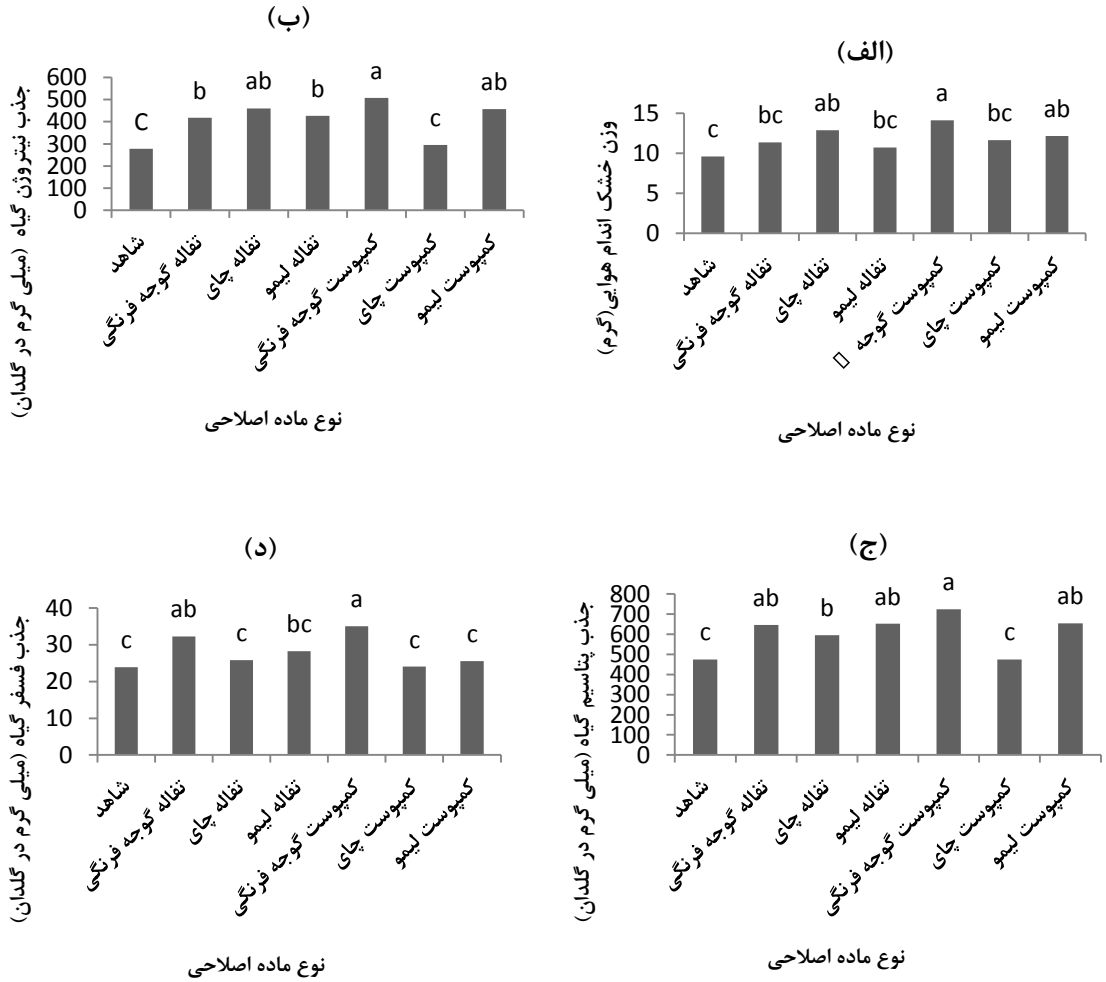
جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی مواد آلی مصرفی

ماده آلی	pH (1:10)	EC ($ds\ m^{-1}$) (1:10)	N %	P %	K %	OC %	OM %	C/N	ظرفیت نگهداری آب (گرم آب بر گرم ماده خشک)
تفاله گوجه فرنگی	4/33	4/65	۲/۸۸	0/22	۲/۴۲	۵۲/۲۶	۹۰/۱۰	۱۸/۱۴	۶
تفاله چای	4/82	0/93	۳/۰۰	0/15	۰/۲۷	۴۶/۰۲	۷۹/۳۴	۱۵/۳۴	۵
تفاله لیمو	3/29	3/99	۱/۷۲	0/16	۱/۶۲	۵۳/۰۴	۹۱/۴۴	۳۰/۸۳	۵/۵
کمپوست تفاله گوجه فرنگی	3/68	8/75	۳/۵۲	0/40	۳/۰۷	۴۹/۱۴	۸۴/۷۲	۱۳/۹۶	–

کمپوست تفاله چای	5/19	1/38	۳/۹۰	0/16	۰/۳۱	۴۶/۰۲	۷۹/۳۴	۱۱/۸۰	-
کمپوست تفاله لیمو	3/76	5/45	۲/۴۴	0/22	۲/۱۷	۵۳/۸۲	۹۲/۷۹	۲۲/۰۵	-

جدول۳: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در گیاه گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
	df	وزن خشک اندام هوایی	جذب نیتروژن گیاه	جذب پتاسیم گیاه	جذب فسفر گیاه
نوع ماده اصلاحی	6	۶/۴۰*	۲۲۴۸۱/۷۰**	۲۷۱۶۲/۴۰**	۵۵/۵۸۲۶**
خطا	14	1/75	1741/40	3823/30	10/92
کل	20				



شکل ۱: تاثیر مواد اصلاحی مختلف بر روی صفات مورد بررسی گیاه گندم الف- وزن خشک اندام هوایی ب- میزان نیتروژن جذب شده ج- میزان پتاسیم جذب شده د- میزان فسفر جذب شده

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر ماده آلی بر روی خصوصیت وزن خشک اندام‌هوایی در سطح احتمال ۵ درصد و در مورد جذب عناصرغذایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل۱) نشان داد، در پارامتر وزن خشک اندام‌هوایی بیش‌ترین مقدار مربوط به کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی((۱۴,۱۲) البته بدون داشتن اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمارهای (تفاله چای و کمپوست لیمو)، و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار شاهد (۹,۶۲) بوده است، اما بین تیمار شاهد با تیمارهای تفاله گوجه‌فرنگی، تفاله لیمو و کمپوست چای تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در رابطه با جذب سه عنصرغذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز، کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داد . با وجود بیشتر بودن میزان جذب نیتروژن در تیمار کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی، اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و تیمارهای تفاله چای و کمپوست لیمو مشاهده نشد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین کمپوست تفاله گوجه-فرنگی با تیمارهای (تفاله گوجه‌فرنگی و تفاله لیمو و کمپوست تفاله لیمو) در مورد جذب عنصر پتاسیم، و (تفاله گوجه فرنگی) در مورد عنصر فسفر نیز، نشان از یکسان بودن اثرگذاری این تیمارها در جذب این عناصر می‌باشد. کم‌ترین مقادیر در مورد عناصر ذکر شده، مربوط به تیمار شاهد می‌باشد اما این تیمار در مورد جذب نیتروژن و پتاسیم دارای عدم اختلاف معنی‌دار با (کمپوست چای) و در مورد جذب فسفر(تیمارهای تفاله چای و لیمو و کمپوست‌های آن‌ها) بوده است. نتایج کاکابوکی و همکاران (۲۰۲۰) بر روی گیاه ذرت نشان از تاثیرگذاری مثبت کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد گیاه م باشد. که با نتایج حاضر مطابقت داشت. نتایج تحقیقات دردی پور و همکاران(۱۳۹۶) بر روی ذرت نشان داد که تیمار تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با تیمارهای شاهد، کود فسفر و اسیدمالیک، باعث افزایش معنی‌دار جذب فسفر گردید. بیشتر بودن مقادیر وزن خشک و جذب عناصر نیتروژن و فسفر و پتاسیم در تیمار کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی احتمالا می‌تواند به دلیل وجود مقادیر زیاد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در این تیمار و اثرات تشدیدکنندگی بر روی فعالیت‌های میکروبی خاک و سهل الوصول شدن این عناصر برای گیاه باشد. همچنین مطابق با (جدول ۲) مشاهده می‌شود در میان مواد آلی مختلف کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی از نظر مقادیر نیتروژن و فسفر و پتاسیم و EC بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده است

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر بیان‌گر این مطلب است که کاربرد کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی به عنوان یک کود آلی با تامین عناصر-غذایی مورد نیاز گیاه نظیر فسفر، نیتروژن و پتاسیم می‌تواند تاثیر مثبتی در رشد گیاه داشته باشد. و از بعد اقتصادی و زیست‌محیطی نسبت به مصرف کودهای شیمیایی حائز اهمیت باشد.

منابع

۱- ایزدی، ن. حیاتی، د. (۱۳۹۲). کاهش ضایعات رویکرد آینده ترویج کشاورزی. فصلنامه نظام مهندسی، کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۳۹): ۲۵-۳۰.

۲- دردی‌پور، ا. بسطامی‌کجور، ز. بارانی‌مطلق، م. قرنجیکی، ع. علمایی، م. (۱۳۹۶). اثر اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم بر رشد و جذب فسفر توسط ذرت (Zea mays L. cv. SC704) در تعدادی از خاک‌های استان گلستان. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی، ۴(۲).

۳- رجایی، م. عطارزاده، م. موسوی، س.ح. عطارزاده، م. (۱۳۹۴). استفاده از کمپوست شیرین بیان (Glycyrrhiza glabra) در کاهش اثر تنش کم‌آبی در خیار گلخانه‌ای. نشریه دانش کشاورزی و توسعه پایدار، ۲۵(۳): ۹۰-۷۹.

۴- کلباسی، م. (۱۳۷۵). وضعیت مواد آلی در خاک‌های ایران و نقش کود کمپوست. مقالات پنجمین کنگره علوم خاک، انجمن علوم خاک ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، آموزشکده کشاورزی کرج.

۵- گیتی، ع.ر. (۱۳۸۹). کمپوست مدیریت پایدار خاک و آب پالایش محیط. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۶- مجذوبی، م. فرحناکی، ع. جمالیان، ج. سریری، ف. مصباحی، غ.ر. (۱۳۹۰). تاثیر افزودن پودر تفاله گوجه‌فرنگی و پودر تفاله چغندرقند بر خواص فارینوگرافی خمیرنان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۸(۲)(۳۲): ۱-۹.

۷- محمدیان، م. ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۱). ارزیابی تاثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت. مجله علوم خاک و آب، ۱۶(۲):۱۴۳-۱۵۰.

۸- ملکوتی، م.ج. (۱۳۷۵). کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد به بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. چاپ اول. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

۹- ملکوتی، م.ج.، طهرانی، م.م.(۱۳۸۴). نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تاثیر کلان). چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ص ۳۲-۳۳.

۱۰- میرزایی‌تالارپشتی، ر. کامبوزیا، ج. صباحی، ح. مهدوی دامغانی،ع.م. (۱۳۸۸). اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکو-شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه‌فرنگی (Lycopersicon esculentum L.) . مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۱): ۲۵۷-۲۶۸.

11- Kakabouki, I., Efthimiadou, A., Folina, A., Zisi, C., karydoghanni, S. (2020). Effect of different tomato pomace compost as organic fertilizer in sweet maize crop. Communications in soil science and plant analysis, 51(22): 2858-2872.

12- Sial, T.A., Liu, J., Zhao, Y., Khan, M.N., Lan, Z., Zhang, J., kumbhar, F., Akhtar, K., Rajpar, I. (2019). Co-Application of milk tea waste and NPK fertilizers to improve sandy soil biochemical properties and wheat growth. Journal List Molecules, 24(3):423: 1-17.

Comparison of the effect of different organic wastes and their compost on the growth and uptake of nutrients by wheat

Khakzar[1] ,E; Khorassani[2] ,R; Halajnia[3], A.

[1] M.SC. Student , Department of Soil Science , Ferdowsi University of Mashhad;[2] Associate Professor, Department of Soil Science , Ferdowsi University of Mashhad(Corresponding author **khorasani@um.ac.ir**); [3]Assistant Professor , Department of Soil Science , Ferdowsi University of Mashhad.

Abstract

In order to investigate the effects of different organic wastes and their compost on the growth and yield of wheat plant a potted experimental design was conducted as a completely randomized design with three replications in 2020. Exprimental treatments included control, pulp (tomato, tea, lemon) and compost of each the results showed that the highest values were in the characteristics of shoot dry weight and nitrogen uptake (no significant diference with tomato pulp and lemon compost) phosphorus (no significant difference with

tomato pulp) and potassium (no significanct difference with tomato and lemon pulp and lemon compost) in thr treatment of tomato pulp compost and the lowest values were observed in the control treatment. however there was no significant difference between control and treatments (lemon pulp, tomato pulp, tea compost) regarding shoot dry weight nitrogen and potassium uptake (no significant difference between control and tea compost) and no phosphorus (no significant difference between control lemon pulp tea pulp and compost were observed there for it can be said that the use of organic fertilizers especiallly in the form of compost in addition to increasing plant yield can have a positive effect on the physical and chemical properties of the soil.

Keyword:, Composting, Concentration of nutrients in wheat plant, Organic Pulpes

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

اثر عنصر روی در حضور ورمی کمپوست و کود دامی بر رشد و جذب روی در گیاه گندم

مهلا دهقانی اشکذری[۱] ، رضا خراسانی[۲]، امیر فتوت[۳]

۱ – دانشجو کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک،دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و mahladehhani9696@yahoo.com

۲ –دانشیار،نویسنده مسئول، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد و khorasani@um.ac.ir

۳- استاد،گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و afotovat@um.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای آلی و سولفات روی بر وزن اندام خشک هوایی، غلظت و جذب روی توسط گیاه گندم، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با دو فاکتور شامل کود آلی (ورمی کمپوست و گاوی) و سولفات روی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست و سولفات روی هرکدام به تنهایی سبب افزایش معنی‌دار مقدار وزن خشک اندام هوایی و غلظت روی گیاه گندم شد. همچنین استفاده از سولفات روی همراه با کود گاوی و استفاده از ورمی کمپوست به تنهایی جذب عنصر روی را افزایش داد. با توجه به نتایج مشخص می‌شود که کودهای آلی به ویژه ورمی-کمپوست توانایی جبران بخشی از نیاز کودی گیاه گندم را دارند و استفاده از کودهای آلی درجهت افزایش عملکرد گندم به عنوان یک محصول استراتژیک مفید می‌باشد.

کلمات کلیدی : غلظت روی درگیاه ،کود روی ، کود آلی، گندم

مقدمه

کمبود عناصر غذایی کم مصرف در گیاهان و محصولات زراعی گسترش جهانی دارد که از این بین دو عنصر آهن و روی از جمله عناصری بوده که کمبودشان شایع‌تر می‌باشد (Graham et al1.992) افزدون مواد آلی همانند کودهای دامی با سرعت بالا در تجزیه سبب شده که غلظت فراهم روی در خاک به علت تشکیل ترکیبات روی ـ ماده آلی بیشتر شده و قابلیت جذب آن به وسیله ریشه گیاه افزایش می‌یابد(Alloway, 2004) . هم‌چنین استفاده ازورمی‌کمپوست با داشتن اثراتی همچون افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و تولید هورمون‌های گیاهی، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (Arancon et al. 2004; Sinha et al) .مصرف توام کودهای آلی و شیمیایی همانند سولفات روی از عوامل افزایش عملکرد در تیمارهای نظام مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌باشد (جلالیان و همکاران، ۱۳۹۴). هدف از انجام این طرح مقایسه اثر کود روی در حضور و عدم حضور کودآلی و هم چنین میزان اثرگذاری کود های آلی در مقایسه با کود روی می‌باشد.

مواد و روش

طرح پژوهشی فوق در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش دردو فاکتور به صورت طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار بر روی گیاه گندم انجام شد. فاکتور اول شامل کود روی در دوسطح ۱)عدم مصرف کود به عنوان شاهد۲)سولفات روی ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم و فاکتور دوم کود آلی شامل سه سطح۱)عدم مصرف کود به عنوان شاهد ۲)ورمی کمپوست۵تن درهکتار ۳)کود گاوی۴۰ تن درهکتارکه به صورت مخلوط با خاک قبل از کشت اضافه شد. قبل از شروع آزمایش از خاک نمونه برداری شد وEC ، pH ، کربن آلی،نیتروژن، فسفر قابل دسترس، پتاسیم کل خاک،، ظرفیت نگهداری آب درخاک، درصد عناصر سنگین و همچنین نوع بافت خاک مشخص شد. (جدول۱) هرگلدان حاوی ۵ کیلوگرم خاک بود و در هرگلدان تعداد ۱۰ عدد بذر گندم در عمق یک سانتی متری کاشته شد. در ادامه در طول دوره آزمایش رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی توسط آب مقطر نگهداری شد. در پایان آزمایش گیاه از طوقه جداکرده و به ازمایشگاه منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دما ۶۰ درجه سانتی گراد در آون نگهداری شده و در ادامه وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد و سپس با هضم گیاه غلظت روی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گرفته شد. به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده از نرم افزار آماری SPSS استفاده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه اولیه خاک مورد مطالعه

پارامتر	بافت	کربن آلی ٪	آهک ٪	نیتروژن کل ٪	فسفرقابل استفاده میلی‌گرم درکیلوگرم	پتاسیم قابل استفاده میلی‌گرم درکیلوگرم	روی قابل استخراج باEDTAمیلی‌گرم درکیلوگرم
مقدار	Loam	۰,۴۸	۱۵,۳۳	۰,۰۰۸	۷,۷۴	۱۴۳	۰,۵۹۳

جدول ۲- نتایج تجزیه ورمی کمپوست و کود گاوی

	اسیدیته	هدایت الکتریکی (mmhos/cm)	کربن آلی ٪	نیتروژن ٪	فسفر ppm	پتاسیم ppm	روی ppm
ورمی کمپوست	۸,۰۱	۳,۶	۱۲,۴۸	۱,۱۳	۰,۶۹	۰,۴۹	۱۴۱,۹
کود گاوی	۷,۷	۴,۱	۳۴,۷۱	۲	۰,۶۲	۰,۰۷	۷۹,۶

نتایج و بحث :

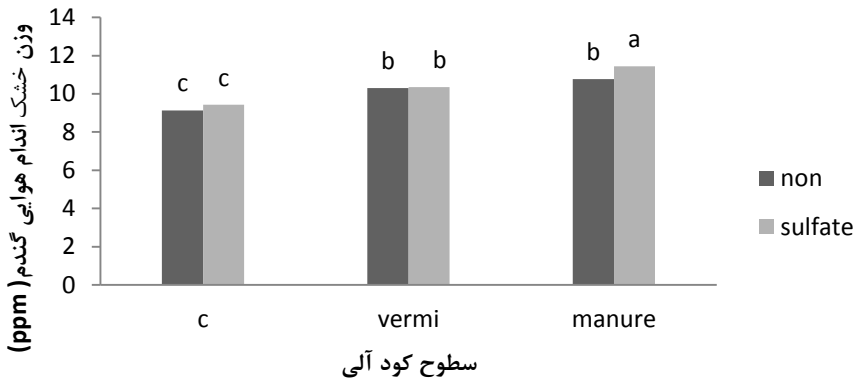
نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات اندازه‌گیری نشان داد که در مورد وزن خشک اندام هوایی فقط اثر ساده کود آلی معنی‌دار بوده اما اثر ساده کود شیمیایی و کود آلی و برهم کنش این دو بر غلظت و جذب روی معنی‌دار بود (جدول 4).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان وزن خشک اندام هوایی، غلظت روی و جذب روی در گیاه گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک اندام هوایی	غلظت روی	جذب روی
کود شیمیایی	۱	۰,۵۱۰^{ns}	۱۲۴۱۸,۸۸**	۰,۸۳۸*
کودآلی	۲	۵,۰۶۰**	۳۱۲۹,۱۰۴**	۰,۷۱۴**
کودشیمیایی*کودآلی	۲	۰,۱۴۲^{ns}	۶۱۱۰,۹۱۱**	۰,۶۶۷**
خطا	۱۲	۱,۶	۸۶۰,۱۰۷	۰,۰۸۲
کل	۱۷			

**، * ، وns- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری

وزن خشک اندام هوایی: نتایج برهمکنش سطوح کود شیمیایی و کود آلی بر مقدار وزن خشک اندام هوایی در شکل ۱ نشان داده شده است. بر طبق این نتایج بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک اندام هوایی گندم به ترتیب در دو تیمار (سولفات روی + کود گاوی) و شاهد مشاهده شد. افزودن کود سولفات روی در هر دو تیمار کود آلی باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شده که این افزایش تنها در تیمار کود گاوی معنی‌دار بود (شکل ۱). پرویزی و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که تاثیر کاربرد کود دامی بر شاخص های مصرف آب و عملکرد گندم ، توانسته است اثر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه و کاهش مقدار آب مصرفی داشته باشد.

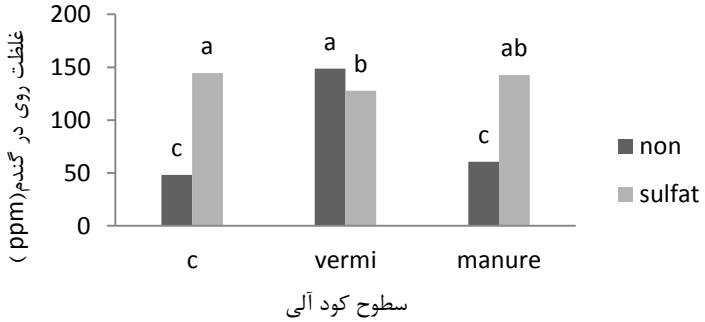


شکل ۱ اثر متقابل سطوح کود شیمیایی و کود آلی بر وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم

حروف غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن است.

c : شاهد ، v : ورمی کمپوست ، m : کود گاوی

غلظت روی: نتایج بیان شده در شکل ۲ حاکی از آن بود که بیشترین مقدار غلظت روی در گیاه گندم در تیمار ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار غلظت روی در تیمار شاهد مشاهده شد. با اضافه کردن سولفات روی در خاک غلظت روی گیاه به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت، در کودهای آلی نیز غلظت روی در تیمار ورمی کمپوست به طور معنی‌داری از تیمار کود گاوی بیشتر بوده اما تیمار ورمی‌کمپوست و تیمار سولفات روی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند و تقریبا یک اندازه باعث افزایش غلظت روی شدند. در پژوهشی که پیوست و همکاران (2008) انجام دادند دریافتند که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش رشد و عملکرد اسفناج و غلظت عناصر پرمصرف و کم مصرف در برگ های اسفناج شد. کاربرد کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک می-تواند تا حد زیادی در رفع کمبود عنصر روی مؤثر باشد.

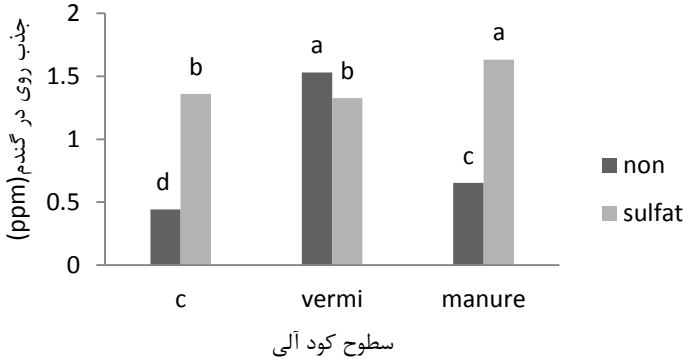


شکل ۲ اثر متقابل سطوح کودشیمیایی و کود آلی بر غلظت روی گیاه گندم

حروف غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن است.

c : شاهد ، v : ورمی کمپوست ، m : کود گاوی

جذب روی: جذب روی در تیمار سولفات روی نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت و در تیمار کودهای آلی، تیمار ورمی کمپوست و تیمار کود گاوی به ترتیب افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت (شکل ۳). کاربرد کودهای آلی سبب افزایش روی قابل جذب در خاک می شود که علت این پدیده، تجمع زیاد روی در حضور کودهای آلی در شکل های محلول (یونی و کمپلکس های آلی محلول) و تبادلی می‌باشد (جلیلیان و همکاران،۱۳۹۴). کاربرد ورمی‌کمپوست و سولفات‌روی در مقایسه با ورمی‌کمپوست تنها، میانگین غلظت و جذب را کاهش داد و این را می توان به اسیدیته بالا ورمی کمپوست وسولفات روی و دوره کوتاه داشت نسبت داد.



شکل ۳ اثر متقابل سطوح کود شیمیایی و کود آلی بر جذب روی گیاه گندم

حروف غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن است.

c : شاهد ، v : ورمی کمپوست ، m : کود گاوی

نتیجه گیری کلی : در این آزمایش مقدار جذب روی گیاه گندم در تیمار ورمی‌کمپوست با میزان جذب روی در تیمار سولفات روی چون تفاوت معنی داری نداشت پس می‌توان در برخی شرایط میزان کود شیمیایی مصرفی را کاهش داده و با کودهای آلی این کاهش را جبران نمود .کودهای آلی علاوه بر تأثیر قابل توجهی که بر اصلاح خصوصیات فیزیکی - شیمیایی و فعالیت زیستی خاک دارند، دارای عناصرغذایی مثل روی نیز می باشندکه برای گیاهان مفید هستند لذا می‌توان به کشاورزان استفاده از کودهای آلی را از جهت قیمت و عملکرد توصیه کرد.

منابع

۱. پرویزی، ی. نباتی، ع. ۱۳۸۳ . تاثیر دور آبیاری و کود دامی بر کارایی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه ای. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی/ شماره ۶۳

۲. جلیلیان، ع. جوانمرد، ع. دشتی، ش.جلیلیان، ع. ۱۳۹۴. پاسخ گندم به باقیمانده ورمی کمپوست و کود شیمیایی در خاک. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۵ شماره ۴

۳. مرادنیا، س . نادری، ر. نجفی، م.۱۳۹۶. ارزیابی ماندگاری تأثیر کاربرد کودهای آلی، اوره و سولفات روی بر ویژگیهای خاک در تناوب کلزا- گندم. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)

4.Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association Communications, IZA. Publications, Brussel

5.Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R. and Metzger, J.D. (2004). Effect of vermicompost

produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Brioresource

Technology. 93(2): 139-144.

6.Graham R. D., J. S. Ascher and S. C. Hynes. 1992. Selecting zinc - efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. Plant Soil. 146: 241 - 250.

7.Peyvast G.h., Olfati J.A., Madeni S., and Forghani A. 2008. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach *(Spinacia oleracea L.). Journal of Food, Agriculture and Environment,* 6: 110-113.

8.Sinha, R.K., Valani, D., Chauhan, K. and Agarwal, S. (2010). Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development. 2(7): 113-128

Effect of zinc in the presence of vermicompost and manure on growth and absorption of zinc in wheat.

Dehghani, M[1], Khorassani, R[2] , fotovat , A[3]

1.M.SC. Student, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad afotovat@um.ac.ir

2.Associate professor, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad khorasani@um.ac.ir

3. professor, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad afotovat@um.ac.ir

Abstract: In order to investigate the effect of application of organic fertilizers and zinc sulfate on dry weight , concentration and uptake of zinc by wheat plants , an experiment in a completely randomized design with factorial arrangement with two factors including organic fertilizer (vermicompost and manure) and zinc sulfate in three Repeat performed . The results showed that the use of vermicompost and sulfate on each alone caused a significant increase in shoot dry weight and concentration on wheat . Also , the use of zinc sulfate with manure and the use of vermicompost alone increased the absorption of zinc . According to the results , it is clear that organic fertilizers , especially vermicompost , are able to compensate part of the wheat plant fertilizer needs and the use of organic fertil izers to increase wheat yield as a strategic product is useful

Key words: Concentrations of zinc in plants, organic fertilizers, wheat, zinc fertilizers

بررسی اثر کود گاوی و کمپوست زباله شهری بر تامین فسفر مورد نیاز و عملکرد گندم

نصرت اله منتجبی

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی nmontajabi@yahoo.com

چکیده

کمبود فسفر در بیش از ۷۰ درصد و کمبود موادآلی در بیش از ۶۰ درصد خاک‌های ایران گزارش شده است. به منظور بررسی اثر کودهای آلی بر تامین فسفر مورد نیاز و عملکرد گندم، تحقیقی به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور کود سوپر فسفات‌تریپل در چهار سطح (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه شده بر اساس آزمون خاک) و کاربرد کودآلی در پنج سطح (۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود گاوی و۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری و تیمار شاهد) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در کرت‌های ثابت طی دو سال زراعی اجرا شد. عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت فسفرگیاه، فسفر قابل‌استفاده و کربن‌آلی خاک اندازه‌گیری گردید. در سال اول در شرایط مصرف کمپوست زباله‌شهری، مصرف کود فسفری عملکرد گندم را افزایش داد. مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل عملکرد دانه را ۹۶ درصد و عملکرد کاه را ۱۰۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و مصرف ۲۰ تن کمپوست‌زباله و ۷۵ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار عملکرد دانه را ۳۳ درصد نسبت به شاهد اضافه کرد. در کرت‌هایی که در سال اول ۱۰ تن در هکتار کود گاوی، مصرف شده بود، مصرف کود فسفری، سبب افزایش عملکرد گندم در سال دوم شد ولی در شرایط مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی، افزایش عملکرد مشاهده نشد. در شرایطی که در سال اول کمپوست زباله‌شهری مصرف شده بود، مصرف کود فسفری موجب افزایش عملکرد دانه شد. در هر دو سال مصرف کود فسفری بر جذب فسفر توسط دانه و کاه اثر معنی‌دار نشان داد. کاربرد توام کودشیمیایی فسفری و کودآلی سبب افزایش فسفر قابل‌استفاده خاک نسبت به مصرف کود فسفری تنها شد. در تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی تنها، کربن آلی خاک پس از برداشت گندم سال اول ۴/۸ برابر تیمار شاهد بود. مصرف توام ۲۰ تن در هکتار کودآلی با مقدار کود فسفری توصیه شده، نسبت به کاربرد کودشیمیایی به تنهایی، فسفر قابل‌استفاده خاک را به مقدار قابل‌توجهی افزایش داد.

واژگان کلیدی: عملکرد، فسفر قابل‌جذب، کود آلی، کربن‌آلی خاک، مدیریت کوددهی تلفیقی

شناسنامه مقاله

این راهنما به منظور استفاده نویسندگان مقالات مطابق دستورالعمل این همایش تهیه شده است. رعایت این ضوابط برای همه مولفین ضروری می باشد. مقالات باید علاوه بر اجزای مذکور در صفحه اول شامل، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری، تشکر و قدردانی (در صورت نیاز) و فهرست منابع باشد. **حداقل تعداد صفحات مقاله (شامل متن و کلیه اجزاء آن نظیر شکل‌ها و جداول) ۴ صفحه و حداکثر ۶ صفحه می باشد.**برای نگارش مقالات ضروری است از نرم افزار Word 2007استفاده شود. از فونت نازنین 12ptB Nazanin و فاصله خطوط single در تهیه متن اصلی مقاله استفاده گردد. متن مقاله بصورت تک ستونی و با حاشیه ۳۰ میلیمتر از هر طرف در نظر گرفته شود. عنوان بخش‌ها با فونت (B Nazanin 12 pt, Bold) نوشته شود. در صورت نیاز به استفاده از زیرنویس، از فونت Times New Roman 9pt,استفاده گردد. کلیه مقالات مورد ارزیابی دقیق داوران همایش قرار می‌گیرند. به این منظور لازم است فایل wordمقاله، که مطابق با ضوابط این راهنما تهیه شده است، فقط با فرمت doc از طریق سایت همایش ارسال گردد. همچنین فایل مورد نظر باید حاوی متن مقاله و کلیه اجزاء آن شامل شکل ها و جداول باشد.چگونگی پذیرش مقاله از طریق سایت همایش به اطلاعنویسنده محترم خواهد رسید. در صورت نیاز و به تشخیص کمیته علمی اصلاحات نگارشی و یا ویرایشی در نسخه نهایی مقاله اعمال خواهد شد. مسئولیت حفظ امانت و صحت کلیه مطالب مندرج در مقاله بر عهده نویسنده یا نویسندگان است.

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز به تولید غذای بیشتر، سبب رشد روزافزون مصرف کودهای شیمیایی گردیده‌است. به‌طوریکه در حال حاضر پنجاه درصد جمعیت جهان غذای خود را با استفاده از کودهای شیمیایی بدست می‌آورند. پیش‌بینی می‌شود میزان نیاز جهانی به غذا در طول سال‌های ۱۹۹۰ تا۲۰۳۰ دو برابر شده و در کشورهای جهان‌سوم تا حدود ۲/۵ تا ۳ برابر افزایش یابد (Daily، ۱۹۹۸). مهمترین عامل در افزایش تولیدات‌کشاورزی و تامین غذای جمعیت رو به رشد، حفظ و ارتقا توان تولید خاک و به تبع آن حفظ حاصلخیزی‌خاک است. بررسی وضعیت فسفر در خاک‌های زراعی کشور نشان می‌دهد که غلظت فسفر قابل استفاده در ۷۰/۲ درصد از این خاک‌ها کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می باشد (بلالی و همکاران، ۱۳۹۳). از این‌رو برای حفظ و ارتقای سطح حاصلخیزی خاک و به دنبال آن افزایش تولیدات کشاورزی هم‌سو با اهداف برنامه‌های توسعه کشور و افق چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴، افزودن فسفر به خاک به عنوان یکی از راه‌های رفع این معضل، ضروری به نظر می رسد.

کاربرد مقدار مناسب کود بر اساس ویژگی‌های خاک از جمله سطح حاصلخیزی‌خاک و نیاز گیاه، رعایت دقیق روش و زمان مصرف کود با توجه به نوع کود مصرفی، کاشت ارقامی از گیاهان زراعی که توانایی بالایی در جذب فسفر بومی با قابلیت دسترسی کم را دارند، روش‌هایی شناخته شده در افزایش کارایی کاربرد کودهای فسفری می باشند (Dobermann، ۲۰۰۷). مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه یکی دیگر از روش‌های آزمون شده برای تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. در این روش با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منطقه از ظرفیت بومی خاک و کلیه مواد در دسترس اعم از کودهای‌شیمیایی، آلی و بیولوژیک در تامین عناصرغذایی استفاده می‌شود (Vanlauwe و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ Mahajan و Gupta، ۲۰۰۹). ماده‌آلی خاک شاخصی از کیفیت و سلامت‌خاک می‌باشد که شدیدا تحت تاثیر مدیریت قرار می‌گیرد (Lal و همکاران، ۱۹۹۵ ؛ Farquharson و همکاران، ۲۰۰۳)

ماده‌آلی خاک از منابع اصلی تامین عناصر کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌باشد و چرخه عناصر و فراهمی آنها تحت تاثیر میکروب‌های خاک می‌باشد (Feichtinger و همکاران، ۲۰۰۴). اهمیت موادآلی به تاثیر آن در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، حفظ آب و افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی می‌باشد. این اثرات بایستی در نهایت به افزایش بیومس و تولید محصول منجر شود (loveland، ۲۰۰۳) و (Onemli، ۲۰۰۳) گزارش کردند که آستانه کربن آلی خاک در مناطق‌معتدل ۲ درصد می‌باشد و کمتر از این مقدار، پتانسیل خاک شدیدا کاهش می یابد.

در طول سالیان متمادی از کودهای شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی فسفری برای تامین نیاز غذایی گندم به عنوان روش مرسوم کشاورزان برای مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه‌گیاه بهره‌گیری شده‌است. در صورت کشت مداوم، عدم کاربرد فسفر در خاک سبب کاهش سطح حاصلخیزی خاک و در نتیجه کاهش عملکرد محصول می‌شود. در حالی که بسته به میزان کاربرد فسفر، می‌توان مقدار فسفر قابل استفاده را در سطح مطلوب نگه‌داشته و یا حتی باعث افزایش میزان فسفر قابل استفاده در خاک شد (خوگر، ۱۳۸۴).

با کاربرد توام کودهای شیمیایی و آلی از مصرف کودهای شیمیایی به تنهایی کاسته می‌شود. میرزاشاهی (۱۳۸۶) نشان داد که با مصرف ۱۰ تا ۲۰ تن در هکتار کود حیوانی می‌توان مصرف کودهای شیمیایی حاوی عناصر پر مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در زراعت ذرت را تا ۲۵ در صد کاهش داد که این اثر تا ۳ سال پس از مصرف کود حیوانی مشاهده شد. فرض بر این است که کودهای آلی توانایی تامین تمام و یا بخشی از فسفر مورد نیاز گیاه را دارند. سهم کودهای آلی در فراهم نمودن فسفر برای گیاه به نوع سیستم‌زراعی (تناوب‌زراعی)، شرایط خاکی، اقلیمی، نوع کود آلی و عملکرد محصول وابسته است. هدف از این تحقیق افزایش کارایی استفاده از کودهای فسفری با کاربرد کودهای آلی و ارزیابی مدیریت تلفیقی کاربرد کود آلی و شیمیایی برای تامین فسفر مورد نیاز گیاه گندم در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و سلامت خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل - اسپلیت در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گلپایگان در یک خاک لومی‌شنی طی دو سال متوالی اجرا شد. گندم رقم الوند در کرت‌های دائم با ابعاد ۴* ۵ متر (۲۰ متر مربع) کشت شد. کودهای آلی فقط یک

نوبت قبل از کاشت گندم در سال اول به خاک اضافه شد و دیسک زده‌شد. تیمارهای آزمایش شامل مصرف کود آلی (فاکتور M) در پنج سطح: عدم مصرف کود آلی (M0)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی (M1)، مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی (M2)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری (M3) و مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری (M4) بود و مصرف کود سوپرفسفات تریپل (فاکتور P) در چهار سطح شامل : عدم مصرف کود فسفری (P0)، مصرف ۱۰۰ درصد کود فسفری بر اساس آزمون خاک (P1)، مصرف ۷۵ درصد کود فسفری (P2) و مصرف ۵۰ درصد کود فسفری (P3) از منبع سوپر فسفات تریپل بود. در سال اول پس از اعمال کردن تیمارهای کود آلی و کود شیمیایی فسفری، گندم رقم الوند کشت‌شد. قبل از برداشت محصول با استفاده از کوادرات یک متر مربعی، تعداد خوشه‌های یک متر مربع در هر یک از کرت‌ها شمارش شد. زمان برداشت، سطح ۵ متر مربع هر کرت به‌صورت کف‌بر برداشت شد. دانه و کاه وزن شد و غلظت فسفر دانه و کاه به روش کالریمتری با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری‌شد. سپس از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری هر کرت نمونه خاک مرکب تهیه شد و مقادیر pH گل اشباع با دستگاه pH متر، EC عصاره اشباع با دستگاه هدایت‌سنج، کربن آلی با روش والکلی - بلاک و فسفر قابل جذب خاک با روش اولسن اندازه‌گیری‌شد. برای سال دوم، کود آلی مصرف نشد و مبنای مصرف کودهای شیمیایی، تجزیه نمونه خاک کرت‌های تیمار مصرف فسفر به میزان ۱۰۰ در صد توصیه آزمون خاک بود. داده‌ها با نرم افزار SAS تجزیه آماری شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام‌شد.

برخی از خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مصرفی در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مصرفی

نوع کود آلی	pH	EC	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر کل	پتاسیم کل	رطوبت	افت در ۴۰۰ درجه	نیترات	آمونیوم	آهن کل	منگنز کل	روی کل	مس کل	کادمیوم کل	سرب کل
		dSm^{-1}	در صد					میلی‌گرم در کیلوگرم								
کود گاوی	/۵ ۸	۷/۴	۳/۹ ۴	۲/۳	۱/۱	۲/۲	۱۰/۶	۳۱/۴	۴۲۱ ۲	۱۴۰	۸۵۷۷	۳۸۳	۱۹۶	۲۹	۰/۸۳	۲۴
کمپوست زباله	/۸ ۷	۷/۵	۱/۶ ۶	۱/۳	۰/۴۷	۰/۶۶	۳/۷	۳۴	۰	۲۷۰	۱۱۰۱ ۳	۳۷۲	۵۲ ۸	۱۶۷	۵/۲	۲۲ ۷

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۲) ارائه شده است. خاک مورد بررسی آهکی با ماده آلی و عناصر غذایی قابل‌جذب کم و بافت سبک بود.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش

pH	EC	TNV	OC	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Clay	Silt	Sand	Texture
	dSm^{-1}	در صد		میلی‌گرم در کیلوگرم						در صد			
۷/۶	۱/۷	۲۸/۹	۰/۳۲	۱۰/۸	۱۵۹	۳/۵	۸/۷	۰/۸۶	۰/۵۶	۱۲	۴۰	۴۸	لومی‌شنی

کودهای اوره، سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس توصیه آزمون‌خاک مصرف شد. توصیه آزمون‌خاک در سال اول آزمایش، ۳۴۰ کیلوگرم کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات‌تریپل و ۸۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم برای هر هکتار بود. مقدار کودهای اوره، سوپر فسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم توصیه شده برای سال دوم به ترتیب ۲۹۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. سوپر

فسفات‌تریپل، سولفات پتاسیم و یک سوم کود اوره قبل از کاشت مصرف شد و بقیه کود اوره در مراحل پنجه‌دهی و ساقه‌رفتن تقسیط شد.

نتایج و بحث

نتایج سال اول

با توجه به نتایج جدول‌های ۳ و ۴، کاربرد تلفیقی کود سوپرفسفات تریپل و هر دو نوع کود آلی باعث افزایش عملکرد دانه و جذب فسفر توسط دانه شد. مصرف کود فسفری در سطح ۲۰ تن در هکتار کود گاوی، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد کل و غلظت فسفر در دانه نسبت به تیمار شاهد شد که با نتایج گلچین و همکاران (۱۳۷۸) که گزارش کردند مصرف ۴۰ تن در هکتار کود گاوی در کشت گندم باعث ۱۵ درصد افزایش عملکرد شد، هماهنگ است. مصرف کود فسفری توام با مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری سبب معنی‌دار شدن افزایش عملکرد دانه و کاه و جذب فسفر توسط دانه شد. جذب فسفر کاه و دانه با مصرف تلفیقی کود فسفر و کود آلی (کود گاوی و کمپوست زباله شهری) در اکثر تیمارها نسبت به شاهد افزایش‌یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد اثر مصرف تلفیقی کود فسفری و کود آلی (کود گاوی و کمپوست زباله شهری) نقش مثبتی در افزایش عملکرد دانه داشت. در وضعیت مصرف کود گاوی، حداکثر عملکرد دانه ۴/۰۶ تن در هکتار بود که این عملکرد با کاهش ۵۰ درصدی کود شیمیایی فسفر بر مبنای آزمون خاک در سطح ۲۰ تن در هکتار کود گاوی بدست آمد و با نتایج میرزا شاهی (۱۳۸۶) که نشان داد با مصرف ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود گاوی تا ۲۵ در صد از مصرف کودهای شیمیایی در زراعت ذرت کاسته می‌شود، مطابقت دارد. چنین نتیجه‌ای در اثر کاربرد هر دو نوع کود آلی به دست آمد. بنابرین به نظر می‌رسد هر دو نوع کود آلی با کاهش مصرف کود فسفری شیمیایی، نقش بسزائی در افزایش عملکرد داشته اند. لذا با توجه به تاثیر دو نوع کود آلی (کود گاوی و کمپوست زباله شهری) در کاهش مصرف کود شیمیایی فسفری، به نظر می‌رسد کمپوست زباله شهری تاثیر بیشتری داشته است.

جدول ۳- اثر مصرف تلفیقی کود فسفر و کود گاوی بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب فسفر گندم در سال اول

		عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه در مترمربع	غلظت فسفر در کاه	غلظت فسفر در دانه	جذب فسفر کاه	جذب فسفر دانه
		تن در هکتار			درصد		درصد		کیلوگرم در هکتار	
		۱۰ تن در هکتار								
سطوح مصرف فسفر	P_0	۵/۵۱a	۲/۹۰a	۸/۴۲a	۳۴/۱۲a	۴۰۳a	۰/۱۷a	۰/۳۱a	۹/۴a	۹/۱a
	P_1	۴/۹۶a	۳/۱۳a	۸/۰۸a	۳۹/۴۰a	۳۱۶b	۰/۲۰a	۰/۳۰a	۸/۸a	۹/۲a
	P_2	۴/۳۵a	۳/۳۲a	۷/۶۷a	۴۳/۲۵a	۳۴۹ab	۰/۱۵a	۰/۳۱a	۶/۷a	۱۰/۴a
	P_3	۵/۵۵a	۳/۷۰a	۷/۰۰a	۳۹/۱۷a	۳۶۵ab	۰/۱۷a	۰/۳۱a	۹/۷a	۱۱/۱a
	C.V	۲۳/۷۸	۳۸/۱۲	۲۰/۳۳	۱۱/۶۰	۱۰/۶۲	۲۶/۲۵	۵/۶۲	۲۹/۳۴	۳۱/۸۸
		۲۰ تن در هکتار								
سطوح مصرف فسفر	P_0	۵/۰۵a	۳/۷۱a	۸/۷۵b	۴۲/۳۱a	۴۱۰a	۰/۱۸a	۰/۲۹b	۹/۰۹a	۱۰/۵۰a
	P_1	۶/۲۵a	۳/۷۵a	۱۰/۰۰b	۳۶/۵۴a	۳۶۲a	۰/۲۱a	۰/۳۹ab	۱۳/۸۰a	۱۳/۸۸a
	P_2	۶/۱۱a	۴/۰۶a	۱۰/۱۷a	۳۹/۵۲a	۴۰۶a	۰/۱۷a	۰/۲۷a	۱۰/۳۹a	۱۱/۳۷a
	P_3	۶/۰۲a	۳/۹۰a	۹/۹۲a	۳۹/۲۵a	۳۹۴a	۰/۲۲b	۰/۳۱b	۱۳/۶۶a	۱۱/۵۶a
	C.V	۱۵/۸۱	۳۰/۱۱	۱۹/۷۸	۱۵/۰۴	۱۲/۹۷	۱۶/۷۲	۲۰/۱۱	۲۴/۸۸	۲۵.۷۷

جدول ۴- اثر مصرف تلفیقی کود فسفر و کمپوست زباله شهری بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب فسفر گندم در سال اول

		عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه در مترمربع	غلظت فسفر در کاه	غلظت فسفر در دانه	جذب فسفر کاه	جذب فسفر دانه
		تن در هکتار			درصد		در صد		کیلوگرم	در هکتار
		۱۰ تن در هکتار								
سطوح مصرف فسفر	P_0	۳/۰۲b	۲/۴۰b	۵/۴۲b	۴۴/۲۲a	۳۳۶a	۰/۲۱a	۰/۳۳a	۶/۲a	۸/۰b
	P_1	۶/۱۳a	۴/۷۱a	۱۰/۸۳a	۴۳/۴۲a	۴۱۳a	۰/۱۶a	۰/۳۰a	۱۰/۰a	۱۴/۴a
	P_2	۵/۴۲ab	۳/۷۵a	۹/۱۷ab	۴۰/۳۱a	۴۲۶a	۰/۲۳a	۰/۲۹a	۱۱/۷a	۱۰/۷ab
	P_3	۵/۶۱ab	۳/۴۸ab	۹/۰۸ab	۳۸/۸۳a	۴۱۳a	۰/۲۰a	۰/۲۷a	۱۱/۴a	۹/۲ab
	C.V	۲۵/۸۲	۱۷/۸۴	۲۱/۸۶	۷/۳۱	۱۳/۶۳	۴۰/۰۸	۲۲/۶۸	۴۳/۲۸	۲۷/۲۹
		۲۰ تن در هکتار								
سطوح مصرف فسفر	P_0	۵/۴۹a	۳/۴۴a	۸/۹۲a	۳۸/۱۹ab	۳۴۵b	۰/۲۲a	۰/۳۵a	۱۱/۵۷a	۹/۶۰a
	P_1	۶/۰۸a	۳/۹۲a	۱۰/۰۰a	۳۸/۸۱ab	۳۹۲ab	۰/۲۰a	۰/۳۶a	۱۳/۴۵a	۱۲/۶a
	P_2	۶/۶۱a	۴/۵۶a	۱۱/۱۷a	۴۱/۱۱a	۴۲۴ab	۰/۱۸a	۰/۳۵a	۱۰/۸۳a	۱۵/۸a
	P_3	۷/۰۵a	۳/۷۸a	۱۰/۸۳a	۳۵/۳۷b	۵۰۱a	۰/۲۲a	۰/۳۵a	۱۵/۷۶a	۱۱/۷a
	C.V	۱۶/۷۹	۲۰/۰۰	۱۷/۳۲	۷/۰۹	۱۶/۰۳	۲۶/۰۳	۱۵/۰۷	۳۵/۹۰	۱۷/۶۰

نتایج سال دوم

در این سال نیز مصرف تلفیقی کود سوپر فسفات تریپل و کود گاوی در سطح ۱۰ تن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و جذب فسفر توسط دانه نسبت به مصرف کود فسفر به تنهایی شد. تیمار مصرف تلفیقی ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با ۷۵ در صد کود فسفری توصیه شده، بیشترین عملکرد را داشت و کاهش ۲۵ در صدی مصرف کود فسفری حاصل‌شد (جدول ۵). همچنین در وضعیت مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری، مصرف کود فسفری باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و نیز غلظت فسفر در دانه و جذب فسفر توسط دانه شد و تیمار مصرف تلفیقی ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری و ۷۵ در صد کود فسفری توصیه شده، با کاهش ۲۵ در صدی مصرف کود فسفری توصیه شده، بیشترین عملکرد را داشت (جدول ۶) و با نتایج تحقیقات گلچین و همکاران (۱۳۷۸) و میرزاشاهی (۱۳۸۶) مطابقت دارد.

می‌توان چنین استدلال کرد که با مصرف کود آلی، علاوه بر فسفر اضافه شده به خاک، مصرف ماده آلی با کاهش موضعی pH خاک، باعث افزایش حلالیت ترکیبات فسفاته خاک و افزایش قابلیت دسترسی فسفر موجود در خاک شده است.

جدول ۵- اثر مصرف تلفیقی کود فسفر و کود گاوی بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب فسفر گندم در سال دوم

		عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه در مترمربع	غلظت فسفر در دانه	جذب فسفر دانه
		تن در هکتار			درصد		در صد	کیلوگرم در هکتار
		۱۰ تن در هکتار						
سطوح مصرف فسفر	P_0	۳/۵۳a	۲/۰۷b	۵/۶۳a	۳۶/۸۳a	۱۵۷bc	۰/۵۳a	۹/۶b
	P_1	۵/۶۳a	۲/۹۷a	۸/۶۰a	۳۴/۵۰a	۱۷۰b	۰/۴۸a	۱۴/۲۵ab
	P_2	۴/۳۳a	۳/۰۰a	۷/۳۳a	۴۱/۳۳a	۱۴۲c	۰/۶۱a	۱۸/۵a
	P_3	۳/۶۷a	۲/۶۰ab	۶/۳۰a	۴۶/۶۰a	۱۸۶a	۰/۵۵a	۱۳/۸ab
	C.V	۳۶/۸۷	۱۵/۸۲	۲۱/۵۰	۳۴/۲۰	۴/۵۰	۲۲/۱۸	۱۷/۵۴

		۲۰ تن در هکتار						
سطوح مصرف	P_0	۴/۵۰a	۲/۴۳a	۶/۹۳a	۳۶/۰۳a	۱۵۱b	۰/۳۹b	۹/۳۰a
فسفر	P_1	۳/۸۷a	۲/۴۳a	۶/۳۷a	۳۸/۶۳a	۲۰۳a	۰/۵۰ab	۱۲/۳۹a
	P_2	۴/۴۷a	۲/۳۷a	۶/۸۷a	۳۵/۵۲a	۱۹۹a	۰/۵۷a	۱۳/۴۷a
	P_3	۴/۲۰a	۲/۳۰a	۶/۵۳a	۳۵/۷۷a	۱۹۲a	۰/۳۸b	۸/۸۳a
	C.V	۲۳/۷۲	۱۵/۱۴	۱۵/۱۰	۱۶/۹۱	۵/۱۴	۳۱/۱۵	۳۰/۹۸

جدول ۶- اثر مصرف تلفیقی کود فسفر و کمپوست زباله شهری بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب فسفر گندم در سال دوم

		عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه در مترمربع	غلظت فسفر در دانه	جذب فسفر دانه
		تن در هکتار			درصد		درصد	
		۱۰ تن در هکتار						
سطوح مصرف	P_0	۳/۳۷a	۲/۰۷a	۵/۴۲a	۳۹/۶۰a	۱۸۴b	۰/۵۷a	۱۲/۴۵a
فسفر	P_1	۴/۶۳a	۲/۹۳a	۷/۲۷a	۳۹/۰۷a	۱۹۸b	۰/۴۹a	۱۳/۴۶a
	P_2	۴/۹۳a	۲/۷۳a	۷/۷۰a	۳۵/۵۰a	۲۳۳a	۰/۵۳a	۱۵/۹۰a
	P_3	۳/۲۰a	۲/۱۰a	۵/۳۰a	۴۱/۳۰a	۱۵۷c	۰/۵۵a	۱۰/۹۴a
	C.V	۲۳/۳۵	۲۹/۸۲	۱۷/۴۳	۲۴/۳۸	۴/۴۲	۱۶/۷۱	۲۰/۸۴
		۲۰ تن در هکتار						
سطوح مصرف	P_0	۴/۲۰a	۲/۱۳b	۶/۳۳b	۳۲/۴۰a	۲۳۹b	۰/۴۹b	۱۰/۵۰b
فسفر	P_1	۴/۹۳a	۲/۷۷a	۷/۷۰b	۳۶/۳۳a	۲۶۶ab	۰/۶۰a	۱۶/۷۲a
	P_2	۵/۳۰a	۳/۱۳a	۸/۴۳a	۳۷/۴۰a	۲۸۰a	۰/۵۸ab	۱۸/۲۲a
	P_3	۴/۵۷a	۲/۷۷a	۷/۳۳a	۳۸/۳۰a	۲۴۴b	۰/۴۹b	۱۳/۴۶ab
	C.V	۲۰/۳۰	۱۱/۶۳	۱۵/۵۶	۱۵/۰۷	۶/۲۵	۱۰/۱۳	۱۷/۹۷

فسفر قابل استفاده خاک

مصرف کود فسفری تنها، سبب افزایش مقدار فسفر قابل استفاده خاک پس از کشت گندم در سال اول آزمایش گردید. مصرف فسفر توصیه شده (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) فسفر قابل استفاده خاک را نسبت به شاهد ۳۰ در صد اضافه کرد. کاربرد کود آلی مقدار فسفر قابل استفاده خاک را پس از کشت گندم سال اول افزایش داد. کاربرد توام ۲۰ تن در هکتار کود گاوی و کود فسفری توصیه شده (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، مقدار فسفر قابل استفاده خاک را نسبت به تیمار کود شیمیایی به تنهایی، ۹۹ در صد افزایش داد که با نتایج زلفی باوریانی هماهنگ است. زلفی باوریانی (۱۳۸۵) در تحقیقی ۴ ساله در خاکی با فسفر قابل جذب اولیه ۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، گزارش کرد که با مصرف نکردن کود فسفری، فسفر قابل جذب خاک به ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کاهش یافت و با مصرف هر ساله کود گوسفندی و مصرف کود شیمیایی فسفری فقط در سال اول، فسفر خاک بعد از ۴ سال به ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش داشت.

کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، فسفر قابل استفاده خاک را ۳۰ در صد نسبت به شرایط بدون مصرف کمپوست اضافه کرد. مقدار فسفر قابل جذب خاک پس از برداشت گندم، در تیمار ۲۰ تن در هکتار کمپوست‌شهری با مقدار کود فسفری توصیه شده نسبت به مصرف کود شیمیایی تنها، ۶۳ در صد بیشتر بود. پس از برداشت گندم سال دوم، مقدار فسفر قابل جذب خاک در شرایط مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌شهری، ۱۰۶ در صد بیشتر از شرایط بدون مصرف کمپوست بود. مصرف ۷۵ در صد کود شیمیایی توصیه شده در کرت‌هایی که در سال اول ۲۰ تن در هکتار کود گاوی مصرف شده بود، مقدار فسفر قابل استفاده خاک را ۵۲ در صد نسبت به کاربرد کود شیمیایی به تنهایی، اضافه کرد.

مصرف کودهای آلی، علاوه بر افزودن فسفر به خاک، با کاهش موضعی pH خاک، باعث افزایش حلالیت کود فسفری مصرفی و ترکیبات فسفاته خاک و افزایش قابلیت دسترسی فسفر موجود در خاک شده است. محتوی فسفر کود گاوی بیش از دو برابر کمپوست زباله‌شهری بود که موجب افزایش مقدار بیشتری فسفر به خاک شده است و نیز مقدار کربن آلی کود گاوی بسیار بیشتر از کمپوست زباله‌شهری بود که باعث کاهش بیشتر pH خاک و افزایش حلالیت کود سوپر فسفات تریپل مصرفی و ترکیبات فسفاته خاک شده است.

کربن آلی خاک

استفاده کود سوپرفسفات تریپل به تنهایی، تاثیری بر کربن آلی خاک پس از برداشت گندم در سال اول نداشت. مصرف کود گاوی تنها، سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک پس از برداشت گندم سال اول شد و با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی، مقدار کربن آلی خاک ۴/۸ برابر شد. مصرف کمپوست زباله‌شهری، تاثیری بر میزان کربن آلی خاک در سال اول نداشت. مصرف هیچ کدام از دو نوع کود آلی به تنهایی، اثر معنی‌داری بر میزان کربن آلی خاک پس از برداشت گندم سال دوم نداشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آنست که مصرف تلفیقی کود فسفری و کودآلی (کود گاوی و کمپوست زباله‌شهری) صرف‌نظر از مقدار و نوع کودآلی، تاثیر مثبتی بر افزایش عملکرد و غلظت و جذب فسفر توسط دانه داشت. اثر باقیمانده مصرف کودآلی به تنهایی بر عملکرد مشاهده شد. با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی در سال اول، عملکرد از ۱/۹ به ۲/۴ تن در هکتار افزایش یافت. این افزایش در مورد کمپوست زباله‌شهری در سطح مصرف ۱۰ تن در هکتار مشاهده‌شد. نتایج همچنین نشان داد که حضور کودآلی نقش به سزایی در کاهش مصرف کودشیمیایی فسفری با حفظ حداکثر عملکرد داشت. به گونه‌ای که حداکثر عملکرد در حضور کودآلی (کود گاوی و کمپوست زباله‌شهری) در سطح ۱۰ تن کمپوست زباله‌شهری بدست‌آمد. با وجود اینکه هر دو نوع کودآلی (کود گاوی و کمپوست زباله‌شهری) نقش مؤثری در کاهش مصرف کود شیمیایی فسفری و افزایش عملکرد داشتند، اما این تاثیر در شرایط بکار بردن کمپوست زباله‌شهری بیشتر بود. بنابرین پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش مصرف آب و کودهای‌شیمیایی، بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی و بهبود کیفیت و سلامت خاک، کودهای آلی گاوی و کمپوست زباله‌شهری مصرف شوند و سپس کودهای‌شیمیایی بر اساس توصیه آزمون‌خاک استفاده شوند.

منابع

آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۳. جلد دوم. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی.

افتخاری، کامران. ۱۳۹۵. گزارش نهایی پروژه "تطبیق وضعیت خاک محل انجام طرح ماده آلی با خصوصیات سری‌های خاک استان های تحت پوشش طرح به منظور تعمیم نتایج از مزرعه به دشت ". موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

خوگر، زهرا. ۱۳۸۴. گزارش نهایی طرح بررسی چگونگی افزایش و تخلیه فسفر از خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۲۶۵. کرج. ایران.

زلفی باوریانی، مختار. ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه بررسی اثرات کود حیوانی بر قابلیت استفاده و بازیابی فسفر باقیمانده. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۲۹. کرج. ایران.

گلچین، احمد، محمد اسماعیلی و محمد جعفر ملکوتی .۱۳۷۸ . گزارش نهایی پروژه تاثیر مواد آلی، منگنز و مس بر عملکرد و کیفیت گندم آبی در استان‌های سردسیر. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۰۷۴. کرج. ایران.

میرزاشاهی، کامران. ۱۳۸۶. گزارش نهایی پروژه "تاثیراستفاده توام مواد آلی (کودحیوانی) و کودهای شیمیایی بر عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و مواد آلی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۵۴۰. کرج. ایران.

Daily, G. C., Dasgupta, P., Bolin, B., Crosson, P., du Gurny, J. 1998. Food production, population growth, and the environment. Scince, 281: 1291-1292.

Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency- measurement and management. Pp. 1-28. Fertilizer best management practices- general principles, strategy for their adoption and voluntary initiatives vs regulations. Proceedings of International fertilizer industry association (IFA) workshop on fertilizerbest management practices, 7-9 march 2007, Brussels, Belgium.

Farquharson, R. J., Schwenke, G. D., & Mullen, J. D. 2003. should we manage soil organic carbon in vertosols in the northern grains region of Australia? Australian Journal Experimental Agriculture, 43:261-270.

Feichtinger, F., Erhardt, E., & Hartl, W. 2004 Net N- mineralization related to soil organic matter pools. Plant and Soil Environment, 50:273-276.

Loveland, P., & Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a Review . Soil and Tillage Research, 70: 1-18

Mahajan, A. & Gupta, R. D. 2009 Integrated nutrient management (INM) in a sustainable rice-wheat cropping system. Springer,

Onemli, F. 2004 The effects of soil organic matter on seedling emergence in sunflower (Helianthus annuus L). Plant and Soil Environment, 50: 494-499.

Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N. & Merckx, R. 2002. Integrated plant nutrient management in sub-saharan Africa, from concept to practice. CAB International, Oxford, UK.

Using Organic Fertilizers to Reduce Phosphorus Fertilizer Application of WheatCorn Rotation

Nosratolah Montajabi

Assistant Prof., Soil and water Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension organization, Esfahan, Iran.

Abstract

Phosphorus deficiency was reported for more than 70 percent and lack of organic matter for more than 60 percent of soils in Iran. In these circumstances, usage of organic fertilizers has been proposed to increase the soil organic carbon and provision of needed nutrients by plants. This project was conducted in order to study the effects of combined application of organic and chemical fertilizers to reduce of phosphorous fertilizers application in wheat cultivation for two consecutive years. Permanent plot trials were carried out with split strip plot manner. Triple super phosphate with four levels (control, 100, 75 and 50 percent of recommended rate) and organic fertilizers with three levels (control, 10 and 20 tones/ha Cow manure and municipal waste Compost) were used in the first year before wheat planting. Crop yield, yield components, concentration of phosphorus in grain and straw, available phosphorus and Organic Carbon in the soil was measured. In the first year, integrated municipal waste compost and phosphorous fertilizer application increased wheat yield. Application of 10 ton/ha municipal waste compost and 100 kg/ha phosphorous fertilizer increased grain 96 percent and straw yield 102 percent toward control and usage of 20 ton ha^{-1} municipal waste compost and 75 kg ha^{-1} phosphorous fertilizer increased grain yield 33 percent compared to control. Second year results showed that in plots that 10 ton ha^{-1} cow manure were applicated in the first year, usage of Phosphorous fertilizer increased grain yield but it did not increase in condition of 20 ton ha^{-1} cow manure application, In circumstance that municipal waste compost was applied, usage of phosphorous fertilizer increased grain. In both years, phosphorous fertilizer application significantly increased phosphorous uptake by grain and straw. Integrated application of chemical Phosphorous and organic fertilizer increased soil available Phosphor in comparison to phosphorous fertilizer. After first year harvesting, Soil organic carbon quantity in applied 20 ton ha^{-1} Cow manure treatment was 4.8 times toward control.

Keywords: Phosphorus uptake, Yield, Organic fertilizer, Soil organic carbon, Integrated fertilization management,

بررسی تأثیر اصلی و متقابل منابع و سطوح مختلف کودهای آلی بر عملکرد درخت پسته

امیر آفتاب طلب[1*]، علیرضا فلاح نصرت آباد[2]

[1] کارشناس ارشد، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[2] دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*A.aftabtalab@areeo.ac.ir

چکیده

مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند یکی از ارکان مهم حاصلخیزی خاک شناخته شده‌اند. این در حالی است که خاک‌های ایران از نظر مواد آلی فقیر می‌باشند. کشاورزان پسته‌کار تمایل زیادی به مصرف کود مرغی داشته و از سایر کودهای آلی بهره کمتری می‌برند. این تحقیق به منظور مطالعه اثرات مستقل و متقابل منابع و مقادیر مختلف کودهای آلی بر عملکرد درخت پسته بصورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. درختان مورد آزمایش ۲۰ ساله بوده و از نظر رشد رویش و سایر فاکتورها نظیر سال آوری، کاملاً مشابه بودند. کود آلی از سه منبع کود گاوی کاملاً پوسیده، کود مرغی و کمپوست پسماند شهری هر یک در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم برای هر درخت استفاده گردید. پس از اعمال تیمارها، اثرات اصلی و متقابل نوع و مقدار کود آلی بر درصد تشکیل گل و همچنین در عملکرد نهایی دانه پسته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق نشان داد که با مصرف منابع مختلف کود آلی، شاخص رشد و عملکرد در درخت پسته بطور قابل ملاحظه بهبود می‌یابد.

واژگان کلیدی: پسته، کود مرغی، کود گاوی، کود کمپوست پسماند شهری، کشاورزی پایدار

مقدمه

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک کشور که مناطق پسته کاری را شامل می‌شود به دلیل بالا بودن درجه حرارت، سرعت تجزیه مواد آلی بالاست و اگر رطوبت هم کافی نباشد تجزیه مواد آلی تشدید می‌شود و از طرف دیگر بازگشت مواد آلی حاصل از بقایای گیاهی به خاک کم می‌شود، لذا افزایش مواد آلی خاک‌های این مناطق باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی آن‌ها شده و سطح حاصلخیزی این اراضی را به میزان قابل توجهی ارتقاء می‌دهد بنابراین مواد آلی به صورت کودهای آلی باید به خاک این مناطق افزوده گردد (۱). با توجه به موارد فوق ضرورت تأمین مادهٔ آلی برای خاک‌های ایران مشهود است. بدین لحاظ باید منبع تأمین کنندهٔ آن را جستجو نمود. عمده‌ترین منابع تأمین کنندهٔ مواد آلی برای خاک‌ها عبارتند از فضولات دامی، بقایای گیاهان، کودهای سبز، لجن‌های فاضلاب و زباله‌های شهری (۲). Oliet و همکاران در سال ۲۰۰۵ پس از تحقیقات فراوان دریافتند که استفاده از منابع مختلف کودهای آلی باعث بهتر شدن خواص فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک شده و در نهایت باعث رشد ریشه گیاهان و اندام‌های هوایی گیاه و در نتیجه افزایش محصول می‌گردد (۶). پسته در انواع مختلفی از خاک‌ها به خوبی رشد کرده و دوام می‌آورد ولی بهترین خاک برای دستیابی به مطلوب‌ترین عملکرد از نظر اقتصادی به خاک‌های لومی تا لومی رسی و عمیق با زهکشی خوب و با میزان شوری پایینی نیاز دارد (۴، ۵، ۷). روش علمی و صحیح در تعیین نیاز کودی درختان پسته استفاده از اطلاعات و نتایج تجزیه خاک و برگ و حتی میوه درختان پسته می‌باشد (۳). با عنایت به توصیه‌های کارشناسان کشاورزی دربارهٔ مصرف کمتر کودهای شیمیائی برای پیشگیری از آلودگی محیط‌زیست و همچنین به دلایل اقتصادی و ترغیب کشاورزان به مصرف بیشتر کودهای آلی ضروری است تأثیر کودهای آلی مختلف بر گیاهان زراعی و باغی به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد تا با دید

وسیع‌تر و شناخت بیشتر بهترین منبع کود آلی انتخاب گردد. جهت تهیه کودهای شیمیائی از انرژی فسیلی و منابع معدنی استفاده می‌شود که هر دو غیر تجدید شونده هستند بنابراین برای توسعه کشاورزی پایدار باید مصرف این نوع کودها را کاهش داد. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند و می‌توانند جایگزین مناسبی جهت کودهای شیمیائی باشند. همچنین از کود کمپوست می‌توان به طور موفقیت‌آمیزی در باغبانی استفاده نمود (۲). در حال حاضر پسته به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی، جایگاه ممتاز در اقتصاد کشور دارد و کشاورزان پسته‌کار با خصوصیات مطلوب این گیاه از قبیل مقاومت به شوری و خشکی آشنا هستند و از بین کودهای آلی تمایل زیادی به مصرف کودهای مرغی دارند و از سایر منابع آلی یا اصلاً استفاده نمی‌کنند و یا کمتر مورد استفاده قرار می‌دهند. حال آن که با غنی‌سازی سایر منابع آلی نظیر کمپوست پسماند شهری و کود گاوی با رعایت اصل تغذیه متعادل می‌توان بهره گرفت و از این طریق مصرف منابع دیگر مواد آلی را نیز توصیه نمود (۳). این تحقیق می‌خواهد با به کار بردن منابع مختلف استفاده از کودهای آلی، تاثیر آن را در افزایش جذب عناصر غذایی که حاصل و نتیجه آن ارتقاء عملکرد پسته می‌باشد را مورد بررسی قرار دهد تا مقایسه‌ای بین منابع و مقادیر مواد آلی در کشت درخت پسته انجام گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه زیرکشت درخت پسته (P.vera) بصورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. هر پنج درخت به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. کودها شامل کود گاوی پوسیده (C1) و کود کمپوست پسماند شهری (C2) و کود مرغی (C3) با سطوح مصرف شامل سطح اول (M1=۱۰Kg) سطح مصرف دوم (M2=۲۰Kg) سطح مصرف سوم (M3=۳۰Kg) با سه تکرار انجام پذیرفت.

رقم پسته این طرح احمد آقایی بوده و کلیه درختان انتخاب شده بیست ساله بودند و فاصله درختان از یکدیگر ۲/۵ متر بر روی ردیف و ۵/۵ متر بین دو ردیف بوده است. پیش از اجراء طرح خاک منطقه مورد نظر در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ مورد آزمایش قرار گرفت. کلیه کودهای آلی مورد استفاده در طرح مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند.

در این تحقیق درصد تبدیل گل به میوه و عملکرد نهایی محصول درخت پسته در بین تیمارها مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

خاک مورد آزمایش آهکی و دارای بافت سبک و شور است و درصد کربن و نیتروژن آلی آن ناچیز و از لحاظ مقدار فسفر و پتاسیم نیز فقیر می‌باشد. حد مجاز شوری برای پسته ۸ میلی موس بر سانتی متر است، البته شوری تا ۱۲ میلی موس بر سانتی متر نیز قابل قبول است. در جدول ۱ نتایج حاصل از تجزیه خاک و در جداول ۲ ، ۳ و ۴ به ترتیب خصوصیات شیمیایی کود گاوی، کود مرغی و کود کمپوست پسماند شهری بیان شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق خاک (cm)	EC ds/m	pH	T.N.V %	O.C %	N_t %	P(ava.) mg/Kg	K(ava.) mg/Kg	Clay %	بافت
۳۰-۰	۱۳/۴۴	۷/۷۲	۱۳/۹۸	۰/۱۴	۰/۰۱	۱/۷	۱۸۸	۸	شن لومی
۶۰-۳۰	۱۴/۹۵	۷/۴۳	۱۵/۸۰	۰/۱۴	۰/۰۱	۳/۱۲	۱۵۲	۱۰	لوم ماسه‌ای

جدول ۲- خصوصیات شیمیائی کود گاوی

pH	EC	O.C	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
	ds/m	%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
۷/۹	۲۵	۱۹	۱/۷۵	۰/۳	۱/۱	۴۷۰	۷۵	۳۵	۲۹۲

جدول ۳- خصوصیات شیمیائی کود مرغی

Ph	EC	O.C	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
	ds/m	%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
۷/۸	۳۳	۳۵	۱/۵۰	۱/۶	۱/۵۰	۱۲۰۰	۱۱۰	۵۵	۱۴۰

جدول ۴- خصوصیات شیمیائی کود کمپوست پسماند شهری

pH	EC	O.C	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
	ds/m	%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
۷/۲	۱۷	۱۸	۱/۶۵	۰/۳۷	۱/۱	۲۴۵۰	۸۰۰	۵۷۰	۳۷۵

میزان املاح محلول در سه نمونه ماده آلی مورد استفاده در طرح به ترتیب در کود مرغی > کود گاوی> پسماند شهری بود. همچنین کود مرغی از نظر فسفر و پتاسیم غنی‌تر از کود گاوی و کمپوست پسماند شهری بود.

مقایسه میانگین تأثیر تیمارها بر شاخص های مورد مطالعه:

بعضی از پارامترهای اندازه‌گیری شده گیاه پسته در این تحقیق، نشان دهنده تأثیر مستقل و متقابل منابع و مقادیر مختلف کود آلی و تفاوت قابل ملاحظه ای بین تیمارهای مختلف بود که در جدول ۵ شرح داده شده است.

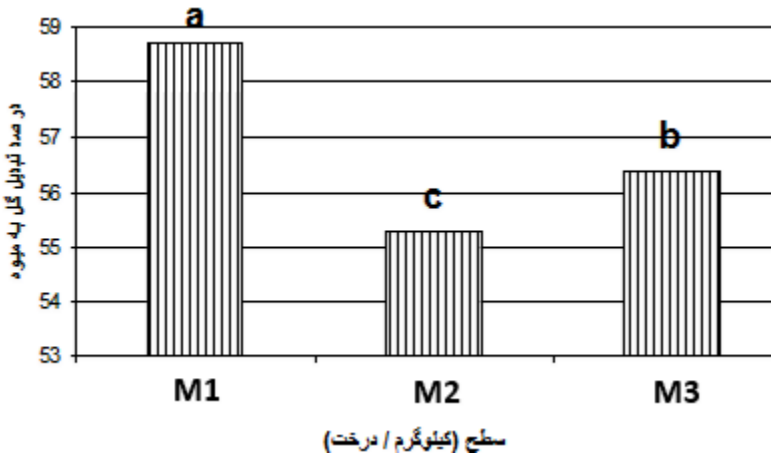
جدول ۵- مقایسه میانگین مربعات تیمارهای مختلف آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		درصد تبدیل گل به میوه	عملکرد
نوع کود	۲	۳۶**	۱۰/۴۱**
مقدار	۲	۲۸**	۵/۶۱**
نوع * مقدار	۴	۷۴**	۲۱/۰۰**
خطا	۱۶	۰/۰۰۱	۱/۰۷

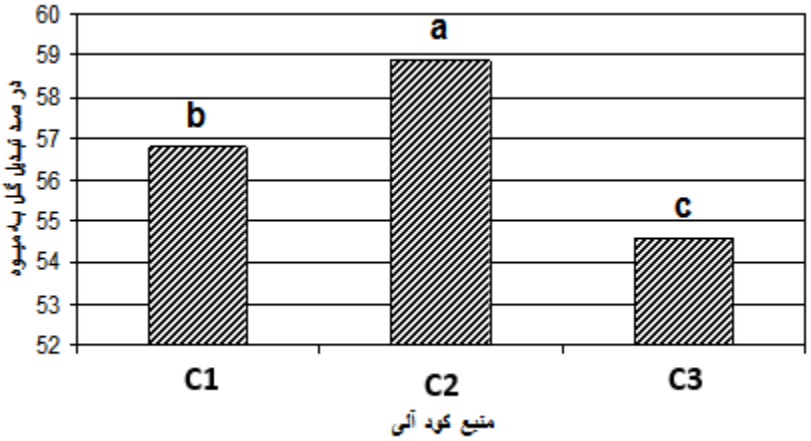
** معنی دار در سطح احتمال ۱٪

اثر منابع مختلف کود آلی بر درصد تشکیل گل پسته

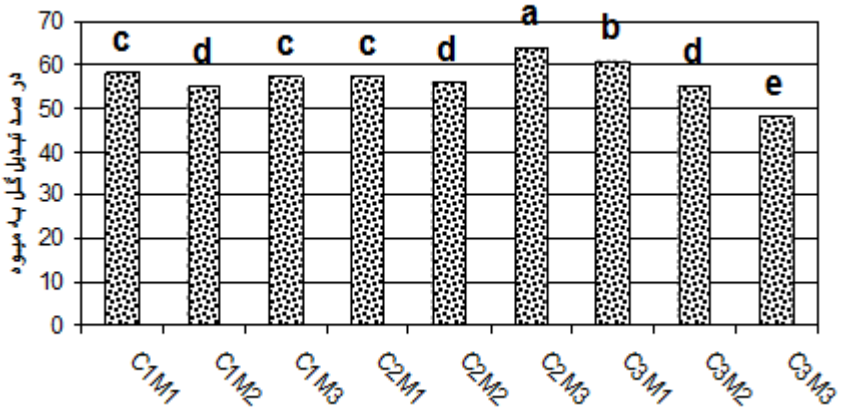
اثرات اصلی و متقابل مقدار و نوع کود آلی بر درصد تشکیل گل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین درصد تشکیل گل با مصرف کود کمپوست پسماند شهری بدست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار کود مرغی بود که تفاوت آنها از لحاظ آماری نیز معنی دار بود. بیشترین درصد تشکیل گل از سطح اول مصرف کود آلی بدست آمد و کمترین آن مربوط به سطح دوم مصرف بود بطوریکه تفاوت کلیه تیمارها نسبت به یکدیگر از لحاظ آماری معنی دار بود. بیشترین درصد تشکیل گل از سطح سوم کود کمپوست پسماند شهری بدست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار سطح سوم مصرف کود مرغی بود. در اثر متقابل، تیمارها به ترتیب C3M1 < C2M3 بالاترین اثربخشی را بر درصد تشکیل گل پسته داشتند.



شکل ۲- اثر اصلی سطوح کود آلی بر درصد تشکیل گل



شکل ۱- اثر اصلی منابع کود آلی بر درصد تشکیل گل

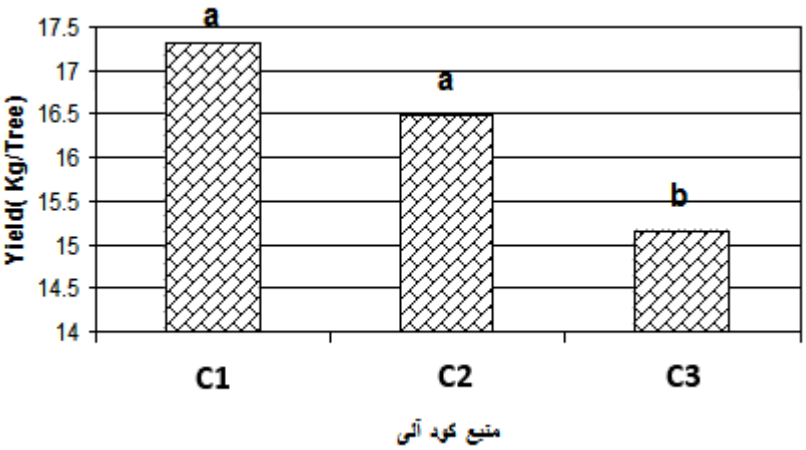


شکل ۳- اثرات متقابل نوع و مقدار کود آلی بر درصد تشکیل گل در پسته

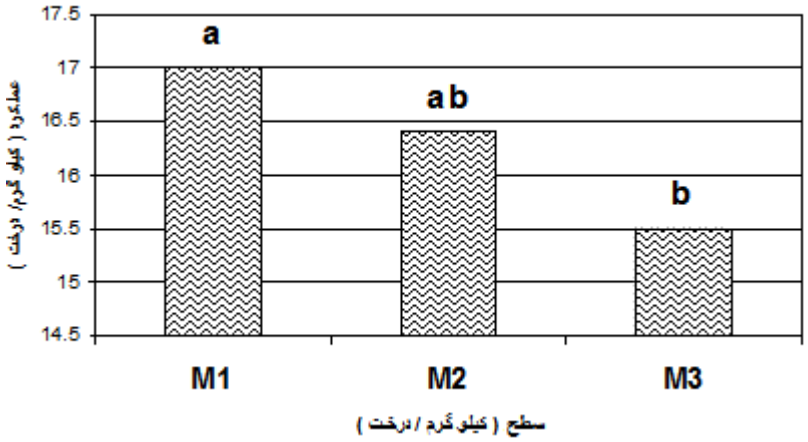
اثر منابع مختلف کود آلی بر مقدار عملکرد دانه پسته

اثر اصلی و متقابل نوع و مقدار مصرف کود آلی بر عملکرد دانه پسته در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). بیشترین مقدار عملکرد در تیمار کود گاوی و کمترین آن در تیمار کود مرغی بود به طوری که تفاوت تیمارها از لحاظ آماری نیز معنی دار بود. همچنین عملکرد دانه پسته در سطح اول مصرف کودهای آلی بیشترین مقدار را داشت و با افزایش مقدار مصرف از میزان آن کاسته شد. در اثر متقابل، تیمارها به ترتیب C2M2 < C1M3 < C1M1 بالاترین اثربخشی را بر

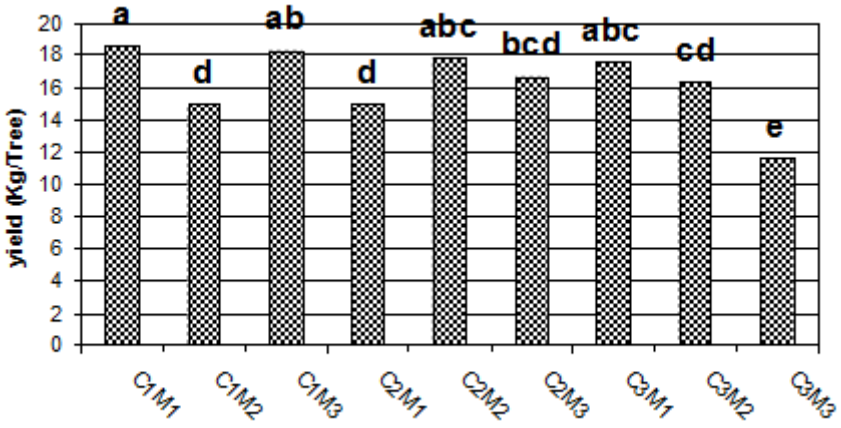
مقدار عملکرد دانه پسته داشتند.



شکل ۴- اثر اصلی منابع کود آلی بر عملکرد دانه پسته



شکل ۵- اثر اصلی سطوح کود آلی بر عملکرد دانه پسته



شکل ۶- اثرات متقابل نوع و مقدار کود آلی بر عملکرد دانه پسته

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از آن است که باغ مورد نظر در طرح از نظر وضعیت عناصر اصلی و ماده آلی دارای محدودیت جدی است بطوریکه با مصرف کودهای آلی گیاه واکنش مثبت از خود نشان داد. بیشترین عملکرد دانه پسته در تیمار کود گاوی و سپس کمپوست پسماند شهری و کمترین در تیمار کود مرغی بود. فرقانی (۱۳۸۴) نشان داد که با مصرف مواد افزودنی کمپوست زباله شهری، کود پوسیده گاوی، کلش برنج میزان مواد هوموسی خاک افزایش می یابد و بیشترین میانگین‌ها را کود دامی پوسیده به خود اختصاص داد. استفاده از منابع مختلف کود آلی به عنوان تنها منبع کودی درخت پسته در کوتاه مدت به تنهائی کارآمد نیست و بایستی در چند سال اول جهت افزایش کارایی توام با کودهای شیمیائی به کار روند. در این راستا، آنالیز خاک و گیاه در تعیین تغذیه مناسب گیاه می‌تواند بسیار موثر باشد. مصرف هر نوع ماده آلی با در نظر گرفتن خصوصیات شیمیائی آن می‌تواند برای گیاه مفید واقع شود منوط بر اینکه، اصل تعادل عناصر غذائی در خاک مورد توجه قرار گیرد. برای این منظور میزان عناصری که از طریق کود آلی به خاک اضافه می‌شود بایستی از کل نیاز غذائی گیاه به آن عنصر خاص کسر شده و مابقی از طریق منابع دیگر کودی جایگزین گردد.

فهرست منابع

۱- حسینی فرد، سید جواد و علیپور، ح.، ۱۳۸۲. تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در پسته، انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور، ۶۴ صفحه.

۲- شاهیان، رامین، ۱۳۸۰. مطالعه اثرات کمپوست غنی شده با کودهای شیمیایی بر روی رشد، عملکرد و ترکیب شیمیایی خیار گلخانه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۳- غیبی، میربهروز و جوادی خسرقی، سهراب، ۱۳۸۴. اصول کاربردی کاشت و مراقبت باغ پسته، کاربرد علوم کشاورزی.

4- Hendricks, L., Ferguson, I., 1997. The pistachio tree, In. International Horticulture Sypoium Davis, California.

5- Kanber, R., Yazar, A., Onders, Koksal, H., 1993. Irrigation response of pistachio. Irrigation Sci. (Borlin) 14(1):7-14.

6- Oliet A.J., Planelles, R., Artero F., Jacobs F.D., 2005: Nursery fertilization and tree shelters affect long-term field response of Acacia Salicina Lindl. Planted in Mediterranean semiarid conditions, Forest Ecology and Management, 215: 339-351.

7- Spiegel-Roy, P., 1985. Pistachio in CRC hand book of flowering, Vol. 4, CRC press, pp:88-93.

Investigation of the main and interaction effects of different sources and levels of organic fertilizers on pistachio tree yield

Amir Aftabtalab [1*] ,Alireza fallah Nosratabad [2]

1- Master, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

2- Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

* A.aftabtalab@areeo.ac.ir

Abstract

Organic matter is known as one of the most important pillars of soil fertility due to its constructive effects on the physical, chemical and biological properties of soil. Meanwhile, Iranian soils are poor in organic matter. Pistachio farmers are more inclined to use poultry manure and use less organic fertilizers. This study was conducted to study the independent and interaction effects of different sources and amounts of organic fertilizers on pistachio tree yield as a factorial split experiment in a randomized complete block design with three replications. The trees tested were 20 years old and were quite similar in terms of growth and other factors such as annuality. Organic fertilizer was used from three sources of completely rotten cow manure, poultry manure and municipal waste compost at three levels of 10, 20 and 30 kg per tree. After applying the treatments, the main and interaction effects of type and amount of organic fertilizer on the percentage of flower formation and also on the final yield of pistachio seeds were significant at the level of 1%. The results of this study showed that by consuming different sources of organic fertilizer, the growth index and yield in pistachio trees are significantly improved.

Keywords: Pistachio, Poultry manure, Bovine manure, Urban hysteresis compost, Sustainable agriculture

مطالعه صفات فیزیولوژیک و غلظت آهن در گیاه یونجه یکساله (*Medicago scuttelata*) در پاسخ به محلول‌پاشی آهن در شرایط تنش کمبود آهن ناشی از آهک در خاک

زهرا قشلاقی[1]، رضا خراسانی[1]

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

za.gheshlaghi@gmail.com, khorasani@um.ac.ir

چکیده

آهن یک عنصر ضروری برای گیاه است که در خاک‌های آهکی حلالیت آن کاهش یافته و منجر به بروز علائم کلروز برگی در گیاه می‌شود. به منظور بررسی پاسخ فیزیولوژیکی و غلظت آهن در گیاه یونجه یکساله به محلول‌پاشی آهن در شرایط کمبود آهن ناشی از حضور آهک در خاک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف آهک (۰، ۴ و ۸ درصد)، محلول‌پاشی کود سکوسترین آهن (غلظت‌های ۰ و ۲ در هزار) بودند. نتایج نشان داد محلول‌پاشی آهن در سطوح مختلف آهک در خاک، موجب افزایش معنی‌داری غلظت پروتئین برگ گیاه نسبت به شرایط کنترل شد. محلول‌پاشی آهن با تعدیل در فعالیت سیستم‌های مهارکننده‌ی رادیکال‌های آزاد و افزایش فراهمی آهن برای گیاه موجب کاهش تنش‌های اکسیداتیو از طریق کاهش غلظت ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی،آسکوربات و فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز و افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در گیاه در شرایط تنش کمبود آهن گردید که در نتیجه موجب افزایش غلظت آهن کل و فعال در برگ گیاه و بهبود غلظت کلروفیل و جلوگیری از بروز علائم زردبرگی در شرایط کمبود آهن ناشی از آهک در خاک شد. با توجه به نتایج حاصل استفاده از روش محلول‌پاشی آهن در خاک‌های آهکی برای کاهش اثرات کلروز ناشی از آهک توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: آسکوربات، آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز، کلروز برگی، Fe-EDDHA

مقدمه

آهن یکی از فراوان‌ترین عناصر در پوسته‌ی کره زمین محسوب می‌شود، با این حال کمبود آهن یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی در خاک‌های آهکی (خاک‌هایی با بیشتر از ۲۰ درصد آهک و pH بیشتر از ۷/۵) محسوب می‌شود. گیاهان رشد یافته در خاک‌های آهکی معمولاً علائم کمبود آهن را به صورت کلروز برگی (IDC[1]) نشان می‌دهند؛ این پدیده ناشی از عوامل متعددی است که باعث محدودیت دسترسی آهن، جذب، انتقال و استفاده از آهن توسط گیاهان می‌شود (Abadia et al., 2011)، کلروز کمبود آهن باعث کاهش در عملکرد و کیفیت بسیاری از محصولات می‌شود (Álvarez-Fernández et al., 2011). اثرات ناشی از IDC در گیاهان تابع کارایی آهن در آنها می‌باشد. گیاهان در شرایط کمبود آهن، برای مقابله با این تنش تغذیه‌ای از مجموعه‌ای از پاسخ‌ها از جمله ایجاد مکانیسم‌های مختلف ریشه (Abadía et al., 2011) و سنتز و انباشت کربوکسیلات‌ها (Abadía et al., 2002) استفاده می‌کنند. به طور کلی پاسخ گیاه به کمبود آهن شامل تقویت سیستم‌های آنتی اکسیدانی (آنزیمی و غیر آنزیمی) است که باعث حذف رادیکال‌های آزاد (ROS) تولید شده توسط شرایط تنش کمبود آهن می‌شود.

یونجه‌ی یکساله (*Medicago scutellata*) یکی از گیاهان خانواده‌ی لگوم[2] است که به طور طبیعی در خاک‌های آهکی سراسر حوزه مدیترانه رویش می‌کند. این گیاه دارای ارزش اقتصادی و زیست محیطی بسیاری است که می‌تواند باروری خاک را بهبود بخشد و برای احیاء مراتع آهکی استفاده گردد(Wang et al., 2012). مطالعات بسیاری در مورد پاسخ گونه‌های یکساله و چند ساله یونجه به تنش‌های مختلف زیستی، از جمله تنش خشکی (Naya et al., 2007)، شوری (Abusuwar et al., 2015)، سمیت فلزات سنگین (Rashdi and Sulaiman 2013) و کمبود آهن (Rodríguez-

[1] iron deficiency chlorosis

[2] Leguminosae

(Celma et al., 2011a) انجام شـده اسـت. مطالعات اخیر نشـان داده است که مقاومت گونه‌های یونجه به شرایط کمبود آهن در خاک‌های آهکی با کاهش pH محیط رشـد ریشـه، القاء آنزیم آهن ردوکتاز و ترشـح فلاوین ها همراه اسـت (Rodríguez-Celma et al., 2011a).

پدیده IDC معمولاً با استفاده از مصرف خاکی کلات‌های مصنوعی آهن فریک کنترل می‌شود (Abadía et al. 2004) اما این دسته از کودها به طور کامل نتوانسته‌اند در کاهش IDC در این خاک‌ها موفق باشند، این روش باید سالانه تکرار شـود زیرا آهن به سـرعت در خاک غیر متحرک می‌شـود و از سوی دیگر، عوامل کلات کننده ممکن است جذب فلزات دیگر مانند منگنز، مس و نیکل را نیز برای گیاه تحت تأثیر قرار دهد. با این حال محلول‌پاشـی آهن اگر در زمان مناسب اعمال شـود می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های کارآمد برای اصـلاح کلروز برگی محسـوب شود (El-Jendoubi et al., 2014; Ríos et al 2016). روش محلول‌پاشـی نسـبت به روش کاربرد خاکی آهن به دلیل مصرف کمتر کودهای آهن از لحاظ اقتصـادی سـودآور و سازگار با محیط زیست محسوب می‌شود. با توجه به مطالب فوق هدف از این مطالعه بررسی تأثیر روش محلول‌پاشـی کود سـکوسترین آهن بر خصوصیات فیزیولوژیکی و غلظت آهن در گیاه یونجه یکساله و تأثیر روش محلول‌پاشی برگی بر کاهش اثرات IDC در *M.scutellata* رشد یافته در خاک‌های حاوی آهک بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت کشت گلدانی در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش به صـورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو سطح محلول‌پاشی آهن (۰ و ۲ در هزار) و سه سطح آهک (۰، ۴ و ۸ درصـد) در سـه تکرار بر روی گیاه یونجه یکساله (*Medicago scutellata* (L.) Mill.) انجام گرفت. در این آزمایش، منبع آهن از کود سکوسترین آهن (Fe-EDDHA) و آهک به صورت کربنات کلسیم خالص تأمین شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری شده در آزمایش

EC (dS/m)	pH	CEC (cmol.kg^{-1}soil)	نیتروژن کل	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل کل	کربنات کلسیم معادل فعال	P	K	Fe-DTPA
			(درصد)				(میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)		
۳/۹۸	۷/۷	۱۲/۲۱	۰/۱۰۲	۱/۲	۵/۷	۱/۹	۳۸/۵	۳۱۷/۴	۳/۶

به منظور به تعادل رسـیدن خاک اولیه با آهک، خاک به مدت دو ماه با ۰، ۴ و ۸ درصـد آهک با ایجاد چرخه‌های مرطوب کردن (۵۰ درصد رطوبت زراعی) و هوا خشک کردن متوالی به تعادل رسید. بعد از اتمام کامل جوانه زنی بذرها تعداد گیاهچه‌ها در هر گلدان به ۲۰ عدد رسـانده شـد و محلول‌پاشی برگی در ۳ نوبت (۲۱، ۲۸ و ۳۵ روز بعد از کشت گیاه) هر بار به میزان ۱۰۰ میلی لیتر انجام شد. یک روز قبل از پایان آزمایش نمونه‌برداری از گیاهان جهت اندازه‌گیری پـارامترهای کلروفیل و آهن فعال انجام شـد. در پایان دوره آزمایش از هر گلدان ۱۰ گیاه به طور تصـادفی انتخاب و بالافاصـله در فریزر در دمای ۸۰- درجه سـانتی‌گراد برای انجام آزمایشات بعدی (پروتئین، آسکوربات، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی کل، آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز و آسـکوربات پراکسیداز) نگهداری شد. مابقی گیاهان نیز بعد از تفکیک ریشه و برگ و اندازه‌گیری وزن تازه اندام‌ها، جهت خشـک شـدن به آون با دمای ۷۰ درجه سـانتی‌گراد به مدت ۴۸ سـاعت منتقل شـدند. پس از آماده‌سـازی و هضـم مرطوب نمونه‌ها، غلظت آهن در ریشه، ساقه و برگ گیاه یونجه با استفاده از دسـتگاه ICP-OES بر حسـب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاهی اندازه‌گیری و گزارش شد (Hseu, 2004).میزان کلروفیل کل با اسـتفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ محاسبه شد. استخراج و اندازهگیری پروتئین از برگ‌های گیاه یونجه با روش برادفورد در طول موج ۵۹۵ نانومتر انجام شـد (Bradford et al, 1976). غلظت آسـکوربات (Asc) در برگ‌های گیاه با اسـتفاده از α,α دیپریدیل[۳] به روش رنگ‌سـنجی اندازه‌گیری شـد (Okamura, 1980). فعالیت آنزیم آسـکوربات پراکسـیداز و گلوتاتیون ردوکتاز براساس روش اسپکتروفتومتری (UV) به ترتیب در طول موج ۲۹۰ و ۳۴۰ نانومتر براسـاس روش Nakano and Asada (1981) وCarlberg and Mannervik

[۳] α,α-dipyridyl

(1985) انجام شـد.آهن فعال (آهن عصـاره‌گیری شـده با ۱۰،۱ فنانترولین) در بافت تازه برگ گیاه یونجه بـــه روش Katyal and Sharma (1984) اندازه‌گیری شـد. اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل با روش فولین شیکالتو با کمی اصلاحات (Medina-Juárez et al., 2012). تجزیه و تحلیل داده ها: تجزیه داده‌ها با اسـتفاده از نرم افزار آماری SPSS 13.0 مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسـه میانگین‌ها با اسـتفاده از آزمون دانکن در سـطح ۵ درصـد و رسـم نمودارها نیز توسط نرم افزار Sigma Plot 11 صورت گرفت.

نتایج و بحث

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشـان داد که اثرات متقابل محلول‌پاشـی آهن و سطوح آهک بر غلظت کلروفیل کل در سـطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول۲). نتایج مربوط به غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه یونجه نشان داد که، در تیمار کمبود مسـتقیم آهن (Fe_0 $Lime_0$) هیچ اثری از کلروزبرگی مشـاهده نشـد در حالیکه علائم زردبرگی در گیاهان رشد یافته در تیمار کنترل و درصد زیاد آهک (Fe_0 $Lime_8$) به وضوح مشاهده گردید (جدول۳). با افزایش غلظت آهک، مقدار کلروفیل در برگ گیاهان به طور معنی‌داری کاهش یافت، محلول‌پاشـی آهن موجب افزایش معنی‌داری در غلظت کلروفیل در هر سـه سـطح آهک نسـبت به تیمار کنترل شـد (جدول۳). به طوری که غلظت کلروفیل در سطوح ۴ و ۸ درصـد آهک (۳۱ و ۵۷ درصد) نسبت به خاک طبیعی (۲۹ درصد) نسبت به کنترل با شیب بیشتری افزایش یافت. این نتایج با گزارشـات قبلی مبنی برتأثیر محلول‌پاشـی کلات آهن بر افزایش غلظت کلروفیل برگ و آهن مطابقت داشـت (Álvarez-Fernández et al., 2011; Abadía et al., 2011). همچنین (Fuentes et al., 2018) نشـان دادنـد کـه محلول‌پاشـی محلول‌های حاوی آهن همیشـه منجر به افزایش کلروفیل برگ شد، که نتایج به طور قابل توجهی وابسته به نوع منابع آهن بود.

پروتئین و آسکوربات

نتـایج تجزیه واریانس داده‌ها نشـان داد که اثرات متقابل محلول‌پاشـی آهن و سـطوح آهک بر غلظت پروتئین و آسـکوربات برگ‌ها در سـطح ۱ درصـد معنی‌دار بود (جدول۲). افزایش غلظت آهک در خاک از ۰ تا ۴ درصـد، موجب افزایش معنی‌داری در غلظت پروتئین برگ‌ها در تیمار کنترل شـد در حالیکه با افزایش مقدار آهک مصـرفی از ۴ تا ۸ درصـد در خاک، غلظت پروتئین به طور معنی‌داری کاهش یافت. بین غلظت پروتئین در برگ‌ها در تیمار محلول‌پاشـی آهن، در سـه سطح آهک در خاک تفاوت چشم‌گیری مشاهده تشد و در دو سطح آهک ۰ و ۸ درصد غلظت پروتئین در این تیمـار نسـبت بـه تیمار کنترل به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول۳).افزایش سـطوح آهک موجب افزایش معنی‌داری در غلظت آسـکوربات در تیمار کنترل شد در حالیکه محلول‌پاشی آن موجب کاهش غلظت آسکوربات در هر سـه سـطح آهک، نسبت به تیمار کنترل گردید (جدول۳). این نتایج با مطالعات قبلی در ارتباط با اثر محلول‌پاشی کود آهن در گیاهانی که در شرایط کمبود آهن رشد کرده بودند مطابقت داشت (Pestana et al. 2001)

جدول۲. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل فاکتورها بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه

			Mean Square							میانگین مربعات
S.O.V	منابع تغییرات	df درجه آزادی	Total Chlorophyll کلروفیل کل	Protein پروتئین	Total flavonoid leaf فلاونوئید کل	Total phenolic leaf فنل کل	ASC leaf آسکوربات	APX آسکوربات پراکسیداز	GR گلوتاتیون ردوکتاز
Foliar spray	سطوح محلول پاشی برگی	1	0.94**	251.25**	42.18**	842.76**	12.51**	13.67**	1027.7**
Lime	سطوح آهک	2	0.26**	190.69**	5.08**	101.49**	0.36**	0.35**	140.24**
F×L	سطوح محلول پاشی× سطوح آهک	2	0.01*	119.88**	0.32*	6.39*	1.53**	3.04**	46.81**
Error	خطا	12	0.003	1.864	0.072	1.44	0.018	0.03	3.97

ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست، و * و ** به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار است.

جدول۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه

treatment تیمارها	Total Chlorophyll (mg g^{-1} FW leaf) کلروفیل کل	Protein (mg g^{-1} FW leaf) پروتئین	Total flavonoid leaf (mg rutin eq g^{-1} DM) فلاونوئید کل	Total phenolic leaf (mg GAEg^{-1} DM) فنل کل	ASC leaf (µmol g^{-1} FW) آسکوربات
Control lim0	1.47^{c}	29.34^{c}	13.4^{b}	55.03^{b}	2.71^{c}
Control lim4	1.26^{d}	37.15^{a}	13.8^{b}	56.9^{b}	3.42^{b}
Control lim8	0.99^{e}	17.18^{d}	15.13^{a}	62.66^{a}	4.21^{a}
Fe* lim0	1.89^{a}	36.5^{a}	9.9^{e}	39.6^{e}	2.01^{d}
Fe* lim4	1.65^{b}	35.8^{ab}	11.3^{d}	45.5^{d}	1.82^{d}
Fe* lim8	1.55^{c}	33.7^{b}	11.9^{c}	48.4^{c}	1.5^{e}

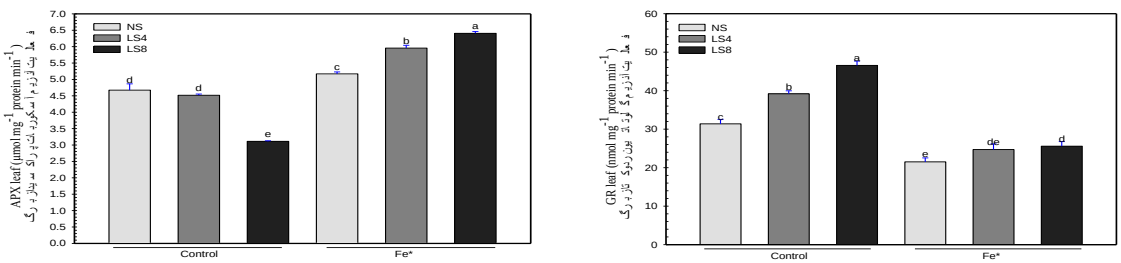
در هر ستون و در هر فاکتور، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

محتوای ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی

اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک بر غلظت ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی برگ‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۲). غلظت ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در تیمار کنترل با افزایش غلظت آهک در خاک از ۰ تا ۸ درصد به طور معنی‌داری افزایش یافت به گونه ای که نرخ افزایش غلظت این ترکیبات آنتی اکسیدانی بین دو سطح ۰ و ۴ درصد آهک بیش از دو سطح ۴ و ۸ درصد بوده است (جدول۳). محلول پاشی آهن نیز به طور معنی داری باعث کاهش غلظت ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای کل در هر سه سطح آهک نسبت به تیمار کنترل گردید (جدول۳).

نتایج هسی و واترز (2016) نشان داد که در شرایط کمبود آهن ناشی از آهک در خاک میزان بیان ژن‌های سنتز ریبوفلاوین در خیار افزایش یافت. نتایج این محققان همچنین نشان داد که اگرچه بین کمبود آهن در pH نرمال و کمبود آهن در شرایط قلیائیت مسیرهای بیان ژن مشترکی وجود دارد و با یکدیگر همپوشانی دارند اما این دو کاملاً مشابه یکدیگر نیستند. مطالعات نشان داد که در شرایط کمبود آهن در ریشه گیاه یونجه یکساله (*M. truncatula*) چندین ژن و پروتئین در مسیر سنتز ریبوفلاوین بیان شد (Hsieh and Waters, 2016) در این گیاه در شرایط کمبود آهن همراه با تنش قلیائیت، اگرچه غلظت فلاوین‌ها در ریشه‌ی گیاه افزایش یافت اما تنها فراوانی برخی از پروتئین‌های مسئول سنتز ریبوفلاوین در ریشه گیاه نسبت به شرایط کمبود آهن در pH نرمال افزایش یافت (Rodríguez-Celma et al., 2011a). اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح آهک در تیمار کنترل فعالیت آنزیم APX و GR به ترتیب کاهش و افزایش یافته است (شکل۱ و ۲). محلول‌پاشی آهن موجب افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم APX در هر سه سطح آهک نسبت به تیمار کنترل شده است و بیشترین فعالیت آنزیم APX در سطح ۸ درصد آهک تیمار محلول‌پاشی مشاهده شد.بین فعالیت آنزیم GR در تیمار محلول‌پاشی آهن و سه سطح آهک اثر معنی‌داری مشاهده نشد و فعالیت آنزیم GR نسبت به تیمار کنترل به طور معنی‌داری کاهش یافت. این نتایج هم راستا با مطالعات قبلی در ارتباط با اثر محلول‌پاشی کود آهن بر تغییر فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی آنزیمی گیاه در ارتباط با کمبود آهن بود (Shi et al. 2018; Fuentes et al. 2018).

شکل۱. اثر متقابل محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک بر فعالیت آنزیم APX و GR گیاه یونجه (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است).



زیست توده، RWC و MSI

افزایش غلظت آهک موجب کاهش شـــدیدی در RWC و MSI گردید (جدول ۴ و۵) که یکی از دلایل آن می‌تواند مربوط به تأثیر غلظت زیاد آهک در خاک بر افزایش اثر تنش اسمزی و همچنین یونی در گیاه باشد (Osuagwu et al., 2010). به عبارتی با افزایش غلظت آهک در خاک فراهمی و قابلیت اســتفاده آب در خاک برای گیاه کاهش یافته اســت کـه با افزایش نســـبت وزن ریشـــه به برگ همراه بود. افزایش غلظت آهک از یک طرف با ایجاد اختلال در جذب آهن توســط گیاه، موجب ایجاد عدم تعادل در جذب ســایر عناصــر غذایی گردیده و از طرفی به علت تأثیر و نقش یون‌های بی‌کربنات در افزایش PH رایزوســـفر و تأثیر بر نفوذپذیری غشـــا موجب کاهش این پارامترها شـــده اســـت از طرفی محلول‌پاشـی آهن با کاهش تنش اسمزی ناشی از آهک در خاک موجب افزایش شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ گردیده است (Msilini et al., 2012).

جدول۴. مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح آهک و محلول‌پاشی آهن بر محتوای نسبی آب برگ و غلظت آهن برگ، ساقه و ریشه

treatment تیمار	level سطح	RWC % محتوای نسبی آب برگ	leaf total Fe con (µg g^{-1}DW) غلظت اهن کل برگ	Stem Fe con (µg g^{-1}DW) غلظت آهن ساقه	Root Fe con (µg g^{-1}DW) غلظت آهن ریشه
Lime	0%	91.4a	185.83a	71.47a	697.04a
	4%	70.51b	164.82b	63.74a	572.97b
	8%	67.26b	148.47c	66.55a	615.82b
SE		1.16	2.92	3.03	17.47
Foliar spray	0	69.82b	129.69b	60.9b	530.81b
	۲ در هزار	82.97a	203.06a	73.61a	726.42a
SE		0.95	2.38	2.48	14.26

جدول۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک بر وزن خشک ریشه، شاخص پایداری غشاء و غلظت آهن فعال

treatment تیمارها	DW root g plant^{-1} وزن خشک ریشه	MSI % شاخص پایداری غشاء	leaf ex Fe con (µg g^{-1}DW) غلظت آهن فعال برگ	Root Fe con (µg g^{-1}DW) غلظت آهن ریشه
Control lim0	0.95^{b}	81.12^{b}	44.5^{d}	713.32^{ab}
Control lim4	0.85^{c}	55.85^{e}	36.25^{e}	431.12^{c}
Control lim8	0.68^{d}	55.65^{e}	28.4^{f}	447.97^{c}
Fe* lim0	1.02^{a}	90.47^{a}	61.09^{a}	680.77^{b}
Fe* lim4	0.82^{c}	73.75^{c}	53.18^{b}	714.82^{ab}
Fe* lim8	0.53^{e}	67.28^{d}	49.9^{c}	783.66^{a}

غلظت آهن

نتایج واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک بر غلظت آهن کل و فعال برگ و ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۶). محلول‌پاشی برگی کود سکوسترین آهن موجب افزایش معنی‌داری در غلظت آهن کل و فعال برگ، ریشـه و ساقه گردیده است (جدول۴ و ۵)، افزایش سطوح آهک موجب کاهش شدید غلظت آهن کل و فعال برگ و ریشـه شـد اما اثر معنی‌داری بر غلظت آهن ساقه نداشته است (جدول۴ و۵). اثر متقابل محلول‌پاشی آهن و سطوح آهک تنها بر غلظت آهن فعال (Fe^{2+}) برگ و غلظت آهن ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۶). در تیمـار کنترل و همچنین محلول‌پـاشـــی آهن، غلظت آهن فعال برگ با افزایش غلظت آهک در خاک به طور معنی داری کاهش یافت (جدول۵)، در هر سـه سـطح آهک محلول‌پاشی آهن موجب افزایش معنی‌داری در غلظت آهن فعال برگ نسـبت به تیمار کنترل گردید و بالاترین غلظت آهن فعال در تیمار محلول‌پاشـی و در سـطح صـفر درصـد آهک مشـاهده شـد (جدول۵). در تیمار کنترل افزایش غلظت آهک از ۰ تا ۸ درصد، موجب کاهش غلظت آهن ریشه شد در صـورتی که در تیمار محلول پاشی با افزایش غلظت آهک از ۰ به ۸ درصد، غلظت آهن ریشه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول۵).

کاهش غلظت آهن ریشه با افزایش سطوح آهک در خاک می‌تواند ناشی از اثر حضور کربنات‌های موجود در خاک بر کاهش جذب آهن توسط ریشه از خاک و همچنین افزایش انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی باشد همان طور که نتایج نشـان داد در تیمار کنترل (صفر میلی‌گرم آهن در خاک) افزایش غلظت آهک اثر افزایشی بر روی درصد انتقال آهن از

ریشه به اندام هوایی داشته است، در این تیمار درصد انتقال آهن از ریشه به برگ در سطح آهک ۰، ۴ و ۸ درصد به ترتیب ۲۱، ۲۸ و ۲۵ درصد بوده است. که علت آن می‌تواند مربوط به پاسخ‌های متابولیکی گیاه در شرایط کمبود آهن باشد. همان طور که مطالعات بسیاری نشان داده است که گیاهان در شرایط کمبود آهن از مکانیسم‌هایی متفاوتی (کاهش اسیدیته رایزوسفر، تراوشات ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی و اسیدهای آلی) برای افزایش جذب آهن از محیط ریشه استفاده می‌کنند (García-Mina et al., 2013). همچنین نتایج حاصل با گزارش محققان مبنی بر اثر بی‌کربنات در غیرمتحرک سازی آهن در آپوپلاست ریشه و کاهش جذب آهن در گیاه و ایجاد کلروز برگی مطابقت داشت (Njogu et al. 2014).

جدول۶. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل فاکتورها بر غلظت آهن اندام‌های گیاه

			Mean Square		میانگین مربعات	
S.O.V	منابع تغییرات	df درجه آزادی	leaf total Fe con غلظت آهن کل برگ	leaf ex Fe con غلظت آهن فعال برگ	Stem Fe con غلظت آهن ساقه	Root Fe con غلظت آهن ریشه
Foliar spray	سطوح محلول پاشی برگی	1	24228.31**	1512.85**	726.83**	172189.31**
Lime	سطوح آهک	2	2103.77**	282.71**	91.93ns	23826.75**
F×L	سطوح محلول پاشی× سطوح آهک	2	51.32ns	11.25**	171.98ns	59576.9**
Error	خطا	12	51.231	0.903	55.346	1831.514

ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست، و * و ** به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که پاسخ گیاه یونجه یکساله اسکوتلاتا به کمبود آهن ناشی از حضور آهک در خاک متفاوت از شرایط کمبود مستقیم آهن بوده است. همان طور که نتایج نشان داد گیاه تنها در شرایط (IDC) علائم زرد برگی را نشان داد که با تغییرات فیزیولوژیکی گیاه همراه بود، در شرایط کمبود آهن ناشی از حضور آهک در خاک، تنش‌های اکسیداتیو در گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافت که با فعال شدن سیستم‌های آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاه همرا بود؛ غلظت ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی و آسکوربات و همچنین فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در گیاه با افزایش سطوح آهک افزایش یافت که نتیجه آن کاهش غلظت آهن فعال و کل در برگ و ایجاد علائم زردبرگی در گیاه و کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بوده است. محلول‌پاشی آهن از یک سو با تعدیل در فعالیت سیستم‌های مهارکننده رادیکال‌های آزاد و از طرف دیگر با افزایش فراهمی آهن برای گیاه موجب کاهش تنش‌های اکسیداتیو از طریق کاهش غلظت ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز و افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و بهبود غلظت آهن در گیاه و در نتیجه کلروفیل برگ شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش محلول‌پاشی Fe-EDDHA برای بهبود علائم کلروز برگی در گیاهان رشد یافته در خاک‌های آهکی می‌تواند توصیه شود.

منابع

Abadía J, Álvarez-Fernández A, Sanz M, Abadía A, Rombolà AD, Tagliavini M (2004) Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency. Soil Sci Plant Nutr 50:965–971.

Abadía J, López-Millán A-F, Rombolà A, Abadía A (2002) Organic acids and Fe deficiency: A review. Plant Soil 241:75–86.

Abadía J, Vázquez S, Rellán-Álvarez R, El-Jendoubi H, Abadía A, Álvarez-Fernández A, López-Millán A-F (2011) Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. Plant Physiol Biochem 49:471–482.

Abusuwar AO, Daur I (2015) Effect of seed pelleting with organic manures and rhizobia on the performance of the two Alfalfa cultivars cultivars grown in saline environment. Legume Res 38:1-6.

Al-Rashdi TT, Sulaiman H (2013) Bioconcentration of heavy metals in alfalfa (*Medicago sativa*) from farm soils around Sohar industrial area in Oman. APCBEE Procedia 5:271–278.

Álvarez-Fernández A, Melgar JC, Abadía J, Abadía A (2011) Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* L. Batsch). Environ Exp Bot 71, 280-286

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: phenol oxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*, 24, 1–15.

Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem 72:248-54.

Carlberg I, Mannervik B (1985) Glutathione reductase. Meth Enzymology 113:484–90

El-Jendoubi H, Vázquez S, Calatayud A, Vavpetic P, Vogel-Mikuš K, Pelicon P, Abadía J, Abadía A, Morales F (2014) The effects of foliar fertilization with iron sulfate in chlorotic leaves are limited to the treated area. A study with peach trees (*Prunus persica* L. Batsch) grown in the field and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown in hydroponics. Front Plant Sci 5, 2.

Fuentes M, Bacaicoa E, Rivero M, Zamarreño AM, García-Mina JM (2018) Complementary evaluation of iron deficiency root responses to assess the effectiveness of different iron foliar applications for chlorosis remediation. Front plant sci 9:351

García-Mina, J.M., E. Bacaicoa, M. Fuentes, and E. Casanova. 2013. Fine regulation of leaf iron use efficiency and iron root uptake under limited iron bioavailability. *Plant Science* 198:39–45.

Hseu ZY (2004) Evaluating heavy metal contents in nine composts using four digestion methods. Biores Technol 95:53–59.

Hsieh, E.J., and B.M. Waters. 2016. "Alkaline stress and iron deficiency regulate iron uptake and riboflavin synthesis gene expression differently in root and leaf tissue: Implications for iron deficiency chlorosis." *Journal of Experimental Botany* 67(19):5671–5685.

Katyal JC, Sharma BD (1984) Some modification in the assay of Fe^{2+} in 1-10, *o*-phenanthroline extracts of fresh plant tissues. Plant Soil 79:449–450.

Medina-Juarez LA, Molina-Quijada DMA, Del-Toro-Sánchez CL, González-Aguilar GA, Gámez-Meza N (2012) Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. Interciencia, 37: 588-593.

Menichini F, Tundis R, Bonesi M, Loizzo, M R, Conforti F, Statti, G, De Cindio B, Houghton, PJ,

Msilini N, Attia H, Rabhi M, Karray N, Lachaâl M, Ouerghi Z (2012) Responses of two lettuce cultivars to iron deficiency. Exp Agric 48:523–535

Nakano Y, Asada K (1981) Hydrogen-peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach-chloroplasts. Plant Cell Physiol 22:867–880.

Naya L, Ladrera R, Ramos J, González EM, Arrese-Igor C, Minchin FR, and Becana M (2007) The response of carbon metabolism and antioxidant defenses of Alfalfa nodules to drought drought stress and to the subsequent recovery of plants. Plant Physiol 144: 1104-1114

Njogu RNE, Kariuki DK, Kamau DM, Wachira FN (2014) Effects of foliar fertilizer application on quality of tea (Camellia sinensis L.) grown in the Kenyan highlands. Am J Plant Sci 5:2707–2715.

Okamura M (1980) An improved method for determination of L-ascorbic acid and L-dehydroascorbic acid in blood plasma. Clin Chim Acta 103:259–68

Osuagwu GGE, Edeoga HO, Osuagwu AN (2010) The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recentres. sci. technol 2:27-33.

Pestana M, Correia PJ, de Varennes A, Abadía J, Faria EA (2001) Effectiveness of different foliar applications to control iron chlorosis in orange trees grown on a calcareous soil. J Plant Nutr 24:613–622.

Ríos JJ, Carrasco-Gil S, Abadía A, Abadía J (2016) Using perls staining to trace the iron uptake pathway in leaves of a Prunus rootstock treated with iron foliar fertilizers. Front Plant Sci 7: 893

Rodríguez-Celma J, Lattanzio G, Grusak MA, Abadía A, Abadía J, López-Millán A-F (2011a) Root responses of *Medicago truncatula* plants grown in two different iron deficiency conditions: Changes in root protein profile and riboflavin biosynthesis. J Proteome Res 10:2590–2601.

Shi P, Song C, Chen H, Duan B, Zhang Z, Meng J (2018) Foliar applications of iron promote flavonoids accumulation in grape berry of *Vitis vinifera* cv. Merlot grown in the iron deficiency soil. Food Chem 253:164–170.

Wang X, Chen W, Zhou Y, Han, J, Zhao J, Shi, D, Yang, C (2012) Comparison of adaptive strategies of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) to salt and alkali stresses. Aust J Crop Sci 6:309–315

Study of physiological and Iron concentration in *Medicago scuttelata* in response to Fe foliar spray in iron deficiency chlorosis stress

Zahra Gheshlaghi[1], Reza Khorassani[1]
1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
za.gheshlaghi@gmail.com, khorasani@um.ac.ir

Abstract

Iron (Fe) is an abundant element in nature, but in high pH (alkaline) soils the Fe pools available for plants are scarce, resulting in the so-called Fe-deficiency chlorosis. Therefore, Fe deficiency is a major abiotic stress in calcareous soils, which often have > 20% $CaCO_3$ and a pH > 7.5, causing losses in yield and quality in many crops. This type of Fe deficiency is usually called lime-induced chlorosis, and is the result of several factors that limit the availability; uptake, transport and use of Fe by plants and the effects depend strongly on the plant Fe efficiency, with species or cultivars within a given species being more tolerant than others. Seeds of *Medicago scutellata* (L.) Mill. were sterilized for 3 min in 1% (v/v) NaClO, washed for 20 min in sterile distilled water (removing any swollen seeds with broken seed coats), followed by three rinses in sterile distilled water. The soil used was collected from the top layer (2-15 cm) in a farm at Chenaran (Razavi Khorasan Province, Mashhad, Iran; 36°38′30.5″N, 59°06′17.2″E). The soil had a sandy clay loam texture. Total and active $CaCO_3$ were 5.7 and 1.9%, respectively, and (DTPA)-extractable Fe was 3.6 mg Fe kg^{-1}. The natural soil was thoroughly homogenized, air dried, sieved (2 mm), placed in 100 L plastic containers with holes for aeration, and limed by adding 4 and 8% (w/w) $CaCO_3$. Thereafter, soils are named $Lime_0$ (natural soil; 5.7% $CaCO_3$), $Lime_4$ and $Lime_8$ (limed soils: 9.7 and 13.7% $CaCO_3$, respectively). A foliar spray experiment was carried out with in the $Lime_0$,$Lime_4$ and $Lime_8$, then after germinating and growing the plants, leaves sprayed with 2 g L^{-1} Fe(III)-EDDHA (2.14 µM Fe; Fe*).The results showed that Fe foliar application at 3 levels of lime caused a significant increase in the membrane stability index, leaf protein concentration compared to the control. Foliar fertilization Fe(III)-EDHHA by modulating the activity of ROS scavenging systems and increasing iron availability for the plant, Reduced oxidative stress by decreasing concentrations of phenolic and flavonoid compounds, ascorbate, as well as GR enzyme activity and increasing the activity of ascorbate peroxidase enzyme (APX) in plants under iron deficiency stress conditions. Fe foliar application increased total and active iron concentrations in the leaf plant and improved chlorophyll concentration and prevented chlorosis-leaf symptoms in Fe deficiency conditions caused by lime in the soil. According to the results, in calcareous soils, the use of foliar application Fe (Fe- EDDHA) is recommended to reduce the effects of lime induced chlorosis in plants.

Key words: Ascorbate, Fe-EDDHA, GR enzyme activity, Lime- induced chlorosis

بهبود عملکرد و کیفیت خیار گلخانه‌ای در شرایط تنش سرمایی با محلول‌پاشی نمک‌های پتاسیمی

سید مجید موسوی [*۱]، مجید بصیرت[*۱]

موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[*] نویسنده مسئول: majid62mousavi@gmail.com; majid_basirat@yahoo.com

چکیده

تنش سرمایی یکی از عوامل محدود کننده گیاهان می‌باشد که می‌تواند کمیت و کیفیت عملکرد را به‌طور نامطلوبی تحت تأثیر قرار می‌دهد. آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف نمک‌های پتاسیمی سالیسیلیک (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و سیلیسیلیک اسید (۰ و ۴ در هزار) بر وضعیت عملکردی و تغذیه‌ای خیار گلخانه‌ای در شرایط تنش سرمایی اجرا گردید. نتایج نشان داد که تحت تنش سرمایی، محلول‌پاشی همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید به طور معنی‌داری عملکرد کل خیار و عملکرد بازارپسند را تحت تأثیر قرار داد (به ترتیب ۹۴/۹۱ درصد و ۹۶/۰۱ درصد افزایش نسبت به شاهد). همچنین کاربرد تیمارها در اکثر موارد غلظت عناصر غذایی در برگ خیار را بطور معنی‌داری افزایش داد که به نوعی به افزایش پاسخ‌های دفاعی گیاه اشاره دارند. اعمال تیمارها باعث کاهش معنی‌دار محتوای نیترات در برگ خیار شد. این نتایج نشان داد، علاوه بر اینکه مکانیسم‌های دفاعی گیاه بسته به شدت و مدت تنش، در تعدیل اثرات تنش مفید واقع می‌شوند، مدیریت تغذیه‌ای گیاه نیز بزاری کارآمد برای افزایش مقاومت گیاه و دستیابی به عملکردهای اقتصادی، بازار پسند و سالم در شرایط تنش می‌باشد.

کلمات کلیدی: سالیسیلیک اسید، سیلیسیلیک اسید، تنش سرمایی، محلول‌پاشی، خیار گلخانه‌ای

مقدمه

تنش سرمایی یکی از عوامل محدود کننده رشد و پراکنش گیاهان بوده و کمیت و کیفیت محصول تولید شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Xin *et al*., 2007). تنش سرمایی باعث تغییر در ساختار غشاء، پروتئین‌ها و افزایش مواد محلول سمی در گیاهان می‌شود (Mahajan and Tuteja, 2006)؛ از این رو، گیاهان با مکانیسم‌های مختلفی به تنش‌دماهای پایین پاسخ می‌دهند و درجه‌های متفاوتی از تحمل را نشان می‌دهند. فتوسنتز جزء اولین فرایندهایی است که تحت تأثیر دماهای پایین قرار می‌گیرد؛ به‌گونه‌ای که این تنش تعادل بین نور دریافتی و فتوسنتز شده را بر هم زده و منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو ناشی از تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژنی می‌شود (Xu *et al*., 2007).

بنابراین، با وجود اهمیت بالای تنظیم دما در گلخانه، تنظیم دقیق درجه حرارت در گلخانه‌های تجاری به دلایل مختلف از جمه نیاز به تجهیزات گرم کننده‌ی گران قیمت و گرانی سوخت یا برق برای گرم کردن گلخانه‌ها، همیشه امکان پذیر نیست. مدیریت تغذیه گیاه و استفاده از عناصر کلیدی مانند پتاسیم و سیلیسیم، یکی از راهکارهایی است که می‌توان برای کنترل تنش سرمایی از آن استفاده کرد (Liang et al., 2008). اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ گیاهان به تنش‌های متعدد زیستی و غیرزیستی، شناخته شده است که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیدازها و تنظیم کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین، موجب تعدیل اثرات ناشی از تنش سرما در گیاهان می‌گردد (Moradmand et al., 2011). همچنین تحقیقات پیشین اثر سیلیسیم و ترکیبات سیلیسمی را بر صفات مختلف رشدی، عملکردی و تغذیه‌ای گیاهان مختلف مورد بررسی

قرار دادند و بیان کردند که مصرف سطوح مختلف ترکیبات سیلیسیمی منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش سرمایی و سایر تنش‌های زیستی می‌شود (Joudmand and Hajiboland, 2019; Azarfam et al., 2020). با این حال، در رابطه با تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و سیلیسیلیک اسید بر اجزای عملکرد و وضعیت تغذیه‌ای خیار گلخانه‌ای تحقیقات کمی در دسترس است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی نمک‌های پتاسیمی سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر عملکرد و وضعیت تغذیه‌ای خیار گلخانه‌ای، تحت تنش سرمایی، اجرا شد.

مواد و روش

پژوهش حاضر در گلخانه‌ی تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک وآب کرج و به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. گلخانه‌ی محل اجرا دارای سیستم گرمایش کنترل شده بود و کنترل شرایط محیطی توسط سنسورهای محیطی قابل تنظیم بودند. شرایط کشت به صورت هیدروپونیک و در بستر مخلوط ۳۰ درصد پرلیت و ۷۰ درصد کوکوپیت انتخاب شد. محلول غذایی کامل شامل نیتروژن (۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر)، فسفر (۳۵ میلی‌گرم در لیتر)، پتاسیم (۲۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، کلسیم (۱۷۰ میلی گرم در لیتر)، منیزیم (۲۴ میلی‌گرم در لیتر)، آهن (۱/۲میلی‌گرم در لیتر)، منگنز (۰/۵ میلی‌گرم در لیتر)، روی (۰/۳ میلی‌گرم در لیتر)، مس (۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر) و مولیبدن (۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) به صورت کود آبیاری در اختیار گیاهان قرار گرفت.
تیمارهای مورد استفاده شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و اسید سیلیسیلیک در دو سطح صفر و ۴ در هزار بودند که به صورت محلول‌پاشی در مرحله‌ی باردهی در طی ۳ تکرار به فاصله ۲ هفته مصرف شد. بیشترین و موثرترین زمان فتوسنتز گیاه خیار در گلخانه، در ساعات ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر می‌باشد (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۶) که جهت اعمال تنش سرمایی، در این ساعات دما کمتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در سه مرحله بعد از شروع باردهی به فاصله دو هفته، محلول پاشی تیمارهای فوق صورت گرفت. در نهایت گیاهان برداشت و پارامترهای فوق با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی عملکرد و اجزای عملکرد خیار در شرایط تنش سرمایی نشان داد که تنها وزن کل خیار در گلدان به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح سالیسیلیک اسید قرار گرفت. این در حالی‌است که اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید به جز در مورد تعداد کل خیار بدشکل، در مورد سایر صفات معنی‌دار شد (داده‌ها ارائه نشده است).
نتایج مقایسه میانگین اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد خیار در شرایط تنش سرمایی نشان داد که تیمارهای مصرفی به طور معنی‌داری تعداد کل خیار در گلدان را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند، اما بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). وزن کل خیار در گلدان نیز به طور معنی‌داری در تیمارهای اعمال شده در مقایسه با تیمار شاهد افزایش نشان داد و تنها تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید، علی‌رغم افزایش وزن کل خیار در گلدان، فاقد اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بود. بیشترین تعداد خیار بدشکل در تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید مشاهده شد (حدود ۲/۲۹ برابر شاهد بود) و تنها تیماری بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. بالاترین عملکرد بازار پسند در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اتفاق افتاد که حدود ۲ برابر مقدار اندازه‌گیری شده در تیمار

شاهد بود و این تیمار تنها با تیمارهای شاهد و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۱). ابوطالبی و همکاران (۱۳۹۱)، نشان داند که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار مقاومت بافت‌های حساس به سرمازدگی را افزایش داده و بدین طریق باعث کاهش خسارت سرمازدگی در گوجه می‌شود. اکبری و همکاران (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای با هدف افزایش مقاومت خیار به سرما، نتیجه گرفتند که اسید سالیسیلیک از طریق افزایش محتوای کلروفیل و پرولین و جلوگیری از افزایش نشت یونی و محتوای مالون دی‌آلدهید، سبب بهبود پارامترهای رشدی و افزایش مقاومت به تنش سرمایی در مراحل اولیه رشد و درنتیجه افزایش عملکرد محصول می‌شود.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی عملکرد و اجزای عملکرد خیار

تیمار	تعداد کل خیار در گلدان	وزن کل خیار در گلدان (گرم در گلدان)	تعداد کل خیار بدشکل در گلدان	عملکرد بازارپسند
SaA0-SiA4	۲۶/۳۳a ±۱/۵۳	۱۴۷۱/۵a±۷۷/۶۷	۳/۰۰ab±۱	۱۳۰۲/۹ab±۱۲۴/۰۶
SaA0.5-SiA0	۲۹/۰۰a±۲	۱۷۵۹/۸a±۳۰/۲۹	۳/۶۷ab±۱/۵۳	۱۵۴۱/۱a±۹۳/۰۸
SaA0.5-SiA4	۲۵/۶۷a±۲/۰۸	۱۴۵۹/۸a±۱۴۱/۶۹	۴/۰۰ab±۲	۱۲۳۰/۵ab±۲۲۹/۹۸
SaA1-SiA0	۲۴/۰۰a±۴	۱۵۵۱/۵a±۳۱۹/۳۶	۳/۰۰ab±۲	۱۳۵۸/۳ab±۲۷۹/۵۷
SaA1-SiA4	۲۴/۶۷a±۴/۷۳	۱۳۴۶/۲ab±۲۲۳/۸۹	۵/۳۳a±۱/۱۵	۱۰۵۷/۶bc±۳۷۹/۰۷
شاهد	۱۸/۳۳b±۱/۵۳	۹۰۳/۰b±۲۹/۹۵	۲/۳۳b±۰/۵۸	۷۸۶/۲c±۴۲/۸۲

SaA0-SiA4: ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA0: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA4: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA0: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA4: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ شاهد: بدون مصرف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید. در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است ($P<۰/۰۵$).

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر روی ترکیب شیمیایی برگ و میوه‌ی خیار در شرایط تنش سرمایی نشان داد که به استثنای غلظت پتاسیم در برگ و نیترات در میوه خیار، سایر عناصر به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفتند. اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید نیز تنها در مورد پتاسیم و مس در برگ و غلظت نیترات در ماده‌ی تازه میوه‌ی خیار معنی‌دار نشد (داده ها ارائه نشده است). با مطالعه‌ی میانگین غلظت عناصر برگ در حضور سطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلک اسید در شرایط تنش سرمایی مشخص شد که مصرف یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری باعث کاهش غلظت فسفر برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد در حالیکه بین سطح ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (نتایج عددی ارائه نشده است).

در نتیجه‌ی مصرف سیلیسیلیک اسید غلظت فسفر و مس در برگ به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (به ترتیب ۲۹/۳۳ و ۴۰/۷۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد). عنصر مس در ساختار آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز حضور دارد؛ این آنزیم در شرایط وقوع تنش افزایش یافته و باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش می‌شود. فسفر نیز که وظیفه ذخیره‌سازی و انتقال انرژی در گیاه را بر عهده دارد، نقش بسزایی در افزایش رشد و عملکرد گیاه و نیز مقاومت به تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کند. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که در نتیجه‌ی مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید در شرایط اعمال تنش سرمایی، غلظت نیترات در ماده‌ی خشک برگ به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافته است. بیشترین کاهش نیز با حدود ۷۷/۵۸ درصد به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید اختصاص داشت. به استثنای تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید که باعث کاهش غلظت کلسیم برگ شد و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت، سایر تیمارها

باعث افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم برگ شدند اما این میزان افزایش غلظت کمتر از دامنه‌ی غلظتی مطلوب گزارش شده توسط بصیرت و همکاران (۱۳۹۶) بودند. کاهش غلظت کلسیم برگ در سطوح بالای مصرف سالیسیلیک اسید می‌تواند به‌عنوان یک اثر نامطلوب محسوب شده و کاهش مقاومت گیاه در برابر تنش سرمایی را باعث شود. کاهش رشد و کاهش مقاومت گیاه به سطوح بالای سالیسیلیک اسید توسط اسفینی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش شده است. بیشترین افزایش در غلظت کلسیم به تیمار ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید اختصاص داشت که با حدود ۱۳۵ درصد افزایش نسبت به شاهد، با همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

غلظت منیزیم برگ نیز از وضعیت تقریباً مشابهی با کلسیم تبعیت می‌کرد به طوری‌که تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین کاهش غلظت منیزیم برگ را سبب شد (۱۳/۲۱ درصد کاهش نسبت به شاهد) و با همه تیمارها به جز تیمار شاهد فاقد اختلاف معنی‌داری بود. منیزیم عنصر مرکزی در مولکول کلروفیل می‌باشد و کمبود آن کاهش محتوای کلروفیل برگ و در نتیجه کاهش سوخت و ساز نوری گیاه را در پی دارد که از این طریق منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Iqbal et al., 2006; Shehata et al., 2001).

افزایش غلظت آهن در برگ نیز در نتیجه‌ی مصرف سطوح مختلف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید اتفاق افتاد (جدول ۲). در این مورد، تنها تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (با حدود ۳۰/۵۳ درصد افزایش نسبت به شاهد) و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید (با حدود ۹۴/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد)، دارای اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد بودند.

افزایش قابل توجه در غلظت بور در برگ از جمله نتایج قابل توجهی بود که در شرایط تنش سرمایی در حضور مصرف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید اتفاق افتاد. بالاترین افزایش غلظت بور در تیمار ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید اتفاق افتاد (۹۲/۷۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) (جدول ۲). غلظت بور اندازه‌گیری شده در تمام تیمارها در شرایط تنش سرمایی، در دامنه‌ی بیش‌بود گزارش شده توسط بصیرت و همکاران (۱۳۹۶) قرار داشتند. احتمالاً نوع پرلیت مورد استفاده در این آزمایش یکی از عوامل اصلی ورود بور به محیط رشد گیاه و افزایش جذب آن توسط گیاه بوده است.

تیمارهای اعمال شده غلظت روی در برگ را نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. به‌طوری‌که مصرف جداگانه و تلفیقی سیلیسیلیک اسید بیشترین افزایش غلظت روی در برگ را سبب شد. به‌عبارت دیگر، سیلیسیلیک اسید در مقایسه با سالیسیلیک اسید اثر بیشتری در افزایش غلظت روی در برگ نشان داد. بیشترین افزایش غلظت روی با حدود ۷۸/۵۶ درصد افزایش نسبت به شاهد، در تیمار ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید مشاهده شد. افزایش در سطح مصرف سالیسیلیک اسید منجر به کاهش غلظت روی در برگ شد، این در حالی‌است که مصرف تلفیقی آن با سیلیسیلیک اسید، افزایش معنی‌دار غلظت روی را در مقایسه با تیمار شاهد سبب گردید. سالیسیلیک اسید برخی فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را بسته به غلظت مصرف آن، گونه‌ی گیاهی، مرحله رشد و شرایط محیطی افزایش می‌دهد (Senaratna et al., 2000).

به استثنای تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید که باعث کاهش معنی‌دار غلظت منگنز برگ در مقایسه با سایر تیمارها شد، سایر تیمارها منجر به افزایش معنی‌دار غلظت منگنز شدند. بالاترین غلظت منگنز اندازه‌گیری شده در تیمار ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید اتفاق افتاد که حدود ۲/۸۷ برابر غلظت اندازه‌گیری شده در تیمار شاهد بود، همچنین در دامنه‌ی غلظتی بالای گزارش شده توسط بصیرت و همکاران (۱۳۹۶) قرار داشت (بیشتر از ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم).

بطورکلی، اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که تحت تنش سرمایی، سطح ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در مقایسه به سطح ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اثر نامطلوبی بر وضعیت تغذیه‌ای خیار داشته و باعث کاهش معنی‌دار غلظت عناصر غذایی در برگ خیار شده است. بنابراین، ضرورت دارد در توصیه‌ها و مدیریت‌های تغذیه‌ای به این مهم توجه شود.

جدول ۲- مقایسه‌میانگین‌های اثر مصرف همزمان سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید بر روی ترکیب شیمیایی برگ خیار

تیمار	نیترات در ماده خشک	کلسیم کل	منیزیم کل	آهن کل	بور کل	روی کل	منگنز کل
			میلی‌گرم در کیلوگرم				
SaA0-SiA4	۹۳۶۱/۱۸cd ± ۱۱۱۲/۵۲	۲/۱۷a ± ۰/۱۷	۰/۷۱a ± ۰/۰۷	۱۲۴bc ± ۱۶/۹۳	۱۹۶a ± ۹/۵۴	۱۶۹/۳۳ a ± ۱۶/۰۱	۷۸۸/۲۵a ± ۷۴/۷۵
SaA0.5-SiA0	۱۰۴۱۸/۶۵c ± ۱۰۰۵/۷۰	۱/۲۹b ± ۰/۲۵	۰/۵۸b ± ۰/۰۵	۱۳۹/۶۷b ± ۱۳/۵۰	۱۳۴/۶۷b ± ۱۴/۵۰	۹۴/۵۰c ± ۳/۷۷	۳۳۹/۱۷c ± ۱۸/۲۴
SaA0.5-SiA4	۳۷۹۵/۰۳e ± ۹۴۲/۱۱	۱/۱۹b ± ۰/۲۲	۰/۵۳b ± ۰/۶۶	۱۲۷/۳۳bc ± ۱۳/۵۰	۱۴۴/۳۳b ± ۲۱/۰۱	۱۲۹/۳۳b ± ۹/۰۲	۴۲۷b ± ۲۸/۸۴
SaA1-SiA0	۸۱۲۴/۶۲d ± ۴۴۵/۷۰	۰/۷c ± ۰/۰۰۱	۰/۴۶c ± ۰/۰۰۱	۱۲۹bc ± ۱۷/۹۳	۱۰۰c ± ۳/۳۱	۵۷d ± ۳/۰۳	۱۹۷e±۱۷/۱۳
SaA1-SiA4	۱۵۱۵۳/۳۶b ± ۱۱۴۳/۸۱	۱/۳۴b ± ۰/۲۲	۰/۵۹b ± ۰/۰۶	۲۰۸/۳۳a ± ۲۹/۰۱	۱۴۸/۶۷b ± ۲۰/۱۱	۱۲۱/۶۷b ± ۷/۶۴	۳۹۷bc ± ۲۱/۱۷
شاهد	۱۶۹۲۳/۶۷a ± ۲۳۶/۶۱	۰/۸۲c ± ۰/۰۴	۰/۵۳bc ± ۰/۰۴	۱۰۷c ± ۶	۱۰۱/۶۷c ± ۱۰/۶۰	۹۴/۸۳c ± ۲/۸۴	۲۷۴/۵۰d ± ۳/۵

SaA0-SiA4: ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA0: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA0.5-SiA4: ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA0: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید؛ SaA1-SiA4: ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ ۴ در هزار سیلیسیلیک اسید؛ شاهد: بدون مصرف سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید.در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است ($P<۰/۰۵$). *غلظت نیترات، کلسیم و منیزیم بر حسب درصد و سایر عناصر بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش سرمایی وضعیت تغذیه‌ای و عملکردی خیار را به‌طور نامطلوبی تحت تأثیر قرار می‌دهد و مصرف سطوح سالیسیلیک و سیلیسیلیک اسید عملکرد کل، عملکرد بازارپسند و وضعیت تغذیه‌ای خیار را تحت تنش سرمایی بهبود می‌بخشد. غلظت عناصر غذایی، بویژه عناصر غذایی کم مصرف آهن، منگنز، مس، روی و بور، در برگ خیار در شرایط تنش سرمایی در نتیجه‌ی اعمال سیلیسیلیک اسید افزایش معنی‌دار نشان داد در حالی‌که سطوح سالیسیلیک اسید مصرفی (بویژه سطح ۱ میلی‌مولار) باعث کاهش غلظت این عناصر در برگ شد. بنابراین می‌توان استنباط کرد که اگرچه گیاه بسته به شدت و مدت زمان تنش، بخش مهمی از تعدیل آثار تنش را انجام می‌دهد، اما نمی‌توان از نقش قابل توجه مدیریت تغذیه در شرایط بروز تنش سرمایی، برای افزایش مقاومت گیاه و دستیابی به عملکرد اقتصادی، بازار پسند و ایمن غافل شد. با این وجود، برای تأیید مطمئن‌تر یافته‌های این تحقیق، لازم است که مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود.

منابع

ابوطالبی جهرمی، ع.، و بهروزنام جهرمی، ب.، و پشنگه، ز. (۱۳۹۱). اثر سالیسیلیک اسید در القای مقاومت به سرمازدگی, کنترل پوسیدگی و حفظ کیفیت میوه لیموشیرین (Citrus limetta). مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۳(۲)، ۲۱۱-۲۱۶. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=174862

اکبری، س.، و سیاری، م.، و قنبری، ف. (۱۳۹۴). افزایش مقاومت به سرما در گیاهچه های خیار با کاربرد برخی از مواد تنظیم کننده رشد گیاهی. تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۵(۱۶)، ۲۵-۳۶. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=260696

اسفینی فراهانی، م.، و پاک نژاد، ف.، و بختیاری مقدم، م.، و علوی، ص.، و حسیبی، ع. (۱۳۹۱). اثر مقادیر و روش های مختلف کاربرد اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزاء عملکرد زیره سبز. زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۸(۳)، ۶۹-۷۷ . https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=212515

بصیرت، م.، غفاری‌نژاد، س.ع.، سلسپور، م.، ملاحسینی، ح و طهرانی، م. م. (۱۳۹۶). دستورالعمل مدیریت یکپارچه حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در خیار گلخانه ای. ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

Azarfam, S. P., Nadian, H., Moezzi, A., & Gholami, A. (2020). Effect of silicon on phytochemical and medicinal properties of aloe vera under cold stress. *Applied Ecology And Environmental Research*, *18*(1), 561-575.
Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Khan, M. S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food chemistry*, *97*(2), 331-335.
Joudmand, A., & Hajiboland, R. (2019). Silicon mitigates cold stress in barley plants via modifying the activity of apoplasmic enzymes and concentration of metabolites. *Acta physiologiae plantarum*, *41*(2), 29.
Liang, Y., Zhu, J., Li, Z., Chu, G., Ding, Y., Zhang, J., & Sun, W. (2008). Role of silicon in enhancing resistance to freezing stress in two contrasting winter wheat cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, *64*(3), 286-294.
Mahajan, S. & Tuteja, N. (2006). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444, 139-158.
Moradmand, Y., Mobli, M., & Ramin, A. A. (2015). Effects of methyl jasmonate and salicylic acid on increasing cold tolerance of bell pepper (cv. Emily) seedlings. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, *5*(16), 123-133.
Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, *30*(2), 157-161.
Shehata, S. A. M., Ibrahim, S. I., & Zaghlool, S. A. M. (2001). Physiological response of flag leaf and ears of maize plant induced by foliar application of kinetin, KIN and acetyl salicylic acid, ASA. *Annals of Agricultural Science, Ain Shams Univ.(Egypt)*.
Xin, Z., Mandaokar, A., Chen, J., Last, R. L. & Browse, J. (2007). *Arabidopsis* ESK1 encodes a novel regulator of freezing Tolerance. *The Plant Journal*, 49, 786-799.
Xu, Z. S., Xia, L. Q., Chen, M., Cheng, X. G., Zhang, R. Y., Li, L. C., ... & Ma, Y. Z. (2007). Isolation and molecular characterization of the Triticum aestivum L. ethylene-responsive factor 1 (TaERF1) that increases multiple stress tolerance. *Plant molecular biology*, *65*(6), 719-732.

Improvement of yield and quality of greenhouse cucumber under cold stress condition by foliar application of potassium salts

S.M. Mousavi[1*], M. Basirat[1*]
Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran
[*]**Corresponding Author:** majid62mousavi@gmail.com ; majid_basirat@yahoo.com

Abstract
Cold stress is one of the limiting factors that can adversely affect the quantity and quality of yield. An experiment as factorial arrangement based on a completely randomized design was conducted in order to investigate the effect of different levels of potassium salts of salicylic (0, 0.5 and 1 mM) and silicic acid (0 and 4 per thousand) on the status of yield and nutritional status of greenhouse cucumber under cold stress conditions. The results showed that under cold stress, the simultaneous foliar application of salicylic and silicic acid significantly affected the total yield of cucumber and marketable yield (94.91% and 96.01% increase compared to the control, respectively). Also, the treatments in most cases significantly increased the concentration of nutrients in the cucumber leaves, which refers to the plant defense responses. The treatments significantly reduced the nitrate content in the cucumber leaves. These results showed that in addition to the fact that plant defense mechanisms are useful in modulating the effects of stress depending on the intensity and duration of stress, plant nutrition management is also an effective tool to increase the plant resistance and achieve economic, marketable and healthy yields in under stress conditions.

Keywords: Salicylic acid, Silicic acid, Cold stress, Foliar application, Greenhouse cucumber.

مروری بر وضعیت عناصر غذایی و مدیریت تغذیه گیاهان در خاک‌های شور

رضا پوزشی[1]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد poozeshir@yahoo.com

چکیده:

شوری از فاکتورهای محدودکننده مهم برای محصولات کشاورزی می‌باشد. شوری خاک از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، فراوانی یون‌های سمی و عدم تعادل تغذیه‌ای سبب محدودیت رشد و عملکرد گیاه می‌گردد. با توجه به گسترش جهانی شوری خاک و به دنبال آن کاهش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی، شناخت وضعیت عناصر غذایی، یافتن راهکار مناسب جهت بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در شرایط شور و مدیریت حاصلخیزی خاک‌های شور اهمیت زیادی دارد. کاربرد عناصر غذایی می‌تواند به عنوان یک راهکار برای کاهش اثرات سمیت یونی و ناهنجاری‌های تغذیه‌ای گیاهان در خاک‌های شور مورد توجه قرار گیرد. نظر به این‌که کشور ما در یک منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته و اراضی شور بخش گسترده‌ای از اراضی کشور را دربر می‌گیرد، لذا بررسی اثرات شوری بر وضعیت عناصر غذایی خاک، جذب عناصر و رفتار گیاهان در شرایط تنش شوری به منظور شناخت کافی از متابولیسم و عملکرد گیاهان رشد یافته در شرایط تنش شوری با هدف تولید پایدار محصولات کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: تغذیه گیاهان، تولید پایدار، سمیت، شوری خاک، عناصر غذایی

مقدمه:

با توجه به رشد روزافزون جمعیت، نیاز به تولید بیشتر محصولات غذایی بیش از پیش احساس می شود و کشاورزی به عنوان یکی از محوری ترین بخش‌ها در تأمین نیازهای غذایی بشر مطرح است. این در حالی‌است که بخش قابل توجهی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک دارای مشکل شوری و یا سدیمی هستند. شوری خاک و آب در اراضی تحت کشت آبی، به یک معضل جهانی تبدیل شده است (Katerji *et al*.(2005)). بهره وری بهینه از خاک‌های شور، اهمیت زیادی در حفاظت از منابع آب و خاک دارد. تنش شوری پس از کم آبی مهم‌ترین عامل کاهش تولید فرآورده‌های کشاورزی در سراسر جهان است. پهنه اراضی شور در جهان دقیقاً مشخص نیست، لیکن تا ۹۶۰ میلیون هکتار تخمین زده شده است. شوری خاک بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان اثری کاهنده دارد (Munns *et al*.(2006)).

در شرایط تنش شوری تغییرات زیادی در رشد گیاه (Fischer(2011))، فراهمی عناصر غذایی در خاک، جذب عناصر غذایی و انتقال و تقسیم بندی آنها، متابولیسم، ساخت پروتئین‌ها و جذب آب اتفاق می افتد که باعث دشواری بهره‌وری کامل گیاه از عناصر غذایی می‌گردد (Mokhele *et al*.(2012)). بنابراین مدیریت استفاده از کودهای شیمیایی نقش مهمی در افزایش عملکرد و کاهش اثرات منفی ناشی از شوری دارد. اثر مثبت ناشی از مصرف عناصر غذایی معمولاً به نوع گیاه، شدت شوری و غلظت اولیه عناصر غذایی در خاک بستگی دارد و در غلظت‌های متوسط شوری برای رسیدن به یک سطح معین تولید، نیاز به مصرف مقدار بیشتری از هر یک از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد. همچنین شوری فعالیت عناصر غذایی محلول خاک را به واسطه غلظت بالای یون‌های کلر و سدیم کاهش داده و منجر به اختلالات تغذیه‌ای در گیاه می‌شود (Grattan and Grieve(1999)). پتاسیم، کلسیم و منیزیم از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه گیاه، انسان و دام می‌باشند. سدیم از عناصر مفید در تغذیه گیاهان و از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه انسان و دام می‌باشد. لذا وجود غلظتی مناسب از پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در گیاهان نه تنها برای رشد مطلوب آنها بلکه در زنجیره غذایی برای سلامتی انسان و دام اهمیت دارد (Janmohammadi and sofi(2008)). در شرایط طبیعی گیاهان با تنش‌های مختلفی مواجه می‌شوند که این تنش‌ها می‌توانند بر رشد، متابولیسم و عملکرد گیاهان اثر منفی داشته باشند. در این میان،

شوری آب و خاک از مشکلات عمده تولید پایدار محصولات کشاورزی در جهان و ایران است که بر جذب و غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در گیاهان و در نتیجه رشد گیاهان اثر دارد ((Malakouti *et al*.(2003).

اغلب خاک‌های شور حاصلخیزی کمی داشته و اثرات زیانبار زیادی املاح محلول در خاک را می‌توان با فراهم نمودن عناصر غذایی ضروری و کمک به گیاه برای تحمل تنش‌های محیطی تا حدودی تعدیل نمود ((Marschner(1995). وجود شوری در محیط رشد گیاهان باعث برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود. در این شرایط، با تکمیل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌توان وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشید ((Grattan and Grieve(1999). وجود غلظت‌های مناسبی از این عناصر غذایی در خاک برای رشد مطلوب گیاهان اهمیت دارد ((Sheikhpour *et al*.(2014). غلظت این عناصر در گیاهان بسته به کاربرد یا عدم کاربرد کودهای آلی و شیمیایی متفاوت است ((Bardel(2013). تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ، کلروفیل و کاهش فتوسنتز می‌گردد. بر اثر تنش شوری، تغذیه گیاه مختل شده و کلروفیل یا کم تشکیل شده و یا این که تجزیه می‌شود. همچنین تنش شوری سبب توسعه بافت مردگی برگ و تسریع در پیری آن می‌شود. بنابراین تو انایی فتوسنتز گیاهان کاهش می‌یابد و در نتیجه، جذب کربوهیدرات‌های لازم برای تولید میوه کاهش می‌یابد ((Saied *et al*.(2005).

این مقاله مروری است اجمالی بر وضعیت عناصر غذایی، حاصلخیزی و تغذیه گیاهان درخاک‌های شور که با تاکید بر پژوهش های منتشر یافته در این زمینه و با استفاده از گزارش‌های تحقیقاتی منتشر شده بوسیله دانشوران علوم کشاورزی در این زمینه تهیه و تنظیم شده است.

نتایج و بحث:

نیتروژن:

در اراضی کشاورزی، عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دلیل نیاز زیاد گیاهان به آنها از اهمیت وافری برخوردارند. با تأمین عناصر غذایی پرمصرف در خاکهای شور و سدیمی، وضعیت حاصلخیزی و رشد گیاهان بهبود می‌یابد ((Qadir *et al*.(2001). پژوهش‌ها نشان داده که شوری از جذب بسیاری از عناصر پر مصرف و کم مصرف در گیاهان می‌کاهد (اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۴)). در این بین نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف بسیار ضروری است که کمبود آن باعث اختلال فراوان در رشد و نمو گیاهان می‌شود لیکن در خاک‌های شور، بنا به دلایلی چند کمبود ازت تشدید می‌شود. این عوامل شامل کمبود مواد آلی، عدم رشد ناکافی ریشه، رقابت یون‌های Cl^- و NO_3^- با یکدیگر برای جذب توسط ریشه، آبشویی یون نیترات از ناحیه رشد ریشه و نبود شرایط مناسب برای تشکیل غده‌های تثبیت کننده نیتروژن در بقولات در خاک‌های شور می‌باشند (همایی (۱۳۸۱)).

شوری بر چرخهٔ نیتروژن در خاک، جذب توسط گیاه، انتقال و متابولیسم آن اثر محدود کننده دارد. بعضی از محققین کاهش جذب نیتروژن در شرایط تنش شوری را به نقش باز دارندهٔ یون‌های سدیم و پتاسیم نسبت می‌دهند و برخی دیگر معتقدند که جذب نیتروژن در شرایط شور به علت کاهش تراوائی ریشه کاهش می‌یابد ((Kafkafi *et al*.(1982). در حالی که برخی دیگر این موضوع را مربوط به اثر شوری در کاهش جذب آب می‌دانند ((Lea-Cox and yvertsen(1993). هنگامی‌که گیاهان تحت تنش شوری قرار می‌گیرند جذب نیتروژن بیش از سایر عناصر غذائی کاهش می‌یابد. شوری زیاد مانع از رشد و فعالیت میکروبی خاک‌ها می‌گردد و بدین ترتیب بطور غیر مستقیم بر تبدیل و قابلیت استفاده نیتروژن اثر سوء می‌گذارد (Chen *et al*.(2010).

مطالعات اثر متقابل شوری و نیتروژن بر روی یکدیگر نشان داده فرم نیتروژنی که کود از آن تأمین می‌شود نیز مهم است. با توجه به ضرایب شوری مختلف انواع کودهای نیتروژنه، استفاده از مقادیر مختلف این کودها در سطوح مختلف شوری تاثیرات متفاوتی را از خود نشان خواهند داد. بیشتر تحقیقات نشان می‌دهند که افزایش نیترات در محلول غذایی جذب کلراید را کاهش می‌دهد و باعث

تجمع این آنیون در محلول غذایی می‌گردد. پاسخ گونه‌های مختلف گیاهی نسبت به غلظت و منبع تأمین کود نیتروژنی در شرایط شور و غیرشور متفاوت می‌باشد. محققان عنوان نمودند در صورتی که گیاه تحت تنش شوری قرار گیرد بایستی از دو شکل نیتروژن با نسبت مساوی استفاده نمود تا مانع از اثرات منفی بر کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش تولید زیست توده در گیاه گردد (Wang *et al.*(1998)).

فسفر:

بالا بودن قدرت یونی محیط‌های شور، عامل مهمی برای کاهش فعالیت فسفر در خاک است. در خاک‌های شور، آنیون‌های کلر و فسفر برای جذب توسط گیاه با یکدیگر رقابت می‌کنند. فسفر نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد و نیاز به فسفر کافی در محیط شور، مربوط به نقش این عنصر در تنظیم تجمع یون‌ها و یا کدبندی یون‌ها در داخل سلول است ((Gibson(1998). پژوهشگران بر این باورند که فسفر کافی سبب ازدیاد رشد گیاه و توسعه و گسترش ریشه می‌شود. بدین ترتیب گیاه می تواند از حجم بیشتری از خاک به منظور جذب عناصر غذایی و رطوبت استفاده کند که در چنین شرایطی جذب و کارایی استفاده از اکثر عناصر غذایی افزایش می‌یابد. از آنجایی که انتقال مواد فتوسنتزی در داخل گیاه به فسفر نیازمند است، لذا کاهش میزان جذب فسفر در تنش شوری، می‌تواند منجر به کاهش انتقال این‌گونه مواد به اندام‌های رویشی و در نهایت کاهش رشد عمومی گیاه گردد. دلیل دیگر برای کاهش جذب فسفر، احتمالاً وجود یون‌های کلسیم و منیزیم در محیط است که موجب غیر فعال شدن فسفر در خاک می‌شود (همایی ((۱۳۸۱).

پتاسیم:

پتاسیم یک عنصر ضروری برای بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال بسیاری از فرآورده‌های فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای، حفظ تورژسانس، فعالسازی آنزیم‌ها، کاهش جذب بیش از حد یون‌هایی مانند سدیم و آهن در خاک‌های شور و خاک‌های غرقاب شده است ((Farooq *et al.*(2015). رقابت شدید موجود بین Na^+ و K^+ در فرآیندهای مختلف متابولیسمی، موجب می‌شود تا هرگونه تغییر نسبت این دو عنصر، اثر تعیین کننده‌ای بر روند رشد گیاه داشته باشد. به طورکلی چنین عنوان شده است که نسبت Na^+/K^+ شاخصی برای نشان دادن تحمل گیاهان نسبت به تنش شوری می‌باشد. یون‌های سدیم در شرایط تنش شوری معمولاً کانال‌های پروتئینی جذب پتاسیم در غشاء سلول‌ها را مسدود کرده و از این طریق کاهش جذب پتاسیم را ایجاد می‌کنند ((Antcliff *et al.*(1983). در شرایط شور، فراوانی یون سدیم در سطح ریشه از جذب پتاسیم جلوگیری کرده و با این عنصر برای محل های اتصال درون سلول رقابت نموده و سبب جذب غیرفعال پتاسیم می‌گردد ((Baghalian *et al.*(2008). پتاسیم به دلیل نقش های آنزیمی و کوآنزیمی، با تنظیم فشار اسمزی سلول‌های روزنه برگ، گیاه را در برابر خشکی مقاوم می‌سازد (Malakouti and Homaee(2004)).

کلسیم:

حفظ غلظت کلسیم به میزان کافی در محلول خاک‌های شور عامل مهمی در کنترل شدت سمیت یون‌های ویژه است، مخصوصا در محصولاتی که حساس به آسیب کلر و سدیم هستند ((Grattan and Grieve(1999). نشانه های کمبود کلسیم زمانی مطرح است که نسبت سدیم به کلسیم در محلول خاک زیاد باشد. به نظر می رسد کلسیم به آسانی در مکان‌های پیوندی غشا جایگزین سایر کاتیون‌ها می‌شود. این نقش ممکن است با کاهش فراهمی کلسیم به طور جدی آسیب ببیند. افزایش غلظت کلسیم سبب جلوگیری از این جانشینی می‌شود.کلسیم نقش مؤثری در تعدیل آثار سوء شوری و انتقال یون سدیم و سایر یون‌های معدنی توسط غشا سلولی دارد. افزایش کاربرد نسبی کلسیم سبب می‌شود این عنصر به آسانی در اختیار گیاه قرار گیرد، به بخش های مختلف انتقال یابد، در فرآیندهای مختلف حیاتی به کار رود و روی بسیاری از ناهنجاری‌های فیزیولوژیک و پاتولوژیک تأثیر بگذارد. گریجا و همکاران

((Girija *et al*.(2002) اشاره کردند که در محیط درون سلول، کلسیم به عنوان پیک ثانویه عمل کرده و با تأثیرگذاری بر روی پایداری و فعالیت آنزیم‌ها، شرایط تنش را تعدیل می‌کند. کلسیم یکی از عناصری می‌باشد که دارای اثرات حفاظتی بر روی ریشه گیاهان بوده و باعث بقای گیاه در شرایط شوری بالا می‌شود ((Jaleel *et al*.(2007). همچنین کلسیم می‌تواند از طرق مختلف از جمله کاهش جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی، افزایش جذب پتاسیم و در نتیجه افزایش نسبت پتاسیم به سدیم ((Hasegawa *et al*.(2000)، ممانعت از تخریب غشا سلول‌های ریشه، بهبود متابولیسم نیتروژن و فعالیت فتوسنتزی گیاه تأثیر مخرب شوری بر رشد گیاه را کاهش دهد.

روی:

در خاک‌های شور قابلیت زیست فراهمی روی پایین است. ماوی و همکاران ((Mavi *et al*.(2010). گزارش کردند که افزایش شوری خاک سبب کاهش فعالیت موجودات زنده خاک و در نتیجه میزان کربن آلی محلول را به طور معنی‌داری کاهش داد. شاید بتوان کاهش میزان روی در شکل آلی در اثر افزایش شوری خاک را این‌طور توجیه کرد که افزایش شوری از یک سو سبب کاهش رشد و توسعه ریشه از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک و کاهش جذب آب توسط ریشه شده و از سوی دیگر نیز فعالیت موجودات زنده خاک را کاهش داده است. بنابراین تولید و ترشح مواد آلی توسط ریشه و موجودات زنده در این شرایط کاهش یافته و نتیجه آن کاهش میزان کربن آلی محلول است و از آنجا که روی تمایل زیادی برای جذب بر روی مولکول‌های آلی دارد ، میزان روی در شکل آلی کاهش می‌یابد(Ramos *et al*.(1994). در شرایط تنش شوری غلظت بالای نمک به دلیل کاهش قابلیت دسترسی گیاه به آب موجب می‌شود جذب و غلظت روی در بافت‌ها کاهش یابد. جنک و همکاران بیان نمودند که کمبود روی تحت شرایط شوری به عنوان یک فاکتور محدودکننده، اثر به مراتب بیشتری در کاهش رشد گیاه در مقایسه با سمیت NaCl دارد ((Genc *et al*.(2005). کیو و همکاران ((Qu *et al*.(2009) بیان نمودند که افزودن روی می‌تواند از طریق کنترل کانال‌های عبور یون کلر و جلوگیری از جذب آن، موجب افزایش جذب یون نیترات و با کمترین آسیب به غشای پلاسمایی موجب کاهش خسارت‌های ناشی از تنش شوری شود. روی به طور مستقیم بر تشکیل کلروفیل موثر نیست، ولی می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی دیگری مانند آهن و منیزیم که قسمتی از مولکول کلروفیل هستند مؤثر باشد ((Kaya *et al*.(2002).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

گیاهان با تنش‌های مختلفی مواجه هستند. تنش‌ها بر رشد، متابولیسم و عملکرد گیاهان اثر منفی دارند. در این میان، شوری آب و خاک از مشکلات عمده تولید پایدار محصولات کشاورزی در جهان و ایران است که بر جذب و متابولیسم عناصر غذایی در گیاهان و درنتیجه رشد آنها تأثیر دارد. بررسی ها نشان می دهد که ۶٫۸ میلیون هکتار از خاک‌های ایران به مشکل شوری مبتلا می‌باشد و این در حالی است که در اثر قرار گرفتن قسمت عمده ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و وقوع خشکسالی‌ها، محدودیت منابع آب مناسب، مدیریت اراضی، سطح خاک‌های شور کشور در حال گسترش بوده و امنیت غذایی مردم را تهدید می‌کند.

نگاهی به وضعیت عناصرغذایی در خاک‌های شور حاکی از آن است که توجه به عناصر غذایی ماکرو نظیر ازت، فسفر،پتاسیم و کلسیم و عناصر میکرو بویژه روی نیازمند توجه جدی هستند. همچنین توجه به نوع منبع کودی، فرم تامین برخی عناصرغذایی و روش مصرف کود و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان در بهبود کیفیت خاک شور نقش مهمی دارد.

تنش شوری صرف نظر از مکانیسم شور شدن خاک، به دلیل تجمع بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک، بروز می‌کند. مدیریت حاصلخیزی خاک‌های شور، عملکرد گیاه را از بعد کمی و کیفی بهبود می‌بخشد و میزان بهبود عملکرد گیاه در اثر مصرف عناصر غذایی در خاک شور بستگی به سطح شوری، نوع نمک‌های موجود در محیط رشد، مرحله رشدی گیاه و میزان عناصر غذایی موجود در خاک دارد. در سطوح پائین شوری، کمبود عناصر غذائی بیش از شوری عملکرد را محدود می‌کند، لذا پیشنهاد می‌گردد

با افزودن عناصر غذائی در این شرایط، بتوان عملکرد را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. بنابراین حتی اگر مقدار عناصر غذایی قابل استفاده خاک در حد کمبود نباشد، بکارگیری کودها در شرایط شور می‌تواند کاهش جذب عناصر را که در اثر آنتاگونیسمی بوجود آمده را جبران نماید. به هر حال با توجه به این‌که در اثر شوری، محصول تولیدی تغییر می‌کند و هزینه تولید افزایش می‌یابد و کنترل شوری یکی از کلیدهای مدیریت کشاورزی است که پایداری و ثبات تولید و استفاده بهینه از زمین را تضمین می‌نماید؛ لذا مدیریت حاصلخیزی خاک‌های شور و تغذیه گیاهان کشت شده در آنها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.

منابع

۱- اسـماعیلی، ا، همایی، م، ملکوتی، م. ج .(۱۳۸۴).اثرات متقابل شوری و کودهای ازتی بر رشد و ترکیب شیمیایی سورگوم. مجله علوم خاک و آب. شماره ۱۹ (۱) . ۱۴۴-۱۳۱.

۲- جلالی، و. ر، همایی، م. (۱۳۸۹).مدل سـازی اثر زمان اعمال تنش شوری محیط ریشه بر عملکرد گیاه کلزا. مجلهٔ به‌زراعی کشاورزی ۱۲ (۱).۴۹-۲۰.

۳- همایی، م. (۱۳۸۱). واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۵۸، صفحه ۹۷.

4- Antcliff, A.J., Newman, H.P., Barret, H.C. (1983). Variation in chloride accumulation in some American species of grapevine. Vitis. 22: 357-362.

5- Baghalian, K., Haghiry, A., Naghavi, M. R., Mohammadi, A. (2008). Effect of saline irrigation on agronomical and phytochemical characters of chamomile (Matricaria recutita L).

6- Bardel J. (2013). Effects of normal and saline water along with organic and chemical fertilizer on quantitative traits and essential oils of cumin. M. Sc. Thesis of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. (In Persian).

7- Chen, W., Hou, Z., Wu, L., Liang, Y., Wei, C. (2010). Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant Soil, 326, 61-73.

8- Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., Siddique, K. H. M. (2015). Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. Agronomy for Sustainable Development, 35(2), 461-481.

9- Fischer, R. A. (2011). Wheat physiology: a review of recent developments. Crop & Pasture Science, 62, 95–114.

10- Genc, Y., McDonald, G.K., Graham, R.D. (2005). The interactive effects of zinc and salt on growth of wheat. 548-549 p. In: C.J. Li, (ed.), plant nutrition for food security human health and environmental protection. Tsinghua University Press, Beijing, China.

11- Gibson, T. S. (1988). Carbohydrate metabolism and phosphorus salinity interaction in wheat (Triticum aestivum L.). Plant Soil, 111, 25-35

12- Girija, C., Smit, B.N., Swamy, P. (2002). Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (Arachis Hypogaea L.). Environ. Exp. Bot, 47, 1-10.

13- Grattan, S. R., Grieve, C. M. (1999). Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. Handbook of plant and crop stress, 2, 203-229.

14- Hasegawa, P. M., Bressnan, R. A., Zhu, J. K., Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51, 463-499.

15- Jaleel, A.C., Gopi, R., Sankar, B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R., Panneerselvam, R. (2007). Studies on germination, seedling vigour, lipid per oxidation and proline metabolism in Catharanthus roseus seedlings under salt stress, South. Afr. J. Bot, 73, 190-195.

16- Janmohammadi, H., S. Sofi. (2008). Animal nutrition. Sixth Edition, Amidi Press, Tabriz, Iran. (In Persian).

17- Kafkafi, U., N. Valores. Letery, J. (1982). Choloride interaction with nitrate and P nutrition in tomato. J. plant Nutrition, 5, 1369-1385.

18- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M., Oweis, T. (2005). Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. Agri. Water Manag, 72, 177-194.

19- Kaya, C., Higgs, D. (2002). Response of tomato (Lycopersicom esculentum L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. Scientia Horticulturae, 93(1), 53-64.
20- Lea-Cox, J.D., yvertsen, J.P. 1993. Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of cttnls. Ann. Bot, 72, 47-54.
21- Malakouti, M, J. Homaee, M. (2004). Fertility of arid and semi-arid soils "Problems and Solutions".Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Farsi).
22- Malakouti, M.J., Keshavarz, P., Saadat, S., Kholdbarin, B. (2003). Plant nutrition under saline conditions. Sana Press, Tehran, Iran. (In Persian).
23- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press. London. 889 p.
24- Mavi, M.S., Marschner, A., Chittleborough, D.J., Cox, JW. (2010). Microbial activity and dissolved organic matter dynamics in the soils are affected by salinity and sodicity. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solution for Changing World.
25- Mokhele, B., Zhan , X., Yang, G., Zhang, X. (2012). Review: Nitrogen assimilation in crop plants and its affecting factors. Canadian Journal of Plant Science, (92), 399_405
26- Munns, R., James, R. A., Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J Exp Botany, 57(5), 1025-1043.
27- Qadir M., Ghafoor A., Murtaza, G. (2001). Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. Agr. Water Manag, 50, 197-210. 3
28- Qu, Y.N., Zhou, Q., Yu, B.J. (2009). Effects of Zn2+ and niflumic acid on photosynthesis in Glycine soja and Glycine max seedlings under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany, 65(2), 304-309.
29- Ramos, L., Hernandez, L.M., Gonzaalez, M.J. (1994). Sequential fraction of Cu, Pb, Cd and Zn in soils from or near Donana national Park. J Environ Qual, 23, 50-57
30- Rattan, R.K., Sharma, P.D. (2004). Main micronutrients available and their method of use.Pp. 1-10. Proceedings IFA International Symposium on Micronutrients. 23-25 February, New Delhi, India.
31- Saied, A. S., Keutgen, A. J., Noga, G. (2005). The influence of NaCl salinity on growth, yield, and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and'Korona'. Sci. Hort, 103, 289-303. 37
32- Sheikhpour, S., Sirousmehr, A.R., Fakheri, B.R. (2014). Evaluation of chlorophyll content, nutrients and yield of borage (Borago officinalis L.) in responses to chemical and biological fertilizers. Advanced In Crop Science, 2, 131-140.
33- Umar, S., Diva, I., Anjum, N. A., Iqbal, M., Ahmad, I., Pereira, E. (2011). Potassium-induced alleviation of salinity stress in Brassica campestris L. Central European Journal of Biology, 6(6),1054-1063.
34- Wang L.J., Liu Y.L., Ma K., Wang J.Z., Liu X.N. (1998). Effect of NaCl treatment on free radical metabolism of fig. Ficus carica L. Calli. Advanced Horticulture, 2, 235-241.

A review of nutrient status and plant nutrition management in saline soils

Salinity is an important limiting factor for agricultural products. Soil salinity limits plant growth and yield by reducing osmotic potential, abundance of toxic ions and nutritional imbalance. Due to the global expansion of soil salinity and subsequent reduction in yield and quality of agricultural products, understanding the status of nutrients, finding a suitable solution to improve plant nutrition in saline conditions and fertility management of saline soils is very important. The use of nutrients can be considered as a way to reduce the effects of ion toxicity and plant nutritional abnormalities in saline soils. Considering that our country is located in an arid and semi-arid region and saline lands cover a large part of the country, so the effects of salinity on soil nutrient status, nutrient uptake and plant behavior in salinity stress conditions in order to know enough about Metabolism and yield of plants grown under salinity stress is essential for sustainable production of agricultural products.

Keywords: Plant nutrition, sustainable production, toxicity, soil salinity, nutrient elements

تأثیر برگ‌پاشی گوگرد و پتاسیم بر برخی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی درختان پسته

مریم کرمی‌مقدم[۱]، وحید مظفری[۲]، احمد تاج‌آبادی‌پور[۳]، علی علیزاده[۴]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان، Mkm1373@yahoo.com

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان

۳-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان

۴-دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان

چکیده

به منظور بررسی اثر برگ‌پاشی گوگرد و پتاسیم بر روی عملکرد و کاهش پوره پسیل درختان پسته آزمایشی بصورت فاکتوریل با ۶ سطح گوگرد(۰، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر گوگرد میکرونیزه، ۳۰میلی‌گرم گوگرد نانوریزه و ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر گوگرد سوسپانسیون ۸۰٪) و ۳ سطح پتاسیم (۰، ۲ و ۴ میلی‌گرم بر لیتر کلات پتاسیم) در باغی در حومه شرقی رفسنجان بر روی درختان رقم اوحدی پسته انجام شد. بهترین تاثیر را بر عملکرد تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر گوگرد میکرونیزه بعلاوه ۲ میلی گرم بر لیتر پتاسیم داشت که توانسته بود حدود ۱۵ درصد افزایش عملکرد را نسبت به شاهد همراه داشته باشد و بهترین اثر بر روی پسیل پسته مربوط به تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر گوگرد میکرونیزه بود که توانسته بود ۱۴ روز بعد از برگ‌پاشی حدود ۹۸ درصد کاهش پوره پسیل را داشته باشد.

کلمات کلیدی

پسته، پسیل، عملکرد، برگ‌پاشی

مقدمه

پسته به‌عنوان یک محصول استراتژیک جایگاه خاصی در بین تولیدات کشاورزی دارد. سازگاری این محصول با شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک و مقاومت به خشکی و کم آبی سبب گردیده تا جایگاه ویژه‌ای در مناطقی که دارای شرایط نامناسب کشت برای سایر محصولات (زراعی و باغی) هستند، پیدا نماید. با وجود اینکه درخت پسته مقاوم به شوری است، اما وجود خاک‌های آهکی و شور و آب آبیاری با کیفیت پایین، مشکلات تغذیه‌ای فراوانی را به‌وجود آورده که باعث کاهش تولید این محصول در سال‌های اخیر شده است (مظفری و سلاجقه، ۱۳۹۶).

برای جذب عناصر، ریشه‌ها اندام اولیه گیاه هستند که این نقش را به عهده دارند. وجود عاملی کـه دسترسی عناصر غذایی را در خاک محدود می‌کند، استفاده مورد انتظار از کودها را کاهش می‌دهد. تحت این شرایط، عناصر غذایی برای گیاهان می‌تواند به‌وسیله استعمال برگی فراهم شود (Altındişli et al., 2015). محلول‌پاشی برگی در واقع پاشیدن عناصر غذایی روی برگ‌ها و ساقه‌های گیاه و جذب آن‌ها از این مکان‌ها است (Barker and Pilbeam, 2007). استعمال برگی می‌تواند دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را برای به‌دست آمدن عملکرد بالا تضمین کند. از دید

اکولـوژیکی، کـوددهی برگـی قابل قبول‌تر است چون مقادیر کمتر عناصر غذایی برای مصرف سریع به‌وسیله گیـاه، فـراهم مـی‌شـود (Stampar et al., 1998).

گوگرد یکی از عناصر حیاتی برای تغذیه گیاهان است. از مهمترین نقش‌های این عنصر در گیاهان می‌توان به ساخت پروتئین، تولید روغن، بهبود کیفی محصولات کشاورزی و کاهش pH اشاره نمود (Marschner, 1995). عنصر گوگرد با مشارکت داشتن در تشکیل اسید آمینه، پروتئین‌ها و غیره نقش بسزایی در گیاهان مخصوصا درختان پسته دارد (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۵). اگر محلول پاشی به همراه ترکیب خام گوگردی باشد موجب گیاه سوزی شدید خواهد شد و این مورد از مشکلات اصلی گوگرد شمرده می‌شود (روحانی و همکاران، ۱۳۹۱).

طی چند سال گذشته با توجه به کارایی نداشتن سموم شیمیایی در مهار و کنترل کردن پسیل، استفاده از گوگردپاشی در باغات پسته صورت گرفته و رضایت نسبی را برای باغداران به همراه داشته است (روحانی و همکاران، ۱۳۹۱). گوگرد علاوه بر داشتن خاصیت بسیار برای خاک و گیاهان، ماده ای بسیار سالم و ایمن در مقایسه با سموم می‌باشد. تا جایی که می‌توان با اطمینان گفت که گوگردپاشی درختان پسته بهترین شیوه کنترل و موثرترین راه مبارزه با آفت پسیل است. پسیل معمولی پسته مهمترین آفت پسته است که باغداران به آن شیره خشک می‌گویند. زمستان را به‌صورت حشره کامل می‌گذراند و اوایل اردیبهشت ماه معمولاً تخم‌ریزی می‌کند و نوزادهای آن از شیره نباتی تغذیه می‌نماید تا تبدیل به حشره بالغ گردند (Hage, 2005). استفاده از گوگرد در مقایسه با سموم و انواع حشره‌کش برای مقابله با پسیل در درختان پسته، رضایتمندی بسیار بیشتری را در کشاورزان به همراه داشته است (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۵).

مواد و روش ها

برای انجام این پژوهش، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار بر روی درختان پسته رقم اوحدی انجام شد. تیمارها شامل سه نوع گوگرد (۰، ۳۰ و ۴۵ گرم بر لیتر گوگرد پودری، ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر سوسپانسیون ۸۰ ٪ گوگرد مایع و ۳۰ گرم بر لیتر گوگرد نانوریزه)، پتاسیم (۰، ۵ و ۱۰ گرم بر لیتر کلات پتاسیم) و تعداد دفعات (یکبار محلول‌پاشی و دو بار محلول‌پاشی) می‌باشد.
یک باغ پسته رقم اوحدی (غالب منطقه) را انتخاب و در آن ۱۰۸ درخت مشابه از نظر قطر و سایه‌انداز انتخاب گردید. نمونه‌گیری مرکب از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰- ۶۰ سانتی‌متری خاک انجام و پس از تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی، کمبودهای احتمالی عناصر به‌صورت چالکود و یا محلول‌پاشی جبران شد. در هر درخت چهار شاخه از دو طرف درخت انتخاب و علامت‌گذاری گردید. تیمارهای گوگرد و پتاسیم مورد نظر با غلظت مشخص شده تهیه و طبق نقشه طرح در دو زمان اوسط خرداد و اوایل تیرماه همراه با طغیان پسیل پسته بر روی درختان تحت تیمار، محلول‌پاشی شد. دو هفته پس از محلول‌پاشی، سوزندگی احتمالی برگ‌ها مورد سنجش قرار گرفت. بدین ترتیب که برگ‌های سرشاخه هر درخت (شاخه‌های علامت‌گذاری شده) از نظر درصد آسیب دیدگی سطح برگ درج شد (محمدی‌نیا و امامی، ۱۳۹۷).

اندازه‌گیری پارامترها

عملکرد

عملکرد درختان پسته در پایان شهریور ماه با وزن کردن محصول تر پسته هر درخت مورد تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت.

کنترل آفت پسیل پسته

یک روز قبل از محلول‌پاشی از برگ‌های درختان تحت تیمار (شاخه‌های علامت گزاری‌شده)، نمونه‌برداری انجام و انتقال آن به آزمایشگاه و توسط بینوکولار مورد بررسی قرار گرفتند. در صورت وجود تعداد مناسب پوره پسیل روی برگ (حداقل ۷ پوره) محلول‌پاشی صورت گرفت. برای سنجش تأثیر تیمارها در کنترل آفت پسیل احتمالی، ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از اعمال تیمارها، نمونه‌برداری از برگ‌ها (شاخه‌های علامت‌گذاری شده) انجام و جمعیت سنین مختلف پوره‌ها به وسیله دستگاه بینوکولار مورد سنجش قرار گرفت (محمدی‌نیا و امامی، ۱۳۹۷).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از اتمام اندازه‌گیری‌ها، پاسخ‌های گیاهی با استفاده از نرم افزار کامپیوتری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. سپس نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه‌های Excle و Word ترسیم و نتایج حاصل تفسیر گردید.

نتایج و بحث

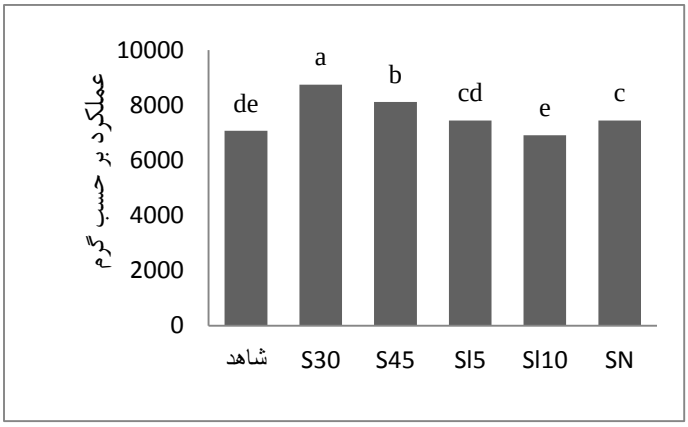
عملکرد

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر گوگرد و همچنین اثر گوگرد و پتاسیم باهم بر عملکرد معنی دار بودند. شکل ۱ اتر گوگرد بر عملکرد را نشان می‌دهد. این شکل نشان میدهد بوسیله تیمار گوگرد پودری ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر حدود ۲۰ درصد افزایش عملکرد مشاهده می‌شود و این تیمار بیشترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها داشته است. همچنین گوگرد پودری در سطح ۴۵ میلی‌گرم توانسته عملکرد را نسبت به شاهد حدود ۱۵ درصد به صورت معنی داری افزایش دهد.

با توجه به شکل ۱ تیمار های گوگرد مایع اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشتند و گوگرد نانو توانسته عملکرد را ۵ درصد افزایش دهد.

جدول ۱ نشان می دهد با اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر بر لیتر پتاسیم ۲۵ در صد افزایش عملکرد اتفاق افتاد. تیمار گوگرد پودری ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر در هر سه سطح پتاسیم بیشترین عملکرد را داشته در سطح ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر گوگرد پودری با افززودن ۲ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم بیشترین عملکرد رخ داده است و ۴ درصد نسبت به عملکرد همین تیمار بدون پتاسیم افزایش عملکرد داشته است. این جدول نشان می‌دهد گوگرد نانو ریزه نسبت به گوگرد میکرونیزه هم سطح خودش حدود ۱۵ درصد کاهش عملکرد داشته است. جدول ۱ نشان می‌دهد گوگردهای مایع نسبت به شاهد افزایش عملکرد معنی‌داری دارند اما نسبت به گوگرد پودری ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش عملکرد معنی‌دار دارد.

از شکل ۱ و جدول ۱ میتوان نتیجه گرفت بهترین تیمار گوگرد میکرونیزه ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بعلاوه ۴ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم است.



شکل ۱- تأثیر برگ‌پاشی گوگرد بر عملکرد

S30، s45، Sl5، Sl10 و SN به ترتیب گوگرد میکرونیزه در غلظت‌های ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر، گوگرد مایع در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر و گوگرد نانوریززه در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول۱- اثر برگ‌پاشی گوگرد و پتاسیم بر عملکرد درختان پسته

میانگین‌هایی که در جدول دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح

پتاسیم	گوگرد میکرونیزه		گوگرد نانوریزه	گوگرد سوسپانسیون	
گرم بر لیتر	گرم بر لیتر		گرم بر لیتر	میلی‌لیتر بر لیتر	
پتاسیم	۰	۳۰	۴۵	۳۰	۵	۱۰	میانگین
۰	۶۳۳۳/۳^{f}	۸۸۲۶/۷^{ab}	۷۹۴۱/۷^{cd}	۷۷۱۱/۷ $^{c-e}$	۷۶۲۵/۰$^{c-e}$	۵۲۱۵/۰^{g}	
۲	۶۹۶۵/۰^{ef}	۹۰۹۵/۸^{a}	۸۲۶۵/۰$^{a-c}$	۷۸۱۵/۰$^{c-e}$	۷۵۱۵/۰$^{c-e}$	۷۷۰۵/۸ $^{c-e}$	
۴	۷۹۳۰/۸^{cd}	۸۳۱۳/۳$^{a-c}$	۸۱۶۵/۰^{bc}	۷۴۱۳/۳ $^{c-e}$	۷۲۰۳/۳^{de}	۷۸۳۰/۰$^{c-e}$	
میانگین							

احنمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

پسیل

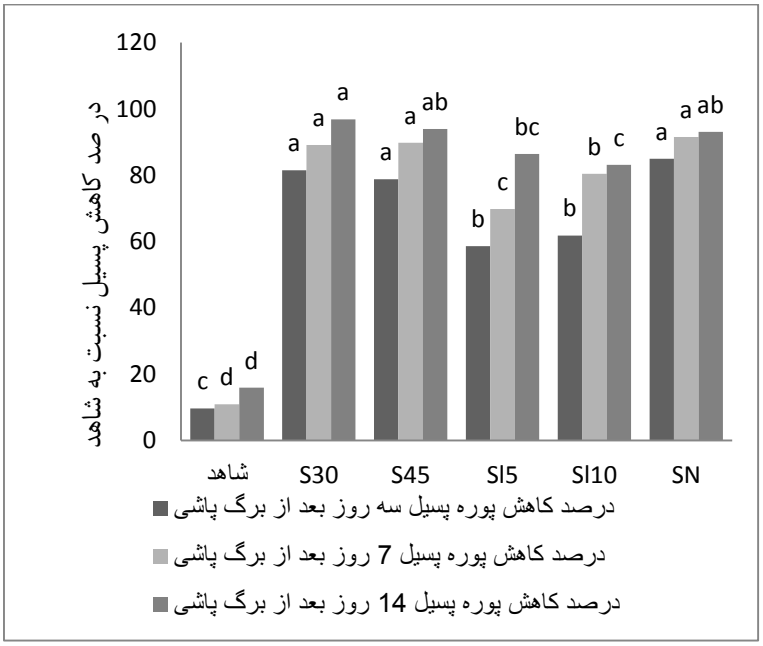
تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر گوگرد به تنهایی بر کاهش جمعیت پوره پسیل و اثرات متقابل گوگرد، پتاسیم و دفعات برگ‌پاشی باهم نیز معنی‌دار است.

شکل ۲ نشان می‌دهد تیمارهای ۳۰ میلی-گرم بر لیتر گوگرد نانوریزه و میکرونیزه بهترین تاثیر را بر کاهش پوره پسیل در ۳ روز، ۷ روز و ۱۴ روز بعد از برگ‌پاشی را داشتند و بین ۸۰ تا ۹۸ درصد کاهش پوره پسیل را به همراه

داشتند. گوگرد های مایع توانسته‌اند در ۳ روز بعد از برگ‌پاشی حدود ۶۰ درصد کاهش پسیل را نسبت به شاهد داشته باشند اما این تیمارها نسبت به تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر گوگرد میکرونیزه تاثیر کمتر داشته برای مثال در ۷ روز بعد از محلول پاشی این تیمار نسبت به تیمار ۵ میلی‌لیتر بر لیتر گوگرد مایع ۲۰ درصد کمتر موثر بوده است. در بین گوگردهای مایع در سطح ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر ۷ روز بعد از برگ‌پاشی نسبت به تیمار ۵ میلی‌لیتر بر لیتر اثر بهتری داشته است.

گوگرد نانو در ۳ روز بعد از برگ‌پاشی حدود ۸۵ درصد کاهش پوره پسیل را نسبت به شاهد داشته است. این عدد در ۷ روز بعد از برگ‌پاشی به ۹۱ درصد و ۱۴ روز بعد از برگ‌پاشی به ۹۳ درصد می‌رسد. این تیمار نسبت به شاهد اثر مطلوبی داشته است ولی اثر آن با تیمار گوگرد میکرونیزه در همین غلظت (۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) معنی دار نیست.

درکل شکل ۱ نشان می‌دهد بهترین اثر برای پسیل مربوط به گوگرد میکرونیزه در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.



شکل۲-اثر برگ‌پاشی گوگرد بر درصد کاهش پوره پسیل

S30، s45، Sl5، Sl10 و SN به ترتیب گوگرد میکرونیزه در غلظت‌های ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر، گوگرد مایع در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر و گوگرد نانوریززه در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

نتیجه‌گیری

برای مقابله با آفت پسیل و داشتن عملکرد بهتر، بهترین تیمار شامل ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر گوگرد میکرونیزه و ۲ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم می‌باشد. گوگرد نانوریزه با توجه به عملکرد و پسیل که نتیجه تقریبا مشابه با گوگرد میکرونیزه داشت از نظر اقتصادی این تیمار توصیه نمی‌شود.

منابع

بختیاری، س.، فرازمند، ح.، جبله، ع.، رمضانی‌مقدم، م.ر.، سیرجانی، م. و حشمت پژوه، م. (۱۳۹۶). تاثیر اختلاط گوگرد میکرونیزه با کائولین فرآوری شده روی پسیل معمولی پسته در منطقه کاشمر. بیست و دومین کنگره گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، ۱ تا ۳ شهریور، ۸۲۹-۸۲۷.

روحانی، م. و سمیع، م.ا. (۱۳۹۱) . تأثیر یکبار پاشش بهاره کلسیم، روی و اوره بر تراکم جمعیت پسیل معمولی پسته در شرایط باغهای پسته رفسنجان. مجله تحقیقات آفات گیاهی، ۲(۴). ۴۴-۳۵.

مظفری، و. و سلاجقه، م. (۱۳۹۶). تأثیر نیتروژن و سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دانهال‌های پسته در شرایط شور. نشریه آب و خاک، ۲۷(۴). ۲۲۳-۲۱۱.

Altındişli, A., İrget, M.E., Kalkan, H., Kara, S., and Oktay, M. 2015. Effect of foliar applied KNO3 on yield, quality and leaf nutrients of Carignane and Colombard wine grapes. In: Anac, D. and P. Martin- Prével,Improved Crop Quality by Nutrient Management. Pp:103-106.

Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press. BocoRoton Florida. 662 pp.

Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher Plants*. 2nd ed. Academic Press. New York, 356 p
Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London. 4th printing. 889 pp.

The effect of foliar application of sulfur and potassium on some growth and physiological characteristics of pistachio trees

In order to evaluate the effect of foliar application of sulfur and potassium on yield and reduction of pistachio nympha of agonoscena, a factorial orchard experiment experiment with 6 levels of sulfur (0, 30 and 45 mg.l^{-1} of micronized sulfur, 30 mg of nanorized sulfur and 5 and 10 ml of 80% suspension sulfur) and 3 levels of potassium (0, 2 and 4 mg.l^{-1} of potassium chelate) was conducted. The highest pistachio yield was related to the treatment of 30 mg.l^{-1} of micronized sulfur along with 2 mg.l^{-1} of potassium, which was 15% higher than the control. Also, the results showed that, the treatment of 30 mg.l^{-1} of micronized sulfur had the greatest effect on reduction of pistachio agonoscena and reduced the nympha of agonoscena by 98% after 14 days of leaf spraying.

Keywords: pistachio, yield, psyllid, foliar application

بررسی تاثیر بایوچار و کمپوست تفاله پسته بر میزان فسفر و روی در دانهال‌های پسته (Pistacia vera L)

ابوالفضل خادمی جلگه‌نژاد[1]. مجید فکری[2]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲. استاد گروه علوم خاک دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

به منظور بررسی توأم کود آلی و اثر فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی دانهال‌های پسته (Pistacia vera L.) رقم بادامی زرند در شرایط گلخانه‌ای آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای ماده آلی شامل کمپوست، بایوچار (هر یک به میزان ۵٪ وزنی) و شاهد به همراه سه سطح کود شیمیایی فسفر از منبع فسفات پتاسیم (۱۰۰، ۵۰، ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک و کود سولفات روی در سه سطح (۲۰، ۱۰، صفر میلی گرم در کیلوگرم) بود . بایوچار تفاله پسته غنی شده با ۱۰۰ میلی گرم دارای بیشترین فسفر اندام هوایی و ریشه بود که استفاده از بایوچارهای مختلف تأثیری بر روی جذب روی توسط اندام هوایی دانهال‌های پسته نداشته در حالی که بایوچار پوست سخت باعث کاهش روی ریشه نیز شده است و کمپوست تفاله پسته تأثیر بهتری بر روی جذب روی داشته است.

واژه‌های کلیدی: بایوچار، پسته، کمپوست، مدیریت حاصلخیزی

۱.مقدمه

بایوچار، ماده جامد غنی از کربن می‌باشد که توسط فرایند پیرولیز از زیست توده تولید می‌شود Sohi (2012). ماده‌ای که برای تولید بایوچار استفاده می‌شود اکثراً کم هزینه بوده است و اصولاً از زیست توده‌های گیاهی و جانوری و همچنین پسماندهای جامد صنعتی به دست می‌آید (Qian and Chen (2013) & Shen et al (2012) & Xu et al (2013b) & Yao et al (2012. ماده آلی خاک علاوه بر تأمین مواد غذایی از طریق معدنی شدن، ظرفیت نگهداری آب و افزایش حاصلخیزی خاک زیستگاه مناسب برای موجودات زنده فراهم می‌کند Fischer, D and Glaser, B (2012). گیاه پسته سالیان متمادی است که در مناطق خشک و نیمه خشک ایران کشت می‌شود. بر اساس دفتر آمار و فناوری اطلاعات (۱۳۸۷) در بین مناطق مختلف ایران، استان کرمان بیشترین سطح زیر کشت باغ‌های پسته (۳۶۰ هزار هکتار) و بیشترین عملکرد در واحد سطح را داراست. در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران، به دلیل کمبود میزان ماده‌ی آلی (کمتر از ۱٪)، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نامطلوب است Atkinson et al (2010). بنابراین، مدیریت و افزایش ماده‌ی آلی در این خاک‌ها حائز اهمیت می‌باشد. میزان مواد آلی به‌عنوان یک شاخص مناسب برای تولید محصول در نواحی خشک و نیمه خشک معرفی شده است، زیرا آثار مطلوبی بر ظرفیت نگهداری آب توسط خاک داشته و نیز به‌عنوان یک منبع مناسب تغذیه‌ای در خاک محسوب می‌شوند. به هزینه اقتصادی زیاد و آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و همچنین ضرورت نیل به کشاورزی پایدار، مدیریت و مصرف بهینه‌ی بقایای گیاهی و کودهای آلی در کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد Flaig et al (1977) & Maftoun., (2004). با توجه به اینکه گیاه پسته بخش اعظم سطح زیر کشت استان کرمان را به خود اختصاص داده است یکی از بااهمیت‌ترین محصولات اقتصادی ایران است. با استقرار بسیاری از باغات پسته در اراضی خشک، مدیریت ماده آلی و تغذیه‌ای خاک از اهمیت

ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. لذا هدف از انجام این تحقیق مدیریت بقایای گیاهی و همچنین بررسی تأثیر شکل‌های مختلف ماده آلی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و غلظت برخی از عناصر در دانهال‌های پسته در قالب یک طرح گلخانه‌ای طراحی گردید.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱.خصوصیات خاک مورد مطالعه

خاک مورد نظر از یک باغ پسته واقع در شهرستان انار (با موقعیت جغرافیایی ′۵۲ °۳۰ عرض شمالی و′۱۶ °۵۵ طول شرقی) از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری نمونه برداری شد و پس از انتقال نمونه خاک به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک گردید و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد و سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتری Gee و Bauder (۱۹۸۶)، اسیدیته عصاره اشباع خاک (۵۲)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع Rhoades (۱۹۹۶)، میزان ماده آلی به روش بی‌کرومات Black (۱۹۳۴)، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری به روش Olsen و همکاران (۱۹۹۴) و اندازه گیری با روش اسید آسکوربیک Murphy و(Riley ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک Nelson (1982)، غلظت آهن، منگنز، مس و روی عصاره گیری شده با DTPA، به‌وسیله دستگاه جذب اتمی Lindsay and Norvell (1979) & Viro (1955) و پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیری به روش استات آمونیوم، به وسیله دستگاه فلیم فتومتر Knudsen et al (1982) اندازه‌گیری شد. در جدول ۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از اعمال تیمارها نشان می‌دهد که از لحاظ بافت خاک دارای بافت لومی بوده و از لحاظ شوری خاک محدودیتی نداشته و هر چند میزان ماده آلی خاک و فسفر قابل جذب کم بوده و به دلیل داشتن۲۲٪ سولفات کلسیم جزء خاک‌های گچی طبقه بندی می‌شود.

۲-۲.تهیه کمپوست و بایوچار

کمپوست‌سازی یکی از رویکردهای اقتصادی و زیست محیطی برای کنترل ضایعات آلی کشاورزی می‌باشد و برای تهیه کمپوست، ماده اولیه را شسته و با آب داغ فنول موجود در تفاله را خارج کرده و بعد از فرایند پوسیده شدن مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه بایوچار، ضایعات پسته را پس از جمع‌آوری، با آب مقطر شستشو داده شده و هوا خشک شدند و سپس آن‌ها را آسیاب نموده و داخل کورزه‌های چینی ریخته و داخل کوره قرار داده و شرایط تولیدی بایوچار از قبیل شرایط خلأ (استفاده از گاز نیتروژن با درصد خلوص ۹۹/۹۹ درصد) و همچنین تنظیم دما و حرارت در کوره (یکسان بودن دما در قسمت‌های مختلف کوره) در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا فرایند پیرولیز صورت گیرد. همچنین جدول ۲ برخی از ویژگی‌های شیمیایی مواد آلی مورد استفاده را نشان می‌دهد.

۲-۳.تیمارها

این پژوهش در سال ۹۴-۱۳۹۳ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای ماده آلی شامل کمپوست (پوست سبز و پوست استخوانی)، بایوچار (پوست سبز و پوست استخوانی در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه) و بدون ماده آلی (شاهد) به‌عنوان عامل اول و کود شیمیایی فسفر در سه سطح (صفر،۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک، از منبع فسفات پتاسیم) و سه سطح روی (صفر، ۱۰،۲۰ از منبع سولفات روی) بودند. ابتدا مواد آلی و خاک را با هم مخلوط کرده و سپس در داخل گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۲ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر ریخته شد. برای تیمارهای غنی شده با فسفر و روی از روش آغشته سازی استفاده گردید ابتدا بایوچار بر روی یک سطح

به‌صورت یک لایه نازک پهن نموده و سپس محلول‌های ساخته شده از فسفر و روی به گلدان‌ها اضافه شد و ۵۰ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (از منبع سولفات پتاسیم) و ۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (از منبع اوره)، بر اساس آزمون خاک، به هر گلدان اضافه گردید.

۲-۳.کاشت و برداشت گیاه

بذرهای پسته (رقم بادامی زرند که بیشترین پایه‌های موجود در منطقه می‌باشد) بعد از جداسازی پوست سخت، به مدت ده دقیقه در محلول وایتکس ٪۱۰ (برای از بین بردن باکتری‌ها) قرار داده شدند. پس از آن که بذرها با آب مقطر استریل شستشو داده شدند، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل در یک ظرف در بسته خیسانده شدند. سپس، با سم قارچ‌کش کاپتان با غلظت ۲ گرم در لیتر ضدعفونی و به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. در هر گلدان،۱۰-۸ بذر جوانه زده در عمق ۳ سانتیمتر کشت گردید. گلدان‌ها در گلخانه‌ای با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ٪۷۵ نگهداری شدند. آبیاری گلدان‌ها هر روز با استفاده از آب مقطر تا رسیدن به گنجایش زراعی صورت می‌گرفت. پس از استقرار کامل نهال‌ها، در هفته چهارم، تعداد نهال‌ها به ۴ بوته در هر گلدان کاهش پیدا کرد. در پایان دوره رشد،.در ضمن، ریشه‌ها نیز از خاک خارج گردیدند و همراه با اندام هوایی، پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی رسید. سپس نمونه‌ها به‌وسیله آسیاب برقی پودر گردیدند. نیم گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی و ریشه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی، خاکستر و با اسیدکلریدریک ۲ نرمال عصاره گیری شد. در عصاره به دست آمده، غلظت فسفر به روش زرد وانادات و غلظت روی به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد Knudsen et al (1982) & Vaccari et al (20015) & Walkley and Black (1934).

۲-۴.تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام شد و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری پنج درصد انجام شد. همچنین نمودارهای مورد نیاز با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. فسفر اندام هوایی

طبق جدول (۱) تیمارهای مختلف ماده آلی، سطوح کود شیمیایی و همچنین بر همکنش بین آن‌ها تأثیر معنی داری (در سطح ۰/۰۱) بر میزان فسفر اندام هوایی داشته است. بطوریکه بیشترین میزان فسفر اندام هوایی با کاربرد بایوچار تفاله پسته در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد غنی شده با ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر به میزان ۰/۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد و همچنین تیمار شاهد به میزان ۰/۰۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم کمترین میزان فسفر اندام هوایی را به خود اختصاص داد (شکل ۱). دلیل افزایش فسفر در اثر اضافه کردن بایوچار به خاک قدرت یونی و غلظت کلسیم را در محلول خاک را بالا می‌برد و این باعث افزایش جذب سطحی فسفر می‌شود. بطور کلی افزایش جذب فسفر از تغییرات اکسیدهای آهن و آلومینیوم یا افزایش غلظت فسفر در اثر افزودن بایوچار ناشی می‌شود. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که حتی بدون افزودن فسفر با اضافه کردن بایوچار به خاک دسترسی فسفر در خاک زیاد می‌شود (۲۰). این افزایش می‌تواند به دلیلی انتشار مستقیم فسفر محلول از بایوچار اتفاق بیفتد زیرا بایوچار خود حاوی مقدار زیادی

فسفر می‌باشد. بایوچار جذب فسفر را بهبود می‌بخشد که این مشاهدات نشان می‌دهد که در صورت کمبود مقدار فسفر اولیه خاک اضافه کردن بایوچار می‌تواند مقدار دسترسی فسفر خاک را افزایش دهد که این افزایش باعث افزایش غلظت فسفر در قسمت‌های مختلف گیاه می‌شود. بطور کلی اضافه کردن بایوچار به خاک‌های قلیایی موجب افزایش دسترسی فسفر خاک می‌شود. افزودن بایوچار به خاک باعث افزایش حلالیت فسفر شده Gundale and DeLuca (2007) که ممکن است دلیل افزایش فسفر باشد Ch'ng et al (2014) و بررسی اثر بایوچار، کمپوست و ترکیب آن‌ها بر بهبود فراهمی فسفر و اندازه گیری فسفر در سه زمان مختلف اظهار نظر داشته‌اند که اصلاح کننده‌های آلی در همه زمان‌ها فسفر قابل جذب را در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش داد و علت افزایش فسفر قابل جذب را معدنی شدن میکروبی فسفر آلی مرتبط دانستند Akça and Namli (2015). با بررسی اثر بایوچار کود مرغی بر فعالیت‌های آنزیمی خاک گزارش کردند که با کاربرد بایوچار، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی افزایش یافت. Vaccari و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند بایوچار ساخته شده از پوسته گندم سبب افزایش میزان فسفر گوجه فرنگی شده است. نبوی‌نیا (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر ضایعات دباغی و بایوچار بر رشد و عملکرد گیاهان تربچه دریافت که استفاده از ضایعات دباغی و بایوچار باعث افزایش فسفر خاک و غلظت آن در اندام هوایی و غده گیاه تربچه گردید. Gunes و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند بایوچار سبب افزایش فسفر گیاه کاهو در مقایسه با تیمار شاهد شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

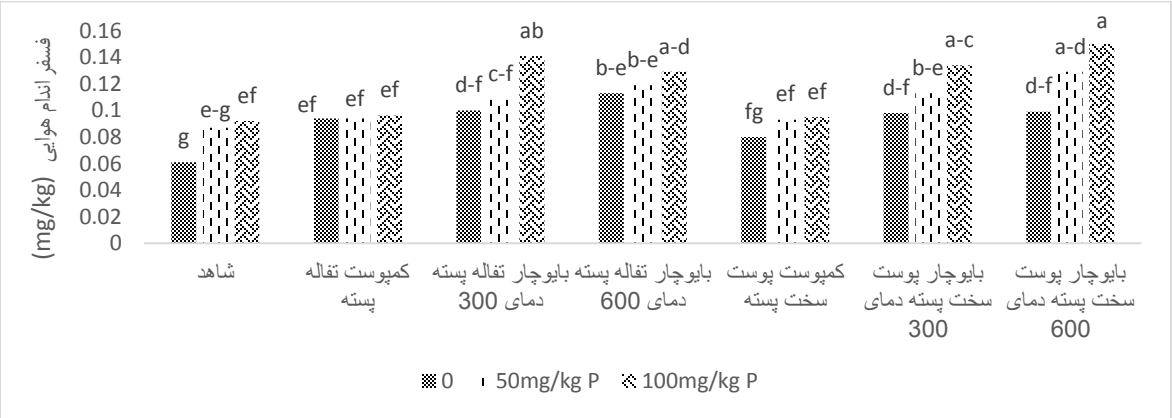
جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر تیمارهای تفاله پسته و بایوچار حاصل از آن در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰، پوست سخت پسته و بایوچار حاصل از آن در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ در سطوح مختلف بر میزان فسفر اندام هوایی و ریشه

Table3- Analysis of variance squares of pistachio waste treatment and Biochar of the two at 300 and 600, hard skin pistachios and its Biochar 300 and 600 at two different temperatures at different levels on the shoot and root P

منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر اندام هوایی	فسفر ریشه
تیمار ماده آلی	۶	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۲**
سطوح کودشیمیایی	۲	۰/۰۰۴**	۰/۰۱۷**
تیمار ماده آلی × کود شیمیایی	۱۲	۰/۰۰۰۲۷**	۰/۰۰۲**
خطا	۴۲	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۷۵

**- معنی دار در سطح ۱ درصد *- معنی دار در سطح ۵ درصد ns- عدم تفاوت معنی دار

** - Significant at 1% level * - significant at the 5% level ns- no significant difference



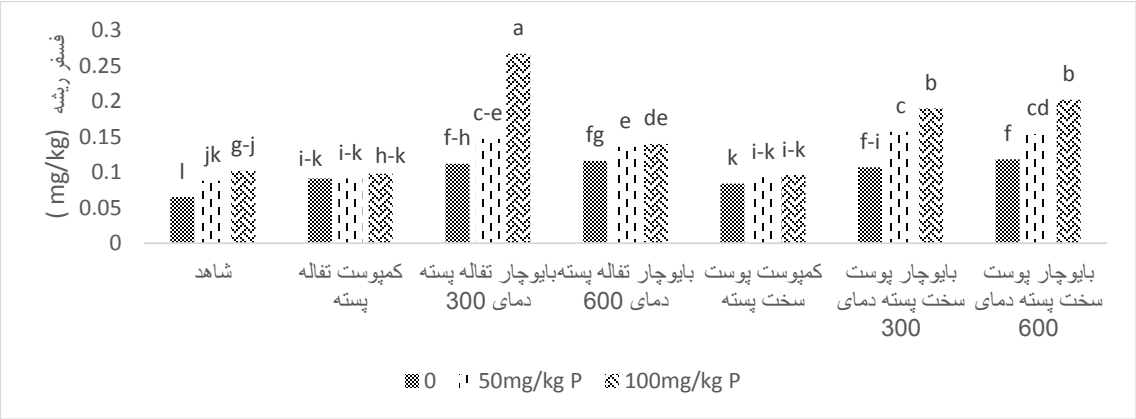
شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر تیمارهای مختلف ماده آلی در سطوح مختلف کود شیمیایی بر میزان فسفر اندام هوایی (میلی گرم بر کیلوگرم)

Figure 6- compares the effect of different treatments on rates of interaction effects on phosphorus shoot ($mg.kg^{-1}$)

۳-۲.فسفر ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف ماده آلی، سطوح مختلف کود شیمیایی و همچنین اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان فسفر ریشه تأثیر معنی داری (در سطح ۰/۰۱) داشته است (جدول ۳). بطوریکه بایوچار پوست سخت پسته در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد غنی شده با ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر به میزان ۰/۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان فسفر ریشه را به خود اختصاص داد که منجر به افزایش ۱۴۵/۸۰ درصدی فسفر ریشه نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۲).

می‌توان دلیل افزایش فسفر ریشه را افزایش دسترسی میکروارگانیسم‌ها به مواد غذایی به دنبال افزودن ماده آلی و افزایش ترشحات ریشه دلیل بر افزایش فعالیت فسفاتاز دانست Tejada et al (2006). Wandruszka (۲۰۰۶) گزارش داد که ماده آلی به عنوان منبع و عامل مؤثری بر افزایش تحرک فسفر و با محدود ساختن مکان‌های جذبی خاک با اسیدهای آلی، موجب افزایش غلظت این عنصر در درون خاک می‌گردند بنابراین آزادی عمل بیشتری برای جذب پیدا کرده و در نهایت غلظت اندام هوایی و ریشه افزایش می‌یابد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر تیمارهای مختلف ماده آلی در سطوح مختلف کود شیمیایی بر میزان فسفر ریشه (میلی گرم بر کیلوگرم)

Figure 7- compares the effect of different treatments on rates of interaction effects on phosphorus roots ($mg.kg^{-1}$)

روی اندام هوایی

تیمارهای مختلف ماده آلی، سطوح کود شیمیایی و همچنین اثر متقابل بین آن‌ها تأثیر معنی داری (در سطح ۰/۰۱) بر میزان روی اندام هوایی داشته است (جدول ۲). بطوریکه بایوچار تفاله پسته در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد غنی شده با ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی به میزان ۸/۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان روی اندام هوایی را به خود اختصاص داد که البته با تیمار بایوچار تفاله پسته غنی شده با ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی در یک سطح آماری قرار داشته است و کمترین میزان روی هم در تیمار خاک شاهد به میزان ۴/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد و همچنین تیمار بایوچار تفاله پسته در دمای ۳۰۰ درجه به‌تنهایی هیچ تأثیری بر میزان روی اندام هوایی نداشته (۴/۰۶۸) ولی کاربرد بایوچار با روی در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی گرم به ترتیب ۸/۰۰۳ و ۸/۰۸ باعث افزایش روی اندام هوایی شده است که این افزایش نسبت به تیمار شاهد ۵۰/۸۳ و ۵۰/۳۴ درصدی شد. (شکل ۳). سالاری و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر بایوچار بقایای پسته بر پویایی و قابلیت جذب روی در گیاه ذرت دریافتند بایوچار غلظت روی را در اندام هوایی به طور قابل توجهی کاهش داد. Gunes و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند بایوچار سبب کاهش روی گیاه کاهو در مقایسه با تیمار شاهد شده است که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. در تحقیق حاضر بایوچار به‌تنهایی هیچ تأثیری بر روی میزان

جذب روی دراندام هوایی نداشته است و همچنین در تیمارهای بایوچار غنی شده با سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم به‌احتمال زیاد دلیل افزایش روی اندام هوایی میزان روی اضافه شده به بایوچار می‌باشد و شاید دلیل دیگر پی اچ بالای خاک باشد.

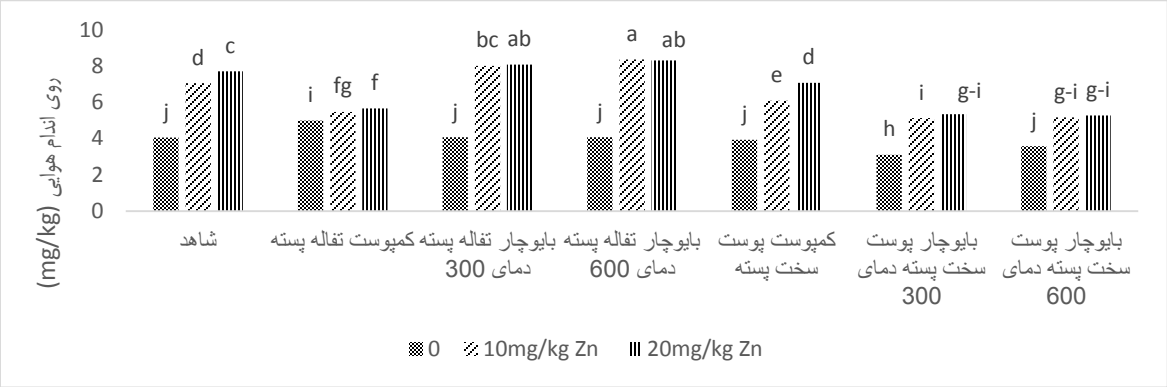
جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر تیمارهای تفاله پسته و بایوچار حاصل از آن در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰، پوست سخت پسته و بایوچار حاصل از آن در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ در سطوح مختلف بر میزان روی اندام هوایی و ریشه

Table4- Analysis of variance squares of pistachio waste treatment and Biochar of the two at 300 and 600, Hard skin pistachios and Biochar its 300 and 600 at two different temperatures at different levels on the shoot and root

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی اندام هوایی	روی ریشه
تیمار ماده آلی	۶	۱۵/۲۹۸**	۸/۹۶۵**
سطوح کودشیمیایی	۲	۷/۷۷۱**	۳/۰۴۹**
تیمار ماده آلی × کود شیمیایی	۱۲	۱/۹۸۵**	۰/۸۲۸**
خطا	۴۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷

ns– عدم تفاوت معنی دار *– معنی دار در سطح ۵ درصد **– معنی دار در سطح ۱ درصد

** - Significant at 1% level * - significant at the 5% level ns- no significant difference



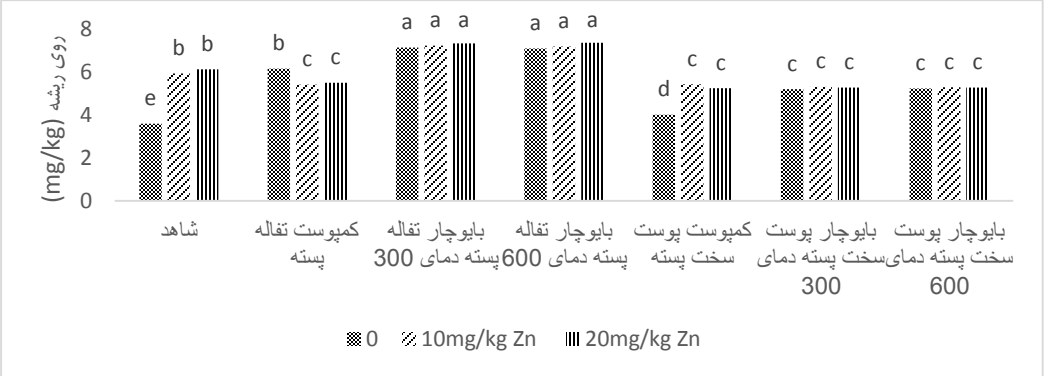
شکل ۳ – مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر تیمارهای مختلف ماده آلی در سطوح مختلف کود شیمیایی بر میزان روی اندام هوایی (میلی گرم بر کیلوگرم)

Figure 8- Comparison of interaction effects of treatments on the effect of different treatments on aerial ($mg.kg^{-1}$)

روی ریشه

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش تیمارهای مختلف ماده آلی، سطوح کود شیمیایی و همچنین بر همکنش بین آن‌ها تأثیر معنی‌داری (در سطح ۰/۰۱) بر میزان روی ریشه داشته است. بطوریکه بیشترین میزان روی با کاربرد کمپوست تفاله پسته بوده که میزان روی ریشه در آن ۶/۱۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد و همچنین تیمار بایوچار پوست سخت پسته در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۳/۲۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم کمترین میزان روی ریشه را به خود اختصاص داده است (شکل ۴). Prapagdee و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند بایوچار سبب کاهش روی در ریشه گیاه ماش شده است که با نتایج تحقیق حاضر

مطابقت دارد و همچنین Gunes و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند بایوچار سبب کاهش روی گیاه کاهو در مقایسه با تیمار شاهد شده است و همچنین Prapagdee و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند بایوچار سبب کاهش روی در اندام هوایی گیاه ماش شده است.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر تیمارهای مختلف ماده آلی در سطوح مختلف کود شیمیایی بر میزان روی ریشه (میلی گرم بر کیلوگرم)

Figure 9- Compare the effect of different treatments of organic matter at different levels of interaction effects of fertilizer on the root ($mg.kg^{-1}$)

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی این تحقیق تأثیر توأم مواد آلی (کمپوست و بایوچار) تولید شده از ضایعات مختلف پسته و کودهای شیمیایی بر غلظت روی و فسفر اندام‌های مختلف دانهال های پسته در یک کشت گلخانه‌ای بررسی شد. در کاربرد بایوچار و کمپوست باعث افزایش عملکرد دانهال های پسته شد. در حالی که بایوچار تولید شده در دماهای پایین‌تر (۳۰۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای بالاتر (۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) تأثیر بهتری داشته است و ضمناً بایوچار تولید شده از پوست سبز پسته (تفاله پسته) تأثیر بهتری داشته است، بنابراین توصیه می‌شود برای استفاده از بایوچار در مدیریت حاصلخیزی و تغذیه گیاه از بایوچار تولیدی در دماهای پایین استفاده شود. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بایوچار تفاله غنی شده با فسفر در سطح mg.kg-1100 فسفر اثر بهتری بر میزان فسفر در اندام هوایی و ریشه شده است اما استفاده از بایوچار بر روی جذب روی در اندام هوایی دانهال های پسته تأثیری نداشت. با توجه به اینکه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران به دلیل کمبود میزان ماده الی (کمتر از ۱٪)، بنابراین مدیریت و افزایش ماده الی در خاک حائز اهمیت است. بر اساس نتایج این پژوهش با توجه به اینکه در مناطق پسته کاری سالانه ضایعات زیادی تولید می‌شود بنابراین مدیریت این پسماندها و به‌کارگیری آن در خاک باعث بهبود و کیفیت برخی خصوصیات خاک می‌گردد؛ بنابراین استفاده از بایوچار در مناطق پسته کاری توصیه می‌گردد.

منابع

دفتر آمار و فناوری اطلاعات . (۱۳۸۷). آمارنامه کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

سـالاری. م. (۱۳۹۳). تأثیر بیوچار بقایای پسـته بر پویایی و قابلیت جذب روی وکادمیوم توسط گیاه ذرت. پایا ن نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

نبوی‌نیا. ف. (۱۳۹۲). تأثیر ضـایعات دباغی و بیوچار بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، رشد و عملکرد گیاهان تربچه و هویج. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد. دانشکده کشاورزی.

Akça, M. O., and Namli, A. (2015). Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3), 203-210.

Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA (2010) Potential mechanisms for achieving agricultural benefits frombiochar application to temperate soils: a review. Plant Soil 33:1–18. Doi: 10.1007/s11104-010-0464-5.

Ch'ng, H. Y., Ahmed, O. H., and Majid, N. M. A. (2014). Improving phosphorus availability in an acid soil using organic amendments produced from agroindustrial wastes. *The Scientific World Journal*. Published 16 June 2014. from http://dx.doi.org/10.1155/2014/506356.

Flaig, W., B. Nagar, H. Sochtig and C. Tietjen. (1977). Organic Materials and Soil Productivity. FAO Soils Bulletin No. 35, Rome, Italy.

Fischer, D and Glaser, B (2012) Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration. In: Sunil K, Bharti A (eds) Management of organic waste. InTech, Rijeka, Croatia, pp 167– 198. doi:10.5772/31200.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. (1986). Particle size analysis. PP. 383-409. *In:* Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis,ASA, SSSA, Madison, WI.

Gunes, A., Inal, A., Taskin,M.B, Sahin,O., Kaya,E.C.,and Atakol,A. (2014). Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (Lactuca sativa L. cv.) grown in alkaline soil.J. Soil Use and Management,, 30, 182–188.

Gundale, M. J. and DeLuca,T. H. (2007) „Charcoal effects on soil solution chemistry and growth of *Koeleria macrantha* in the pine/Douglas-fir ecosystem", *Biology and Fertility of Soils*, vol 43, pp303–311.

Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. (1982). Lithium, sodium and potassium. PP. 225-246. *In:* Page, A.L.(Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd Ed., Agronomy Monograph 9, ASA and SSSA, Madison, WI

Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. (1979). Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci.Soc. Am. J. 42: 421-428.

Maftoun, M., F. Moshiri, N. Karimian and A.M. Ronaghi. (2004). Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. J. Plant. Nutr. 27(9): 1635-1651.

Murphy, J. and J.P. Riley. (1982). A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Ann. Chem. Acta 27: 31-36.

Nelson, R.E. (1982). Carbonate and gypsum. PP. 181-197. *In:* Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd Edition, ASA and SSSA, Madison, WI.

Olsen, S.R., C.V. Cole, E.S. Watanabe and L.A. Dean. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939, Government Printing Office, Washington DC.

Prapagdee, S., Piyatiratitivorakul, S., Petsom, A., & Tawinteung, N. (2014). Application of biochar for enhancing cadmium and zinc phytostabilization in Vigna radiata L. cultivation. *Water, Air, & Soil Pollution*, *225*(12), 1-13.

Qian, L., Chen, B., (2013). Dual role of biochars as adsorbents for aluminum: the effects of oxygen-containing organic components and the scattering of silicate particles. Environ. Sci. Technol. 47, 8759–8768.

Rhoades, J.D. (1996). Salinity, electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. *In:* Sparks, D.L. (Ed.),Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA, Madison, WI

Shen, Y.S., Wang, S.L., Tzou, Y.M., Yan, Y.Y., Kuan, W.H., (2012). Removal of hexavalent Cr by coconut coir and derived chars—the effect of surface functionality. Bioresour. Technol. 104, 165–172.

Sohi, S.P., (2012). Carbon storage with benefits. Science 338, 1034–1035.

Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J.L., and Hernandez, M.T. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1413-1421.

Vaccari, F.P., Maienza. A., Miglietta., F., Baronti., S. Lonardo. S. Di .,Giagnoni,L., Lagomarsino., A, Pozzi. A., Pusceddu .E.,. Ranieri . R.,, Valboa. G., Genesio. L. (2015). Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil .J. Agriculture, Ecosystems and Environment 207 : 163–170.

Viro, P.J. (1955). Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis: I. Experimental. Soil Sci. 79: 459-465.

Walkley, A. and I.A. Black. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-37.

Wandruszka, R.V. (2006). Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility.Geochem. Trans. 7(6): 1-8.

Xu, X., Cao, X., Zhao, L., (2013b). Comparison of rice husk-and dairy manure-derived biochars for simultaneously removing heavy metals from aqueous solutions: role of mineral components in biochars. Chemosphere 92, 955–961.

Yao, Y., Gao, B., Chen, H., Jiang, L., Inyang, M., Zimmerman, A.R., Cao, X., Yang, L., Xue,Y., Li, H., (2012). Adsorption of sulfamethoxazole on biochar and its impact on reclaimed water irrigation. J. Hazard. Mater. 209, 408–413.

The effect of biochar and pistachio pulp compost on phosphorus and zinc content in pistachio seedlings (Pistacia vera L)

Abolfazl Khademi Plain [1]. Majid Fekri [2]

1. Graduated from Shahid Bahonar University of Kerman

2. Professor, Department of Soil Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman

Abstract

In order to study the combined organic fertilizer and the effect of phosphorus and zinc on the growth and chemical composition of pistachio seedlings (Pistacia vera L.) almond cultivar Zarand in experimental greenhouse conditions was done in a factorial randomly design with three replications. Organic matter treatments including compost, biochar (5% each) and control along with three levels of phosphorus fertilizer from potassium phosphate source (100, 50, 0 mg / kg) in soil and zinc sulfate fertilizer at three levels (20 , 10, zero mg / kg). Pistachio pulp biochar enriched with 100 mg had the highest phosphorus of shoots and roots. The use of different biochar had no effect on the uptake of zinc by the shoots of pistachio seeds, while the hard skin biochar reduced the roots and pistachio pulp compost. Has a better effect on zinc absorption.

Keywords: Biochar, Pistachio, Compost, Fertility management

تأثیر کود دامی و گوگرد بر افزایش فراهمی آهن در گیاه سویا در حضور منابع مختلف آهن در خاک آهکی

سیده فاطمه مدنیان[۱]، رضا خراسانی[۲*]، زهرا قشلاقی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و madanian_m@yahoo.com

۲- دانشیار، استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و khorasani@um.ac.ir

۳- دانش آموخته دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و za.gheshlaghi@gmail.com

چکیده

کاربرد کودهای آهن یکی از موثرترین روش‌های مقابله با کمبود آهن در خاک‌های آهکی می‌باشد. در این پژوهش اثر منابع مختلف آهن بر فراهمی آهن در گیاه سویا در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل شامل سه فاکتور آزمایشی منابع مختلف کود آهن (صفر، سکوسترین آهن، سولفات آهن به ترتیب با غلظت ۵، ۳۰ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک)،کود گاوی پوسیده (۰ و۱/۵ درصد وزنی) و گوگرد عنصری در حضور باکتری تیوباسیلوس (صفر و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم خاک و تیوباسیلوس ۱/۸ درصد مقدار گوگرد) در سه تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد که غلظت و جذب آهن در اندام هوایی گیاه سویا در تیمارهای کودی بیشتر از شاهد بود. کاربرد سکوسترین آهن بدون کوددامی به همراه گوگرد ($Fe_1Cm_0S_1$) تفاوت معنی‌داری در افزایش غلظت آهن در اندام‌هوایی نسبت به سایر تیمارها داشت. کاربرد سکوسترین آهن به همراه کوددامی وگوگرد ($Fe_1Cm_1S_1$) تفاوت معنی‌داری در افزایش میزان جذب آهن نسبت به سایر تیمارها نشان داد و همچنین مصرف سولفات آهن همراه با کوددامی و گوگرد ($Fe_2Cm_1S_1$) در افزایش آهن قابل استخراج در برگ نسبن به سایر تیمارها موثرتر بوده است. کاربرد سولفات آهن بدون کوددامی همراه با گوگرد ($Fe_2Cm_0S_1$) تفاوت معنی‌داری در افزایش میزان وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمارهای کاربرد سکوسترین آهن همراه با کوددامی و گوگرد ($Fe_1Cm_1S_1$) نداشت. با توجه به نتایج کاربرد همزمان کوددامی و گوگرد با منابع کودی آهن به عنوان راهکاری برای بهبود کارایی آنها در خاک آهکی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: سکوسترین آهن، سولفات آهن، گوگرد، ماده آلی، *Glycine max*

مقدمه

آهن چهارمین عنصر گسترده در پوسته زمین است که به عنوان یکی از عناصر غذایی ضروری گیاهان شناخته می‌شود (Shenker and chen, 2005). کلروز آهن نوعی اختلال تغذیه‌ای در گیاهانی است که در خاک‌های آهکی رشد می‌کنند که با کاهش قابل توجه غلظت کلروفیل مشخص می‌شود. این عارضه‌ی فیزیولوژیک در گیاهان به عوامل مختلف مدیریت خاک و فیزیولوژی گیاهان مرتبط است که باعث کاهش عملکرد و کیفیت بسیاری از محصولات می‌گردد. کلروز ناشی از کمبود آهن مهم‌ترین مشکل تولید سویا در خاک‌های قلیایی و آهکی می‌باشد. کمبود آهن باعث کاهش اساسی در عملکرد و کیفیت دانه سویا به دلیل ایجاد تداخل در علایم رشدی گیاه و فعالیت‌های آنزیم‌های موثر در فرایند فتوسنتز می‌گردد (Wiersma, 2005). تا کنون برای رفع مشکل کمبود آهن در گیاهان از روش‌هایی مانند کاربرد نمک‌های معدنی (He et al., 2013)، کلات‌های آهن،تعدیل مصنوعی PH، جایگزینی ارقام گیاهی با توانایی بالایی در جذب آهن (Feil and fosstai, 1995)، مواد اسیدی و اسیدزا، مواد آلی و همچنین مواد آلی دار استفاده شده است که غالباً پرهزینه بوده

و کارایی لازم را در شرایط خاک‌های موجود نداشتند (Abbaspour et al., 2004 , Heidari et al., 2014). با توجه به عدم تولید انبوه کلات‌های آهن دار در ایران درمان کلروز آهن به وسیله کلات‌های سنتزی وارداتی برای کشاورزان اقتصادی نیست، چرا که هزینه زیاد این کودها دامنه کاربرد آن را به خصوص برای محصولاتی با ارزش افزوده پایین، محدود نموده است (Goos et al., 2004) و همچنین با توجه به اثر کوتاه مدت کلات‌های آهن در محیط خاکی، ایجاد اختلال شدید این کود در جذب منگنز و همچنین مخاطرات زیست محیطی بالقوه آن (Abadia et al., 2004) نیاز به یافت جایگزینی یا تغییراتی در میزان مصرف این کودها که بتواند ضمن موثر بودن، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد، بیش از پیش احساس می‌شود (Masud et al, 2014). با توجه به مطالب فوق هدف اصلی این تحقیق مقایسه اثر سولفات آهن و سکوسترین آهن در رفع زرد برگی ناشی از کمبود آهن در گیاه سویا و بررسی کارایی مصرف کود گاوی و گوگرد بر افزایش فراهمی آهن از منابع کودی مختلف در گیاه سویا است.

مواد وروش

این آزمایش به صورت کشت گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با سه تکرار در شرایط کنترل شده انجام شد. اثر دو فاکتور آزمایشی شامل منابع مختلف کود آهن (عدم مصرف کود آهن (Fe_0)، کود سکوسترین آهن (Fe_1)، سولفات آهن (Fe_2) به ترتیب با غلظت ۰، ۵ و ۳۰ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک)،کود گاوی پوسیده (۰ (Cm_0) و۱/۵ (Cm_1) درصد وزنی) و گوگرد عنصری پودری در حضور باکتری تیوباسیلوس (صفر (S_0) و ۲۵ (S_1) میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم خاک و تیوباسیلوس ۱/۸ درصد گوگرد) در فراهمی آهن در گیاه سویا مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج آنالیز خاک مورد استفاده (جدول ۱) عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان ۸۰، ۵۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک از منابع منابع اوره، نیترات پتاسیم و $Ca(H_2Po_4)_2.H_2o$ به خاک مورد نظر اضافه گردید. و در نهایت گلدان‌ها با ۶ کیلوگرم خاک مورد نظر پر شدند. بذرهای گیاه سویا (*Glycine max (L) Merr.*، رقم کتول) بعد از استریل در سطح خاک کشت شد و تا زمان جوانه‌زنی بذرها سطح گلدان هر روز با آب مقطر اسپری شدند. ۷۳ روز بعد از کاشت، گیاهان برداشت وبرای انجام سایر آنالیزها مورد استفاده قرار گرفت.

جدول۱- برخی از ویژگی‌های خاک نمونه برداری شده در آزمایش

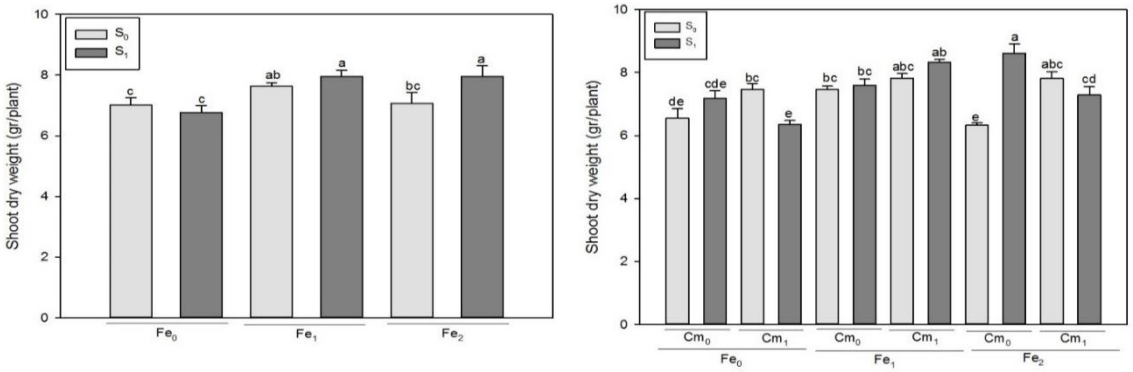
EC (dS/m)	pH	S (meq/l)	نیتروژن کل	کربن آلی (درصد)	کربنات کلسیم معادل کل	P	K	Fe-DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)
۰/۸۴۹	۷/۶۹	۴/۶	۰/۲	۰/۶۳	۱۹/۳	۸/۹	۲۲۷	۳/۴۹

نتایج و بحث

کاربرد منابع آهن در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه سویا

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (نتایج نمایش داده نشده است)، اثر دوگانه آهن و گوگرد و سه گانه تیمارها بر وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر دوگانه منابع مختلف آهن و گوگرد بر وزن خشک اندام هوایی (شکل۱) نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای مصرف همزمان سکوسترین و گوگرد (Fe_1S_1) که تفاوت معنی‌داری با تیمار سولفات آهن و گوگرد (Fe_2S_1) و کمترین وزن خشک مربوط به تیمار مربوط به کاربرد گوگرد به‌تنهایی (Fe_0S_1) به ترتیب با مقادیر ۷/۹۵۸، ۷/۹۵۳ و ۶/۷۶۵ (گرم بر گیاه سویا) مشاهده شد.افزایش تولید ماده خشک و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه تحت تأثیر کلات آهن، می‌تواند دلایل

مختلفی داشته باشد، از جمله افزایش بیوسنتز اکسین در حضور آهن و روی و افزایش غلظت کلروفیل، افزایش غلظت کربوکسیلاز فسفوئینول پیروات و کربوکسیلاز بیبس فسفات ریبولوز و همچنین سبب افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور آهن و روی می‌شود (شرفی و همکاران، ۱۳۸۰). همچنین Sing and Yedav (1980) مشاهده کردند که افزودن سولفات آهن سبب افزایش وزن خشک قسمت هوایی گیاه سورگوم شده است. سولفات آهن بر روی وزن خشک اندام هوایی در گیاه ذرت بررسی شد و نشان داد که این منبع آهن باعث افزایش قابل توجهی در عملکرد ماده خشک شاخساره شده است (شیخ‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۱. اثر دوگانه و سه گانه سطوح مختلف منابع آهن،گوگرد و آهن بر وزن خشک اندام هوایی گیاه سویا

همچنین با هدف تأمین آهن گیاهی توسط کلات آهن، انتقال الکترون فتوسنتزی افزایش می‌یابد که باعث افزایش تثبیت دی اکسید کربن و غلظت نشاسته و کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان در طول دوره رشد رویشی می‌گردد، در نتیجه تولید گیاه یا ماده خشک افزایش می‌یابد (Marschner, 1995). گوگرد سبب سنتز کلروپلاست‌ها و پروتئین‌ها و افزایش فتوسنتز می‌شود که منجر به افزایش وزن خشک در گیاه سویا می‌گردد (Mishra and Agrawal, 1994). افزایش جذب عناصر غذایی در حضور گوگرد دلیل دیگر افزایش وزن خشک در گیاه است (Ravi et al., 2008). همچنین Awlad et al. (2003) در سویا، Govahi and Saffari (2006) در کلزا، بیان کردند که با افزایش سطح گوگرد، افزایش در وزن خشک گیاهان زراعی مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن، ماده آلی وگوگرد بر وزن خشک اندام هوایی (شکل۱) نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمارمصرف همزمان سولفات آهن بدون کاربرد ماده‌آلی وگوگرد ($Fe_2Cm_0S_1$) با مقدار۸/۶۲۰۰ (گرم بر گیاه سویا) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار سکوسترین و ماده‌آلی و گوگرد ($Fe_1Cm_1S_1$) با مقدار ۸/۳۲۳۳ (گرم بر گیاه سویا) مشاهده نشد. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار سولفات آهن به‌تنهایی با مقدار ۶/۳۲۳۳ (گرم بر گیاه سویا) مشاهده شد. مصرف گوگرد همراه با کود دامی باعث افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد در محیط خاک می‌گردد و شرایط را برای گسترش میکروارگانیسم‌ها، تغذیه بهتر ودر نتیجه رشد گیاه فراهم کرده و در نهایت موجب افزایش ماده خشک کل و اجزای عملکرد گیاه در این خاک شده است (نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار /جلد 22 شماره ۳/ سال ۱۳۹۱).

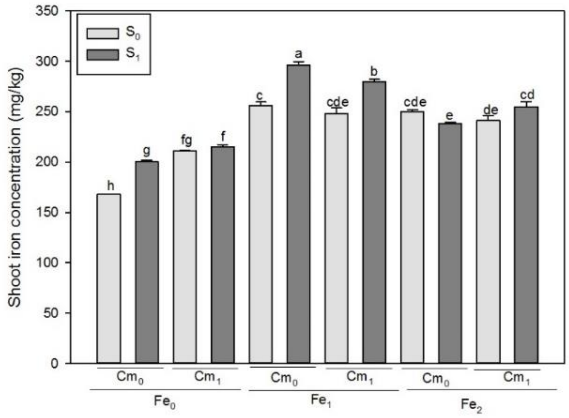
کاربرد منابع آهن در افزایش غلظت آهن در گیاه سویا

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و برهمکنش فاکتورها بر غلظت آهن در اندام هوایی گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار آهن	۲	۱۵۸۳۹/۷۰۱ **
تیمار آهن*کوددامی	۲	۱۲۷۰/۴۸۴ **
تیمار آهن*گوگرد	۲	۹۱۰/۰۲۸ **
تیمار آهن*کوددامی*گوگرد	۲	۵۵۳/۵۸۸ **
خطا	۲۴	۳۱/۱۷۰

* و **: به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی-دار است.

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲)، اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن و گوگرد بر غلظت آهن در اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه منابع مختلف آهن، ماده‌آلی وگوگرد بر غلظت آهن در اندام هوایی (شکل۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان غلظت آهن در تیمار سکوسترین همراه با گوگرد ($Fe_1Cm_0S_1$)، با مقدار ۲۹۶/۰۶۶۶ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت کمترین میزان غلظت آهن در تیمار شاهد ($Fe_0Cm_0S_0$) با مقدار ۱۶۸/۰۳۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. موادآلی اکسیداسیون گوگرد را تسریع می‌کند و باعث اثر سریع‌تر این ماده بر واکنش خاک و افزایش در دسترس بودن عناصر می‌گردد. هر چه مقدار موادآلی مصرف شده همراه با گوگرد بیشتر باشد، در خاک تأثیر بیشتری می‌گذارد و در نتیجه مواد غذایی با قابلیت دسترسی بالاتری خواهند بود، تجزیه موادآلی خود منجر به آزاد شدن و افزایش قابلیت دسترسی مواد مغذی می‌گردد (ملکوتی و رضایی، ۱۳۸۰).



شکل ۲. اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن-کوددامی-گوگرد بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه سویا

کاربرد منابع آهن در افزایش جذب آهن در گیاه سویا

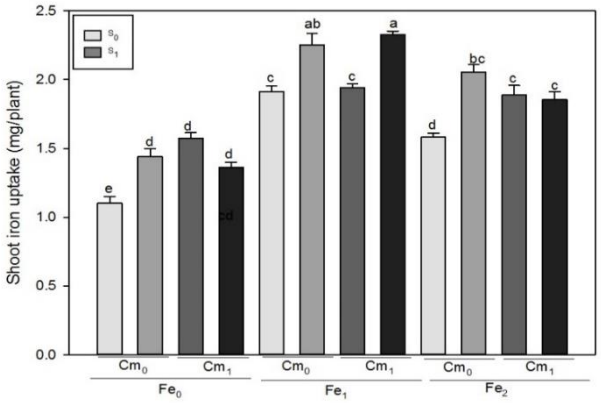
جدول ۳. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و برهمکنش فاکتورها بر جذب آهن در اندام هوایی گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار آهن	۲	۱/۶۷۳ **
تیمار آهن*کوددامی	۲	۰/۰۲۱ ns
تیمار آهن*گوگرد	۲	۰/۰۶۶ **
تیمار آهن*کوددامی*گوگرد	۲	۰/۰۸۳ **
خطا	۲۴	۰/۰۰۸

* و **: به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار است و ns معنی دار نیست.

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳)، اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن، کوددامی و گوگرد بر جذب آهن در اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه منابع مختلف آهن،کوددامی و گوگرد بر جذب

آهن در اندام هوایی (شکل۳) نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب آهن در تیمار سکوسترین، کوددامی و گوگرد ($Fe_1Cm_1S_1$) با مقدار ۲/۳۲۵۵ میلی‌گرم بر گیاه سویا مشاهده شدکه تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین میزان غلظت آهن در تیمار شاهد ($Fe_0Cm_0S_0$) با مقدار ۱/۱۰۱۰ میلی‌گرم بر گیاه سویا مشاهده شد. دلایل تأثیر موادآلی در تشدید جذب عناصر کمیاب در خاک آهکی این گونه است که به طور معمول موادآلی با تغذیه باکتری‌های اکسید کننده گوگرد در خاک موجب افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد می‌گردد، همچنین مواد آلی حاوی مواد مغذی هستند که به تدریج آزاد می‌شوند و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند (Wainwright,1984). نتایج تحقیق Cifuents and Lindman (1993) نشان می‌دهد که استفاده ترکیبی از گوگرد و کودهای آلی نه تنها در افزایش عملکرد محصول بلکه در افزایش توانایی جذب عناصر غذایی در خاک نیز اثر بسیار بهتری نسبت به استفاده گوگرد دارد.



شکل ۳. اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن-کوددامی-گوگرد بر جذب آهن در گیاه سویا

کاربرد منابع آهن در افزایش آهن قابل استخراج با ۱- ۱۰ فنانترولین در برگ گیاه سویا

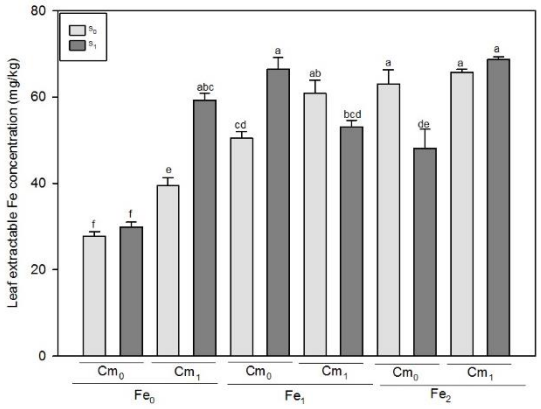
براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴)، اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن بر میزان آهن دو ظرفیتی در برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه منابع مختلف آهن بر جذب آهن در برگ (شکل۴) نشان می‌دهد که بیشترین میزان آهن دو ظرفیتی در تیمار سولفات آهن همراه با کوددامی و گوگرد ($Fe_2Cm_1S_1$) با مقدار ۶۸/۶۹۰۰ (میلی‌گرم در کیلوگرم) که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای سکوسترین بدون کوددامی و همراه با گوگرد ($Fe_1Cm_0S_1$)، سولفات آهن همراه با کوددامی و بدون گوگرد ($Fe_2Cm_1S_0$) و سولفات آهن به‌تنهایی ($Fe_2Cm_0S_0$) نداشت اما با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین میزان آهن در تیمار شاهد با مقدار ۲۷/۷۵۳۳ (میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و برهمکنش فاکتورها بر آهن دو ظرفیتی در برگ گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار آهن	۲	۱۷۱۵/۹۶۸ **
تیمار آهن*کوددامی	۲	۳۶۸/۴۴۴ ns
تیمار آهن*گوگرد	۲	۲۱۷/۴۳۵ **
تیمار آهن*کوددامی*گوگرد	۲	۴۲۷/۸۲۲ **
خطا	۲۴	۱۵/۲۳۰

* و **: به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار است و ns معنی دار نیست

گزارش شـده اسـت که با افزایش کلروز در برگ‌ها میزان آهن فعال شده کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت که آهن فعال شـده برگ‌های توسـعه یافته شـاخص خوبی برای تشـخیص کلروز و تعیین سطح تغذیه ای مناسب برای باغ های انگور اسـت، در حالی که میزان آهن فعال برگ‌ها شاخص مناسبی برای این منظور نیست (Gezgin and Fatih, 2001). می‌توان بیان کرد همبستگی بالایی بین محتوای کل آهن و کلروفیل پیدا شد. Hemantaranjan (1995) نیز گزارش داد که میزان کلروفیل به طور مسـتقیم با میزان آهن فعال برگ‌ها ارتباط دارد. همچنین نتایج مطالعات قبلی نشان داد که که مصـرف سولفات آهن به روش جایگذاری موضعی، همراه با گوگرد و ماده آلی راهکاری مناسب برای افزایش فراهمی عناصـر غذایی اسـت (صـالح، ملکوتی،۱۳۸۴) که علت آن این است که در این روش افزون بر اسیدی‌تر شدن محیط به دلیل حضـور مقادیر زیاد ماده آلی، تشکیل ترکیبات آلی محلول آهن نیز سبب افزایش قابلیت استفاده آهن توسط گیاه می‌گردد (Mengel et al., 2001).



شکل۴. اثر سه‌گانه سطوح مختلف آهن-کوددامی-گوگرد بر میزان آهن قابل استخراج در برگ گیاه سویا

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق، بین تیمار سولفات آهن و سکوسترین آهن تفاوت معنی داری در افزایش وزن خشک اندام هوایی مشاهده نشد و همچنین کاربرد سولفات آهن، بدون ماده آلی و همراه با گوگرد نسبت به سایر تیمارها در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه سویا موثرتر بود. ترکیب سکوسترین آهن بدون کوددامی همراه با گوگرد توانست در افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گیاه سویا موثرتر عمل کند اما ترکیب سولفات آهن بدون گوگرد توانست مانند سولفات آهن همراه با گوگرد در افزایش غلظت آهن موثر باشد. ترکیب سکوسترین همراه با گوگرد تاثیر بیشتری در افزایش جذب آهن در اندام هوایی گیاه سویا داشت. اما ترکیب سولفات آهن همراه با ماده آلی و گوگرد و یا سولفات آهن به‌تنهایی می‌تواند در افزایش میزان آهن قابل استخراج برگ سویا تاثیر بیشتری نسبت به ترکیبات دیگر داشته باشد. با توجه به پر هزینه بودن سکوسترین آهن و نتایج این ترکیب معدنی در افزایش وزن خشک اندام هوایی سویا، این ترکیب می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای کاربرد در خاک‌های آهکی پیشنهاد شود.

منابع

-شرفی، س.، تاج بخش، م.، مجیدی، م .و پورمیرزا، ع .ا .۱۳۸۰ . بررسی اثر کودهای آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت در ارومیه .هفتمین کنگره علوم خاک ایران . ۱۴-۱۷ شهریور.

- شیخ پور، ر، یثربی، ج، زارعی، م .۱۳۹۲۰ . اثرسطوح و نوع منابع آهن، ورمیواش، و قارچ میکوریز آربوسکولار بر رشد و جذب آهن تو سط ذرت در یک خاک آهکی .پایان نامه کار شنا سی ار شد دانشکده ک شاورزی دانشگاه شیراز.

-صالح، ج و ملکوتی ، م.ج. ۱۳۸۴. جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی نشریه فنی شماره ۴۴۷ موسسه تحقیقات خاک و آب انتشارات سنا.
-کریمی و همکاران، ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد گوگرد و کود دامی بر میزان روغن، پروتئین و برخیاجزای عملکرد کلزا در دو خاک آهکی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار /جلد 22 شماره ۳/ سال ۱۳۹۱.
-ملکوتی، م .ج و ح، رضایی .۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی .نشر آموزش کشاورزی. ۱۸۱ ص .تهران، ایران.
-Abadia,J., A.Alvarez-Fernandez, A.D. Rombola, M.Sanz, M.Tagliavini and Anunciacion Abadia. 2004. Technologies for the Diagnosis and Remediation of Fe Deficiency. Soil Sci. Plant Nutr., 50 (7): 965-971.
-Abbaspour A., Kalbasi M. and Shariatmadari H. 2004. Effect of steel converter sludge as iron fertilizer and amendment in some calcareous soil, Journal of Plant Nutrition, 27(2): 377-394.
-Awlad H. M, M. A. H. Chowdhury and N. M. Talukder. 2003. Effect of sulphur and zinc on nodulation dry matter yield and nutrient content of soybean. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: 461-466.
-Cifuentes, F.R., and W.C. Lindman. 1993. Organic matter stimulation of element sulfur oxidation in calcareous soil. Am. J., 27: 727-731.
-Feil, B. and Fosstai, d. (1995) Mineral composition of triticale grains as related to grain yield and grain protein. Crop Sci. 35:1426-1431.
-Gezgin, S. and Fatih, Er. 2001. Relationship between total and active iron contents of leaves and observed chlorosis in vineyards in konyahadmalada region of Turkey. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 32(9-10): 1513 -1521.
-Goos, R. J., B. Johnson, G. Jakson and G. Hargrove. 2004. Greenhouse evalution of controlled release iron fertilizers for soybean. Journal of Plant Nutrition. 27: 43- 55.
-Govahi, M. and M. Saffari. 2006. Effect of Potassium and Sulphur Fertilizers on Yield, Yield Components and Seed Quality of Spring Canola (*Brassica napus* L.). Seed. J .Agronomy. 5: 577-582.
-He, W., Shohag, M.J.I., Wei, Y., Feng, Y., and Yang, X. 2013. Iron concentration, bioavailability and nutritional quality of polished rice affected by different forms of foliar iron fertilizer. Food Chem. 141: 4. 4122-4126.
-Heidari Kohal, H., Samar, S.M., and Moez Ardalan, M. 2014. Soil injection of iron sulfate, an inexpensive method for controlling Iron deficiency of fruit trees. Land Manage Journal 2 (2): 151-160. (In Persian with English abstract)
-Hemantaranjan, A. 1995. Physiological and biochemical aspects of iron nutrition. Pp. 63-108. In: Hemantaranjan, A.(ed.). Advancements in iron nutrition research. CAB Direct Pub
-Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of High Plants. London: Academic Press.
-Masud, M.M., Jiu-Yu1, L.I., and Ren-Kou, U.X. 2014., Use of Alkaline Slag and Crop Residue Biochars to Promote Base Saturation and Reduce Acidity of an Acidic Ultisol. Pedosphere, 24(6): 791–798.
-Mengel, K.; Kirkby, E.A.; Kosegarten, H.; Appel, T. Iron. In Principles of Plant Nutrition; Kluwer Academic Pubs: Dordrecht, 2001; 553–571.
-Mishra, A. K. and H. P. Agarwal. 1994. Effect of sulphur on growth, yield, protein and oil content of soybean. Journal of Oilseed Research, 11: 92-102.
-Oliveira, L.C.A., Rios, R.V.R.A., Fabris, J.D., Garg, V., Sapag, K. and Lago, R.M., 2002. Activated carbon/iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water. Carbon 40(12), 2177-2183.
-Ravi, S., H. T. Channal, N. S. Hebsur, B. N. Patil and P. R. Dharmatti. 2008. Effect of sulphur, Zinc and Iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (Carthamus tinctori L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 21(3): (382-385).
-Shenker M. and Chen Y, Increasing iron availability to crops: Fertilizers, organo-fertilizers, and biological approaches. Soil Sci Plant Nutr 51: 1–17 (2005).
-Sing, M., and D. S. Yedav. 1980. Effect of copper, iron, and liming on growth, concentration, and uptake of Cu, Fe, Mn, and Zn in sorghum. J. Indian Soc. Soil Sci. 28: 113-118.
-Wainwright , M. , 1984. " Sulfur oxidation in soils " , Adv . Agron . , Vol . 37 , pp . 349-392.
-Wiersma, J. V. 2005. High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. Agronomy Journal, 97: 924–934.

The effect of manure and sulfur on increasing the availability of iron in soybean in the presence of different sources of iron in calcareous soil

Seyedeh Fatemeh Madnian [1], Reza Khorasani [2*], Zahra Gheshlaghi [3]

1- Master student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and madanian_m@yahoo.com

2- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and khorasani@um.ac.ir

3- PhD student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and za.gheshlaghi@gmail.com

Abstract

The use of iron fertilizers is one of the most effective methods to deal with iron deficiency in calcareous soils. In this study, the effect of different sources of iron on the availability of iron in soybean in a completely randomized design with factorial arrangement including three experimental factors of different sources of iron fertilizer (zero, iron sequestrin, iron sulfate with a concentration of 5, 30 mg of iron per kg of soil, respectively). Rotten cow manure (0% and 1.5% by weight) and elemental sulfur were studied in the presence of Thiobacillus bacteria (0 and 25 mg of sulfur per kg of soil and Thiobacillus 1.8% of sulfur) in three replications. The results showed that the concentration and uptake of iron in the shoots of soybean in fertilizer treatments was higher than the control. Application of iron sequestrin without fertilizer with sulfur ($Fe_1Cm_0S_1$) had a significant difference in increasing the concentration of iron in the shoot compared to other treatments. Application of iron sequestrin with fertilizer and sulfur ($Fe_1Cm_1S_1$) showed a significant difference in increasing iron uptake compared to other treatments and also the use of iron sulfate with fertilizer and sulfur ($Fe_2Cm_1S_1$) was more effective in increasing extractable iron in leaves compared to other treatments. have been. Application of ferrous sulfate without fertilizer with sulfur ($Fe_2Cm_0S_1$) There was no significant difference in the increase in shoot dry weight compared to the treatments of application of sequestrin iron with fertilizer and sulfur ($Fe_1Cm_1S_1$). According to the results of simultaneous application of fertilizer and sulfur with iron fertilizer sources as a solution to improve their efficiency in calcareous soil is proposed.

Keywords: Iron sequestrin, Iron sulfate, Sulfur, Organic matter, *Glycine max*

تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنی بر کمیت و کیفیت محصول چای با استفاده از روش کود آبیاری

کوروش مجد سلیمی[1]، شهرزاد شایگان[2]

۱- مربی پژوهش، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده چای، لاهیجان، k_majdsalimi@yahoo.com

۲- محقق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، رشت.

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر روش کودآبیاری با استفاده از مقادیر مختلف کود نیتروژنی بر کمیت و کیفیت محصول چای در منطقه بازکیاگوراب لاهیجان طی دوره رشد سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمار کود نیتروژنی شامل چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_0 تا N_3) بود. میانگین دو سالانه بیشترین تعداد شاخساره قابل برداشت (۹۹ شاخساره در مترمربع)، وزن تر شاخساره (۰/۵۳ گرم) و کمترین ماده جامد (۲۴/۷۷ درصد) با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی با سامانه کودآبیاری قطره‌ای به‌دست آمد. بیشترین میزان عملکرد برگ سبز چای با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی برای دو سال آزمایش به‌ترتیب ۶۷۲۲ و ۹۰۹۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کاربرد ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار باعث بهبود خصوصیات کیفی شاخساره‌های چای مانند پلی‌فنل کل، کافیین، خاکستر کل و نیتروژن شد. با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی، زیست محیطی و بازرپسندی چای و حفظ تعادل بین کمیت و کیفیت چای کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی به روش کودآبیاری با سامانه قطره‌ای و به‌صورت هفته‌ای طی دوره رشد چای توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: آبیاری قطره‌ای، شاخساره‌های چای، کودآبیاری، کود نیتروژنی.

مقدمه

شاخساره‌های گیاه چای به‌عنوان عوامل کلیدی تعیین کننده‌ی کیفیت چای در نظر گرفته می‌شوند که حداقل به میزان ۷۰ درصد در ساختار کیفیت نوشابه‌ی چای، موثر هستند Wu and Wu (1979). محصول یا عملکرد چای شامل شاخساره‌هایی است که از چندین برگ که به بلوغ مناسب رسیده‌اند (معمولا ۲ یا ۳ برگ و یک جوانه‌ی انتهایی)، تشکیل شده که برای تولید انواع چای از آن‌ها استفاده می‌شود.

آب و کود نیتروژنی مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی در تولید برگ‌ها و شاخساره‌های چای به‌عنوان عملکرد هستند (مجد سلیمی، ۱۳۹۵). همچنین کیفیت چای به سطوح نیتروژن، پلی‌فنل‌ها و کافیین اجزای تشکیل دهنده‌ی شاخساره‌های چای به شدت وابسته است Liang *et al*. (2003); Taylor *et al*. (1992).. از عوامل اصلی کمبود نیتروژن در خاک اراضی چای‌کاری می‌توان برداشت متوالی برگ و شاخساره‌های چای (محصول)، تلفات زیاد این عنصر به‌علت تصعید و آبشویی یون نیترات در اثر بارندگی و یا بیش آبیاری را نام برد Stephens and Carr (1991)؛Carr (2010a).

نیتروژن در رشد گیاه چای نقش اساسی دارد و بیشترین کمبود عناصر در خاک مناطق چای‌کاری مربوط به این عنصر معدنی است (Qiao *et al*. 2018). افزایش مصرف کود نیتروژنی (بدون اثرات منفی) می‌تواند باعث افزایش چشمگیر عملکرد بوته‌های چای شود، مشروط به اینکه شرایط مطلوبی از نظر درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی هوا، بارندگی و تبخیر در منطقه وجود داشته باشد (1997) Owuor ؛ مجد سلیمی و همکاران، (۱۳۹۵).

در حال حاضر مصرف سالانه کودهای نیتروژنی در مناطق چای‌کاری دنیا به‌طور معمول بیشتر از ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و در برخی مناطق حتی به ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌رسد؛ بنابراین مصرف این نوع کود در باغ‌های چای بسیار بیشتر از سایر محصولات

کشاورزی است. نیتروژن به‌طور معمول، به‌علت چرخه کند بازیافت آن، دو تا سه برابر و حتی بیشتر از مقدار مورد نیاز گیاه به خاک داده می‌شود؛ زیرا مابقی از طریق آبشویی، فرسایش، دی نیتریفیکاسیون یا تصعید از دسترس گیاه خارج می‌شود (Roberts (2008. همان‌طوری‌که بیان شد.

بیشتر باغ‌های چای در شمال کشور به‌صورت دیم بهره‌برداری (فروردین تا مهر ماه) می‌شوند و در اغلب سال‌ها این گیاه حدود دو تا سه ماه (خرداد تا مرداد) با خشک‌سالی مواجه می‌باشد (مجد سلیمی و همکاران، (۱۳۹۴)). به‌طور سنتی کود نیتروژنی در این مناطق به میزان بیشتر از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت یک یا دو تقسیط در طی دوره رشد استفاده می‌شود. در این شرایط، وقوع تنش‌آبی در باغ‌های دیم، عملکرد کمی و کیفی را به‌شدت کاهش می‌دهد (مجد سلیمی و شایگان، (۱۳۹۶)).

نتایج تحقیقات اولیه در کشورهایی مانند تانزانیا، کنیا، مالاوی و سریلانکا نشان داد که کاربرد سامانه‌ی کود آبیاری قطره‌ای در باغ‌های چای موجب افزایش محصول با مصرف آب کمتر، کاهش نیروی کارگری و هزینه‌ها در مقایسه با سامانه‌ی آبیاری بارانی می‌شود (Kigalu *et al*. 2008; Möller and Weatherhead, 2007)؛ همچنین تامین آب مورد نیاز گیاه چای از طریق کاربرد سامانه آبیاری بارانی طی فصل خشک همراه با مصرف بهینه کود نیتروژنی می‌تواند باعث تولید اقتصادی و پایدار چای و بهبود وضعیت مالی ذی‌نفعان چای بویژه معیشت چای‌کاران گردد (مجد سلیمی و امیری، (۱۳۹۳).

با توجه با اینکه بیش از ۶۰ درصد باغ‌های چای کشور در اراضی مرتفع و شیب‌دار قرار دارند (مجد سلیمی و همکاران، (۱۳۹۳))، اجرا و توسعه روش‌های آبیاری موثر و اعمال مدیریت صحیح آبیاری و کود می‌تواند علاوه بر افزایش محصول، کاهش هزینه‌های تولید، زیان‌های ناشی از کمبود منابع آب سالم را نیز جبران و شرایط برای توسعه کشاورزی پایدار را فراهم نماید. در این مقاله، تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنی بر کمیت و کیفیت محصول چای با استفاده از روش کود آبیاری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دوره‌ی رشد سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در باغ چایی در منطقه‌ی بازکیاگوراب شهرستان لاهیجان اجرا شد. منطقه دارای اقلیم مرطوب و معتدل با بارندگی سالانه‌ی تقریبا مناسب است اما هر ساله در برخی از ماه‌های دوره رشد، میزان بارندگی کمتر از نیاز آبی چای (به‌علت پراکنش نامناسب بارندگی) می‌باشد. میزان بارندگی کل طی ماه‌های فروردین تا مهر در سال ۱۳۹۶ به‌ترتیب برابر ۱۱۱، ۱۸، ۱۷، ۳۱، صفر، ۱۴۰ و ۳۵۳ میلی‌متر و برای سال ۱۳۹۷ برابر ۲۶، ۱۷، ۵۴، ۱۱، ۷۰، صفر و ۱۹۶ میلی‌متر ثبت شد. آزمون خاک محل آزمایش نشان داد که بافت خاک تا عمق توسعه‌ی ریشه (۶۰ سانتی‌متری) یکنواخت و از نوع لومی‌ـ شنی بود.

در این آزمایش هر کرت (۶× ۵ متر) شامل شش ردیف بوته و در مجموع تعداد ۴۲ بوته‌ی بالغ از نوع هیبرید بود. فاصله‌ی ردیف‌های بوته‌های چای از یکدیگر ۱/۲ متر و فاصله‌ی بوته‌ها در هر ردیف ۰/۷ متر اندازه‌گیری شد. برای سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای در این آزمایش، تعداد هفت عدد قطره‌چکان با فاصله‌ی ۰/۷ متر (یک عدد قطره‌چکان برای هر بوته)، به طول تقریبی ۵ متر (طول هر کرت) نصب شد. در سامانه‌ی آبیاری این تحقیق از قطره‌چکان‌های با دبی طراحی، چهار لیتر در ساعت استفاده شد.

تیمار کود نیتروژنی شامل چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_0 تا N_3) بود. در روش کودآبیاری، محلول کودی برای هر سطح کودی با تقسیط مساوی از ابتدای دوره رشد در فروردین ماه تا پایان دوره رشد در مهر ماه) تهیه و به‌صورت هفته‌ای یک بار از طریق تزریق به لوله‌های مانیفلد در هر کرت وارد منطقه توسعه‌ی ریشه بوته‌های بالغ چای شد. برای سطح بدون آبیاری، کود نیتروژنی به‌صورت مخلوط با خاک در دو تقسیط مساوی از منبع کود اوره و در دو زمان (نیمه اول اردیبهشت و نیمه اول تیر ماه) بر اساس عرف کارشناسی مناطق چای‌کاری به خاک کرت‌ها اضافه شد.

در این آزمایش، برداشت برگ سبز چای به‌صورت شاخساره‌های استاندارد (۲ یا ۳ برگ و یک جوانه انتهایی) به‌طور هم‌زمان در تمام کرت‌ها انجام و وزن آن‌ها به‌وسیله‌ی ترازو تعیین شد. اجزای عملکرد گیاه بالغ چای نظیر تعداد شاخساره قابل برداشت به روش کادراندازی (به ابعاد ۰/۵× ۰/۵ مترمربع)، درصد ماده‌ی خشک و میانگین وزن تازه‌ی شاخساره‌ها در برداشت فصل تابستان دو سال آزمایش، اندازه‌گیری شدند.

آزمون‌های کیفی شامل اندازه‌گیری عوامل موثر بر کیفیت چای نظیر مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره‌ی فعال و برخی از خصوصیات کیفی برگ سبز نظیر درصد کافیین، درصد پلی‌فنل‌ها و درصد خاکستر کل موجود در شاخساره‌های در نمونه‌های برداشت‌شده در فصل تابستان بود.

تجزیه‌ی واریانس ساده شاخص‌های کمی و کیفی برگ سبز چای برای سال‌های آزمایش به‌صورت جداگانه و پس از اطمینان از یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارتلت)، تجزیه‌ی مرکب دو سال برای عملکرد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه‌ی 9.4 و مقایسه‌ی میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سطوح آبیاری بر اجزای عملکرد و عملکرد برگ سبز چای

نتایج نشان داد بیشترین تعداد شاخساره (۸۸/۶ در متر مربع) در سال اول آزمایش با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی و در سال دوم آزمایش با مصرف یکسان ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به‌ترتیب ۱۰۹/۸ و ۱۰۵/۸ در مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۱). همچنین کمترین تعداد شاخساره در هر دو سال (به‌ترتیب ۴۵ و ۴۷/۸ در مترمربع) مربوط به سطح بدون مصرف کود نیتروژنی بود. نتایج مشابهی از افزایش تعداد شاخساره قابل برداشت چای با مصرف متعادل کود نیتروژنی گزارش شده است. (مجدسلیمی، (۱۳۹۵)؛ Carr (2010b)؛ Chen *et al*. (2010)؛ Stephens and Carr (1994)). کاهش تعداد شاخساره در سطوح بالای مصرف کود نیتروژنی را می‌توان به‌دلیل اثرات منفی مصرف زیاد نیتروژن (محدودیت در جذب عناصر غذایی دیگر و آسیب احتمالی به ریشه‌های تغذیه‌کننده) دانست (مجدسلیمی، (۱۳۹۵).

جدول ۱- اثرات تیمارهای کود نیتروژنی در سامانه کودآبیاری قطره‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد چای در دو سال آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

نیتروژن کاربردی ($kg\ ha^{-1}$)	خصوصیات کمی چای							
	سال ۱۳۹۶				سال ۱۳۹۷			
	تعداد شاخساره ($n.\ m^{-2}$)	ماده جامد (%)	وزن تازه شاخساره (g)	عملکرد برگ سبز ($kg\ ha^{-1}$)	تعداد شاخساره ($n.\ m^{-2}$)	ماده جامد (%)	وزن تازه شاخساره (g)	عملکرد برگ سبز ($kg\ ha^{-1}$)
۰	۴۵d	۲۶/۹۸a	۰/۳۶۲b	۳۱۶۸d	۴۷/۸c	۲۵/۸۷a	۰/۳۷۸c	۳۴۷۲d
۱۰۰	۷۱c	۲۵/۵۴b	۰/۴۷۳a	۵۴۰۶c	۹۴b	۲۴/۷۵b	۰/۵۱۳b	۷۴۵۸c
۱۵۰	۸۸/۶a	۲۵/۲۳c	۰/۵۱۵a	۶۷۲۲a	۱۰۹/۸a	۲۴/۳۱c	۰/۵۴۶a	۹۰۹۵a
۲۰۰	۸۴/۲b	۲۵/۷۲b	۰/۵۰۸a	۶۵۲۵b	۱۰۵/۸a	۲۴/۴۴c	۰/۵۴۷a	۸۷۵۳b

- حروف مشابه در هر ستون، نشانه نداشتن اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

اساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۱)، بیشترین میزان ماده‌ی جامد شاخساره در هر دو سال آزمایش (به‌ترتیب ۲۶/۹۸ و ۲۵/۸۷ درصد) مربوط به سطح بدون مصرف کود و کمترین مقدار ماده‌ی جامد در سال اول (۲۵/۷۲ درصد) مربوط به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی و در سال دوم به‌طور یکسان مربوط به مصرف ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب ۲۴/۳۱ و ۲۴/۴۴ درصد) به‌دست آمد. نتایج مشابهی از کاهش مقدار ماده خشک (افزایش فیبر) شاخساره‌های چای با افزایش کود نیتروژنی گزارش شده است (مجد سلیمی، (۱۳۹۵)؛ Owuor *et al*. (2013)؛ Owuor and Bowa (2012)؛ Stephens and Carr (1994)).

با در نظر گرفتن تمام جنبه های اقتصادی، زیست محیطی و بازارپسندی چای، بهترین میزان مصرف کود نیتروژنی به‌صورت کودآبیاری قطره‌ای حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در هر دو سال آزمایش به‌تنهایی باعث شد تا وزن تازه‌ی شاخساره در این سطح

به‌طور میانگین ۴۳ درصد نسبت به سطح بدون کود، افزایش داشته باشد. نتایج مشابهی از افزایش وزن تر شاخساره تا حد مشخصی از افزایش مصرف کود نیتروژنی و درنتیجه کاهش میزان فیبر و افزایش قیمت چای گزارش شده است (Owuor *et al.* (2011); (2013). نتایج مقایسه‌ی میانگین عملکرد سالانه‌ی برگ سبز برای سطوح کود نیتروژنی در هر دو سال آزمایش (جدول ۱) نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی باعث تولید بیشترین عملکرد (به‌ترتیب ۶۷۲۲ و ۹۰۹۵ کیلوگرم در هکتار) شد. کاربرد سطوح مصرفی ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار به‌ترتیب عملکرد کمتری داشتند. تیمار شاهد (بدون مصرف کود نیتروژنی) دارای کمترین مقدار عملکرد در هر دو سال (به‌ترتیب ۳۱۶۸ و ۳۴۷۲ کیلوگرم در هکتار) بود.

اثر سطوح کود نیتروژنی بر شاخص‌های کیفی برگ سبز چای

افزایش مصرف کود نیتروژنی از صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب شد تا بیشترین مقدار نیتروژن برگ سوم شاخساره‌های چای در سال اول و دوم با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (با توجه به حد مطلوب نیتروژن ۴ درصد Owuor and Wanyoko (1983)) در نظر گرفته شود (جدول ۲). مقدار نیتروژن برگ با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۴/۵۱۸ درصد) بیشتر از حد مطلوب نیتروژن ۴ درصد (Owuor and Wanyoko (1983)) در برگ بود. و کمترین مقدار آن در هر دوسال در شرایط بدون مصرف کود (صفر کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد.

جدول۲- تاثیر تیمارهای کود نیتروژنی در سامانه کود آبیاری قطره‌ای بر برخی از خصوصیات کیفی شاخساره‌های چای در فصل تابستان دو سال آزمایش

نیتروژن کاربردی ($kg\ ha^{-1}$)	خصوصیات کیفی شاخساره‌های چای (درصد)							
	سال ۱۳۹۶				سال ۱۳۹۷			
	نیتروژن برگ@	پلی‌فنل کل	کافیین	خاکستر کل	نیتروژن برگ	پلی‌فنل کل	کافیین	خاکستر کل
۰	۳/۵۴۰b	۱۱/۱۸c	۲/۳۶d	۴/۲۷c	۳/۷۰۰c	۱۱/۳۵c	۲/۴۱d	۴/۳۸c
۱۰۰	۳/۹۳۹a	۱۱/۵۳b	۲/۵۲c	۴/۳۶b	۴/۳۴۶b	۱۱/۷۹b	۲/۵۷c	۴/۵۱b
۱۵۰	۳/۸۵۹a	۱۲/۰۵a	۲/۶۵b	۴/۵۰a	۴/۳۳۵b	۱۲/۱۱a	۲/۷۳b	۴/۶۲a
۲۰۰	۳/۸۵۴a	۱۱/۸۴ab	۲/۷۱a	۴/۵۸a	۴/۵۱۸a	۱۲/۰۲a	۲/۷۸a	۴/۶۵a

ـ حروف مشابه در هر ستون، نشانه نداشتن اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

@: اعداد مربوط به نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره است.

بیشترین مقدار پلی‌فنل در سال اول آزمایش (۱۲/۰۵ درصد) با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در سال دوم، به‌طور یکسان از سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آید (جدول ۲). کمترین مقدار پلی‌فنل شاخساره در هر دو سال به‌ترتیب مربوط به سطوح کود نیتروژنی صفر کیلوگرم در هکتار بود. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که غلظت زیاد نیتروژن در چای باعث افزایش اسیدهای آمینه آزاد و کاهش پلی‌فنل‌ها می‌شود (Yuan *et al.* (2000).

بر اساس جدول (۲)، روند تغییرات مقدار کافیین شاخساره‌های چای با افزایش مصرف کود نیتروژنی از صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت افزایشی بود. در هر دو سال آزمایش، بیشترین مقدار کافیین به‌ترتیب ۲/۷۱ و ۲/۷۸ درصد با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. نتایج مشابهی از افزایش درصد کافیین شاخساره‌های چای تا حد مشخصی از افزایش کود نیتروژنی در تحقیقات انجام گرفته در ایران (مجدسلیمی و شایگان (۱۳۹۶)) و سایر مناطق چای‌کاری دنیا (Hamid *et al.* (2014); Chen *et al.* (2015); Qiao et al. (2018) گزارش شده است.

بررسی نتایج اثر سطوح مختلف مصرف کود نیتروژنی با استفاده از سامانه‌ی کودآبیاری قطره‌ای بر درصد خاکستر کل شاخساره‌های چای در فصل تابستان (جدول ۲) نشان داد که بیشترین مقدار خاکستر کل در هر دو سال آزمایش با مصرف یکسان ۱۵۰ و ۲۰۰

کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. نتایج تحقیقی در کنیا نشان داد که مصرف زیاد کود نیتروژنی باعث کاهش غلظت پتاسیم، منیزیم، کلسیم و منگنز در برگ‌های چای (یا به‌عبارتی درصد خاکستر کل) می‌شود Ruan (2005) . کاهش این مواد غذایی ممکن است به‌علت اثر رقیق شدن آن‌ها یا به دلیل اثر رقابتی و بازدارندگی $NH4^+$ باشد Marschner (1995)؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که این مسئله ناشی از نامتعادل شدن مواد غذایی تحت تاثیر کاربرد مقادیر بالای نیتروژن بوده است.

نتیجه‌گیری

روش کودآبیاری با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در این آزمایش نشان داد که تامین نیتروژن مورد نیاز بوته‌های چای در طول دوره رشد می‌تواند باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی برگ سبز چای شود. میانگین دو سالانه بیشترین تعداد شاخساره قابل برداشت (۹۹ شاخساره در مترمربع)، وزن تر شاخساره (۰/۵۳ گرم) و کمترین ماده جامد (۲۴/۷۷ درصد) و درنتیجه بیشترین عملکرد چای (۷۹۱۰ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی با سامانه کودآبیاری قطره‌ای به‌دست آمد. این مقدار کود نیتروژنی باعث بهبود خصوصیات کیفی شاخساره‌های چای مانند پلی‌فنل کل، کافیین، خاکستر کل و نیتروژن شد. در شرایط بدون مصرف کود، نتایج بسیار کمتر بود (برای مثال عملکرد ۳۳۲۰ کیلوگرم در هکتار). با توجه به اینکه گیاه چای دارای رشد رویشی می‌باشد و شاخساره‌های با سنین متفاوت به‌عنوان محصول هم‌زمان طی دوره رشد روی بوته‌های چای در حال رشد هستند؛ بنابراین می‌توان گفت موجودیت و سهولت دسترسی ریشه‌های این گیاه به نیتروژن در شرایط رطوبتی مناسب به‌صورت هفته‌ای در سامانه‌ی کود آبیاری قطره‌ای منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی چای شد. اهمیت این روش کودآبیاری زمانی بیشتر مشخص می‌شود که مصرف کود نیتروژنی در حال حاضر در باغ‌های چای حداقل ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با عملکرد بسیار کمتر می‌باشد.

فهرست منابع

مجدسلیمی، ک. (۱۳۹۵). تاثیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد چای در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم. پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۳(۲). ۱۶۳-۱۴۵.

مجدسلیمی، ک. امیری، ا. (۱۳۹۳). تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در تولید چای با روش آبیاری بارانی. حفاظت منابع آب و خاک ۳(۳). ۴۷-۳۷.

مجدسلیمی، ک. امیری، ا. شایگان، ش. (۱۳۹۴). ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L.) در مناطق چای‌کاری استان گیلان. بوم‌شناسی کشاورزی ۷(۲). ۲۰۱-۱۹۰.

مجدسلیمی، ک. شایگان، ش. (۱۳۹۶). بهبود عملکرد و خصوصیات کیفی چای (*Camellia sinensis* L.) با بهینه‌سازی کاربرد کود نیتروژنی و آب آبیاری. پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۴(۱). ۱۶-۱.

مجدسلیمی، ک. امیری، ا. صلواتیان، س. ب. (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد و کارآیی مصرف آب در تولید اقتصادی چای تحت تاثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن. پژوهش آب در کشاورزی ۲۸ (۳). ۵۸۳-۵۷۱.

Carr, M. K. V. (2010a). The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 1. water relations. *Experl. Agric.*, 46(3), 327-349.

Carr, M.K.V. (2010b). The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 2. water productivity. *Experl. Agric.*, 46(3), 351-379.

Chen, P.A., Lin, S.Y., Liu, C. F., Su, Y.S., Cheng, H.Y., Shiau, J.H., Chen, I.Z. (2015). Correlation between nitrogen application to tea flushes and quality of green and black teas. *Scientia Horticulturae*, 181,102-107.

Chen, X. H., Zhuang, C.G., He, Y.F., Wang, L., Han, G.Q., Chen, C., He, H.Q. (2010). Photosynthesis, yield and chemical composition of Tieguanyin tea plants (*Camellia sinensis* L.) in response to irrigation treatments. *Agric. Water Manage.*, 97(3), 419-425.

Hamid, F.S., Ahmad, T., Waheed, A., Ahmad, N., Aslam., S. (2014). Effect of different levels of nitrogen on the chemical composition of tea (C. *sinensis* L) grown at higher altitude. *J. Mater. Enviro. Sci*, 5 (1):73-80.

Kigalu, J.M., Kimambo, E.I., Msite, I., Gembe, M. (2008). Drip irrigation of tea (Camellia sinensis L.) 1. Yield and crop water productivity responses to irrigation. *Agricultural Water Management*, 95:1253-1260.

Liang, Y.R., Lu, J.L., Zhang, L.Y., Wu, S., Wu, Y. (2003). Estimation of black tea qualityby analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. *Food Chem*., 80, 283–290.

Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plant. London, Academic Press.

Möller, M., Weatherhead, E.K. (2007). Evaluating drip irrigation in commercial tea production in Tanzania. *Irrigation and Darainage Systems*, 21(1),17–34.

Owuor, P.O. (1997). Fertilizer use in tea: the case of nitrogen. Tea, 18(2),132-143.

Owuor, PO., and Bowa, O.K. (2012). Quality and yields of black tea camellia sinensis L.O. Kuntze in responses to harvesting in Kenya: a review. *Asian J. of Biolog. and Life Sci*, 1(1),1-7.

Owuor P.O., Kamau, D.M., Kamunya, S.M., Msomba, S.W., Uwimana, M.A., Okal, A.W., Kwach, B.O. (2011). Effects of genotype, environment and management on yields and quality of black tea. *Genetics, Biofuels and Local Farming Systems*, 7, 277-307.

Owuor, P. O., Okal, A.W., Kamau, D.M., Msomba, S.W., Uwimana, M.A., Kamunya, S.M. (2013). Influence of nitrogen fertilizer rates and harvesting intervals on clonal tea green leaf fatty acids levels in the Lake Victoria Basin of Kenya. Journal of Agriculture, *Food and Environment*, 11,667- 674.

Owuor, P.O., and Wanyoko, J.K. (1983). Fertilizer use advisory service. A reminder to farmers. *Tea*, 4 (1), 3-7.

Qiao, C., Xu, B., Han, Y., Wang, J., Wang, X., Liu, L., Liu, W., Wan, S., Tan, H., Liu, Y., Zhao, X. (2018). Synthetic nitrogen fertilizers alter the soil chemistry, production and quality of tea. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 38,1-10.

Roberts, T.L. (2008). Improving nutrient use efficiency. *Turk. J. Agric*, 32,177-182.

Ruan J. (2005). Quality- related constituents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by the form and concentration of nitrogen and the supply of chloride. MSc thesis, Christian Albrechets University, China.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. (1994). Responses of tea (Camellia sinensis) to irrigation and fertilizer. IV. Shoot population density, Size and Mass. *Exp. Agric*., 30(2), 189-205.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. (1991). Respons of tea (*camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. Water use. *Expel. Agric*., 27, 193-210.

Taylor, S., Baker, D., Owuor, P., Orchard, J., Othieno, C., Gay, C. (1992). A model for predicting black tea quality from the carotenoid and chlorophyll composition of fresh green tea leaf. J. Sci. Food Agric, 58, 185–191.

Wu C.T. and Wu J.C. (1979). Studies on the contents of the total catechins and the total nitrogen in different new strains (or varieties) of growing tea plants and the effect on the quality of green tea. In: Taiwan Tea Experiment Station annual report 1978. Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei, Taiwan, pp. 91–97.

Yuan, L., Wang, S.S., Wang, Z.H., Hang, J.G. (2000). Tea-grown soils and tea quality in Sichuan and Chongqing, China. *Pedosphere*, 10(1), 45-52.

The effect of different amounts of nitrogen fertilizer on the quantity and quality of tea product using fertigation method

Kourosh Majd Salimi[1*] and Shahrzad Shaigan[2]

1- Faculty Member, Horticultural Sciences Research Institute, Tea Research Center, Lahijan.

2- Researcher, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Rasht.

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effect of fertigation method using different amounts of nitrogen fertilizer on quantity and quality of tea products in Bazkiagoorab region of Lahijan during the growth period of 2017-2018. Nitrogen fertilizer treatment in four levels of 0, 100, 150 and 200 kg N ha^{-1} (N_0 to N_3). The biennial average of the highest number of harvested shoots (99 n. m^{-2}), shoot fresh weight (0.53 g) and the lowest dry matter (24.77%) were obtained by applying 150 kg of nitrogen fertilizer with drip-fertigation system. In two years of experiment the maximum yield of green tea leaves with 150 kg of nitrogen fertilizer was 6722 and 9095 kg ha^{-1}, respectively. Application of 150 to 200 kg N ha^{-1} improved the quality characteristics of tea shoots such as total polyphenol, caffeine, total ash and nitrogen. Considering the economic, environmental and tea re-considerations and maintaining the balance between the quantity and quality of tea, use of 150 kg of nitrogen fertilizer by fertigation with drip irrigation system on weekly basis during the tea growth period is recommended.

Keywords: Drip irrigation, Fertigation, Nitrogen fertilizer, Tea shoots.

*Corresponding author: k_majdsalimi@yahoo.com

بررسی برهمکنش ریزمغذی های روی و آهن بر جذب روی در مراحل مختلف رشد گندم تحت تنش شوری

علیرضا جعفرنژادی[1]، فاطمه مسکینی ویشکایی[2]، محمد هادی موسوی فضل [3]

۱- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران.

۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران. fatemeh.meskini@yahoo.com

۳- هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران.

چکیده

خاک‌های زراعی کشور با کمبود شدید ریزمغذی‌ها مواجه هستند. این کمبود به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن، شوری خاک و آب آبیاری، پایین بودن موادآلی در خاک‌های زراعی، بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری و چیرگی تنش خشکی می‌باشد. با توجه به اینکه خاک‌های استان خوزستان علاوه بر شوری بالا، در بیش از ۸۰ درصد دارای کربن آلی کمتر از یک درصد بوده و غالباً آهکی هستند، هدف این پژوهش بررسی جذب روی توسط گندم تحت تاثیر برهمکنش آهن و روی در شرایط شوری و آهکی خاک‌های استان خوزستان است. این مطالعه با استفاده از گندم (رقم برات) در دو فصل زراعی در اهواز انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح روی از منبع سولفات روی و چهار سطح آهن از منبع EDDHA-Fe در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شدند. روند جذب عنصر روی در اندام‌های هوایی در تیمارهای مورد مطالعه از مرحله پنجه‌زنی به مرحله خوشه‌دهی کاهش یافت. بررسی نتایج نشان داد مصرف نامتعادل عناصر روی و آهن بر جذب این عناصر توسط ریشه گیاه موثر است به‌طوری‌که در تیمارهای مورد مطالعه، معمولا جذب بیشتر عنصر روی در زمانی رخ داد که میزان مصرف آهن در حداقل مقدار خود (تیمار روی ۶۰ و آهن صفر) بود.

واژگان کلیدی: جذب توسط ریشه، خاک‌های شور، کمبود ریزمغذی ها، کود دهی.

مقدمه

گیاهان به مقدار مشخصی از عناصر غذایی در زمان مناسب نیاز دارند، ریز مغذی ها از جمله عوامل محدود کننده عملکرد محصولات کشاورزی بوده و بازدهی و کیفیت محصول را کاهش می‌دهند (Yassen *et al.*, 2010). علاوه بر این، دلیل اصلی کمبود عناصر غذایی در انسان تأمین کم این عناصر در جیره غذایی است. با توجه به این‌که گندم، ذرت و برنج ۹۰ درصد از جیره غذایی و ۶۰ تا ۷۰ درصد ازکالری مصرفی مردم جهان را تأمین می‌کند، بالا بردن کیفیت آن از جمله افزایش غلظت عناصر ریزمغذی در دانه گندم می‌تواند در افزایش بهداشت و سلامتی جامعه مؤثر باشد (بصیری‌زاده،۱۳۹۰). کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌ها مساله جهانی بوده و میلیون‌ها هکتار از اراضی مزروعی دنیا با کمبود یکی از عناصر ریزمغذی مواجه هستند (Welch, 2003). روی یکی از عناصر ضروری در سیستم های آنزیمی گیاه بوده و به عنوان گروه پروستتیک تعداد زیادی از پروتئین ها است (Prasad *et al.*, 2016). ایران در کمربند کمبود عنصر روی در جهان واقع شده است. از این رو استفاده از کودهای حاوی عنصر روی با توجه به آزمایش خاک ضروری می‌باشد (Cakmak, 2008). این کمبود به دلایل

متعددی از جمله آهکی بودن، شوری خاک و آب آبیاری، پایین بودن موادآلی در خاک‌های زراعی، بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری، چیرگی تنش خشکی، زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم رواج مصرف کودهای ریزمغذی به‌ویژه کودهای محتوی روی و آهن می‌باشد. خاک‌های زراعی کشور با کمبود شدید ریزمغذی‌ها مواجه می‌باشند. بدین علت، گیاهان یا نمی‌توانند ریزمغذی‌ها را جذب کنند و یا در صورت جذب، امکان استفاده از آن‌ها را به دلیل رسوب در آوندها ندارند. به این ترتیب حرکت این مواد به برگ، دانه و میوه بسیار کند بوده و غلظت آنها در اندام‌های مورد مصرف انسان و دام بسیار کم و در نتیجه، در خاک‌های زراعی ایران، عناصر روی و آهن در انسان و دام با کمبود مواجه هستند (بای‌بوردی، ۱۳۸۵).

به‌طوری‌که قسمت‌های زیادی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، به‌ویژه فلات مرکزی، دشت-های ساحلی جنوب و دشت خوزستان، مبتلا به سطوح مختلف شوری‌اند (مومنی، ۱۳۸۹). بهره‌وری بهینه از خاک‌های شور، اهمیت زیادی در حفاظت از منابع آب و خاک دارد. شوری خاک بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان اثری کاهنده دارد. با وجود پژوهش‌های گسترده‌ای که از چند دهه گذشته تاکنون در بسیاری از کشورها انجام شده، هنوز درک کاملی از مبانی بیوشیمیایی و فیزیولوژیک مقاومت به شوری توسط گیاهان وجود ندارد (Munns *et al.*, 2006). خاک‌های استان خوزستان علاوه بر شوری بالا، در بیش از ۸۰ درصد دارای ماده آلی کمتر از یک درصد بوده و غالباً آهکی هستند. بنابراین به طور بالقوه کمبود ریزمغزی‌ها در شرایط کشت در خاک‌های استان خوزستان مورد انتظار است. در این پژوهش، هدف بررسی جذب عنصر روی در گندم (محصول استراتژیک) در شرایط خاک شور و آهکی استان خوزستان در حضور مقادیر مختلف ریزمغذی آهن است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خوزستان در ایستگاه تحقیقاتی گلستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی با متوسط بارندگی سالیانه، ۲۲۴/۷ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت نیز ۲۲ درجه سانتیگراد از سال ۱۳۹۶ و به مدت دو سال زراعی اجرا گردید. این پژوهش در خاکی شور (بالاتر از حد آستانه تحمل گیاه گندم، شش دسی زیمنس در متر) که از نظر خاکشناسی در سری خاک اهواز و فامیل Fine,carbonatic, hayperthermic, typic, torriorthents قرار داشت، اجرا شد. ابتدا از محل اجرای آزمایش یک نمونه خاک از عمق صفر الی ۳۰ متری نمونه‌برداری انجام و برای اندازه خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک وآب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان ارسال شد که نتایج آن در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. مقادیر کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک و بر اساس روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید (مشیری و همکاران، ۱۳۹۳) این پروژه به‌صورت فاکتوریل (فاکتور اول چهار سطح عنصر روی شامل صفر (Zn0)، ۳۰ (Zn1)، ۶۰ (Zn2) و ۱۲۰ (Zn3) کیلوگرم سولفات روی در هکتار و فاکتور دوم شامل چهار سطح آهن به صورت ۰ (Fe0)، ۲/۵ (Fe1)، ۵ (Fe2)، ۷/۵ (Fe3) کیلوگرم سکوسترین آهن از منبع EDDHA-Fe و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجراء شد. تیمارهای کودهای عنصر روی به صورت خاک کاربرد و همزمان با مصرف کودهای فسفری و پتاسیمی اعمال و تیمارهای کودی آهن در زمان پنجه‌زنی به صورت کودآبیاری استفاده شد. ابعاد کرتها ۱۲ متر مربع و با فاصله حدود یک و نیم متر در نظر گرفته شد و رقم گندم (برات) کشت و سایر توصیه‌های فنی (نظیر تاریخ کشت، تراکم، مبارزه با آفات و بیماریها) بر اساس توصیه بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر (تاریخ کاشت ۲۰ آبان هرسال) انجام شد. مصرف کودهای شیمیایی فسفر، پتاسیم تماما همزمان با کشت و سرک اوره (در سه تقسیط ۳۰ درصد همزمان آب دوم، ۴۰ درصد در زمان تکمیل پنجه زنی و ۳۰ درصد تکمیل ساقه روی) بر اساس توصیه‌های موسسه خاک و آب انجام شد (مشیری و همکاران، ۱۳۹۳). در

طول دوره نموی (پنجه‌زنی، ساقه‌روی و خوشه‌دهی) از گیاه نمونه‌برداری و میزان جذب عناصر (روی و آهن) توسط گیاه بررسی شد.

نتایج و بحث

نتیجه تجزیه خاک و آب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. بر این اساس، وضعیت خاک و آب از نظر شوری بیشتر از حد آستانه تحمل گیاه به شوری بودند. براساس نتایج جدول ۱، خاک شور، آهکی و دارای کربن آلی کمتر از یک درصد می‌باشد.

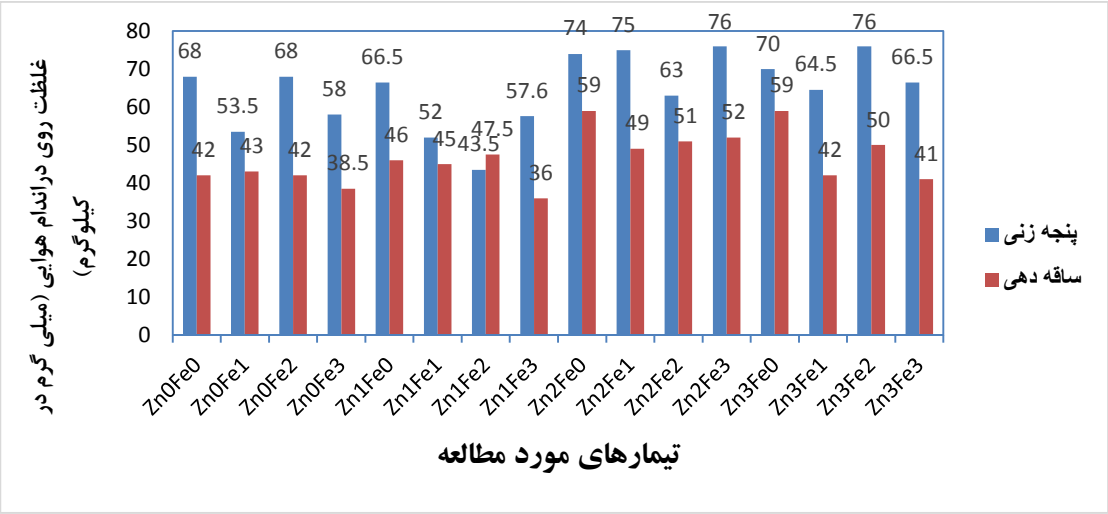
جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد مطالعه

عمق	هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن آلی	آهک	فسفر	پتاسیم	کادمیم کل	آهن	منگنز	روی	مس
سانتی‌متر	دسی‌زیمنس در متر	-	٪	٪	میلی گرم در لیتر						
۰-۳۰	۸/۸	۷/۶	۰/۵۷	۴۵	۶/۹	۲۴۴	۱/۶۳	۸	۶/۴	۰/۹۵	۱/۸

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

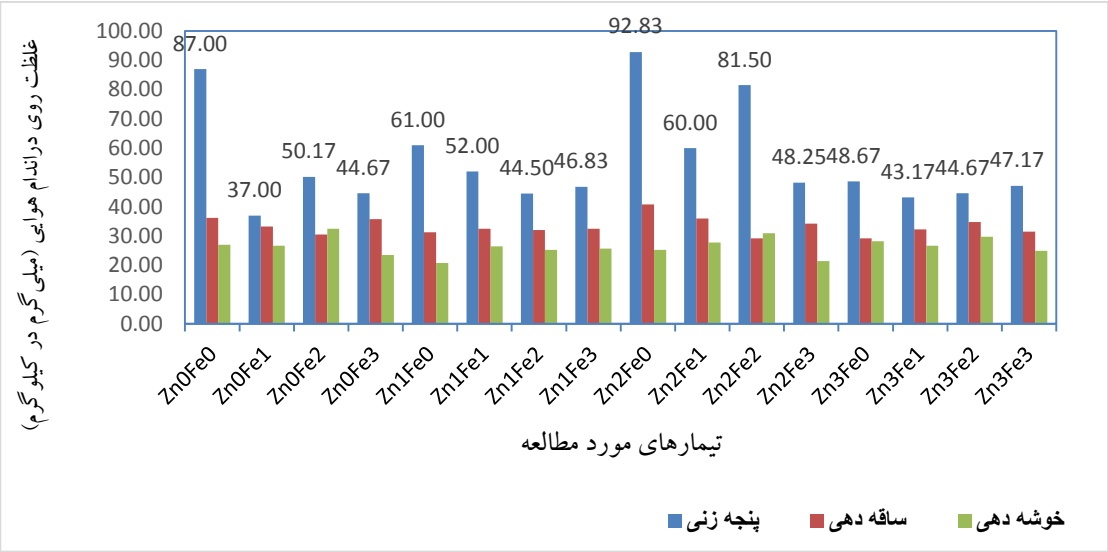
نمونه	هدایت الکتریکی	اسیدیته	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منگنز	آهن	روی	مس	کادمیم	کلر	سدیم	کلسیم	منیزیم
	دسی‌زیمنس در متر	–	میلی‌گرم در لیتر				میکروگرم در لیتر				میلی‌اکی‌والان در لیتر			
آب	۳/۵	۷/۱	۲/۳	۰/۰۳۳	–	۰/۲۱	۲۰	۴۹/۳	۱۲/۶	۱/۰۱	۱۹	۱۸	۱۳	۴

به منظور بررسی نتایج حاصل از جذب از عناصر روی و اهن در شرایط شور مورد مطالعه، در بازه‌های زمانی مختلف از گیاه نمونه‌برداری و میزان عناصر روی و آهن اندازه‌گیری شد. بررسی میزان جذب روی در اندام‌های هوایی گندم در سال اول در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱- تغییرات روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام‌های هوایی (برگ وساقه) گندم در دو زمان پنجه زنی و ساقه‌دهی در سال اول

نتایج شکل ۱ نشان داد که میزان جذب عنصر روی در اندام‌های هوایی گندم در زمان پنجه‌دهی نسبت به ساقه‌روی بسیار بالاتر بود. همین روند در جذب روی در اندام‌های هوایی گندم در سال دوم مشاهده گردید (شکل ۲). بر این اساس روند جذب عنصر روی در اندام‌های هوایی در تیمارهای مورد مطالعه از مرحله پنجه‌زنی به مرحله خوشه‌دهی کاهش یافت. بررسی نتایج نشان داد عدم تعادل در مصرف عناصر روی و آهن بررسی جذب این عناصر در گیاه موثر است به‌طوری‌که معمولا جذب های بیشتر عنصر روی در بین تیمارهای مورد مطالعه در زمانی رخ داد که میزان مصرف آهن در حداقل مقدار خود (تیمار روی ۶۰ و آهن صفر) بود. که با نتایج پژوهش Rengel and Graham (1995) نیز مطابقت دارد. این پژوهشگران نیز گزارش نمودند که آهن و روی در جذب توسط ریشه باهم رقابت دارند. برهمکنش روی و آهن تاحدی پیچیده است، Graham *et al.* (2011) نشان داد که سطوح بالای آهن به طور معمول بر روی غلظت روی موجود در بافت های گیاهی اثر سرکوبی دارد هرچند نتایج این پژوهشگران حاکی از عدم تاثیر غلظت آهن در جذب روی توسط ریشه‌ها بود.



شکل۲- تغییرات غلظت روی در اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) گندم در زمان پنجه زنی، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی در سال دوم

نتایج حاصل نشان داد که استفاده از عنصر روی در زمان پنجه‌دهی یا قبل از آن باید صورت گیرد چون بیشترین میزان جذب این عنصر در این مرحله رشدی صورت گرفت (شکل ۱ و ۲).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کاربرد تیمارهای مورد مطالعه بر میزان جذب عناصر روی و آهن در مراحل مختلف رشد گندم بررسی شد، جذب عنصر روی در شرایط شور ابتدا تا مرحله پنجه‌زنی افزایش و سپس روندی کاهشی داشت. نتایج نشان داد در شرایط شور با افزایش مقدار آهن، جذب روی تحت تاثیر قرار گرفته و به‌طورکلی از روند کاهشی برخوردار بود. این موضوع مبین برهمکنش دو عنصر در میزان جذب به‌وسیله گندم می‌باشد.

فهرست منابع

بای بوردی، م. (۱۳۸۵).مدیریت پایدار خاک در کشاورزی و محیط زیست .مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار .صفحات ۷ الی ۹. دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج، ایران.

مؤمنی، ع. (۱۳۸۹). پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش‌های خاک علوم خاک و آب، ۲۴ (۳)، ۱۴-۲۵.

Graham, R.D., We lch, R.M. and Bouis , H.E. (2011). Addressing micronutrients malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods principles, perspectives and knowledge gaps. *Advanced Agronomy*, 70, 77-142

Munns, R., James, R. A. and Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J Exp Botany*, 57(5), 1025-1043.

Prasad, T. and Sudhakar, P. (2012). Effect of Nano scale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of Peanut (Arachis hypogaea), *Journal of Plant Nutrition*, 35, 905-927.

Rengel, Z. and Graham. R.D. (1995) Importance of seed Zn content for wheat growth on zinc deficient soil. II. Grain Yield. *Plant and Soil*, 173, 267-274.

Welch, R.M. (2003). Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health. IFA-FAO Agricultural Conference on Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization. Rome, Italy.

Yassen. A., Abou El-Nour, E.A.A. and Shedee , S. (2000). Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. *Journal of American Science*, 9, 14-22.

Investigation of the zinc and iron micronutrients interaction on zinc uptake in different stages of wheat growth under salinity stress

Alireza Jafarnejadi [1], Fatemeh Meskini-Vishkaee[2], Mohammad Hadi Mousavi-Fazl [3]
1- Associate Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
2- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran; corresponding author: fatemeh.meskini@yahoo.com
3- Academic member, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Abstract
The country's arable soils are severely deficient in micronutrients. This deficiency is due to several reasons such as calcareous, soil and irrigation water salinity, low organic matter in agricultural soils, bicarbonate of irrigation water and drought stress. Due to the fact that the soils of Khuzestan province, in addition to high salinity, contain less than 1% organic carbon in more than 80% and are mostly calcareous, the aim of this study was to investigate the uptake of zinc by wheat under the iron and zinc interaction in salinity and Calcareous soils conditions of Khuzestan province. This study was performed using wheat (Barat cultivar) in two plant growth seasons in Ahvaz. Treatments including four levels of zinc from zinc sulfate source and four levels of iron from Fe-EDDHA source were performed in randomized complete blocks with three replications. In the studied treatments, the zinc uptake in shoots decreased from tillering to heading stage. The results showed that the unbalanced use of zinc and iron is effective on these elements uptake by the plant root, so that in the studied treatments, usually more zinc uptake occurred when the amount of iron at its minimum (zinc 60 and Fe zero treatment).
Keywords: Uptake by root, Salin soils, Micronutrient deficiency, Fertilization.

بررسی اثر محرک‌های رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط تنش شوری

علیرضا جعفرنژادی [۱]، فاطمه مسکینی ویشکایی [۲]، لیلا بهبهانی [۳]، مریم جواد زاده [۴]

۱- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران.

۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران. fatemeh.meskini@yahoo.com

۳- محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران.

۴- محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران.

چکیده

یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک، وجود شوری و تجمع املاح در لایه سطحی خاک است که باعث کاهش عملکرد و سطح زیر کشت شده است. شوری خاک بیش از حد تحمل گیاه می‌تواند عملکرد را کاهش دهد. لذا استفاده از روش‌هایی که منجر به افزایش تحمل گیاه به شوری گردد مانند استفاده از انواع محرک‌های رشد گیاه بسیار مورد توجه می باشد. در این مطالعه تاثیر انواع مختلف محرک های رشد گیاه در شرایط خاک‌های شور استان خوزستان بر عملکرد گندم بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از اسید آمینه، جلبک دریایی، اسید هیومیک، اسید فولویک نسبت به تیمار شاهد و بذرمال موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه گندم گردید. تیمارهای اسید آمینه، اسید هیومیک و جلبک دریایی دارای بیشترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و تعداد دانه در خوشه نسب به تیمار شاهد و سایر تیمارهای محرک رشد بودند. نتایج نشان داد که در خاک‌های شور استان خوزستان، استفاده از سه کود محرک رشد اسید آمینه، اسید هیومیک و جلبک دریایی موجب افزایش تحمل گیاه به تنش های محیطی و در نتیجه افزایش عملکرد گندم شدند.

واژگان کلیدی: اجزای عملکرد گندم، خاک‌های شور، کشاورزی پایدار، تحمل گیاه به تنش.

مقدمه

تنش‌های محیطی از جمله عواملی هستند که کشاورزی را در استفاده از حداکثر پتانسیل آب، خاک و گیاه جهت تولید پایدار، دچار محدودیت می‌کنند که ازجمله مهم‌ترین این تنش‌ها، تنش شوری می‌باشد (غیبی، ۱۳۹۷). یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک، وجود شوری و تجمع املاح در لایه سطحی خاک است که باعث کاهش عملکرد و سطح زیر کشت شده است (جلیلی و همکاران،۱۳۸۶). در ایران حدود ۲۰ درصد از کل اراضی کشور (۳۴ میلیون هکتار) دارای درجات شوری مختلف می‌باشند (سادات و همکاران، ۱۳۸۹). این سطح معادل ۴/۱ میلیون هکتار از اراضی فاریاب می‌باشد. مهمترین اثرات تنش شوری بر رشد گیاه عبارتند از تنش اسمزی، برهم خوردن تعادل یونی در گیاه و سمیت یونی. شوری خاک بیش از حد تحمل گیاه می‌تواند عملکرد را کاهش دهد. لذا استفاده از روش‌هایی که منجر به افزایش تحمل گیاه به شوری گردد بسیار مورد توجه می باشد. امروزه یکی از روش‌های نوین جهت مقابله با تنش شوری استفاده از مواد محرک رشد گیاهان است. مواد محرک رشد گیاه در حکم عوامل بیوشیمیایی مفیدی می‌باشند که بر فیزیولوژی رشد گیاهان اثرگذار بوده و گیاهان را در راستای مصرف کارآمدتر عناصر غذایی و رسیدن به پتانسیل‌های ژنتیکی یاری می‌دهند. کاربرد مواد

محرک رشد از روش های موثر در جهت افزایش عملکرد در کشاورزی می‌باشد. در مطالعه غفاری نژاد و همکاران (۱۳۹۹) گزارش شد که مواد محرک رشد گیاهی باعث بهبود و افزایش پایداری تولید محصول شده و همزمان باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش¬های غیرزنده و افزایش کیفیت محصول شده‌اند. ایشان اثرات، مکانیسم‌ها و نقش‌های مواد محرک رشد مختلف بر فعالیت و عملکرد گیاهان را ارائه نموده‌اند. Tadros *et al.* (2019) نشان دادند که کاربرد آمینواسیدها باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه و در نتیجه بهبود متابولیسم در گیاه می‌گردد. Hortin *et al.* (2019) گزارش کردند که عصاره جلبک دریایی دارای هورمون‌های ایندول استیک اسید و سیتوکینین و برخی از عناصر غذایی می‌باشد. مصرف عصاره جلبک باعث تحریک رشد ریشه و بهبود تحمل گیاه به تنش‌ها می‌گردد.

قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم و خشک و بالا بودن میزان شوری و سدیمی بودن برخی از خاک‌ها در مناطق وسیعی از زمین‌های زراعی کشور، ایجاب می‌نماید که توجه ویژه‌ای به مطالعه و پژوهش در موردکاهش اثرات شوری و سدیمی بر تولید محصولات کشاورزی و به‌ویژه گندم انجام شود. با توجه به اهمیت و نقش انواع تنش‌ها در تولید محصولات زراعی و باغی، استفاده از مواد محرک رشد گیاهی سبب می‌شوند که گیاهان در برابر انواع تنش‌ها متحمل گردند. اما، تاثیر کاربرد مواد محرک رشد بسته به شرایط محیط، نوع گیاه و حتی رقم متفاوت می‌باشد. هدف این مطالعه، بررسی تاثیر کاربرد محرک‌های رشد بر اجزای عملکرد گندم در شرایط شور در شرایط محیطی و اقلیمی استان خوزستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در استان خوزستان در ایستگاه تحقیقاتی گلستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی اجرا شد. در این ایستگاه متوسط بارندگی سالیانه، ۲۲۴/۷ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت نیز ۲۲ درجه سانتیگراد است. آزمایش در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در خاکی با شوری ۸ دسی زیمنس در متر (در دامنه غالب شوری در منطقه) و شوری آب ۴-۳ دسی زیمنس در متر اجراء شد.

قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه، نمونه برداری و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل: pH در خمیر اشباع بوسیله الکترود شیشه‌ای، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج، درصد کربن‌آلی، فسفر محلول در بی‌کربنات سدیم، بافت خاک از طریق روش هیدرومتر و پتاسیم قابل تبادل با استفاده از روش استات آمونیوم یک نرمال خنثی و عناصر کم‌مصرف قابل جذب با روش DTPA (غازان شاهی، ۱۳۸۵). برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری نظیر اسیدیته، شوری، غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها نیز با روش‌های مرسوم در آزمایشگاه اندازه گیری شد.

قبل از کاشت در صورت نیاز از کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک (دستورالعمل فنی گندم موسسه تحقیقات خاک و آب) استفاده گردید. کمبود عناصر کم مصرف نیز با کوددهی (کود آبیاری و از منابع محلول در آب عناصر کم‌مصرف) برطرف شد. کود اوره (۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) در سه مرحله شامل پیش از کشت، پنجه زنی و انتهای ساقه‌دهی برای گندم استفاده شد. کاشت بذر بر اساس تاریخ کشت مناسب آن منطقه (۵ آذر) پس از ضدعفونی بذر انجام شد. بذر گندم رقم برات بر اساس توصیه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشت شد. سطح کرت‌ها در ابعاد ۷ در ۲ متر برابر ۱۴ متر مربع بود. نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و باقی‌مانده به صورت دستی برداشت گردید. تیمارهای مواد محرک رشد به شرح جدول ۱ اجرا گردید. نمونه اسیدهیومیک استفاده‌شده دارای ۵۲/۹۵ درصد هیومیک اسید، اسیدآمینه حاوی ۳۶/۷۹ درصد اسیدآمینه آزاد (ترکیبی)، اسید فولویک استفاده شده دارای ۲۲/۱ درصد فولویک اسید و جلبک استفاده شده دارای ۱۰ درصد آلجینیک اسید بود. همچنین در خصوص کود میکروبی

بذرمال، مقدار مصرف مایع تلقیح ازتو باکتر با جمعیت $CFU\ ml^{-1}$ ۱۰۷ به مقدار یک در صد برابر با یک لیتر در ۱۰۰ کیلوگرم بذر به صورت بذر مال استفاده شد.

جدول ۱- شرح تیمارهای مورد مطالعه

مرحله، روش و مقدار مصرف			
نوع ماده محرک رشد	آبیاری دوم	پنجه زنی	ساقه دهی
شاهد	-	-	-
اسید امینه	-	پنج در هزار	پنج در هزار
جلبک دریایی	-	پنج در هزار	پنج در هزار
اسید هیومیک	پنج کیلوگرم در هکتار	پنج کیلوگرم در هکتار	-
اسید فولویک	-	پنج در هزار	پنج در هزار
بذرمال	-	-	-
تیمار ترکیبی شامل اسید امینه، جلبک دریایی، اسید هیومیک و فولویک	پنج کیلوگرم در هکتار	اسید هیومیک (پنج کیلوگرم در هکتار) و اسید امینه و جلبک دریایی هر یک پنج در هزار	اسید امینه و جلبک دریایی هر یک پنج در هزار

در تیمار شاهد عناصر کودی مطابق آزمون خاک مصرف شد (بدون مواد محرک رشد)، در تیمارهای محرک رشد عناصر کودی دیگر مطابق آزمون خاک مصرف شد.

پس از انجام مراقبت‌های لازم در طول دوره رشد، در پایان آزمایش قبل از برداشت گیاه با قرار دادن یک قاب با ابعاد ۱×۱ متر در هر کرت بصورت تصادفی، تعداد بوته در واحد سطح مشخص و ۱۰ بوته بصورت تصادفی از هر کرت انتخاب و برخی اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد.

نتایج و بحث

نتیجه تجزیه آب و خاک منطقه مورد مطالعه در جدول دو و سه ارائه شده است. شوری خاک بیشتر از حد آستانه تحمل گندم به شوری (هفت دسی زیمنس در متر) بود.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب (رودخانه کارون) مورد استفاده در ایستگاه گلستان (خوزستان)

Cu	Zn	Fe	Mn	K	P	N	pH	EC
$\mu g\ l^{-1}$			$mg\ l^{-1}$				-	$dS\ m^{-1}$
۱۰/۶	۴۵/۳	۲۲	۰/۲۴	-	۰/۰۳۵	۲/۱	۷/۱	۲/۵

جدول۳-ویژگی‌های شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال اول و دوم در ایستگاه گلستان اهواز (خوزستان)

عمق	EC	pH	OC	TNV	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	$dS\ m^{-1}$	-	%	%	$mg\ kg^{-1}$					
۰-۳۰	۷/۸	۷/۶	۰/۶۲	۴۵	۷/۹	۲۴۴	۸	۶/۳	۰/۹۴	۱/۶

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد بر برخی خصوصیات کمی گندم در شرایط منطقه اهواز داشتند (جدول ۴).

جدول۴- نتایج تجزیه‌ی واریانس تاثیر مواد محرک رشد بر عملکرد دانه و اجزاء گندم (رقم برات) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کل	وزن هزار دانه	ارتفاع	تعداد دانه در خوشه	تعداد پنجه در متر مربع
بلوک (تکرار)	۲	۴۱۴۲۹۰/۴	۱۲۱۳۳۳۳/۳	۵/۹	۲۹/۷	۰/۳۳	۱۷۱/۵
تیمار (مواد محرک)	۶	۵۱۲۰۳۶/۱**	۶۱۰۲۰۶۳/۵*	۹/۱۶	۱۸/۵۴	۹۶/۴**	۵۶۳۰/۳**
خطای آزمایش	۱۲	۸۲۳۰۹۶	۱۷۰۷۷۷۷/۸	۴/۰۲	۹/۲۳	۱۵/۴	۵۸۲/۵
ضریب تغییرات	-	۱۴/۳	۸/۳	۴/۹۳	۴/۱	۱۳/۷	۳/۹۸

به منظور بررسی تاثیر کاربرد تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات گندم مقایسه میانگین با استفاده از روش دانکن انجام و نتایج در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار اسید هیومیک و جلبک دریایی، اسید آمینه و اسید فولویک بدست آمد. عملکرد دانه در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد و بذرمال اختلاف معنی‌داری نشان داد. در عملکرد کل، تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک و جلبک دریایی نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند اما موجب افزایش معنی دار عملکرد کل نسبت به سایر تیمارها (بذرمال، اسید فولویک و ترکیبی) نشدند. دو جزء عملکرد شامل تعداد دانه در خوشه و تعداد پنجه در متر مربع، نسبت به شاهد، اختلاف آماری معنی‌داری را نشان دادند. با توجه به ماهیت مواد مصرفی و نقش آنها در افزایش تلقیح دانه‌ها، این نتیجه می‌تواند حاکی از ایجاد شرایط مناسب برای لقاح بیشتر دانه‌ها باشد. هرچند، در شاخص عملکرد تعداد دانه در خوشه، تیمار بذرمال و اسید فولویک و تیمار ترکیبی اختلاف معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان ندادند (افزایش معنی‌دار تعداد دانه در خوشه در تیمارهای اسید آمینه، اسید هیومیک و جلبک دریایی).

جدول ۵- مقایسه میانگین تاثیر مواد محرک رشد بر عملکرد دانه و اجزاء گندم (رقم برات) در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع (سانتیمتر)	تعداد دانه در خوشه	تعداد خوشه (متر مربع)
شاهد	۴۵۱۰^{b}	۱۴۰۰۰^{d}	۴۰/۷^{ab}	۷۵/۷^{a}	۲۲/۰^{d}	۶۰۶/۷^{bc}
اسید آمینه	۷۴۱۷^{a}	۱۷۵۳۰^{a}	۴۲/۷^{a}	۷۷/۰^{a}	۳۰/۷^{abc}	۶۳۶/۷^{ab}

بذرمال	۴۹۶۷^{b}	۱۴۹۰۰^{bcd}	۳۹/۳^{ab}	۷۵/۶۰^{a}	۲۳/۷^{d}	۵۹۷/۷^{bc}
فولویک	۷۲۰۷^{a}	۱۶۴۳۰^{abcd}	۳۹/۷^{ab}	۷۵/۳^{a}	۲۸/۳^{bcd}	۶۷۶/۷^{a}
اسید هیومیک	۷۶۱۰^{a}	۱۶۶۷۰^{abc}	۴۱/۴^{ab}	۷۶/۷^{a}	۳۵/۳^{ab}	۵۷۰/۰^{cd}
جلبک دریایی	۷۵۵۳^{a}	۱۷۰۰۰^{ab}	۴۲/۷^{a}	۷۶/۳^{a}	۳۶/۰^{a}	۵۴۳/۳^{d}
ترکیبی	۵۹۹۳^{ab}	۱۴۲۰۰^{cd}	۳۸/۰^{ab}	۶۸/۰^{b}	۲۷/۰^{cd}	۶۱۰/۰^{bc}

بیشترین میزان عملکرد دانه به ترتیب در تیمار اسید هیومیک (۷۶۱۰ کیلوگرم در هکتار)، جلبک دریایی (۷۵۵۳ کیلوگرم در هکتار) و اسید آمینه (۷۴۱۷ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که از نظر آماری تفاوت معنیِداری را با شاهد نشان داد. به طوری که این تیمارها نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب حدود ۳۱۰۰، ۳۰۴۳ و ۲۹۰۷ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت. خاک مورد مطالعه دارای محدودیت شوری و آهکی بود. به نظر می‌رسد با توجه به نقش اسید هیومیک در این ارتباط و بهبود محیط خاک اطراف ریشه، سبب افزایش عملکرد دانه شده است. برخی از نتایج تحقیقات نشان داد که کاربرد اسیدهای هیومیک می‌تواند باعث بهبود مواجهه با تنش شوری خاک گردد. کاهش تجمع سدیم، افزایش پرولین و اسید آبسیزیک در گیاه از جمله مکانیسم‌هایی است که سبب مقاومت به شوری گیاه در اثر کاربرد اسید هیومیک می‌شود (Mohammad, 2012). استفاده از عصاره جلبک دریایی نیز سبب افزایش تحمل به تنش‌های خشکی، شوری و دمایی می‌شود (Craigie, 2011). در عصاره جلبک دریایی بین ۱۶ تا ۱۷ نوع اسید آمینه وجود دارد که مهمترین آنها بتایین یا گلایسین بتایین است. این اسید آمینه دارای خواص اسمولیتی است که باعث تنظیم فشار اسمزی داخل سلول می‌شود و در نهایت باعث افزایش مقاومت به شوری می‌گردد (Calvo *et al.*, 2014). همچنین بررسی نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که اسید آمینه و مشتقات آنها می توانند سیستم‌های دفاعی بدن گیاه را در برابر انواع تنش‌ها تحریک نموده و باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های غیرزنده محیطی شوند (غفاری و همکاران، ۱۳۹۹). اسیدهای آمینه گلایسین بتایین (ترکیباتی که ان متیل در– گلایسن جایگزین شده) و پرولین، به عنوان محافظ اسمزی، عمل می‌نمایند و باعث تثبیت پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و غشاها در برابر اثرات غیرطبیعی غلظت زیاد نمک و دماهای زیاد غیر فیزیولوژیکی می‌گردند. کاربرد و تجمع اسیدهای آمینه گلایسین، بتایین و پرولین، باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های غیرزیستی در گیاهان ذرت، جو، سویا، یونجه و برنج شد (Calvo *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تاثیر محرک های رشد مختلف بر اجزای عملکرد گندم در شرایط مزرعه ای و تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، محرک‌های رشد اسید هیومیک، جلبک دریایی و اسید آمینه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم و برخی از اجزای عملکرد گندم گردیدند و نسبت به تیمارهای بذرمال، اسید فولویک و تیمار ترکیبی تاثیر بیشتری بر تحمل گندم در برابر تنش محیطی در اقلیم استان خوزستان داشتند. نتایج نشان داد که مواد محرک رشد گیاهی می‌توانند از طریق مکانیسم‌های متفاوت تاثیر بر محیط خاک و گیاهان (بهبود شرایط خاک برای جهت عناصر غذایی و ارتقا تحمل گیاه در برابر انواع تنش‌ها)، سبب بهبود تولید محصول و پایداری شوند.

منابع

غازان شاهی، ج. (۱۳۸۵). آنالیز خاک و گیاه. انتشارات آییژ، ۲۹۶ صفحه.

غفاری نژاد، ع.، نورقلی پور، ف.، غیبی، م. (۱۳۹۹). محرک های رشد گیاهی، نقش آنها در فیزیولوژی گیاهی، جذب عناصر غذایی و مقابله با تنش های محیطی. نشریه مدیریت اراضی، ۸(۱)، ۴۷-۶۸.

غیبی، م. (۱۳۹۷). اصول کاربردی تغذیه گندم (مقابله با تنش‌های محیطی). توانگران، تهران، ایران، ۶۸ ص.

Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, 383(1-2), 3-41.

Craigie, J.S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Appllied Phycology*, 23, 371–393.

Hortin, J.M., Anderson, A.J., Britt, D.W., Jacobson, A.R. and McLean, J.E. (2019). Soil-derived fulvic acid and root exudates, modified by soil bacteria, alter CuO nanoparticle-induced root stunting of wheat via Cu complexation. *Environmental Science Nano*, 6, 3638-3652.

Mohamed, W.H. (2012). Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6, 597–604**.**

Tadros, M.J., Omari, H.J. and Turk, M.A. (2019). The morphological, physiological and biochemical responses of sweet corn to foliar application of amino acids biostimulants sprayed at three growth stages. *Australian Journal of Crop Science*, 13, 412-417.

Investigation of the effect of various plant growth stimulants on yield and yield components of wheat under salinity stress

Alireza Jafarnejadi [1], Fatemeh Meskini-Vishkaee [2], Leila Behbahani [3], Maryam javadzadeh [4]

1- Associate Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

2- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran; corresponding author: fatemeh.meskini@yahoo.com

3- Researcher, Engineering Technical Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

4- Researcher, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Abstract

One of the main problems of agriculture in arid and semi-arid regions is the presence of salinity and accumulation of salts in the soil top layer, which has reduced yield and Cultivation area. Soil salinity more than plant tolerance threshold can reduce yield. Therefore, the use of methods that lead to increased plant tolerance to salinity, such as the use of various plant growth biostimulants is very important. In this study, the effect of different types of plant growth biostimulants in saline soils of Khuzestan province on wheat yield was investigated. The results showed that the use of amino acid, seaweed extract, humic acid, fulvic acid compared to control and seed treating caused a significant increase in wheat grain yield. Amino acid, humic acid and seaweed treatments had the highest grain yield, 1000-seed weight, plant height and number of seeds per panicle compared to the control and other growth stimulants treatments. The results showed that in saline soils of Khuzestan province, the use of three plant growth biostimulant fertilizers including amino acids, humic acid and seaweed extract increased plant tolerance to environmental stresses and thus increased wheat yield.

Keywords: Wheat yield components, Saline soils, Sustainable agriculture, Plant tolerance to stress.

اثر محلول‌پاشی کیتوزان و نانو کیتوزان بر محتوای نسبی آب برگ و برخی ویژگی‌های رشدی گل همیشه بهار تحت تنش شوری

زهره بوالحسنی[۱]، محمد فیضیان*[۲]

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان،bolhasani.zo@fa.lu.ac.ir

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، feizian.m@lu.ac.ir

چکیده

کیتوزان یک پلی‌ساکارید گلوزامین مشتق شده از کیتین است که به‌عنوان الیسیتور زیستی برای بهبود بخشیدن بیوسنتز متابولیست‌های ثانویه و به‌عنوان کود در کنترل آزادسازی ترکیبات شیمیایی سموم و تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاه استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی اثر کیتوزان و نانوکیتوزان بر محتوای نسبی آب برگ و برخی ویژگی‌های رشدی گل همیشه بهار تحت تنش شوری، آزمایشی در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار از منبع کلرید سدیم که به ترتیب معادل ۰، ۴/۵، ۹/۱۴ و ۱۳/۷ دسی زیمنس بر متر) و پنج سطح تعدیل‌کننده (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ گرم در لیتر کیتوزان و ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر نانوکیتوزان) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش سطوح شوری، وزن خشک برگ، تعداد برگ در بوته، تعداد گل در بوته و محتوای نسبی آب برگ، بطور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۶۰/۰۹، ۳۵/۵، ۳۹/۶ و ۱۲/۶ کاهش یافت. محلولپاشی کیتوزان و نانوکیتوزان، میزان محتوای نسبی آب برگ، وزن تر و خشک برگ، تعداد برگ و گل در بوته را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. در مجموع، کاربرد نانوکیتوزان موجب کاهش اثرات مضر تنش شوری در گل همیشه بهار و بهبود رشد این گیاه گردید.

واژگان کلیدی: تنش شوری، نانوکیتوزان، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

همیشه‌بهار با نام علمی *Calendula officinalis* L. متعلق به خانواده کاسنی Asteraceae یا Compositae می‌باشد. همیشه‌بهار گیاهی یکساله با گلچه‌های دیسکی درخشان زرد نارنجی بوده که به‌عنوان گیاه دارویی یا در غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد(Correa Junior, 1994). این گیاه ضدعفونی کننده و ضدالتهاب بوده و جهت بهبود جای زخم کارایی دارد (Bako et al., 2002). شوری از جمله عوامل محیطی محدود کننده رشد و حاصلخیزی گیاه در سراسر جهان است که در حدود ۷ درصد از کل زمین‌ها در دنیا تحت تاثیر ان قرار گرفته‌اند (Zhu, 2002). تحت شرایط شوری، بروز تغییرات در میزان مهیا بودن عناصر غذایی، جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه و یا غیر فعال شدن فیزیولوژیک بخش هایی از گیاه که در جذب عناصر غذایی دخالت دارند، می‌توانند باعث بهم خوردن تعادل غذایی گیاه شوند (Grattan and Grieve, 1999). تنش شوری موجب تغییرات شیمیایی، فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی متعدد در گیاهان شده و رشد، فتوسنتز و تولید انرژی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (Parida and Das, 2005). بنابراین، درک و فهم پاسخ گیاهان به تنش‌های مختلف و ارائه راهکارهای مقابله با این عوامل محدود کننده کاملا ضروری است. نانو تکنولوژی توانایی کار در سطوح اتمی، مولکولی و مافوق مولکولی، به اندازه حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتری، به

منظور درک، ایجاد و استفاده از مواد، ابزار و سیستم‌های با خواص اساسی جدید است (Roco, 2003). اسـتفاده از ذرات نانو در محصولات تجاری و کاربردهای صنعتی به طور چشمگیری در سال‌های اخیر افزایش داشته است. با وجود این درک مکانیسم واکنش در سطوح مولکولی بین ذرات نانو و سیستم‌های زیستی تا حدود زیادی ناشناخته است (Raquel et al., 2009). مقالات زیادی، اطلاعات مهمی را در مورد نقـش ذرات نـانو بیـان کرده‌انـد. همچنـین مطالعاتی عمدتا بر پایه ارزیابی سمیت و اثرات منفی این ذرات در گیاهان مختلفی بوده است و نانو سیتولوژی را برای چندین نوع از ذرات نانو شرح داده‌اند. استفاده از محرک‌های زیستی از جمله کیتوزان که مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌ها را القا می‌کند، یکی از راهکارهای کاهش اثرات تنش‌های زیستی و غیر زیستی و افزایش عملکرد و کیفیت محصول است (Gornik et al., 2008). کیتوزان پلی ساکارید گلوکوزامین مشتق شده از کیتین (در اسکلت خارجی بند پایان مانند حشرات، خرچنگ ردیایی، میگوها، خرچنگها و دیواره سلولی نوع خاصی از جلبکها وجود دارد) است (Dutta et al.,2004).که فعالیت زیستی از قبیل تحریک رشد، افزایش عملکرد و فعالیت‌های ضد قارچی آن بسته به درجه استیله (DD %)، وزن مولکولی، غلظت کیتوزان و نوع گیاه متفاوت است (Dzung, 2011). بذرهای سویا تیمار شده با غلظت‌های ۰/۰۵ تا ۰/۳ درصد کیتوزان نسبت بـه شاهد رشد بیشتری داشتند و عملکرد آنها نیز تا ۳۶ درصد افزایش یافت (Thang and Dzung, 2002). امـروزه استفاده از کیتـوزان به‌عنوان یک ماده غیر سمی، قابل تجزیه و سازگار با محیط برای کاهش و بهبود اثرات تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی (Lianju et al., 2011) و شوری (Dzung, 2011) مورد توجه است. کیتوزان اثرات تنش شوری را در گیاه گندم، با افزایش طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه و میزان کلروفیل کاهش داد (Lianju et al., 2011).

تحقیقات زیادی در مورد تاثیر کیتوزان بر گیاهان در شرایط تنش انجام شده است. اما اطلاعات زیادی در مورد تاثیر کیتوزان و نانوکیتوزان بر گل همیشه بهار در شرایط تنش شوری اجرا نشده است، لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر کیتوزان و نانوکیتوزان بر محتوای نسبی آب برگ و برخی ویژگی‌های رشدی گل همیشه بهار تحت تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر نانوکیتوزان بر محتوای نسبی آب برگ و برخی ویژگی‌های رشدی گل همیشه بهار، در خاک تحت تنش شوری، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۹ در یک خاک آهکی طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار از منبع کلرید سدیم که به ترتیب معادل ۰، ۴/۵، ۹/۱۴ و ۱۳/۷ دسی زیمنس بر متر) و پنج سطح تعدیل‌کننده (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ گرم در لیتر کیتوزان و ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر نانوکیتوزان) بود. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

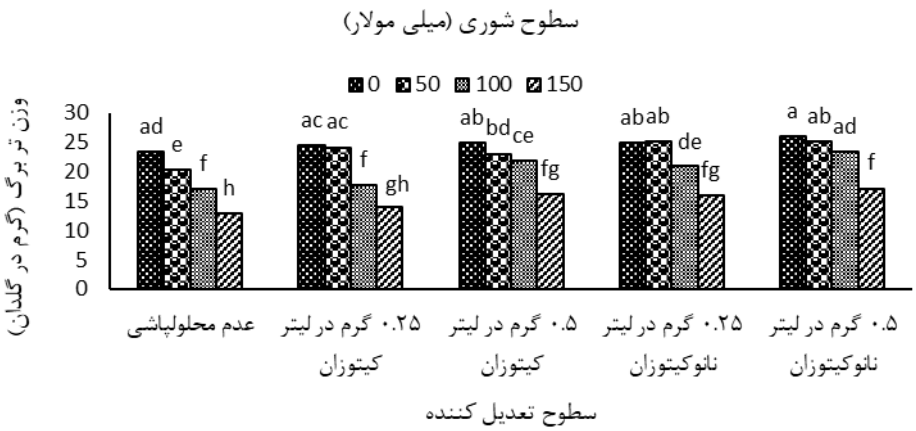
پ‌هاش	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	رس	سیلت	شن
	دسی‌زیمنس بر متر	درصد	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	درصد	درصد	درصد
۷/۲	۰/۵۲	۰/۹	۰/۰۸	۱۵/۵	۲۸۵	۲۰/۷۲	۳۱/۲۸	۴۷

در ابتدا نمونه‌های خاک به وزن دو کیلوگرم آماده و سپس در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و بر اساس نتایج آزمون خاک عناصر نیتروژن، آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب از منابع اوره،

سکوسترین آهن، سولفات منگنز، سولفات روی و سولفات مس و به‌صورت محلول به خاک اضافه شد. پس از رسیدن به رطوبت مناسب خاک درون کیسه‌ها کاملا مخلوط شده و به داخل گلدان‌های دو کیلوگرمی پلاستیکی منتقل شد. در هر گلدان سه عدد بذر در عمق حدود سه سانتی‌متری خاک کاشته شد و رطوبت خاک در طول آزمایش در حدود رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شد. بعد از استقرار بوته‌ها، تعداد آن‌ها به یک عدد کاهش یافت. به‌منظور جلوگیری از شوک ناگهانی، اعمال تیمار شوری از کمترین غلظت (۵۰ میلی‌مولار) شروع و کم کم (طی سه هفته) بر غلظت آن افزوده شد. محلول‌پاشی برگی با کیتوزان و نانوکیتوزان دو هفته بعد از اعمال تیمار شوری صورت گرفت و این محلول‌پاشی سه بار و هفته‌ای یکبار انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن تر و خشک برگ، تعداد گل و برگ در بوته و محتوای نسبی آب برگ بود. پس از به‌دست آوردن نتایج آزمایشگاهی و گلخانه-ای، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد و میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری پنج درصد با یکدیگر مقایسه شد.

نتایج و بحث

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل تعدیل‌کننده‌ها (کیتوزان و نانوکیتوزان) و تنش شوری در سطح پنج درصد، نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر وزن تر برگ نشان داد که بیشترین وزن تر برگ، در تیمار عدم تنش شوری و محلولپاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانوکیتوزان (۲۵/۹ گرم در گلدان) به‌دست آمد، اگرچه با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان وزن تر برگ در تیمار تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و عدم محلولپاشی (۱۲/۸ گرم در گلدان) بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱-اثر متقابل سطوح شوری و تعدیل‌کننده بر وزن تر برگ همیشه بهار (گرم در گلدان)

نتایج تجزیه واریانس، نشان داد که تنها اثرات ساده سطوح شوری و تعدیل‌کننده بر وزن خشک برگ، تعداد گل در بوته، تعداد برگ در بوته و محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در حالیکه اثر متقابل معنی‌دار نگردید.

افزایش تنش شوری، صفات مورد بررسی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بطوریکه سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، وزن خشک برگ، تعداد برگ در بوته، تعداد گل در بوته و محتوای نسبی آب برگ را در مقایسه با سطح عدم تنش، به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۶۰/۰۹، ۳۵/۵، ۳۹/۶ و ۱۲/۶ درصد کاهش داد (جدول ۲). محلولپاشی کیتوزان و نانو کیتوزان سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ، تعداد برگ و گل در بوته و محتوای نسبی آب برگ شد. بطوریکه محلولپاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانو کیتوزان سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلولپاشی) به میزان ۵۰/۳ درصد شد. کاربرد محلولپاشی ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر نانو کیتوزان به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب به میزان

۱۷/۴ و ۲۳ درصد گردید. در حالیکه بین این دو سطح تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. محلولپاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانو کیتوزان سبب افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلولپاشی) به میزان ۴۰/۴ درصد شد. بین سایر سطوح تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. محلولپاشی ۰/۵ گرم در لیتر کیتوزان و ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر نانو کیتوزان سبب افزایش معنی-دار محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلولپاشی) به ترتیب به میزان ۶/۶۱، ۱۱/۴۲ و ۱۴/۱۷ درصد شد. هر چند بین سطح ۰/۲۵ گرم در لیتر کیتوزان و شاهد (عدم محلولپاشی) اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ساده تعدیل‌کننده (کیتوزان و نانوکیتوزان) و تنش شوری بر صفات اندازه‌گیری شده

تیمار	سطح	وزن خشک برگ (گرم در گلدان)	تعداد برگ	تعداد گل	محتوای نسبی آب (درصد)
تنش شوری (میلی‌مولار)	۰	۶/۲۴a	۳۹a	۳/۲a	۷۱/۵۲a
	۵۰	۶/۰۸a	۳۸/۶۶a	۲/۸۶a	۶۶/۶۹b
	۱۰۰	۴/۸۰b	۳۵/۳۳b	۲/۲۰b	۶۳/۸۱c
	۱۵۰	۲/۴۹c	۲۵/۱۳c	۱/۹۳b	۶۲/۵۰c
تعدیل‌کننده	۰ (عدم محلولپاشی)	۴/۰۳d	۳۱c	۲/۲۵b	۶۲/۵۶d
	۰/۲۵ گرم در لیتر کیتوزان	۴/۳۴cd	۳۳/۷۵b	۲/۳۳b	۶۳/۹۷d
	۰/۵ گرم در لیتر کیتوزان	۴/۷۷c	۳۳/۳۳b	۲/۴۱b	۶۶/۷۰c
	۰/۲۵ گرم در لیتر نانوکیتوزان	۵/۳۱b	۳۶/۴۱a	۲/۵۸b	۶۹/۷۱b
	۰/۵ گرم در لیتر نانوکیتوزان	۶/۰۶a	۳۸/۱۶a	۳/۱۶a	۷۱/۴۳a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن با هم ندارند.

گیاهانی که در خاک شور قرار می‌گیرند با سه مشکل اصلی مواجه هستند؛ غلظت بالای نمک در محلول خاک که سبب افزایش فشار اسمزی و کاهش پتانسیل آب در خاک و در نتیجه تنش خشکی می‌شود، غلظت بالای یون‌های سمی همچون سدیم و کلر و عدم تعادل مواد غذایی که نتیجه آن کاهش جذب، اختلال در حمل و نقل مواد معدنی درون شاخساره می‌باشد (Rawia et al., 2011). نتایج این آزمایش با نتایج (Rawia et al., 2011) و بنی اسدی و همکارن (۱۳۹۴) که گزارش کردند تنش شوری باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و گل گیاه جعفری و همیشه بهار شد همسو بود. به طور کلی شوری رشد گیاه همیشه بهار را کاهش می‌دهد که این موضوع به خوبی توسط پژوهشگران زیادی در گیاهان مختلف ثبت شده است (Kaya and Ipek, 2003). همچنین بنی‌اسدی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که با افزایش تنش شوری تعداد گل در بوته، قطر گل و تعداد برگ در گیاه همیشه بهار کاهش یافته است. تجمع نمک در منطقه ریشه از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، از جذب آب توسط ریشه جلوگیری می‌کند. هر چند که مولکول‌های آب در خاک شور با نیروی چسبندگی زیاد به ذرات خاک نچسبیده‌اند، اما وجود نمک باعث می-شود گیاه برای جذب آب نیروی بیشتری صرف کند که این امر می‌تواند عامل تنش برای گیاه باشد. در واقع غلظت زیاد نمک در محیط ریشه باعث کاهش میزان آب برگ‌ها می‌شود (Warrence et al., 2002). زندی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که تیمار نانوذرات کیتوزان با غلظت یک درصد مانع از کاهش جذب آب در روند پیری گردید و محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد. بهبودی و همکاران (۱۳۹۸) بیان کردند کاربرد ذرات نانوکیتوزان سبب افزایش عملکرد و ویژگی‌های رشدی گندم شد. احتمالا نانوذرات کیتوزان سبب تحریک فرآیندهای فیزیولوزیکی، بهبود رویشی و افزایش تثبیت CO_2 می‌شود. در شرایط تنش شوری اثر

کیتوزان بر بهبود رشد گیاه می‌تواند به دلیل بهبود فتوسنتز، افزایش جذب آب و عناصر ضروری و کاهش تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت باشد (Guan et al., 2009).

نتیجه‌گیری

وجود تنش شوری در محیط رشد همیشه بهار بر محتوای نسبی آب برگ و وزن تر و خشک برگ، تعداد برگ و گل در بوته گیاه اثر منفی داشت. کیتوزان و نانوکیتوزان بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش اثر معنی‌داری داشت که موید این واقعیت است که می‌توان از آن برای کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری استفاده کرد. بهترین میزان غلظت نانوکیتوزان در این پژوهش غلظت ۰/۵ گرم در لیتر بود.

فهرست منابع

بنی اسدی، ف، صفاری، و.ر، مقصودی مود، ع. ۱۳۹۴. اثر پوترسین بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش شوری. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی. ۸ (۱). ۸۰-۷۱.

زندی، ف، قلمبران، م.ر، زبرنارد، ف. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر نانوذرات کیتوزان بر تغییرات شاخص های فیزیولوژیکی گل شاخه بریده ژربرا. اولین کنگره ملی گل و گیاهان زینتی ایران.

بهبودی، ف، طهماسبی سروستانی، ز، کسایی، م، مدرس ثانوی، ع، سروش زاده، ع. ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی و خاک کاربرد نانوذرات کیتوزان بر کلروفیل، فتوسنتز، عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش خشکی پس از گرده افشانی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۸ (۲۹). ۲۷۱-۲۸۵.

Bakó, E., Deli, J., & Tóth, G. (2002). HPLC study on the carotenoid composition of Calendula products. *Journal of biochemical and biophysical methods*, *53*(1-3), 241-250.

Correa, C., Ming, L. C., & Scheffer, M. C. (1994). Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas. *Jaboticabal: Funep*..

Dutta, P. K., Dutta, J., & Tripathi, V. S. (2004). Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications.Dzung, N. A., Phuong Khanh, V. T. and Dzung, T. T. (2011) Research on impact of chitosan oligomers on biop Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Eco toxico. Environ Safety. 60: 324-349.

Dzung, N. A., Khanh, V. T. P., & Dzung, T. T. (2011). Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. *Carbohydrate polymers*, *84*(2), 751-755.

Gornik, K., Grzesik, M. and Duda, B. R. (2008) The Effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 16: 333-343.

Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1999). Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia horticulturae*, *78*(1-4), 127-157.

Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J., & Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B*, *10*(6), 427-433.

Kaya, M. D. and Ipek, A. (2003). Effect of soil salinity levels on germination and seedling growth of Safflower (Carthamus tinctorius). Turkis Journal of Agriculture and Forestry. 27: 221-227.

Ma, L., Li, Y., Yu, C., Wang, Y., Li, X., Li, N., ... & Bu, N. (2011). Alleviation of exogenous oligochitosan on wheat seedlings growth under salt stress. *Protoplasma*, *249*(2), 393-399.

Raquel, E., Joan-Colón, C., Xavier, F., Sánchez, A. and Puntes, V. (2009). Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles. Elsevier. 72: 850–857.

Rawia, A. E. Lobna S. Soad M. T. Ibrahiem, M. (2011) .Alleviation of Adverse Effects of Salinity on Growth, and Chemical Constituents of Marigold Plants by Using Glutathione and Ascorbate - Journal of Applied Sciences Research, Vol 7, No 5, pp. 714-721

Roco, M. C. (2003). Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine. *Current opinion in biotechnology*, *14*(3), 337-346.Zhu, J.K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu. Rev. Plant Biology, 53, 247- 273.

Effect of chitosan and nano-chitosan foliar application on relative water content and growth characteristics of marigold under salinity stress

Zohre Bolhasani[1], Mohammad Feizian[2]
[1]Ph.D. student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University
[2]Associate Professor., Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan

Abstract
Chitosan is a glucosamine polysaccharide deacetylated form of chitin species and could be used as biotic elicitor to improve secondary metabolites and as a fertilizer it controls the release of chemical compounds of toxins and stimulates germination and plant growth. In order to investigate the effect of chitosan and nano chitosan on the relative water content of leaves and some growth characteristics of marigold under salinity stress, an experiment was conducted in greenhouse conditions. Treatments included four salinity levels (0, 50, 100 and 150 mM from sodium chloride source which are equivalent to 0, 4.5, 9.14 and 13.7 $dS.m^{-1}$, respectively) and five modulating levels (0, 25 0.5, 0.5 $g.l^{-1}$ chitosan and 0.25 and 0.5 $g.l^{-1}$ nano chitosan) were done factorially in a completely randomized design with three replications. The results showed that with increasing salinity levels, leaf dry weight, number of leaves per plant, number of flowers per plant and relative leaf water content, significantly compared to the control treatment by 60.09, 35.5, 39.6 and 6/12 decreased. Foliar application of chitosan and nano chitosan increased the relative water content of leaves, fresh and dry weight of leaves, number of leaves and flowers per plant compared to control treatment. In general, application of nano-chitosan reduced negative effects of salinity stress for marigold plants and improved its growth and yield.

Keywords: Salinity stress, Nano-chitosan, Relative Water Content

استفاده از نانو صفحات اکسید گرافن بر فراهمی فسفر گیاه کاهو

حسن عبداللهی مقدم [۱] ، محبوبه جلالی [۲] *، محمد هادی غفاریان مقرب [۳] ، مجتبی آهور [۴]

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرمآباد، ایران

۲ - استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرمآباد، ایران

۳ - استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

۴ - کارشناس آزمایشگاههای مهندس شیمی، آزمایشگاه مرجع پارک علم و فناوری لرستان. خرم آباد، ایران

چکیده

فسفر یکی از عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز گیاهان است که کمبود آن در بسیاری از خاک‌های کشاورزی جهان مشاهده می‌شود. برای رفع کمبود فسفر در محیط کشت از کودهای فسفر استفاده می‌شود که کارایی مصرف آنها اندک می‌باشد. هدف از این مطالعه استفاده از نانوصفحات اکسید گرافن جهت سنتز کود کند رهای فسفر بود. در این مطالعه، ابتدا نانو صفحات گرافن به روش هامرز سنتز شد. سپس کامپوزیت اکسید گرافن-آهن سنتز شد. در مرحله بعدی فسفر بر روی کامپوزیت اکسید گرافن-آهن بارگیری و تست حلالیت انجام شد. جهت تست کود سنتز شده به صورت عملی، از گیاه کاهو و به صورت کشت هیدروپونیک استفاده شد. سپس، بعد از ۸ هفته گیاه برداشت شده و غلظت فسفر در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد نانو فسفر ۱۰٪ و نانو فسفر ۲۰٪ سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر گیاه در مقایسه با تیمارهای شاهد۱ (مونو آمونیوم فسفات)، به ترتیب به میزان ۵۷/۱۵٪ و ۲۹/۶۷٪ شدند و همچنین، نسبت به تیمار شاهد۲ (پتاسیم دی هیدروژن فسفات) به ترتیب به میزان ۶۰/۶۷٪ و ۳۲/۵۸٪ افزایش نشان داده شد.

واژگان کلیدی: اکسیدگرافن، کود، کندرها، فسفر، کاهو

مقدمه

فسفر یکی از عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز گیاهان است که کمبود آن در بسیاری از خاک‌های کشاورزی جهان مشاهده می‌شود. برای رفع کمبود فسفر در محیط کشت از کودهای فسفره استفاده می‌شود که کارایی مصرف آنها اندک می‌باشد. مطالعات نشان داده اند که برای کشت جاری، تنها ۵ تا ۳۰ درصد از کود فسفر بکار برده شده در خاک مورد استفاده گیاه قرار گرفته و ۷۰ تا ۹۵ درصد دیگر در خاک رسوب کرده و یا به فرم قابل رهاسازی در بخش معدنی فسفر خاک تجمع پیدا می‌کند (Wang, and Li, 2010).

بهبود راندمان کودهای فسفره یکی از مهمترین چالش‌ها در کشاورزی است. بدین منظور، جهت افزایش کارایی کودهای فسفره و کاهش آلودگی محیط زیست، استفاده از کودهای کندرهای فسفر مورد توجه محققان قرار گرفته است. سرعت آزادسازی مواد غذایی در کودهای کندرها تابعی از حلالیت، سرعت انتشار مواد و سرعت تجزیه شیمیایی و میکروبی آن‌ها است. یکی از روش‌های تولید کودهای کندرها، کنترل حلالیت کودها می‌باشد که ایجاد پوشش در سطح کود، موجب کاهش سطح تماس، واکنش پذیری و درنتیجه حلالیت آنها میگردد. بنابراین، مواد پوششی باید قابلیت کنترل حلالیت، پخشیدگی عنصر غذایی، هزینه تولید پایین بوده و در محیط زیست تجزیه‌پذیر باشند (Campos *et al.*, 2015).

یکی از ترکیبات کربنی که در سال‌های اخیر توجه جامعه علمی را به خود معطوف کرده است، گرافن می‌باشد. گرافن، یک ماده جدید دو بعدی متشکل از اتم‌های کربن خالص است که آن را دگرشکل یا آلوتروپ دو بعدی کربن می‌دانند. خصوصیات استثنائی گرافن شامل چگالی بالا و تحرک‌پذیری حامل‌های بار، بی‌اثر بودن شیمیایی، هدایت حرارتی بالا، عبور نوری و آب‌گریزی فوق‌العاده در مقیاس نانومتر می‌باشد. یکی از مشتقات اصلی گرافن، اکسید گرافن است. اکسید گرافن، ساختاری تک‌لایه از مادهٔ شناخته‌شدهٔ

اکسید گرافیت است که به دلیل هزینه پایین تولید، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اکسید گرافن، ماده‌ای دو بعدی است که به صورت تک لایه، با ساختار شش ضلعی و کریستالی ساخته شده و بر روی صفحاتش، گروه‌های اکسیژنی وجود دارد. این ماده به دلیل وجود گروه‌های اکسیژنی و به هم ریختن ساختار اصلی گرافنی، از خواص اصلی گرافن، مانند رسانایی الکتریکی – حرارتی خوبی برقرار نیست ولی به دلیل وجود گروه‌های اکسیژنی، توانایی برهم کنشی بهتری با مواد داشته و این امکان را فراهم می‌سازد که با پیوندهای کووالانسی، صفحات به پلیمرها یا مواد دیگری، پیوند زده شود. همچنین، این مادهاز سازگاری بسیار بالایی با محیط زیست دارد (Allen *et al*., 2010; Wang *et al*., 2011).

البته باید به این نکته نیز توجه کرد که در حالی که نانوفناوری ممکن است به عنوان یک فرصت برای بهبود کودها باشد، همچنین ممکن است به یک منبع نگرانی نیز تبدیل شود. افزایش سطح در نانو مواد می تواند به افزایش واکنش‌پذیری و سریع تر شدن سینتیک انحلال منجر شود (Chahal *et al*., 2012). استفاده از نانومواد در کودها منجر به ورود عمده این مواد به محیط زیست شده و می تواند به طور چشمگیری انسان و محیط زیست را تحت تاثیر قرار دهد. گیاهان، به ویژه محصوصلات کشاورزی، می‌توانند به عنوان یک مسیر بالقوه تجمع نانوذرات در زنجیریه غذایی باشند، بنابراین ضروری است که خطرها و فایده های نانوفناوری در کودها ارزیابی شده و بعد مورد استفاده قرار گیرند.

مطالعات مختلف نشان داده است که اکسیدگرافن می‌تواند به عنوان یک حامل برای مواد مغذی گیاه باشد. گرافن، قادر به انتشار آهسته و کنترل‌شده مواد مغذی برای گیاهان بوده و در نهایت سبب افزایش میزان تولید محصول می‌شود (Kabiri *et al*., 2017). بدلیل سطح ویژه بالا و ساختار دو بعدی گرافن، این ماده یک ترکیب بسیار خوبی برای انتقال عناصر است. در واقع با بارگذاری مواد غذایی ضروری برای رشد و نگهداری گیاهان بر روی صفحات اکسیدگرافن، ممکن است بتوان کودهایی اختصاصی برای محصولات غذایی تولید نمود.

مواد و روش‌ها

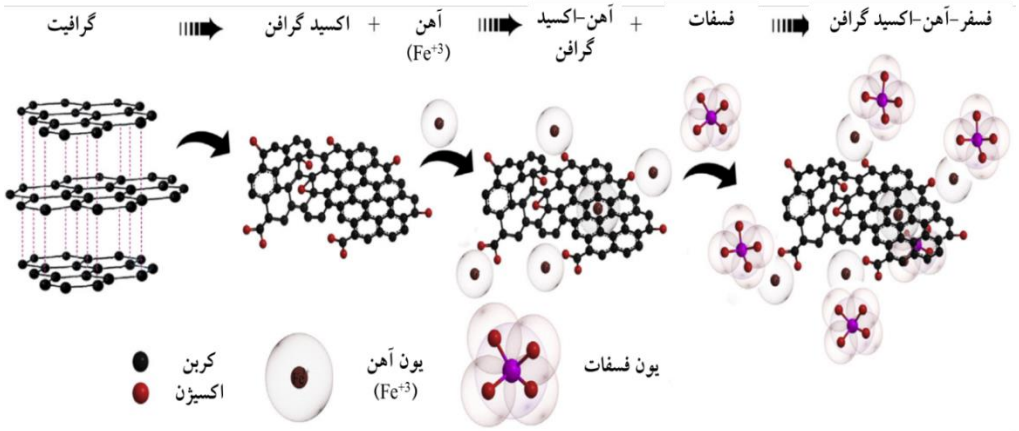
سنتز نانو صفحات اکسید گرافن برای سنتز اکسیدگرافن به روش اصلاح شده هامرز، یک گرم گرافیت منبسط‌شده با ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک مخلوط شده و روی هم‌زن قرار داده می‌شود تا کل گرافیت با اسید خیس شود. ۹ گرم پرمنگنات پتاسیم به آهستگی به مخلوط اضافه شد که این کار رنگ مخلوط را به سبز تغییر داد. بعد از ۲۴ ساعت هم‌زدن، به مخلوط به دست آمده، به تدریج ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد که این کار موجب تغییر رنگ مخلوط به قهوه‌ای پررنگ شد. بعد از نیم ساعت هم‌زدن، ۳۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه برای توقف فرآیند اکسیداسیون و احیا پرمنگنات باقی مانده، به مخلوط اضافه و برای نیم ساعت دیگر هم زده شد. رنگ مخلوط در این مرحله، به قهوایی روشن تغییر یافت. مخلوط حاصل به نام پیران‌ها بسیار خورنده است. مرحله بعدی، شستن مخلوط با استفاده از محلول ۹:۱ اسیدکلریدریک:آب در سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ rpm بود. شست و شو با آب تا رسیدن pH مخلوط به حالت خنثی، ادامه یافت. بعد از سانتریفیوژ کامل، صفحات اکسید گرافن در آب، یون‌زدایی رقیق شده و سپس، با استفاده از لرزش آوایی به مدت دو دقیقه هم‌زده شد تا تک لایه‌های اکسید گرافن در آب حاصل شود (Hummers *et al*., 1958).

آماده سازی کامپوزیت‌های اکسید گرافن-آهن

برای بدست آوردن یک ترکیب همگن، تقریبا ۵۰۰ میلی‌گرم از اکسید گرافن در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه شده التراسونیک شد. سپس میزان مناسبی از کلریدآهن ($FeCl_3$) در حداقل میزانی از آب حل شده و به آرامی به اکسید گرافن اضافه شد. به منظور فراهم کردن یک نسبت ۱:۱ از اکسید گرافن به آهن، این مخلوط به مدت یک ساعت به‌هم زده شد و سپس در دور ۲۹۵۰ به مدت نیم ساعت سانتریفیوژ شد. پس از سانتریفیوژ کردن، لایه رویی را برداشته و باقی‌مانده کامپوزیت اکسید گرافن-آهن در آون، در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت خشک شد.

بارگیری فسفر بر روی کامپوزیت اکسید گرافن -آهن

برای بارگذاری فسفر بر روی کامپوزیت گرافن-آهن، نمک پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات به عنوان منبع محلول فسفر مورد استفاده قرار گرفت. کامپوزیت آهن-اکسید گرافن در آب دیونیزه شده در غلظت یک میلی گرم بر میلی لیتر معلق شده و به مدت یک ساعت التراسونیک شده و سپس پتاسیم دی هیدروژن فسفات اضافه شد. برای دست‌یابی به غلظت نهایی، ۱۵۰ میلی‌گرم فسفر بر لیتر اضافه شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت، به هم زده شده و در دور ۲۹۵۰ به مدت یک ساعت سانتریفیوژ شد. پس از سانتریفیوژ شدن، لایه رویی برداشته شد و ترکیب اکسید گرافن-آهن که با فسفات ترکیب شده بود در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در آون به طور کامل خشک شد. ترکیب خشک‌شده، همگن و یکدست شد و با استفاده از دستگاه فشاری به گلوله‌های ۴۰ میلی‌گرمی تبدیل شد. در شکل ۱، **نمودار شماتیک روش سنتز کامپوزیت GO-Fe-P** نشان داده شده است.



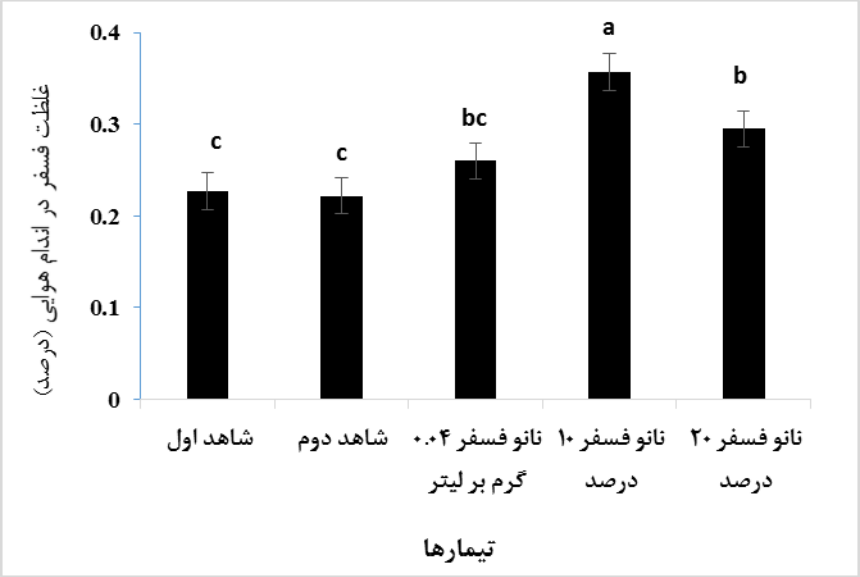
شکل ۱- نمودار شماتیک روش سنتز کامپوزیت GO-Fe-P

کشت گیاه

ابتدا بذرهای کاهو در سدیم هیپوکلریت یک درصد به مدت ۳۰ ثانیه استریل شده و سپس به‌طور کامل، با آب دیونیزه شسته شدند. جوانه‌زنی در بستر شنی که قبلا با اسیدکلریدریک رقیق و آب مقطر شسته شده بود، طی مدت ۷ روز انجام گرفت. گیاهچه‌ها با ارتفاع ۴-۲ سانتی‌متری به ظروف پلاستیکی ۲۰ لیتری حاوی محلول غذایی منتقل و از محلول غذایی پایه هوگلند و آرنون استفاده گردید. جهت تست کود سنتزشده به صورت عملی، از گیاه کاهو (رقم فردوس) و به صورت کشت هیدروپونیک (NFT) استفاده شده و بعد از حدود ۶-۸ هفته، برداشت انجام شد. فسفر به میزان ۳۱ میلی‌گرم در لیتر از هر سه منبع کودی (مونوآمونیوم فسفات، پتاسیم دی هیدروژن فسفات و کود سنتزشده) بر اساس میزان حلالیت کودها به محلول غذایی اضافه شدند. روزانه با اضافه‌نمودن محلول غذایی تازه، کاهش محلول داخل ظرف به‌صورت مشاهده ای جبران شد. در طول مدت آزمایش، دما و رطوبت گلخانه بین ۱۸-۲۴ درجه سلسیوس و ۷۰ درصد رطوبت نسبی حفظ شد. pH محلول غذایی، با افزودن ۰/۰۲۵ میلی‌لیتر در لیتر اسید فسفریک و ۰/۰۶۲ میلی‌لیتر در لیتر اسید نیتریک، در محدوده ۶/۵ تنظیم شد. هدایت الکتریکی (EC) و pH محلول‌های غذایی به صورت روزانه کنترل شد و با توجه به شدت نور، محلول غذایی حداکثر تا یک هفته تعویض کامل شد. برای تهویه محلول غذایی از پمپ‌های هوا استفاده شد. میزان کلروفیل در دو مرحله رشدی گیاه اندازه‌گیری شد. بعد از ۸ هفته، گیاهان برداشت شدند و غلظت فسفر بعد از خشک شدن نمونه‌ها، مورد سنجش قرار گرفت.

نتایج و بحث

در نمودار شکل۲ مشاهده می‌شود که کاربرد نانو فسفر۱۰٪ و نانو فسفر ۲۰٪ سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر گیاه در مقایسه با تیمارهای شاهد ۱(مونو آمونیوم فسفات)، به ترتیب به میزان ۵۷/۱۵٪ و ۲۹/۶۷٪ شدند و همچنین نسبت به تیمار شاهد۲ (پتاسیم دی هیدروژن فسفات) به ترتیب به میزان ۶۰/۶۷٪ و ۳۲/۵۸٪ افزایش نشان داد. بین نانو فسفر در سطح ۰/۰۴گرم در لیتر با شاهد ۱ و شاهد۲ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در کود سنتز شده نانو فسفر، بین دو سطح نانو فسفر ۱۰٪ و نانو ۲۰٪ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و نانو فسفر ۱۰٪ سبب افزایش غلظت فسفر به میزان ۲۱/۱۸٪ شد. بین دو تیمار شاهد ۱ و ۲ تفاوت معنی داری در غلظت فسفر گیاه مشاهده نشد و همچنین تفاوت معنی‌داری بین نانو فسفر ۲۰٪ و ۰/۰۴گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۲- مقایسه میزان فراهمی فسفر برای گیاه کاهو توسط منابع مختلف

در آزمایشی اکسید گرافن اصلاح شده با یون‌های آهن III (Go-Fe) تشکیل کمپوزیت دادند و بعنوان یک حامل برای فسفر مورد استفاده قرار گرفت .کامپوزیت اکسید گرافن-آهن در حفظ حداکثر ۵٪ فسفر در سطح خود و آزاد کردن آهسته محلول در مقایسه با کود مونو آمونیوم فسفات تجاری موثرتر بود. تجزیه و تحلیل شیمیایی انتشار فسفر در ۳ نوع خاک نشان داد که بیش از ۹۹٪ از فسفر آزاد شده از کامپوزیت آهن-فسفر- اکسید گرافن به صورت آهسته و کندرها مورد استفاده گیاه قرار گرفت.,Andelkovic و همکاران (۲۰۱۸) با هزینه کم و مواد طبیعی فراوان از گرافیت و آهن با یک ترکیب ساده و روش اصلاحی، یک ترکیب (کامپوزیتی) را سنتز کردند که پتانسیل استفاده بعنوان کود فسفره کند رها برای نیاز ضروری گیاهان را دارا بود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی استفاده از نانو کودفسفره تولید شده سبب افزایش میزان فسفر گیاه نسبت به منبع پایه استاندارد هوگلند شد که اهمیت استفاده ار این نوع کود را نسبت به کودهای معمولی محلول در آب را نشان می‌دهد و در کل مشاهده شد که استفاده از کود کندرهای

فسفره با نانو صفحات گرافن در غلظت ۱۰٪ بیشترین میزان تاثیر در فراهمی فسفر گیاه کاهو را در سیستم هیدروپونیک داشته است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان به علت کمک در انجام آنالیزهای تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

1. Allen, M.J., Tung, V.C,M Kaner, R.B. (2010). Honeycomb carbon: a review of graphene. Chemical Reviews, 110 (4), 132−145.
2. Andelkovic, B., Kabiri, S., Tavakkoli, E., Kirby, J. K., McLaughlin, M. J. (2018). Journal of Cleaner Production, 185, 97–104.
3. Chen, L., Chen, X.L., Zhou, C.H., Yang, H.M., Ji, S.F., Tong, D.S., Zhong, Z.K., Yu, W.H., Chu, M.Q. (2017). Environmental-friendly montmorillonite-biochar composites: facile production and tunable adsorption-release of ammonium and phosphate. The Journal of *Cleaner* Production, 156, 648-659.
4. Campos, E.V.R., Oliveira, J.L., Fraceto, L.F. (2015). Polysaccharides as safer release systems for agrochemicals. Agronomy for Sustainable Development", 35(1), 47-66.
5. Chahal, A.S., Madgulkar, A.R., Kshirsagar, S.J., Bhalekar, M.R., Dikpati, A., Gawli, P. (2012). Amorphous nanoparticles for solubility enhancement. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research. 2:167–178.
6. Hummers, J.r., Offeman, RE. (1958). Preparation of graphitic oxide. Journal of the American Chemical Society. 80(6):1339-39.
7. Kabiri, S., Tran, D. N. H., Azari, S., Losic, D. (2015). Graphene-Diatom Silica Aerogels for Efficient Removal of Mercury Ions from Water. *Applied Materials & Interfaces*, 7, 11815−11823.
8. Kabiri, S., Degryse, F., Tran, D.N.H., da Silva, R.C., McLaughlin, M.J., Losic, D. (2017). Graphene oxide: a new Carrier for slow release of plant micronutrients. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9 (49), 43325-43335.
9. McLaughlin, M.L., McBeath, T. M., Smernik, R., Stacey, S. P., Ajiboye, B., Guppy, C. (2011). *Plant Soil*, 349, 69–87.
10. Marshall, J.A., Morton, B.J., Muhlack, R., Chittleborough, D., Kwong, C.W., 2017. Recovery of phosphate from calcium-containing aqueous solution resulting from biochar-induced calcium phosphate precipitation. J. Clean. Prod. 165, 27e35.
11. Madadrang, C. J., Kim, H. Y., Gao, G., Wang, N., Zhu, J., Feng, H., Gorring, M., Kasner, M. L., Hou, S. 2012. Adsorption Behavior of EDTA-Graphene Oxide for Pb (II) Removal. ACS Appl. Mater. Interfaces, 4: 1186−1193.
12. Wang, K., Ruan, J., Song, H., Zhang, J., Wo, Y., Guo, S.; Cui, D. (2011). Biocompatibility of graphene oxide. *Nanoscale Research Letters*, 6, 1−8.
13. Wang, Q.R., and Li, Y.C. (2010). Phosphorus adsorption and desorption behavior on sediments of different origins. Journal of Soil Sediment. 10, 1159–1173.
14. Zhao, G., Li, J.. Ren, X.. Chen, C.. Wang, X. (2011). Few-Layered Graphene Oxide Nano sheets as Superior Sorbents for Heavy Metal Ion Pollution Management. *Environmental Science and Technology*, 45, 10454−10462.

Application of graphene oxide nanosheets on the phosphorus availability of lettuce

Abstract

Phosphorus is one of the macro nutrients for plants and its deficiency is observed in many agricultural soils of the world. Phosphorus fertilizers are used to eliminate phosphorus deficiency in the culture medium, but their efficiency is low. The aim of this study was to use graphene oxide nanosheets to synthesize slow phosphorus release fertilizer . In this study, graphene oxide nanosheets were synthesized by Hammers method .Then, graphene-iron oxide composite was synthesized. In the next step, phosphorus was loaded on the graphene-iron oxide composite and solubility test was performed. Lettuce was grown hydroponically to test the synthesized fertilizer. Then, after 8 weeks, the plants were harvested and the concentration of phosphorus in the shoots was measured .The results showed that the application of 10% nano-phosphorus and 20% nano phosphorus caused a significant increase in plant phosphorus concentration in comparison with control 1 (monoammonium phosphate) treatments by 57.15% and 29.67%, respectively. Also, compared to control treatment 2 (potassium dihydrogen phosphate), it was increased by 60.67% and 32.58%, respectively.

key words :Graphene oxide, slow release fertilizer, phosphorus, lettuce

تاثیر رطوبت و حرارت بر رفتار شیمیایی گوگرد و مقدار عناصر غذایی قابل جذب در خاک آهکی

ناهید کاوه زاده[1] ، نصرت اله منتجبی[2]
۱-محقق مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان(nkavezadeh@gmail.com)
۲- استادیار مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

چکیده

در آزمایش اول اثر دو سطح رطوبتی ۶۰٪ (M_1) و ۹۰٪ ظرفیت زراعی (M_2) و چهار سطح گوگرد (S_0=۰، S_1=۵۰۰ ، ۱۰۰۰ =S_2 و S_3= ۲۰۰۰kg/ha) بر اکسایش گوگرد بررسی شد. خاک‌ها در دمای ۲۵°C اینکوبات شدند و در ۶ نوبت (T_1=۳۰، T_2=۶۰ ، T_3=۹۰، T_4=۱۲۰، T_5=۱۸۰ و T_6=۲۷۰ روز) نمونه‌برداری شد ولی در آزمایش دوم خاک‌ها در دمای ۳۶°C اینکوبات و در ۳ نوبت (T_7=۱۴، T_8=۲۸ و T_9=۴۲ روز) نمونه‌برداری شد. pH، P، Fe، Mn، Zn و SO_4^{2-} خاک اندازه‌گیری شدند. تمام اثرات اصلی و متقابل سطوح رطوبت، گوگرد و مدت انکوباسیون خاک بر تمام صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌دار داشت. افزایش رطوبت موجب افزایشP، Zn و SO_4^{2-} و کاهش pH، EC ، Fe و Mn خاک شد. با مصرف گوگرد، pH محلول خاک کاهش و مقادیر SO_4^{2-}، P، Fe ، Zn و Mn افزایش نشان دادند. بیشترین میزان آهن و روی قابل جذب خاک به ترتیب با مصرف ۵۰۰ و kg/ha ۱۰۰۰ گوگرد و بیشترین مقدار P، Mn و SO_4^{2-} محلول با مصرف kg/ha ۲۰۰۰ گوگرد حاصل شد. تیمار M_2S_3 کمترین pH و بیشترین EC، P و SO_4^{2-} را داشت. تیمار M_2T_4 بیشترین Mn و SO_4^{2-} و کمترین pH را داشت. بیشترین ava.P را M_2T_3 داشت. حداقل pH و حداکثر Mn و SO_4^{2-} را تیمار S_3T_4 داشت و بیشترین P و Zn قابل جذب را S_3T_3 و S_2T_3 بوجود آوردند.

واژه های کلیدی : پهاش، سولفات، عناصر میکرو، فسفر، گوگرد

مقدمه

اکسایش گوگرد باعث کاهش pH شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می دهد. بیشتر خاک‌های ایران آهکی است و کمبود گوگرد و عناصر غذایی یک پدیده بسیار معمول است. کاهش pH خاک یک راه موثر برای رسیدن به ثبات عناصر غذایی در خاک آهکی است که به سبب pH بالا و غلظت بالای یون‌های Ca، قابلیت جذب بعضی عناصر غذایی کاهش می‌یابد (حیدر زاده و همکاران، ۲۰۱۲). درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسیداسیون گوگرد هستند و اثر درجه حرارت بیشتر از رطوبت است. میزان اکسیداسیون گوگرد عنصری در درجه حرارت زیر ۵ درجه سانتی گراد ناچیز یا خیلی کم است و با افزایش درجه حرارت به سرعت افزایش می یابد(Janzen and Bettany,1987b). اکسیداسیون گوگرد عنصری در زیر ۱۰ درجه سانتی گراد خیلی کم است و به سرعت تا ۲۳ درجه افزایش و در ۳۰ درجه، مقدار آن چند برابر می شود (Li & Caldwell, 1966). بررسی اثر مصرف گوگرد در کاهش pH خاک نشان داد که مصرف ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد می تواند پس از ۵ سال pH خاک را از ۸/۰۳ به ۵/۴۸ کاهش دهد (میلر، ۱۹۶۵). بعد از ۵۶ روز اینکوبیشن، متوسط اکسیداسیون گوگرد عنصری مصرفی در ۵ خاک در دماهای ۵ ، ۱۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد به ترتیب ۸، ۲۲ و ۴۷ درصد بود(نور و طباطبائی،۱۹۷۷). بیشترین مقدار اکسیداسیون گوگرد برای ذراتی با قطر ۴۰ میکرومتر در روز و شب به ترتیب در دماهای ۲۴ و ۱۸°c بود و یک رابطه خطی میان مقدار اکسیداسیون گوگرد و درجه حرارت ۱۴ الی ۲۰°c در خاک وجود دارد (Shedly,1982). دمای مناسب برای اکسیداسیون گوگرد از ۲۳°c در خاک منطقه ساسکچوان کانادا (Janzen & Bettany,1987b)، ۳۰ درجه در خاک‌های آیوا (Deng & Dick,1991) تا ۴۰°c در خاک‌های مینه سوتای امریکا (Watkinson & Blair,1993) متفاوت است. درجه حرارت خاک اثر زیادی روی معدنی شدن گوگرد آلی، مقدار اکسیداسیون گوگرد مصرفی و تبدیل گوگرد عنصری به گوگرد آلی داشته و به ترتیب در خاک‌های اسیدی ،خنثی و قلیائی در طول

پریود زمانی ۴۲ روز و دمای ۳۶°c و مقدار اکسیداسیون گوگرد عنصری در پریود زمانی ۱۴ روز ابتدایی و در حرارت ۳۶°c به ترتیب در خاک‌های قلیائی ،خنثی و اسیدی بیشترین بود (Jaggi et.al; 1999). مقدار اکسایش گوگرد عنصری در رطوبت ۶۰ درصد اشباع و درجه حرارت ۳۶°c خاک صرفنظر از پهاش، بیشترین بود. مقدار رطوبت ۶۰ درصد خاک صرف نظر از پهاش خاک در پریود زمانی ۲۴روز اثر زیادی روی فرآیندهای معدنی شدن گوگرد آلی بومی خاک، اکسیداسیون و تبدیل گوگرد عنصری به آلی دارد. همچنین در پریود زمانی ۱۴ روز و رطوبت ۶۰ درصد بیشترین مقدار اکسیداسیون گوگرد عنصری در خاکهای قلیائی و خنثی و کمترین در خاک اسیدی بود (Aulak et. al; 2002 & Jaggi et. al; 1999). استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی باعث آلودگی منابع آب و خاک می‌گردد. وجود غلظت‌های بالای فسفر و عناصر فلزی در آبهای سطحی اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای دارد و اغلب منجر به پدیده آب تباهی (Eutrophication) می‌گردند(Blaney & Cinar, 2007). مطالعه اثر گوگرد در سه رزیم رطوبتی ۴۰ ،۶۰ و۱۲۰ درصد اشباع و سه دمای ۱۲، ۲۴ و ۳۶°c روی تغییر پهاش و غلظت فسفر در خاک‌های اسیدی، خنثی و قلیائی، در پریودهای زمانی ۰، ۱۴ ،۲۸ و ۴۲ روز خواباندن نشان داد که مصرف گوگرد در تمام رژیم‌های رطوبتی تغییری در پهاش خاک‌های اسیدی و خنثی نداد اما در خاکهای قلیائی در شرایط رطوبتی ۴۰ و۶۰ درصد اشباع، پهاش خاک کاهش یافت. همچنین مقدار رطوبت و درجه حرارت خاک اثر زیادی روی غلظت فسفر قابل استفاده در تمام خاک‌ها داشت و در شرایط غرقابی ۱۲۰ در صد اشباع و دمای ۳۶°c بیشترین بودند. دما و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسایش گوگرد هستند(Jaggi et.al; 2005).

مواد و روشها

یک نمونه خاک آهکی از افق A تهیه شد. برخی خصوصیات مهم فیزیکوشیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جداول ۱). در یک آزمایش، دو رژیم رطوبتی (۶۰ و ۹۰ ٪ حد ظرفیت زراعی)، چهار سطح گوگرد (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ kg/ha) و ۶ دوره خواباندن (T_1=۳۰، T_2=۶۰، T_3=۹۰، T_4=۱۲۰، T_5=۱۸۰ و T_6=۲۷۰ روز) در سه تکرار تیمار شد. از خاک دارای هر سطح گوگرد، ۶ ویال ۷۰۰ گرمی تهیه شد. رطوبت ۳ ویال به ۶۰ ٪ و سه ویال دیگر به FC ۹۰٪ رسانده شد. خاک ها داخل آون ۲۵°C اینکوبات شدند. در آزمایش دوم خاک ها در ۳ دوره (T_7=۱۴، T_8=۲۸ و T_9=۴۲ روز) در دمای ۳۶°C اینکوبات شدند. در پایان هر دوره از هر ظرف نمونه برداری شد و در هر نمونه، pH، P، So_4^{2-}، Fe، Zn و Mn اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش

EC_{ex}	pH_{paste}	Texture	٪Clay	٪Silt	٪Sand	٪O.C	٪$CaCo_3$	٪PWP	٪FC
۲/۲۶	۸/۱	Si-C-L	۳۸	۴۲	۲۰	۱/۰	۲۴	۱۲/۳۷	۲۶/۲۱

ادامه جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش (میلی گرم در کیلوگرم)

So_4^{2-}	Cu	Zn	Mn	Fe	P
۲۵۱	۲/۱۲	۰/۶	۴/۱۶	۲/۶۲	۱۷/۲

جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات اصلی و متقابل سطوح رطوبت، گوگرد و مدت آنکوباسیون خاک بر تمام صفات اندازه گیری شده تفاوت معنی دار داشت (جدول ۲). نتایج اثرات اصلی سطوح رطوبت و گوگرد مصرفی بر میانگین صفات اندازه گیری شده در جدول ۳ و نتایج تیمارهای اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون بر میانگین صفات اندازه گیری شده در جدول ۴ آورده شده است. اثر مدت آنکوباسیون خاک و اثر متقابل تیمارهای (رطوبت و گوگرد) بر میانگین صفات pH، SO_4^{2-} محلول، فسفر، آهن،

روی و منگنز قابل جذب در شکل های ۱ تا ۱۲ آورده شده است که همگی تفاوت معنی دار نشان داد. نتایج تیمارهای اثر متقابل سطوح گوگرد و مدت اینکوبات بر صفات اندازه گیری شده در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر متغیرهای آزمایش بر صفات اندازه گیری شده

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (Mean of Square)						
	DF	pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}
رطوبت	۱	۰/۴۸**	۱۸۷۲۶۷**	**۵۹/۸۴	۹۳/۰۶**	۰/۱۰*	۱۰۲/۲۳**	۱۱۰۳۹۷۶۴**
گوگرد	۳	۱/۴۱**	۱۰۵۳۵۳۴**	۲۸/۹۵**	۱۱/۳۰**	*۱/۷۱*	۷۵/۷۲**	۲۰۱۲۳۵۶۳**
مدت خواباندن	۸- (۶)	۲/۳۲**	۳۷۳۱۶۰**	۲۸۷**	۶۱/۹۲**	۲۲/۲۹**	۹۳/۶۱**	۵۷۰۲۹۴۲**
رطوبت×گوگرد	۳	۰/۰۳۵**	۶۶۴۱۱**	۶/۲۵**	۷/۴۹**	۱/۳۲**	۳۰/۵۸**	۵۳۴۴۶۹**
رطوبت× مدت خواباندن	۸- (۶)	۰/۱۲۹**	۲۸۷۵۸۱**	۸/۰۹**	۹/۰۱**	۵/۲۹**	۶۴/۸۱**	۷۱۴۲۸۳**
گوگرد× مدت خواباندن	۲۴- (۱۸)	۰/۰۳**	۱۲۲۶۸**	۴/۱۵**	۷/۳۷**	۱/۱۱**	۳۱/۱۴**	۱۸۲۸۶۵**
رطوبت×گوگرد×مدت خواباندن	۲۴- (۱۸)	۰/۰۳**	۶۷۸۶**	۴/۲۱**	۶/۸۷**	۱/۶۱**	۱۱/۹۶**	۱۸۶۲۵۴**
خطا	۱۴۴- (۱۱۲)	۰/۰۰۳۵	۴۷۵۱	۰/۵۷	۰/۴۴	۰/۲۵	۱/۲۵	۷۷۴۲
ضریب تغییرات (CV)		۰/۷۱	۹/۹۶	۳/۷۴	۷/۶۰	۲۶/۰۸	۸/۵۸	۶/۲۴

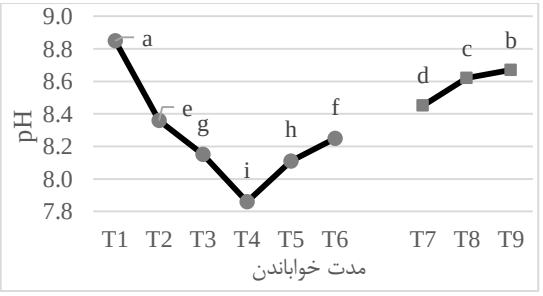
توجه: اعداد داخل پرانتز در ستون درجه آزادی، نشان دهنده درجه آزادی منابع تغییر برای صفات P، Fe، Zn ، Mn و SO_4^{2-} هستند.

*در هر ستون حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار مقادیر است.

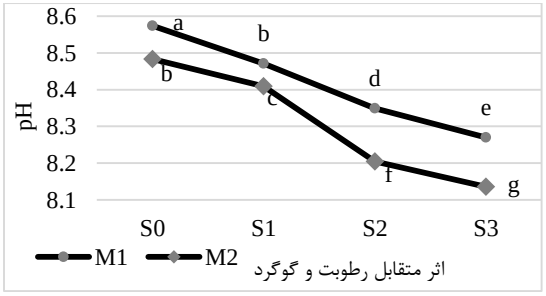
جدول۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر سطوح رطوبت و گوگرد

متغیر	صفت	pH	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}
				mg/kg			
M_1		۸/۴۱a	۱۹/۶۲b	۹/۵۱a	۱/۸۳b	۱۳/۸۰a	۱۱۵۵b
M_2		۸/۳۲b	۲۰/۸۱a	۸/۰۲b	۱/۹۸a	۱۲/۲۴b	۱۶۶۷a
S_0		۸/۵۵a	d۱۹/۲۷	a۹/۱۹	b۱/۸۱	c۱۱/۱۹	d۷۱۰
S_1		۸/۴۴b	c۱۹/۹۹	a۹/۲۳	b۱/۷۶	b۱۳/۳۱	c۱۰۵۵
S_2		۸/۲۸c	b۲۰/۳۲	b۸/۳۸	a۲/۲۰	b۱۳/۱۶	b۱۵۷۷
S_3		۸/۱۹d	a۲۱/۲۷	b۸/۲۵	b۱/۸۵	a۱۴/۴۱	a۲۳۰۱

اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر pH معنی دار است و با افزایش رطوبت و گوگرد pH کاهش پیدا کرد.



شکل ۱- رابطه مدت اینکوبات با pH

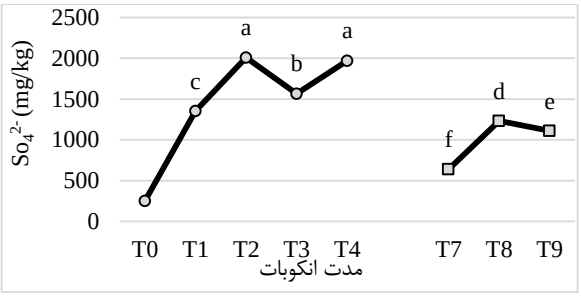


شکل ۲- اثر متقابل رطوبت و گوگرد با pH

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت اثر متقابل رطوبت و مدت اینکوبات خاک

SO_4^{2-}	Mn	Zn	Fe	P	EC	pH	صفت / تیمار
		mg/kg			(µS/cm)		
i۸٦٦	de۱۱/۸۹	e۱/۸٤	ef۷/۷۱	e۲۱/۵۰	j٤۳۳	a۸/۸۹	M_1T_1
e۱۵۱٦	def۱۱/۵۸	de۱/۹۳	ef۷/٤۹	d۲۲/۲۷	hi٤۹۰	f۸/۵۳	M_1T_2
gh۱۱۳۳	c۱۳/٦۳	c۲/۷۸	b۱۱/۲۲	bc۲۲/۸۸	de٦۱۸	e۸/٦۰	M_1T_3
d۱٦۵۲	d۱۲/۱٦	b۳/٤۱	a۱۲/۲۳	f۲۰/۷۳	hi٤۹۲	i۸/۱۸	M_1T_4
-	-	-	-	-	fg۵٦۱	g۸/۳۰	M_1T_5
-	-	-	-	-	d٦٤۹	g۸/۳۲	M_1T_6
k۵۳۳	b۱٤/۸٦	f۰/۷۵	d۸/۵۸	i۱۵/۷۲	hij٤۷۱	d۸/۷۳	M_1T_7
gh۱۱۱۸	a۱۸/۱۹	f۰/۹۹	b۱۱/۰۷	h۱۷/۳۸	ij٤۵۸	c۸/۷۸	M_1T_8
h۱۰٦۵	b۱٤/.۷۷	f۰/۹۹	d۸/۵۵	h۱٦/۸۰	ij٤۵۳	b۸/۸۳	M_1T_9
c۱۸۳۷	ef۱۱/۱۷	a۳/۹۱	e۷/۸۵	b۲۳/٤۳	ef۵۷۳	bc۸/۸۲	M_2T_1
a۲۳۰٦	g۹/۰۰	d۲/۲۸	g٦/۸۲	a۲٤/۵۳	c۷٦۱	h۸/۲۳	M_2T_2
b۲۰۰۲	def۱۱/٦۳	e۱/۸۵	c۱۰/۰۱	a۲٤/۹۱	b۸۵۵	j۸/۰٤	M_2T_3
a۲۲۹۰	c۱۳/۸۷	c۲/۹۱	c۱۰/۰۹	cd۲۲/۵۳	b۸۵۵	k۷/۸٦	M_2T_4
-	-	-	-	-	c۷٦٤	j۸/۰۱	M_2T_5
-	-	-	-	-	a۹۵٦	g۸/۳۱	M_2T_6
j۷۳۹	a۱۷/٤٦	f۰/.۸۱	fg۷/۱۸	j۱٤/۸۷	def۵۸٦	g۸/۳۱	M_2T_7
f۱۳٤۳	f۱۰/۸۷	f۱/۱۲	ef۷/٤٦	g۱۸/۵۱	d٦۳٤	e۸/٦۲	M_2T_8
g۱۱۵٤	def۱۱/٦٦	f۰/۹۹	g٦/۷۳	h۱٦/۸۹	gh۵۱۳	d۸/٦۹	M_2T_9
۷۱	۰/۹۰	۰/٤۰	۰/۵٤	۰/٦۱	۵۵/٤۳	۰/۰۵	LSD

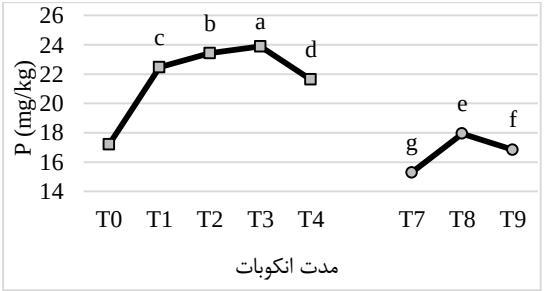
* حروف مشابه هر ستون نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار است. **توجه**: در دمای انکوبات ۲۵ درجه، داده های ۶ زمان برای پارامترهای pH و EC آورده شده است.



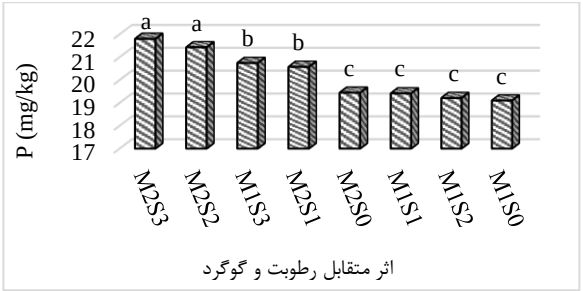
شکل ۳- رابطه مدت اینکوبات با سولفات محلول خاک



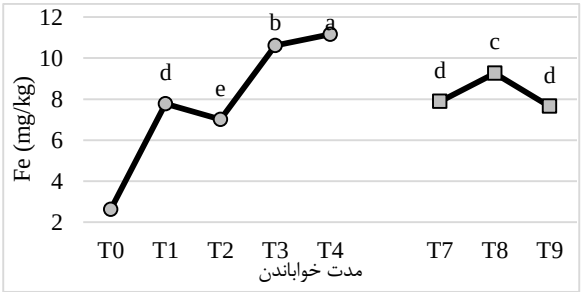
شکل ۴- اثر متقابل رطوبت و گوگرد با سولفات محلول



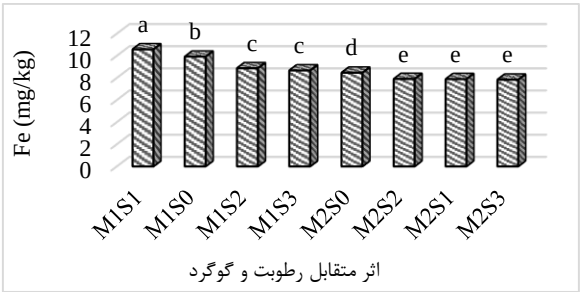
شکل ۵- رابطه مدت اینکوبات خاک با فسفر



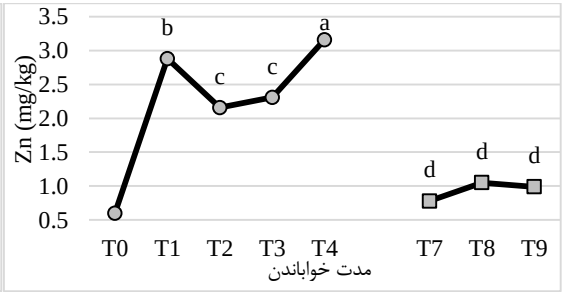
شکل ۶- اثر متقابل رطوبت و گوگرد با فسفر



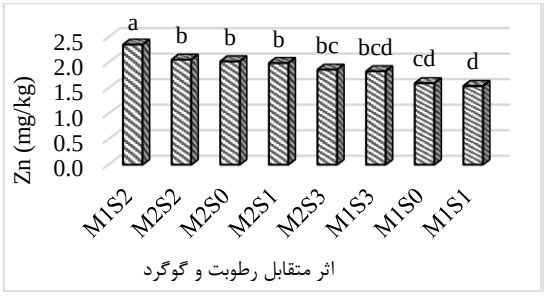
شکل ۷- رابطه مدت اینکوبات خاک با آهن قابل جذب



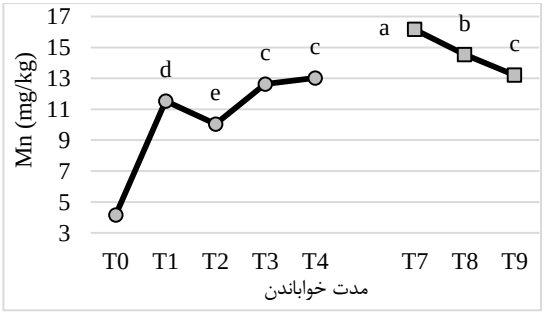
شکل ۸- اثر متقابل رطوبت و گوگرد با آهن قابل جذب



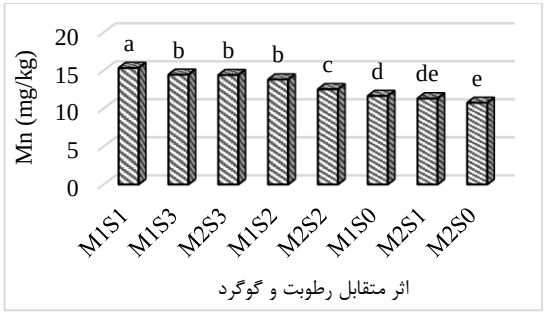
شکل ۹- رابطه مدت اینکوبات خاک با روی قابل جذب



شکل ۱۰- اثر متقابل رطوبت و گوگرد با روی قابل جذب



شکل ۱۱- رابطه مدت اینکوبات خاک با منگنز قابل جذب



شکل ۱۲- اثر متقابل رطوبت و گوگرد با منگنز قابل جذب

جدول ۵- اثر متقابل گوگرد و مدت اینکوبات خاک بر میانگین صفات اندازه گیری شده

		مدت خواباندن / سطوح گوگرد	T_1	T_2	T_3	T_4	T_7	T_8	T_9	LSD
	pH	S_0	a۸/۹۶	f۸/۵۵	ij۸/۴۲	mn۸/۱۱	e۸/۶۰	c۸/۸۱	b۸/۸۸	۰/۰۶۷
		S_1	ab۸/۹۳	de۸/۶۴	k۸/۲۶	o۷/۹۴	ghi۸/۴۸	de۸/۶۵	de۸/۶۶	
		S_2	c۸/۸۱	i۸/۱۹	o۷/۹۹	p۷/۷۵	i۸/۴۰	fg۸/۵۴	de۸/۶۳	
		S_3	d۸/۶۹	n۸/۰۶	o۷/۹۴	q۷/۶۳	k۸/۳۰	hi۸/۴۷	fgh۸/۵۱	
µS.cm	EC	S_0	St۴۳۲	qr۵۲۰	klmn۶۰۴	nopq۵۶۹	rS۴۷۰	۴۵۷St	t۴۰۶	۵۵/۴۳
		S_1	۴۷۰rS	۶۰۴klmn	۷۴۰gh	۷۱۵h	۵۵۹nopq	۵۷۷nop	۵۳۷opq	
		S_2	۵۸۷lmnop	۸۰۹ef	۹۳۰bc	۹۸۲ab	۶۳۱klm	۶۴۹ijk	۵۹۱lmno	
		S_3	۶۳۳kl	۸۵۳e	۹۸۵a	۹۱۱cd	۶۹۲hi	۷۷۷fg	۷۲۵gh	
mg.kg	P	S_0	gh۲۲/۲۷	gh۲۲/۲۴	efg۲۲/۵۹	j۲۰/۴۱	q۱۴/۴۰	i۱۷/۴۰	۱۵/۵۹op	۰/۸۶
		S_1	۲۲/۴۰fg	۲۳/۷۶bcd	۲۴/۰۶abc	۲۱/۰۲ij	۱۵/۵۲op	۱۶/۶۶lmn	۱۶/۵۴mn	
		S_2	۲۲/۶۷efg	۲۳/۱۴def	۲۴/۲۶abc	۲۳/۴۳cde	۱۵/۱۰pq	۱۷/۱۹lm	۱۶/۴۶mn	
		S_3	۲۲/۵۳fg	۲۴/۵۶ab	۲۴/۶۷a	۲۱/۶۷hi	۱۶/۱۶no	۲۰/۵۳j	۱۸/۷۷k	

Fe	S_0	f۷/۹٤	۷/۵٤fghi	۱۱/۱٤bc	۱۲/۰٤a	۷/۸۹f	۱۱/۰۹bc	jk٦/۷۰	۰/۷٦
	S_1	۷/۵٦fghi	٦/۸۳ijk	۹/۷۱e	۱۱/۰٤bc	۸/۰۲f	۱۰/۸۷bc	۱۰/۵۸cd	
	S_2	۷/۷۰fg	٦/۷۸jk	۱۱/۵۹ab	۱۰/۹۳bc	۷/٦۲fgh	۷/۷۸f	٦/۲۹k	
	S_3	۷/۹۳f	٦/۸۹hijk	۱۰/۰۱de	۱۰/٦۲cd	۷/۹۸f	۷/۳۲fghij	۷/۰۱ghijk	
Zn	S_0	۲/۷۸cde	۲/۱۸fgh	۱/۷۱hi	۳/۲۷bc	۰/۷٦i	۰/۹۹i	۰/۹۸i	۰/۵۷
	S_1	۲/٦٦def	۱/۹٤gh	۱/۷۷h	۳/۲۲bcd	۰/۷٤i	۱/۰۱i	۱/۰۰i	
	S_2	۲/۹۷bcd	۲/۱٤fgh	۳/۹۸a	۳/٤۱b	۰/۷۸i	۱/۱۷i	۰/۹۸i	
	S_3	۳/۱۰bcd	۲/۳٦efg	۱/۷۹h	۲/۷۵cde	۰/۸۵i	۱/۰۵i	۱/۰۲i	
Mn	S_0	۹/۵٤k	۹/۷٤k	۱۰/٦٦ijk	۱۱/٦٤fghi	۱۲/۰۸fg	۱۳/۹۵d	۱۰/٦۹hijk	۱/۲۸
	S_1	۱۱/۰۵ghij	۱۰/۰۸jk	۱۲/۳٦ef	۱۱/۹۰fghi	۱۳/٤٤d	۱۷/۰۲b	۱۷/۳۷b	
	S_2	۱۲/۱۳efg	۱۰/۰۹jk	۱۵/۵۰c	۱۲/۲۳efg	۱٦/۸٤b	۱۳/۳۷de	۱۱/۹٦fgh	
	S_3	۱۳/٤۰de	۱۰/۲۷jk	۱۲fg	۱٦/۳۱bc	۲۲/۲۹a	۱۳/۷۹d	۱۲/۸۳def	
SO_4^{2-}	S_0	۵۱۲n	۱۲٦1i	٦۳٦m	۱۱٦۰j	۲۷۷p	٦۸۰lm	٤٤٦no	۱۰۰/٦
	S_1	۱۰٦۵j	۱٦۳۰f	۱۱۵٦j	۱٦۰۲f	۳۵۸op	۸۲٤k	۷۵۲kl	
	S_2	۱٤۸۵g	۲۰۸٤d	۱۸٤۱e	۲۰۹۱d	۷۵۲kl	۱٤۱۸gh	۱۳٦۹h	
	S_3	۲۳٤۵c	۳۰٦٦a	۲٦۳۷b	۳۰۳۲a	۱۱۵۵j	۲۰۰۰d	۱۸۷۰e	

* حروف مشابه برای هر صفت نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار است.

با افزایش رطوبت، pH کاهش ولی سولفات ، P و Zn خاک افزایش داشت. اکسایش گوگرد در رطوبت نزدیک به FC به سرعت افزایش یافته و ماکزیمم است (جانزن و بتانی، ۱۹۸۷b). درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسایش گوگرد بودند که با نتایج جانزن و بتانی(۱۹۸۷b) مطابقت دارد و احتمالا دلیل این امر بیشتر بودن فعالیت باکتری‌ها و سرعت واکنش‌های شیمیایی در دمای ۳۶°C نسبت به ۲۵°C است. مصرف گوگرد باعث کاهش pH و افزایش Mn، Fe، Zn، P و SO_4^{2-} شده است. اکسایش گوگرد باعث کاهش pH خاک و افزایش فسفر و دیگر عناصر غذایی کم مصرف می شود(بشارتی، ۱۳۷۷). افزایش مصرف گوگرد تا ۲۰۰۰kg/ha، بیشترین غلظت سولفات محلول و کمترین pH را داشت. کمترین میزان pH و بیشترین مقدار قابل جذب عناصر Mn، Fe، Zn و SO_4^{2-} پس از مدت ۱۲۰روز خواباندن حاصل شد.

فهرست منابع

بشارتی، ح.۱۳۷۷. مطالعه اثر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس بر روی افزایش برداشت بعضی عناصر غذایی. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک. ۱۷۶ صفحه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

Aulakh M.S., Jaggi R.C. and Sharma R. 2002. Mineralization-immobilization of soil organic Sulfur and oxidation of elemental Sulfur in subtropical soils under flooded and nonflooded conditions. Biology and Fertility of Soils, 35:197–203.

Blaney L.M. and Cinar S. 2007. Hybrid anion exchanger for trace phosphate removal from water and wastewater. Water Research, 41(7): 1603-1613.

Deng, S. and Dick ,R.P. (1990). Sulfur oxidation and rhodanese activity in soils. Soil Science. 150:552-560.

Jaggi R.C., Aulakh M.S. and Sharma.R. 1999. Temperature effects on soil organic sulphur mineralization and elemental sulphur oxidation in subtropical soils of varying pH. Nutrtion Cycling Agroecosyst, 54: 175 - 182.

Jaggi R. C. Aulakh M.S. and Sharma R. 2005. Impacts of elemental S applied under various temperature and moisture regimes on pH and available P in acidic, neutral and alkaline soils. Biology and Fertility of Soils, 41: 52–58.

Janzen H. H. and Bettany J. R. 1987b. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Science, 144: 81–89.

Li p. and Caldwell A.C. 1966.The oxidation of elemental sulphur in soil.soil Science Society of American Proceeding, 30: 370-372.

Nor, Y.M. and Tabatabai, M.A. 1977. Oxidation of elemental sulfur in soils. Soil Science Society of American Journal, 41: 736-741.

Shedley, C. D. (1982) Ph.D. Thesis. Australia, Armidale, N.S.W.

Watkinson, J.H .and Blair, G.J .(1993). Modeling the oxidation of elemental sulfur in soils. Fertlizer Research, 35: 115–126.

The effect of humidity and heat on the chemical behavior of sulfur and the amount of nutrients absorbed in calcareous soil

Kavehzadeh N[1], , Montajabi M.[2]
[1] Msc. soil and water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
[2] Assistant Prof., Animal Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Abstract

Research porpose was investigation of effect of moisture, temperature and incubation periods on Sulfur oxidation. In the first experiment 2 moisture levels [%60FC(M_1) and %90FC(M_2)], 4 Sulfur levels (S_0=0, S_1=500, S_2=1000 and S_3=2000kg/ha) and 6 incubation periods (T_1=30, T_2=60, T_3=90, T_4=120, T_5=180 and T_6=270 days) were treated and Soils were incubated at 25°C. Second experiment was like to first one but Soils were incubated for 3 incubation periods (T_7=14, T_8=28, T_9=42 days) at 36°C. At every incubation period were sampled from each vial soil. PH, available P, Fe, zn, Mn and solution So_4^{2-} were measured in each sample. All main and interaction effects of variables were significant on all measured characteristics. Moisture increasing caused So_4^{2-}, P, and Zn increasing and decreasing of pH, Fe and Mn. Sulfur application decreased pH and caused to increase others. Most available Fe and Zn accrued with 500 and 1000kg/ha sulfur application and others with 2000 kg/ha. Least pH and maximum of Fe, Zn, Mn and So_4^{2-} gained on T_4 but available Phosphorous on 90 days incubation period. M_2S_3 had minimum pH and maximum EC, P and So_4^{2-}. The most Mn and So_4^{2-} and the least pH accrued with M_2T_4. M_2T_3 had maximum P. S_3T_4 had minimum pH and maximum Mn and So_4^{2-} and S_3T_3 and S_2T_3 had the most available P and Zn respectively.

Key words: Sulfur, pH, Sulfate, Phosphorous, elements.

پاسخ ارقام گندم دیم به کاربرد سولفات پتاسیم

رامین لطفی*[1]، امین عباسی[2]، هادی خرسندی[1]

[1]موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

[2]گروه تولیدات و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

*Email: r.lotfi1988@gmail.com

چکیده

پتاسیم به عنوان عنصر کلیدی در شرایط تنش های محیطی، نقشی اساسی در رشد و نمو گیاهان دارد. جذب این عنصر در شرایط کمبود آب خاک کاهش می‌یابد. برای ارزیابی تاثیر سولفات پتاسیم (شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در ارقام مختلف گندم دیم (باران، هما و هشترود) در شرایط دیم سردسیر بصورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال‌های ۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷ انجام شد. با کاربرد سولفات پتاسیم تجمع عنصر پتاسیم در همه ارقام مورد بررسی به صورت معنی‌داری افزایش یافت، بیشترین میزان تجمع این عنصر در رقم هشترود ثبت گردید. با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم کارایی فتوسنتزی برگ افزایش معنی‌داری را نشان دادند. به عنوان نتیجه نهایی می‌توان چنین اظهار نمود که علی‌رغم حد کفایت عنصر پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه، تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب افزایش میزان تجمع عنصر پتاسیم برگ و به دنبال آن بهبود فتوسنتز و نهایتا افزایش عملکرد دانه گردید.

کلمات کلیدی: گندم دیم، پتاسیم، مقاومت به خشکی، تجمع عناصر

مقدمه

ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. تنش کمبود آب بر جذب عناصر غذایی موثر بوده و رشد و عملکرد کمی و کیفی را نیز متاثر می‌سازد. از مهمترین پارامترهای فیزیولوژیکی مرتبط با تنش خشکی می‌توان به فتوسنتز اشاره کرد. تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصولات است.

پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاهان مطرح بوده و جزو عناصر ضروری به شمار می‌آید. پتاسیم در ایجاد فشار آماس و باز و بسته شدن روزنه ها، تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده و تعادل آبی در گیاهان موثر است (Daneshian *et al.* 2002). هیکل و مودایش (۱۹۹۰) در مطالعه ای روی گندم و جو بیان نمودند که با کاهش دسترسی به آب در گیاه، عمل فتوسنتز نقصان یافته و در نهایت از میزان محصول به نحو چشمگیری کاسته می‌شود، با این وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند از کاهش عملکرد جلوگیری نماید، زیرا پتاسیم کافی (۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) در گیاه سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آب در گیاه و افزایش ساخت ترکیبات آلی می شود. تحت شرایط تنش خشکی، ژن‌های مربوط به فعالیت کانال‌های آبی تنظیم می‌شود (Lian *et al.* 2004) و به گیاهان کمک می‌کند تا پتانسیل آبی را در خود حفظ کنند (Tyerman *et al.* 2002). کانای و همکاران (۲۰۱۱) ارتباط بین فعالیت کانال‌های آبی و کانال‌های انتقال پتاسیم را نشان دادند. پتاسیم به عنوان برجسته ترین عنصر معدنی، نقش کلیدی در تنظیم روابط آبی درگیاه دارد و مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر تجمع آن و عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط دیم سردسیر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مصرف سولفات پتاسیم روی واکنش‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه سه رقم گندم دیم، آزمایشی طی سال‌های زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۷-۹۸ بصورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط زارعین دیمکار شهرستان هشترود-آذربایجان شرقی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح سولفات پتاسیم (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه رقم گندم (باران، هما و هشترود) بود. ارقام گندم دیم از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و سولفات پتاسیم از شرکت قیزل توپراق سهند-مراغه تهیه شدند. ویژگی‌های

فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده بعد از نمونه برداری از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری تعیین گردید (جدول ۱). همچنین وضعیت هواشناسی سال‌های زراعی ۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷ در جدول شماره‌ی ۲ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	نیتروژن کل	مواد آلی	درصد آهک	پتاسیم	فسفر	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی * 10^{3}
شنی لومی	۲۶	۳۶	۳۸	۳,۵	۰,۶۶	۶,۲۵	۳۶۳,۴	۱۷	۷,۳۶	۰,۶۹

جدول ۲- آمار هواشناسی سال زراعی۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷ سایت اجرای آزمایش

ماه	بارندگی mm		متوسط دما °C		تعداد روز یخبندان		رطوبت نسبی ٪		تبخیرmm	
	۹۶-۹۷	**۹۸-۹۷**	**۹۶-۹۷**	**۹۸-۹۷**	**۹۶-۹۷**	**۹۷-۹۸**	**۹۶-۹۷**	**۹۸-۹۷**	**۹۶-۹۷**	۹۷-۹۸
مهر	۰,۲	۹,۷	۱۱,۴	۱۳,۷۶	۴	۰	۴۳	۵۲,۷	۱۸۶,۵	۱۷۵,۳
آبان	۳۶,۴	۴۷	۸,۵	۵,۵۷	۹	۷	۵۷,۶	۷۳,۶	۸۴,۹	۵۸,۳
آذر	۴۷,۵	۹۱,۴	-۰,۸۳	۲,۳	۲۶	۱۶	۶۸,۱	۸۳,۵	۰	۰
دی	۲۸,۷	۴۰,۸	۱,۴	-۲,۵	۲۱	۲۸	۶۷,۵	۷۸,۴	۰	۰
بهمن	۸۵,۲	۸۶,۴	-۰,۹۸	-۱,۲	۲۵	۲۵	۷۰,۹	۷۷,۷	۰	۰
اسفند	۷۹,۹	۵۵,۶	۴,۳	۰,۲۷	۱۳	۲۳	۷۱	۷۵,۵	۰	۰
فروردین	۵۴,۸	۱۱۶,۱	۸,۶	۵,۲۲	۳	۵	۵۷,۴	۷۱,۳	۰	۰
اردیبهشت	۶۷,۴	۴۳,۴	۱۰,۵	۹,۹	۱	۷	۶۷,۴	۵۹,۱	۱۴۷,۷	۱۰۱,۳
خرداد	۲۳,۱	۴,۲	۱۶,۷	۱۸,۱۴	۰	۰	۵۰,۷	۴۰,۷	۲۳۲,۵	۲۹۰,۸
تیر	۰	۰	۲۴,۶۲	۲۲,۵۲	۰	۰	۲۵	۳۰,۸۴	۱۷,۳۵	۳۷۵,۵

کاشت با استفاده از کارنده کشت مستقیم (آسکه-۲۲۰۰) در نیمه دوم مهر ماه هر دو سال در تناوب نخود انجام شد. ابعاد هر کرت‌های آزمایشی در هر دو سال ۴۴ متر مربع (۲/۲ ×۲۰ متر)، ۱۳ ردیف کشت با فاصله خطوط ۱۷ سانتی‌متر و تراکم ۳۸۰ ثانه در متر مربع در نظر گرفته شد. کود سولفات پتاسیم مخلوط با کود نیتروژن و فسفر به شکل جایگذاری در زیر بستر بذر انجام شد. به طور مداوم کود در مخزن کودی دستگاه مخلوط می‌شد تا با اطمینان کافی تیمارها اعمال گردند. کود نیتروژن و فسفر به ترتیب به میزان ۸۷ و ۳۲ کیلوگرم در هکتار از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل مطابق توصیه فنی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم در نظر گرفته شد. بعد از سبز شدن گیاهان، کنترل علف‌های هرز با استفاده از علف کش‌های گرانستار و تاپیک انجام شد.

کارایی فتوسنتزی گیاهان با استفاده از دستگاه فلوریمتر (Handy-PEA) انجام گرفت. قبل از اندازه گیری این پارامترها با استفاده از کلیپس-های مخصوص برگ گیاهان به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و سپس به طور مستقیم این صفات قرائت گردید. در مرحله اوایل شیری دانه دو بوته از هر کرت برداشت گردیده و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشکانیده شد. سپس نیم گرم نمونه برگی برداشته شد و در کوره الکتریکی در دمای ۵۶۰ درجه سانتی گراد خاکستر گردید. روی هر نمونه ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه شد. سپس غلظت پتاسیم در این محلول ها توسط دستگاه فلیم فتومتر اندازه گیری شد. به هنگام رسیدن محصول، از هر کرت آزمایشی پنج نمونه تصادفی به اندازه ۱ متر مربعی برداشته شد و عملکرد دانه تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل توسط نرم افزار Genstat انجام شد و مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار Mstat-C صورت گرفت.

نتایج

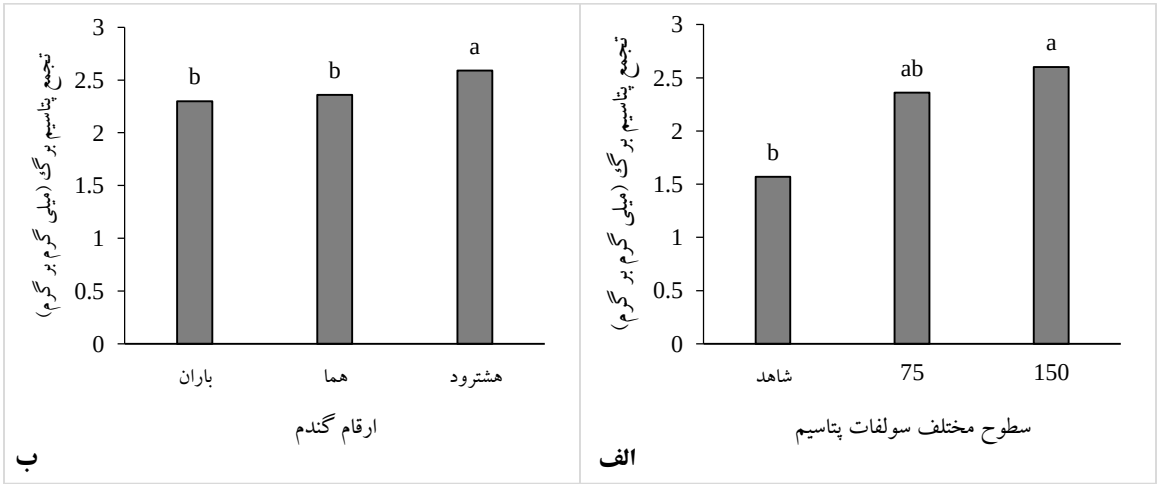
جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش فاکتوریل نشان داد که اثر پتاسیم بر کارایی فتوسنتزی برگ گیاهان معنی دار بود. اثر ساده پتاسیم و رقم روی تجمع پتاسیم در دانه گیاهان اثر معنی داری داشت. اثرات اصلی سال در سطح احتمال ۱ درصد، پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد و رقم در سطح احتمال ۱ درصد روی عملکرد دانه معنی دار بود. اثر متقابل دو جانبه سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد روی عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه مرکب تجمع پتاسیم در برگ و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم دیم با کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	تجمع پتاسیم در برگ	کارایی فتوسنتزی برگ	عملکرد دانه
سال	۱	۰,۰۰۹	۰,۶۵ns	۰,۱۴۶**
تکرار (سال)	۴	۰,۴۱۷ns	۱۹,۹۷**	۰,۰۰۱*
پتاسیم	۲	۰,۴۶۵**	۳۲,۵۲**	۰,۰۰۵*
رقم	۲	۰,۴۱۴**	۰,۸۴ns	۰,۰۰۳**
پتاسیم × رقم	۴	۰,۰۱۴ns	۰,۲۴ns	۰,۰۰۰۳ns
سال × پتاسیم	۲	۰,۰۱۶ns	۰,۳۶ns	۰,۰۰۰۶ns
سال × رقم	۲	۰,۰۴۰ns	۰,۳۳ns	۰,۰۰۲**
سال × پتاسیم × رقم	۴	۰,۰۱۱ns	۰,۵۰ns	۰,۰۰۰۵ns
خطا	۳۲	۰,۰۲۲	۱,۱۱	۰,۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۶,۱۶	۲۱,۰۱	۸,۶۵

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان تجمع پتاسیم در برگ ارقام مورد مطالعه با افزایش سطح کاربرد آن بیشتر شد. بطوریکه، میزان آن با کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در مقایسه با شاهد به ترتیب ۵۰ و ۶۵ درصد افزایش یافت (شکل ۱ الف). در مقایسه ارقام بیشترین تجمع پتاسیم مربوط به رقم هشترود بود و اختلاف آماری معنی داری (سطح احتمال ۱ درصد) بین ارقام هما و باران از این نظر وجود نداشت (شکل ۱ ب).



شکل ۱: مقایسه میانگین میزان تجمع پتاسیم تحت سطوح مختلف کاربرد آن (الف) در برگ ارقام گندم (ب)

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($p\leq0.05$)

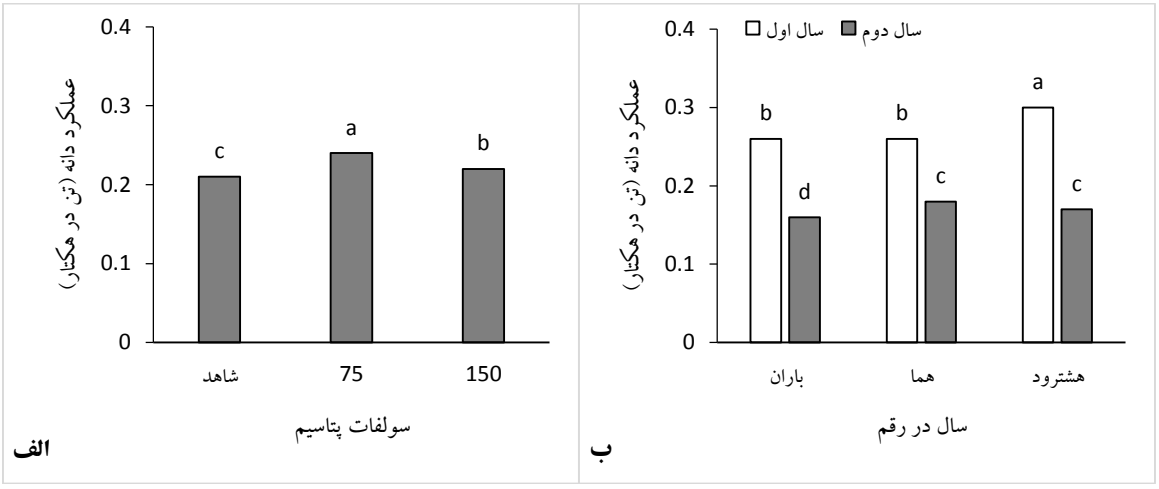
کارایی فتوسنتزی برگ در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم نسبت به سایر شرایط بطور معنی داری بیشتر بودند. بین شرایط عدم کاربرد کود و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری اختلاف معنی داری از جهت این صفات دیده نشد (جدول ۵).

جدول ۵: کارایی فتوسنتزی گیاه و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II گندم در سطوح مختلف سولفات پتاسیم

سطوح سولفات پتاسیم	کارایی فتوسنتزی برگ
شاهد	3.58 b
75	6.25 a
150	5.22 ab

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq0.05$) است

مقایسه میانگین عملکرد دانه برای تیمار کاربرد سولفات پتاسیم مشخص کرد که عملکرد دانه در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد بیشتر بود (شکل ۶الف). عملکرد دانه ارقام مختلف در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم آزمایش به طور معنی داری در سطح احتمال درصد بیشتر بود. رقم هشترود در سال اول آزمایش در مقایسه با ارقام باران و هما حدود ۱۵ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید کرد. در سال اول بین ارقام باران و هما و در سال دوم بین ارقام هما و هشترود اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت (شکل ۶ب).



شکل ۶: مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب)

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq0.05$) می‌باشد

بحث:

پتاسیم دارای نقشی اساسی و مهم در رشد گیاهان است که جذب آن در شرایط کمبود آب خاک کاهش می‌یابد. در این پژوهش کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم منجر به افزایش تجمع این عنصر در برگ گیاهان شد (شکل ۱) و به دنبال آن صفات فیزیولوژیکی مربوط به فتوسنتز به ویژه در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در در مقایسه با عدم کاربرد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار آن بهبود یافت و عملکرد دانه بیشتر شد.

در تنش خشکی ابتدا هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد، سپس محتوای آب نسبی و فتوسنتز شروع به افت می‌کند. با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه کارایی کلی فتوسنتزی گیاهان نیز نسبت به عدم کاربرد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر گردید. تنش خشکی با ممانعت از سنتز کلروفیل باعث کاهش مقدار پروتئین‌های متصل به رنگدانه‌های مربوط به فتوسیستمII در حالت روشنایی می‌شود. حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستمII تبدیل نور جذبی به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد و پارامتر معتبری برای نشان دادن اختلال ناشی از تنش در مراکز فتوشیمیایی و بازدارندگی نوری می‌باشد. در زمان تنش کم آبی کاهش فتوسنتز مستلزم کاهش در سرعت مصرف NADPH و ATP برای تثبیت CO_2 است (Lotfi *et al.* 2015). در شرایط تنش خشکی مصرف پتاسیم باعث بهبود فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و افزایش محتوای کلروفیل شده و در نتیجه فرایند فتوسنتزی و دوام سطح برگ بیشتر می شود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. پتاسیم با تنظیم حرکات روزنه ای نقش موثری در فتوسنتز برگ در شرایط تنش دارد این در حالی است که هیچ سلول اپیدرمی به غیر از سلول محافظ روزنه قادر به انجام فتوسنتز نیست. همچنین پتاسیم اثر شدت نور را متعادل کرده و غلظت کلروفیل و عملکرد کربن گیری را بیشتر کرده و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و کارایی فتوسنتزی را بیشتر می‌کند.

منابع

Daneshian, J., Majidi Hrvan, A., Jonoubi, P. (2002). The effect of drought stress and different amounts of potassium on quantitative and qualitative characteristics of soybean. Journal Agriculture Science 8: 108-95.

Heakal, L., Modaish, K. (1990). Combined effects of leaching fraction salinity and potassium content of water on growth and WUE of wheat and barley. *Plant and Soil* 125, 177-184.

Kanai, S., Moghaieb, R.E., El-Shemy, H.A., Panigrahi, R., Mohapatra, P.K., Ito, J., Nguyen, N.T., Saneoka, H., Fujita, K. (2011). Potassium deficiency affects water status and photosynthetic rate of the vegetative sink in green house tomato prior to its effects on source activity. *Plant Sci*. 180, 368–374.

Lian, H.L., Yu, X., Ye, Q., Ding, X.S., Kitagawa, Y., Kwak, S.S., Su, W.A., Tang, Z.C. (2004). The role of aquaporin RWC3 in drought avoidance in rice. *Plant Cell Physiol*. 45, 481–489.

Lotfi, R., Pessarakli M., Gharavi P., Khoshvaghti H. (2015). Physiological responses of Brassica napus to fulvic acid under water stress: chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity. *The Crop Journal* 3, 434-439.

Tyerman, S.D., Niemietz, C.M., Bramley, H. (2002). Plant aquaporins: Multifunctional water and solute channels with expanding roles. *Plant Cell Environ*. 25, 173–194.

Dryland wheat genotypes response to application of potassium sulfate

Ramin Lotfi[1], Amin Abbasi[2], Hadi Khorsadi[1]

[1]Dryland Agricultural Research Institute, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Maragheh, Iran

[2]Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

Abstract

Potassium as a key element in environmental stress conditions, had fundamental role in plants growth and development. Under water deficit stress conditions, absorption of this element decreases. For this purpose, to evaluate dryland wheat (Baran, Homa, Hashtrood) response to different levels of potassium sulfate (control, 75 and 150 kg/ha), a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with 3 replications was conducted during 2017-18 and 2018-19 growing sessions. Accumulation of potassium (K) increased in varieties by application of potassium sulfate so that, maximum K content was recorded in Hashtrood than other varieties. Photosynthesis efficiency of studied varieties by application of 75 kg/ha potassium sulfate was higher than other treatments and as a result, grain yield was improved. Based on the results, application of the 75 kg/ha potassium sulfate by improving plant tolerance to the water stress, could increase grain yields under dryland areas.

Keywords: Dryland wheat, K fertilizer, drought tolerant, nutrient accumulation

اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر صفات فیزیولوژیکی گندم دیم در سیستم کشاورزی حفاظتی

رامین لطفی، هادی خرسندی، امین عباسی

موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

گروه تولیدات و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

Email: r.lotfi1988@gmail.com

چکیده

جذب پتاسیم در شرایط کمبود آب خاک کاهش می‌یابد و در عین حال این عنصر نقش بسیار مهمی در مقاومت به تنش در گیاهان دارد. این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر سولفات پتاسیم (شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر تغییرات فیزیولوژیکی ارقام مختلف گندم (باران، هما و هشترود) در شرایط دیم سردسیر بصورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال‌های ۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷ انجام شدنتایج نشان داد محتوای رطوبت نسبی، میزان کلروفیل و شاخص نرمال شده سبزینگی رقم هشترود از ارقام دیگر مورد بررسی بیشتر بود. از طرفی، با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم محتوای رطوبت نسبی و شاخص کلروفیل برگ افزایش معنی‌داری را نشان دادند. علی‌رغم حد کفایت عنصر پتاسیم در خاک اراضی دیم شما غرب کشور، تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب بهبود برخی صفات صفات فیزیولوژیکی و نهایتا افزایش عملکرد دانه در متر مربع گردید.

کلمات کلیدی: گندم دیم، کود پتاسیم، مقاومت به خشکی، فتوسنتز

مقدمه

تنش کمبود آب بر جذب عناصر غذایی موثر بوده و رشد و عملکرد کمی و کیفی را نیز متاثر می‌سازد. ارزیابی عملکرد دانه‌ی گیاهان زراعی تحت شرایط بروز تنش خشکی همواره به عنوان مهمترین شاخص در برنامه‌های اصلاحی استفاده می‌گردد اما برای شناسایی ارقام مقاوم از صفات مختلف فیزیولوژیکی به عنوان شاخص گزینشی مناسب استفاده می‌گردد. محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با مقاومت به خشکی دارد (۱). پایداری کلروفیل به عنوان معیاری برای ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام تلقی می شود (۲).

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصولات است. پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاهان مطرح بوده و جزو عناصر ضروری به شمار می‌آید. پتاسیم در ایجاد فشار آماس و باز و بسته شدن روزنه ها، تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده و تعادل آبی در گیاهان موثر است. پتاسیم به عنوان برجسته ترین عنصر معدنی، نقش کلیدی در تنظیم روابط آبی درگیاه دارد و مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر تغییرات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام گندم تحت سیستم کشتورزی حفاظتی در شرایط دیم سردسیر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مصرف سولفات پتاسیم روی واکنش‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه سه رقم گندم دیم، آزمایشی طی سال‌های زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۷-۹۸ بصورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط زارعین دیمکار شهرستان هشترود-آذربایجان شرقی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح سولفات پتاسیم (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه رقم گندم (باران، هما و هشترود) بود.

کاشت با استفاده از کارنده کشت مستقیم (آسکه-۲۲۰۰) در نیمه دوم مهر ماه هر دو سال در تناوب نخود انجام شد. ابعاد هر کرت‌های آزمایشی در هر دو سال ۴۴ متر مربع (۲/۲ ×۲۰ متر)، ۱۳ ردیف کشت با فاصله خطوط ۱۷ سانتی-متر و تراکم ۳۸۰ ثانه در متر مربع در نظر گرفته شد. همزمان با کاشت کود سولفات پتاسیم مخلوط با کود نیتروژن و فسفر به شکل جایگذاری در زیر بستر بذر انجام شد. به طور مداوم کود در مخزن کودی دستگاه مخلوط می‌شد تا با اطمینان کافی تیمارها اعمال گردند. کود نیتروژن و فسفر به ترتیب به میزان ۸۷ و ۳۲ کیلوگرم در هکتار از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل استفاده شد. صفات فیزیولوژیکی در هر دو سال آزمایش به شرح زیر اندازه گیری شدند:

صفات شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلروفیل سنج (SPAD) و شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی با استفاده از گرینسیکر در مرحله اوایل شیری دانه (مرحله ۷۱ مقایس زادوکس) اندازه گیری شد. محتوای نسبی آب برگ توسط فرمول شماره ۱ تعیین گردید.

فرمول شماره ۱: محتوای رطوبت نسبی (درصد) = (وزن خشک - وزن تر) / (وزن خشک - وزن اشباع) × ۱۰۰

به هنگام رسیدن محصول، از هر کرت آزمایشی پنج نمونه تصادفی به اندازه ۱ متر مربعی برداشته شد و عملکرد و اجزای عملکرد دانه تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل توسط نرم افزار Genstat انجام شد و مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار Mstat-C صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش فاکتوریل نشان داد که اثر سال و اثر متقابل سال × پتاسیم بر روی شاخص کلروفیل برگ، شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی و محتوای رطوبت نسبی برگ معنی دار بود (جدول ۳). اثر پتاسیم بر شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی معنی دار بود (جدول ۳). تنها شاخص کلروفیل برگ، شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی و محتوای رطوبت نسبی برگ تحت تاثیر رقم و اثر متقابل سال × رقم قرار گرفتند. اثر متقابل دو جانبه پتاسیم × رقم و سه جانبه سال × پتاسیم × رقم روی شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی معنی دار بود (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه مرکب تجمع پتاسیم در برگ و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم دیم با کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم

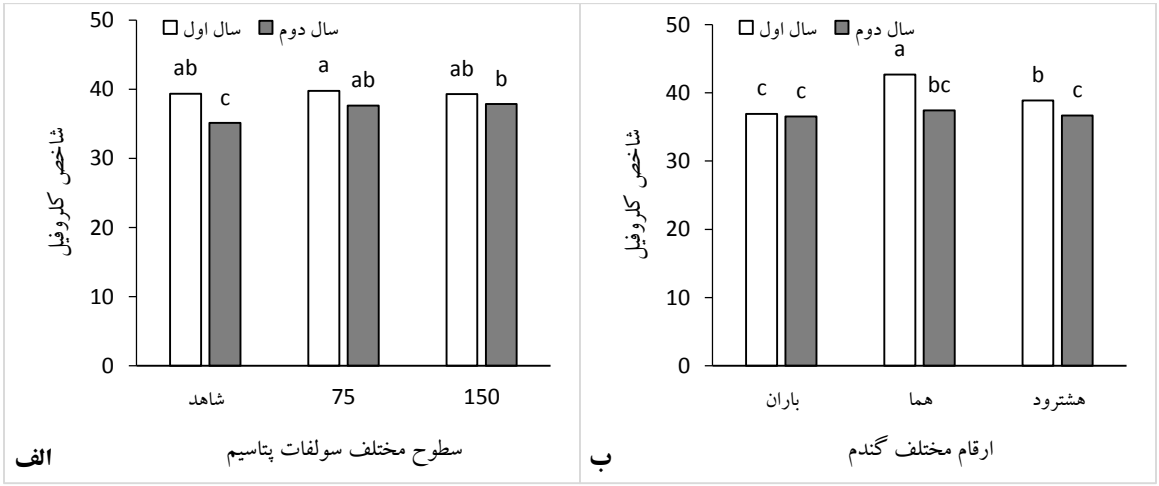
منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی	محتوای رطوبت نسبی برگ
سال	۱	۹۱,۳۶ **	۱۲۰,۰۰**	**۷۰۲,۶۵ **
تکرار (سال)	۴	۷,۴۴ns	۲۱,۴۷*	**۹,۰۹ns**
پتاسیم	۲	۷,۳۱ns	۹۵,۹۴**	**۲۰,۹۷ns**

رقم	۲	۵۱,۸۴ **	۶۱,۰۶**	**۶۰,۸۴ ***
پتاسیم × رقم	۴	۴,۷۹ns	۴۴,۰۷**	**۷,۱۲ns**
سال × پتاسیم	۲	۱۴,۲۴ *	۱۲۴,۳۹**	**۲۵۷,۰۸ **
سال × رقم	۲	۲۷,۱۷**	۲۶,۱۱*	**۶۵,۲۳ ***
سال × پتاسیم × رقم	۴	۵,۵۲ns	۴۳,۸۷**	**۸,۲۶ns**
خطا	۳۲	۳,۵۷	۸,۷۴	**۱۴,۵۵**
ضریب تغییرات (درصد)		۴,۹۸	۵,۹۶	**۵,۳۲**

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سال × سولفات پتاسیم شاخص کلروفیل برگ در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم بطورمعنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بیشتر بود (شکل ۲ الف). در هر دو سال آزمایش، حداکثر شاخص کلروفیل در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم ثبت شد. با این وجود، در سال اول بین سطح مختلف کاربرد سولفات پتاسیم با شاهد اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت، ولی در سال دوم شاخص کلروفیل بین سطوح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری مشابه بود و به طور معنی داری ($p\leq0.05$) بیشتر از عدم کاربرد آن بود (شکل ۲ الف).

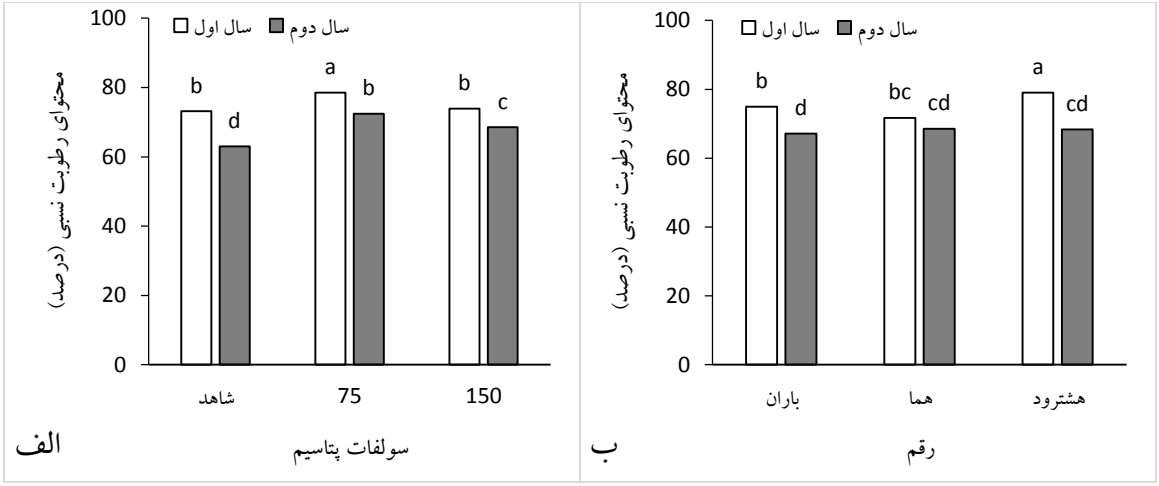
مقایسه میانگین اثر متقابل سال × رقم نشان داد که از نظر آماری ($p\leq0.01$) شاخص کلروفیل برگ رقم باران در هر دو سال مشابه بود، ولی ارقام هما و هشترود در سال اول نسبت به سال دوم بطور معنی داری به ترتیب حدود ۱۳ و ۶ درصد شاخص کلروفیل برگ بیشتری داشتند (شکل ۲ب). حداکثر شاخص کلروفیل از رقم هما در سال اول آزمایش به ثبت رسید (شکل ۲ب).



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب) بر تغییرات شاخص کلروفیل برگ

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq0.05$) می‌باشد

بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل سال × سولفات پتاسیم و سال × رقم، محتوای رطوبت نسبی برگ در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم به ترتیب در سطح آماری ۱ و ۵ درصد بیشتر بود (شکل ۳). بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ در هر دو سال آزمایش، مربوط به سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود (شکل ۳ الف). بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل سال در رقم، محتوای رطوبت نسبی برگ رقم هشترود در مقایسه با ارقام باران و هما به ترتیب حدود ۵ و ۱۰ درصد بطور معنی داری در سال اول آزمایش بیشتر بود و ارقام باران و هما از این نظر اختلاف آماری معنی داری نداشتند (شکل ۳ب). در سال دوم آزمایش، بین ارقام از نظر محتوای رطوبت نسبی برگ اختلاف آماری معنی داری ($p\leq0.05$) وجود نداشت (شکل ۳ب).



شکل ۳: مقایسه میانگین محتوای رطوبت نسبی برگ تحت اثر متقابل سال در سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب)

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq0.05$) می‌باشد

مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه سال × سولفات پتاسیم × رقم روی شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی نشان داد که در سال اول آزمایش این شاخص با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در باران به طور معنی داری افزایش یافت در حالیکه رقم هما در شرایط عدم کاربرد کود پتاسه و هشترود در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار از این نظر در سال اول آزمایش از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد برتر بودند (جدول ۴). در سال دوم آزمایش تمامی ارقام با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در مقایسه با سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی مطلوبتری داشتند. بین سطح شاهد و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه برای تمامی ارقام اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود نداشت (جدول ۴). عباسی مقدم و

همکاران (۳) نشان دادند که بیشترین میزان کلروفیل و رطوبت نسبی برگ نخود با کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در شرایط دیم تولید می‌شود.

جدول ۴: میانگین شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی و تبادلات گازی روزنه ارقام گندم در طی دو سال آزمایش تحت کاربرد سولفات پتاسیم

سال	سولفات پتاسیم	رقم	شاخص نرمال شده سبزینگی کانوپی
اول	شاهد	باران	46.1 d
		هما	60.5 a
		هشترود	54.0 b
	75	باران	45.3 d
		هما	53.1 b
		هشترود	54.8 b
	150	باران	51.8 bc
		هما	47.3 cd
		هشترود	46.6 cd
دوم	شاهد	باران	44.6 d
		هما	45.3 d
		هشترود	45.0 d
	75	باران	52.0 bc
		هما	54.0 b
		هشترود	53.0 b
	150	باران	46.0 d
		هما	47.6 cd
		هشترود	45.3 cd

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq0.05$) است

تجزیه مرکب داده‌های عملکرد دانه نشان داد اثرات اصلی سال در سطح احتمال ۱ درصد، پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد و رقم در سطح احتمال ۱ درصد روی عملکرد دانه معنی دار بود. اثر متقابل دو جانبه سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد روی عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۶).

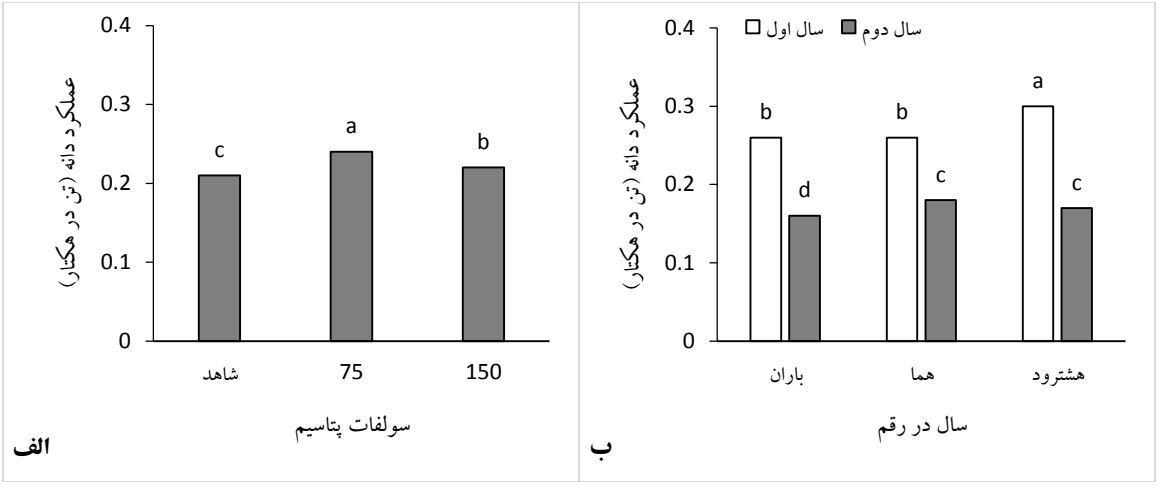
جدول ۶: تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم با کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه در متر مربع
سال	۱	۰,۱۴۶**
تکرار (سال)	۴	۰,۰۰۱*
پتاسیم	۲	۰,۰۰۵*
رقم	۲	۰,۰۰۳**
پتاسیم × رقم	۴	۰,۰۰۰۳ns

سال × پتاسیم	۲	۰,۰۰۰۶ns
سال × رقم	۲	۰,۰۰۲**
سال × پتاسیم × رقم	۴	۰,۰۰۰۵ns
خطا	۳۲	۰,۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۸,۶۵

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

مقایسه میانگین عملکرد دانه برای تیمار کاربرد سولفات پتاسیم مشخص کرد که عملکرد دانه در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد بیشتر بود (شکل ۶الف). عملکرد دانه ارقام مختلف در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم آزمایش به طور معنی داری در سطح احتمال درصد بیشتر بود. رقم هشترود در سال اول آزمایش در مقایسه با ارقام باران و هما حدود ۱۵ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید کرد. در سال اول بین ارقام باران و هما و در سال دوم بین ارقام هما و هشترود اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت (شکل ۶ب). کاربرد پتاسیم با بهبود فتوسنتز جاری و بازگسیل مواد پرورده عملکرد دانه را در شرایط دیم بهبود می‌بخشد.



شکل ۶: مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب)

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq0.05$) می‌باشد

منابع

۳- عباسی مقدم امین، عبادی علی، شهبازی حسین. ۱۳۹۳. اثر پتاسیم و روی بر عملکرد اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم. مجله بوم شناسی گیاهان زراعی ۱۰: ۲۵-۱۱.

1- Colom MR and Vazzana C. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. Environmental and Experimental Botany. 49: 135-144.

2- Lotfi, R., Pessarakli M., Gharavi P., Khoshvaghti H. 2015. Physiological responses of Brassica napus to fulvic acid under water stress: chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity. The Crop Journal 3: 434-439.

The Effects of Potassium Sulfate on Physiological Traits of Dryland Wheat under Conservation Agriculture System

Abstract

Under water deficit stress conditions, absorption of potassium decreases. For this purpose, to evaluate changes in physiological parameters and grain yield of dryland wheat (Baran, Homa, Hashtrood) with application of different levels of potassium sulfate (control, 75 and 150 kg/ha), a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with 3 replications was conducted during 2017-18 and 2018-19 growing sessions. Relative water content, chlorophyll content and NDVI of Hashtrood was more than others. Relative water content and chlorophyll content index of all varieties was increased by application of 75 kg/ha potassium sulfate. Based on the results, application of the 75 kg/ha potassium sulfate by improving plant tolerance to the water stress, could increase grain yields under dryland areas.

Keywords: Dryland wheat, K fertilizer, drought tolerant, photosynthesis

بررسی اثر منابع مختلف پتاسیم ومقادیر مختلف سولفات آهن بر عملکرد دو رقم گوجه فرنگی

حمیدرضا ذبیحی[1]، منصوره پیش بین[2]

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران zabihi_hamidreza@yahoo.com

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

چکیده

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات طرق مشهد اجرا گردید. فاکتور اول، دو رقم گوجه فرنگی(موبیل و پتوارلی) ، فاکتور دوم، سولفات آهن(۰،۷۵،۱۵۰)کیلوگرم در هکتار و فاکتور سوم (۱۰۰٪سولفات پتاسیم،۱۰۰٪کلرید پتاسیم و۵۰٪ کلرید پتاسیم +۵۰٪ سولفات پتاسیم) بود. نتایج نشان داد که اثر خالص سولفات آهن و منابع پتاسیم بر عملکرد معنی دار نبود اما اثر خالص رقم در سطح ۱ در صد معنی دار بود. اثر متقابل سولفات آهن و منابع پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی دار بود و بیشترین عملکرد از تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و مصرف توام سولفات و کلرور پتاسیم به میزان ۸۴/۷۲ تن در هکتار بدست آمد ، اثر منابع پتاسیم ورقم در سطح ۱ درصد معنی دار بود و بیشترین عملکرد از رقم پتو ارلی و مصرف توام سولفات و کلرور پتاسیم به میزان ۸۳ تن در هکتار بدست آمد. اثرمتقابل رقم و منابع پتاسیم و سولفات آهن در سطح ۱ درصد معنی دار بود و بیشترین عملکرد از رقم پتوارلی و ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار سولفات آهن ومصرف توام سولفات پتاسیم وکلرور پتاسیم با عملکرد ۸۶/۰۴ تن در هکتار بدست آمد .اثر تیمارها بر خصوصیات کیفی میوه معنی دار نبود.

واژه های کلیدی: آهن ، پتاسیم، تغذیه ، گوجه فرنگی

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاه است که وظایف زیادی در فیزیولوژی گیاه بر عهده دارد. مطالعات زیادی در باره اثر منابع مختلف پتاسیم بر عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است .بایبوردی و ملکوتی (۱۳۷۹) ضمن انجام آزمایشاتی اثر سطوح ومنابع مختلف پتاسیم بر سه گیاه پیاز، پنبه و گوجه فرنگی را بررسی نمودند.آنها اعلام داشتند که کلرید پتاسیم در مقایسه با سولفات پتاسیم درهر سه گیاه باعث افزایش معنی دار عملکرد شده است این افزایش درعملکرد در مورد گوجه فرنگی با افزایش در ویتامین ث همراه بوده است

Persaud و همکاران (۱۹۷۶) افزایش خطی را در تو لید گوجه فرنگی از مقادیر ۱۱۲ تا ۳۳۶ کیلو گرم در هکتار پتاسیم گزارش نمودند.در کانادا نیز مصرف پتاسیم در مقادیر ۰-۵۰۰ کیلو گرم در هکتار در خاک لوم سیلتی باعث افزایش خطی در محصول شد .میزان پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیوم در این خاک ۶۵ میلی گرم بر کیلو گرم بود .اگر چه در خاک لوم شنی با میزان پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیوم ۴۶ تا ۶۲ میلی گرم بر کیلو گرم عکس العملی از مصرف پتاسیم بدست نیامد.چاپاگین و همکاران (۲۰۰۳) اثر منابع مختلف پتاسیم را بر روی رشد ، عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که مصرف کلرورپتاسیم میزان نیترات میوه را کاهش و میزان آهن میوه را بطور معنی داری افزایش داد ضمن آنکه استفاده از کلرور پتاسیم در گیاه مسمومیت کلر ایجاد نکرد. وزن خشک میوه ،مواد جامد محلول، گلوکز، اسیدیته قابل تیتر و پ هاش آب میوه تحت تاثیر منبع پتاسیم قرار نگرفتند.در تیمارهای استفاده از کلرور پتاسیم کیفیت خوراکی میوه بهبود یافت در حالیکه تعداد میوه های پوسیده بطور معنی داری کاهش یافت .آنها اعلام نمودند که کلرور پتاسیم می تواند با

توجه به کیفیت آب آبیاری تا حد زیادی جایگزین نیترات پتاسیم گردد.Locascio و Hochmuth (۱۹۹۷)گزارش نمودند که مصرف پتاسیم از ۰ تا ۵۰۰ کیلو گرم در هکتار،عملکرد گوجه فرنگی را افزایش داد آنها اعلام نمودندکه منابع مختلف پتاسیم اثر معنی داری بر عملکرد گوجه فرنگی نداشت .آنها همچنین گزارش کردند که در مناطقی که املاح محلول خاک زیاد می باشد باید از نیترات پتاسیم و یا سولفات پتاسیم بعنوان منبع پتاسیم استفاده شود. DickوShattuck آزمایشی در سال ۱۹۸۶ در دو منطقه گنس ویل و کوئینسی انجام دادند نتایج نشان داد که هردو سولفات پتاسیم وکلرور پتاسیم اثر مشابهی بر عملکردو بازار پسندی میوه گوجه فرنگی داشتند . در سال ۱۹۹۰ و۱۹۹۱ بررسیها نشان داد که مصرف پتاسیم عملکرد را افزایش داد اما بین دو منبع پتاسیم از نظر اثر بر عملکرد اختلاف معنی داری وجود نداشت.در مطالعه دیگری که در برادن تون در دوخاک با میزان پتاسیم کم و خیلی کم انجام شد، مشخص گردید که مصرف پتاسیم عملکرد را به میزان معنی داری افزایش داد.اثر منبع پتاسیم بر عملکرد گوجه فرنگی در یکی از دو محل معنی دار بود .

Setphan و Grun (۱۹۸۹) ضمن بررسی اثر مقادیر مختلف آهن بر فیزیولوژی و عملکرد گوجه فرنگی در یافتند که با کاهش میزان آهن در محیط کشت ، نوک ریشه ها و ناحیه تارهای کشنده ضخیم شده و با کاهش جذب آهن ، جذب دیگر عناصر سنگین توسط گیاه افزایش یافت. در تحقیق دیگری Macur و همکاران(۱۹۹۱)با بررسی رابطه بین کمبود آهن و پژمردگی ورتیسیلیومی گوجه فرنگی دریافتند که کمبود آهن حساسیت گیاه نسبت به بیماری پژمردگی گیاهچه را افزایش می دهد.Mohamed و همکاران (۱۹۸۷)نیز اثر آهن وازت را بررشد و میزان کلروفیل گوجه فرنگی و گندم مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که عکس العمل مقدار کلروفیل نسبت به عرضه ازت تا حد زیادی به سطح آهن در گیاه بستگی دارد. اثرات متقابل مقادیر آهن وازت بر میزان امینواسیدکل گیاهان موثر بود آهن بر جابجایی پرولین از ریشه به برگها نیز اثر معنی داری داشت.

پژوهش حاضر با اهداف

الف- بررسی اثر مقادیر مختلف آهن بر عملکرد گوجه فرنگی

ب- مقایسه اثر منابع مختلف پتاسیم (سولفات پتاسیم وکلرور پتاسیم)بر عملکرد گوجه فرنگی انجام گردید.

مواد و روشها

به منظور بررسی اثر منابع مختلف پتاسیم ومقادیر مختلف سولفات آهن بر عملکرد دو رقم گوجه فرنگی ، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد اجرا گردید. تیمارهاشامل فاکتور اول دو رقم گوجه فرنگی موبیل و پتوارلی و فاکتور دوم سه سطح سولفات آهن(۰،۷۵،۱۵۰)کیلوگرم در هکتار و فاکتور سوم شامل منابع پتاسیم(سولفات پتاسیم،کلرید پتاسیم و۵۰٪ کلرید پتاسیم +۵۰٪ سولفات پتاسیم بودند.قبل از آماده سازی زمین از خاک نمونه مرکب از عمق ۰-۳۰ سانتی متری تهیه و برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک وآب ارسال گردیدبر اساس نتایج حاصل .(جدول ۱).کودهای مورد نیاز به شرح زیر به مصرف رسید. فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتاردر سال اول مصرف شد ودر سال دوم بدلیل بالا بودن میزان فسفر خاک از کود فسفره استفاده نشد . ازت از منبع اوره به میزان ۴۵۰ کیلو گرم در هکتار در هر دو سال وپتاسیم از منابع تیماری به میزان ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار پتاسیم خالص استفاده شد.سولفات آهن بر اساس تیمارهای طرح به مصرف رسید. کودهای سوپر فسفات تریپل ،سولفات آهن ،سولفات پتاسیم همراه با یک سوم اوره و یک سوم کلرور پتاسیم همزمان با کشت به مصرف رسید ،بقیه اوره و کلرور پتاسیم در دو نوبت به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت.در اوایل اردیبهشت نشاءها از خزانه به زمین اصلی منتقل گردیدند. ابعاد کرتهای آزمایشی ۵×۷ متر انتخاب شد در هر کرت ۴ خط به طول ۷ متر و فاصله ردیف۱۲۰ سانتیمتر ایجاد و نشاء ها با فاصله ۴۰ سانتیمتر برروی پشته کشت گردیدند.در طول دوره مراقبت های لازم در کلیه کرت ها بطور یکنواخت انجام گرفت.در هرچین،برداشت از دو خط وسط با حذف یک متر از ابتدا و انتهای ردیفها صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل بطور مرکب نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت .این نتایج نشان داد که اثر سال ،رقم ،پتاسیم در رقم، آهن در پتاسیم و رقم در آهن در پتاسیم در سطح ۱٪ بر عملکرد معنی دار بود اما اثر خالص تیمارهای آهن و منابع پتاسیم بر عملکرد معنی دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین دوسالانه نتایج بدست آمده نشان داد که اثر خالص تیمار رقم بر عملکرد در سطح ۱ درصد معنی دار بود و بیشترین عملکرد از تیمار رقم پتو ارلی به میزان ۷۹/۵۶ تن در هکتار گوجه فرنگی بدست آمد که حدود ۱۶ تن بیشتر از عملکرد رقم موبیل بود. بررسی اثر منابع مختلف پتاسیم بر عملکرد گوجه فرنگی نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار کاربرد کلرور پتاسیم بعنوان منبع کود پتاسه و به میزان ۷۹ تن در هکتار میوه گوجه فرنگی بدست آمد

جدول ۱- آنالیز واریانس مرکب (دو ساله)

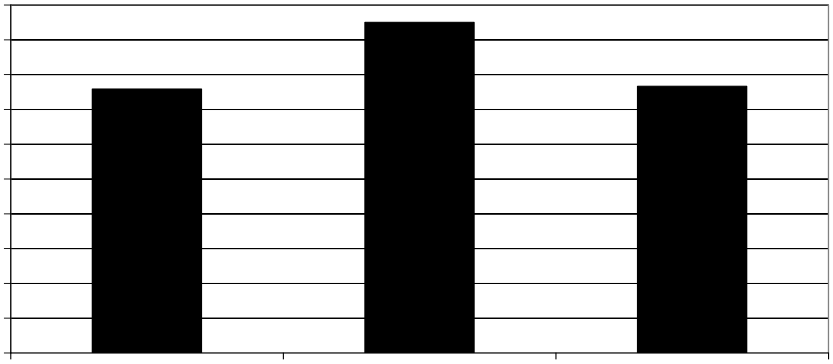
منابع تغییرات	df	MS			
		عملکرد	pH	Brix	Titrable Acid
سال	۱	۴۱۶۰/۶۱**	۳/۱۷۲ns	۱۱/۷۶۸ ns	۲۲/۱۴۱ ns
خطا	۲	۳۶/۷۸	۰/۰۲۲	۰/۰۶۳	۰/۷۲۵
رقم	۱	۱۰۱۲/۹۶**	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۱۹ ns	۰/۱۴۸ ns
سال × رقم	۱	۷۵۴/۰۷۴**	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۱۲ ns	۰/۰۰۶ ns
تیمار سولفات آهن	۲	۴۳/۵۹ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۱۶ ns	۰/۶۲۲ ns
سال × سولفات آهن	۲	۱۷/۸۰۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۹۵ ns	۰/۰۷۱ ns
رقم × سولفات آهن	۲	۱۱۴/۴۰۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۲۵۱ ns	۰/۰۹۱ ns
سال × رقم × سولفات آهن	۲	۹۰/۶۵۸ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۴۷ ns	۰/۰۸۶ ns
تیمار منبع پتاسیم	۲	۱۶۸/۶۷۶*	۰/۰۱۲ ns	۰/۱۴۱ ns	۰/۰۴۵ ns
سال × منبع پتاسیم	۲	۴۸/۲۹۸ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۳۴۰ ns	۰/۶۰۶ ns
رقم × منبع پتاسیم	۲	۵۹۰/۷۱۱**	۰/۰۰۳ ns	۰/۶۰۶ ns	۰/۰۶۸ ns
سال × رقم × منبع پتاسیم	۲	۲۱۰/۴۵ ns	۰/۰۲۱ ns	۰/۶۷۰ ns	۰/۲۵۶ ns
سولفات آهن × منبع پتاسیم	۴	۴۷۹/۴۸۷**	۰/۰۰۴ ns	۰/۲۳۱ ns	۰/۱۰۵ ns
سال × سولفات آهن × منبع پتاسیم	۴	۱۱۲/۲۷۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۳۴۵ ns	۰/۰۹۹ ns
رقم × سولفات آهن × منبع پتاسیم	۴	۲۵۷/۹۶۱**	۰/۰۱۱ ns	۰/۲۷۴ ns	۰/۲۹۹ ns
سال × رقم × سولفات آهن × منبع پتاسیم	۴	۴۲۵/۸۴۵**	۰/۰۰۳ ns	۰/۳۱۰ ns	۰/۶۱۸ ns
خطا	۷۰	۶۵/۸۴۹	۰/۰۰۸	۰/۱۱۳	۰/۴۶۹
CV%		۱۰/۶۱	۲/۰۲۵	۱۰/۲۶	۱۸/۴۳

*–معنی دار در سطح ۵ درصد**– معنی دار در سطح ۱ درصدNs– عدم معنی داری

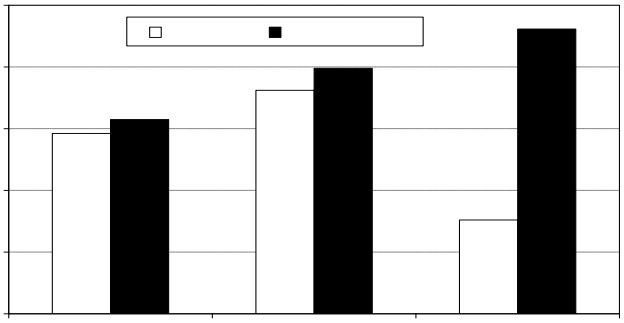
اختلاف عملکرد در این تیمار وتیمار سولفات پتاسیم در سطح ۵ درصد معنی دار بود اما با تیمار مصرف هردو منبع سولفات پتاسیم و کلرور پتاسیم اختلاف معنی دار نبود(شکل شماره ۱).

اثر متقابل تیمارهای رقم و منابع پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی دار بود و بیشترین عملکرد از تیمار رقم پتو ارلی سی اچ و مصرف توام سولفات و کلرور پتاسیم به میزان ۸۳ تن در هکتار میوه گوجه فرنگی بدست آمد، بین این تیمار و تیمار های رقم پتوارلی و استفاده از کلرورپتاسیم ، و تیمار رقم موبیل و استفاده از کود کلرور پتاسیم اختلاف معنی داری وجود نداشت(شکل شماره ۲).

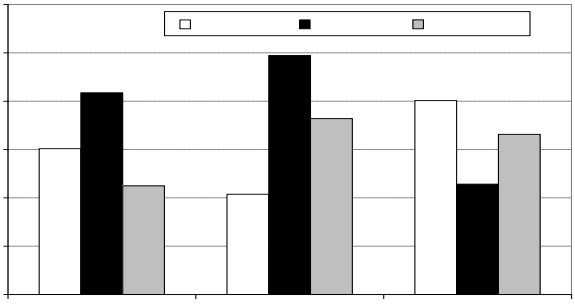
اثر متقابل تیمارهای آهن و منابع پتاسیم بر عملکرد میوه گوجه فرنگی در سطح ۱ درصد معنی دار بود،و بیشترین عملکرد از تیمار مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و تیمار استفاده از هر دو منبع پتاسیم به میزان ۸۴/۷۲ تن در هکتار میوه گوجه فرنگی بدست آمد(شکل شماره۳).



شکل ۱- اثر منابع پتاسیم بر عملکرد گوجه فرنگی



شکل۲- اثر تیمارهای رقم ومنابع پتاسیم بر عملکرد گوجه فرنگی



شکل ۳- اثر تیمارهای مقادیر مختلف سولفات آهن و منابع مختلف پتاسیم بر عملکرد گوجه فرنگی

درصد بر عملکرد معنی دار بود و بیشترین عملکرد از تیمار رقم پتوارلی سی اچ ومصرف ۱۵۰ کیلو گـرم در هکتـار سولفات آهن ومصرف توام سولفات پتاسیم وکلرور پتاسیم با عملکـرد ۸۶/۰۴ تـن در هکتـار میـوه گوجـه فرنگـی بدست آمد

جدول۲- اثر متقابل مقادیر سولفات آهن، منابع پتاسیم و رقم بر عملکرد گوجه‌فرنگی(تن در هکتار)ادغام نتایج دوساله

تیمار	عملکرد (تن در هکتار)
موبیل+عدم مصرف سولفات آهن+سولفات پتاسیم	۷۳/۷۳^{cdefg}
موبیل+عدم مصرف سولفات آهن+کلرور پتاسیم	۸٤/٤۲^{ab}
موبیل+عدم مصرف سولفات آهن+۵۰٪کلرور پتاسیم+۵۰٪سولفات پتاسیم	۵۹/۸٤^{h}
موبیل+۷۵ kg/ha سولفات آهن+سولفات پتاسیم	٦۸/۵۳^{efgh}
موبیل+۷۵ kg/ha سولفات آهن+کلرورپتاسیم	۸۵/۰۳^{ab}
موبیل+۷۵ kg/ha سولفات آهن+۵۰٪کلرور پتاسیم+۵۰٪سولفات پتاسیم	۷۵/۸^{bcdef}
موبیل+۱۵۰ kg/ha سولفات آهن+سولفات پتاسیم	۸۱/۵۳^{abcd}
موبیل+۱۵۰ kg/ha سولفات آهن+کلرور پتاسیم	٦٤/۸٤^{gh}
موبیل+۱۵۰ kg/ha سولفات آهن+۵۰٪کلرور پتاسیم+۵۰٪سولفات پتاسیم	٦۷/۱۸^{fgh}

پتوارلی+عدم مصرف سولفات آهن+سولفات پتاسیم	۷٦/٤۲^{bcdef}
پتوارلی+عدم مصرف سولفات آهن+کلرور پتاسیم	۷۷/۲۹^{abcde}
پتوارلی+عدم مصرف سولفات آهن+۵۰٪کلرور پتاسیم+۵۰٪سولفات پتاسیم	۸۲/٦٤^{abc}
پتوارلی+۷۵ kg/ha سولفات آهن+سولفات پتاسیم	۷۲/۱۸^{def}
پتوارلی+۷۵ kg/ha سولفات آهن+کلرورپتاسیم	۸٤/٤۱^{ab}
پتوارلی+۷۵ kg/ha سولفات آهن+۵۰٪کلرور پتاسیم+۵۰٪سولفات پتاسیم	۸۰/۵۳^{abcd}
پتوارلی+۱۵۰ kg/ha سولفات آهن+سولفات پتاسیم	۷۸/۵۹^{abcd}
پتوارلی+۱۵۰ kg/ha سولفات آهن+کلرور پتاسیم	۷۷/۹٦^{abcd}
پتوارلی+۱۵۰ kg/ha سولفات آهن+۵۰٪کلرور پتاسیم+۵۰٪سولفات پتاسیم	۸٦/۰٤^{a}

آزمون دانکن در سطح ۱٪

تیمارهای که دارای حروف مشابه می باشند با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که بین ارقام موبیل و پتوارلی سی اچ از نظر عملکرد اختلاف معنی داری وجود داشت بطوری که رقم پتوارلی سی اچ در هر دو سال آزمایش عملکرد بیشتری تولید نمود و در مجموع نیز عملکرد دو واریته بایکدیگر حدود ۱۶ تن اختلاف داشت که از نظر آماری نیز در سطح ۱ درصد معنی دار بود ،کارایی بهتر جذب آهن و وجود سیستم ریشه ای پراکنده تر شاید از دلایل برتری این رقم باشند. کلرور پتاسیم در این آزمایش بیشترین عملکرد را تولید نمود بطوری که بین میزان عملکرد حاصل از تیمار سولفات پتاسیم و کلرور پتاسیم اختلاف معنی دار ی وجود داشت ، اگرچه تیمار مصرف توام کلرور پتاسیم وسولفات پتاسیم نیز توانست عملکرد را نسبت به تیمار سولفات پتاسیم افزایش دهد که این امر خود مؤید اثر مثبت آنیون کلر بعنوان انیون همراه برای پتاسیم می باشد که با یافته های بعضی از محققین منطبق بوده و با یافته های دیگر تباین دارد.پتاسیم یکی از عناصری است که امکان تثبیت آن در خاک وجود دارد بنا براین مصرف سرک این عنصر به شکل کلرور پتاسیم ممکن است یکی از دلائل افزایش کارایی مصرف و در نتیجه افزایش عملکرد باشد ، از سوی دیگر آنیون کلر می تواند بر روند جذب کاتیون های مورد نیاز گیاه موثر بوده باشد و از این طریق نیز بر عملکرد تاثیر بگذارد.وجود یون سولفات در کود سولفات پتاسیم نیز دارای اهمیت است چه گوگرد عنصری است که گیاهان به آن نیاز دارند اما به نظر میرسد که این نیاز برای گوجه فرنگی چندان بحرانی نبوده است و شاید استفاده از سولفات آهن توانسته است این نیاز را تا حدی برآورده نماید.

اثر تیمار آهن در هیچ یک از سالهای آزمایش بر عملکردگوجه فرنگی معنی دار نبود، به نظر می رسد که سولفات آهن منبع مناسبی برای رفع نیاز گیاه در شرایط خاکهای موردآزمایش نباشد ،تحقیقات دیگر نیز حاکی از آن است که مصرف خاکی سولفات آهن در رفع کمبود آهن در گیاهان مختلف در خاکهای آهکی با واکنش بالا ،چندان کارایی ندارد ،با این همه پاسخ ارقام مختلف به مصرف سولفات آهن متفاوت بوده است وبه نظر می رسد که رقم پتو ارلی سی اچ کارایی بیشتری در جذب آهن نسبت به رقم موبیل داشته است .این توانایی می تواند به سیستم ریشه ای گیاه یا توانایی تولید سیدروفور در این رقم مربوط باشد.

منابع مورد استفاده

۱-بای بوردی،ا و م.ج.ملکوتی. ۱۳۷۹. اثر بخشی منابع و مقادیر فراتر از حد بحرانی کودهای پتاسیمی در بهبود عملکرد پایز، گوجه‌فرنگی و پنبه در آذربایجان شرقی. شورای عالی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی. معاونت ترویج کشاورزی.

۲-غنی‌شایسته،ف. ، ح.تابیه‌زاده، و م.ح.ملکوتی. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر منابع و مقادیر مختلف پتاسیم بر روی جذب پتاسیم و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند. مجموع مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. رشت.
۳-ملکوتی،م.ج.۱۳۷۸. چالشی برای جایگزینی کلریدپتاسیم با سولفات پتاسیم در خاکهای غیرشور کشور نشریه فنی شماره ۷۲. انتشارات شورای عالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی. وزارت کشاورزی.
۴-منتنظری،ع. و ن.علیزاده. ۱۳۷۸. مقایسه اثرات مصرف دو نوع کود پتاسه در عملکرد آفتابگردان و تغییرات کلر در خاک و گیاه، چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران. مشهد.

5-Dick, J. and V.Shattuck. 1987. Influence of potassium fertilization on blotchy ripening in processing tomatoes. Can. J. Plant Sci. 67:359-363.
6-Locascio, S.J.L., and G.J.Hochmuth. 1997. Potassium source and rate for polyethylene – mulched tomatoes. Hort Science 32(7) 1204 – 1207.
7-Locascio, S.J.M.Myers.and J.G.A.Fiskell.1982.Nitrogen application timing and source for drip irrigated tomatoes, p323-328 . In :A.Scaife (ed). Proc.9th Intl.Plant Nutr.Colloq.,Warwick Univ.,England
8-Macur.R.E.,D.E.Mahtre.,and R.A.Olsen.1991.Interactions between Iron nutrition and verticilum with resistance in tomato. plant & soil 134:281-286.
9-Mohamed.A.A.,I.H.El.Sokkary.,andT.C.Allow.1987.Growth chlorophyll,mineral amino acid composition of tomato and wheat plants in relation to nitrogen and iron nutrition. Plant Nutr. 10: 713-731.
10-PerSaud,N.,S.J.Locascio,andC.M.Geraldson.1976. Effect of rate and Placement of nitrogen and potassium on yield of mulched tomato using different irrigation methods. Proc. Fla. State trort.Soc. 89:135-138.

Investigation of the effect of different sources of potassium and different amounts of ferrous sulfate on the yield of two tomato cultivars

Hamidreza Zabihi[1], Mansoureh Pishbin[2]
1- Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Mashhad,Iran. zabihi_hamidreza@yahoo.com
2- Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Mashhad,Iran.

Abstract

A factorial experiment was conducted in a randomized complete block design at the Mashhad Torogh Research Station. The first factor was two tomato cultivars (Mobile and Petuarli), the second factor was iron sulfate (0,75,150) kg / ha and the third factor was (100% potassium sulfate, 100% potassium chloride and 50% potassium chloride + 50% potassium sulfate. The results showed that the net effect of ferrous sulfate and potassium sources on yield was not significant but the net effect of cultivar was significant at 1% level. The interaction effect of iron sulfate and potassium sources was significant at the level of 1% and the highest yield was obtained from the treatment of 75 kg / ha of ferrous sulfate and the combined application of sulfate and potassium chloride at the rate of 84.72 tons / ha. The effect of potassium sources and cultivar was significant at the level of 1% and the highest yield was obtained from Peto Early cultivar and combined application of sulfate and potassium chloride at the rate of 83 tons per hectare. The interaction effect of cultivars and sources of potassium and ferrous sulfate was significant at the level of 1% and the highest yield was obtained from Peto Early cultivar and 150 kg / ha of ferrous sulfate and co-consumption of potassium sulfate and potassium chloride with a yield of 86.04 tons per hectare. The effect of treatments on tomato fruit quality characteristics was not significant.

Key Words:Iron, Nutrition, Potash, Tomato

اثر مدیریت مصرف نیتروژن و پتاسیم در خاک ورزی های مختلف بر عملکرد گندم دیم

مجید فروهر[1]، پیمان کشاورز[2]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
m.forouhar@yahoo.com

۲- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

چکیده:

به منظور بررسی اثر سرک پتاسیم همراه با مصرف پایه وتقسیطی اوره در خاک ورزی های مختلف بر عملکرد گندم دیم، دو آزمایش جداگانه در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی مجموعاً با ۱۰ تیمار در سه تکرار در منطقه امامقلی قوچان انجام شد. در مجموع تیمارها عبارت بودند از: ۱- خاک ورزی مرسوم+ اوره پایه (شاهد)، ۲- کم خاک ورزی + اوره پایه، ۳- کم خاک ورزی+ اوره تقسیطی، ۴- بدون خاک ورزی+ اوره پایه، ۵- بدون خاک ورزی+ اوره تقسیطی، ۶- خاک ورزی مرسوم+ اوره پایه+ سرک کلرور پتاسیم ، ۷- کم خاک ورزی + اوره پایه+ سرک کلرور پتاسیم، ۸- کم خاک ورزی + اوره تقسیطی+ سرک کلرور پتاسیم، ۹- بدون خاک ورزی+ اوره پایه+ سرک کلرور پتاسیم، ۱۰- بدون خاک ورزی+ اوره تقسیطی+ سرک کلرور پتاسیم. با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی در شرایط دیم قوچان می‌توانند سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به سیستم خاک ورزی مرسوم شوند. همچنین تغییر مدیریت مصرف اوره از مصرف پایه به مصرف تقسیطی در این سیستم‌ها می‌تواند افزایش بیشتری را در عملکرد دانه نسبت به سیستم خاک‌ورزی مرسوم و مصرف پایه اوره ایجاد نماید. مصرف تکمیلی سرک کلرور پتاسیم می‌تواند این اثر افزایشی را تشدید کند.

واژگان کلیدی: بدون خاک ورزی، دیم، کم خاک ورزی، مصرف پایه اوره، مصرف تقسیطی اوره

مقدمه:

در اراضی دیم واقع در مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل پایین بودن میزان مواد آلی خاک، فرایندهای طبیعی معدنی شدن نیتروژن آلی، پاسخگوی نیاز ازته گیاه نیست. مدیریت تدارک و تأمین نیتروژن از طریق مصرف کود خصوصاً در شرایط دیم همواره از موضوعات پیچیده، دقیق و چالش‌برانگیز بوده است. نیتروژن رشد گیاهان زراعی را از چندین جنبه تحت تأثیر قرار می‌دهد. رابطه نیتروژن با فتوسنتز، توزیع نیتروژن بین برگها، توسعه و آرایش برگ و در نهایت اثرات بعدی آن روی دریافت نور توسط برگ از آن جمله هستند(Gastal and Lemaire(2002 . همچنین تأمین نیتروژن از طریق تأثیر بر تعداد پنجه ها، سنبله ها، دانه های تشکیل شده و وزن هزار دانه بر تمام اجزای عملکرد دانه گندم تأثیر مستقیم می‌گذارد ((lawlar, 1995) (Grindlay(1997)، (Jeufery(1997). تعداد سنبله ها به طور عمده در اوایل رشد تعیین می‌شود و تعداد دانه و پتانسیل اندازه دانه دیرتر از تعداد سنبله به وسیله میزان دسترسی به مواد فتوسنتزی کربنی و نیتروژنی تعیین می‌شود. بنابراین، تأمین نیاز نیتروژن در زمانهای مختلف رشد و مطابق با نیاز گیاه و افزایش جذب آن می‌تواند بر سرعت رشد گیاه زراعی و تولید محصول تأثیرگذار باشد (Sticksel et al. (1999 ، (Gastal and Lemaire(2002). به نظر می‌رسد در مدیریت مصرف کود ازته در کشت گندم دیم خصوصیات رقم، خاک و نوع کود ازته، رطوبت و اقلیم از مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار باشند. اختلاف نظرها بر سر زمان و میزان مصرف کود ازته در گندم دیم (که علاوه بر ایران در کشورهای دیگر هم وجود دارد) نیز می‌تواند ناشی از همین امر باشد. Arregui and Quemada, (2008)گزارش کردند که تقسیط کود نیتروژن در مقایسه با مصرف پایه آن، در زمان

، در شرایط دیم(در اقلیم مدیترانه‌ای) هیچگونه بهبودی در واکنش گیاه ایجاد نکرد. اثرات تقسیط کود نیتروژن به آسانی قابل پیش‌بینی نیست، زیرا این اثرات به عوامل متعددی از قبیل تعداد دفعات مصرف، زمان و مقدار مصرف در هر نوبت Mahler et al (1994)، شرایط آب و هوایی طی فصل رشد که آبشویی، تصعید، و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد Alcoz et al.,(1993) و۳- مقدار نیتروژن معدنی موجود در خاک در زمان کاربرد کود Sowers et al.(1994) بستگی دارد. علاوه بر این موارد سیستم خاکورزی و مدیریت حفظ بقایا نیز می‌تواند عامل مهمی در حفظ رطوبت خاک، رشد گیاه و پاسخ آن به مصرف پایه یا تقسیطی نیتروژن باشد. Chandrasekaran(2010) اظهار داشت که افزایش عملکرد گندم افزون بر عوامل ژنتیکی به نحوه عملیات خاک ورزی، حفظ حاصلخیزی خاک و جلوگیری ازفشردگی خاک نیز بستگی دارد. رطوبت ذخیره شده در لایه های سطحی خاک توسط بقایای گیاهی با بهره گیری از روش های کم خاک ورزی و یا بیخاک ورزی، می تواند در دورهٔ اولیهٔ رشد گیاه (مراحل جوانه زنی و استقرار گیاه)اهمیت زیادی داشته باشد (Mays, 2009) بقایای گیاهی در محیطی اشباع از بخار آب می توانند حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد وزن خود آب جذب کنند، درصورتی که مواد رسی تنها می توانند ۱۰ تا ۴۶ درصد آب جذب کنند (Bescansa *et al.*, 2006). با توجه به اهمیت مدیریت مصرف نیتروژن از یک طرف و لزوم تغییر سیستم های خاک ورزی از مرسوم به سمت کم‌خاکورزی و بدون خاک‌ورزی در راستای حفظ کربن آلی و جلوگیری از تخریب ساختمان خاک از طرف دیگر، همچنین با توجه لزوم ارائه راهکارهای موثر برای ارتقاء میانگین عملکرد گندم دیم در استان و شهرستان(که در حال حاضر به ترتیب حدود۴۵۰ و ۵۸۰کیلوگرم در هکتار می‌باشد) تحقیق حاضر برای بررسی تأثیر سیستم های کم خاک ورزی و بدون خاک ورزی و مصرف تقسیطی اوره در هریک از آن‌ها در مقایسه با مصرف پایه اوره در سیستم خاک ورزی مرسوم، انجام شد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در اراضی دیم منطقه امامقلی قوچان واقع در ۳۵ کیلومتری شرق شهرستان قوچان انجام شد. کشت گندم رقم باران در پاییز ۱۳۹۸ در سه سیستم خاک ورزی مرسوم، کم‌خاک ورزی و بدون خاک ورزی با میزان ۱۵۰کیلوگرم در هکتار بذر مصرفی انجام گرفت. میزان بارندگی از مهر۹۸ تا پایان تیر۹۹، ۳۸۰ میلیمتر اندازه گیری شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم متمایل به لوم رسی و فقیر از کربن آلی بود (جدول ۱). مقادیر فسفر و پتاسیم قابل جذب در حد مطلوب و بنابراین کود فسفره یا پتاسه‌ای در هنگام کاشت مصرف نشد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

pH	EC ds/m	O.C	Sand	Silt	Clay	NTotal	P(ava)	K(ava)	Fe	Mn	Zn	Cu
		%					P.P.M					
۷/۹	۰/۵۷	۰/۵۸	۳۱	٤٤	۲۵	۰/۰۵۵	۲۰/۸	۲۳٤	٤/٦۲	۵/٦٦	۰/۹	۰/۹۲

قالب آزمایش و شرح تیمارها:

این تحقیق به صورت دو آزمایش در دو گروه خاک ورزی جداگانه، گروه ۱- مرسوم و کم خاک‌ورزی و گروه ۲- مرسوم و بدون خاک‌ورزی با تیمارهای زیر و در قالب طرح بلوک کامل تصافی اجرا شد. گروه ۱: تیمار ۱- (شاهد) خاک‌ورزی مرسوم[1] + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه (به اختصار خاکورزی مرسوم + اوره پایه)، تیمار ۲- خاک‌ورزی مرسوم+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه+ ۱۰کیلوگرم در هکتار سرک کلرور پتاسیم (به اختصار خاک‌ورزی مرسوم + اوره پایه + سرک پتاسیم). یا

۱- برگردان دار + دیسک+ عمیق کار

(شاهد + سرک پتاسیم)، تیمار۳-کم خاک‌ورزی[۲] + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه (به اختصار کم خاکورزی + اوره پایه)، تیمار ۴- کم خاک‌ورزی+ ۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه + ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره سرک (به اختصار کم خاک‌ورزی + اوره تقسیطی)، تیمار۵- کم‌خاک‌ورزی + ۱۰۰کیلوگرم در هکتار اوره پایه+ ۱۰کیلوگرم در هکتار سرک کلرور پتاسیم (به اختصار کم خاک‌ورزی + اوره پایه+ سرک پتاسیم)، تیمار۶- کم خاک‌ورزی + ۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه + ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره سرک+ ۱۰کیلوگرم در هکتار سرک کلرور پتاسیم (به اختصار کم خاک‌ورزی + اوره تقسیطی+ سرک پتاسیم) گروه ۲: تیمار ۱- و ۲ مانند گروه ۱، تیمار۳- بدون خاک ورزی[۳] + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه (به اختصار بدون خاک‌ورزی + اوره پایه)،تیمار۴- بدون خاک‌ورزی(کشت مستقیم) + ۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه + ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره سرک (به اختصار بدون خاکورزی + اوره تقسیطی) -تیمار ۵- بدون خاک ورزی+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه+ ۱۰کیلوگرم در هکتار سرک کلرور پتاسیم (به اختصار بدون خاک‌ورزی + اوره پایه+ سرک پتاسیم)، تیمار۶- بدون خاک ورزی+ ۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره پایه + ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره سرک+ ۱۰کیلوگرم در هکتار سرک کلرور پتاسیم (به اختصار بدون خاک ورزی + اوره تقسیطی+ سرک پتاسیم)

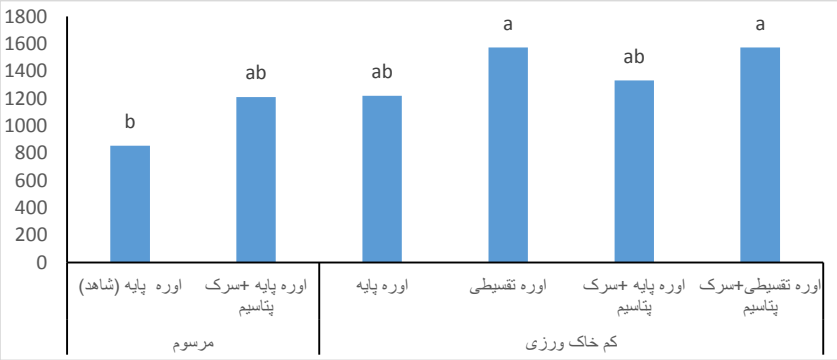
نتایج و داده ها:

بر اساس تجزیه و تحلیل داده ها در گروه خاکورزی مرسوم و کم خاکورزی، اثر تیمارها بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد، معنی دار و بر وزن هزار دانه غیر معنی دار بود. با توجه به نتایج آزمون دانکن (شکل ۱)، در شرایط دیم منطقه در سامانه کم خاک‌ورزی مصرف تقسیطی اوره (به تنهایی یا با سرک کلرور پتاسیم) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (α =۰/۰۵). در این سیستم (کم خاک‌ورزی) مصرف اوره پایه سبب افزایش ۳۶۵ کیلویی در عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (۴۲ درصد افزایش عملکرد). در سامانه کم خاک ورزی مصرف تقسیطی اوره نسبت به مصرف یکجای آن، سبب افزایش عملکرد دانه از ۱۲۲۰ به ۱۵۷۵ کیلوگرم در هکتار شد(۲۹ درصد افزایش عملکرد) اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نشد(α =۰/۰۵). در تحقیق انجام شده توسط فیضی اصل و پورمحمد (۱۳۹۲) با سه رقم گندم آذر ۲، هما و باران در شرایط دیم مراغه، بسته به نوع رقم، اثرات مصرف پایه یا تقسیطی اوره متفاوت بود. مدیریت مناسب مصرف نیتروژن برای ارقام آذر۲ و هما به صورت تقسیطی (دوسوم نیتروژن در پائیز و یک سوم در بهار) و برای رقم سرداری به صورت پایه (تماماً در پائیز همزمان با کاشت به صورت جایگذاری) تشخیص داده شد. اگرچه در تحقیق حاضر مصرف تقسیطی اوره در سیستم کم خاکورزی و بدون خاکورزی نسبت به مصرف اوره پایه عملکرد دانه را به طور نسبی بالاتر برد اما عدم معنی داری از لحاظ آماری شاید به خاطر خصوصیات ذاتی رقم گندم (باران) مورد استفاده در این تحقیق (از قبیل عادت رشدی، قدرت و سرعت توسعه ریشه و اندام هوایی و کارآمدی در مصرف و بکارگیری عناصر غذایی) باشد. Van Harwarden et al.(2006) گزارش کردند که ارقام مختلف گندم پاسخ های متفاوتی را به کاربرد نیتروژن نشان می‌دهند، به نحوی که میزان جذب نیتروژن در این ارقام به اثرات متقابل تیپ گیاه از لحاظ تاریخ رسیدن و تأمین آب بستگی داشت. علاوه بر این عدم بارندگی مؤثر و گرمای شدیدی که در مرحله پر شدن دانه حادث شد نیز می‌تواند بخشی از این عدم معنی‌داری را توجیه نماید. در تحقیقات متعددی اثر منفی مصرف نامتعادل و بیش از حد نیتروژن به ویژه در شرایط تنش خشکی بر عملکرد دانه ارقام گندم دیم گزارش شده است. (فیضی اصل و پور محمد (۱۳۹۳)، Jones et al.(1993)، Ryan

---

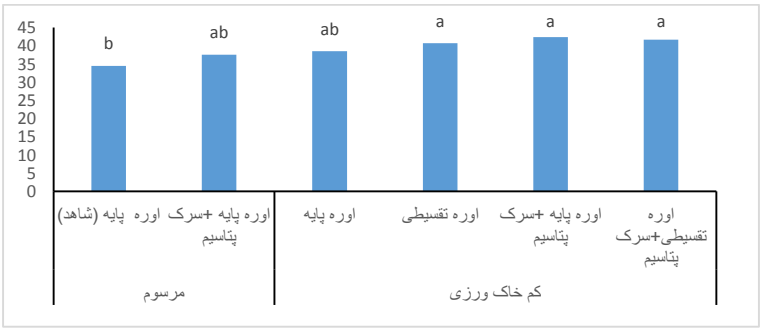
۲- چیزل پکر+کشت با عمیق کار

۳- کشت مستقیم



شکل ۱-اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه در دو سیستم خاک ورزی مرسوم و کم خاک ورزی در شرایط دیم

Fageria et al.(2011) ، et al. (1997)). اضافه کردن مصرف سرک کلرور پتاسیم به هریک از مصارف پایه یا تقسیطی اوره، افزایش معنی داری در عملکرد دانه در این دو تیمار ایجاد نکرد. در شرایط خاک ورزی مرسوم، مصرف اوره پایه با سرک کلرور پتاسیم، باعث افزایش ۳۵۷ کیلویی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (α =۰/۰۵). مقایسه اوره پایه در سیستم کم خاک‌ورزی با اوره پایه در سیستم مرسوم (شاهد) نشان می‌دهد که کم خاک‌ورزی سبب بهبود نسبی عملکرد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شده است.



شکل ۲-اثر تیمارهای کودی بر وزن هزار دانه در دو سیستم خاک ورزی مرسوم و کم خاک ورزی در شرایط دیم

مطابق با آنچه در شکل ۲ ارائه شده است، در شرایط خاک ورزی مرسوم، اضافه کردن سرک پتاسیم به مصرف اوره پایه سبب ۳ گرم افزایش در وزن هزاردانه شد ولی این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. وزن هزار دانه در سیستم کم خاک ورزی تحت تأثیر مصرف تقسیطی اوره به تنهایی یا همراه با سرک پتاسیم و نیز تحت تأثیر مصرف پایه اوره + سرک پتاسیم نسبت به مصرف پایه اوره بین ۲/۲ تا ۴/۲ گرم افزایش یافت.

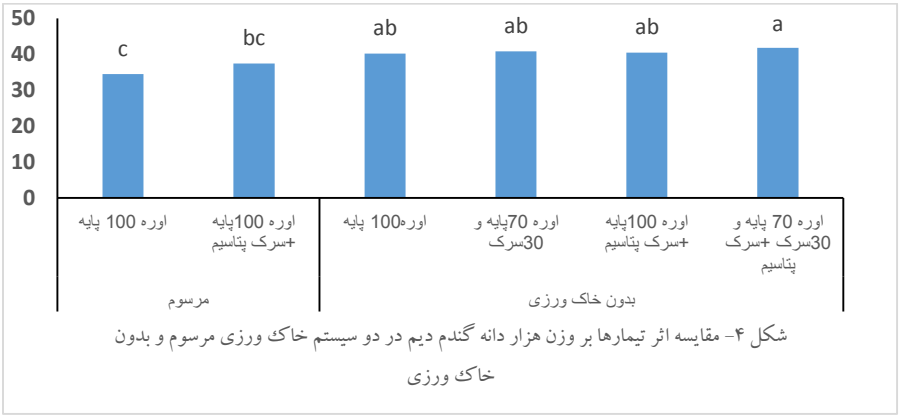
نتایج آزمون دانکن برای مقایسه اثر تیمارها بر عملکرد دانه در شرایط خاک ورزی مرسوم و بدون خاک ورزی(کشت مستقیم) (شکل ۳) نشان دادکه در سیستم خاک ورزی مرسوم، مصرف سرک کلرور پتاسیم به همراه اوره پایه سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه نسبت به اوره پایه شد. همچنین عملکرد دانه در تیمار اوره پایه در کشت مستقیم نسبت به اوره پایه در خاک ورزی مرسوم (شاهد) بطور معنی داری بالاتر بود(α =۰/۰۵). این بدان معناست که سیستم بدون خاک ورزی توانسته است نسبت به سیستم خاک ورزی مرسوم سبب بهبود عملکرد دانه شود. این امر می‌تواند ناشی از اثر بقایای گیاهی حفظ شده در سیستم بدون خاک ورزی در حفظ رطوبت خاک باشد. به عقیده Mays (2009) رطوبت ذخیره شده در لایه های سطحی خاک توسط بقایای گیاهی با بهره گیری از روش های کم خاک‌ورزی و یا بی خاک‌ورزی، می تواند در دورهٔ اولیهٔ رشد گیاه (مراحل جوانه زنی و استقرار گیاه) اهمیت زیادی داشته باشد. در مطالعات Fullen and Catt(1994) در دیمزارهای استرالیا، در تیمارهایی که بقایا روی سطح زمین حفظ شده و علف های هرز کنترل شده بودند، میزان آب ذخیره شده خاک افزایش یافت.

بررسی های Mejahed and Sander(1998) نشان می دهد عملکرد گندم دیم در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی به میزان ۶۰ درصد بیش از خاک ورزی مرسوم است. همت و اسکندری(۱۳۸۴) در تحقیقی روی گندم دیم در مراغه گزارش کردند که روش بدون خاک‌ورزی در صورت حفظ کل بقایا در سطح زمین، با تولید حدود ۹۶ درصد عملکرد دانهٔ بیشتر، بهتر از روش خاک ورزی مرسوم بود که احتمالا به سبب توانایی نگهداری آب بیشتر توسط بقایا است. علاوه بر این بهبود ویژگی های فیزیکی خاک در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به سیستم خاک‌ورزی مرسوم نیز که توسط چقازردی(۱۳۹۴) گزارش شده است می‌تواند بخشی از تفاوت عملکرد گندم در این دو سیستم را توجیه کند.



شکل ۳- اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه در دو سیستم خاک ورزی مرسوم و بدون خاک ورزی در شرایط دیم

در کشت مستقیم مصرف تقسیطی اوره نسبت به مصرف اوره پایه، افزایش معنی داری در عملکرد دانه حاصل نکرد اما سرک کلرور پتاسیم همراه با هریک از این دو تیمار افزایش معنی دار عملکرد دانه را به دنبال داشت. این پدیده می‌تواند به خاطر نقش اساسی پتاسیم در تسهیل انتقال متابولیت های فتوسنتزی از برگ به سمت دانه باشد. وزن هزار دانه در شرایط خاک ورزی مرسوم با مصرف سرک کلرور پتاسیم با اوره پایه افزایش یافت اما این افزایش معنی دار نبود(شکل ۴)مصرف اوره بصورت پایه در کشت مستقیم نسبت به خاک ورزی مرسوم افزایش معنی دار وزن هزار دانه را به دنبال داشت. اضافه کردن سرک کلرور پتاسیم به این تیمار در کشت مستقیم ونیز نسبت به مصرف تقسیطی اوره و اضافه کردن سرک کلرور پتاسیم به آن، افزایش معنی داری در وزن هزار دانه ایجاد نکرد.



شکل ۴- مقایسه اثر تیمارها بر وزن هزار دانه گندم دیم در دو سیستم خاک ورزی مرسوم و بدون خاک ورزی

نتیجه‌گیری کلی: با توجه به عملکرد دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف به نظر می‌رسد سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی در شرایط مشابه آزمایش، می‌توانند باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به سیستم خاک ورزی مرسوم شوند.

همچنین با توجه به روند افزایشی عملکرد دانه تحت تاثیر مصرف تقسیطی اوره، به نظر می‌رسد تغییر مدیریت مصرف اوره از مصرف پایه به مصرف تقسیطی در این سیستم‌ها می‌تواند افزایش بیشتری را در عملکرد دانه نسبت به مصرف پایه اوره در سیستم خاک‌ورزی مرسوم ایجاد نماید. مصرف تکمیلی سرک کلرور پتاسیم خصوصا در سیستم بدون خاک ورزی می-تواند این اثر افزایشی را تشدید کند.

منابع مورد استفاده:

-بی‌نام. ۱۳۹۸. سیمای کشاورزی استان خراسان رضوی. اداره آمار و اطلاعات. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.

- چقازردی، ح.، جهانسوز، م.، احمدی، ع.، گرجی، م. ۱۳۹۴. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. د ۴۶، ش ۴.

- حق پرست، ر. ۱۳۹۲. اصول زراعت گندم دیم (آمیخته دانش جدید و بومی). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

- فیضی اصل، و. و ولیزاده،غ. ر. ۱۳۸۲. تأثیر زمان و میزان مصرف ازت در عملکرد گندم دیم. علوم خاک و آب. ج ۱۷، ش۱.

- فیضی اصل، و. و پور محمد، ع. ر. ۱۳۹۲. اثر مقادیر و زمان مصرف نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن و عملکرد دانه ارقام گندم دیم. مجله دانش آب و خاک. ج ۲۴. ش ۳.

-Arregui, L.M., Quemada, M. (2008). Strategies to improve use efficiency in winter wheat cereal crops under rainfed conditions. Agron J., 100: 277-284.

-Bescansa, P. Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A., Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil and Tillage Research*, 87, 19-27.

-Chandrasekaran, B. (2010). *A textbook of agronomy*. New Age International Pvt. Ltd.

-Fageria N.K., Baligar V.C., Jones C.A., (2011). Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc. New York.

-Fullen, M. A., Catt, J. A. (2014). Soil management: problems and solutions. Routledge. 320 pages.

-Gastal, F., Lemaire,G.,(2002). N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. J. Exp. Bot., 53: 789-799.

-Grindlay, D.J.C. (1997). Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimosattion of leaf nitrogen per unit leaf area. J. Agric. Sci., 128: 377-396.

-Jeufry, M.H., Meynard, J.M. (1997). Nitrogen: agricultural production and environment, INRA. Paris

-Jones M, Mathys G, Rijks D, (1993). The agro meteorology of rainfed barley – based farming systems. PP: 288-272. International Symposiom. Tunis, 6-10 March, Tunisia.

- Lawlar, D.W. (1995). Photosynthesis, productivity and environment. J. Exp. Bot., 46: 1449-1461.

- Mahler, R.L., Koehler, F.E., and Lutcher, L.K. (1994). Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. Agron. J., 86: 637-642.

-Mays, L. (2009). Integrated Urban Water Management: Arid and Semi-Arid Regions: UNESCO-IHP (Urban Water-Unesco-IHP). CRC Press.

-Mejahed, E. I. & Sander, K. D. H. (1998). Rotation, tillage and fertilizer effects on wheat-based rain fed crop rotation in semiarid Morocco. In: Proceeding of third European conference on grain legumes. Opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands. Valladolid, Spain, 442-454.

-Ryan J, Nsarellah N and Mergoum M, (1997). N fertilization of durum wheat in the rainfed area of Morocco: biomass, yield. Cereal Research Communications 25: 85-90.

-Sowers, K.E., Miller, B.C., and Pan, W.L. (1994). Optimizing yield and grain protein in soft white winter wheat with split nitrogen applications. Agron. J., 86: 1020–1025.

- Sticksel, E., Maidi, F.X., Retzer, F., and Fischeck, G. (1999). Nitrogen uptake and utilization in winter wheat under different fertilization regimes, with particular reference to main stems and tiller. J. Agron. Crop Sci., 183: 47-52.

-Van Harwarden, A.F., Farquhar, G.D., Angus, J.F. and Richards R.A. (2006). Physiological responses of six spring wheat varieties to nitrogen fertilizer (project report). Proceeding of the Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy.

The Effect of Nitrogen and Potassium Application Management in Different Tillage Systems on Rain-Fed Wheat

Majid Forouhar[1] and Peyman Keshavarz*[2]

1- Assistant Professor of Soil and Water Research Department of Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO.

*m.forouhar@yahoo.com

Associate Professor of Soil and Water Research Department of Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO.

Abstract

Two separate experiments were performed to investigate the effect of potassium, basic and top-dress use of urea on rain-fed wheat in different tillage systems. Statistical design was Completely Randomized Block with a total of 10 treatments in three replications in Imam Gholi area of Quchan. In total, the treatments were comprised : 1- Conventional tillage + base urea (control) 2- minimum tillage + base urea 3-minimum tillage + split use urea (base and top dress), 4- No tillage + base urea, 5- No tillage + split use urea, 6- Conventional tillage + base urea +top dress use of potassium chloride, 7- low tillage + base urea + top dress use of potassium chloride, 8- minimum tillage + split use urea + top dress use of potassium chloride 9- no tillage + Base urea + top dress use of potassium chloride 10- no tillage + split use urea + top dress use of potassium chloride. According to the results, it seems that minimum tillage and no-tillage systems in dry land conditions of Quchan can increase grain yield compared to conventional tillage system. Also, changing the management of urea application from base application to split application in these systems can cause a greater increase in grain yield compared to urea base application in conventional tillage system. Supplementary use of potassium chloride may intensify this incremental effect.

Keywords: Base use urea, dry land, Minimum tillage, No-tillage, Split use,

بررسی اثر ورمی کمپوست بر اجزای عملکرد سیب زمینی در شرایط تنش خشکی

مجتبی یحیی آبادی [۱]، محسن دهقانی [۲]

۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان yahyabadi@gmail.com

۲- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کودهای مختلف آلی بر عملکرد سیب زمینی در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرتهای یک بار خرد شده درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه براآن اصفهان اجرا شد. تیمارهای اعمال شده، شامل تنش خشکی بر اساس کاهش درصد رطوبت خاک در مرحله ظرفیت زراعی و یا تخلیه مجاز رطوبتی (۴۵ درصد کاهش رطوبتی به عنوان شاهد، ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درصد کاهش رطوبتی درکرت های اصلی) و تیمار کودهای آلی شامل ورمی‌کمپوست (۷ تن در هکتار)، کمپوست زباله شهری (۱۵ تن در هکتار)، کود دامی (۵۰ تن در هکتار) و شاهد (بدون مصرف کود) در کرت های فرعی، قرار گرفتند. نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای آن شد ($p\leq$۰/۰۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که عملکرد سیب زمینی در تیمار ورمی‌کمپوست و بدون تنش خشکی، به ۳۳ تن در هکتار رسید. برهمکنش تیمار ورمی‌کمپوست و آبیاری پس از ۶۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک (کاهش ۲۰ درصد از آب مصرفی)، منجر به تولید کل سیب زمینی (۲۳ تن در هکتار) شد. در این شرایط تنش، تیمار کمپوست نیز موجب تولید سیب‌زمینی به میزان ۲۱ تن در هکتار گردید. در مجموع، با کاربرد کودهای آلی می‌توان به کاهش اثرات منفی تنش خشکی، کمک کرد.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، سیب زمینی، کود دامی، ورمی کمپوست

مقدمه

نتایج آزمایشات متعددی روی سیب زمینی، حساسیت این محصول به مقدار آبیاری را نشان داده است (Yactayo, *et al*., 2013). در همین مورد Shock *et al*. (1998) تأثیر کم آبیاری را بر سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که اندازه غده‌ها و عملکرد با اعمال کم‌آبیاری کاهش می‌یابد. تنش خشکی یکی از شایع ترین و مخرب ترین تنش های غیر زنده می‌باشد که رشد گیاهان را در سراسر جهان و به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌کند و منجر به کاهش در عملکرد گیاهان می‌گردد (Wang, *et al*., 2011 and Garcia, *et al*., 2014). استفاده از کودهای آلی به منظور بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، می‌تواند در تحمل به شرایط خشکی در گیاهان، مد نظر قرار گیرد. ورمی‌کمپوست یک کود آلی بیولوژیک است که از طریق تبدیل ضایعات آلی، طی یک فرآیند توسط عمل مشترک کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌های خاک تولید می‌شود (Joshi, *et al*., 2015) و با داشتن مقادیر زیاد اسید هومیک، یک کود زیستی محرک رشد گیاه محسوب می‌شود (Garcia, *et al*., 2012). گزارش‌هایی نیز مبنی بر افزایش معنی‌دار تخلخل و ظرفیت نگهداری آب در خاک پس از افزودن ورمی‌کمپوست یا کود دامی به خاک وجود دارد (Campitelli and Ceppi, 2008; Hidalgo, *et al*., 2006 and Lim, *et al*., 2015). برخی آزمایشات حاکی از آنست که پس از استفاده از ورمی کمپوست، تعداد منافذ و حفرات بزرگ و کوچک خاک که نقش مهمی در نگهداری آب در خاک دارند، بطور معنی داری افزایش یافته‌اند (Marinari, *et al*., 2000 and Asghari, *et al*., 2009). این تغییرات در کنار هم، دسترسی به آب و هوا را بهبود بخشیده و موجب افزایش جوانه‌زنی و رشد ریشه می‌شوند. هیومیک اسید استخراج شده از ورمی‌کمپوست، هورمون های تنظیم کننده رشد گیاهی، مسیر رشد ریشه و متابولیسم ثانویه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Garcia,

et al., 2012) و همچنین گیاهان را در برابر تنش شوری و خشکی محافظت می‌کند (Garcia, *et al*., 2014). این ماده در برخی گونه‌های تحت تنش خشکی، با افزایش بیومس، رشد و عملکرد گیاه (Rashtbari, *et al*., 2012) و یا با اثر بر برخی عملکردهای آنتی اکسیدانی، موجب کنترل رادیکال‌های آزاد و در نتیجه موجب حفاظت گیاه در برابر تنش خشکی شد (Garcia, *et al*., 2012). این آزمایش نیز با هدف بررسی اثر و کارایی کودهای آلی بر برخی از شاخص‌های عملکردی (غده‌های درشت، متوسط و ریز) گیاه سیب‌زمینی در شرایط تنش خشکی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در منطقه براآن اصفهان اجرا شد. پس از مراحل تهیه زمین، چند روز قبل از اجرای آزمایش، آماده‌سازی شامل تسطیح و مرزبندی انجام و جویچه‌ها با فواصل موردنظر آماده شدند. سپس تیمارهای آزمایشی پیاده گردید. قبل ازاجرای تحقیق، از لایه‌های خاک تا عمق ۶۰ سانتیمتری با فواصل ۲۰ سانتیمتری نمونه‌برداری و جهت تعیین ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید. این پژوهش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده و بر پایه بلوکهای کاملا تصادفی در سه تکرار به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی در تنش‌های خشکی بر عملکرد سیب زمینی انجام شد. عامل اصلی شامل تیمار تنش خشکی بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی (شامل ۴۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان شاهد، ۵۵ ، ۶۵ ، ۷۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی به ترتیب با I_1، I_2، I_3 و I_4 و عامل فرعی شامل سه تیمار کودی شامل کود ورمی‌کمپوست (معادل ۷ تن در هکتار)، کود کمپوست زباله (معادل ۱۵ تن در هکتار) و کود پوسیده دامی (معادل ۵۰ تن در هکتار) به عنوان کرت های فرعی در نظر گرفته شدند. زمان آبیاری هر تیمار پس از کاهش رطوبت خاک در روزهای بعد از هر آبیاری تا رسیدن به سطح رطوبت مورد نظر(سطح تنش) و به کمک دستگاه TDR مدل Trase6050X1 در نظر گرفته شد. در این پژوهش برای هر کرت آزمایشی، شش ردیف کشت با طول ۲۰ متر در نظر گرفته شد. رقم سیب زمینی مورد استفاده، مارفونا و از ارقام رایج و غالب در منطقه بود. فواصل ردیف‌ها، ۷۰ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. مقادیر مناسب کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک شامل ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار محاسبه و اعمال گردید. تاریخ کاشت نیمه اول اسفند ماه و زمان برداشت نیمه دوم تیرماه بود. از ابتدای کاشت تا استقرار گیاهچه‌ها، تیمارها به طور یکسان آبیاری شده و پس از استقرار گیاهچه‌ها تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید. در زمان برداشت و در انتهای فصل عملکرد و اجزای عملکرد برای هر تیمار محاسبه گردید. به همین منظور از دو ردیف وسط هر تیمار با حذف دو متر از ابتدا و انتهای جویچه‌ها تعداد ۲۰ بوته انتخاب شد و پارامترهای عملکردی غده (درشت، متوسط و ریز)، محاسبه گردید. نتایج حاصله با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز آماری و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده نیز در جدول (۱) آورده شده است که در آن بیشترین مقدار نسبت کربن به نیتروژن، در کمپوست زباله مشاهده شد.

جدول۱- نتایج تجزیه شیمیایی کود های آلی

کود آلی	نسبت کربن به نیتروژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی	پتاسیم	نیتروژن کل	فسفر کل	کربن آلی
			$dS.m^{-1}$	٪	٪	٪	٪
ورمی‌کمپوست	۱۰/۹	۷/۷	۳/۶	۰/۸۴	۲/۲	۱/۲	۲۴
کمپوست	۱۸/۳	۸/۱	۳/۸	۱/۱	۱/۸	۱/۵	۳۳
کود دامی	۱۵/۲	۸/۱	۴	۰/۹۵	۲/۳	۱/۵	۳۵

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای تنش خشکی باعث کاهش عملکرد سیب زمینی شدند و تولید کل در بالاترین تنش خشکی (I_4) به میزان ۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در این میان، غده‌های بزرگ نزدیک به ۵۹ درصد و غده‌های متوسط، ۵۰ درصد نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) کاهش عملکرد نشان دادند. اگرچه تیمار I_4 باعث کاهش تولید کل گردید، با این حال باعث شد غده‌های ریز نسبت به غده‌های بزرگ و متوسط، بخش بیشتری از تولید کل نسبت به شاهد را به خود اختصاص دهد. کاهش عملکرد را میتوان به دلیل اعمال تنش طولانی مدت به گیاه نسبت داد که سطح فتوسنتزکننده گیاه را کاهش میدهد و از این طریق موجب کم شدن رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Kalfountzos, *et al.*, 2007). با این نتایج مشخص میشود که عملکرد کل در سیب‌زمینی به شدت تحت اثر سطوح آبیاری قرار می‌گیرد و امکان اینکه در تنش خشکی، اختلال در فرآیند غده سازی به ناهنجاری رشد و ریزشدن غده‌ها نیز منجر شود، وجود دارد. تحقیقات انجام گرفته توسط برخی محققین هم نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند و تیمار بدون تنش خشکی دارای بیشترین عملکرد است (Demelash, 2013; Alva *et al.*, 2012). در بین تیمارهای کودی، در مجموع، ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار ۴۰درصد و کمپوست باعث افزایش معنی‌دار ۲۴ درصد تولید کل نسبت به تیمار شاهد بدون کود، شدند. کود دامی در این مورد، افزایش معنی‌دار نشان نداد. غده های درشت و متوسط در تیمار ورمی‌کمپوست بترتیب با ۸۰ و ۱۸ درصد افزایش نسبت به شاهد روبرو شدند. افزایش وزن این اجزا در تیمار کمپوست بترتیب، ۴۸ و ۱۰ درصد بود. غده های ریز در هر سه کود آلی بطور میانگین با کاهش معنی دار ۳۰ درصدی نسبت به شاهد مواجه شدند (جدول۲).

جدول۲- مقایسه میانگین های اثر سطوح تنش خشکی و نوع کودهای آلی بر عملکرد سیب زمینی (تن در هکتار)

تیمار	تولید کل	غده‌های درشت	غده‌های متوسط	غده‌های ریز
	($ton.ha^{-1}$)			
I_1	۳۳/۳۴ a	۱۹/۰۴ a	۱۲/۶۷ a	۱/۶۳ c
I_2	۳۰/۵۶ b	۱۶/۲۴ b	۱۲/۴۸ a	۱/۸۴ bc
I_3	۲۶/۰۴ c	۱۲/۸۵ c	۱۰/۵۵ b	۲/۶۴ b
I_4	۱۸/۷۴ d	۷/۷۶ d	۶/۱۸ c	۴/۸۰ a
شاهد (بدون کود)	۲۳/۲۲ c	۱۱/۲۴ c	۹/۸۲ b	۲/۱۶ b
کود دامی	۲۲/۵۵ c	۱۱/۰۵ c	۱۰/۰۴ b	۱/۴۶ c
کمپوست	۲۹/۱۲ b	۱۶/۷۴ b	۱۰/۸۵ b	۱/۵۳ c
ورمی‌کمپوست	۳۳/۷۰ a	۲۰/۵۵ a	۱۱/۶۳ a	۱/۵۲ c

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنش خشکی و تیمار نوع کود آلی بر عملکرد سیب زمینی نشان داد که بیشترین تولید کل سیب زمینی در واحد سطح، در برهمکنش تیمار آبیاری شاهد، یعنی پس از ۴۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک (I_1) و تیمار کودی ورمی‌کمپوست به میزان ۳۳ تن در هکتار و کمترین مقدار تولید کل در برهمکنش تیمار آبیاری پس از ۷۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی (I_4) و تیمار شاهد بدون کود به میزان ۱۳/۷ تن در هکتار بدست آمد. بررسی روند تولید کل سیب زمینی در تیمارهای تنش خشکی نشان داد که با افزایش تنش از I_1 تا I_3، تیمارهای حاوی کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست، با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) و تیمار کود دامی، باعث افزایش تولید کل شده‌اند و در این میان، ورمی‌کمپوست باعث بیشترین تولید کل شده است. در این شرایط، تیمار کمپوست نیز موجب تولید سیب زمینی، هم سطح با شرایط تنش خشکی I_2

گردید و این مهم، نشان دهنده تاثیر مثبت و معنی‌دار این دو کود در شرایط تنش خشکی بر تولید سیب زمینی میباشد. بیشترین تولید غده درشت، از اثر متقابل تیمار بدون تنش شاهد و مصرف کود ورمی‌کمپوست و کمترین تولید غده درشت نیز از اثرمتقابل تنش خشکی I_4 و تیمار شاهد بدون کود حاصل شد و پس از آن، کمترین تولید غده های درشت در تیمار تنش خشکی I_4 و کودهای آلی بدست آمد و نشان داد در شرایط تنش شدید، هیچ یک از کودهای آلی نسبت به یکدیگر قادر به تخفیف اثرات خشکی نبودند. با این حال، تیمار تنش خشکی I_4 باعث بیشترین تولید غده‌های ریز در تیمار کودی شاهد گردید و حاکی از تأثیر کاهش رطوبت خاک بر اندازه غده‌های سیب‌زمینی بود. رضا دوست و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، عملکرد گیاه کلزا کاهش می‌یابد. آنها معتقدند که وقوع تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز و انتقال شیره پرورده به بخش‌های مختلف گیاه، باعث کاهش عملکرد گیاه شد. از طرفی، افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی ممکن است به دلیل بهبود حاصله در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در نتیجه کاربرد کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست باشد (Rahbarian, *et al*., 2010). از آنجایی که رشد و نمو گیاه شدیدا وابسته به پارامترهای حاصلخیزی خاک میباشد، بنظر می‌رسد که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به وسیله کمپوست زباله شهری (Bachman and Metzger, 2007) و ورمی‌کمپوست (Chanda, *et al*., 2011)، دلیل افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد باشد. از طرفی میتوان دلیل مزیت نسبی ورمی‌کمپوست به کمپوست زباله شهری در افزایش عملکرد را به علت تولید مواد هومیک و سایر مواد محرک رشد نظیر هورمون‌های رشد گیاهی، در طول فرآیند تولید ورمی کمپوست توسط میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه افزایش زیست توده، فعالیت و تنوع زیستی میکروبی و بهبود حاصلخیزی خاک دانست (Uma and Malathi, 2009). کارایی کمپوست و ورمی‌کمپوست در افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی عموما به اثرات سودمند کاربرد آنها در خاک و گیاه نسبت داده می‌شود، زیرا اجزای تشکیل دهنده کمپوست و ورمی‌کمپوست نقش مهمی در تحریک فرآیندهای متابولیک، افزایش رشد و افزایش تولید و تجمع متابولیت ها در بافتهای گیاهی در شرایط تنش‌های محیطی دارند. بهبود در رشد گیاه و اجزای عملکردی محصول، در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست را می‌توان به افزایش دسترسی به عناصر غذایی و بهبود شرایط فیزیکی خاک نسبت داد که به نوبه خود باعث ایجاد تعادل در محیط تغذیه‌ای در ریزوسفر خاک و در سیستم گیاه می‌شود (Reddy *etal*., 1998). این نتایج در هماهنگی با آزمایشات Arancon *et al*., 2003 نیز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های ممکن در استفاده بهینه از منابع آبی موجود، استفاده از کودهای آلی با ظرفیت جذب بالای آب است. کاربرد کودهای آلی بویژه ورمی‌کمپوست سبب افزایش فاکتورهای رشد و مقاومت به تنش خشکی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست، به ویژه ورمی‌کمپوست در افزایش رشد، زیست توده و عملکرد سیب زمینی در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی، دارای اثرات مثبت می‌باشند. همچنین کاربرد تیمار ورمی کمپوست نسبت به کمپوست از مزیت نسبی بیشتری در افزایش عملکرد سیب زمینی برخوردار بود. بنابراین، مصرف کودهای آلی در مدیریت منابع غذایی و رطوبتی در بلند مدت و در شرایط تنش خشکی جهت حصول عملکرد کمی و کیفی مطلوب‌تر در راستای اهداف کشاورزی ارگانیک و پایدار قابل توصیه می‌باشد.

فهرست منابع

عزیزی، م. رضوانی، ف. حسن زاده، م. لکزیان، ا. نعمتی، ح. (۱۳۸۷). تاثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان اسانس بابونه آلمانی. نشریه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴ (۱). ۹۳-۸۲.

رضا دوست، س. رشدی، م. حاجی حسنی، ن. (۱۳۸۸). تاثیر کم آبیاری بر عملکرد دانه و روغن ارقام کلزا در منطقه خوی. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۲ (۲۶)، ۱۱-۱.

Alva, A. K., Ren, H. and Moore, A. D. (2012).Water and nitrogen management effects on biomass accumulation and partitioning in two potato cultivars. *American Journal of Plant Sciences* 3: 64-170.

Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P. and Metzger, J. (2003). Effect of vermicompost on growth and marketable fruits of field grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia*. 47: 731–735.

Asghari, S., Neyshabouri, M.R., Abbasi, F., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. (2009). The effects of four organic soil conditioners on aggregate stability, pore size distribution, and respiration activity in a sandy loam soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 33(1):47–55.

Bachman, G.R. and Metzger, J. (2007). Physical and chemical characteristics of a commercial potting substrate amended with vermicompost produced from two different manure sources. *Horticulture Technology*. 17: 336-340.

Campitelli, P., and Ceppi, S. (2008). Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: a chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 90 (1):64–71.

Demelash, N. (2013). Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*. 8 (11): 1144-1154.

Garcia, A. C. Santos, L. A. Izquierdo, F. G. Rumjanek, V. M. Castro, dos Santos, F. S. de Souza, L. G. A. and Berbara, R. L. L. (2014). Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (Oryza sativa L.). *Journal of Geochemical Exploration*. 136: 48-54.

García, A. C., Santos, L. A., Izquierdo, F. G., Sperandio, M. V. L., Castro, R. N. and Berbara, R. L. L. (2012). Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecological Engineering*. 47: 203-208.

Hidalgo, P.R., Matta, F.B., Harkess, R.L. (2006). Physical and chemical properties of substrates containing earthworm castings and effects on marigold growth. *HortScience*. 41:1474–1476.

Joshi, R., Singh, J., and Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 14(1), 137-159.

Kalfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S., Zavakos, G. and Vyrlas, P. (2007). Effect of subsurface drip irrigation on cotton plantations. *Water Resource Management*. 21: 1341–1351.

Lim, S.L. and Wu, T.Y. (2015). Determination of maturity in the vermicompost produced from palm oil mill effluent using spectroscopy, structural characterization and thermogravimetric analysis. *Ecological Engineering*. 84:515–519.

Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B. and Grego, S. (2000). Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*. 72:9–17.

Rahbarian, P., Afsharmanesh, G. and Shirzadic, M.H. (2010). Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Plant Ecophysiology*. 2: 13-19.

Rashtbari, M. Alikhani, H. and Ghorchiani, M. (2012). Effect of vermicompost and municipal solid waste compost on growth and yield of canola under drought stress. *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2: 395-402.

Reddy, R., Redby, M., Reddy, N. S. & Anjnappa, M. (1998). Effect of organic and inorganic sources of NPK on growth and yield of pea (*Pisum sativum*). *Legume Resources*. 21: 57–60.

Shock, C.C., Feibert, E.B.G. and Saunders, L.D. (1998). Potato yield and quality response to deficit irrigation. *Horticultural Science*. 33 (4): 655–659.

Uma, B. and Malathi, M. (2009). Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5: 1054-1060.

Wang, Y. Ma, F. Li, M. Liang, D. and Zou, J. (2011). Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. *Plant Growth Regulation*. 64: 63-74.

Yactayo, W., Ramírez, D.A., Gutiérrez, R., Mares, V., Posadas, A. and Quiroz, R. (2013). Effect of partial root-zone drying irrigation timing on potato tuber yield and water use efficiency. *Agriculture Water Management*. 123, 65–70.

Investigation of the effect of vermicompost on yield components of potato under drought stress conditions

Mojtaba Yahyaabadi and Mohsen Dehghani

Members of scientific board, Soil and water research division, Esfahan agricultural and natural resources research center, AREEO, Esfahan, Iran

Abstract

In order to investigate the effect of different organic fertilizers on yield and some physiological characteristics of potato under drought stress conditions, an experiment was conducted in split plots, based on randomized complete block design with three replications at Baraan region in Isfahan. Applied treatments include drought stress based on reduction of soil moisture percentage in field capacity stage or allowable water depletion (45% moisture reduction as a control, 55%, 65% and 75% moisture reduction in main plots) and organic fertilizers including vermicompost (7 ton ha^{-1}), municipal waste compost (15 ton ha^{-1}), cow manure (50 ton ha^{-1}) and control (without fertilizer application) were included in the sub-plots. Results showed that drought stress reduced yield and its components and reduced leaf chlorophyll content ($p \leq 0.01$). Comparison of means showed that potato yield in vermicompost treatment without drought stress reached 33 tons per hectare. Intraction of vermicompost and irrigation after 65% of AWD (reduction of 20% of water consumption), led to the production of 23 tons per hectar potato. Under these stress conditions, compost treatment also resulted in potato production of 21 tons per hectar. In general, the use of organic fertilizers can help reduce the negative effects of drought stress.

Keywords: Deficit irrigation, Potato, cow manure, Vermicompost

بررسی تاثیر هوادهی بر برخی از خصوصیات شیمیایی چای ورمی‌کمپوست

نیلوفر منتظمی[۱]، اکرم حلاج‌نیا[۲]، رضا خراسانی[۳]، امیر فتوت[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد Email: halajnia@um.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

چای ورمی‌کمپوست نتیجه تیمار هوازی ورمی‌کمپوست محتوی عناصر غذایی و ترکیبات آلی محرک رشد می‌باشد که موجب بهبود رشد گیاه می‌شود و در سال‌های اخیر تولید و کاربرد آن به عنوان کود بیولوژیک مایع گسترش یافته است. با توجه به تاثیر عوامل مختلف در تولید چای ورمی کمپوست بر ویژگیهای آن، این آزمایش جهت بررسی اثر زمان هوادهی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای ورمی‌کمپوست در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت. تیمار مورد بررسی در این مطالعه، زمان‌های مختلف هوادهی (صفر، ۲۴ ، ۴۸ و ۷۲ ساعت) بود. برخی از ویژگی‌های شیمیایی چای ورمی‌کمپوست شامل تغییرات pH، قابلیت هدایت الکتریکی، شکل‌های معدنی نیتروژن (آمونیوم و نیترات) و کربن آلی محلول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هوادهی چای ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری موجب کاهش pH و افزایش هدایت الکتریکی شد. بیشترین درصد افزایش آمونیوم تحت تاثیر افزایش زمان هوادهی تا ۴۸ ساعت نسبت به زمان صفر (بدون هوادهی) بدست آمد. کربن آلی محلول در نتیجه هوادهی کاهش یافت و تغییرات زمان هوادهی از ۲۴ ساعت تا ۷۲ ساعت تفاوت معنی‌داری در مقدار آن ایجاد نکرد. مقدار نیترات تحت تاثیر زمان هوادهی قرار نگرفت و تغییرات آن معنی‌دار نبود.

کلمات کلیدی: کود آلی، چای کمپوست، کود بیولوژیک

مقدمه

از جمله مسایل مهم در جهان میتوان به رشد جمعیت و نیاز روز افزون انسان به غذا اشاره کرد که بحران‌های زیست محیطی به دنبال دارد. این مسایل با تولیدات کشاورزی در ارتباط است که تنش‌های زیستی و غیر زیستی تهدیدی برای آن به شمار می‌رود (Goswami et al. 2016). علاوه بر این امروزه به دلیل افزایش بیش از حد استفاده از کودهای شیمیایی و در مقایل کاربرد کم مواد آلی اثرات نامطلوبی از قبیل تخریب ساختمان خاک، تراکم، فشردگی و کاهش نفوذپذیری در خاک‌های زراعی مشاهده می‌شود (Malakouti, 1995). مواد آلی خاک در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک به طور مداوم کاهش می‌یابد (Melero et al. 2008). مصرف کودهای آلی به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی، موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و عملکرد گیاه می‌شود (Heydari et al. 2017). کشاورزان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی امروزه به استفاده از چای مواد آلی از جمله چای ورمی‌کمپوست روی آورده‌اند که روش دیگری برای کاربرد کودهای آلی وکوددهی به محصولات کشاورزی است. چای ورمی‌کمپوست با اضافه کردن آب به ورمی‌کمپوست در طی مدت زمان خاص و بعد از آن فیلتر کردن، به دست می‌آید. و به صورت محلول پاشی یا کاربرد خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Barker and Beryson, 2006). ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی مفید موجود در ورمی‌کمپوست جامد از جمله مواد مغذی معدنی محلول، هومیک اسیدها و فولویک اسیدها، میکرواورگانیزم‌های مفید، هورمون‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در طول عصاره گیری از ورمی‌کمپوست وارد عصاره می‌شود که به احتمال زیاد این ویژگی‌ها موجب رشد و جوانه زنی بهتر گیاهان

می‌شوند (Gopal et al. 2010). مطالعه بر روی فن‌آوری چای کمپوست از سال ۱۹۸۰ در آمریکا شروع شد. اما شیوه های مزرعه ای در مقایسه با روش‌های آمیختن کمتر است. از نظر تاریخی عصاره خانگی چای کمپوست با نام «چای کمپوست غیرفعال یا غیرهوادهی شده» با تعلیق یک کیسه کمپوست در ظرف آبی به مدت ۱۴روز، به منظور استخراج میکروب‌های بی هوازی و مواد مغذی برای بهبود سلامتی و شادابی در گیاهان مورد استفاده قرار گرفت (Ingham, 2005; Naidu, 2010; Scheuerell and Mahaffee, 2002). چای کمپوست هوادهی شده اخیرا در مقیاس‌های بزرگ مکانیزه شده است که با این روش میتوان در زمان صرفه جویی کرد و با ورود اکسیژن به عصاره، فعالیت‌های بیولوژیکی را از طریق افزایش مواد مغذی و شروع‌کننده‌های میکروبی کشت که شامل میکروب‌ها و عناصر غذایی هوازی است، تقویت می‌کند (Ingham, 2005; Naidu, 2010; Scheuerell and Mahaffee, 2004). در پژوهشی Zarei et al. (2018) با مقایسه ویژگی‌های ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش و چای ورمی‌کمپوست حاصل از سه نوع ماده‌آلی شامل کود گاوی، کود برگ و ترکیبی از کود گاوی و کود برگ (۱:۱) مشاهده کردند که ورمی‌کمپوست کود گاوی در بسیاری از صفات مورد بررسی در مقایسه با کود برگ و ترکیب آنها از مطلوبیت بیشتری برخوردار بود. در حالی که ویژگی‌هایی نظیر عناصرغذایی پرمصرف و کم‌مصرف، C/N، درصد ماده‌آلی و کربن‌آلی در چای ورمی‌کمپوست بدست آمده از سه نوع ورمی‌کمپوست نسبت به ورمی‌واش حاصل از ورمی‌کمپوست مشابه، افزایش یافته بود. ورمی‌واش و چای ورمی‌کمپوست تولید شده از ورمی‌کمپوست کود گاوی در مرحله اول دارای ویژگی‌های غنی‌تری نسبت به تیمارهای دیگر بودند. با توجه به این که علاوه بر تفاوت در نوع ماده آلی مورد استفاده در تهیه چای شرایط تهیه نیز می‌تواند بر ویژگی‌های چای حاصل موثر باشد، هدف از این تحقیق بررسی زمان هوادهی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای ورمیکمپوست بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه اثر زمان هوادهی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای ورمی‌کمپوست، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت. بخشی از ورمی‌کمپوست تهیه شده برای انجام آنالیزهای اولیه هوا خشک و از الک ۲ و ۰/۵ میلیمتری عبور داده شد و آن بخش که بر روی الک ۰/۵ باقی ماند، مورد استفاده قرار گرفت. جهت آنالیز اولیه ورمی‌کمپوست در آزمایشگاه بعد از هضم نمونه های کود به روش خاکستر کردن در کوره دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد مقدار فسفر به روش مورفی و ریلی (۱۹۶۲) و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. pH ورمی‌کمپوست با استفاده از دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره توسط دستگاه هدایت سنج، نیتروژن کل به روش کجلدال (برنمر و مولوانی، ۱۹۸۲) و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (والکلی و بلک، ۱۹۳۴) و درصد خاکستر تعیین شد.

برای تهیه چای ورمی‌کمپوست، عصاره‌گیری در نسبت ۱:۲۵با اضافه کردن ۲۰۰ سی سی آب دوبار تقطیر در زمان‌های صفر، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت هوادهی با استفاده از دستگاه پمپ هوا در دمای بین ۲۸-۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از آن عصاره‌های حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ فیلتر شدند و pH، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی محلول (والکلی و بلک، ۱۹۳۴)، نیترات و آمونیوم (روش کجلدال) در تیمارهای مورد آزمایش اندازه‌گیری شد. در پایان تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار JMP و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها در محیط Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در تهیه چای کود آلی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست

ویژگی	واحد	
نیتروژن	$g\ kg^{-1}$	۱۶/۳۷
فسفر	$g\ kg^{-1}$	۱۴/۵۹
پتاسیم	$g\ kg^{-1}$	۹/۸۰
خاکستر	%	۵۷/۱۳
هدایت الکتریکی (۱:۵)	$ds\ m^{-1}$	۴/۷۳
pH (۱:۵)	-	۸/۵۹

هر عدد میانگین سه تکرار است.

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار آزمایشی بر برخی خصوصیات شیمیایی چای ورمی‌کمپوست در جدول ۲ آورده شده است.

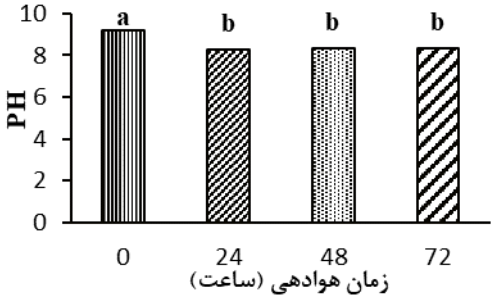
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر زمان هوادهی بر برخی پارامترهای شیمیایی چای ورمی‌کمپوست

منبع تغییرات	درجه آزادی	pH	EC	NH_4^+	NO_3	OC
زمان هوادهی	۳	۱/۶۶۶۷۰۰۰*	۱/۴۱۰۲۰۰۹*	۳۵۵/۶۴۶۰۶*	۶۱۹/۵۶۴۸	۱۸۱۷۸۳/۲۷*
خطا (Error)	۸	۰/۰۳۰۰۰۰۰	۰/۱۱۲۱۳۰۰	۲۱۹/۶۷۰۶۲	۵۰۹/۴۹۸۰	۸۲۱۹۷/۳۸
کل (Total)	۱۱	۱/۶۹۶۷۰۰۰	۱/۵۲۲۳۳۰۹	۵۷۵/۳۱۶۶۸	۱۱۲۹/۰۶۲۸	۲۶۳۹۸۰/۶۴

*** معنی داری در سطح ۵ درصد**

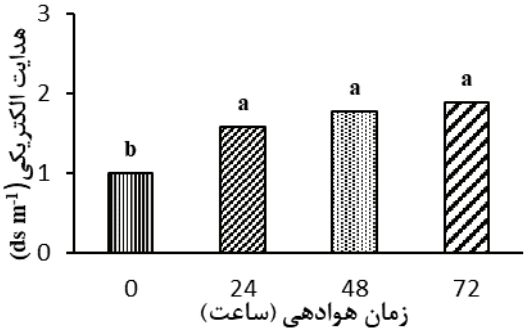
بر اساس جدول ۲ در بین پارامترهای اندازه گیری شده تاثیر زمان هوادهی بر مقدار نیترات معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین مقادیر pH تحت تاثیر تیمار آزمایشی زمان هوادهی در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که فرایند هوادهی موجب کاهش pH شد و چای ورمی‌کمپوست بدون هوادهی تفاوت معنی‌داری با چای ورمی‌کمپوست هوادهی شده داشت به طوری که مقدار آن از ۹/۱۶ در زمان صفر به ۸/۳ در زمان ۷۲ ساعت هوادهی کاهش یافت. این در حالی بود که افزایش زمان هوادهی تفاوت معنی‌داری در مقدار pH ایجاد نکرد. در مطالعه‌ی Islam et al. (2016) مقدار pH چای کمپوست در طی زمان انکوباسیون و ذخیره سازی از ۸/۸ به ۸/۱ کاهش یافت. این فرآیند را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که CO_2 تولید شده در نتیجه فعالیت‌های میکروبی (باکتری‌های بی هوازی، قارچ ها) در چای کمپوست حل شده و اسید کربنیک تشکیل می‌دهد که یک اسید ضعیف بوده و در نتیجه باعث کاهش pH با گذشت زمان می‌شود. علاوه بر این تولید یکسری اسیدهای آلی در نتیجه تجزیه بخشی از مواد آلی می تواند در کاهش pH موثر باشد.



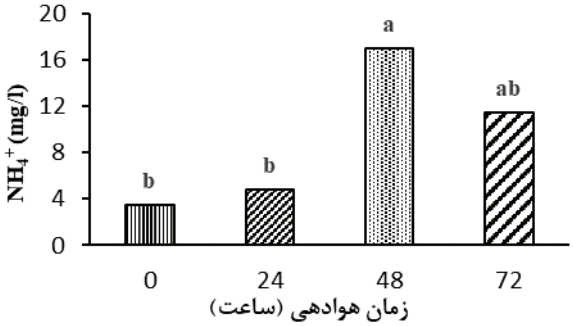
شکل ۱- اثر زمان هوادهی (ساعت) بر pH چای ورمی‌کمپوست

اثر زمان هوادهی بر هدایت الکتریکی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که فرایند هوادهی موجب افزایش هدایت الکتریکی شد و با افزایش زمان هوادهی مقدار هدایت الکتریکی نیز افزایش یافت، به طوری که زمان صفر هوادهی به طور معنی‌داری کمترین مقدار هدایت الکتریکی را نشان داد. افزایش زمان هوادهی از ۲۴ تا ۷۲ ساعت تفاوت معنی‌داری در مقدار هدایت الکتریکی ایجاد نکرد. Martin et al. (2012) نیز با در پژوهش خود نشان دادند که با افزایش زمان هوادهی از ۱۸ به ۳۶ ساعت، هدایت الکتریکی از ۳/۶۴(mS/m) به ۴/۰۴ (mS/m) رسید. افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی با تاثیر بر تجزیه مواد آلی می تواند منجر به افزایش کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول شده و از این طریق بر میزان هدایت الکتریکی موثر باشد.



شکل ۲- اثر زمان هوادهی (ساعت) بر هدایت الکتریکی(Ec) چای ورمی‌کمپوست

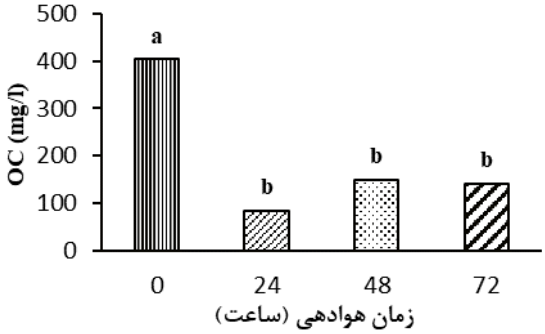
تغییرات مقدار آمونیوم در نتیجه اثر زمان هوادهی بر چای ورمی‌کمپوست در شکل ۳ بررسی شده است. بر اساس نتایج بدست آمده مقدار آمونیم در چای ورمی‌کمپوست در نتیجه هوادهی در زمان ۴۸ ساعت افزایش یافت و پس از آن در زمان ۷۲ ساعت با کاهش رو به رو شد هرچند این کاهش معنی دار نبود. بیشترین مقدار آمونیوم در ۴۸ ساعت هوادهی مشاهده شد که در مقایسه با زمان صفر و ۲۴ ساعت معنی‌دار بود. این در حالی بود که زمان ۷۲ ساعت هوادهی نتوانست تفاوت معنی‌داری با سایر زمان‌ها ایجاد کند. در تحقیق Martin et al. (2012) بیشترین مقدار آمونیوم را در زمان ۲۷ ساعت هوادهی اندازه گیری شد. تفاوت در نوع مواد آلی و شرایط آزمایش می تواند دلیل تفاوت نتایج در تحقیقات مختلف باشد.



شکل۳- اثر زمان هوادهی (ساعت) بر آمونیوم (NH_4^+) چای ورمی‌کمپوست

در شکل ۴ تغییرات کربن آلی محلول در چای ورمی‌کمپوست تحت تاثیر زمان هوادهی نشان داده شده است. با توجه به شکل عصاره ورمی‌کمپوست هوادهی نشده دارای بیشترین مقدار کربن آلی محلول بود و کاهش معنی‌داری با چای ورمی‌کمپوست هوادهی شده نشان داد. با افزایش زمان هوادهی از ۲۴ ساعت تا ۷۲ ساعت، هوادهی تاثیر معنی داری بر

مقدار کربن آلی محلول نداشت. به نظر می رسد که افزایش فعالیت میکربی در نتیجه هوادهی با مصرف منابع کربن قابل دسترس دلیل این کاهش باشد. Islam et al. (2016) در مطالعه خود میانگین کل کربن آلی محلول پس از گذشت ۲، ۴ و ۶ روز استخراج به ترتیب ۹/۶، ۶/۵ و ۷/۵ گرم در لیتر گزارش کردند که به طور کلی، کاهش کربن آلی محلول از ۲ به ۶ روز استخراج مشاهده شد.



شکل۴- اثر زمان هوادهی (ساعت) بر کربن آلی محلول (OC) چای ورمی‌کمپوست

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان داد که فرآیند هوادهی و مدت زمان هوادهی می تواند به طور معنی‌داری بر ویژگی‌های شیمیایی چای ورمی‌کمپوست موثر باشد به طوری که در این مطالعه هوادهی موجب کاهش pH و افزایش هدایت الکتریکی شد در حالی که تغییر زمان هوادهی تاثیر معنی‌داری بر این دو ویژگی نشان نداد. اگرچه تغییرات نیترات در بازه زمانی مورد مطالعه معنی‌دار نبود مقدار آمونیوم در زمان ۴۸ ساعت افزایش معنی‌داری نشان داد و کربن آلی محلول در نتیجه هوادهی کاهش یافت. با توجه به تغییرات کربن آلی محلول و شکل‌های فراهم نیتروژن که مستقیما تحت تاثیر فرایندهای بیولوژیکی می‌باشند پیشنهاد می‌شود که این تغییرات در زمان‌های طولانی‌تر نیز بررسی گردد.

منابع

Barker, A. V., & Bryson, G. M. (2006). Comparisons of composts with low or high nutrient status for growth of plants in containers. Communications in soil science and plant analysis, 37(9-10), 1303-1319.

Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen—total. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 595-624.

Chapman, H. D. (1965). Total exchangeable bases. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9, 902-904.

Gopal, M., Gupta, A., Palaniswami, C., Dhanapal, R., & Thomas, G. V. (2010). Coconut leaf vermiwash: a bio-liquid from coconut leaf vermicompost for improving the crop production capacities of soil. Current science, 1202-1210.

Goswami, D., Thakker, J. N., & Dhandhukia, P.C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. Cogent Food & Agriculture, 2(1), 1127500

Heydari, M., Daneshian Moghaddam, A. M., & Nourafcan, H. (2017). Effect of vermicompost and liquid seaweed fertilizer on morpho-physiological properties of marigold (Calendula officinalis L.). Journal of Crop Ecophysiology, 10(40 (4)), 891-906.

Ingham, E. (2005). The compost tea brewing manual (Vol. 728). Corvallis, OR, USA: Soil Foodweb Incorporated.

Islam, M. K., Yaseen, T., Traversa, A., Kheder, M. B., Brunetti, G., & Cocozza, C. (2016). Effects of the main extraction parameters on chemical and microbial characteristics of compost tea. Waste management, 52, 62-68.

Malakouti, M.J. (1995). How to use the chemical and organic fertilizers in increasing potato production in Iran, The first technical journal of Soil and Water Research Institute. Department of training and equipping of TAT, Tehran staffing agency. (In Persian).

Martin, C. C. G., Dorinvil, W., Brathwaite, R. A. I., & Ramsubhag, A. (2012). Effects and relationships of compost type, aeration and brewing time on compost tea properties, efficacy against Pythium ultimum, phytotoxicity and potential as a nutrient amendment for seedling production. Biological Agriculture & Horticulture, 28(3), 185-205.

Melero, S., Vanderlinden, K., Ruiz, J. C., & Madejon, E. (2008). Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *European journal of soil* biology, 44(4), 437-442.

Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica chimica acta, 27, 31-36.

Naidu, Y., Meon, S., Kadir, J., & Siddiqui, Y. (2010). Microbial starter for the enhancement of biological activity of compost tea. Int. J. Agric. Biol, 12(1), 51-56.

Olsen, S. R., Sommers, L. E., & Page, A. L. (1982). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties of Phosphorus. ASA Monograph, (9), 403-430.

Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2002). Compost tea: principles and prospects for plant disease control. Compost Science & Utilization, 10(4), 313-338.

Scheuerell, S. J., & Mahaffee, W. F. (2004). Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by Pythium ultimum. *Phytopathology*, *94*(11), 1156-1163.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1), 29-38.

Zarei, M., Abadi, V. A. J. M., & Moridi, A. (2018). Comparison of vermiwash and vermicompost tea properties produced from different organic beds under greenhouse conditions. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 7(1), 25-32.

Effect of aeration on some chemical properties of vermicompost tea

Niloofar Montazami[1], Akram Halajnia[*2], Reza khorasani[3], Amir fotovat[4]

1- M.Sc. Student, Department of Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
(*-corresponding author Email: halajnia@um.ac.ir)
3- Associate professor, Department of Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
4-, Professor Department of Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Vermicompost tea, the result of aerobic treatment of vermicompost, is containing nutrients and growth-promoting organic compounds that improve plant growth, and in recent years its production and use as a liquid biological fertilizer has expanded. Due to the effect of different factors in the production of vermicompost tea on its properties, this experiment was performed to investigate the effect of aeration time on some chemical properties of vermicompost tea, in a completely randomized design with three replications. The studied treatmentwas different aeration times (zero, 24, 48 and 72 hours). Some chemical properties of vermicompost tea including changes in pH, electrical conductivity, mineral forms of nitrogen (ammonium and nitrate) and dissolved organic carbon were evaluated. The results showed that aeration of vermicompost tea significantly reduced pH and increased electrical conductivity. The highest percentage of ammonium increase due to the increase of aeration time was obtained in 48 hours compared to zero time (without aeration). Dissolved organic carbon decreased as a result of aeration and changes in aeration time from 24 hours to 72 hours did not cause a significant difference on its amount. Nitrate content was not affected by aeration time and its changes were not significant.

Keywords: Organic fertilizer, Compost tea, Biological fertilizer

تاثیر بیوچار و کمپوست باگاس نیشکر بر کربن آلی و فسفر قابل استفاده در خاک آهکی

خسرو بتیار[۱]، ندا مرادی[۲*]، عبدالامیر معزی[۳]، شیلا خواجوی شجاعی[۴]

۱- دانشجوی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- دانش آموخته دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

*نویسنده مسئول: n.moradi@scu.ac.ir

چکیده

کمبود فسفر یکی از مشکلات عمده خاک‌های آهکی و عامل محدوده‌کننده تولید محصول در این خاک‌ها است. استفاده از اصلاح-کننده‌های آلی مانند کمپوست، بیوچار و یا استفاده تلفیقی از آن‌ها می‌تواند در بهبود مقدار فسفر قابل جذب خاک موثر باشد. به این منظور، تاثیر کاربرد تلفیقی کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر کربن آلی و فسفر قابل جذب یک خاک آهکی مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار با نمونه خاک ترکیب شدند و نمونه‌ها به مدت۱۲۰ روز در دمای ثابت نگهداری شدند. نتایج نشان داد کاربرد تیمارهای مختلف کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر سبب افزایش معنی‌دار فسفر قابل استفاده خاک (۸۸/۱٪-۲۶/۶)، کربن آلی کل (۷۶/۸٪-۴۲) شد. تاثیر کاربرد کمپوست و کمپوست ۷۵٪ + بیوچار ۲۵٪ در افزایش مقدار کربن آلی کل و فسفر قابل استفاده خاک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. کاربرد تمامی تیمارها به جز بیوچار، سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک (۱۸/۸٪-۹/۴) نسبت به تیمار شاهد گردید. به‌طور کلی، استفاده تلفیقی از کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر می‌تواند اصلاح‌کننده مناسبی جهت بهبود کربن آلی و فسفر قابل استفاده خاک باشد.

واژگان کلیدی: آهکی، باگاس نیشکر، بیوچار، کمپوست، فسفر.

مقدمه

فسفر از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان است که به مقدار ۰/۸ – ۰/۲ درصد برای رشد مناسب گیاهان لازم است. اما کمبود فسفر یک مشکل گسترده در خاک‌های کشاورزی و بویژه عامل محدود کننده برای تولید محصول در خاک‌های آهکی و اسیدی می‌باشد (Richardson *et al*. 2011). در خاکهای آهکی به علت وفور کلسیم، کودهای فسفاته محلول به سرعت تبدیل به دی کلسیم فسفات با حلالیت کمتر و نهایتاً تری کلسیم فسفات نامحلول می‌گردند (Schneider and Haderlein 2016). فسفر علاوه بر اینکه از جنبه تغذیه‌ای حائز اهمیت است، از نظر آلودگی نیز از اهمیت بالای برخوردار است. سالانه تقریباً ۱۵ میلیون تن کود فسفر در سطح جهان مصرف می‌شود که از این مقدار فقط ۵-۳۰ درصد توسط گیاه برداشت می‌شود (Maluf *et al*. 2018). بنابراین بخش زیادی از کودهای فسفر به کار برده شده در خاک ها تجمع می‌یابند، با این حال رهاسازی فسفر از کانی‌های رسی و مواد آلی، می‌تواند منجر به تجمع آن در خاک و در نتیجه حرکت آن به آب‌های سطحی از طریق فرسایش و آبشویی به آب‌های زیرزمینی شود و همچنین پدید اوتروفیکاسیون آب‌های سطحی می‌گردد (Alzeyadi *et al*. 2019). بنابراین نیاز به اعمال یک استراتژی کارآمد و پایدار برای افزایش کارایی فسفر کودهای مورد استفاده در خاکهای قابل کشت است (Ghodszad *et al*. 2021).

بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که در خاکهای آهکی ایران مخلوط کردن کودهای فسفاتی با مواد آلی موجب جذب بهتر فسفر توسط گیاه می‌گردد. این پدیده می‌تواند ناشی از کاهش pH خاک بر اثر تولید گاز کربنیک طی تجزیه مواد آلی و افزایش فسفر آلی باشد (ملکوتی، ۱۳۷۷). یکی از روش‌های افزودن موادآلی خاک، کمپوست سازی است که به‌عنوان موثرترین روش برای کنترل و مدیریت بقایای آلی گزارش شده است. افزودن کودهای آلی همانند کمپوست به خاک از طریق فرآیندهایی نظیر تولید اسید

کربنیک، تجزیه ترکیبات مختلف فسفوهومیک، جایگزینی سطحی یون‌های هومات با فسفات‌های نامحلول، پوشاندن سطوح ذرات اکسیدهای آهن و آلومینیم با هوموس و کلات کردن عناصری که فسفر را تثبیت می‌کنند، قابلیت جذب فسفر به وسیله گیاه را می‌افزاید (Rayan *et al*. 2001).

از راه‌های دیگر افزایش ماده آلی و قابلیت استفاده عناصرغذایی استفاده از بیوچار است (Xu *et al*. 2014). بیوچار یک ماده جامد بسیار پایدار و غنی از کربن است که طی فرایند گرماکافت (Pyrolysis) در شرایط بی‌هوازی تولید می‌شود. افزودن بیوچار به خاک ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک، از جمله ساختمان خاک، فراهمی عناصر غذایی و آب، همچنین نگهداشت عناصر غذایی را بهبود بخشد (Abarca *et al*. 2020). بیوچار فعالیت کاتیون‌های چند ظرفیتی مثل Fe و Al و Ca را که تثبیت کننده فسفر هستند، کاهش می‌دهد که نتیجه آن تشکیل کمپلکس و آزاد کردن فسفر از مکان‌های تثبیت شده به محلول خاک می‌باشد. Motaghian *et al*. (2019)، در تحقیق خود بیان کردند، میزان رهاسازی فسفر در خاکهای تیمار شده با بیوچار بقایای نیشکر بیشتر از خاک تیمار با بقایای نیشکر بود. علاوه براین، بیوچار رهاسازی و قابلیت استفاده فسفر را توسط ۱) تغییر فعالیت یونهای کلسیم، آهن و آلومینیوم از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۲) استفاده از بیوچار به عنوان منبع فسفر محلول که می‌تواند سبب افزایش فسفر در محلول خاک شود، افزایش می‌دهد. بنابراین با توجه به اهمیت فسفر در حاصلخیزی خاک به ویژه در خاک‌های آهکی و نقش این عنصر در افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، در این پژوهش کارایی استفاده همزمان از کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر به عنوان اصلاح‌کننده‌های آلی در فراهمی فسفر قابل استفاده خاک بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدچمران اهوازنمونه‌برداری شد. نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، هوا- خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردیدند.

باگاس نیشکر و کمپوست از شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی خوزستان تهیه گردید و برخی ویژگی‌های آنها از جمله قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و pH در نسبت ۱:۵ نمونه به آب مقطر، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد خاکستر، کربن ، نیتروژن کل و فسفر کل براساس روش‌های آزمایشگاهی استاندارد اندازه‌گیری شدند (Jindo *et al*. 2016). برای تهیه بیوچار از زیست توده باگاس نیشکر استفاده گردید. بدین منظور باگاس نیشکر ابتدا هوا خشک شده و پس از آسیاب کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شد. سپس باگاس نیشکر برای تبدیل به بیوچار در کوره الکتریکی در شرایط بدون اکسیژن در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت با نرخ افزایش دمای ۵ درجه سلسیوس در دقیقه تهیه گردید. سپس ویژگی‌های بیوچار تهیه شده به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید (Singh *et al*. 2017).

اثر کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر فسفر قابل استفاده خاک به صورت آزمایش انکوباسیون بررسی گردید. این پژوهش با ۶ تیمار شامل ۱- شاهد، ۲- کمپوست باگاس نیشکر (۲۰ گرم در کیلوگرم خاک) ۳- بیوچار باگاس نیشکر (۲۰ گرم در کیلوگرم خاک)، ۴- کمپوست ۵۰٪ + بیوچار ۵۰٪ (۱۰ گرم کمپوست بر کیلوگرم خاک+ ۱۰ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک)، ۵- کمپوست ۷۵٪ + بیوچار ۲۵٪ (۱۵ گرم کمپوست بر کیلوگرم خاک+ ۵ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک) و ۶- کمپوست ۲۵٪ + بیوچار ۷۵٪ (۵ گرم کمپوست بر کیلوگرم خاک+ ۱۵ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک) در دوره زمانی ۱۲۰ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. برای اجرای آزمایش به ۲۰۰ گرم از نمونه خاک هواخشک شده، مقدار مورد نظر از تیمارهای مورد مطالعه اضافه شد. پس از مخلوط شدن، نمونه‌ها در ظروف پلی اتیلنی ریخته شدند و رطوبت نمونه با افزودن آب مقطر به صورت اسپری در حد رطوبت ظرفیت مزرعه رسانده شد. تیمارها به مدت ۱۲۰ روز در شرایط کنترل شده با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. در طول مدت انکوباسیون ظروف توزین شده تا اگر وزن آن‌ها کم شده باشد، به‌وسیله آب مقطر جبران گردد. بعد از ۱۲۰ روز، نمونه‌ها هوا خشک شده و میزان فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن و ماده آلی خاک به روش والکلی و بلک بررسی گردید. همچنین pH و EC خاک نیز اندازه‌گیری شد.

رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی، آهکی، غیر شور، دارای مقدار کربن آلی کم و فسفر قابل استفاده کم بود (جدول ۱). همچنین نتایج برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار و کمپوست باگاس نیشکر مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. کمپوست تهیه شده دارای شوری بالا بود، همچنین بیوچار باگاس نیشکر نیز دارای pH بالا و نسبت C/N بالا بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	کربنات کلسیم معادل (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	غلظت قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
						P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
لومی	۷/۶	۱/۲	۴۳/۹	۰/۴	۰/۰۷	۱۱/۵	۹۸	۱/۲۵	۴/۱۲	۰/۵۰	۰/۷۶

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر

	خاکستر	pH	EC	CEC	فسفر	کربن	نیتروژن	C/N
	درصد		دسی‌زیمنس بر متر	سانتی‌مول بار بر کیلوگرم	درصد			
بیوچار	۵۴/۷	۹/۷	۱/۱	۲۲/۹	۰/۷	۳۸/۱	۰/۶۹	۶۵/۸
کمپوست	۰/۴۹	۷/۶	۶/۶۱	-	۰/۶۲	۲۷/۰۳	۱/۱۲	۲۴/۲

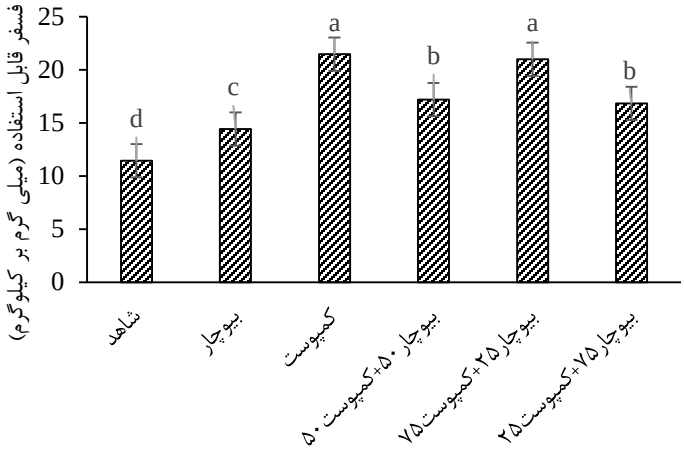
نتایج تجزیه واریانس، تاثیر تیمارهای مختلف کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر فسفر قابل استفاده، ماده آلی و EC خاک در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود همچنین بر مقدار pH خاک نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تیمارها بر فسفر قابل استفاده، ماده آلی، pH و EC خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	فسفر قابل استفاده	کربن آلی	pH	EC
تیمارها	۵	۲۴/۷۲***	۰/۴۳***	۰/۰۰۴*	۰/۰۲۳***
خطای آزمایشی	۶	۰/۵۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۴/۱۸	۴/۶۷	۰/۵۸	۱/۷۶

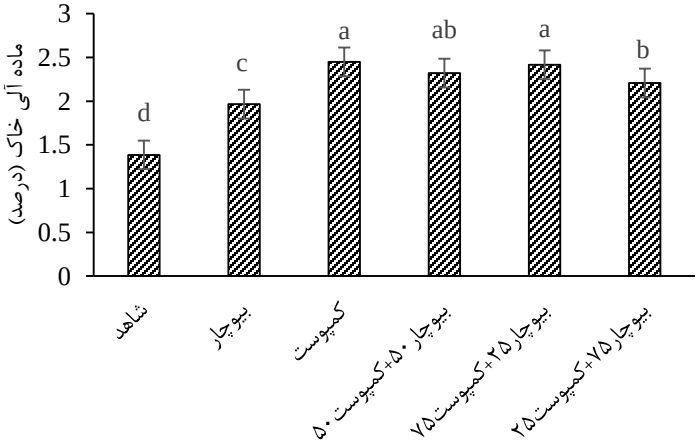
* و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال۵ و ۰/۱ درصد.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، استفاده از تیمارهای مختلف کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر سبب افزایش معنی‌دار فسفر قابل استفاده خاک نسبت به تیمار شاهد (۸۸/۱٪-۲۶/۶٪) شد (شکل ۱). این افزایش در تیمار کمپوست و کمپوست ۷۵٪ + بیوچار ۲۵٪ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. افزایش مقدار فسفر قابل استفاده در اثر افزودن کمپوست و بیوچار توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (Sulemana *et al*. 2021, Morales *et al*. 2013). بیوچار با کاهش ظرفیت تثبیت فسفر در خاک به افزایش مقدار فسفر قابل استفاده کمک می‌کند. از طرفی بیوچار و کمپوست با پوشش دادن سطح رس‌ها و اکسید-هیدروکسیدهای خاک سبب کاهش مکان‌های جذب برای فسفر می‌شوند. یکی دیگر از دلایل افزایش مقدار فسفر قابل استفاده، محصولات تولید شده در اثر تجزیه کمپوست و بیوچار، یون‌های آزاد فسفر برای مکان‌های جذبی و آزادسازی یون هیدروژن و تولید آنزیم فسفاتاز توسط زیرموجودات خاک است (Sulemana *et al*. 2021).



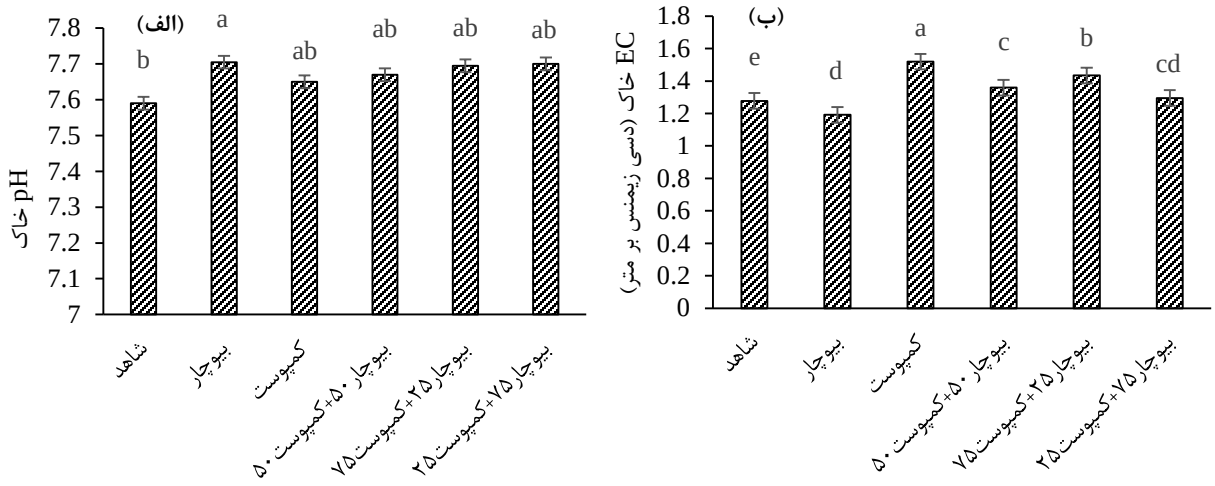
شکل ۱- تأثیر کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر فسفر قابل استفاده خاک.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد تمامی تیمارها، سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی کل نسبت به تیمار شاهد (۷۶/۸٪-۴۲) شد (شکل ۲). تاثیر کاربرد کمپوست، کمپوست ۷۵٪ + بیوچار ۲۵٪ و کمپوست ۵۰٪ + بیوچار ۵۰٪ در افزایش مقدار کربن آلی کل خاک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. افزایش کربن آلی کل در اثر افزودن کمپوست و بیوچار به‌دلیل مقدار کربن آلی این ترکیبات است که در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است (Sulemana *et al*. 2021, Karimi *et al*. 2020). افزایش کربن آلی خاک به دلیل تأثیرپذیری از کربن بیوچار و کمپوست است به طوری که بخشی از کربن آلی موجود در بیوچار به ذخایر کربن در خاک پیوسته و باعث افزایش سطح ماده آلی خاک خواهد شد. بخشی دیگر از آن پس از افزوده شدن به خاک اکسید میشود و این اکسیداسیون منجر به تشکیل گروههای عاملی می‌گردد (Lawrinenko and Laird 2015). افزایش مقدار کربن آلی کل خاک به بهبود فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله فسفر کمک می‌کند (Aboukila *et al*. 2018).



شکل ۲- تأثیر کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر ماده آلی خاک.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، کاربرد بیوچار و کمپوست باگاس نیشکر تنها سبب افزایش معنی‌دار pH در تیمار حاوی ۱۰۰٪ بیوچار به مقدار ۰/۰۸ واحد شد، در حالی که تاثیر معنی‌داری در سایر تیمارها نداشت (شکل ۳-الف). افزایش pH خاک در تیمار بیوچار می‌تواند به دلیل pH بالای بیوچار باگاس نیشکر باشد (جدول ۲). همچنین کربنات‌های موجود در بیوچارهای تهیه شده در دماهای بالا می‌تواند سبب افزایش pH خاک شوند (Al-Wabel et al. 2018).



شکل ۳- تأثیر کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر pH خاک (الف) و EC خاک (ب).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد تمامی تیمارها به جز تیمار ۱۰۰٪ بیوچار، سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک (۱۸/۸٪-۹/۴) می‌شود (شکل ۳- ب). در حالی که افزودن بیوچار به خاک سبب کاهش ۶/۲ درصد در هدایت الکتریکی خاک نسبت به تیمار شاهد شد. با توجه به این‌که هدایت الکتریکی نمونه کمپوست ۶/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر بود و که نسبت به بیوچار تهیه شده از باگاس نیشکر هدایت الکتریکی (۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر) کمتری داشت. بنابراین کاهش هدایت الکتریکی خاک در اثر کاربرد بیوچار قابل توجیه است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه بر تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد بیوچار و کمپوست و کاربرد همزمان بیوچار و کمپوست باگاس نیشکر بر میزان فسفر قابل استفاده و ماده آلی داشت بیشتر بود. نتایج این تحقیق حاکی از افزایش فسفرقابل استفاده و موادآلی خاک با استفاده تلفیقی بیوچار و کمپوست باگاس نیشکر بویژه در تیمار بیوچار ۲۵٪+کمپوست ۷۵٪ بود. با توجه به حجم بالای ضایعات کشاورزی به خصوص باگاس نیشکر در استان خوزستان، تبدیل آنها به کمپوست و بیوچار می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های خاک مانند افزایش ماده آلی و فسفر قابل استفاده خاک گردد و نهایتاً موجب بهبود کیفیت خاک گردد. لذا استفاده تلفیقی از مواد آلی اصلاح‌کننده خاک مانند کمپوست و بیوچار می‌تواند به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی فسفره و همچنین کاهنده خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد این کودها باشد و استفاده از آن‌ها به عنوان راه‌حلی مفید و اقتصادی در جهت بهبود قابلیت استفاده فسفر خاک توصیه می‌گردد. اما نیاز است که آزمایشات مشابهی در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای انجام شود.

فهرست منابع

ملکوتی، م.ج. (۱۳۷۷). روش جامعه تشخیص نیاز گیاهان و مصرف بهینه کوده های شیمیایی در اراضی زراعی ایران، چاپ سوم انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

Abarca, R.R., de Luna, M.D., Chakraborty, S., Curcio, S., Candamano, S. (2020). Utilization of response surface methodology in optimization of deoiled olive pomace activated biochar production. E3S Web of Conferences. 148:02006

Aboukila, E.F., Nassar, I.N., Rashad, M., Hafez, M. and Norton, J.B. (2018). Reclamation of calcareous soil and improvement of squash growth using brewers' spent grain and compost. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 390-397.

Al-Wabel, M.I., Hussain, Q., Usman, A.R., Ahmad, M., Abduljabbar, A., Sallam, A.S., Ok, Y.S. (2018). Impact of biochar properties on soil conditions and agricultural sustainability: a review. *Land degradation and development*, 29 (7), 2124-2161.

Alzeyadi, A., Al-Ansari, N., Laue, J., Alattabi, A. (2019). Study of biomass bottom ash efficiency as phosphate sorbent material. *Civil Engineering Journal*, 11(5), 2392–2401.
Ghodszad, L., Reyhanitabar, A., Oustan, S. (2021). Biochar effects on phosphorus sorption-desorption kinetics in soils with dissimilar acidity. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 366–383.
Jindo, K., Sonoki, T., Matsumoto, K., Canellas, L., Roig, A., Sanchez-Monedero, M. (2016). Influence of biochar addition on the humic substances of composting manures. *Waste Manag*, 49, 545–552.
Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M. and Enayatizamir, N. (2020). Application of biochar changed the status of nutrients and biological activity in a calcareous soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(2), 450-459.
Lawrinenko, M. and Laird, D.A. (2015). Anion exchange capacity of biochar. *Green Chemistry*, 17(9),4628-4636.
Maluf, H.J.G.M., Silva, C.A., Curi, N., Norton, L.D., Rosa, S.D. (2018). Adsorption and availability of phosphorus in response to humic acid rates in soils limed with CaCO3 or MgCO3. *Ciência e Agrotecnologia*, 42(1), 7–20.
Morales, M.M., Comerford, N., Guerrini, I.A., Falcão, N.P. and Reeves, J.B. (2013). Sorption and desorption of phosphate on biochar and biochar–soil mixtures. *Soil Use and Management*, 29(3), 306-314.
Motaghian, H., Hosseinpur, A., Safian, M. (2019). The Effects of Sugarcane-Derived Biochar on Phosphorus Release Characteristics in a Calcareous Soil. *J Soil Science and Plant Nutrition*, 20, 66-74.
Ryan, J., Estefan, G., Rashid, R. (2001). Soil and plant Analysis Laboratory Manual. Second Edition. Available from I CARDA, Aleppo, Syria, 172.
Richardson, A.E., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H. (2011). Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and Soil*, 349(1-2), 121–156.
Schneider, F., Haderlein, S.B. (2016). Potential effects of biochar on the availability of phosphorus—mechanistic insights. *Geoderma*, 277, 83–90.
Singh, B., Camps-Arbestain, M., Lehmann, J. eds. (2017). Biochar: a guide to analytical methods. Csiro Publishing.
Sulemana, N., Nartey, E.K., Abekoe, M.K., Adjadeh, T.A. and Darko, D.A. (2021). Use of Biochar-Compost for Phosphorus Availability to Maize in a Concretionary Ferric Lixisol in Northern GHANA. *Agronomy*, 11(2), 359.
Xu, G., Sun, J., Shao, H., Chang, S.X. (2014). Biochar had effects on phosphorus sorption and desorption in three soils with differing acidity. *Ecological Engineering*, 62, 54–60.

Effect of biochar-compost of sugarcane bagasse on soil organic carbon and avalabile phosphrous in a calcareous soil

Khosro Batyar [1], Neda Moradi [2*], Abdolamir Moezzi [3], Shila Khajavi-Shojaei [4]
1- MSc student of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2-Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4- Ph.D Graduated of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author's Email: n.moradi@scu.ac.ir

Abstract
Phosphorus deficiency is one of the major problems of calcareous soils and a limiting factor for crop production in these soils. The use of organic amendments such as compost, biochar or a combination of them can be effective in improving the amount of available phosphorus of the soil. For this purpose, the effect of combined application of compost and biochar of sugarcane bagasse on the soil organic carbon and available phosphorus of a calcareous soil was investigated. Thus, sugarcane bagasse compost and biochar were combined with soil samples in a completely randomized design with 6 treatments and 3 replications and the samples were kept at a constant temperature for 120 days. The results showed that the application of different treatments of compost and biochar of sugarcane bagasse caused a significant increase in available soil phosphorus (26.6.88%) and total organic carbon (42.76.8%). The effect of using compost and compost 75% + biochar 25% on increasing the amount of total organic carbon and available phosphorus in the soil was significantly higher than other treatments. Application of all treatments except biochar increased soil electrical conductivity (9.4-8.8%) compared to control treatment. In general, the combined use of compost and sugarcane bagasse biochar can be a good amendments to improve soil organic carbon and available phosphorus.
Keywords: Biochar, Calcareous, Compost, Phosphrous, Sugarcane bagasse.

اثر سطوح مختلف روی به‌همراه اسیدآمینه، بر رشد، جذب و انتقال روی در کلزا در شرایط آب‌کشت

محمدهادی میرزاپور[1*]، احمد گلچین[2]، محمدرضا نایینی[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم،
mhmirzap@yahoo.com

۲- استاد گروه علوم و مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۳- استادیاربخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم

چکیده

بررسی نقش اسیدهای‌آمینه در جذب و انتقال عناصر کم‌مصرف برای بهبود مدیریت تغذیه گیاه ازاهمیت ویژه‌ای برخورداراست. در این آزمایش کشت محلول، اثرکاربرد سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ میکرومولار روی به‌همراه ۱۰۰ میکرومولار تریپتوفان، آرژنین و هیستیدین برجذب و انتقال روی درکلزا بررسی‌شد. نتایج نشان داد در غلظت ۵ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه آرژنین و تریپتوفان سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره در مقایسه با شاهد شد در حالی که کاربرد هیستیدین منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره گیاه در این سطح از روی شد. بالاترین مقدار جذب روی توسط شاخساره کلزا در سطح ۱۰ میکرومولار روی در حضور اسید آمینه هیستیدین بدست آمد. کاربرد ۱۰ میکرومولار روی تنها در حضور آرژنین سبب افزایش معنی‌دار جذب روی ریشه در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه شد. براساس نتایج پژوهش حاضر، حضور اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری بر جذب و انتقال روی در کلزا داشت و این تأثیر بسته به نوع اسید آمینه متفاوت بود. در بین اسیدهای آمینه، کاربرد اسیدآمینه هیستیدین باعث بیشترین افزایش جذب روی و عملکرد ماده خشک شاخساره و ریشه کلزا گردید.

واژگان کلیدی: اسیدآمینه، جذب، روی، کلزا

مقدمه

روی، یکی از عناصر کم‌مصرف است که کمبود آن سبب کاهش شدید رشد و نمو گیاه می‌شود (چاک مک و همکاران، ۱۹۹۹، احکی، ۱۹۹۱). نقش کاتالیزوری و ساختمانی روی در بیش از ۳۰۰ آنزیم گیاهی شناخته شده است. عنصر روی همچنین در متابولیسم DNA و RNA، ساختمان کروماتین، جهش ژنی و نیز ساخت برخی پروتئین‌ها تاثیرگذار است (کاک مک و انگل، ۱۹۹۹؛ کاک مک و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که روی، هم در تکامل ساختار غشاء سلولی و هم از طریق اتصال به فسفولیپیدها و گروه‌های سولفیدریل غشاء سلولی، در حفاظت آن در برابر صدمات مختلف نقش دارد. در شرایط کمبود روی، غلظت ترکیبات آلی مانند کربوهیدرات‌ها و اسیدهای آمینه در گیاه به شدت افزایش می‌یابد (هاسی‌صالح اُقلو، ۲۰۰۳؛).

عوامل متعددی بر جذب روی توسط ریشه و توزیع آن در اندام‌های مختلف گیاه اثر دارند که از آن جمله، ترشحات ریشه به ویژه اسیدهای آمینه است. اسیدهای آمینه با تشکیل کمپلکس با روی به جذب بهتر این عنصر کمک می‌کنند. این فرضیه

وجود دارد که کمپلکس آمینواسید-روی از مسیر جذب آمینواسیدها جذب شده و به افزایش جذب روی نیز منجر می‌شود. مکانیزم‌های مختلفی (فعال و غیرفعال) برای جذب اسیدآمینه‌ها از غشای پلاسمایی ریشه گیاهان پیشنهاد شده است اما جذب فعال این ترکیبات از طریق ناقل‌های اختصاصی مورد تأکید قرار گرفته است (ناشهولم، ۲۰۰۹). اسید آمینه‌ها پس از جذب توسط ریشه، از طریق آوندهای چوب و آبکش در گیاه منتقل می‌شوند و از این طریق، علاوه بر بازچرخ نیتروژن در بخش‌های مختلف گیاه، باعث افزایش انتقال برخی از عناصر از جمله روی از ریشه به شاخساره گیاه می‌گردد (کوکسال و همکاران، ۱۹۹۹). جذب فلزات توسط ریشه شامل جذب آپوپلاستی، جذب از طریق فضای خارجی سلول (دیواره سلولی، فضای بین سلول‌ها و حفره‌های آوند چوبی) و عبور از غشای پلاسمایی (جذب سیمپلاستی) می‌باشد (کنی، ۱۹۹۵). در مرحله‌ی اول، نگهداشت کاتیون‌های فلزی توسط بار منفی موجود در فضای آپوپلاسمی اتفاق می‌افتد (میچیک و برماکوف، ۲۰۰۱). هرچقدر بار منفی در فضای آپوپلاسمی بیشتر باشد و یا بار مثبت کاتیون‌ها بالاتر باشد، نگهداشت آپوپلاسمی بیشتر و جذب واقعی عناصر کمتر خواهد بود. در نتیجه، مقدار کمتری از عناصر به اندام‌های هوایی منتقل می‌شوند (رجالا و همکاران، ۲۰۱۰).

تنها، بخش اندکی از عناصر کم مصرف در محیط ریشه به شکل آزاد وجود داشته و غالب یون‌ها، با مولکول‌های کم‌وزن ترشح شده از ریشه‌ها، کمپلکس تشکیل می‌دهند (نوواک و همکاران، ۲۰۰۶؛ کالاهان و همکاران، ۲۰۰۶). برخی از این مولکول‌ها شامل قندها، اسیدآمینه‌ها و اسیدهای آلی هستند (فاجریا، ۲۰۰۴؛ نوواک و همکاران، ۲۰۰۶؛ جونز و همکاران، ۲۰۰۶). برخی محققان اعتقاد دارند اسیدهای آمینه به علت سرعت بالای تخریب میکروبی، از قابلیت کمتری در افزایش پویایی عناصر کم مصرف در محیط ریشه برخوردارند (جونز و هوج، ۱۹۹۹). اما از آن‌جا که غلظت اسیدهای آمینه در محلول خاک غالباً خیلی بیشتر از غلظت عناصر کم‌مصرف می‌باشد (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۳) بنابراین، اسید آمینه‌های موجود در محیط ریشه، نقش مهمی در تشکیل کمپلکس با این عناصر دارند. نکته قابل توجه در خصوص کمپلکس‌های اسیدآمینه-فلز، پایداری این کمپلکس‌ها در شرایط محیطی اطراف ریشه می‌باشد. به‌طور مثال، مقایسه‌ی ثابت پایداری کلات‌های اسیدآمینه-روی نشان می‌دهد که کمپلکس هیستیدین-روی دارای بالاترین مقدار ثابت پایداری است (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای، مشاهده شد کاربرد هیستیدین در محلول حاوی سولفات روی، باعث افزایش ۴۰ درصدی جذب روی گردید (شولمریچ، ۱۹۸۷). با توجه به این که اسید آمینه غالب در ریزوسفر گیاهان مختلف متفاوت است، بررسی تأثیر جداگانه اسید آمینه‌های مختلف بر جذب روی توسط گیاه اهمیت زیادی دارد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در بهار سال ۱۳۹۶ در شرایط گلخانه‌ای (دمای ۳۲ درجه سلسیوس روزانه، ۲۰ درجه سلسیوس شبانه و رطوبت ۸۰ درصد) در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم به‌شکل آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در محیط آب کشت انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل روی در سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ میکرومولار از منبع سولفات روی و اسید آمینه در چهار سطح شامل عدم کاربرد اسید آمینه و کاربرد اسیدهای آمینه تریپتوفان، آرژنین هیستیدین با غلظت ۱۰۰ میکرومولار بودند. مبنای انتخاب این غلظت اسیدآمینه، بر اساس حداقل غلظت اسیدآمینه در محلول خاک بود (یو و همکاران، ۲۰۰۲).

بذرهای کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا-۴۰۱ با محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شده و در بستر ماسه‌ای شسته با اسید و سترون شده کشت گردیدند. پنج روز پس از جوانه زنی، نشاءهای یک دست کلزا به ظروف پلی اتیلنی یک لیتری حاوی محلول غذایی هوگلند (۱۴) (تهیه شده با آب مقطر یون‌زدایی شده و مواد شیمیایی با خلوص بیش از ۹۹ درصد) و سطوح مختلف روی و اسید آمینه منتقل شدند. هر ظرف پلی اتیلنی (هر تکرار) شامل دو بوته کلزا بود. جهت جلوگیری از رشد جلبک، اطراف ظروف با پلاستیک مشکی ضخیم پوشانده شدند. هوادهی ریشه ها به طور منظم و روزانه انجام شد. پی- اچ محلول غذایی با افزودن هیدروکسید سدیم و یا اسیدکلریدریک یک مولار، در محدوده‌ی ۶-۵/۵ ثابت نگه‌داشته شد. محلول غذایی هر ۷-۵ روز یک‌بار تعویض گردید.

پس از گذشت ۴۵ روز، شاخساره و ریشه از هم جدا شده و به صورت جداگانه توزین و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. جهت اندازه گیری غلظت روی و آهن، نمونه گیاه پس از شستشو با شوینده مصنوعی و آب مقطر، به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک کن برقی، خشک شد. نمونه های خشک شده آسیاب شده و به روش سوزاندن در کوره و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک دو نرمال هضم گردیدند (امامی، ۱۳۷۵). غلظت روی با دستگاه پلاسمای جفت شده القایی- نوری (ICP-OES)[1] شرکت وریان، مدل Vista- MPX (آمریکا) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد و سپس میانگین ویژگی‌های مورد بررسی، با استفاده ازآزمون دانکن در سطح ۵ درصد آماری مقایسه شدند. نمودارها توسط نرم افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

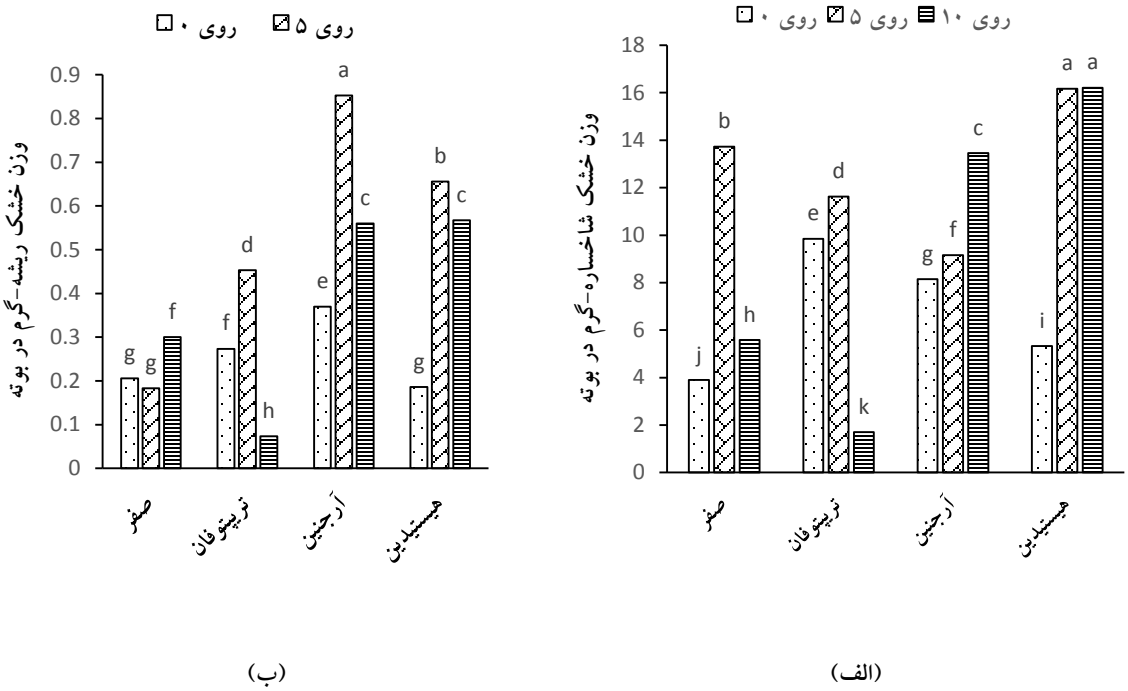
عملکرد وزن خشک شاخساره و ریشه

تأثیر کاربرد روی بر وزن خشک شاخساره و ریشه کلزا بسته به غلظت روی و نوع اسید آمینه متفاوت بود (شکل ۱). در تیمار بدون اسید آمینه و نیز در حضور تریپتوفان، با افزایش غلظت روی تا ۵ میکرومولار وزن خشک شاخساره افزایش ولی در غلظت ۱۰ میکرومولار کاهش یافت (شکل ۱-الف). در غلظت ۵ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه آرژنین و تریپتوفان سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره در مقایسه با شاهد شد در حالی که کاربرد هیستیدین منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره گیاه در این سطح از روی شد. در غلظت ۱۰ میکرومولار روی، کاربرد آرژنین و هیستیدین سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه در همین سطح روی شد. بطور کلی، بالاترین وزن خشک شاخساره در تیمار ۵ و ۱۰ میکرومولار روی همراه با هیستیدین مشاهده شد.

در حضور هر سه اسید آمینه با افزایش غلظت روی تا ۵ میکرومولار، وزن خشک ریشه افزایش و بعد از آن در غلظت ۱۰ میکرومولار روی کاهش یافت. در مقابل، در غیاب اسید آمینه‌ها، کاربرد ۵ میکرومولار روی تأثیری بر وزن خشک ریشه نداشت اما غلظت ۱۰ میکرومولار روی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد. در سطوح صفر و ۵ میکرومولار روی، حضور هر سه اسید آمینه سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد شد اگرچه این افزایش در حضور آرژنین بیشتر

[1]. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy

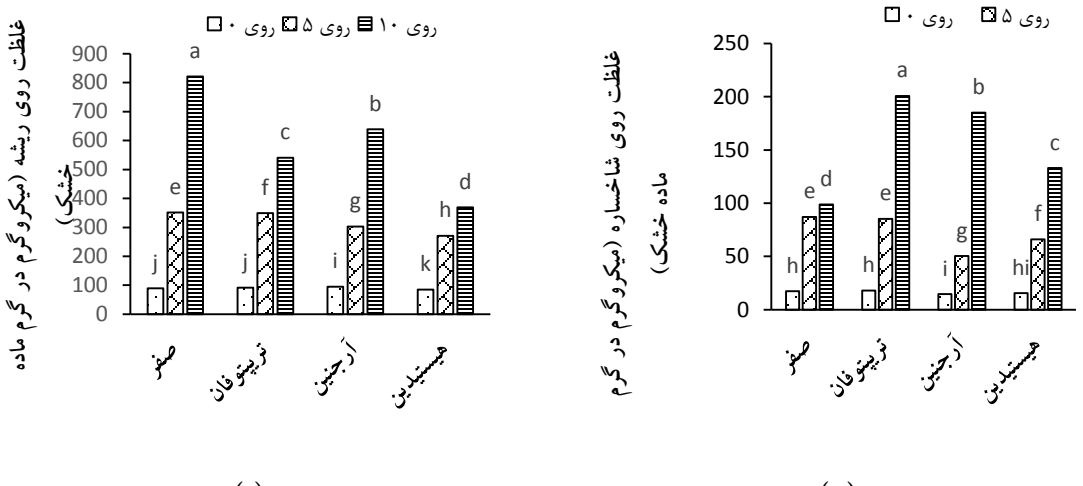
و در حضور تریپتوفان کمتر از سایر اسید آمینه‌ها بود. بطور کلی، بالاترین وزن خشک ریشه در تیمار ۵ میکرومولار روی همراه با آرژنین مشاهده شد (شکل ۱-ب).



شکل ۱. نمودار مقایسه میانگین سطوح مختلف اسید آمینه و روی بر عملکرد شاخساره (الف) و ریشه (ب) کلزا (رقم هایولا-۴۰۱)

غلظت روی شاخساره و ریشه

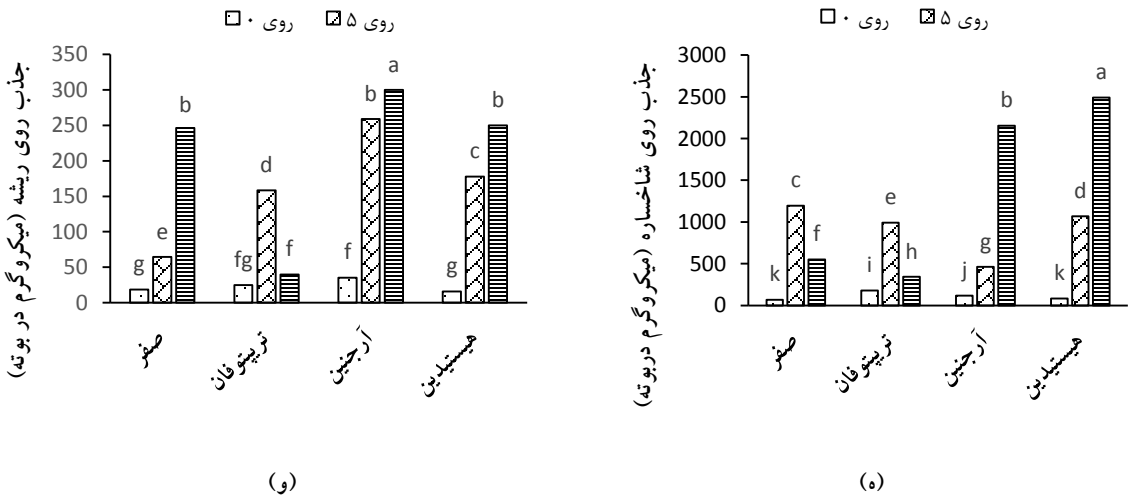
تأثیر کاربرد روی بر غلظت روی شاخساره و ریشه کلزا بسته به غلظت روی و نوع اسید آمینه متفاوت بود (شکل ۲). در سطح ۱۰ میکرومولار روی، حضور هر سه اسید آمینه سبب افزایش غلظت روی شاخساره گیاه شد و بالاترین افزایش در حضور تریپتوفان مشاهده شد. در سطح ۵ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه‌های هیستیدین و آرژنین سبب کاهش غلظت روی شاخساره در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه در همین سطح روی شد (شکل ۲-ج). در مقابل، در همه تیمارهای اسید آمینه با افزایش غلظت روی تا ۱۰ میکرومولار غلظت روی ریشه و شاخساره گیاه افزایش یافت. بیشترین غلظت روی ریشه در تیمار بدون اسید آمینه و بیشترین غلظت روی شاخساره در حضور تریپتوفان مشاهده شد. هم در سطح ۵ و هم ۱۰ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه‌ها سبب کاهش غلظت روی ریشه در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه (در همان سطح روی) شد. کمترین غلظت روی ریشه در این سطوح روی مربوط به تیمار هیستیدین بود (شکل ۲-د).



شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین سطوح اسید آمینه و روی بر غلظت روی شاخساره (ج) و ریشه (د) کلزا (رقم هایولا-۴۰۱)

جذب روی شاخساره و ریشه

اثر کاربرد روی بر جذب روی در شاخساره و ریشه بسته به تیمار اسید آمینه و غلظت روی مصرفی متفاوت بود (شکل ۳). بالاترین جذب روی شاخساره و ریشه در سطح ۱۰ میکرومولار و با مصرف اسید آمینه آرژنین بدست آمد. بالاترین جذب روی توسط شاخساره کلزا در سطح ۱۰ میکرومولار روی در حضور اسید آمینه هیستیدین بدست آمد (شکل ۳-ه). مصرف تا ۵ میکرومولار روی در تمامی سطوح اسید آمینه باعث افزایش جذب روی توسط شاخساره و ریشه گردید اما کاربرد ۱۰ میکرومولار روی تنها در حضور آرژنین سبب افزایش معنی‌دار جذب روی ریشه در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه شد. در حضور تریپتوفان، کاربرد ۱۰ میکرومولار روی سبب کاهش جذب روی توسط ریشه کلزا شد (شکل ۳-و).



شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین سطوح اسید آمینه و روی بر جذب روی شاخساره (ه) و ریشه (و) کلزا (رقم هایولا-۴۰۱)

مصرف روی تا سطح ۵ میکرومولار و بدون در نظر گرفتن نوع اسید آمینه، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد شاخساره و ریشه کلزا داشت. اثر مثبت روی در افزایش رشد و عملکرد ماده خشک توسط محققان مختلف گزارش شده است (چاک مک و همکاران، ۱۹۹۹، احکی، ۱۹۹۱). در تیمار بدون اسید آمینه و نیز در حضور اسید آمینه تریپتوفان، با افزایش غلظت روی تا ۵ میکرومولار وزن خشک شاخساره افزایش یافت اما در غلظت ۱۰ میکرومولار کاهش یافت. علت این کاهش عملکرد وزن خشک شاخساره احتمالا برهمکنش منفی جذب روی و آهن بوده است (شکل‌های ۳-ه و ۵-ط) (مارشنر، ۱۹۹۵). در غلظت ۵ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه آرژنین و تریپتوفان سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره در مقایسه با شاهد شد در حالی که کاربرد هیستیدین منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره گیاه در این سطح از روی شد. بطور کلی، بالاترین وزن خشک شاخساره در تیمار ۵ و ۱۰ میکرومولار روی همراه با هیستیدین مشاهده شد. یکی از دلایل احتمالی اثر مثبت هیستیدین بر رشد شاخساره، نقش این اسیدآمینه در انتقال روی از ریشه به شاخساره و افزایش جذب روی شاخساره می‌باشد. نقش هیستیدین در انتقال برخی فلزات از جمله نیکل و روی گزارش شده است (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۳).

در هر دو سطح ۵ و ۱۰ میکرومولار روی، بالاترین عملکرد خشک شاخساره کلزا با کاربرد هیستیدین تولید شد. به نظر می‌رسد همچنان که سایر محققان گزارش کرده‌اند (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۳) روی قادر است با هیستیدین پیوند محکم‌تری نسبت به سایر اسیدآمینه‌ها ایجاد نموده و کمپلکس روی-هیستیدین دارای بار خنثی، از طریق کانال آبی[۲] جذب شده و انتقال آن تسریع شده باشد (مارل و کریسپل، ۲۰۰۱). همچنین، برخی پژوهش‌گران بر این باورند جذب و انتقال هیستیدین توسط ناقل‌های اختصاصی آن می‌تواند جذب این اسید آمینه به‌همراه کاتیون کمپلکس شده با اسید آمینه را تسهیل نماید (فیشر و همکاران، ۲۰۰۲).

تأثیر اسیدهای آمینه بر وزن خشک ریشه به نوع اسید آمینه و غلظت روی مصرفی بستگی داشت. در حضور هر سه اسید آمینه با افزایش غلظت روی تا ۵ میکرومولار، وزن خشک ریشه افزایش و بعد از آن در غلظت ۱۰ میکرومولار روی کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد در حضور اسیدهای آمینه، جذب واقعی (سیمپلاستی) روی توسط گیاه و انتقال آن به شاخساره گیاه افزایش یافته است و در این شرایط، کاربرد ۵ میکرومولار روی توانسته به تأمین نیاز روی گیاه کمک کند. تشکیل کمپلکس بین کاتیون‌های فلزی مثلاً نیکل و روی (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۳) با برخی اسیدهای آمینه از جمله هیستیدین گزارش شده است. نتایج پژوهش‌ها نشان داده تشکیل کمپلکس روی-اسیدآمینه سبب کاهش بار مثبت کاتیون روی دوظرفیتی و در نتیجه کاهش تثبیت آن توسط ذرات بار منفی فضای آپوپلاستی سلول‌های ریشه (فضای دونن[۳]) می‌شود و از این طریق، امکان جذب سیمپلاستی روی افزایش می‌یابد (شولمریچ، ۱۹۸۷؛ گراملیچ و همکاران، ۲۰۱۳). در مقابل، در غیاب اسید آمینه‌ها، کاربرد ۵ میکرومولار روی تأثیری بر وزن خشک ریشه نداشت اما غلظت ۱۰ میکرومولار روی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد. در شرایط بدون اسید آمینه، به دلیل جذب سطحی روی در فضای آپوپلاستی، فعالیت کاتیون آزاد روی در سطح غشای پلاسمایی ریشه کاهش یافته، لذا، غلظت بالاتر روی (۱۰میکرومولار) برای تأمین نیاز گیاه لازم بوده است (لوپز-میلان، ۲۰۰۵). تأثیر آرژنین بر وزن خشک ریشه بیشتر از سایر اسیدهای آمینه بود. بنظر می‌رسد دلیل این امر،

---

[۲]. Aquaporin

[۳]. Donnan space

اثر تحریک کنندگی آرژنین بر رشد ریشه باشد. در همین ارتباط عبدالمعین (۲۰۰۷) و زید (۲۰۰۹) به تأثیر مثبت آرژنین بر رشد ریشه اشاره کرده‌اند.

حضور اسید آمینه‌ها سبب کاهش غلظت روی ریشه در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه (در همان سطح روی) شد. در سطح ۵ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه‌های هیستیدین و آرژنین سبب کاهش غلظت روی شاخساره در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه در همین سطح روی شد که علت آن اثر رقت بوده است (مارشنر، ۱۹۹۵).

هم در سطح ۵ و هم ۱۰ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه‌ها سبب کاهش غلظت روی ریشه در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه (در همان سطح روی) شد. در سطح ۵ میکرومولار روی، حضور اسید آمینه‌های هیستیدین و آرژنین سبب کاهش غلظت روی شاخساره در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه در همین سطح روی شد که علت آن اثر رقت بوده است (مارشنر، ۱۹۹۵).

بالاترین مقدار جذب روی توسط شاخساره کلزا در سطح ۱۰ میکرومولار روی در حضور اسید آمینه هیستیدین بدست آمد. این نتایج با یافته‌های شهسواری و همکاران (۲۰۱۹) هم‌خوانی دارد. این پژوهش‌گران نشان دادند مصرف ۱۰ میکرومولار روی به‌همراه هیستیدین، به دلیل افزایش فعالیت آنزیم H^+-ATPase غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه، باعث افزایش جذب فعال روی و هیستیدین توسط ریشه و انتقال آن به شاخساره گندم شد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده تشکیل کمپلکس اسیدآمینه-فلز، علاوه بر افزایش جذب فلز توسط ریشه، در انتقال آن به اندام هوایی نیز موثر می‌باشد (لیآئو و همکاران، ۲۰۰۰؛ کرامر و همکاران، ۱۹۹۶). به‌علاوه، نشان داده شده که اسیدهای آمینه علاوه بر قدرت کمپلکس کنندگی با روی و سایر عناصر غذایی، خود می‌تواند به‌عنوان منبع نیتروژن نیز محسوب شود. لذا، بخشی از تأثیر این اسید آمینه‌ها می‌تواند ناشی از اثر مثبت آن در تامین نیتروژن گیاه باشد. ضمن این‌که، این تأثیر در همراهی با روی در افزایش جذب و عملکرد گیاه، می‌تواند موثر بوده‌باشد (کوتمان و همکاران، ۲۰۱۰).

کاربرد ۱۰ میکرومولار روی تنها در حضور آرژنین سبب افزایش معنی‌دار جذب روی ریشه در مقایسه با تیمار بدون اسید آمینه شد. این امر می‌تواند مربوط به اثر این اسید آمینه در تحریک رشد ریشه و در نتیجه جذب بیشتر روی باشد که توسط سایر پژوهش‌گران نیز بیان شده است (عبدالمعین ، ۲۰۰۷؛ زید،۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر، حضور اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد وزن خشک ریشه و شاخساره و نیز جذب و انتقال روی و آهن در کلزا داشت و این تأثیر بسته به نوع اسید آمینه مصرفی متفاوت بود. در بین اسیدهای آمینه، کاربرد اسیدآمینه هیستیدین باعث بیشترین افزایش جذب روی و عملکرد ماده خشک شاخساره و ریشه کلزا گردید. یکی از دلایل احتمالی اثر مثبت هیستیدین بر رشد شاخساره، نقش این اسیدآمینه در انتقال روی از ریشه به شاخساره و افزایش جذب روی شاخساره می‌باشد. از طرف دیگر، اسید آمینه‌ی تریپتوفان دارای بیشترین تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز بود. در مطالعات آینده لازم است با تعیین نوع اسیدهای آمینه غالب در ریزوسفر کلزا در شرایط مزرعه، نقش حضور همزمان آنها در جذب عناصر کم‌مصرف توسط ریشه بررسی شود. نتایج این مطالعات می‌تواند به افزایش بهره‌وری مصرف کود و مدیریت بهینه تغذیه عناصر کم‌مصرف منجر شود.

منابع

۱- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه فنی شماره ۹۸۲ . موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران. ۱۲۸ صفحه.

2- Abd El-Monem, A. A. (2007). Polyamines as modulators of wheat growth, metabolism and reproductive development under high temperature stress. Ph.D Thesis, Ain Shams University, Cairo, Egypt.

3- Callahan, D.L., Baker, A. J. M., Kolev, S.D., & Wedd, A.G. (2006). Metal ion ligands in hyper-accumulating plants. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, *11*, 2–12.

4- Cakmak, I., Öztürk, L. Eker, S., Torun, B., Kalfa, H.I. & Yilmaz, A. (1997). Concentration of zinc and activity of copper/zinc superoxide dismutase in leaves of rye and wheat cultivars differing in sensitivity to zinc deficiency. *Journal of Plant Physiology*, *151*: 91-95.

5- Cakmak, I., Erenoglu, B., Gülüt, K. Y., Derici, R. and Römheld, V. (1998). Light-mediated release of phytosiderophores in wheat and barley under iron or zinc deficiency. *Plant and Soil*, *202*(2): 309-315.

6- Cakmak, I., Kalacyi, M., Ekiz, H., Braun, H. J., Kilinc, Y. and Yilmaz, A. (1999). Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. *Field Crops Res*earch, *60*: 175-188.

7- Cakmak, I. and Engels, C. (1999). *Role mineral nutrients in Photosynthesis and yield formation*. In: Rengle, Z. (Ed.) *Mineral nutrition of crops*. Haworth Press, New York, pp.141-168.

8- Canny, M. J. (1995). Apoplastic water and solute movement: new roles for an old space. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, *46*: 215–36.

9- Fageria, N. K., & Stone, L. F. (2006). Physical, chemical and biological changes in the rhizosphere and nutrient availability. *Journal of Plant Nutrition*, *29*: 1327–56.

10- Fischer, W. N., Loo, D. D., Ludewig, U., Boorer, K. J., Tegeder, M., Rentsch, D., Wrightm E. M., & Frommer, W.B. (2002). Low and high affinity amino acid H^+-cotransporters for cellular import of neutral and charged amino acids. *The Plant Journal*, *29*: 717–731.

11- Ghasemi, S., Khoshgoftarmanesh, A. H., Afyuni, M. & Hadadzadeh, H. (2013). Zinc-amino acid complexes are more stable than free amino acids in saline and washed soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *63*: 73-79.

12- Gramlich, A., Tandy, S., Frossard, E., Eikenberg, J., & Schulin, R. (2013). Availability of Zinc and the Ligands Citrate and Histidine to Wheat: Does Uptake of Entire Complexes Play a Role? *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *61*: 10409−10417.

13- Hacisalihoglu, G., Hart, J. J., Wang, J. Y. H., Cakmak, I., & Kochian, L. V. (2003). Zinc efficiency is correlated with enhanced expression and activity of zinc-requiring enzymes in wheat. *Plant Physiology*, *131*: 595-602.

14- Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, California: University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 347p.

15- Jones, D. L., & Hodge, A. (1999). Biodegradation kinetics and sorption reactions of three differently charged amino acids in soil and their effects on plant organic nitrogen availability. *Soil Biology and Biochemistry*, *31*: 1331-1342.

16- Jones, D.L., Hodge, A., Kuzyakov, Y. (2004). Plant and mycorrhizal regulation of rhi-zodeposition. *New Phytologist*, *163*, 459-480.

17- Koksal, A. L., Dumanoglu, H., Gunes, N. T., and Aktas, M. (1999). The effects of different amino acid chelate foliar fertilizers on yield, fruit quality, shoot growth and Fe, Zn, Cu, Mn content of leaves in Williams's pear cultivar (*Pyrus Communis* L.). *Turkish Journal* of *Agriculture and Forest*, *23*: 651-658.

18- Krämer, U., Cotter-Howells, J. D., Charnock, J. M., Baker, A. J., & Smith, J. A.C. (1996). Free histidine as a metal chelator in plants that accumulate nickel. *Nature*, *379*: 635–638.

19- Kutman, U. B., Yildis, B., Ozturk, L., & Cakmak, I. (2010). Biofortification of durum wheat with zinc through soil and foliar applications of nitrogen. *Cereal Chemistry*. *87*: 1-9.

20- Liao, M., Hedley, M., Woolley, D., Brooks, R., & Nichols, M. (2000). Copper uptake and translocation in chicory (*Cichorium intybus* L. cv Grasslands Puna) and tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*. cv Rondy) plants grown in NFT system. II. The role of nicotianamine and histidine in xylem sap copper transport. *Plant and Soil*, *223*: 245–254.
21- Lopez-Millan, A. F., Ellis, D. R., & Grusak, M. A. (2005). Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic anhydrase in *Medicago truncatula* L. wild type and *raze* mutant plants. *Plant Science*, *168*: 1015-1022.
22- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd ed. Academic Press, London. England.
23- Maurel, C., Chrispeels, M. J. (2001). Aquaporins. A molecular entry into plant water relations. *Plant Physiology*, *125*:135-138.
24- Meychik, N.R., and Yermakov, I.P. (2001). Ion exchange properties of plant root cell walls. *Plant and Soil*, *234*: 181-193.
25- Nasholm, T., Kielland, K., & Ganeteg, U. (2009). Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytologist*, *182*: 31-48.
26- Nowack, B., Schulin, R. and Robinson, B. H. (2006). A critical assessment of chelant-enhanced metal Phytoextraction. *Environmental Science & Technology*. *40*: 5225-5232.
27- Ohki, K. (1976). Effect of Zinc Nutrition on Photosynthesis and Carbonic Anhydrase Activity in Cotton. *Physiologia Plantarum*, *38*: 300-304.
28- Redjala, T., Sterckeman, T., Skiker, S., & Echevarria, G. (2010). Contribution of apoplast and symplast to short term nickel uptake by maize and *Leptoplax emarginata* L. roots. *Environmental and Experimental Botany*, *68*: 99-106.
29- Scholmerich, J., Ferudemann, A., & Kottgen, E. (1987). Bioavailability of zinc from zinc-histidine complexes. I. Comparison with zinc sulphate in healthy men. *American Journal of Clinical Nutrition*, *45*: 1480-1486.
30- Shahsavari, F., Khoshgoftarmanesh, A. H., Mirmohammady Maibody, A. M., Shariatmadari, H., & Massah, A. (2019). The role of root plasma membrane ATPase and rhizosphere acidification in zinc uptake by two different Zn-deficiency-tolerant wheat cultivars in response to zinc and histidine availability. *Archives of Agronomy and Soil science*.
31- Yu, Z., Zhang, Q., Kraus, T.E.C., Dahlgren, R.A., Anastasio, C., & Zasoski, R.J. (2002). Contribution of amino compounds to dissolved organic nitrogen in forest soils. *Biogeochemistry*, *61*, 173–198.
32- Zeid, I. M. (2009). Effect of arginine and urea on polyamines content and growth of bean under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, *31*: 65-70.

Effect of different levels of zinc along with amino acids on growth, uptake and transport of zinc in rapeseed under hydroponic conditions

Mohammad Hadi Mirzapour[1]*, Ahmad Golchin[2], Mohammad Reza Naeini[3]

1- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO). mhmirzap@yahoo.com

2- Professor, Department of Soil Science Engereening, Agriculture faculty, Zanjan University

3- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO).

Abstract

The role of amino acids on root uptake and root-to-shoot translocation of micronutrients is of great importance to improve plant nutrition management. In this nutrient solution culture experiment, the effect of the application of 100 µM tryptophan, arginine and histidine on the uptake and root-to-shoot translocation of zinc (Zn) and iron (Fe) in rapeseed supplied with three Zn levels (0, 5 and 10 µM in the form of zinc sulfate) was investigated. The results showed at the 5 µM Zn, application of arginine and tryptophan significantly reduced the shoot dry weight compared to the amino acid-free control, while at the 5 µM Zn, the use of histidine resulted in a significant increase in the plant shoot dry weight. The highest plant shoot Zn uptake was found at the 10 µM Zn plus histidine treatment. Application of 10 µM Zn in the presence of arginine led to a significant increase of root Zn uptake as compared to the amino acid-free control while no such effect was found in the presence of other amino acids. Based on the results, the presence of amino acids, dependent on the amino acid type, had a significant effect on the root uptake and root-to-shoot translocation of zinc in rapeseed. Among the amino acids, histidine caused the highest increase in the plant shoot and root Zn uptake and dry matter yield.

Keywords: Amino acid, Canola, Zinc, Uptake

اثر برخی محرک‌های رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در یک خاک شور آهکی

محمدهادی میرزاپور[1*]، فریدون نورقلی‌پور[2]، محمدرضا نایبنی[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم،
mhmirzap@yahoo.com

۲- استادیاربخش حاصلخیزی و تغذیه گیاهی، موسسه تحقیقات خاک و آب

۳- استادیاربخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم

چکیده

یکی از مهم‌ترین تنش های غیرزنده، تنش شوری می‌باشد. برای کاهش اثر شوری، استفاده از مواد محرک رشد توصیه شده است. به منظور بررسی اثر برخی مواد در شرایط تنش شوری و آهکی در کلزا (رقم هایولا-۵۰)، پژوهشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار شامل ۱- شاهد (مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک) ۲- مصرف خاکی اسید هیومیک (تیمار اول+ مصرف خاکی ۵ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار) ۳- محلول‌پاشی اسید آمینه (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت ۵ در هزار) ۴- محلول‌پاشی اسید هیومیک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت ۵ در هزار) ۵- محلول‌پاشی اسید فولیک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۵ در هزار) ۶- محلولپاشی جلبک دریائی (تیمار اول+ محلول‌پاشی جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار) و ۷- تیمار ترکیبی (شامل تیمار اول+تیمارهای ۶،۵،۴،۳،۲) در سه تکرار در یکی از مزارع شور آهکی بخش قمرود استان قم و به مدت دو سال زراعی اجراء گردید. تیمار ترکیبی محرک‌های رشد، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و روغن و نیز برخی ویژگی‌های زراعی کلزا داشت. بالاترین عملکرد دانه و کاه، از تیمار ترکیبی مواد محرک رشد به‌ترتیب با میانگین ۴۵۶۵ و ۱۰۶۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

واژگان کلیدی: خاک آهکی، شوری، کلزا، محرک‌های رشد

مقدمه

یکی از راهبردهای تغذیه تلفیقی گیاه برای مدیریت پایدار بوم سازگان کشاورزی و نیز افزایش تولید در واحد سطح در کشاورزی پایدار، استفاده از محرک‌های زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و نیز مواد محرک غیر زیستی (آمینوکلات‌ها و اسیدهای آلی) به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، می باشد.

در تحقیقی، محلول‌پاشی توامان آسکوربات و جیبرلین در شرایط تنش آبی، باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ، پایداری غشاء سلول‌های ریشه و نیز کاهش نشت یونی ریشه گردید (پازکی و همکاران، ۱۳۹۱). طهرانی (۱۳۹۴) زمان مناسب استفاده از مواد محرک رشد گیاهی برای گندم را، محلول‌پاشی در شروع زمان پنجه‌زنی و مرحله تکمیل آن اعلام نموده است. این محقق، پیروی از اصول صحیح تغذیه گندم و استفاده از کودهای حاوی عناصر غذایی، مواد آلی و محرکهای رشد گیاهی را در کاهش تنش‌ها از جمله سرمازدگی موثر می‌داند. همچنین، کاربرد این مواد در دوره کوتاهی قبل از بروز تنش سرما، تاثیر کمتری بر مقاوت گیاه داشته ولی مصرف این مواد پس از وقوع تنش، برای کاهش عوارض سرمازدگی موثر تر می‌باشد. در بررسی دیگری، مصرف تنظیم کننده‌ی رشد سیتوکینین در نیمه اول رشد دانه یعنی ۲-۵ روز بعد از گلدهی، باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه شد ولی آبیسزیک اسید آنرا کاهش داد (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۵). واسکونسلوز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند مصرف اسید هیومیک در ذرت و سویا در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و اسکوربات پراکسیداز که نقش مهمی در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد در غشاء سلول‌های ریشه دارند، در این گیاهان گردید. در آزمایش سیمون-گراو و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده شد کاربرد ماده محرک رشد حاوی اسید آمینه‌ی

کلات شده با عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش تحمل به‌تنش در گوجه فرنگی شد. این پژوهش‌گران بیان کردندکه این افزایش تحمل، احتمالا به دلیل افزایش کارایی مصرف آب باشد. اندازه گیری پرولین در این تیمار نیز نشان داد که باکاربرد این ماده‌ی محرک رشد، خسارت کمتری از طریق خشکی بر گیاه وارد شده است. نتایج مثبت مشابهی از مصرف محرک‌های رشد طبیعی توسط خان و همکاران، ۲۰۰۹؛ پرادیکوویچ و همکاران، ۲۰۱۱ و ارتانی و همکاران، ۲۰۱۳ گزارش شده است.

مصرف اسید هیومیک، علاوه بر افزایش رشد ریشه‌ها و به‌ویژه ریشه‌های موئین (پینتون و همکاران، ۱۹۹۹) با افزایش سطح ریشه، به جذب بهتر عناصر غذایی کمک می‌کند (سسکو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، مصرف اسید فولویک، به‌شکل خاکی، می‌تواند تاثیر بیشتری در توسعه ریشه نسبت به اسید هیومیک داشته است (روتان و شنیتزر، ۱۹۸۱).

یافته‌های بکت و وان استادن (۱۹۸۹) نشان داد مصرف جلبک دریایی در گیاهان تحت تنش تغذیه‌ای، باعث افزایش عملکرد گندم گردید. اگرچه، در گیاهانی که در شرایط غیر تنش بودند، مصرف جلبک، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. واسکونسلوز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند مصرف اسید هیومیک در ذرت و سویا در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و اسکوربات پراکسیداز که نقش مهمی در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد در غشاء سلول‌های ریشه دارند، در این گیاهان گردید. اطلاعات اندکی در خصوص کاربرد محرک‌های رشدی از جمله اسید هیومیک، اسید فولویک، اسید آمینه و جلبک دریایی در شرایط شور وجود دارد، بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر مصرف برخی محرک‌های رشد بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کلزا در شرایط شور آهکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، طی دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به منظور بررسی اثر برخی مواد محرک‌های رشد بر عملکرد دانه کلزا در شرایط شور و آهکی منطقه‌ی قمرود استان قم با مختصات جغرافیایی 39S، در سال اول ۵۰۷۰۴۹ شرقی و ۳۸۴۰۴۸۴ شمالی و در سال دوم ۵۰۶۰۹۷ شرقی و ۳۸۴۰۸۳۳ با رده بندی فامیل خاک Fine- Loamy, Mixed, Thermic, Typic Haplocalcids (Soil Survey Staff، ۲۰۱۰) اجرا گردید. این آزمایش در سال اول و دوم به‌ترتیب در خاکی با شوری حدود ۱۳ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و آب حدود ۸-۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر و درصد متوسط آهک ۲۱، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر کلزا (رقم هایولا-۵۰) و در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل ۱- شاهد (مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک) ۲- مصرف خاکی اسید هیومیک (تیمار اول+ مصرف خاکی ۵ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار) ۳- محلول‌پاشی اسید آمینه (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت ۵ در هزار) ۴- محلول‌پاشی اسید هیومیک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت ۵ در هزار) ۵- محلول‌پاشی اسید فولیک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۵ در هزار) ۶- محلولپاشی جلبک دریائی (تیمار اول+ محلول‌پاشی جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار) و ۷- تیمار ترکیبی محرک رشدی (شامل تیمار اول+تیمار دوم+تیمار سوم+ تیمارچهارم+ تیمار پنجم+ تیمار ششم) بودند. تمام کود فسفری و یک-سوم کود نیتروژنی پیش از کشت، و مابقی کود نیتروژنی در دو مرحله‌ی خروج از روزت و انتهای ساقه دهی بر اساس آزمون خاک مصرف شد. محلول‌پاشی مواد محرک رشد در دو مرحله انتهای رُزت و ابتدای ساقه‌دهی انجام گردید. بذور کلزا، با تراکم ۶۰ بوته در متر مربع در کرت‌هایی به ابعاد ۱۴ متر مربع کاشته شدند. برخی ویژگی‌های زراعی کلزا از جمله ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در شاخه اصلی و فرعی، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه، اندازه‌گیری گردیدند. همچنین عملکرد دانه و کاه پس از حذف ۰/۵ متر از بالا و پایین هر کرت و دو ردیف کناری اندازه گیری و سپس به هکتار تبدیل شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel و تجزیه آماری با نرم افزار SAS-9.1 و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در دو سال آزمایش (تجزیه‌ی مرکب دو سالانه) (جدول ۵)، مصرف کلیه مواد محرک رشد، تاثیر معنی‌داری (در سطح ۵ درصد ازمون دانکن) بر عملکرد دانه، کاه و ویژگی‌های، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و درصد روغن دانه کلزا رقم هایولا-۵۰ نسبت به شاهد (عدم مصرف محرک رشد) داشت. بر اساس نتایج تجزیه‌ی مرکب، بالاترین عملکرد دانه و کاه، از تیمار ترکیبی مواد محرک رشد (مصرف خاکی و محلول‌پاشی اسید هومیک، اسید فولویک، اسید آمینه و جلبک دریایی) به‌ترتیب ۴۵۶۵ و ۱۰۶۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۶). بر اساس جدول مقایسه میانگین‌های مرکب (جدول ۶)، بالاترین مقادیر میانگین ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد خورجین در شاخه فرعی، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و عملکرد روغن دانه در هکتار در تیمار ترکیبی به‌دست آمد.

شوری به‌علت اختلال در جذب عناصر غذایی و کاهش جذب آب، باعث کاهش مقادیر مولفه‌های رشد، از جمله طول ریشه و اندام هوایی و نیز وزن خشک اندام هوایی می‌گردد (نمیر و همکاران، ۲۰۱۵، ابراهیم، ۲۰۱۶). در تحقیق حاضر، مصرف خاکی اسید هیومیک به‌همراه محلول‌پاشی برخی محرک‌های رشدی، باعث افزایش مقادیر مولفه‌های فوق گردید. نتایج پژوهش حاضر با سایر گزارش‌ها هم‌خوانی دارد (کوردی‌یرو و همکاران، ۲۰۱۱؛ حیدری ومینایی، ۲۰۱۴). بررسی نتایج محققان نشان داده مصرف خاکی اسید هیومیک در شرایط شور، باعث افزایش محتوای پروتئین گیاه می‌شود (فرناندز و همکاران، ۲۰۱۸). به‌نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، با مصرف اسید هیومیک، احتمالا افزایش سنتز پروتئین و در نتیجه، افزایش رشد و اجزای آن اتفاق افتاده باشد.

در اثر شوری، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد که این امر به‌دلیل کاهش جذب عناصر غذایی آهن و منیزیم، اثر ممانعت یونی گونه‌ها، کاهش کارآیی جذب کربن، افزایش اتانول و لاکتات بوده که منجر به کاهش سنتز کلروفیل و فتوسنتز می‌گردد (آکلادیوس و محمد، ۲۰۱۸؛ لطیف و محمد، ۲۰۱۶). در این شرایط، مصرف خاکی اسید هیومیک می‌تواند باعث کاهش pH و یا افزایش فعالیت ریزجانداران خاک شده و درنتیجه، رها سازی عناصر غذایی همچون آهن، باعث تحریک افزایش تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی و بهبود رشد گیاه شود. اگرچه، مطالعات لطیف و محمد (۲۰۱۶) نشان داده محلول‌پاشی اسید هیومیک قادر است فعالیت فتوسنتزی گیاه و آنزیم Rubisco را افزایش دهد و درنتیجه تحمل به شوری را در گیاه بالا ببرد، در تحقیق حاضر، محلولپاشی اسید هیومیک به تنهایی، اثر معنی‌داری نسبت به شاهد (مصرف عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک) بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی و دانه نداشت اما زمانی‌که در ترکیب با سایر مواد محرک رشد و مصرف خاکی اسید هیومیک قرار گرفت، عملکردهای فوق را افزایش معنی‌داری داد (جدول ۶). احتمالا، یکی از دلایل عدم کارآیی محلول‌پاشی اسید هیومیک و سایر محرک‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر، غلظت و یا زمان مصرف نامناسب باشد. لذا، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی، محلول‌پاشی غلظت‌های بالاتر از ۰/۵ درصد این محرک‌ها در نظر گرفته شود و یا روش بذرمال و یا مصرف خاکی این مواد نیز مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۱- نتایج آزمون خاک مزرعه مورد کشت در آزمایش سال اول در منطقه قم

عمق	SP %	EC_e $dS.m^{-1}$	pH	T.N.V %	O.C %	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
						mg.kg^{-1}					
۰-۳۰	۳۳	۱۳/۵۷	۷/۵	۲۰/۵	۱	۱۲	۴۶۸	۳	۰/۸	۰/۵۱	۲۴

جدول ۲ - نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری (میلی اکی‌والان در لیتر) در سال اول در منطقه قم

سال	EC $dS.m^{-1}$	pH	CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	SAR*
۱	۷/۵	۷/۶	-	۲/۱	۵۱/۷	۲۳/۲	۱۷/۴	۹/۳	۵۰/۲	۰/۱۰	۱۳/۷

جدول ۳- نتایج آزمون خاک مزرعه مورد کشت در آزمایش سال دوم در منطقه قم

عمق	SP %	EC_e $dS.m^{-1}$	pH	T.N.V %	O.C %	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
						mg.kg^{-1}					
۰-۳۰	۳۲	۱۰/۱۱	۷/۳	۲۲/۵	۱	۱۰	۶۰۰	۰/۷۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۵

جدول ۴ - نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری (میلی اکی‌والان در لیتر) در سال دوم در منطقه قم

سال	EC $dS.m^{-1}$	pH	CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	SAR*
۱	۷/۷	۷/۵	-	۲/۲	۵۲/۷	۲۳/۲	۱۸/۱	۹/۳	۵۱/۲	۰/۱۰	۱۳/۸

نتیجه‌گیری

براساس نتایج دوسالانه آزمایش حاضر، مصرف ترکیبی محرک‌های رشدی، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی گندم در شرایط شور، نسبت به شاهد (عدم مصرف محرک رشد) داشت که نشان دهنده‌ی تاثیر این مواد بر افزایش تحمل گندم در شرایط شور می‌باشد. بیشترین میزان عملکرد دانه و کاه در تیمار ترکیبی بدست آمد.

جدول۵- نتایج تجزیه واریانس اثر مواد محرک رشد برعملکرد دانه، کاه و برخی ویژگی‌های زراعی کلزا در منطقه قم (مرکب) ((** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪ و ۵٪ آزمون دانکن))

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کاه	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در شاخه اصلی	تعداد خورجین در شاخه فرعی	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	درصد روغن دانه	وزن هزار دانه	عملکرد روغن
سال	۱	۶۸۸۸۹۶**	۳۰۸۳۴**	۱۰۵۰**	۶/۹	۲۳۹۳**	۱/۸**	۰/۳۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۹۴۴۷۳**
بلوک (سال)	۴	۴۲۳۶۷	۳۰۳۰	۱۰۸*	۲/۳	۳۷	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۹۲	۰/۰۰۷**	۱۰۹۴۵*
محرک رشد	۶	۱۲۲۳۲۵۲**	۴۹۶۹۴**	۳۸۵**	۱۳۳**	۴۴۹۶**	۰/۷۳**	۳/۴**	۴۸/۶**	۰/۲**	۱۱۱۰۴۲**
محرک رشد× سال	۶	۱۰۶۱۴۴**	۴۴۸۱**	۲۴۲**	۴۸	۶۰۶**	۰/۳۲*	۰/۳۸	۷/۴**	۰/۰۰۸**	۲۸۵۵۶**
خطای آزمایش	۲۴	۱۹۹۷۸	۱۳۷۰	۳۳/۵	۲۰/۴	۲۳۸	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۰۰۱	۳۶۲۸
ضریب تغییرات	-	۳/۹	۴/۲	۴/۸	۹/۴	۹/۱	۶/۲	۴/۷	۱/۸	۱/۰۱	۴/۴

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر مواد محرک رشد بر عملکرد دانه، کاه و برخی ویژگی‌های زراعی کلزا در منطقه قم (مرکب)

نوع مواد محرک رشد	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار	عملکرد کاه کیلوگرم در هکتار	ارتفاع سانتیمتر	تعداد خورجین در شاخه اصلی	تعداد خورجین در شاخه فرعی	طول خورجین سانتیمتر	تعداد دانه در خورجین	درصد روغن دانه	وزن هزار دانه گرم	عملکرد روغن کیلوگرم در هکتار
ترکیبی	۴۵۶۵^{a}	۱۰۶۶^{a}	۱۲۷/۷^{ab}	۴۸/۳^{b}	۲۱۳/۸^{a}	۵/۸^{a}	۱۴^{a}	۳۴/۸^{e}	۴/۰۲^{b}	۱۵۹۳/۲^{a}
اسیدآمینه	۳۳۳۵^{c}	۸۳۶^{c}	۱۱۵/۸^{cd}	۴۲/۵^{cd}	۱۵۲/۷^{c}	۵/۳^{bc}	۱۲/۳^{bcd}	۳۶/۶^{d}	۳/۷^{d}	۱۲۱۹/۹^{c}
شاهد	۳۳۹۲^{c}	۸۱۶^{c}	۱۱۰/۸^{d}	۴۱/۷^{d}	۱۳۷/۳^{c}	۴/۸^{d}	۱۱/۷^{d}	۳۷/۷^{c}	۳/۶^{e}	۱۲۷۹/۳^{c}
هیومیک‌خاکی	۳۹۲۷^{b}	۹۵۳^{b}	۱۲۳/۷^{ab}	۵۵/۳^{a}	۱۹۶/۸^{a}	۵/۳^{bc}	۱۳^{b}	۳۷/۱^{c}	۳/۹۳^{c}	۱۴۵۵/۲^{b}
فولویک	۳۳۷۷^{c}	۸۲۸^{c}	۱۰۸/۷^{d}	۴۷/۵^{bc}	۱۵۴/۵^{c}	۵/۱^{bcd}	۱۲^{cd}	۴۱/۳^{cd}	۳/۹۴^{c}	۱۳۹۵/۳^{b}
جلبک	۳۵۲۰^{c}	۸۴۹^{c}	۱۲۰/۸^{bc}	۵۰/۲^{ab}	۱۵۵^{c}	۴/۹^{cd}	۱۲/۷^{bc}	۳۵/۱^{e}	۴/۰۷^{a}	۱۲۳۷/۶^{c}
هیومیک محلول-پاشی	۳۴۲۳^{c}	۸۶۱^{c}	۱۲۹/۲^{a}	۵۰^{ab}	۱۷۵^{b}	۵/۵^{ab}	۱۲/۷^{bc}	۴۲/۱^{a}	۴/۰۵^{ab}	۱۴۴۱/۸^{b}

در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند

منابع

۱- پازکی، ع.ر.، رضایی، ح.، حبیبی، د.، پاک‌نژاد، ف. (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی، محلول پاشی آسکوربات و جیبرلین بر روی برخی صفات مورفولوژیکی، محتوی نسبی آب برگ و پایداری غشای سیتوپلاسمی گیاه آویشن. مجله زارعت و اصلاح نباتات ۸(۱). ۱۳-۱.

۲- طهرانی، م. م.(۱۳۹۴). مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش سرما. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۳- سعیدی، م.، ف. مرادی، ع. احمدی،ک. پوستینی وگ. نجفیان. (۱۳۸۵). اثر محلول پاشی اسید آبسیزیک و سیتوکینین در مراحل مختلف رشد دانه بر پاره ای از جنبه های فیزیولوژیک روابط منبع و مخزن در دو رقم گندم. مجله علوم زراعی ایران ۸ (۳). ۲۸۲-۲۶۸.

4- Akladious, S. A., and H. I. Mohamed.(2018). Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (Capsicum annuum L.) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*. 236: 244–250.

5- Beckett, R.P., van Staden, J.(1989). The effect of seaweed concentrate on the growth and yield of potassium stressed wheat. *Plant Soil*. 116: 29–36.

6- Cesco, S., Nikolic, M., Römheld, V., Varanini, Z., and Pinton, R. (2002). Uptake of 59Fe from soluble 59Fe-humate by cucumber and barley plants. *Plant Soil* 241, 121–128.

7- Cordeiro, F. C., C., Santa-Catarina, V.,Silveira, and S. R. de Souza.(2011). Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (Zea mays L.). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistr*. 75: 70–74.

8- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A. and Nardi, S.(2013). Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed Zea mays L. plants. Plant and soil. 364(1-2): 145-158.

9- Khan, W., U. P. Rayirath, Rayirath, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J. and Prithiviraj, B.(2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28(4), 386-399.

10- Latif, H. H., and Mohamed, H. I.(2016). Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. South African Journal of Botany, 106, 221–231.

11- Fernández, M. B. M., Cosio-Vargas, L. E., Montero, D. C., García, A. C., and López, D. M.(2013). Potentiality of vermicompost humic acids in banana in vitro micropropagation clone. Enano Guantanamero. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2: 677–685.

12- Heidari, M., and Minaei, A.(2014). Effects of drought stress and humic acid application on flower yield and content of macroelements in medical plant borage (Borago officinalis L.). Journal. Plant Product. *Research*. 21: 167–182.

13- Ibrahim, M. E. H., Zhu, X., Zhou, G., and Abidallhaa, E. H. M.A.(2016). Effects of nitrogen on seedling growth of wheat varieties under salt stress. *Journal of Agricultural Science*. 8: 131–146.

14- Nimir, N. E. A., Lu, S., Zhou, G., Guo, W., Ma, B., and Wang, Y.(2015). Comparative effects of gibberellic acid, kinetin and salicylic acid on emergence, seedling growth and the antioxidant defense

system of sweet sorghum (Sorghum bicolor L.) under salinity and temperature stresses. Crop Pasture Science, 66, 145–157.

15- Parađiković, N., Vinković, T., Vrček, I. V., Žuntar, I., Bojić, M. and Medić-Šarić, M.(2011). Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *J. Sci. of Food and Agr.* 91(12), 2146-2152.

16- Pinton, R., Cesco, S., Iacolettig, G., Astolfi, S., and Varanini, Z. (1999). Modulation of NO3- uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H+ ATPase. *Plant Soil.* 215: 155–161.

17- Rauthan, B.S. and Schnitzer, M.(1981). Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil.* 63: 491–495

18- Simón-Grao, S., García-Sanchez, F., Alfosea-Simón, M., Simón, I., Lidón, V. and Rodriguez Ortega, W.M.(2016). "study on the foliar application of fitomare® on drought tolerance of tomato plants." *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 6(2), 15-21.

19- Vasconcelos, A. C. F. d., Zhang, X., Ervin, E. H. and Castro Kiehl, J. D.(2009). Enzymatic antioxidant responses to biostimulants in maize and soybean subjected to drought. *Scientia Agricola*. 66(3), 395-402.

Effect of some plant growth stimulants on yield and yield components of canola in a calcareous saline soil

Mohammad Hadi Mirzapour[1]*, Fereydoon Nour Gholipour[2], Mohammad Reza Naeini[3]

1- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO). mhmirzap@yahoo.com

2- Assistant Professor, Soil and Water Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO).

Abstract

One of the most important non-living stresses is salinity stress. To reduce the effect of salinity, the use of growth stimulants is recommended. In order to investigate the effect of some substances under salinity and calcareous stress conditions in rapeseed (Hayola-50 cultivar), a study in the form of randomized complete blocks with seven treatments including 1- control (application of chemical fertilizer based on soil test) 2- Soil acid application Humic (first treatment + soil application of 5 kg of humic acid per hectare) 3- Amino acid spraying (first treatment + amino acid spraying with a concentration of 5 per thousand) 4- Humic acid spraying (first treatment + acid spraying Humic with a concentration of 5 per thousand) 5- Folic acid foliar application (first treatment + folic acid foliar application with a concentration of 5 per thousand) 6- Seaweed foliar application (first treatment + seaweed foliar with a concentration of 5 per thousand) and 7- Combined treatment (including the first treatment + treatments 6, 5, 4, 3, 2) was performed in three replications in one of the calcareous saline farms in Qamroud district of Qom province for two cropping years. Combined treatment of growth stimulants had a significant effect on grain and oil yield as well as some rapeseed agronomic characteristics. The highest grain and straw yield was obtained from the combined treatment of growth stimulants with an average of 4565 and 1066 $kg.ha^{-1}$, respectively.

Keywords: calcareous soil, Canola, Growth stimulants, Salinity

بررسی وضعیت تغذیه باغ های فندق استان قزوین

مهرزاد محصص مستشاری[1]،اعظم خسروی نژاد[2]،مصطفی قاسمی [3]

[1]دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی ،،کرج ،ایران. ایمیل mm_mohasses@yahoo.com

[2]محقق بخش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ،،قزوین،ایران.ایمیلazam_khosravinejad@yahoo.com

[3]استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران. mostafaghasemi1417@gmail.com

چکیده

شهرستان الموت یکی از مهمترین مراکز تولید فندق در ایران می‌باشد. تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گیاه به منظور شناسایی عوامل محدود کننده رشد و عملکرد محصولات زراعی و باغی در سطح کلان امری ضروری است. روش‌های شناسایی وضعیت عنصرهای غذایی در گیاهان، راهکاری مؤثر در تعیین الگوی مصرفی عنصرهای غذایی و افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. در این تحقیق۴۰ باغ مشخص و در تمامی باغ‌ها نمونه‌های برگ به صورت مرکب از شاخه‌های یک ساله در اوایل مرداد ماه برداشت گردید و در نهایت عملکرد باغ‌های فندق نیز یادداشت شد. با استفاده از نتایج شاخص تشخیص چند گانه به تجزیه و تحلیل وضعیت عناصر غذایی در نمونه‌های برگ باغ‌های فندق پرداخته شد نتایج نشان داد بیشتر باغ‌های فندق این شهرستان از لحاظ میزان عنصر پتاسیم، نیتروژن و آهن با کمبود رو به رو هستند و۴۲ درصد باغ‌ها در جامعه با عملکرد بالا و ۵۸ درصد در جامعه با عملکرد پایین قرار دارد.

کلمات کلیدی: فندق ،اعداد مرجع عناصر غذایی ، روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی

مقدمه

شهرستان الموت با ۳۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت فندق و متوسط عملکرد ۱۰۵۰ کیلوگرم در هکتار، از مهمترین مراکز تولید فندق با کیفیت بسیار خوب کشور است (آمار نامه سال۱۳۹۸). روش تجزیه گیاه برای ارزیابی تغذیه گیاهان مفید است مشروط بر اینکه از روش مناسبی برای تشخیص و تفسیر نتایج بهره گرفته شود. روش تجزیه گیاه به منظور بهینه کردن مصرف کودها و تشخیص اختلالات تغذیه گیاهی استفاده می شود (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰). کارآیی تجزیه گیاه علاوه بر رعایت دقیق زمان نمونه برداری و استاندارد بودن روش‌های تجزیه، به تفسیر نتایج به دست آمده از تجزیه بستگی دارد (مونتاس و همکاران، ۱۹۹۳). روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) توسط پرنت و دیفر (۱۹۹۲)؛ پرنت و همکاران (۱۹۹۴) و خیاری و همکاران (۲۰۰۱a,b) استفاده شدند. روش CND با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر (multi- ratio) اثرات متقابل عناصر را بیان می‌دارد. استفاده از شاخصCND برای محصولات دیگر نظیر پیاز توسط پرنت و خیاری (۲۰۰۳)، لوبیا چشم بلبلی توسط جوز و همکاران (۲۰۰۵)، نوعی کاکتوس داروئی توسط رافائل و همکاران (۲۰۰۴) تعیین شده است مستشاری و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی بر روی زیتون به روش تشخیص چند گانه و انحراف از درصد بهینه نشان داد که شاخص DOP و CND در اکثر باغ‌های مورد مطالعه کمبود عنصر منیزیم، نیتروژن و کلسیم رامشخص می کند. همچنین، با توجه به شاخص‌های مورد مطالعه تمامی باغ‌های با عملکرد کم، در وضعیت نامتعادلی از نظر عناصرغذایی قرار داشتند. چاکرالحسینی و همکاران (۱۳۹۵) با مطالعه بر روی پرتقال با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی اعداد مرجع و محدودیت

های عناصر غذایی را در پرتقال تعیین کردند. بصیرت و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی که بر روی انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چندگانه انجام شد و مستشاری و همکاران (۱۳۹۹) بر روی درختان انگور در آذربایجان شرقی نشان دادند که در بین عناصر پر نیاز کمبود فسفر و منیزیم و در بـــین عناصـــر کم‌مصرف، کمبود روی و مس وجود دارد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش ازسال ۱۳۹۷ درشهرستان الموت استان قزوین به مدت سه سال به اجرا درآمد. مکان‌های اجرای طرح به تعداد۴۰ باغ که از نظرسن و رقم یکسان اما عملکردهای متفاوتی داشتند انتخاب شد در هر باغ ۱۰ درخت به عنوان نمونه انتخاب و نمونه‌های برگ در مرداد ماه تهیه شد. نمونه‌ها پس از برداشت ابتدا در محلول آب و مواد شوینده جهت دفع مواد چرب، سموم و گرد و خاک شسته و دو مرتبه با آب مقطر آبکشی شدند پس از آن در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و با کمک آسیاب برقی پودر و جهت اندازه‌گیری عناصر مورد نظر آماده شد. در این نمونه‌ها عصاره‌گیری انجام و سپس نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش کالیمتری آمونیوم مولیبدات و وانادات، پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس با روش عصاره گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی و بور به روش آزومتین اچ اندازه گیری شد (علی احیای و امامی، ۱۳۷۵). نتایج تجزیهٔ عنصرهای غذایی نمونه های برگ تهیه شده به عنوان داده‌های پایه در بانک اطلاعاتی ایجاد شده در محیط نرم افزاری SPSS برای بهره‌برداری بعدی دسته‌بندی و همچنین برنامه نویسی شاخص‌های CND با برنامهٔ Excel صورت پذیرفته و سپس عملکرد هر باغ تعیین و در نرم افزار مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

از۴۰ باغ مورد مطالعه شاخص‌های عناصر غذایی نیز به روش گام به گام CND تعیین شد (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱abc)، (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰) و (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به۴۰ باغ بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم مرتب گردید. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی ۱۱ عنصر غذایی ، بر اساس معادلات زیر محاسبه گردید. درادامه براساس معادله مربوطه مقادیر تابع نسبت واریانس عناصر غذایی [$F_i(V_X)$] برای کلیه عناصر محاسبه شد. متعاقب آن تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی[$F_i^c(V_X)$] براساس معادله ۱۱ برای ۱۱عنصر برآورد گردید. برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه کم و زیاد ارتباط بین عملکرد فندق و مقادیر تجمعی نسبت واریانس هر عنصر غذایی یعنی $F_i^c(V_N)$ ، $F_i^c(V_P)$ ، $F_i^c(V_K)$ ، $F_i^c(V_{Ca})$ ، $F_i^c(V_{Mg})$ ، $F_i^c(V_{Mn})$ ، $F_i^c(V_{Zn})$ ، $F_i^c(V_{Fe})$ ، $F_i^c(V_{Cu})$ ، $F_i^c(V_B)$ و $F_i^c(V_{Ca})$ $F_i^c(V_R)$ محاسبه و ترسیم گردید که بصورت ۱۲ معادله درجه ۳ برای ۱۱ عنصر و یک قسمت باقیمانده (R_d) برازش داده شد که در جدول (۱) ارائه شده است. نقاط عطف منحنی ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادلات محاسبه شده (-b/3a) برای۱۱ عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده به ترتیب :

$F_i^c(V_N)$=۲/۹۴ ، $F_i^c(V_P)$=۳/۲۴ ، $F_i^c(V_K)$=۱/۷۴ ، $F_i^c(V_{Ca})$=۳/۳۲ ، $F_i^c(V_{Mg})$=۳/۴۳ ،
$F_i^c(V_{Mn})$=۲/۹۳ ، $F_i^c(V_{Zn})$=۳/۷۷ ، $F_i^c(V_{Fe})$=۳/۱۱ ، $F_i^c(V_{Cu})$=۳/۲۷ ،

و $F_i^c(R_d)$=۲/۲۲ تن در هکتار بدست آمد. مدل درجه ۳ برای کلیه عناصر معنی دار بود (۹۸ /۰-۰/۹۱ = R^2).
عملکرد به مقدار ۳ تن در هکتار بعنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه عملکرد کم و زیاد ملاک قرار گرفت (جدول یک) در نتیجه از مجموع ۴۰ باغ ۴۱/۶ درصد درگروه عملکرد زیاد و۵۸/۳ درصد درگروه عملکرد کم قرار گرفتند.

جدول ۱- برآورد عملکرد حد واسط براساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی

[$F_i^c\ (V_X)$] از ۴۰باغ مطالعاتی

عناصر غذایی	$F_i^c\ (V_X)=aY^3+bY^2+cY+d$	R^2	(-b/3a) $Ton.ha^{-1}$
نیتروژن	۰,۹۴۸۳x۱۶,۷۵۹ - ۳x۷۲,۴۶۸ + ۲x + ۹/۵۰	۰/۹۸	۵/۸۹
فسفر	۱,۵۹۸۸-x۳۱,۰۸۷ + ۳x۲۰۶,۰۵ - ۲x + ۴۸۶/۵۲	۰/۹۱	۶/۴۸
پتاسیم	۰,۲۹۵۴x۱,۶۲۰۳ - ۳x۳۰,۵۶۳ - ۲x + ۱۹۹/۹۶	۰/۹۷	۳/۴۸
کلسیم	۱,۳۷۳۶-x۲۷,۴۲۳ + ۳x۱۹۱,۵۳ - ۲x + ۴۸۵/۷۱	۰/۹۷	۶/۶۵
منیزیم	۱,۰۴۹-x۲۱,۶۱۵ + ۳x۱۶۰,۳۷ - ۲x + ۴۴۷/۵	۰/۹۸	۶/۸۶
منگنز	۰,۶۸۸۳- =x۱۲,۱۳۱ + ۳x۸۷,۶۷۳ - ۲x + ۲۹۰	۰/۹۸	۵/۸۷
روی	۰,۵۸۹۵-x۱۳,۳۶۵ + ۳x۱۱۳,۵۹ - ۲x + ۳۵۹	۰/۹۷	۷/۵۵
آهن	۱,۶۴۱۹-x۳۰,۷۱۵ + ۳x۲۰۰,۱۸ - ۲x + ۴۸۳/۸۹	۰/۹۶	۶/۲۳
مس	۰,۰۴۵۸-x۰,۸۹۹۶ + ۳x۶,۰۰۸۷ - ۲x ۱۴/۱۸۶	۰/۹۶	۶/۵۴
جز باقیمانده	۴۰۵۶.x۵,۴۰۴۳ - ۳x۱,۱۹۶۴ + ۲x + ۱۳۳/۹۱	۰/۹۸	۴/۴۴

تعیین نرم‌های استاندارد عناصر غذایی CND :

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد بعنوان نرم و حد بهینه عناصر غذایی قرار می گیرند با در نظرگرفتن عملکرد حد واسط۳ تن در هکتار مقدار V*N، V*P، V*K، V*Mn، V*Zn، V*Fe، V*Cu، V*B، V*S، V*Rdمنعکس در جدول دو به عنوان نرم‌های CND برآورد گردید. همچنین غلظت‌های بهینه عناصر نیز در این جدول نیز ارائه شده است.

جدول ۲- نرم های مطلوب عناصر غذایی مربوط به میانگین عملکردهای مطلوب و اعداد مرجع تشخیص چند گانه باغ های فندق استان قزوین

عناصر	انحراف معیار	غلظت مطلوب برحسب درصد	اعداد مرجع تشخیص چند گانه	انحراف معیار	میانگین
نیتروژن	۰/۲۲	۲/۳۵	V*N	۰/۱۳	۲/۵۴
فسفر	۰/۰۴	۰/۱۵	V*P	۰/۲۰	-۰/۲۰
پتاسیم	۰/۴۲	۱/۲۲	V*K	۰/۲۶۵	۱/۸۵
کلسیم	۰/۳۳	۱/۷۴	V*Ca	۰/۲۰	۲/۲۶
منیزیم	۰/۰۷	۰/۴۰	V*Mg	/۲۰	۰/۷۸
منگنز	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷۵	V*Mn	۰/۳	-۳/۲۲
روی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳۳	V*Zn	۰/۱۹۸	-۴/۱۲
آهن	۰/۰۱۶	۰/۰۵۶	V*Fe	۰/۲۶۹	-۱/۲۰
مس	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۱	V*Cu	۰/۱۱	-۶/۲۵

نرم‌های بدست آمده عناصر غذایی برای عملکرد مطلوب براساس داده‌های حد بحرانی عناصر غذایی ماکرو و میکرو برای نیتروژن ۰/۲۲ ± ۲/۳۵ درصد، فسفر۰/۰۴۰ ± ۰/۱۵درصد، پتاسیم ۰/۴۲±۱/۲۲درصد، کلسیم ۰/۳۳±۱/۷۴ درصد، منیزیم ۰/۰۷±۰/۴۰ درصد، منگنز ۲۲±۷۵/۳۹ میلی‌گرم برکیلوگرم، روی ۳۹±۳۳میلی‌گرم برکیلوگرم، آهن۱۶۴±۵۶۰ میلی‌گرم برکیلوگرم، مس۲/۹۸±۱۱/۰۷ میلی‌گرم برکیلوگرم بود. نتایج نشان دادکه کمبود روی ، آهن در عناصر میکرو و کمبود منیزیم و فسفر در عناصر ماکرو در مقایسه با سایر عناصر بیشتر است. در جدول سه غلظت عناصر غذایی در دو جامعه با عملکرد بالا و پایین ارائه شده بررسی‌ها نشان داد که در باغ‌های مورد مطالعه کمبود ازت ۴۵ درصد،

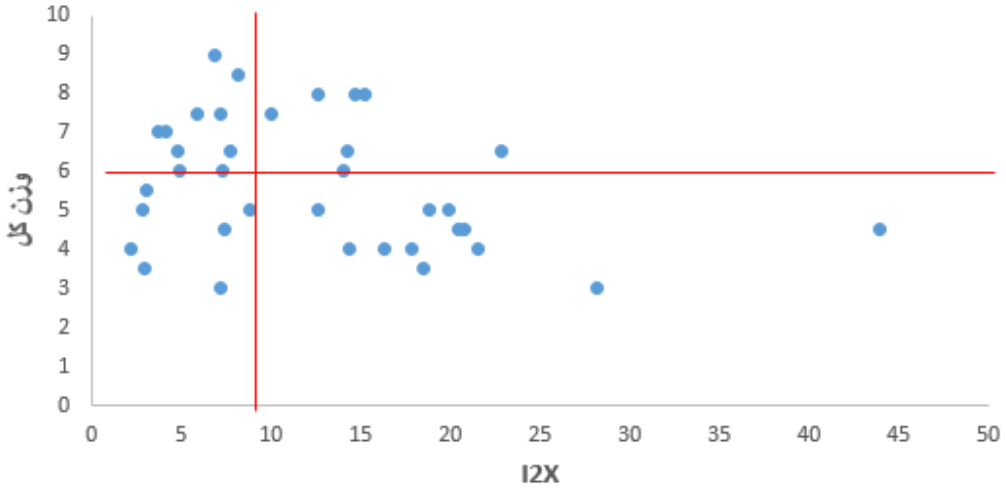
پتاسیم ۴۱ درصد، فسفر۵۴ درصد، کلسیم ۳۲ درصد، منیزیم ۵۹ درصد، آهن ۷۳ درصد، منگنز ۴۱ درصد، روی ۸۱ درصد، مس ۵۰ درصد مشاهده گردید.

جدول ۳- مقایسه غلظت عناصر غذایی در دو جامعه با عملکرد بالا و پایین درفندق استان قزوین

عنصر	عملکرد تن در هکتار	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	کلسیم Ca	آهن Fe	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn
		(%)درصد					(mg.Kg-1) میلی گرم بر کیلوگرم			
باغ های با عملکرد بالا	۳/۷۱	۲/۳۵	۰/۱۵	۱/۲۲	۰/۴۰	۱/۷۴	۵۶۰	۷۵	۱۱/۰۷	۳۳
باغ های با عملکرد پایین	۲/۲۶	۲/۲۶	۰/۱۵۹	۱/۱۹	۰/۴۱۷	۱/۹۴	۴۷۸	۹۶	۱۱/۳۸	۳۸/۹۵

ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی(r^2) با عملکرد فندق

در روش CND شاخص تعادل غذایی (r^2) از جمع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی (I2RD,..+I2K+I2P+I2N) بدست می‌آید که از نظر تئوری رابطه معکوس با عملکرد دارد. مقدار بحرانی به روش کیت نلسون آماری در این روش محاسبه و مقدار آن حدود ۹/۵۰ برای عملکرد حدود ۳/۷۶ تن در هکتار بدست آمد. تحلیل این نتایج نشان می‌دهد برای عملکردهای ۳/۷۶ تن به بالا مقدار r^2 از ۹/۵۰ به طرف صفر میل می کند و برای عملکرد کمتر از ۳/۷۶ تن در هکتار به طرف بیشتر از ۹/۵۰ میل خواهد کرد.



شکل۱- رابطهٔ بین عملکرد و شاخص تعادل غذایی (r^2) برای فندق قزوین

پراکنش باغ‌ها در این روش نشان می‌دهد که حدود ۴۱ درصد باغ‌ها در ناحیه یک و سه قرار دارند. که نشان دهنده عدم تعادل تغذیه ای در این باغ‌ها می باشد.

منابع

احیایی،ع.،امامی،م.۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه ۹۸۲.وزارت کشاورزی. موسسه خاک وآب.

آمار نامه . ۱۳۹۸. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات

بصیرت، م.، اخیانی، ا.، دریاشناس،ع.م. ۱۳۹۵.برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چند گانه غذایی ،نشریه پژوهش های خاک (علوم و آب جلد ۳۰شماره یک .

چاکرالحسینی، م.ر.، خراسانی، ر.، فتوت، ا.، بصیرت،م.۱۳۹۵ تعیین اعداد مرجع ومحدودیت عناصرغذایی برای پرتقال. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلدششم، شماره سوم

دریاشناس، ع.م.، ثقفی،ک. ۱۳۹۰. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. نشریه علمی پژوهش های خاک، موسسه تحقیقات خاک وآب ، کرج. ایران.

مستشاری، م.، خسروی نژاد، ا.، توسلی، ع.ر.، بصیرت، م. ۱۳۹۹. ارزیابی وضعیت تغذیهای عناصر غذایی در باغهای انگور آذربایجان شرقی به روش انحراف از درصد بهینه و تشخیص چند گانه غذایی. نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد ۳۴ / شماره ۱

مستشاری،م.، خسروی نژاد،ا.، بصیرت،م .۱۳۹۸. بررسی وضعیت عناصر غذایی در باغهای زیتون استان قزوین با روش انحراف از درصد بهینه و تشخیص چندگانه غذایی، نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد ۳۳ / شماره ۳

Jose L. Garcia-Hernandez, Ricardo D. Valdez- Cepeda, Narciso Y. Avila- Serrano, Bernardo Murillo-Amador, Alejandra Nieto- Garibay, Rafael Megallanes- Quintanar, Juan Larrinaga- Mayoral and EnriqurTroyo- Dieguez. (2005). Preliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (Vignaunguiculata (L.) Walp.) grown on desert calcareous soil .Plant and Soil. Volume 271, Numbers 1-2.pp 297-307.

Khiari, L., L.E. Parent, and N. Tremblay. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93:809–814

Khiari, L., L.E. Parent, and N. Tremblay. 2001b. The Phosphorus compositional nutrient diagnosis Range For Potato. Agron. J. 93:815–819

Khiari, L., L.E. Parent, and N. Tremblay. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. Agron. J. 93:802–808

Montanes, L., Heras, L., Abadia, J., and Sanz, M. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage (DOP). J. Plant Nut. 16: 1289-1308.

Parent, L.E., A.N. Cambouris, and A. Muhawenimana. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1432–1438.

Parent, L.E., and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:239–242

Parent, L.E., L .Khiari .2003 . The compositional nutrient diagnosis of onions .xxxvi international horticultural congress : Toward ecologically sound fertilization strategies for field vegetable production. http://www.actahort.org

RefaelMagallanes-Quintanar, Ricardo David Valdez-Cepeda, Fidel Blanco-Macias, Miguel Marquez-Madrid, Raul Rene Ruiz- Garduno, Oscar Perez- Veyna, Jose Luis Garcia- Hernadez, Bernardo Murillo-Amador, Jose Dimas Lopez- Martinez, and Enrique Martinez- Rubin de Celis(2004). Compostional Nutrient Diganosis In Nopal (Opuntiaficus- indica).(on line).Available at http://www.Jpacd.org (verified 24 Mar .2009).

Investigating the nutritional status of hazelnut orchards in Qazvin province

M. Mostashari[1] , A. Khosravinejad[2],M. ghasemi[3]

Associate ProfessorSoil and Water Research Institute, Karaj, Iran.E-mail: mm_mohasses@yahoo.com

Researcher, Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and. Education Center, Qazvin, Iran; E-mail: azam_khosravinejad@yahoo.com

Assistant Professor (Ph.D.), Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran.; E-mail: mostafa ghasemi1417@gmail.com

Abstract:

Alamut city is one of the most important hazelnut production centers in Iran.It is necessary to identify the nutritional status of the plant in order to identify the factors limiting the growth and yield of crop and garden products at the macro level.Methods of identifying the status of nutrients in plants is an effective way to determine the consumption pattern of nutrients, increase yield and improve the quality of agricultural products.In this study, 40 orchards were identified and in all orchards, leaf samples were harvested as a combination of annual branches in early August, and finally the yield of hazelnut orchards was recorded.Using the results of multiple diagnostic index, the status of nutrients in hazelnut leaf samples was analyzed.The results showed that most of the hazelnut orchards in this city are deficient in potassium, nitrogen and iron, and 42% and 58% of orchards are in high and low yield in the statistical population, respectively.

Keywords: Hazelnut, Nutrient Reference Numbers, Multiple Nutrient Diagnostic Method

تأثیر منابع مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر غلظت برخی از عناصر در گیاه جو

فریبا عیسی‌لو[۱]، علی خانمیرزائی‌فرد*[۱]، شکوفه رضائی [۱]

[۱] گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
*alikhanmirzai@yahoo.com

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر منابع مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر روی غلظت برخی عناصر گیاه جو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتورها شامل نیتروژن در دو سطح صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از منبع اوره و سیلیسیوم در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در لیتر از منابع اسید سیلیسیک پایدار شده، سیلیکات پتاسیم، سیلیس آلی و نانو سیلیس در با فواصل دو هفته‌ای به صورت محلول پاشی بعد از کشت انجام گرفت. بعد از برداشت و آماده سازی، غلظت سیلیسیوم، نیتروژن، فسفر و روی در دانه و کاه جو اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد کاربرد منابع مختلف سیلیسیوم بر روی غلظت سیلیسیوم دانه و کاه، غلظت روی و نیتروژن کاه در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. محلول‌پاشی نیتروژن در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار بر روی نیتروژن دانه داشت. منابع مختلف سیلیسیوم، باعث افزایش سیلیسیوم دانه و کاه شدند که از بین آن‌ها اسید سیلیسیک پایدار شده بیشترین تأثیر را داشت. بیشترین غلظت روی و نیتروژن کاه در تیمار سیلیکات پتاسیم مشاهده شد.

واژگان کلیدی: جو، سیلیسیوم، عناصر غذایی، نیتروژن

مقدمه

نیتروژن و سیلیسیوم از منابع اصلی تولید موفق جو در شرایط کشت آبی و دیم می باشد. سیلیسیوم عمدتا در خاک به صورت اسید منوسیلیسیک ($Si(OH)_4$) در دسترس گیاه می‌باشد که غلظت آن به دلیل پایداری کم و نیز برهمکنش با عناصری همچون آهن، آلومینیوم و منگنز بسیار پایین می‌باشد(Laane, 2011). به علت وجود چنین عواملی، کمبود اسید سیلسیلیک در بسیاری از انواع خاک وجود دارد (Laane, 2011) و استفاده از کودهای سیلیسیومی ضروری به نظر می‌رسد. سیلیسیوم باعث تقویت سیستم حفاظتی گیاه در برابر شرایط نامساعد محیطی، بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش حاصلخیزی خاک (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹)، افزایش رشد رویشی و ماده خشک، کاهش تعرق کوتیکولی (Agarie *et al.* 1998) می‌شود. بیشترین میزان فتوسنتز و کمترین میزان تعرق در گوجه فرنگی در تیمار ۲ میلی‌مولار نانوسیلیسیوم مشاهده شد (حقیقی و مظفریان، ۱۳۹۳). علت این موضوع احتمالا نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر ذرات نانوسیلیسیوم به بافت گیاه و اثرهای مورفولوژیک آن باشد(Mousse, 2006). محلول‌پاشی اسید سیلیسیک در طول مرحله رویشی مؤثر می‌باشد و به عنوان محرک رشد گیاه در نظر گرفته شود. علاوه بر اثر بخشی ایمن و سازگار با محیط زیست، مقرون به صرفه نیز می‌باشد (Laane, 2016). با توجه به نقش سیلیسیوم، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر منابع مختلف سیلیسیوم بر غلظت برخی عناصرغذایی در گیاه جو بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق در اردیبهشت سال ۱۳۹۸ به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف سیلیسیوم بر روی غلظت برخی عناصر غذایی گیاه جو در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج اجرا شد. ابتدا یک نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای

مشخصه	مقدار	مشخصه	مقدار
بافت خاک	Clay loam	نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۷
اسیدیته	۸/۳	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۳/۲
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۴/۳۱	پتاسیم قابل جذب(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۵۰/۹
ماده آلی (درصد)	۱/۱۲	شن (درصد)	۲۸/۰
رطوبت اشباع (درصد)	۵۲/۵	سیلت (درصد)	۴۲/۰
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۱۳/۵	رس (درصد)	۳۰/۰

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتورها شامل نیتروژن در دو سطح صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از منبع اوره و سیلیسیوم در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در لیتر از منبع کودهای حاوی سیلیسیوم شامل اسید سیلیسیک پایدار شده، سیلیکات پتاسیم، سیلیس آلی و نانو سیلیس بود. میزان ۱۰ کیلوگرم خاک خشک به هر گلدان‌های افزوده شد و با استفاده از آب مقطر به رطوبت ظرفیت مزرعه رسانده شدند. سپس بذر گیاه جو در گلدان‌ها کاشته شد و در طول رشد، رطوبت بصورت وزنی در حد ظرفیت زراعی نگهداری شد. محلول‌پاشی سیلیسیوم و نیتروژن یک ماه بعد از رشد بوته‌ها در چهار مرحله در فواصل زمانی یک هفته‌ای انجام گرفت. پس از برداشت گیاهان و آماده‌سازی، غلظت نیتروژن، سیلیسیوم، فسفر و روی در کاه و دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها، به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر منابع مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر روی غلظت عناصر فسفر، روی، سیلیسیوم و نیتروژن در دانه جو در جدول (۱) آورده شده است. کاربرد منابع مختلف سیلیسیوم بر روی غلظت سیلیسیوم دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد و محلول‌پاشی نیتروژن در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار بر روی نیتروژن دانه داشت. غلظت فسفر و روی دانه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند.

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی عناصر اندازه‌گیری شده در دانه جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فسفر	روی	سیلیسیوم	نیتروژن
سیلیس	۴	۴۲۸۲۰/۵۴ ns	۹۹۰/۵۴ ns	۱۳۱۶۹/۵۹**	۰/۰۲ ns
نیتروژن	۱	۱۶۴۶۹/۴۱ ns	۵۷/۱۰ ns	۳۵/۷۵ ns	۰/۳۴ *
اثر متقابل (A*B)	۴	۵۸۷۸۲/۱۴ ns	۶۷/۲۲ ns	۱۷۹۷/۶۳ ns	۰/۰۶ ns
خطای آزمایش	۲۰	۲۰۴۲۲/۶۲	۶۲۸/۰۰	۲۲۰۷/۶۰	۰/۰۵
ضریب تغییرات(%)		۱۹/۷۲	۲۲/۲۱	۱۱/۳۵	۶/۳۷

ns غیرمعنی‌دار *معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای سیلیسیوم و نیتروژن بر روی غلظت عناصر فسفر، روی، سیلیسیوم و نیتروژن دانه جو در جدول (۲) آورده شده است. همه منابع سیلیسیوم باعث افزایش معنی‌دار سیلیسیوم دانه شدند. بیشترین غلظت سیلیسیوم دانه در تیمار اسید سیلیسیک پایدار با میانگین ۴۵۹/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که با سایر تیمارهای سیلیسیوم و شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین میزان سیلیسیوم دانه مربوط به تیمار شاهد و به میزان ۳۳۵/۵۸

میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. محلول‌پاشی برگی سیلیسیوم موجب جذب بیشتر مواد مغذی از جمله سیلیسیوم به علت دارا بودن سیستم ریشه‌ای حجیم می‌شود (Dakora and Newamondo, 2003).

محلول‌پاشی کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن دانه شد به‌طوری‌که غلظت نیتروژن از ۳/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد به ۳/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمارمحلول‌پاشی افزایش نشان داد. شهسواری و صفاری (۱۳۸۴) با بررسی اثرات سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نشان دادند که وزن هزار دانه، عملکرد دانه و غلظت نیتروژن به طور معنی‌داری با مصرف بیشتر کود نیتروژن افزایش یافت.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای سیلیسیوم و نیتروژن بر روی عناصر اندازه‌گیری شده

	تیمار	فسفر دانه	روی دانه	سیلیس دانه	نیتروژن دانه
			(mg/kg)		
محلول‌پاشی سیلیسیوم	شاهد	۲۳۳۶/۵ a	۱۰۰/۷۵ a	۳۳۵/۵۸ c	۳/۵۵ a
	سیلیکات پتاسیم	۲۴۰۳/۲ a	۱۲۳/۸۳ a	۴۳۲/۳۹ b	۳/۶۴ a
	اسید سیلیسیک پایدار شده	۲۲۶۴/۵ a	۱۱۷/۲۱ a	۴۵۹/۴۶ a	۳/۶۳ a
	نانو سیلیس	۲۲۷۰/۵ a	۱۲۴/۷۲ a	۴۱۳/۱۷ b	۳/۵۶ a
	سیلیس آلی	۲۱۷۸/۰ a	۹۷/۵۷ a	۴۲۹/۰۲ b	۳/۴۷ a
محلول‌پاشی نیتروژن	صفر	۲۳۱۳/۹ a	۱۱۴/۱۹ a	۴۱۵/۰۱ a	۳/۴۶ b
	(mg/l)۵۰۰	۲۲۶۷/۱ a	۱۱۱/۴۳ a	۴۱۲/۸۳ a	۳/۶۸ a

در هر بخش، میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد منابع مختلف سیلیسیوم بر روی غلظت روی، سیلیسیوم و نیتروژن کاه و کلش جو در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت ولی محلول‌پاشی نیتروژن تأثیر معنی‌دار بر روی غلظت عناصر اندازه‌گیری شده نداشت (جدول ۳). کمالی‌مقدم و همکاران (۱۳۸۴) تأثیر سطوح مختلف کودی سیلیسیوم و نیتروژن را بر عملکرد و میزان پروتئین گندم بررسی کردند. نتایج نشان داد که سیلیسیوم موجب افزایش کارایی جذب نور و در نتیجه تحریک و تشدید فتوسنتز و در نهایت افزایش تولید محصول می‌گردد. سیلیسیوم سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد خوشه‌چه در خوشه، عملکرد کاه، وزن هزار دانه و پروتئین دانه شد (Ahmad *et al*. 2013).

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی عناصر اندازه‌گیری شده در کاه و کلش جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فسفر	روی	سیلیسیوم	نیتروژن
سیلیسیوم	۴	۴۴۴۸/۶۲^{ns}	۱۸۵۹۲/۹۳**	۶۵۱۰۷/۷۳**	۰/۱۳**
نیتروژن	۱	۱۲۳۶۸/۷۹^{ns}	۵۷۷/۹۸^{ns}	۶۵۵۵/۵۲^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
اثر متقابل (A*B)	۴	۲۴۳۱/۵۲^{ns}	۲۴۰۱/۸۲^{ns}	۷۷۵۱/۷۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}
خطای آزمایش	۲۰	۳۴۵۲/۷۷	۱۲۴۳/۱۲	۴۱۱۲/۳۰	۰/۰۱
ضریب تغییرات(%)		۲۷/۶۷	۲۷/۱۹	۷/۵۴	۵/۸۴

ns غیرمعنی‌دار *معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای سیلیس و نیتروژن بر عناصر مورد اندازه‌گیری نشان داد از بین منابع مختلف سیلیسیوم، سیلیکات پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی در کاه و کلش جو شد و سایر منابع سیلیسیوم تأثیر

معنی‌دار بر غلظت روی نداشتند. کاربرد منابع مختلف سیلیسیوم باعث افزایش غلظت سیلیسیوم در کاه و کلش جو نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین غلظت سیلیسیوم کاه (۹۳۵/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به منبع اسید سیلیسیک پایدار شده بود که نسبت به سایر تیمارها نیز تفاوت معنی‌دار داشت. اسید سیلیسیک پایدار شده و اتیلن سیلیکات باعث کاهش مقدار نیتروژن موجود در کاه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). نتایج تحقیقات نشان داد کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم سیلیسیوم در هکتار، مقدار نیتروژن و فسفر را در ساقه گیاه برنج افزایش داد (Singh *et al*. 2006).

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای سیلیسیوم و نیتروژن بر روی عناصر اندازه‌گیری شده

	تیمار	فسفر کاه	روی کاه	سیلیس کاه	نیتروژن کاه
		(mg/kg)			
محلول‌پاشی سیلیسیوم	شاهد	۱۹۴/۴۱ a	۱۱۷/۷۹ b	۶۷۳/۰۰ c	۲/۱۰ a
	سیلیکات پتاسیم	۲۲۶/۶۹ a	۲۰۷/۷۰a	۹۱۳/۶۱ ab	۲/۱۰ a
	اسید سیلیسیک پایدار شده	۱۵۴/۶۸ a	۸۸/۲۴ b	۹۳۵/۵۸ a	۱/۹۰ b
	نانو سیلیس	۱۷۷/۵۹ a	۷۷/۷۴ b	۸۵۱/۱۷ b	۲/۰۰ ab
	سیلیس آلی	۲۰۴/۵۳ a	۷۳/۶۶ b	۸۷۶/۵۳ ab	۱/۷۴c
محلول‌پاشی نیتروژن	صفر	۱۷۱/۲۸ a	۱۱۷/۴۲ a	۸۶۴/۷۶ a	۲/۰۱ a
	(mg/l)۵۰۰	۲۱۱/۸۹ a	۱۰۸/۶۴ a	۸۳۵/۱۹ a	۱/۹۳ a

در هر بخش، میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

استفاده از منابع مختلف سیلیسیوم، میزان سیلیسیوم دانه و کاه جو را افزایش داد که این امر می‌تواند باعث بهبود رشد گیاه و محافظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی شود. از بین کودهای سیلیسیومی مورد استفاده، اسید سیلیسیک پایدار شده بیشترین تأثیر را داشت. استفاده از غلظت‌های دیگر کودهای مورد استفاده و مصرف خاکی آن‌ها در تحقیقات دیگر توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱. حقیقی، م. مظفریان، م. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات رویشی، مورفولوژیک و فتوسنتزی گوجه‌فرنگی در اثر سیلیسیم و نانوسیلیسیم افزوده شده به محلول غذایی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۵ (۱۹). ۴۷-۳۷.

۲. خوشگفتارمنش، ا. ح. (۱۳۸۹). مباحث پیشرفته در تغذیه گیاه. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. شهسواری، ن. صفری، م. ۱۳۸۴. اثر مقدار نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در کرمان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۱۸(۱). ۸۷-۸۲.

۴. کمالی‌مقدم، ع. ملکوتی، م.ج. لطف‌الهی، م. ۱۳۸۴. تاثیر سیلیسیوم بر عملکرد و میزان پروتئین گندم. نهمین کنگره علوم خاک ایران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. تهران. ایران.

5. Agarie, S., Hanaoka, N., et al. (1998). Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza Sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. *Plant production science*, 1, 96- 103.

6. Ahmad, A., Afzal, M., Ahmad, A. U. H., Tahir, M. (2013). Effect of foliar application of silicon on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Cercetari Agronomice in Molodova*, 3(155), 21-28.

7. Dakora, F. D., Newamondo, A. (2003). Silicon nutrition promotes root growth and tissue mechanical strength in symbiotic cowpea. *Functional Plant Biology*, 30(9), 947-953.

8. Laane, H. M. (2017). The Effects of the Application of Foliar sprys with stabilized silicic Acid: An overview of Results from 2003-2014. *Silicon*, 9, 803-807.

9. Laane, H. M. (2011). Foliar silicon acid technology for plants. Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture. Beijing. China. 99- 100.

10. Moussa, H. R. (2006). Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(2), 293-297.
11. Singh, K., Singh, R., Singh, J. P., Singh, Y., Singh, K. K. (2006). Effect of level and time of silicon application on growth, yield and its uptake by rice (*Oryza Sativa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 76(7), 410- 413.

Effect of silicon and nitrogen sources on some nutrient concentration in barley

Isalou[1], F., Khanmirzaei[1*], A., Rezaei, Sh[1]

[1] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
*Alikhanmirzai@yahoo.com

Abstract

A factorial experiment as randomized complete block with three replications were designed to investigate the silicon (Si) and nitrogen (N) sources on some nutrient concentration in barley Factors were two levels of N (0 and 500 mg l^{-1}), two levels of Si (0 and 100 mg l^{-1}) in four sources including stabilized silicic acid, potassium silicate, organic Si, and Nano Si which were applied as foliar spray weekly during plant growth. Phosphorus, zinc, N and Si concentration were determined in harvested barley grain and straw. The results of ANOVA showed that application of different sources of Si had a significant effect on the Si concentration of grain and straw and zinc and N concentrations of barley straw ($p<0.01$). Foliar application of N ($p< 0.05$) had a significant effect on grain nitrogen. Different sources of Si increased the grain and straw Si, among which stabilized silicic acid had the greatest effect. The highest zinc and N concentration of straw was observed in potassium silicate treatment.

Keywords: Barley, Nitrogen, Nutrient, Silicon

استفاده از فعالیت یونی به جای غلظت یونی در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای تولید کاهو در شرایط هیدروپونیک

شهرام کیانی

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، پست الکترونیک:shkiani2002@yahoo.com

چکیده

در کشت‌های هیدروپونیک برای تهیه محلول‌های غذایی، از غلظت‌های یونی برای انجام محاسبات استفاده می‌شود. با توجه به ایده‌آل نبودن محلول‌های غذایی، استفاده از غلظت‌های یونی در محاسبات می‌تواند منجر به متفاوت شدن ترکیب شیمیایی یک محلول غذایی با شرایط برنامه‌ریزی شده شود. این پژوهش به منظور محاسبه فعالیت یونی، یون‌های غذایی در پنج محلول غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو با استفاده از نرم افزار Visual MINTEQ 3.1 انجام شد. محلول‌های غذایی مورد استفاده عبارت بودند از ۱- محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند، ۲- محلول غذایی دانشگاه کرنل، ۳- محلول غذایی ساواس و همکاران، ۴- محلول غذایی یامازاکی، ۵- محلول غذایی دمینگوس و همکاران. نتایج نشان داد غلظت فعال یونی (فعالیت یونی) تمام یون‌های موجود در محلول‌های غذایی به استثنای بور نسبت به غلظت‌های اولیه آنها کاهش یافت. بیشترین درصد کاهش فعالیت یونی نسبت به غلظت‌های اولیه برای یونهای نیترات، آمونیوم، ارتوفسفات اولیه، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سولفات به ترتیب ۱۶/۳، ۱۵/۱، ۴۲، ۱۶/۵، ۵۳/۶، ۵۱/۴ و ۶۳/۱ بود. میزان این کاهش برای یونهای آهن، منگنز، روی، مس و مولیبدات به ترتیب ۶۷/۳، ۵۳/۱، ۵۳/۷، ۶۸/۷ و ۷۴/۲ درصد بود. برمبنای نتایج، فعالیت یونی می‌بایستی به جای غلظت یونی در محاسبات مربوط به محلول‌های غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: عناصر غذایی، کشت بدون خاک، نرم افزار MINTEQ.

مقدمه

هیدروپونیک عبارت از مجموعه روش‌هایی است که برای کشت گیاه از خاک استفاده نمی‌شود. در این روش عناصر غذایی از طریق محلول غذایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. تعدادی از ویژگی‌های محلول غذایی از قبیل غلظت عناصر غذایی، شکل‌های شیمیایی عناصر، دما و pH محلول غذایی بر روی میزان تولید و کیفیت محصولات می‌تواند تاثیر داشته باشد. در این میان غلظت عناصر غذایی یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تولید موفقیت‌آمیز سبزی‌های برگی است (Tomasi *et al.*, 2015). در محاسبات مربوط به ساخت محلول‌های غذایی از غلظت‌های یونی برای انجام محاسبات استفاده می‌شود. اما واقعیت این است که غلظت‌های یونی تنها در محاسبات مربوط به محلول‌های ایده‌آل مثل محلول‌های رقیق که در آنها هیچ گونه برهمکنشی بین جامدات محلول وجود ندارد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در محلول‌های واقعی، مثل محلول‌های غذایی مورد استفاده در کشت‌های هیدروپونیک، برهمکنش بین جامدات محلول نمی‌تواند نادیده گرفته شود. از این‌رو توجه به فعالیت یون‌های موجود در محلول غذایی دارای اهمیت ویژه‌ای است. برای یک یون، فعالیت یونی از حاصل‌ضرب غلظت یونی در ضریب فعالیت تعیین می‌شود. همچنین ضریب فعالیت نیز به غلظت تمامی یونها در محلول و بار آنها (یعنی به قدرت یونی محلول غذایی) بستگی دارد (Sambo *et al.*, 2019). برای محلول‌های خیلی رقیق (ایده‌آل) ضریب فعالیت برای گونه‌های شیمیایی می‌تواند تقریبا یک درنظر گرفته شود و بنابراین غلظت‌های یونی تحت تاثیر پدیده‌هایی از قبیل

تشکیل زوج یون یا کاهش رسانایی یونی قرار نمی‌گیرد. اما در مورد محلول‌های غلیظ‌تر الکترولیت‌های قوی، مانند محلول-های غذایی هیدروپونیک، این پدیده‌ها غالب شده و ممکن است غلظت فعال یونی را کاهش دهند. به عنوان مثال، در محلول ۶ میلی‌مولار نیترات پتاسیم (غلظت مورد استفاده در محلول هوگلند) ضریب فعالیت نیترات پتاسیم حدود ۰/۹۲ است و بنابراین غلظت فعال یونی ۸ درصد کمتر از غلظت واقعی اضافه شده به محلول است (Sambo *et al.*, 2019). به طور معمول، غلظت‌های الکترولیت‌ها در محلول‌های غذایی مورد استفاده در کشت‌های هیدروپونیک کاملا زیاد بوده (در محدوده ۶/۴ تا ۳۷/۸ میلی‌اکی والان بر لیتر و قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۸ تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر) (Savvas, 2003) و بنابراین فعالیت یونی می‌تواند به طور قابل توجهی کاهش یابد. بنابراین با توجه به موارد فوق این پژوهش به منظور محاسبه فعالیت یونی و میزان کاهش آن برای یون‌های موجود در پنج محلول غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو به روش هیدروپونیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش پنج محلول غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو انتخاب شد. محلول‌های غذایی مورد استفاده عبارت بودند از ۱- محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند (Dekreij *et al.*, 2003)، ۲- محلول غذایی دانشگاه کرنل (Brechner and Both, 2017)، ۳- محلول غذایی ساواس و همکاران (Savvas *et al.*, 2006)، ۴- محلول غذایی یامازاکی (Yamazaki, 1982)، ۵- محلول غذایی دمینگوس و همکاران (Domingues *et al.*, 2012). برای تهیه محلول غذایی ابتدا ویژگی‌های شیمیایی آب با استفاده از روش‌های معمول (علی احیایی و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲) اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین فرمولاسیون و pH محلول‌های غذایی مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است. سپس با لحاظ کردن غلظت عناصر غذایی موجود در آب (جدول ۱)، محاسبات لازم برای حصول به غلظت‌های مورد نظر در محلول‌های غذایی مورد استفاده انجام شد. تنظیم pH محلول‌های غذایی با استفاده از اسید سولفوریک یک مولار طبق مقادیر ذکر شده در جدول ۲ صورت گرفت. قابلیت هدایت الکتریکی در محلول‌های غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند، دانشگاه کرنل، ساواس و همکاران، یامازاکی و دمینگوس و همکاران به ترتیب ۲/۸۶، ۱/۶۸، ۲/۳۲، ۱/۲۸ و ۱/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. سپس غلظت یون‌های مورد استفاده در محلول‌های غذایی وارد نرم‌افزار Visual MINTEQ نسخه ۳/۱ شد (Gustafsson, 2013). در اطلاعات ورودی نرم‌افزار pH محلولهای غذایی براساس مقادیر موجود در جدول ۲ وارد شد. از آنجایی که دمای محلول غذایی با تاثیر بر تعادلات شیمیایی در محلول به طور قابل ملاحظه‌ای بر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی موثر است بنابراین دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در اطلاعات ورودی نرم‌افزار تعیین شد. پس از اجرای نرم‌افزار فعالیت یونی گونه‌های نیترات، آمونیوم، ارتوفسفات اولیه، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، آهن، منگنز، روی، مس، مولیبدات و اسید بوریک از خروجی نرم‌افزار استخراج شد. همچنین درصد کاهش یا افزایش فعالیت یونی (غلظت موثر یونی) در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو محاسبه شد.

جدول ۱- ویژگیهای شیمیایی آب مورد استفاده برای تهیه محلول غذایی

سولفات	بی‌کربنات	کلر	نیترات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم	پ.هاش	قابلیت هدایت الکتریکی
mmol L^{-1}									دسی زیمنس بر متر
۰/۰۰۹	۱/۲	۱/۳	۰/۲۳	۰/۸	۱/۵	۰/۱	۰/۲	۷/۶	۰/۴۵

جدول ۲- غلظت عناصر غذایی در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو

محلول غذایی	NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}
	میلی‌مول بر لیتر						
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای	۱۸/۲۳	۱/۲۵	۲/۰	۱۱/۰	۵/۵	۱/۲	۱/۴۹
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۸/۸۳	۰/۱۵	۱/۰	۶/۳	۳/۱	۱/۴	۱/۰۸
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۸/۱۹	۳/۵۱	۱/۳	۹/۱	۲/۰	۱/۰	۲/۹۶
۴) محلول غذایی یامازاکی	۶/۰	۰/۵۰	۰/۵	۴/۵	۲/۴۳	۰/۸	۰/۵۱
۵) محلول غذایی دمینگوس و همکاران	۱۰/۵۳	۰	۰/۷	۴/۲	۴/۶	۲/۱	۱/۳۵

محلول غذایی	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	MoO_4^{2-}	H_3BO_3	pH
	میکرومول بر لیتر						
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای	۴۰/۰	۵/۰	۴/۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۳۰/۰	۵/۴
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۱۶/۸	۲/۵	۲/۰	۰/۴۰	۰/۳۰	۱۵/۰	۵/۶
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۴۰/۰	۵/۰	۴/۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۳۰/۰	۵/۶
۴) محلول غذایی یامازاکی	۵۳/۶	۲/۲	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۴	۷/۹۰	۶/۵
۵) محلول غذایی دمینگوس و همکاران	۶۲/۵	۶/۳۶	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۰۷	۳۲/۴	۵/۸

نتایج و بحث

در جدول ۳ فعالیت یونی عناصر غذایی موجود در محلول‌های غذایی بر اساس خروجی نرم‌افزار ارائه شده است. در این میان مقایسه غلظت‌های یونی (جدول ۲) و فعالیت یونی (جدول ۳) حاکی از آنست که فعالیت یونی (غلظت موثر یونی) تمامی یون‌های موجود در محلول غذایی به استثنای بور دچار کاهش شده است. در جدول ۴ درصد کاهش و یا افزایش فعالیت یونی یون‌های موجود در هر پنج محلول غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو ارائه شده است. بر مبنای نتایج حاصله، درصد کاهش فعالیت یونی نسبت به غلظت اولیه برای نیترات ۱۶/۳-۱۱/۸ با میانگین ۱۴ درصد، برای آمونیوم ۱۵/۱-۱۳/۱ با میانگین ۱۳/۶ درصد، برای ارتوفسفات اولیه ۴۲/۰-۲۱/۲ با میانگین ۲۷/۶ درصد و برای پتاسیم ۱۶/۵-۱۱/۷ با میانگین ۱۴/۳ درصد بود. درصد کاهش فعالیت یونی نسبت به غلظت اولیه برای عناصر پرمصرف ثانویه شامل کلسیم، منیزیم و گوگرد به ترتیب ۵۳/۶-۴۲/۲ با میانگین ۴۷/۲ درصد، ۵۱/۴-۴۱/۲ با میانگین ۴۷/۳ درصد و ۶۳/۱-۵۱/۵ با میانگین ۵۷/۱ درصد بود. بر مبنای نتایج حاصله درصد کاهش فعالیت یونی نسبت به غلظت اولیه برای آهن ۶۷/۳-۵۱/۸ با میانگین ۵۹/۶ درصد، برای منگنز ۵۳/۱-۴۵/۵ با میانگین ۴۹/۴ درصد، برای روی ۵۳/۷-۴۵/۴ با میانگین ۵۰/۰ درصد، برای مس ۶۸/۷-۵۳/۸ با میانگین ۵۹/۸ درصد و برای مولیبدات ۷۴/۲-۶۲/۱ با میانگین ۶۸/۰ درصد بود. با این وجود فعالیت یونی اسید بوریک نسبت به غلظت اولیه مقدار اندکی افزایش یافت که درصد این افزایش ۰/۷-۰/۱ با میانگین ۰/۵ درصد بود. کاهش فعالیت یونی در محلول‌های غذایی را می‌توان به برهمکنش بین جامدات محلول نسبت داد. از آنجایی که محلول‌های غذایی مورد استفاده در کشت‌های هیدروپونیک رقیق نیستند فرآیندهایی از قبیل تشکیل زوج یون یا کاهش رسانایی یونی غالب شده و ممکن است غلظت فعال یونی (فعالیت یونی) را کاهش دهند. در مطابقت با نتایج این تحقیق Sambo *et al.* (2019) گزارش کردند که ضریب فعالیت محلول ۶ میلی مولار نیترات پتاسیم حدود ۰/۹۲ است و بنابراین غلظت فعال یونی (۵/۵۲ میلی‌مول بر لیتر) ۸ درصد کمتر از غلظت واقعی نیترات پتاسیم اضافه شده به محلول (۶ میلی مول بر لیتر) است. در این میان هر چه قابلیت هدایت الکتریکی محلول غذایی بیشتر شود میزان کاهش فعالیت یونی نسبت به غلظت‌های اولیه بیشتر بود. به طوری که مقایسه دو محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند و یامازاکی به ترتیب با قابلیت‌های هدایت الکتریکی ۲/۸۶ و ۱/۲۸ دسی زیمنس بر متر نشان داد که به استثنای دو

یون ارتوفسفات اولیه و مس، درصد کاهش فعالیت یونی سایر یون‌ها نسبت به غلظت اولیه یون در محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند نسبت به محلول غذایی یامازاکی بیشتر بود (جدول ۴).

جدول ۳- فعالیت یونی عناصر غذایی در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو بر اساس خروجی نرم افزار

محلول غذایی	NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}
	میلی‌مول بر لیتر						
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای	۱۵/۲۵	۱/۰۶	۱/۵۰	۹/۱۸	۲/۵۳	۰/۵۸	۰/۵۵
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۷/۶۵	۰/۱۳	۰/۷۸	۵/۴۵	۱/۶۴	۰/۷۷	۰/۴۸
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۷/۰۴	۳/۰۰	۱/۰۲	۷/۷۳	۰/۹۳	۰/۴۹	۱/۳۶
۴) محلول غذایی یامازاکی	۵/۲۹	۰/۴۴	۰/۲۹	۳/۹۷	۱/۴۰	۰/۴۷	۰/۲۵
۵) محلول غذایی دمینگوس و همکاران	۹/۰۱	۰	۰/۵	۳/۵۹	۲/۳۲	۱/۱۲	۰/۵۳
محلول غذایی	**Fe^{2+}**	**Mn^{2+}**	**Zn^{2+}**	**Cu^{2+}**	**MoO_4^{2-}**	**H_3BO_3**	
	میکرومول بر لیتر						
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای	۱۳/۰۸	۲/۳۴	۱/۸۵	۰/۳۰	۰/۱۴	۳۰/۲۱	
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۷/۱۰	۱/۳۳	۱/۰۵	۰/۱۸	۰/۰۹	۱۵/۰۶	
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۱۴/۲۶	۲/۳۸	۱/۸۵	۰/۳۰	۰/۱۹	۳۰/۱۴	
۴) محلول غذایی یامازاکی	۲۵/۸۴	۱/۲۰	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۲	۷/۹۱	
۵) محلول غذایی دمینگوس و همکاران	۲۷/۱۵	۳/۲۳	۰/۲۷	۰/۱۰	۰/۰۲	۳۲/۵۶	

جدول ۴- میزان تغییرات (درصد کاهش/افزایش) فعالیت یونی در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو

محلول غذایی	NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای	-۱۶/۳	-۱۵/۱	-۲۴/۸	-۱۶/۵	-۴۳/۸	-۵۱/۴	-۶۳/۱
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	-۱۳/۴	-۱۳/۱	-۲۱/۸	-۱۳/۵	-۴۷/۱	-۴۵/۲	-۵۶/۰
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	-۱۴/۰	-۱۴/۶	-۲۱/۲	-۱۵/۱	-۵۳/۶	-۵۱/۱	-۵۴/۱
۴) محلول غذایی یامازاکی	-۱۱/۸	-۱۱/۶	-۴۲/۰	-۱۱/۷	-۴۲/۲	-۴۱/۲	-۵۱/۵
۵) محلول غذایی دمینگوس و همکاران	-۱۴/۴	--	-۲۸/۰	-۱۴/۵	-۴۹/۵	-۴۷/۷	-۶۱/۰
میانگین	-۱۴/۰	-۱۳/۶	-۲۷/۶	-۱۴/۳	-۴۷/۲	-۴۷/۳	-۵۷/۱
محلول غذایی	**Fe^{2+}**	**Mn^{2+}**	**Zn^{2+}**	**Cu^{2+}**	**MoO_4^{2-}**	**H_3BO_3**	
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای	-۶۷/۳	-۵۳/۱	-۵۳/۷	-۵۹/۵	-۷۲/۰	+۰/۷	
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	-۵۷/۷	-۴۶/۶	-۴۷/۳	-۵۳/۸	-۶۸/۷	+۰/۴	
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	-۶۴/۶	-۵۲/۴	-۵۳/۷	-۶۰/۲	-۶۲/۸	+۰/۵	
۴) محلول غذایی یامازاکی	-۵۱/۸	-۴۵/۵	-۴۵/۴	-۶۸/۷	-۶۲/۱	+۰/۱	
۵) محلول غذایی دمینگوس و همکاران	-۵۶/۶	-۴۹/۲	-۴۹/۹	-۵۶/۶	-۷۴/۲	+۰/۵	
میانگین	-۵۹/۶	-۴۹/۴	-۵۰/۰	-۵۹/۸	-۶۸/۰	+۰/۵	

در میان عناصر پرمصرف کاتیونی، کاهش فعایت یونی ارتوفسفات اولیه بیشتر از یونهای نیترات، آمونیوم و پتاسیم بود. این در حالی است که در هر پنج محلول غذایی مورد بررسی، غلظت ارتوفسفات اولیه کمتر از یونهای نیترات و پتاسیم بود. این مسئله لزوم توجه به غلظت عناصر مورد استفاده در محلول‌های غذایی را با توجه به کاهش فعالیت یونی آنها نشان می‌دهد. کاهش فعالیت یونی عناصر پرمصرف ثانویه از قبیل کلسیم، منیزیم و سولفات نیز قابل توجه بوده و به طور متوسط غلظت فعال یونی این عناصر ۵۰ درصد کمتر از غلظت واقعی اضافه شده به محلول است. در مورد عناصر کم‌مصرف نیز چنین

مسئله‌ای دیده می‌شود و غلظت فعال یونی یون‌های آهن و مس نزدیک ۶۰ درصد، منگنز و روی حدود ۵۰ درصد و مولیبدن به طور متوسط ۶۸ درصد کمتر از غلظت واقعی اضافه شده به محلول است. از آنجایی که عناصر کم‌مصرف در مقادیر بسیار کم در محلول‌های غذایی به کار برده می‌شوند کاهش فعایت یونی آنها در محلول‌های غذایی ممکن است منجر به کمبود احتمالی آنها در کاهو شود. در مطابقت با نتایج این پژوهش Sambo *et al.* (2019) نیز کاهش فعالیت یونی یون‌های موجود در محلول‌های غذایی را گزارش کرده و پیشنهاد کردند فعالیت یونی می‌بایستی به جای غلظت یونی در محاسبات مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

بر مبنای نتایج این پژوهش کاهش غلظت موثر یونی (فعالیت یونی) عناصر به کار برده شده در ساخت محلول‌های غذایی قابل توجه بوده و بنابراین می‌بایستی فعالیت یونی به جای غلظت یونی در محاسبات ساخت محلول غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

فهرست منابع

۱- علی احیایی، م.، بهبهانی‌زاده، ع.ا. (۱۳۷۲). شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ۱۲۹ ص.

2- Brechner, M., Both, A. J. (2017). Hydroponic lettuce handbook. Cornell Controlled Environment Agriculture, Cornell University. Available online at: http://cea.cals.cornell.edu/attachments/Cornell%20CEA%20Lettuce%20Handbook%20.pdf. Accessed 27 Feburary 2017.

3- Dekreij, C., Voogt, W., Baas, R. (2003). Nutrient Solutions and Water Quality for Soilless Cultures. Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables. Naaldwijk. 32 p.

4- Domingues, D.S., Takahashi, H.W., Camara, C.A.P., Nixdorf, S.L. (2012). Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Computers and Electronics in Agriculture*, 84, 53-61.

5- Gustafsson, J.P. (2013). Visual MINTEQ ver. 3.1.

6- Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R., Cesco, S. (2019). Hydroponic solutions for soilless production systems: issues and opportunities in a smart agriculture perspective. *Frontiers in Plant Science*, 10(923), doi: 10.3389/fpls.2019.00923.

7- Savvas, D. (2003). Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. Available at: https://www.academia.edu/. Accessed 12 June 2020.

8- Savvas, D., Passam, H.C., Olympios, C., Nasi, E., Moustaka, E., Mantzos, N., Barouchas, P. (2006). Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. *Journal of Horticultural Science*, 41(7), 1667-1673.

9- Tomasi, N., Pinton, R., Dalla Costa, L., Cortella, G., Terzano, R., Mimmo, T., Scampicchio, M., Cesco, S. (2015). New 'solutions' for floating cultivation system of ready-to-eat salad: a review. *Trends in Food Science & Technology*, (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.004.

10- Yamazaki, K. (1982). Nutrient Solution Culture (Japanese), Pak-kyo co, Tokyo.

Use of ion activity instead of ion concentration in nutrient solutions applied for production of lettuce under hydroponic conditions

Shahram Kiani
Associate Professor of Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

Abstract
Ion concentration is used in calculations for preparation of nutrient solutions in hydroponic cultures. Nutrient solutions are not ideal solutions, thus use of ion concentration in calculation, causes that the chemical composition of a real hydroponic solution could be different from the planned one. This study was conducted in order to calculate ion activity of applied nutrients in five nutrient solutions for production of lettuce by using the Visual MINTEQ 3.1 software. The nutrient solutions were: 1) Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables (the Netherlands), 2) Cornel University, 3) Savvas et al., 4) Yamazaki, and 5) Domingues et al. The results showed that the ion active concentration (ion activity) of all ions in nutrient solutions except boron decreased compared to their initial concentrations. The highest percentage decrease of ion activity compared to the initial concentrations for nitrate, ammonium, primary orthophosphate, potassium, calcium, magnesium and sulfate ions was 16.3, 15.1, 42, 16.5, 53.6, 51.4 and 63.1, respectively. The amount of this decrease for iron, manganese, zinc, copper and molybdate ions was 67.3, 53.1, 53.7, 68.7 and %74.2, respectively. Based on the results, ion activity should be considered in calculations of nutrient solutions instead of concentration.
Keywords: MINTEQ software, Nutrients, Soilless culture.

اثر کربن فعال بر پایداری ساختمان خاک آلوده به لجن نفتی

رقیه کریم‌پور[1]، سهیلا ابراهیمی[2*]، الهام ملک‌زاده[3]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

۲*- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان sohebrahimi@gmail.com

۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

آلودگی نفتی یک بحران مهم زیست محیطی بخصوص در کشورهای نفت‌خیز می‌باشد. در این راستا، بررسی پایداری خاک‌های آلوده به نفت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش، اثر افزودن اصلاحگر کربن فعال، بر پایداری و میانگین قطر خاکدانه در خاک آلوده به لجن نفتی در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی بررسی گردید. تیمارهای آزمایش شامل وزن ۱۰۰ گرم و اندازه ۰/۳ میلی‌متر (T1)، وزن ۱۰۰ گرم و اندازه ۱/۵ میلی‌متر (T2)، وزن ۱۰۰ گرم و اندازه ۴ میلی‌متر (T3)، وزن ۱۵۰ گرم و اندازه ۰/۳ میلی‌متر (T4)، وزن ۱۵۰ گرم و اندازه ۱/۵ میلی‌متر (T5)، وزن ۱۵۰ گرم و اندازه ۴ میلی‌متر (T6) و تیمار شاهد (C) بود. نتایج نشان داد درصد رس قابل پراکنش و میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه با افزایش مقدار مصرف و کاهش سایز کربن فعال، نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کرد. کاهش میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها به‌دلیل کاهش خاصیت آبگریزی سطح خاکدانه‌ها در طی آزمایش الک تر بود. افزایش مصرف کربن فعال (بویژه کربن پودری) در خاک آلوده به لجن نفتی به دلیل جذب سطحی هیدروکربن‌های نفتی و کاهش خاصیت آبگریزی شدید آن‌ها، باعث کاهش اثرات منفی آلودگی نفتی بر رطوبت‌پذیری خاک می‌گردد.

واژگان کلیدی: پایداری خاکدانه، قطر خاکدانه، کربن فعال، لجن نفتی، ماده مغذی.

مقدمه

آلودگی خاک و منابع آب‌های زیرزمینی توسط آالاینده‌های مختلف از جمله هیدروکربن‌ها و حلال‌های شیمیایی، اثرات منفی زیست‌محیطی متنوعی به دنبال دارد [۷]. خاک منبع عظیم و سرمایه گرانقدری است که بسیاری از مسائل حیاتی و نیازهای ضروری انسان و دیگر موجودات زنده به آن وابسته است. افزایش جمعیت و صنعتی‌شدن کشورها برای رفع نیازهای کنونی بشر حجم زیادی از آلاینده‌ها را به محیط وارد نموده است. از جمله آلاینده‌های خاک ترکیبات نفتی می‌باشند که می‌توان به نفت، گازوئیل، لجن‌های نفتی، حلال‌های کلردار، بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن، پلی هیدرو آروماتیک حلقوی و غیره اشاره نمود [۱۲]. آلودگی خاک ناشی از فرآورده‌های نفتی بسیار نگران کننده است، زیرا وقتی در معرض محیط قرار می‌گیرند، ساختار خاک را از بین می‌برند و منجر به خطرات جدی برای سلامتی می‌شوند [۸]. همچنین فرآورده‌های نفتی از آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین و هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی تشکیل شده است که مانع نفوذ هوا در خاک می‌شود [۱۳]. آلاینده‌های هیدروکربنی تحت تأثیر نیروی مویینگی و ثقلی در خاک حرکت کرده و منافذ خاک را پر می‌کنند، به طوری که در واقع با مسدود کردن مجاری خاک مسیرهای عبور آب را می‌بندند. این آلاینده‌ها با جذب بر روی سطوح ذرات، سبب ایجاد خاصیت آبگریزی در خاک می‌شوند. این امر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله نگهداشت آب و نفوذ آب در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲]. این آلودگی‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک که تعیین کننده کیفیت خاک می‌باشد، تاثیر می‌گذارند [۱]. مواد آلی یکی از فاکتورهای مهم در

پایداری خاکدانه‌ها و ساختمان خاک می‌باشد [۱۱]. با افزایش کربن آلی خاک میزان رس قابل پراکنش خاک کاهش می‌یابد [۶]. کربن فعال به عنوان ماده جاذب در خاک عمل کرده و آلاینده‌ها به آن جذب می‌شود. در حقیقت عوارض جانبی ناشی از آلاینده های آلی فرار و غیر فرار را حتی در غلظت های بالا از بین ببرد [۱۴]. علاوه براین [۱۵] نشان داد که ترکیبات مختلف کربنی به طور قابل توجهی ظرفیت نگهداری آب خاک را بهبود می‌بخشند. به دلیل اثر آلودگی بر ساختمان خاک و به دنبال آن تغییر وضعیت هیدرولیکی خاک، گیاهان دچار تنش رطوبتی می‌شوند و به مرور زمان پوشش گیاهی تخریب می‌شود. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی اثر کاربرد کربن فعال در کاهش اثرات آلودگی لجن نفتی بر پایداری ساختمان خاک در شرایط گلدانی انجام شد.

مواد وروش‌ها

خاک غیرآلوده از منطقه شصت کلاه گرگان از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. لجن نفتی مورد نیاز از شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی شهر گرگان تهیه شد. به منظور کاهش رطوبت لجن نفتی، پس از هواخشک شدن و کوبیدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و تا زمان اختلاط با خاک، در پلاستیک تیره نگهداری شد. خاک و لجن نفتی با نسبت وزنی ۷۰ به ۳۰ مخلوط شدند و در گلدان‌های ۲ کیلوگرمی برای سهولت هوادهی ریخته شدند. گلدان‌ها به مدت ۳۰ روز در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در گلخانه انکوبه شدند. برای اختلاط بهتر خاک و لجن، خاک گلدان‌ها در هفته دو بار زیر و رو شدند [۵]. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، لجن و خاک آلوده به لجن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). پس از دوره انکوباسیون آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کربن فعال۱۰۰ گرم و اندازه ۰/۳ میلیمتر (T1)، وزن ۱۰۰ گرم و اندازه ۱/۵ میلیمتر (T2)، وزن ۱۰۰ گرم و اندازه ۴ میلیمتر (T3)، وزن ۱۵۰ گرم و اندازه ۰/۳ میلیمتر (T4)، وزن ۱۵۰ گرم و اندازه ۱/۵ میلیمتر (T5)، وزن ۱۵۰ گرم و اندازه ۴ میلیمتر (T6) و تیمار شاهد (C)) بود. به خاک همه تیمارها NPK به عنوان ماده مغذی با حفظ نسبت ۱۰۰:۱۰:۲:۱ از C:N:P:K اضافه شد. کربن فعال از شرکت وزین اصفهان خریداری شد. گلدان‌ها بعد از اعمال تیمارها در گلخانه در دمای ۲۸ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نگهداری شدند.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، لجن و خاک آلوده

پارامتر	علامت	واحد	خاک غیرآلوده	لجن نفتی	خاک آلوده	روش آزمایش
هدایت الکتریکی	EC	دسی‌زیمنس بر متر	۳/۷۰	۹/۱۶	۹/۳۹	نسبت ۱:۲/۵
اسیدیته	PH	نسبت۱:۲,۵	۰/۶۹	۶/۴۲	۶/۵۱	نسبت ۱:۲/۵
کربن آلی	OC	درصد	۱/۰۸	۳۹	۵۳/۰۴	والکلی بلک
پتاسیم	K	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۴۰/۵۳	۹۰/۳۴	۱۰۰/۳۸	استات آمونیوم
نیتروژن کل	TN	درصد	۰/۴۴	۰/۷۷	۰/۸۴	کجلدال
فسفر	P	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳۳/۱۷	۲۷/۱۶	۳۹/۵۷	اولسن
آهک	$CaCO_3$	درصد	۱۴/۷۵	۱	۱۴/۵	تیتراسیون
رطوبت مزرعه	FC	درصد	۳۳/۶۱	-	۳۳/۶۱	-
بافت	Tex	-	سیلتی لومی	-	-	هیدرومتری
رس	Clay	درصد	۲۰/۵	-	-	-
سیلت	Silt	درصد	۴۶	-	-	-
شن	Sand	درصد	۳۳/۵	-	-	-

اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک

آزمون پایداری ساختمان خاک بـه روش الک تـر انجام شد. بدین منظور سری الک ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ میلیمتر استفاده شد. ۵۰ گرم از خاک (بدون کوبیدن) غربال شده از الک ۴ میلیمتر روی بزرگترین الک قرار گرفت. الک‌ها با جابه‌جایی ۱ سانتیمتر و ۴۵ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه در آب بالا و پایین برده شد. سپس خاکدانه‌های باقی‌مانـده روی هـر الک شسته شد و پس از آون خشک کردن توزین شد. همچنین تصحیح مربوط به میزان شن با استفاده از رابطه (۱) انجام شد. سپس از رابطه (۲) میانگین وزنی قطر[1] (MWD) خاکدانه‌هـای پایدار در آب محاسبه شد [۴].

$$w_i = \frac{w_{i(a+s)} - w_{i(s)}}{w_T - \sum_{i=0}^{n} w_{i(S)}} \quad (۱)$$

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} w_i \bar{x}_i \quad (۲)$$

که در آن، $wi_{(a+s)}$ جرم خاکدانه‌هـا همراه بـا شن و سنگ‌ریزه در دامنهٔ مورد نظر، $w_{i(s)}$ جرم شن و سنگ‌ریـزه در دامنه اندازهٔ مورد نظر، w_t جرم کل خاک خشک و w_i نسـبت وزنی خاکدانه‌ها در دامنه مـورد نظـر اسـت و در معادله ۲، $\bar{x}_i$ میانگین حسابی قطر خاکدانه‌هـا در هـر دامنـه اسـت. همچنـین میانگین هندسی قطر[2] (GMD) خاکدانه‌های پایدار در آب نیـز بـا معادلـهٔ زیـر محاسـبه شـد [۹]. در این رابطه w_i و x_i همان فاکتورهای رابطه دو می‌باشند.

$$GMD = \exp\left[\sum_{i=1}^{n} w_i \log \bar{x}_i\right] \quad (۳)$$

رس قابل پراکنش[3] (MDC)

رس قابل پراکنش مکانیکی نیز به عنوان شاخصی از ناپایداری ساختمان ریز خاک به روش [۱۱] اندازه‌گیری شد. بدین منظور با ۵۰ گـرم خـاک ردشـده از الک ۲ میلیمتر و ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطـر، سوسپانسیون ۱ به ۱۰ آب و خاک تهیه شد و به مدت ۱ ساعت به صورت رفت و برگشتی با دور ۶۵ دور در دقیقـه تکان داده شد و سپس بـه استوانه‌های ۱ لیتری منتقل شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت نمونه‌ها توسط همزن دسـتی بهم زده شدند و دمای سوسپانسـیون‌هـا توسط دماسنج ثبت شد. پس از گذشت ۳ سـاعت و ۵۰ دقیقـه (براساس قانون استوکز) نمونه برداری با پیپـت ۲۵ میلـی‌لیتـر از عمق ۵ سانتی‌متری سوسپانسیون انجام شد و پـس از آون خشک شدن توزین شد و MDC بر اساس میزان رس کل خـاک محاسبه شد.

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین آن‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

اثر کربن فعال بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که سطوح کربن فعال بر میانگین وزنی قطر خاکدانه-ها (MWD) در سطح یک درصد در خاک آلوده لجن نفتی معنی‌دار شده است. بیشترین میانگین وزنی قطر

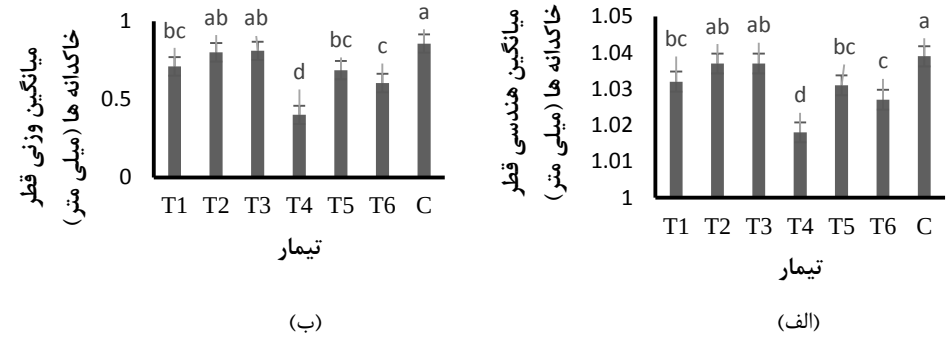
[1] Mean Weight Diameter
[2] Geometric Mean Diameter
[3] Mechanically dispersible clay

خاکدانه در تیمار شاهد بود که با تیمارهای T2 و T3 تفاوت معنی‌دار آماری نداشت. کمترین میانگین وزنی قطر خاکدانه در تیمار T4 بود که کاهش ۵۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. بنظر می‌رسد با افزایش مقدار کربن فعال، میانگین وزنی قطر خاکدانه کاهش یافته است، همچنین این کاهش در تیمارهای با اندازه کربن کوچکتر بیشتر می‌باشد.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس اثر کربن فعال بر برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک آلوده لجن نفتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		میانگین وزنی قطر خاکدانه (میلی‌متر)	میانگین هندسی قطر خاکدانه (میلی‌متر)	رس قابل پراکنش (درصد)
تیمار	۶	۰/۰۷۳**	۰/۰۰۰***	۰/۰۹۳**
خطا	۱۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳
کل	۲۰	-	-	-

ns، *، **،***، به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱درصد



شکل ۱- الف: اثر کربن فعال بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ب: اثر سطوح کربن فعال بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها

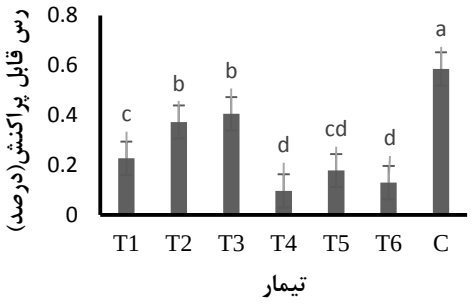
اثر کربن فعال بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD)

اثر کربن فعال بر GMD بر اساس جدول تجزیه واریانس در سطح یک دهم درصد معنی‌دار شد. بیشترین میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها مربوط به تیمار شاهد با میانگین (۱/۰۳۹) بود که با تیمارهای T2 و T3 اختلاف معنی دار آماری نداشت. کمترین میانگین هندسی قطر خاکدانه در تیمار T4 بود که کاهش ۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. در اینجا نیز همانند میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، با افزایش مقدار کربن فعال، میانگین هندسی قطر خاکدانه کاهش یافته است و این کاهش در تیمارهای با اندازه کربن کوچکتر بیشتر می‌باشد.با توجه به خصوصیات جذبی قوی حاصل از سطح ویژه زیاد و ساختار متخلخل ریز و درجه واکنش پذیری زیاد ناشی از کاربرد مقدار بیشتر کربن فعال در تیمارهای T4، T5 و T6 در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد، هیدروکربن‌های نفتی بیشتری توسط کربن جذب می‌شوند و احتمالا به دلیل کاهش غلظت هیدروکربن‌های نفتی، خاصیت آبگریزی هیدروکربن‌های نفتی در سطح خاکدانه‌ها کاهش خواهد یافت. بنابراین در آزمایش الک تر، با افزایش خاصیت آبگریزی شدید در سطح خاکدانه‌ها چون ذرات خاک به الک‌های پایین منتقل نمی‌شوند، میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها افزایش پیدا می‌کند [۱۰].

اثر کربن فعال بر رس قابل پراکنش (MDC)

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد اثر کربن فعال بر رس قابل پراکنش مکانیکی MDC در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان می‌دهد بیشترین MDC در تیمار T4 و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد. بنابراین، با افزایش مقدار کربن و کاهش سایز آن، درصد رس قابل

پراکنش افزایش پیدا می‌کند. بنظر می‌رسد، با افزایش مصرف کربن فعال پودری (۰/۳ میلی‌متر) به‌عنوان ترکیب آلی واکنش‌پذیر، تشکیل کمپلکس آلی-معدنی با بخش رس خاک افزایش پیدا کرده است، از این رو در تیمارهای T4، T5 و T6 در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها با مصرف کربن کمتر، درصد رس قابل پراکنش در برابر نیروهای مکانیکی و آب کاهش پیدا می‌کند [۶،۳].



شکل۲- اثر سطوح کربن فعال بر رس قابل پراکنش

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که آلودگی خاک به هیدروکربن‌های نفتی سبب افزایش خاصیت آب‌گریزی در سطح خاکدانه‌ها می‌شود و این امر گرچه ممکن است پیامد مثبتی از جمله افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها را در پی داشته باشد، ولی رطوبت پذیری خاک را کاهش می‌دهد. به این‌ترتیب در صورتی که خاک‌های آلوده به نفت با روش‌های مناسب پالایش نشوند، به مرور شرایط نامساعد برای حفظ پوشش گیاهی ایجاد شده و به مرور زمان تخریب پوشش گیاهی را به همراه خواهد داشت. کاربرد کربن فعال به دلیل جذب سطحی هیدروکربن‌های نفتی علاوه بر کاهش اثر سمیت آن‌ها باعث کاهش خاصیت آبگریزی شدید در خاک آلوده شده و اثرات منفی آن‌ها بر نگهداشت آب در خاک را کاهش می‌دهد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش برگرفته از طرح داخلی پژوهشی با شماره شناسه ۹۹-۴۳۰-۶۹ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است.

منابع

۱. علیزاده، ا.(۱۳۸۳). فیزیک خاک. چاپ دوم. فصل پنجم. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد. ۲۵۴ ص

۲. محمدی، س. همایی، م. صادقی، ح. (۱۳۹۴).تولید رواناب در خاک های آلو ده به نفت سفید و گازوییل. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۱، صفحات ۱۲۱-۱۳۱.

3. Brakorenko, N. N., & Korotchenko, T. V. (2016, March). Impact of petroleum products on soil composition and physical-chemical properties. In IOP conference series: earth and environmental science (Vol. 33, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
4. Briedis, C., de Moraes Sá, J. C., Caires, E. F., de Fátima Navarro, J., Inagaki, T. M., Boer, A., ... & Dos Santos, J. B. (2012). Soil organic matter pools and carbon-protection mechanisms in aggregate classes influenced by surface liming in a no-till system. Geoderma, 170, 80-88.
5. Chorom, M., Sharifi, H. S., & Motamedi, H. (2010). Bioremediation of a crude oil-polluted soil by application of fertilizers.
6. Dexter, A. R., Richard, G., Arrouays, D., Czyż, E. A., Jolivet, C., & Duval, O. (2008). Complexed organic matter controls soil physical properties. Geoderma, 144(3-4), 620-627.

7. Ebrahimi, S., Shayegan, J., Malakouti, M., & Akbari, A. (2011). Environmental evaluation and assessment of some important factors of oil contamination in soil around sarkhoun gas refinery of Bandar Abbas. Journal of Environmental studies, 37(57), 9-26.
8. Kathi, S., & Khan, A. B. (2011). Phytoremediation approaches to PAH contaminated soil. Indian Journal of Science and Technology, 4(1), 56-63.
9. Marquez, C. O., Garcia, V. J., Cambardella, C. A., Schultz, R. C., & Isenhart, T. M. (2004). Aggregate-size stability distribution and soil stability. Soil Science Society of America Journal, 68(3), 725.
10. Mohammadi, N., & Khademalrasoul, A. (2021). Assessment of Zeoplant and biochar of sugarcane residual on mean weight diameter and Atterberg limits of soil contaminated with total petroleum hydrocarbon. Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(2), 395-407.
11. Rengasamy, P., Greene, R. S. B., Ford, G. W., & Mehanni, A. H. (1984). Identification of dispersive behaviour and the management of red-brown earths. Soil Research, 22(4), 413-431.
12. Sanscartier, D. (2010). Field, laboratory and life-cycle studies on the bioremediation of hydrocarbon-contaminated soils in cold and remote locations: Holistic approaches to the management of these soils in Northern Canada (Doctoral dissertation, Royal Military College of Canada).
13. Sutton, N. B., Maphosa, F., Morillo, J. A., Abu Al-Soud, W., Langenhoff, A. A., Grotenhuis, T., ... & Smidt, H. (2013). Impact of long-term diesel contamination on soil microbial community structure. Applied and environmental microbiology, 79(2), 619-630.
14. Tazangi, M. H., Ebrahimi, S., Nasrabadi, R. G., & Naeeni, S. A. M. (2020). Kinetic Monitoring of Bioremediators for Biodegradation of Gasoil-Polluted Soil. Water, Air, & Soil Pollution, 231(8), 1-13.
15. Wei, Y., Wang, Y., Han, J., Cai, M., Zhu, K., & Wang, Q. (2019). Analysis of water retention characteristics of oil-polluted earthy materials with different textures based on van Genuchten model. Journal of Soils and Sediments, 19(1), 373-380.

Effect of activated carbon on the soil structure stability in soil contaminated by oil sludge

Roghayeh karimpoor[1], Soheila Ebrahimi[2*], Elham malek zadeh[3]

[1] M.Sc. graduated student, Department of Soil Sciences, Faculty of Soil and Water Engineering, Gorgan, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

[2*] Assistant Professor, Department of Soil Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, sohebrahimi@gmail.com

[3] Assistant Professor, Department of Soil Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,

Abstract:

Oil pollution is one of the most important environmental crises in the oil-rich countries. Therefore,it is particularly important to study the stability of oil-contaminated soils. The effect of additive activated carbon as a modifier on the stability and mean diameter of aggregates in oil sludge-contaminated soil was investigated in a completely randomized design with three replication in a pot experiment. Experimental treatments were including: activated carbon in weight of 100 g and size of 0.3 mm (T1), weight of 100 g and size of 1.5 mm (T2), weight of 100 g and size of 4 mm (T3) , weight of 150 g and size of 0.3 mm (T4), weight of 150 g and size of 1.5 mm (T5), weight of 150 g and size of 4 mm (T6) and control (C). The results showed that the percentage of dispersible clay and the mean weight and geometric mean diameter of aggregates (MWD and GMD) decreased by increasing the amount and decreasing the size of activated carbon, compared to the control treatments. The decrease in MWD and GMD of aggregates was due to reduce in hydrophobicity characteristics of aggregates surface during the wetting sieve experiment. Increasing the consumption of activated carbon (especially powdered carbon) in contaminated soil by oil sludge due to the adsorption of petroleum hydrocarbons and reducing their extreme hydrophobicity, reduces the negative effects of oil pollution on soil moisture.

Keywords: Aggregate stability, Aggregate diameter, Activated carbon, Oil-sludge, Nutrient.

بررسی عناصر غذایی باغ‌های سیب آذربایجان غربی و راهکارهای تغذیه متعادل

حسین عزیزی،[۱] عزیز مجیدی[۲]، فرخ غنی شایسته[۳]

۱- استادیار ، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران Hosseinazizi48@yahoo.com

۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۳- عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

چکیده

دراین تحقیق، مقدار عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در باغ های سیب آذربایجان غربی با استفاده ازروش غلظت بحرانی و محدوده کفایت مورد مطالعه قرارگرفت. بدین منظور در تعدادی از باغ های سیب شهرستان‌های تابعه استان، نمونه برداری از خاک، آب و برگ آنها صورت گرفت. نتایج نشان داد که در اکثریت باغ های سیب مورد مطالعه، کمبودی از نظرعناصر نیتروژن، فسفر و منیزیم، منگنز و مس دیده نمی‌شود. غلظت پتاسیم در خاک و برگ اکثر باغ های سیب استان کمتر از غلظت مطلوب و کمبود کلسیم و روی در سطح زیادی از باغات استان مشاهده گردید. میانگین غلظت آهن در نتایج تجزیه برگ بالا بوده، ولی به دلیل پائین بودن مقدار آهن فعال برگ، کمبود این عنصر در اکثریت باغ های استان شایع است.

واژگان کلیدی: سیب، کمبود عناصر، کیفیت مبوه، عوارض فیزیولوژیکی

مقدمه

استان آذربایجان غربی با مساحت تقریبی ۵۹ هزار هکتار باغ سیب ۲۱/۴درصد از سطح زیر کشت باغات سیب کشور را به خود اختصاص داده است. مقدارمحصول تولیدی این استان ۷۷۵۱۲۴ تن در سال بوده و حدوداً ۲۶/۴ درصد از تولید کل سیب کشور نیز در این استان تولید می‌گردد و دربین میوه جات دانه‌دار از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید دارای جایگاه نخست کشورمی باشد آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷).

شرایط تغذیه‌ای قبل از برداشت محصول و همچنین روش‌های نگهداری، نقش موثری در میزان ضایعات محصولات کشاورزی دارند (گلشن تفتی، ۱۳۹۶). عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، روی و آهن در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه بسیار مهم هستند. طبق گزارش مجیدی (۱۳۹۳) بیش از ۶۵ درصد خاک باغات سیب استان آذربایجان غربی دارای pH بالای ۷/۸ بوده و در بیش از ۸۹ درصد این باغات کمبود روی به شکل ریزبرگی، جاروئی شدن و کچلی سرشاخه‌ها مشاهده می‌گردد. کمبود کلسیم درمیوه سیب خصوصاً در مناطق دشت به وفور قابل مشاهده است. در این مناطق با وجود مقدار کافی کلسیم قابل دسترس در محیط غذایی ریشه، به دلیل تحرک کم این عنصر حرکت آن به سوی اندام‌های مختلف گیاه خیلی به کندی صورت می گیرد و بسیاری از عوارض ناشی از کمبود کلسیم به دلیل توزیع کند کلسیم است دیده می‌شود (راحمی، ۱۳۹۳).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعدادی از باغ های سیب ارومیه (۲۰ مورد) و شهرستان‌های تابعه استان (۸۰ مورد) به صورت تصادفی انتخاب گردیدند. در باغ های مورد انتخاب در اواخر خرداد، اقدام به نمونه برداری خاک از عمق‌های مختلف صورت گرفت. نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک وآب استان با روش‌های مرسوم مورد تجزیه‌های لازم قرار گرفتند (علی احیائی، ۱۳۷۶). pH خاک با روش گل اشباع، هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع با دستگاه هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم به روش تیتراسیون، کربن آلی به روش دی کرومات پتاسیم و نیتروژن خاک به روش کجلدال اندازه گیری شدند. فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب باروش‌های اولسن و فلـم فوتومتری اندازه گیری شدند.

نمونه برداری از برگ شاخه های یک ساله در اواخر تیرماه انجام شد و عناصـــر برگ ازجمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، منگنز، آهن، روی و مس مورد تجزیه و اندازه‌گیری قرار گرفتند (امامی، ۱۳۷۵). اندازه‌گیری فسفر به روش کالریمتری با محلول های مولیبدات آمونیوم و اسید اسکوربیک صورت گرفت. ازمیانگین غلظت عناصر غذایی به عنوان ارقام مرجع (استاندارد) استفاده گردید و برای تعیین شاخص درصد انحراف از غلظت بهینه مورد استفاده قرار گرفت (دردی پور و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک اکثر باغ‌ها نشان داد که pH خاک قلیایی، میزان کربنات کلسیم، فسفر و مواد آلی در حد متوسط تا بالا ولی میزان پتاسیم قابل جذب غالباً پایین بود (جدول۱). مشکل عمده آب‌های آبیاری، بالابودن میزان بی‌کربنات در آن بوده و کلاس آب آبیاری غالباً C_2S_1 بود (جدول۲).

جدول۱- نتایج تجزیه خاک باغ های مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی

نام مکان	نماد	PH		کربنات کلسیم		رس		کربن آلی		فسفر قابل جذب (mg/kg)		پتاسیم قابل جذب (mg/kg)		تعداد نمونه
		۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	
ارومیه	میانگین	۷/۹	۷/۹	۱۳/۴	۱۳/۲	۲۹/۸	۳۱/۲	۱/۸	۰/۷۵	۱۷/۷	۶	۲۵۶/۷	۱۵۶/۴	۲۰
	انحراف معیار	۰/۲	۰/۱۸	۴/۸	۴/۱	۷/۶	۷/۴	۲/۲	۰/۳۵	۱۰/۸	۳/۹	۹۷/۲	۳۷/۹	
خوی	میانگین	۷/۹	۹۹/۷	۱۲/۶	۱۶/۲	۳۵/۳	۳۴/۶	۱/۲	۰/۷۵	۱۶/۴	۸/۴	۲۱۱/۴	۱۴۵۰/۳	۲۰
	انحراف معیار	۰/۲۹	۰/۳۴	۳/۸	۵/۳	۲/۷	۲/۵	۰/۳۳	۰/۱۹	۳/۴	۲/۷	۵۱	۲۲/۹	
سلماس	میانگین	۷/۹	۷/۹	۱۲/۴	۱۴/۳	۲۸/۹	۲۷/۹	۱/۲	۰/۸۳	۱۷/۳	۹/۶	۲۰۹/۸	۱۴۰/۳	۲۰
	انحراف معیار	۰/۲۹	۰/۳۱	۳/۳	۴/۱	۷/۹	۵/۱	۰/۴۸	۰/۲۸	۴/۴	۲/۷	۶۳/۰	۲۳/۷	
میاندوآب	میانگین	۷/۹	۸/۰	۱۲/۴	۱۶/۵	۲۸/۸	۲۷/۹	۱/۲	۰/۷۳	۱۷/۳	۹/۶	۲۰۹/۸	۱۴۰/۳	۲۰
	انحراف معیار	۰/۲۷	۰/۲۷	۱۲/۹	۶/۰	۷,۷۸	۵/۱	۰/۴۸	۰/۲۸	۴/۴	۲/۷	۶۳/۰	۲۳/۷	
نقده	میانگین	۷/۴	۷/۹	۱۲/۵	۱۵/۵	۳۳	۳۲/۶	۱/۱	۰/۸۱	۱۹/۹	۱۱/۳	۳۰۴/۳	۱۴۲/۵	۲۰
	انحراف معیار	۰/۲۳	۰/۱۷	۱/۷	۳/۳	۲/۳	۱/۵	۰/۲۸	۰/۱۶	۴/۴	۳/۲	۳۹۷/۹	۱۳/۹	

جدول۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب باغ های مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی(طاهری وهمکاران،۸۳-۱۳۸۲)

نام مکان	نماد	شوری (میکروموز برسانتی متر)	PH	بیکربنات	کلر (درصد)	کلسیم	منیزیم	SAR	کلاس آبیاری	تعداد نمونه
ارومیه	میانگین	۶۷۴/۸	۷/۵	۶/۳	۲/۴	۳/۱	۳/۲	۲/۵	C2S1	۲۰
	انحراف معیار	۴۱۲/۲	۰/۳۴	۱/۵	۲/۷	۱/۸	۱/۵	۲/۵		
خوی	میانگین	۷۷۶	۷/۵	۶/۹	۰/۷	۲/۳	۴,۶	۱/۴	C2S1	۲۰
	انحراف معیار	۵۴۷/۶	۳/۳	۳/۳	۳/۶	۲/۴	۲/۱	۳/۰		
سلماس	میانگین	۱۰۸۷/۵	۷/۶	۴,۹	۵/۵	۳/۴	۲۸/۷	۴/۳	C2S1	۲۰
	انحراف معیار	۶۴/۳	۰/۲۹	۱/۳	۵/۵	۱/۸	۹/۴	۲/۶		
میاندوآب	میانگین	۶۰۵/۵	۷/۵	۴/۵	۱/۳	۱/۶	۱/۹	۱/۵	C2S1	۲۰
	انحراف معیار	۵۱۵/۴	۰/۲۸	۳/۶	۱/۱	۰/۷۸	۱/۰	۰/۴۲		
نقده	میانگین	۷۹۱/۵	۷/۵	۶/۵	۲/۰	۳/۳	۲/۷	۱/۴	C2S1	۲۰
	انحراف معیار	۱۰۱/۲	۰/۲	۰/۸۵	۱/۳	۱/۲	۰/۹۲	۰/۲۱		

نتایج تجزیه برگ

نیتروژن: نتایج تجزیه برگ نشان داد که میزان میانگین نیتروژن شهرستان‌های تابعه استان در برگ ها بین ۱/۷ تا ۲/۴ درصد قرار دارد (جدول ۳). یکی از مشکلات عمده در مصرف کودهای نیتروژن مصرف بی رویه آن‌ها در باغات است. بدون توجه به میزان نیاز درختان با توجه به عواملی مانند میزان باردهی، سن درخت و.... است (سمر و همکاران، ۱۳۹۶). دراثر مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنه، رشد رویشی گیاه به مدت طولانی ادامه یافته و رشد رویشی زیاد موجب افزایش خسارت زمستانه، اختلال در رنگ‌گیری میوه و افزایش تناوب باردهی در درختان سیب خواهد شد (Brunetto *et al*. 2015).

فسفر: میانگین فسفر در باغ‌های مورد مطالعه در محدوده (۰/۵۲- ۰/۱۵) درصد بود، درمقایسه غلظت این عنصر با استانداردهای حدکفایت و بحرانی، کمبودی از نظر این عنصر در باغ ها وجود نداشته و در مواردی، زیادی این عنصر نیز وجود داشت (جدول۳). در بررسی های انجام شده نتایج نشان داده است که زیادی این عنصر موجب اختلال در جذب بعضی از عناصر ریزمغذی از جمله روی و آهن می شود (مجیدی، ۱۳۹۳).

پتاسیم: طبق گزارش های منتشره درطی چند سال گذشته میزان مصرف کودهای پتاسیمی در استان کاهش چشم گیری یافته است. بطوریکه نتایج تجزیه برگی و علائم ظاهری نشان می دهد بسیاری از باغ های سیب استان دارای کمبود پتاسیم هستند و دارای میانگین ۱/۹-۱/۶درصد هستند (جدول ۳). این عنصر علاوه بر دخالت در فعالیت آنزیم ها، دربسیاری از فعالیت های گیاه نقش دارد و از این طریق تاثیر بسیار مهمی درعملکرد کمی و کیفی و افزایش مقاومت به سرما، بیماری ها و تنش های شوری و خشکی دارد (Karimi, 2017). درختانی که دارای کمبود پتاسیم هستند، فرآیند فتوسنتز در آنها کاهش یافته و میزان ذخیره قند کم می‌گردد. خاک‌های که غلظت پتاسیم کافی داشته باشند، اندازه میوه و نسبت قند به اسیدهای آلی بهبود خواهد یافت (Brunetto *et al*. 2015).

کلسیم: یکی از مشکلات اساسی باغ های سیب استان است. بروز ناهنجاری های فیزیولوژیکی در میوه ها نظیر لکه تلخی و آردی شدن و افزایش بیماری‌های قارچی انباری و به تبع آن پائین بودن عمر انباری آنها و بالا بودن ضایعات پس از برداشت است. افزایش پتاسیم اثر آنتاگونیستی بر غلظت کلسیم میوه دارد، بنابراین تنظیم نسبت K/Ca در طول دوره رشد و بعد ازبرداشت میوه خیلی مهم بوده و مصرف متعادل کلسیم وپتاسیم به منظور بهبود کیفیت میوه ضروری است (Bnomelli *et al*. 2020) میانگین کلسیم در نتایج تجزیه برگ شهرستان‌های تابعه استان بین ۰/۷ الی ۱/۸ است که نشان دهنده کمبود این عنصر طبق استانداردهای حد کفایت و غلظت بحرانی می‌باشد (جدول ۳).

منیزیم: نقش منیزیم در گیاهان شرکت در ساختمان کلروفیل است. این عنصر در متابولیسم قندها، جذب و انتقال فسفر و ساختمان اسیدهای نوکلئیک دخیل است. این عنصرنقش مهمی در رشد گیاه و کیفیت میوه دارد (Nguyen *et al*. 2016). میانگین منیزیم در تجزیه برگ در باغات استان بین ۰/۵۴ الی ۰/۹۷ متغییر بود که نشان دهنده حد کفایت این عنصر می‌باشد. نسبت Mg/Ca در میوه‌ها بسیار مهم است و در میوه‌های که دچار عوارض فیزیولوژیکی می‌گردند، این نسبت کوچکتر است و بدین معناست که در این باغات میزان منیزیم بالا است (Bnomelli *et al*. 2020).

روی: نتایج تجزیهٔ برگ در باغ های استان نشان دهنده کمبود روی در آنها بود. میانگین این عنصر در برگ درختان سیب در باغ های استان ۱۸ الی ۲۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم است که خیلی پائین تر از غلظت متعادل آن (۴۰ میلی‌گرم درکیلوگرم) برای برگ های سیب است (جدول ۳). علت این امر را می توان به عوامل متعددی نظیر بالا بودن آهک درخاک ها، بالابودن pH خاک، بیکربنات فراوان درآب آبیاری، مصرف بی رویه و بیش ازحد کودهای فسفره و عدم مصرف کودهای حاوی روی در سال های گذشته نسبت داد (سمر و همکاران، ۱۳۹۶).

آهـــن: کمبود آهن یکی از مشکلات عمده در تغذیه باغ های سیب استان است. وجود آهک در خاک باغ، زمینهٔ لازم بـرای پدیدار شدن کلروز آهن در سیب را فراهم می‌سازد. نتایج حاصل از تجزیهٔ برگ درختان سیب نشـان دهنـدهٔ غلظـت بـالای آهن (میانگین ۲۳۰ الی ۳۸۵/۵ میلی گرم در کیلوگرم) است، اما کمبود ایـن آهـن شـدید در اکثـر بـاغ هـای اسـتان قابـل مشاهده است که دلیل این موضوع اندازه گیری آهن کل در نتایج تجزیه بجای آهن فعال است و همچنین غیر فعال شـدن آن در شیرهٔ سلولی است. آبیاری با آب‌های دارای بی کربنات بالا، آبیاری به فواصل زمان طولانی ولـی بـا مقـدار آب زیـاد و غرقاب کردن پای درخت، عدم مصرف بهینه و متعادل کودها، بالا بودن میزان آهک خاک، زهکشی ضـعیف خـاک هـا و در بعضی مناطق سنگین بودن خاک از دلایل اصلی کمبود این عنصر در باغات سیب است (ملکوتی، ۱۳۸۹).

منگنـــز: منگنز جزو عناصری است که تجزیهٔ برگی و مشاهدهٔ علائم ظاهری، نشان از کمبود آن نمی دهـد. میـامگین ایـن عنصر در باغات استان ۳۲ الی ۵۳/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است (جدول ۳).

مـــس: مس یکی از عناصرکم مصرف بوده که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیـاه نقـش دارد. نقـش اساسی آن درفتوسنتز و تنفس گیاه بوده و درساخت لیگنین دیواره سلولی نقش بسـیار مهمـی دارد(Amin *et al*. 2021) مقدار مس موجود در برگ ها در حد کفایت بودند و میانگین آن ۱۴-۸/۸ میلی گرم در کیلوگرم بود که مشـکلی از لحـاظ مس در باغ های سیب استان دیده نشد (جدول ۳).

جدول۳- غلظت عناصر موجود در برگ درختان میوه سیب در آذربایجان غربی

نام مکان	نماد	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	K/Mg	تعداد نمونه
				(درصد)				(mg/kg)				
ارومیه	میانگین	۲/۳	۰/۱۷	۱/۷	۱/۸	۰/۵۴	۳۳۴/۶	۴۰/۳	۲۱/۸	۸/۸	۱/۵	۲۰
	انحراف معیار	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۵	۱۸	۱۱/۲	۱/۹	۲/۴	۱/۴	
خوی	میانگین	۱/۷	۰/۵۲	۱/۶	۰/۷۶	۰/۹۷	۳۳۰	۳۴	۱۸	۱۲	۱/۷	۲۰
	انحراف معیار	۰/۱۷	۰/۸	۰/۳	۰/۷	۰/۴۵	۵	۰/۸	۱/۱	۱/۲	۱/۳	
سلماس	میانگین	۲/۴	۰/۱۵	۱/۶	۱/۳	۰/۵۹	۳۶۸/۴	۵۳/۲	۲۴/۶	۱۴/۰	۲/۹	۲۰
	انحراف معیار	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۴	۰/۱۷	۷۸/۴	۳/۸	۲/۳	۴/۱	۱/۰	
میاندوآب	میانگین	۲/۲	۰/۱۷	۱/۵	۱/۰۶	۰/۶۶	۲۳۰	۳۲	۱۳	۵	۲/۳	۲۰
	انحراف معیار	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۱۶	۳۵	۴/۳	۲/۱	۲/۴	۱/۲	
نقده	میانگین	۲/۳	۰/۲۳	۱/۹	۱/۲	۰/۵۴	۳۸۵/۵	۳۸/۴	۱۹/۱	۸/۲	۴/۰	۲۰
	انحراف معیار	۰/۴۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۲۷	۶۵/۷	۱۴/۹	۸/۶	۳/۲	۲/۱	

نتیجه گیری

طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق، میزان نیتروژن و فسفر برگ در اغلب باغات استان درحد کفایت تا بیشبود و میزان منیزیم، منگنز و مس در حد کفایت، ولی میزان پتاسیم، کلسیم، روی و آهن در اکثریت باغات استان درحد کمبود متوسط تا شدید است. بنابراین، باغداران لازم است که در مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره دقت کافی را داشته باشند و به دلیل تاثیر کودهای نیتروژنه در افزایش رشد رویشی در باغات و افزایش پدیده سال آوری، از مصرف بی رویه این کودها خودداری نمایند. به دلیل تاثیر کودهای پتاسه در تعدیل تنش‌های وارده به گیاهان و همچنین نقش بسیار مهم کلسیم در ارتقاء کیفیت میوه و افرایش عمر انباری میوه، رفع کمبود این عناصر با کودهای مناسب و مصرف در زمان صحیح، موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی میوه‌ها در باغات خواهد شد. باتوجه به اینکه خاک اکثر باغ های میوه استان دارای pH قلیایی بوده و میزان کربنات کلسیم آن‌ها بالا بوده و میزان بی کربنات آب های آبیاری نیز بالا است و اغلب آنها جزو کلاس C_2S_1 هستند، بنابراین، کمبود عناصر روی و آهن در اکثریت باغات قابل مشاهده است و به دلیل نقش مهم این عناصر در گیاه، رفع کمبود این عناصر با کودهای مناسب می‌تواند نقش مهمی را در بهبود عملکرد باغات استان داشته باشد. درنهایت جهت تغذیه متعادل وجلوگیری از برهم خوردن توازن عناصر غذایی در داخل گیاه، مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک و تجزیه برگ، نقش مهمی را در بهبود مدیریت مصرف عناصر غذایی در گیاه خواهد داشت.

فهرست منابع

۱-احمدی،ک.، قلی زاده، ح.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسین پور، ر.، کاظمی فرد، ر و عبدشاه، ر .(۱۳۹۷) .آمارنامه کشاورزی سال۹۷ :محصولات باغبانی .معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی قابل دسترس در: http://maj.ir/Portal/Home/Default.aspx

۲-امامی، ع. (۱۳۷۵). روش های تجزیه گیاه. جلد اول. نشریه شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۳-راحمی، م. (۱۳۹۳). فیزیولوژی پس از برداشت. دانشگاه شیراز. ۴۵۶ ص.

۴-دردی پور ا، امامی، پ و دریاشناس، ع. (۱۳۹۱). ارزیابی تعادل تغذیهای در باغهای هلو با روش انحراف از درصد بهینه. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۲(۱). ۷۹ تا ۹۴.

۵-سمر، س.م.، کشاورز، پ شهابی، ع.ا گندمکار، ا. غنی شایسته، ف و امداد، م.ر. (۱۳۹۶). دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه درخت سیب. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. ۳۷ ص.

۶-علی احیائی، مریم. (۱۳۷۶). شرح روش های تجزیه شیمیائی خاک. جلد (۲)، نشریه شماره ۱۰۲۴. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۷-گلشن تفتی، ا. (۱۳۹۶). کاهش ضایعات پس از برداشت در میوه ها و سبز ی‌ها. شماره نشریه ۵۱۸۴۰ . معاونت ترویج . نشر آموزش کشاورزی.

۸-مجیدی، ع. (۱۳۹۳). تأثیر سیستم مدیریت تغذیه تلفیقی بر برخی ویژگی های کمی و کیفی سیب. تحقیقات کاربردی خاک. ۲ (۲). ۱۰۴-۹۲.

۹- ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۹). رابطه مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز. ۴ (۱۶). ۱۵۰-۱۳۳.

10. Amin, H., Arain, B.A., Jahangir, T.M., Abbasi, A.R., Mangi, J., Abbasi, A and Amin, F. (2021). Copper (Cu) tolerance and accumulation potential in four native plant species: a comparative study for effective phytoextraction technique, Geology, Ecology, and Landscapes, 5:1, 53-64.

11.Bonomelli, Claudia., Mogollón, René., Tonetto, F, Zoffoli, S., Juan, P., Contreras, C. (2020). Nutritional Relationships in Bitter Pit-Affected Fruit and the Feasibility of Vis-NIR Models to Determine Calcium Concentration in 'Fuji' Apples" *Agronomy* 10, no. 10: 1476.

12.Brunetto, G. (2015).The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and Apple Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 37, n. 4, p.1089-1104.

13.Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticultura 215: 184-194.

14. Nguyen, H.H., Maneepong, S., Suranilpong, P. (2016). Nutrient uptake and fruit quakity of pummelo as influced by ammonium, potassium, magnesium, zinc application. J, Agric. Sci. 8(11), 100-109.

Investigation of nutrients in apple orchards of West Azerbaijan and balanced nutrition strategies

Hossien Azizi[1], Aziz Majidi[2] and Farokh Ghanishayesta[3]

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran; E-mail: Hosseinazizi48@yahoo.com
2. Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran
3. Scientefic Staff member, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

Abstract

In this study, the amount of high and low consumption nutrients in apple orchards of West Azerbaijan was studied using the critical concentration method and the sufficiency range. For this purpose, in a number of apple orchards in the cities of the province, soil, water and leaves were sampled. The results showed that in the majority of apple orchards studied, no deficiency of nitrogen, phosphorus magnesium, manganese and copper were observed. Potassium concentration in soil and leaves of most apple orchards was less than the optimum concentration and calcium and zinc deficiency was observed in a large area of orchards in the province. The average concentration of iron in the results of leaf analaysis was high, but due to the low amount of active iron in the leaves, deficiency of this element is common in most orchards of the province.

Key Words: Apples, deficieny of elements, quality of fruit, physiological disorders.

بررسی تاثیر محلول پاشی نیتروژن ، کلسیم، بور و روی بر خصوصیات کمی و کیفی رقم انگور عسگری درشهرستان بویر احمد

محمدرضا چاکرالحسینی[1](نویسنده مسئول) و علیرضا رحمانیان حقیقی[2]

۱- استادیار پژوهشی بخش زراعی- باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویر احمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

reza.rns2007@gmail.com

۲- محقق باغبانی بخش زراعی- باغی مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی استان کهگیلویه و بویر احمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثرات محلول پاشی عناصر کودهای (نیتروژن)، کلسیم (نیترات کلسیم)، بر(اسید بوریک) و روی(سولفات روی) بر صفات کمی و کیفی انگور عسکری آبی، آزمایشی در استان کهگیلویه و بویر احمد اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده عبارت بودند از: ۱- شاهد ۲- محلول پاشی نیتروژن ۵ درهزار +کلسیم ۵ در هزار + روی ۳ در هزار + بور ۳ در هزار. تیمارهای کودی در زمان یک هفته قبل از بازشدن کامل گلها و زمان فروت ست(محلول‌پاشی بور و روی) و دوباره در زمان تغییر رنگ میوه(محلول‌پاشی کلسیم) روی شاخ و برگ بوته‌های مورد نظر محلول‌پاشی شد و تاثیر آن بر روی خصوصیات مختلف کمی و کیفی انگور عسگری همانند: عملکرد، میزان قند و اسیدیته حبه ها، وزن خوشه و وزن حبه ها و درصد پوسیدگی میوه بر اساس دستورالعمل باغبانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در تیمارهای مصرف خاکی کود و تیمار محلول‌پاشی وزن خوشه به میزان معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. اما بین تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر طول خوشه در سطح احتمال یک درصد مشاهده نشد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر میزان قند و میزان اسید موجود در میوه در سطح احتمال یک درصد مشاهده نشد. اما مهمترین تاثیر تیمارهای کودی در جلوگیری از پوسیدگی میوه مشاهده شد. همچنین تیمارهای محلول‌پاشی کودی نسبت به سایر سایر تیمارها به صورت معنی‌داری باعث کاهش میزان پوسیدگی میوه در سطح احتمال یک درصد گردید.

واژگان کلیدی: انگور، کود، محلول پاشی، میوه

مقدمه

انگور یکی از محصولات مهم باغبانی استان کهگیلویه و بویراحمد بوده و مصرف بهینه عناصر غذایی سبب افزایش عملکرد و بهبود کیفی میوه آن می‌شود. امروزه بدلیل مصرف نامتعادل کودهای پر مصرف بخصوص کودهای نیتروژن‌دار در باغات از یک طرف و از طرف دیگر وفور کربنات کلسیم، اسیدیته بالا و کمبود مواد آلی در خاک‌های این باغات، کمبود عناصر ریزمغذی نظیر بر و روی به شدت دیده می‌شود. این مساله باعث کاهش میزان عملکرد میوه و کاهش کیفیت محصول می‌شود. از سوی دیگر استفاده صحیح از کودهای بر، روی، نیتروژن و کلسیم علاوه بر افزایش میزان محصول باعث افزایش عمر انبارداری میوه و مقاومت آن در برابر پوسیدگی می‌شود.

دستیابی به ترکیب‌های کودی مناسب برای تولید محصول پایدار و باکیفیت در باغ‌های انگور، یکی از برنامه‌های به‌باغی است . هرساله مقدار زیادی از کودهای شیمیایی در زمان نامناسب به تاکستان‌ها داده می‌شوند که گاهی نه‌تنها سبب

افزایش تولید محصول باکیفیت نمی‌شوند بلکه هزینه‌های زیادی به تاک‌داران تحمیل می‌کند و موجب آلودگی و شوری خاک و محصول می‌شوند (Ebrahimi et al., (2019. بنابراین، توجه به وضعیت تغذیه‌ای انگور در تولید محصول باکیفیت و دارای عملکرد زیاد در تاکستان‌ها ایفا می‌کند (Karimi (2017. کلسیم و روی ازجمله عناصر ضروری‌اند که نقش ساختاری و آنزیمی دارند و ازاین‌رو بر تغییرات هورمون‌ها و قندهای محلول، زمان بازشدن جوانه‌ها و عملکرد نهایی محصول نقش دارند. کلسیم در اتصال پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های تشکیل‌دهندهٔ دیوارهٔ سلولی نقش دارد (Marschner 2012)). روی در گیاهان عالی به‌عنوان کوفاکتور برخی آنزیم‌های ضروری ازجمله الکل‌دهیدروژناز، ایفای نقش می‌کند (Eide, (2011. نیاز گیاهان به روی اندک است، اما اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد، گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج می‌برند (Bybordi and Shabanov, 2010; Eide, (2011). حساسیت گیاهان مختلف به کمبود روی و کلسیم متفاوت است و بین درختان میوه، مرکبات و انگور بیشترین حساسیت را به کمبود روی دارند (Marschner, (2012. حساسیت گیاهان مختلف به کمبود روی و کلسیم متفاوت است و بین درختان میوه، مرکبات و انگور بیشترین حساسیت را به کمبود روی دارند (Marschner, (2012. خاک‌های قلیایی، کاربرد زیاد فسفر و نیتروژن، مواد آلی زیاد در خاک، رطوبت زیاد خاک و مقادیر بیش از حد پتاس و مس ازجمله مواردی هستند که نقش مؤثری در بروز نشانه‌های کمبود روی در گیاه دارند (Fageria, (2009. تغذیهٔ برگی سولفات‌روی، غلظت عناصر روی، آهن، عملکرد، وزن خوشه، طول خوشه، قطر حبه، اسیدیته، میزان مواد جامد محلول و میزان عملکرد را افزایش می‌دهد (Jamehbozorg, (2017. در یک مطالعه اثر محلول‌پاشی عناصر نیتروژن، بور و روی را بر درصد تشکیل میوه و برخی خصوصیات کمی و کیفی انگور کشمشی سفیددر تاکستان های اطراف ارومیه بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه غلظت اوره (صفر،پنج و ده در هزار) و دو غلظت از کودهای اسید بوریک و سولفات روی۰ و ۱/۵ در هزار) بودند که در زمان یک هفته قبل از بازشدن کامل گل ها و تشکیل میوه ها محلول پاشی شدند. آنها نتیجه گرفتند که محلول پاشی بوته های رقم سفید کشمشی با نیتروژن، بور و روی به ترتیب با غلظت های ۱/۵،۵،و ۱/۵در هزار تاثیر مثبتی بر بر درصد تشکیل میوه داشت و نقش عنصر روی از بقیه عناصر بیشتر بود (دولتی بانه و همکاران، (۱۳۸۸).

در یک تحقیقی توسط کاووسی و فرهی (۱۳۸۷) که برروی تاثیر عناصر نیتروژن، بر و روی بر زمان گل انگیزی و ویژگی‌های کمی و کیفی انگور انجام شد. تیمارهای محلول‌پاشی نیتروژن، بر و روی شامل ۸ تیمار (شاهد، نیتروژن، روی، بر، نیتروژن + روی، نیتروژن + بر ، بر+روی، نیتروژن +روی+ بر با غلظت ۵ در هزار) و ۴ تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر مواد جامد محلول، اسیدیته، نسبت قند به اسید، واکنش آب میوه و عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین کاربرد تمام تیمارهای محلول‌پاشی میزان عملکرد را در سال تیمار و سال بعد از آن نسبت به شاهد افزایش دادند. در یک مطالعه‌ای دیگر احمدی و محمد خانی (۱۳۹۳) تاثیر پتاسیم و بر را بر روی خصوصیات کمی و کیفی انگور عسگری بررسی شد. در این آزمایش چهار سطح کود سولفات پتاسیم (۰ ،۳۰۰،۶۰۰ و ۹۰۰گرم به ازای هر درختچه) و چهار سطح اسید بوریک (۰،۱۰۰۰،۲۰۰۰،۳۰۰۰میلی‌گرم به ازای هر درختچه) بود. نتایج نشان داد سطوح مختلف سولفات پتاسیم و اسید بوریک موجب افزایش تعداد خوشه، وزن خوشه، طول و عرض خوشه و میزان مواد جامد محلول می شود. با افزایش پتاسم تعداد خوشه و مقدار مواد جامد محلول نسبت به شاهد افزایش یافت. تیمارهای حاوی بر، تنها با غلظت ۳ در هزار موجب افزایش میزان مواد جامد محلول نسبت به شاهد شد. در نهایت نتایج پژوهش نشان داد که تیمارهای تغذیه‌ای به ویژه سولفات پتاسیم رسیدن میوه را تسریع می‌کند و و عملکرد و مقدار قند میوه را افزایش می‌دهد. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر محلول پاشی کودی بر میزان محصول و عمر پس از برداشت انگور در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر نیتروژن، کلسیم (نیترات یا کلرید کلسیم)، بر (اسید بوریک) و روی (سولفات روی) بر صفات کمی و کیفی انگور عسکری آبی، آزمایشی در در منطقه سی‌سخت استان اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده عبارتند از: ۱- شاهد(عرف باغدار) ۲- مصرف خاکی عناصر مورد نیاز بر اساس آزمون خاک ۳- تیمار ۲ بعلاوه محلول پاشی نیتروژن و کلسیم ۵ در هزار + روی ۳ در هزار + بور ۳ در هزار. تیمارهای کودی در زمان یک هفته قبل از بازشدن کامل گل‌ها و زمان فروت ست(محلول‌پاشی نیتروژن، بور و روی)، و در زمان تغییر رنگ میوه (محلول‌پاشی کلسیم) روی شاخ و برگ بوته‌های مورد نظر محلول‌پاشی شد و تاثیر آن بر روی خصوصیات مختلف کمی و کیفی انگور عسگری میزان قند و اسیدیته حبه ها، وزن و طول خوشه و درصد پوسیدگی میوه بر اساس دستورالعمل باغبانی مورد بررسی قرار گرفت.

برای اندازه گیری صفات کمی و کیفی چند خوشه به طور تصادفی از قسمتهای مختلف بوته برداشته شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. اندازه گیری طول و وزن خوشه با کولیس و ترازو انجام گرفت. برای اندازه گیری مواد جامد محلول از قند سنج دستی (رفرکتومتر) استفاد شد. برای اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسون ۱۰ میلی گرم آب انگور را با ۱۰میلیمتر آب مقطر مخلوط کرده و به آن معرف فنل فتالین اضافه کرده و سپس با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال عمل تیتراسون را انجام دادیم. مرحله تغییر رنگ و ظهور رنگ صورتی پایان تیتراسون را نشان داد. سپس با استفاده از فرمول مخصوص اسید کل، میزان اسید موجود در آب میوه ها محاسبه شد. در نهایت برای اندازه گیری درصد پوسیدگی حبه‌ها کل حبه های هر میوه شمارش شد و درصد حبه‌های پوسیده شده محاسبه گردید. تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری Mstatc انجام شد و مقایسه میانگین‌ها هم در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی وزن خوشه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. مقایسه میانگین وزن خوشه نشان داد که تیمارهای مصرف خاکی کود و تیمار ترکیبی مصرف خاکی کود و محلول پاشی، وزن خوشه را به میزان معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش داد. اما بین تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر طول خوشه در سطح احتمال یک درصد مشاهده نشد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر میزان قند و میزان اسید موجود در میوه در سطح احتمال یک درصد مشاهده نشد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تیمار محلول‌پاشی کودی نسبت به سایر تیمارها به صورت معنی‌داری باعث کاهش میزان پوسیدگی میوه در سطح احتمال یک درصد گردید.
بررسی مقایسه میانگین برخی از ویژگی های مورد بررسی از جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که مهمترین تاثیر تیمارهای کودی بر افزایش میزان کمی محصول (افزایش وزن میوه) و افزایش عمر انبارداری میوه انگور می‌باشد.

جدول شماره ۱- جدول مقایسه میانگین تاثیر تیمار ها برخصوصیات کمی و کیفی انگور عسگری

تیمار	وزن خوشه (گرم)	طول خوشه (سانتی متر)	میزان قند (درصد)	میزان اسید (گرم در لیتر)	درصد پوسیدگی میوه (درصد)
شاهد	۲۲۵/۳a*	۱۵/۵a	۱۶/۳a	۰/۰۰۷۳a	۲۰/ ۰۰b
کاربرد خاکی کود	۲۵۷/۶۶a	۱۶/۸a	۱۷a	۰/۰۰۷۲a	۱۶/۶۶a
محلول پاشی	۲۷۶/۷b	۱۷/۷a	۱۷/۷a	۰/۰۰۷۱۶a	۱۱/۶۶a

.* میانگین های در هر ستون که در یک حرف کوچک مشترک می باشند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

با توجه به مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد که مهمترین مشکلات تولید کنندگان انگور در استان پایین بودن میزان محصول و قابلیت پایین انبارداری این محصول می‌باشد. از آنجا که محصول انگور در استانهای همجوار استان کهگیلویه و بویر احمد همانند فارس زودتر رسیده و سریعتر از محصول استان وارد بازار می‌شود در زمان رسیدگی و برداشت انگور قیمت میوه بسیار پایین بوده و در بسیاری از مواقع صرفه اقتصادی چندانی برای بهره‌بردار ندارد. اما در صورت انبارداری مناسب و افزایش طول مدت انبار داری انگور بهره‌بردار می‌تواند محصول خود را در آبان ماه که قیمت میوه بالاست، وارد بازار کند که در این صورت تولید انگور سود اقتصادی بالایی خواهد بود. مهمترین مشکل انبارداری انگور، پوسیدگی میوه است که با توجه به نتایج طرح محلول‌پاشی کودی بخصوص کود کلسیم به صورت معنی‌داری باعث کاهش میزان پوسیدگی میوه گردید. این امر نشان دهنده اهمیت اقتصادی بالای محلول‌پاشی در افزایش درآمد باغدار می‌باشد. تاثیر کلسیم بر افزایش استحکام بافت میوه به دلیل افزایش نقش آن در سختار سلولهای گیاهی می‌باشد. ساختار تیغه میانی در سلولهای گیاهی حاوی عنصر پکتات بوده که کلسیم عنصر اصلی این ماده بوده و باعث استحکام بافت سلولی می شود. کلسیم باعث پایداری دیواره و غشاهای سلولی، توسعه سلول، تبادل آنیون و کاتیونی و تنظیم اسمزی دانست. تحقیقی توسط Gupta (1980) نشان داده کلسیم با افزایش میزان اکسالات و پکتین محلول در دیواره سلولی باعث پایداری غشای سلولی و دیواره سلولی و افزایش استحکام گوشت میوه می شود که این امر باعث افزایش مقاومت میوه در برابر آنزیم‌های حاصل از قارچها می گردد. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که بالا رفتن میزان کلسیم باعث کاهش میزان پوسیدگی میوه می‌شود.

نتیجه گیری و توصیه های کاربردی:

با توجه به مطالعات انجام شده محلول‌پاشی کودی می‌تواند سبب کمک شایانی به افزایش درآمد باغدار و افزایش انگیزه باغدارن در احداث باغ انگور شود. لذا موارد زیر به باغداران توصیه می‌گردد.

۱- براساس نتایج مطالعه حاضر غلظت مناسب برای نیتروژن و کلسیم ۵ در هزار و برای روی و بور سه در هزار توصیه می‌گردد.

۲- زمان دقیق محلول‌پاشی نیز نقش مهمی در افزایش کمی و کیفی محصول دارد. بهترین زمان‌های محلول‌پاشی کودی بعد از برداشت محصول در اوایل پاییز و در بهار قبل از ظهور گل‌ها می‌باشد. بهترین زمان محلول‌پاشی صبح زود می‌باشد که هوا بیشترین رطوبت را دارد.

۳- با توجه به تاثیر محلول‌پاشی کودی در افزایش وزن میوه و جلوگیری از پوسیدگی میوه انگور رقم عسگری، محلول‌پاشی سالیانه کود های ریزمغذی به همراه کودهای کلسیم توصیه می‌شود.

منابع :

۱- احمدی، ف و محمد خانی، ع. (۱۳۹۳). اثر تغذیه پتاسیم و بور بر برخی از ویژگی های کمی و کیفی انگور رقم عسکری. فصلنامه به زراعی کشاورزی، (۲)۱۶، ص ۴۳۰- ۴۱۷

۲- دولتی بانه، ح.، و طاهری، م. (۱۳۸۸). اثر تغذیه برگی عناصر غذایی بر تشکیل میوه و خصوصیات کمی و کیفی انگور کشمشی. مجله بهنژادی نهال و بذر .(۱) ۲۵، ص ۱۱۵-۱۰۳

۳- کاووسی، ب.، و حسینی فرهی، م. (۱۳۸۷). زمان گل انگیزی و اثرهای محلول پاشی با عناصرازت، روی و بور بر ویژگی های کیفی و عملکرد انگور رقم سیاه در سی سخت . مجله پژوهش در علوم کشاورزی (۱)۴، ص ۸۲-۷۳

۴- درستکار، م. (۱۳۸۰). طرح تحقیقاتی بررسی اثرات ازت، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام خلیلی و سیاه.شیراز : مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.

5-Bybordi, A. and Shabanov, J. A. (2010). Effects of the foliar application of magnesium and zinc on the yield and quality of three grape cultivars grown in the calcareous soils of Iran. Notulae Scientia Biologicae 2: 81-86.

6-Ebrahimi, M., Karimi, R. and Amerian, M. (2019). The effect of foliar application of nitric oxide in alleviating of salt stress in bidaneh sefid grapevine cultivar. Iranian Journal of Plant Biology 11: 59-64 (in Persian)

7-Eide D. J. (2011). The oxidative stress of zinc deficiency. Metallomics 3: 1124-1129.

8-Fageria, N. K. (2009). The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Boca Raton, FL.

9- Gupta, O . (1980). Effect of preharvest of preharvest spray of calcium nitrate on the storage behavior of grape CV “Perlette” Haryana Agric.Univ. 10:24

10-Jamehbozorg, S. (2017). Effect of spraying zinc sulfate and gibberellic acid on some physiological and morphological characteristics of Bidaneh Sefid grape cultivar. MSc thesis, Malayer University, Malayer, Iran (in Persian)

11-Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticulturae 215: 184-194.

12-Marschner, P. (2012). Marschner’s mineral nutrition of higher plants. 3rd ed, Academic Press, London.

Effect of foliar application of nitrogen, calcium, boron and zinc on quantity and quality of "Asgari" grape cultivar in Karyak area Kohgilouyeh-va-Boyer Ahmad province

Abstract

Optimum application of essential nutrients for grape would cause an improvement in the yield and quality of grapes. Today due to imbalance application of urea and ammonium phosphate in orchards, in the odder hand excessive amount of $CaCo_3$, high pH and deficiency of organic matter, in this soils observe deficiency of micronutrient so born and zinc. Applying calcium fertilizers prolongs the duration of fruit storage life and reduces the amount of fruit`s decadence. Therefore this project was conducted in order to increasing the quantity and quality of grape (asgari variety) and improving the storage durability, in these study we evaluated the effect of foliar application of nitrogen, calcium, boron and zinc fertilizers on irrigated grape in karyak region of the province. Treatments consist of: 1- Control 2-Foliar application of nitrogen and calcium (5%) + zinc and boron (3%). The treatment applied on a week before blossom, fruit set (applied N, Zn and B) and in the time of the fruit color change (applied calcium). After evaluating features like the amount of yield, the total soluble solid (TSS) the amount of total acidity (TA), cluster weight and decadence percentage were analyzed. The results show that the foliar application caused increasing the weight of clusters and reduced the amounts of fruits decadence.

Key words: Grape, foliar application, nitrogen, calcium boron and zinc

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بهینه سازی مصرف فسفر در زراعت گلرنگ و خاکورزی حفاظتی

اکبر گندمکار

بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

چکیده: به منظور بررسی تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مقدار مصرف کود فسفر بر عملکرد و خصوصیات زراعی محصول گلرنگ این آزمایش اجرا شد. تیمارها شامل سه روش خاکورزی متداول، کم خاکورزی، بدون خاکورزی با سطوح مختلف کود فسفر بودند. بیشترین افزایش معنی‌دار عملکرد بیومس و دانه گلرنگ در تیمار ۷۵درصد توصیه کودی فسفر بدست آمد. تیمارهای کم و بی خاکورزی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیومس و دانه گلرنگ گردیدند. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در هنگام جوانه زنی و سبزشدن دانه‌های گلرنگ ۱۴/۶ دسیزیمنس بر متر بود. شوری بالای خاک مشکلی در سبز شدن گلرنگ نداشت. این مسئله، مقاومت بالای این گیاه را نشان میدهد. هدایت الکتریکی خاک در پایان فصل رشد به ۸/۷۳ دسیزیمنس بر متر رسید. بیشترین افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک(۱۶/۱تن در هکتار) و دانه(۳/۱تن در هکتار) گلرنگ در تیمار ۷۵درصد توصیه کودی فسفر(۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) بدست آمد. دانه‌های گلرنگ در تیمارهای بی‌خاکورزی بهتر و مرتب‌تر سبز شده بودند. وجود بقایا در سطح خاک، موجب افزایش دما و رطوبت خاک، و کمک به دانه گیاه در جوانه زنی و سبزی بهتر گردید. اثر تیمارهای کم و بی‌خاکورزی نیز موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و دانه گلرنگ گردیدند. روش‌های کم‌خاکورزی و بی-خاکورزی در کشت بهاره گلرنگ قابل توصیه است.

واژه های کلیدی: بقایای گیاهی، سله، شوری، گاوآهن،

بررسی منابع علمی: خاکورزی مرسوم علاوه‌بر صدماتی که به اکوسیستم و ساختمان خاک وارد میکند، هزینه بسیار بالائی نیز برای کشاورزی دارد. کشاورزی پایدار به معنی مدیریت موفق و نتیجه بخش منابع برای رفع نیازهای در حال تغییر بشر در حالی که کیفیت محیط حفظ شده و یا حتی بهبود یابد و نیز منابع طبیعی برای نسلهای آینده حفظ و ذخیره گردد. هدف برقراری تعادل بین ذخایر طبیعی خاک و نیازهای گیاهان زراعی در نظامهای نوین مدیریتی میباشد. در این نوع کشاورزی تأکید بر به حداکثر رساندن تولید نبوده بلکه بهینه کردن استفاده از منابع و پایدار نمودن تولید در یک دوره طولانی، مدنظر میباشد. از جمله اولین آزمایشهای خاکورزی حفاظتی در سال۱۹۴۱بطور توأم در آمریکا و کانادا با استفاده از مالچ کاه و کلش و به منظور کاهش فرسایش و افزایش ذخیره رطوبت در دیم زارهای مناطق نیمه خشک صورت گرفت. کشاورزی حفاظتی در حدود۴۰سال قبل به منظور تولید اقتصادی محصولات به مزارع کشاورزان معرفی گردید. طبق آمار متنشر شده در سال ۲۰۰۸ سطح زیر کشت بی‌خاک ورزی در کشورهای جهان حدود۱۲۰میلیون هکتار گزارش شده.

یک تخمین بیانگر آن است که در دوسوم خاکهای دنیا کمبود فسفر وجود دارد. خاکورزی شکل تجمع و توزیع فسفر در خاکها را نیز تغییر میدهد. تجمع مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک دست نخورده بر توزیع فسفر مؤثر بوده است. بر روی یک نوع خاک در برزیل، اجرای سیستم بی‌خاکورزی به‌مدت۵ سال کل فسفر موجود در لایه۱۰سانتیمتری خاک را تا ۱۵درصد نسبت به خاکورزی مرسوم افزایش داد(سلیس و همکاران،۱۹۹۷). کوپیتکه و همکاران(۲۰۱۸)در یک مطالعه۷۰ ساله که مقادیر فسفر دریافتی آن پائین بود گزارش نمودند که میزان فسفر آلی خاک با گذشت زمان ۲۰ تا ۳۶ درصد کاهش پیدا نمود. بر خلاف آن، فسفر معدنی نسبتا ثابت ماند. نسبت کربن به فسفر در طول زمان ثابت ماند، این امر نشان از پیوند فسفر آلی با کربن آلی در خاک است. نامبرده نتیجه گرفت که لازم است فسفری که توسط محصول از خاک برداشت میشود(۳/۲ تا۱۸/۶ کیلوگرم در هکتار در سال)، جبران گردد.

بلور و همکاران(۲۰۱۵) در بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاکورزی بر عناصر مغذی خاک گزارش نمودند که بیشترین میزان پتاسیم۴۵۳/۶۶میلیگرم در کیلوگرم خاک در سیستم خاکورزی مرسوم در عمق۲۰-۰سانتیمتر و کمترین میزان آن۲۳۶/۳ میلیگرم در کیلوگرم خاک در سیستم کم‌خاک‌ورزی و در عمق ۴۰-۲۰سانتیمتر مشاهده شد.

Halvani et al., 2019 گزارش نمودند که راندمان بالای سویا را به عنوان گیاه پوششی در سیستم بدون خاکورزی، در کنترل علفهای هرز را نشان داد(در طول فصل رشد سویا). عملکرد کم سویا برای سیستم بی خاکورزی عاری از علف کش منجر به درآمدهای کم و حاشیه ناخالص گردید. این مسئله در کشاورزی ارگانیک از نظر اقتصادی جذاب است، جایی که قیمت فروش سویا نسبتاً بالاتر است. Thapa et al., 2019 گزارش نمودند که وجود بقایا موجب افزایش عملکرد دانه و کاه و کلش گندم گردید. و بیان داشتند که اثرات متقابل سیستم کم‌خاکورزی+تناوب گندم-سویا بیشترین اثر معنی دار را بر عملکرد گندم داشت.

مواد و روش

الف) تیمارهای آزمایشی: این آزمایش در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی با دو پلات اصلی خاک‌ورزی و پلات فرعی تیمار فسفر بود. پلات اصلی در سه سطح: خاک‌ورزی مرسوم، بی خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی و پلات فرعی تیمار فسفر در چهار سطح: بدون مصرف فسفر،۵۰٪ توصیه کودی فسفر بر مبنای آزمون خاک، و ۷۵٪ توصیه کودی فسفر بر مبنای آزمون خاک و ۱۰۰٪ توصیه کودی فسفر بر مبنای آزمون خاک است.

- خاک‌ورزی مرسوم شامل شخم‌برگردان‌دار+دو مرحله دیسک متقاطع+ایجاد فارو+کاشت با بذرکار-کودکار-خطی‌کار،

-کم‌خاک ورزی شامل چیزل پیلر+ ایجاد فارو+کاشت با بذرکار-کودکار-خطی‌کار،

- بدون‌خاک ورزی شامل کاشت مستقیم با بذرکار-کودکار-خطی‌کار، بدون شخم بود.

کل بقایای گیاهان زراعی در قطعه خاک ورزی متداول حذف شد. در قطعه کم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی تنها بقایا ایستاده محصول حفظ و بقیه بقایا از زمین خارج شد. مصرف فسفر همراه با کاشت و به صورت نواری و از منبع سوپر فسفات تریپل بود. سایر عناصر غذایی(پتاسیم، نیتروژن و عناصر کم‌مصرف)بر اساس آزمون خاک و عملکرد دانه در کل پروژه به صورت یکنواخت مصرف شد.

توصیه کود فسفره گلرنگ آبی: ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، توصیه فسفر در گلرنگ آبی مناطق معتدل اصفهان با پیش‌بینی ۵تن در هکتار عملکرد دانه و کمتر از۴ میلیگرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب خاک میباشد. ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره در سه تقسیط در مراحل کاشت، روزت و گلدهی توصیه شده است. ۱۰۰-۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم توصیه گردیده.

- **آماده سازی زمین و کشت:** در قطعه خاک ورزی مرسوم برای آماده سازی زمین از شخم برگردان دار با دو مرحله دیسک متقاطع استفاده شد. اما قطعه کم خاک ورزی بدون شخم بوده و فقط از دو مرحله دیسک متقاطع استفاده شده و پس از آن کاشت با بذرکار-خطی‌کار-کودکار آمازون انجام شد. در قطعه بدون خاک ورزی زمین هیچ گونه شخم و یا دیسک زده نشد. در این قطعه فقط ادوات کاشت و برداشت در یک مسیر ثابت با حداقل تردد وارد زمین گردیدند. برای کشت مستقیم (بی خاک ورزی) از بذرکار- خطی کار کشت مستقیم (استفاده از ماشین مرکب بذرکار کودکار) کاشت گلرنگ استفاده گردید. روش آبیاری نشتی و در هر تکرار از جوی مستقل استفاده گردید و انتهای پلات‌ها بسته بود. گلرنگ رقم صفه کاشته شد.

برداشت: برداشت گیاهان مورد آزمایش(دانه و کاه) در هر کرت از سه فریم یک متر مربعی (به ازای هر ۵ متر طول پلات یک فریم) انجام و میانگین آنها بر اساس کیلوگرم در هکتار برآورد شد. صفات مورد اندازه‌گیری در گیاهان شامل عملکرد دانه و عملکرد بیومس(وزن کاه+دانه) در محصول بود. افزون بر این در هر پلات غلظت و جذب فسفر در دانه و کاه اندازه گیری شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها، انجام گردید.

نتایج و بحث

مختصات جغرافیایی محل آزمایش شامل ۲۹/۵۲ ۳۰ ۳۲ شمالی و ۵/۶۲ ۵۰ ۵۱ شرقی و ارتفاع ۱۵۴۴ متر میباشد. خاک‌های منطقه مورد مطالعه از نظر تیپ اراضی بر روی واحد تراس‌های آبرفتی رودخانه‌ای و از نظر ژئومورفولوژیکی روی تراس اول رودخانه زاینده رود تشکیل و تکامل یافته‌اند. بر اساس نقشه بیوکلیماتیک ایران(روش آمبرژه) ایستگاه کبوترآباد در اقلیم خشک سرد قرار دارد. متوسط مقدار بارندگی سالیانه منطقه ۱۴۲/۴میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. نواسان متوسط دما طی سال مابین۴- تا ۳۷/۱ درجه سانتیگراد گزارش شده است(۲).

کیفیت آب آبیاری از نظر شوری دارای محدودیت میباشد(جدول۱). آستانه تحمل به شوری گیاه گلرنگ ۵/۳ و۸/۵دسیزیمنس بر متر بترتیب برای آب آبیاری و عصاره اشباع خاک گزارش شده(FAO 2015). منبع آب آبیاری آب چاه عمیق(سفره آب زیرزمینی) بود. روش آبیاری نواری و میزان آب مصرفی حدود هفت هزار مترمکعب در هکتار طی دوره رشد گلرنگ محاسبه گردید. طی دوره رشد ۲۱۰ میلیمتر بارندگی نیز صورت گرفت.

جدول۱- اسیدیته و هدایت الکتریکی آب چاه

ویژه‌گی	pH	EC
واحد		$dS\ m^{-1}$
مقدار	۷/۶	۵/۵

خصوصیات شیمیایی خاک: اراضی این ایستگاه جزو اراضی کلاسIIطبقه بندی شده‌اند. خاکی آهکی و کلاس بافت خاک سیلتی-کلی-لوم است(جدول۲). این سری خاک ازسری‌های غالب خاکهای مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک ایران است(۴).

جدول۲- میزان آهک و دانه بندی (بافت)خاک

عمق خاک (cm)	$CaCO_3$	رس	سیلت %	شن
۰-۳۰	۴۰/۵	۳۱	۴۶/۵	۲۲/۵

جدول۳- تعدادی از خصوصیات شیمیایی خاک سایت آزمایش*

عمق خاک (cm)	O C %	pH	EC $dS\ m^{-1}$	K	P	Fe $mg\ kg^{-1}$	Mn	Zn	Cu
۰-۳۰	۱/۱۳	۷/۵	۸/۷۳	۴۰۷	۴/۶	۰/۴	۸/۵	۱/۵	۰/۳۴

شوری خاک: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در هنگام جوانه زنی و سبزشدن دانه‌های گلرنگ ۱۴/۶ دسیزیمنس بر متر بود. شوری بالای خاک مشکلی در سبز شدن گلرنگ نداشت. این مسئله، مقاومت بالای این گیاه را نشان میدهد. هدایت الکتریکی خاک در پایان فصل رشد به ۸/۷۳ دسیزیمنس بر متر رسید(جدول۳).

فسفر خاک: اثر کاربرد مقادیر متفاوت سوپرفسفات تریپل(سال دوم) بر مقدار فسفر قابل جذب خاک در جدول۴ آمده است. طی دو سال کاربرد سوپرفسفات موجب افزایش معنی‌دار فسفر قابل جذب خاک از ۴/۶ به ۱۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم گردید(عمق ۳۰-۰سانتیمتر).

جدول۴- اثر کاربرد سوپرفسفات بر میانگین فسفر قابل جذب خاک

Treat	P_0	P_{50}	P_{75}	P_R
Pava $mg\ kg^{-1}$	۴/۶D	۶/۳C	۸/۶B	۱۴/۵A

نتایج مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای مختلف خاکورزی در جدول۵ آمده است. بیشترین افزایش مقدار فسفر قابل جذب خاک(عمق۳۰-۰سانتیمتر) به ترتیب در کم‌خاکورزی، بی‌خاکورزی و مرسوم اندازه‌گیری شد(جدول۵). بلور و همکاران(۲۰۱۵) در بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاکورزی بر فسفر خاک گزارش نمودند که بالاترین میزان فسفر در خاک بر اثر اجرای سیستم کم‌خاکورزی و بی‌خاکورزی حاصل گردید. میزان فسفر در سیستم کم‌خاکورزی در عمق۲۰-۰سانتیمتر برابر۱۱/۸۶میلیگرم در کیلوگرم خاک و کمترین میزان آن در سیستم خاکورزی مرسوم بمیزان ۵/۲ میلیگرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. تجمع مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک دست نخورده بر روی توزیع فسفر مؤثر گزارش نمودند(سلس و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول۵- تیمارهای خاکورزی و تغیرات میانگین فسفر قابل جذب خاک

Pava mg kg^{-1}

P_R	P_{75}	P_{50}	P_0	Treat
۲۱/۰	۱۱/۸	۸/۵	۴/۳	Min
۱۳/۳۴	۵/۵۳	۴/۶	۳/۰	No
۹/۳	۷/۵	۶/۱	۳/۴	Co

عملکرد دانه و بیولوژیک گلرنگ

خاکورزی: مقایسه میانگین اثر تیمارهای خاکورزی بر عملکرد دانه و بیولوژیک(وزن قسمت هوایی گیاه) **گلرنگ** در جدول۶ آمده است. بیشترین افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گلرنگ(۱۶/۱تن در هکتار) در تیمار بی‌خاکورزی بدست آمد. اثر تیمارهای کم و بی خاکورزی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گلرنگ گردیدند. بنابر مشاهدات دانه‌های گلرنگ در تیمارهای بی‌خاکورزی بهتر و مرتب‌تر سبز شده بودند. وجود بقایا در سطح خاک، موجب افزایش دما و رطوبت خاک، و کمک به دانه گیاه در جوانه زنی و سبزی بهتر میگردد(Bahrani et al., 2012).

خاکورزی مرسوم علاوه بر صدماتی که به اکوسیستم و ساختمان خاک وارد میکند، هزینه بسیار بالائی نیز برای کشاورزی دارد. اسدی و همکاران گزارش نمودند تیمارهای خاکورزی مرسوم، کم خاکورزی و بی خاکورزی اثر معنی داری بر عملکرد بیومس ذرت نداشتند. نامبرده سیستم کم‌خاکورزی یا بی‌خاکورزی را در زراعت جو توصیه نمود(۱). بهرامپور و همکاران نیز گزارش نمودند که سیستم‌های مختلف خاکورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه سویا نداشتند(۲).

جدول۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای خاکورزی بر عملکرد گلرنگ*

بیولوژیک (تن در هکتار)	دانه (تن در هکتار)	تیمار
۱۴/۸A	۲/۸۶A	Min
۱۶/۱B	۲/۷۳A	No
۱۳/۸A	۲/۳۴B	Co

*اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک میباشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

فسفر: اثر تیمارهای فسفر بر عملکرد دانه و بیولوژیک(وزن قسمت هوایی گیاه) گلرنگ در جدول۵آمده است. بیشترین افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گلرنگ(۱۶/۳تن در هکتار) و دانه گلرنگ(۳/۱تن در هکتار)در تیمار ۷۵درصدتوصیه کودی فسفر(۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) بدست آمد. با توجه به فسفرقابل جذب پایین خاک(۴میلیگرم در کیلوگرم) افزایش عملکرد گیاه با کاربرد فسفر امری طبیعی به نظر میرسد. کوپیتکه و همکاران(۲۰۱۸) گزارش نمودند، لازم است فسفری که توسط محصول از خاک برداشت میشود(۳/۲ تا۱۸/۶ کیلوگرم در هکتار در سال)، جبران گردد.

جدول۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای فسفر بر عملکرد گلرنگ *

تیمار	دانه (تن در هکتار)	بیولوژیک (تن در هکتار)
P_0	۱/۶۳C	۱۲/۰C
P_{50}	۲/۵۵B	۱۴/۶B
P_{75}	۳/۱A	۱۶/۳A
P_R	۳/۳A	۱۷/۱A

*اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک میباشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

جدول۸- مقایسه میانگین اثر تیمارها برمیزان فسفر دانه گلرنگ *

سوپرفسفات	P%	خاک‌ورزی	P%
P_0	۰/۴۸۳a	کم‌خاکورزی	۰/۳۵a
P_{50}	۰/۳۷a	بی‌خاکورزی	۰/۴۰a
P_{75}	۰/۴۱a	مرسوم	۰/۳۶a
P_R	۰/۴۴۳a	-	-

*اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک میباشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

اثرات متقابل خاکورزی و فسفر بر عملکرد بیولوژیک و دانه

بیشترین اثر فسفر بر عملکرد بیولوژیک و دانه گلرنگ به ترتیب در پلاتهای بی‌خاکورزی، کم‌خاکورزی و خاکورزی‌مرسوم اندازه گیری شدند. فسفر جزء عناصر بی تحرک خاک میباشد. از اینرو نوع سیستم خاکورزی، مدیریت بقایا و جایگذاری آن کنار بذر نقش مهمی در قابل جذب شدن فسفر برای گیاه دارد. همچنین هرچه تماس ذرات کود فسفره با ماتریکس خاک کمتر باشد، حلالیت آن بیشتر طول میکشد. در سیستم کم و بیخاکورزی فسفر کمتر وارد واکنشهای خاک شده و دسترسی گیاه به آن افزایش میابد.

جدول۸- مقایسه میانگین اثر تیمارها برمیزان فسفر برگ گلرنگ *

سوپرفسفات	P%	خاک‌ورزی	P%
P_0	۰/۲۳a	کم‌خاکورزی	۰/۱۷a
P_{50}	۰/۲۳a	بی‌خاکورزی	۰/۲۲a
P_{75}	۰/۲۰a	مرسوم	۰/۱۹a
P_R	۰/۱۲a	-	-

*اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک میباشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

نتیجه‌گیری: با آب و خاک شور نیز باقی گذاشتن بیست درصد بقایای گیاهی جهت افزایش کیفیت حاصلخیزی، فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک خاک در کشاورزی حفاظتی ضروری می‌باشد. کاربرد ماشین‌آلات مناسب، مانند بذرکار-کودکار آمازون، کاشت دانه های روغنی نظیر گلرنگ و کاربرد همزمان کود سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم را در کنار بذر، انجام پذیر می‌نماید. همتراز شدن اثر تیمارهای خاکورزی بر عملکرد بیولوژیک گیاه گلرنگ(وزن دانه)، نشان از کاربردی و برتری سیستم‌های کم‌خاکورزی و بی‌خاکورزی بر خاکورزی مرسوم(گاوآهن+دیسک) می‌باشند. بنابر نتایج تحقیق حاضرکاربرد روش‌های کم‌خاکورزی و بی‌خاکورزی در کشت بهاره گلرنگ قابل توصیه است.

References

1.Anonymous, (2016). conservation crop rotation effects on soil quality. USDA natural resources conservation service. soil quality institute, technical note, no 2.

2.Bahrampur, T., Adelzadeh R. and Seyfe-amiri S.(2017). Tillage methods, soil physical parameters, soybean yield and physiological properties(Moghan country). science of water and soil journal, vol 27, no 1:17-27.

3.Bahrani, M. J., Kheradmand M., Emam Y., Ghadiri H. and Asad M.T.(2012). Effects of tillage methods on wheat yield and yield components in continiuous wheat cropping, Exp.Agric.38:389-395.

4.Bolur, A., Asgari H.R. and Kiani F.(2014). Effects of different tillages on the soil micro- nutrients. soil management and sustainable production journal,vol 4, no 4, Gorgan agricultural sciences university, Iran, http://ejsms.gau.ac.ir.

5.Halwani, M, Reckling, Schuler J, Bloch R and Bachinger J(2019) Soybean in no-till cover-crop systems, Agronomy Journal, 9, 883; doi:10.3390. https://www.researchgate.net/publication/337920993.

6.Kopitke, P. M., Dalal, R.C.,Wang P. and Menzies N.(2018).Effects of long-term cultivation on phosphorus(P) in five low-input soils, Agriculture Ecosystems &Environment, 252:191-199.

7.Selles, F., Kochhann, R.A., Denardin, J.E., Zenter, R.P., and Faganello, A.(2017)Distribution of phosphorus in a Brazilian oxisol under different tillage systems.soil and tillage research journal.44:23-34.

8.Thapa, B., Khanal BR, Marahatta S. 2019 Effect of conservation agriculture on yield and yield attributing properties of wheat, Advances in plants & agriculture research, vol 9, Issue 2.

Optimization phosphorus recomendation in safflower(*Carthamus tinctorius)* crop and conservation tillage

A Gandomkar

soil and water research department, Isfahan agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Isfahan, Iran. deligani@gmail.com

Abstract: It has become common place to consider ploughing as an agricultural practice that destroys soil fertility. We compared the effects of minimum tillage(disk at 15 cm depth), no tillage and conventional tillage treatments(traditional mouldboard ploughing- MP at 30 cm depth) on the safflower yiel, during 2019 year on a sandy clay loam soil in Esfahan. Also in each tillage treatment site the P rates were tested. P rate included 0, fifty percent of recommendation, seventy five percent of recommendation and recommendation(215 kg ha^{-1} triple-superphosphate). The experimental design consists in 3 tillage treatments replicated randomly 3 times. P recommendation treatment increased the safflower biomass and grain yield significantly. However, safflower biomass and grain yield difference was not found between tillage treatments significantly. It is concluded that the minimum and no tillage, are applied methods for conservative agriculture in the safflower cultivation.

keywords:crust, mouldboard, plant residue, salinity,

شناخت وضعیت تغذیه‌ای درختان به در استان اصفهان

اکبر گندمکار

بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان،ایران deligani@gmail.com

چکیده: حاصلخیزی خاک نقش مهمی در افزایش عملکرد میوه درخت به دارد. جهت بررسی وضعیت خاک و کیفیت آب باغات به، تعداد ۳۰ باغ در مناطق اصفهان و نطنز با عملکردهای متفاوت انتخاب شدند. باغهای انتخابی دارای عملکرد مطلوب، متوسط و ضعیف بودند. کلروز برگ ناشی از کمبود آهن در درختان به دیده شد. تجزیه برگ حاکی از کمبود عناصر نیتروژن، کلسیم و آهن در بیشتر درختان است. بیشترین میزان عملکرد میوه در باغهائی ثبت شد که دارای خاک عمیق، هوموس فراوان و آب با کیفیت مناسب بودند. مدیریت تغذیه این درختان نیز شامل کاربرد کمپوست کودهای آلی به اضافه کود آبیاری و چالکود بود. با استفاده از روش سی ان دی نرمهای عناصر غذایی ماکرو و میکرو برگ درختان بارده به، برای نیتروژن۰/۰۲±۱/۵۱درصد، فسفر ۰/۰۱±۰/۴۲درصد، پتاسیم ۰/۰۶±۱/۹۰ درصد، کلسیم ۰/۰۳ ± ۱/۴ درصد، منیزیم ±۰/۰۲ ۰/۴۲درصد، منگنز ۹±۳۷/۲ میلیگرم در کیلوگرم، روی۲±۱۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم، آهن ۱۰± ۸۸/۵ میلیگرم در کیلوگرم، مس۲ ±۵/۵ میلیگرم در کیلوگرم و بور۸ ±۲۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم بدست آمدند. نرمهای بالا برای عملکرد میوه حداقل ۲۹/۶ تن در هکتار در رقم درخت به اصفهان می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، زرد برگی، شوری، نرم عناصر،

بررسی منابع علمی

درخت به از گیاهان تجاری خانواده روزاسه(سیب درختی) میباشد. این گیاه در کوهپایه های با ارتفاع حدود ۱۵۰۰متر کشت و کار میگردد. از آنجا که این گیاه دچار کلروز آهن میشود، نهال آن روی پایه زالزالک(کیویج) پیوند میگردد. درخت به تنها عضو جنس Cydonia در خانواده رزاسه است. به درختی خران کننده است که میوه های دانه دار تولید میکند. این درخت بین ۵ تا ۸ متر در طول و ۴ تا ۶ متر در عرض رشد می کند. روش تجزیه گیاه برای ارزیابی تغذیه گیاهان مفید است مشروط بر اینکه به روش مناسبی برای تشخیص و تفسیر نتایج بهره گرفته شود. روش تجزیه گیاه به منظور بهینه کردن مصرف کودها و تشخیص اختلالات تغذیه گیاهی استفاده می شود. چنگ و ربا ۲۰۰۹ حدود بهینه عناصر غذائی در برگ درختان سیب رقم گالا را بدین ترتیب گزارش نمودند. نیتروژن ۲/۵-۱/۷، فسفر۰/۳-۰/۱۵، پتاسیم ۱/۹-۱/۲، کلسیم۲-۱/۵ ، منیزیم ۰/۳۵-۰/۲۵، گوگرد۰/۱-۰/۰۱ درصد، مس۱۲-۵، روی ۲۰۰-۱۵، منگنز ۱۵۰-۲۵، آهن ۱۲۰-۶۰ و بور ۶۰-۲۰ میلیگرم در کیلوگرم. یووان گنگ و همکاران(۲۰۱۵) در بررسی نیاز غذائی درخت سیب رقم فوجی چین به روش تجزیه برگ با شاخص های CND کمبود نیتروژن، فسفر، منگنز و آهن را گزارش نمودند. نامبرده در رقم سیب فوجی عملکرد ۴۴/۶ تن در هکتار را بعنوان تناژ مطلوب بدست آورد.

در سه روش DRIS و CND و DOP فلسفه انتخاب نرم استاندارد بر پایه این منطق استوار است که غلظت عناصر غذایی در گیاهان با عملکرد زیاد متعادل ترین است و این غلظت ها می توانند به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهان و دستیابی به حداکثر عملکرد محسوب شوند. اما تفکیک دو گروه عملکرد زیاد و کم در روش دریس اختیاری است و استدلال برای تفکیک این است که به احتمال زیاد نمونه‌های دارای عملکرد زیاد، دارای توزیع نرمال‌اند و پارامترهای مربوط به این گروه عملکردی نظیر غلظت عناصر نیز توزیعی نرمال و همگن دارند(وال ورس و سامنر ۱۹۸۷). لذا متوسط عملکرد زارعین با مدیریت مناسب ملاک تفکیک دو گروه عملکردی قرار میگیرند. اما مزیت روش CND این است که با کمک گرفتن از روش ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای ، گروه های عملکردی زیاد و کم با دقت زیاد تفکیک می شوند و امکان استفاده از بانک اطلاعاتی کوچک را تسهیل میکند(خیری و همکاران۲۰۰۱).

در این روش‌ها به عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه رتبه داده می شود که در نهایت اهمیت عناصر را در تغذیه متعادل برای آن محصول و در نقطه مورد مطالعه مشخص می‌گردد. از روش‌های مختلفی نظیر غلظت بحرانی(CVA)، دریس(DRIS)، انحراف از حد بهینه(DOP) و تشخیص چندگانه(CND) برای ارزیابی وضعیت تغذیه باغات استفاده می شود. در هر یک از این روش‌ها نرم هایی برای هر یک از عناصر تعیین می‌گردد. در حقیقت نرم ها برای هر عنصر غذایی بسته به فراوانی کمبود آن عنصر رتبه بندی می‌گردد. این روش(CND) به داده کمتری نیاز است پس تعداد نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه تا حد امکان کاهش می یابد. هر کدام از این روش‌ها دارای معایب و محاسنی هستند. با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه‌ای می‌توان وضعیت تغذیه‌ای هر منطقه مورد مطالعه را ارزیابی و مقایسه کرد و نشان داد در عملکرد مطلوب چه شاخص‌هایی بایستی اصلاح گردد. بنابراین با شناسایی وضعیت تغذیه‌ای می توان استراتژی کودی را تعیین نمود. اهداف این تحقیق اندازه‌گیری حاصلخیزی خاک، کیفیت آب و ارزیابی وضعیت تغذیه درختان با روش تجزیه برگ بود. همچنین با استفاده از روش CND نرمهای عناصر غذائی درختان بارده به تعیین شدند.

مواد و روش

جهت تعیین وضعیت عناصر معدنی ماکرو و میکرو در درختان به اصفهان(Quince) برای کوددهی مناسب، در نطنز و اصفهان نسبت به نمونه برداری خاک، آب و برگ‌های با رشد کامل بهاره درختان(تیرماه) اقدام گردید. تعداد ۳۰ باغ در مناطق مورد مطالعه انتخاب شد. یعنی شامل باغهای با عملکرد مطلوب، با عملکرد متوسط و عملکرد پایین بودند(دامنه متفاوتی از عملکرد میوه)در عین حال از لحاظ مولفه‌های خاک و وضعیت عمومی یکسانی دارند اما محدودیت‌های غالب منطقه را نیز شامل میشدند. برای هر باغ پرسشنامه‌ای تکمیل گردید که در آن اطلاعات مدیریتی و جغرافیایی(GPS) باغ درج شد همچنین تعداد ۳۰ درخت در هر باغ بطور تصادفی و پراکنده اما از لحاظ رقم، سن و تیپ یکسان، انتخاب شدند.

جهت انجام تجزیه‌های شیمیایی، نمونه برداری مرکب برگ(از۳۰درخت منتخب هر باغ) از شاخه‌های بدون میوه با رشد کامل در تیرماه (رقم به اصفهان Cydonia oblonga cv Esfahan) اقدام گردید. نمونه های برگ پس از شستشو با آب مقطر، ابتدا در هوای آزاد خشک و سپس بمدت ۲۴ساعت در دمای ۷۰درجه سانتیگراد در آون فن‌دار خشک گردیدند. عناصر شیمیائی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مس، منگنز، روی، آهن و بور برگ اندازه‌گیری شدند.

نمونه‌های گیاهی به روش خاکستر مرطوب شامل هضم در مخلوط اسیدسولفوریک و اسیدسالیسیلیک آماده شدند. کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس، عصاره گیاه بوسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیکی درآزمایشگاه اندازه-گیری شدند. عملکرد میوه درخت(درختانی که از آنها نمونه برگ مرکب تهیه شد) اندازه‌گیری گردید. در سال دوم نیز مجددا نمونه گیاه تهیه و عملکرد میوه درختان نیز اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

طی چند سال گذشته تولید میوه باغات این مجموعه با شیب تند روند کاهشی به خود گرفته بود. بطوریکه طی سالهای۱۳۹۴ عملکرد کل ۲۴۰۰ تن، سال ۱۳۹۵ ۷۰۰ تن، سال۱۳۹۶ ۵۵۰تن و در سال۱۳۹۷ عملکرد میوه ۱۰۰ تن شده بود(یک تن درهکتار). سالهای قبل عملکرد میوه ۲۰تن در هکتار بوده که در سال ۹۷ به یک تن درهکتار رسیده بود. ولی در سال ۱۳۹۸ شرائط کلا متحول شد. بارزترین خصوصیت این سال زراعی وقوع بارندگی‌های بسیار زیاد در اواخر سال۹۷ و اوائل سال۹۸ بود(ترسالی). وقوع صدها میلیمتر بارندگی، جاری شدن سیلابهای وحشتناک و زیر آب رفتن استانهای لرستان و خوزستان. با وجود رفتن دما به زیر صفر(سرمازدگی بهاره)، بارش تگرگ، وقوع طوفان، رعد و برق. در بهار و تابستان تولید سیفی و میوه بسیار زیاد شد و محصول روی دست باغداران ماند(نداشتن ارتباط با بازارهای جهانی). بدلیل وقوع خشکسالی شدید طی سالهای ۹۶ و ۹۷ ، باغات انتخابی دچار تنش آبی شدند. باغات ضعیف، بدلیل عدم مدیریت صحیح از هر نظر دارای مشکل میباشند. که شامل عدم توجه به تغذیه کافی، تنش آبی، مشکل آفات و بیماریها و ....

عملکرد میوه درخت

نتایج نشان داد کـه ۳۰درصد از درختان به انتخابی، جزء گروه با عملکرد میوه زیاد، ۵۰ درصد دارای عملکرد متوسط و ۲۰ درصد دارای عملکرد میوه کم بودند. بیشترین میزان عملکرد در باغهائی بدست آمد که دارای خاک عمیق میباشند. مدیریت تغذیه این درختان با روش کود آبیاری، نیاز گیاه را برآورده مینماید. همچنین با کاربرد کمپوست کودهای آلی شرائط فیزیکوشیمیائی و بیولوژیک خاک را بهبود می‌بخشند. درحالیکه طی چند سال گذشته عملکرد درختان به رحمت‌آباد به یک تن در هکتار رسیده بود. در سال ۹۸ با جهشی عجیب به ۲۰ تن در هکتار رسید. بنظر میرسد تغیر اقلیم(بارش زیاد و ترسالی) مهمترین عامل موثر در بهبود رشد و نمو درختان باشد.

نرم های مطلوب عناصر غذایی(CND norm)

براساس داده‌های جدول۱حد بحرانی برای عناصر غذایی ماکرو و میکرو برگ درختان بارده به، برای نیتروژن۰/۰۲±۱/۵۱ درصد، فسفر ۰/۰۱±۰/۴۲درصد، پتاسیم ۰/۰۶±۱/۹۰ درصد، کلسیم ۰/۰۳± ۱/۴ درصد، منیزیم ±۰/۰۲ ۰/۴۲درصد، منگنز ۹±۳۷/۲ میلیگرم در کیلوگرم، روی۲±۱۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم، آهن ۱۰± ۸۸/۵ میلیگرم در کیلوگرم، مس۲ ±۵/۵ میلیگرم در کیلوگرم و بور۸ ±۲۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم بدست آمدند. نرمهای بالا برای عملکرد میوه حداقل ۲۹/۶ تن در هکتار در رقم درخت به اصفهان می‌باشد.

جدول۶-نرم های مطلوب عناصر غذایی باغات به اصفهان و نرم هایCND

CND norm	میانگین	انحراف معیار	عناصر	میانگین عملکرد مطلوب	انحراف معیار
V_N	2.8830605	0.2481635	N	1.51	0.02
V_p	1.3686093	0.226176	P	0.42	0.01
V_K	2.9087531	0.1273475	K	1.9	0.06
V_{Ca}	2.1677603	0.5116277	Ca	1.4	0.03
V_{Mg}	1.3531422	0.1925565	Mg	0.42	0.02
V_{Mn}	-3.123692	0.1836049	Mn	37.2	0.009
V_{Zn}	-4.781215	0.3331707	Zn	14.5	0.0002
V_{Fe}	-2.008887	0.2596566	Fe	88.5	0.001
V_{Cu}	-3.922667	0.5689182	Cu	5.5	0.0002
V_B	-3.571844	0.3990472	B	24.5	0.008
V_R	6.78596	0.162541	R	19.9	0.07

نتیجه‌گیری: در مقایسه با اعداد مرجع به دست آمده برای درختان با عملکرد مطلوب، کمبود فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و روی در بیشتر باغها دیده شد. در ظاهر درختان نیز زردبرگی(کلروز) ناشی از کمبود عناصر میکرو، بصورت گسترده قابل مشاهده بود. خصوصا در درختان اصفهان و نطنز، نسبت به درختان باغبهادران(غرب اصفهان) گستردگی کلروز برگ درختان بیشتر بود. درخت به(دارای سیستم ضعیف ریشه) از درختان شاخص در کمبود آهن است. درحالیکه طی چند سال گذشته عملکرد درختان به رحمت‌آباد نطنز به یک تن در هکتار رسیده بود. در سال ۹۸ با جهشی عجیب به ۲۳ تن در هکتار رسید. از عوامل بهبود تولید درختان تغذیه خوب هر ساله باغ رحمت آباد به همراه شرائط مناسب اقلیمی میتواند باشد. در باغاتی که از مدیریت مناسبی برخوردارند و هر ساله تغذیه‌ی کودهای آلی و شیمیائی انجام میگیرد، در سالهای ۹۷ و۹۸ تولید میوه خوبی داشتند. همانند درختان رحمت آباد، باغ به شرکت گل دارو فلاورجان، باغ فتحی در باغبادران و باغ قاسمی روستای همام(باغبادران). با مقایسه نتایج تجزیه برگ درختان بالغ به ، با نرمهای سی ان دی بدست آمده در این تحقیق بعلاوه نتایج آزمون خاک، میتوان بعنوان راهنما جهت تعیین وضعیت تغذیه درخت و نسخه نویسی کودی استفاده نمود.

References

۱. امامی پ و دردی پور ا، ۱۳۹۲، ارزیابی تعادل تغذیه‌ای با روش دریس در باغهای هلوی استان گلستان، مجله پژوهشهای حفاظت آب و خاک، جلد بیستم، شماره دوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ص۶۶-۴۵.http://jwsc.gau.ac.ir

۲-گندمکار ا و بصیرت م(۱۳۹۴)، بررسی کیفیت خاک باغات سیب سمیرم به منظور مدیریت پایدار تولید محصول سالم، چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه ولی عصر، رفسنجان، ایران، ص ۳۲۱-۳۱۷.

3.Alcántara, E and Montilla I.2012. Evaluation of quince clones for tolerance to iron chlorosis on calcareous soil under field conditions, Scientia Horticulturae, V138:50–54. https://doi.org/10.1016/j.scienta.

4.Crassweller, R.2020. It’s time to evaluate the nutritional status of fruit trees. https://extension.psu.edu.

5.Fanyuan G, Zhang L and Cheng C.2015. Nutrient diagnosis of Fuji apple in west Liaoning province using compositional nutrient diagnosis(CND) method, Institute of pomology, China.

6.Kviklysa D, Ruisa S, Rumpunen K. 2012. Management of Japanese quince (Chaenomeles japonica) orchards, Balsgrd–department of horticultural plant breeding, Swedish university of agricultural sciences, Kristianstad, Sweden.

7.Mirabdulbaghi M.2014. Foliar nutrient response in some Iranian quince genotypes, Journal of horticultural and forestry, vol 6(10).

8.Parent, LE, Granger, RL.1989. Derivation of DRIS norms from a high-density apple orchard established in the Quebec appalachian muntains, Journal of the american society for horticultural science, 114(2):915-919.

9.Sallato, B., DuPont, T., and Granatstein, D. 2018. Tree fruit soil fertility and plant nutrition in cropping orchards in central Washington. WSU Extension. https://wsu.us13.list-manage.com/.

10.Liaoning province using compositional nutrient diagnosis(CND) method, Journal of plant nutrition and fertilizer, 21(2):485-491.

Evaluation the nutritional status of Quince trees (Cydonia oblonga) in the Esfahan province

A Gandomkar[1]

Soil and water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Abstract: Soil fertility is very important in quince tree fruit production. In propose of nutrients diagnosis deficiency and soil fertility in Esfahan province quince trees, thirty garden with different fruit yield were selected(CND method). In each site thirty tree selected. Samples of soil, water and leaves prepared. Soil and water salinization is a major hazard of Esfahan quince garden. Leaves iron chlorosis is very common in the quince garden. Leaves analysis showed the N, Ca, Zn, Fe and Mn deficiency. The maximum fruit yield recorded in gardens with deep soil, balanced fertigation and high SOC content. The CND norm were included, N 1.51±0.02, P 0.42±0.01, K 1.9±0.06, Ca 1.4±0.03, Mg 0.42±0.02 in percent, Fe 88.5±10, Mn 37.2±2, Zn 14.5±2, Cu 5.5±2 and B 24.5±8 mg kg^{-1}. These norm calculated for atleast 29.6 ton ha^{-1} quince fruit yield(Esfahan variety).

keywords:Leaves chlorosis, nutrient norms, salinity, soil fertility.

تصاویر



تصویر۱-میوه دهی مناسب، دهق



تصویر۲-کلروزه گسترده باغات به رحمت‌آباد نطنز و عدم فروت‌ست(شرکت فجر، بنیاد مستضعفان)

[1] deligani@gmail.com



تصویر۳- درصد مناسب تبدیل گل به میوه درخت به



تصویر۴- فروت ست درختان باغ به شرکت گل دارو(گندمکار۹۸)

ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع سیب‌زمینی در استان آذربایجان‌شرقی با استفاده از روش CND

رحیم مطلبی‌فرد

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

چکیده

به منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع سیب‌زمینی در استان آذربایجان‌شرقی این پروژه در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا در آمد. در هر سال تعداد ۳۰ مزرعه مختلف به شکلی انتخاب شد که دارای دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک باشند. یک بانک اطلاعاتی حاوی داده‌های آزمایشگاهی و صحرائی برای هر مزرعه ایجاد و در هر مزرعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت، کربن آلی، شوری و آهک ارزیابی و نمونه گیاه (برگ) تهیه و مورد تجزیه آزمایشگاهی گردید. در پایان فصل عملکرد و اجزاء آن در هر مزرعه مشخص گردید. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در برگ سیب‌زمینی اندازه گرفته و شاخص‌های CND برای هر عنصر محاسبه گردید. نتایج نشان داد ۴۰، ۷، ۷۲، ۳۷ و ۶۵ درصد مزارع به ترتیب دارای کمبود فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و روی در خاک بودند و متوسط عملکرد مزارع حدود ۳۳۵۰۰ کیلوگرم بود که از متوسط کشوری عملکرد این محصول حدود ۸ درصد کمتر است. نتایج شاخص‌های محاسبه شده به روش تشخیص چندگانه نشان داد که در بین عناصر غذایی پرنیاز کمبود منیزیم، فسفر و نیتروژن و در بین عناصر کم‌مصرف کمبود روی، آهن و بور وجود داشت.

واژگان کلیدی: حد مطلوب، سیب‌زمینی، عناصر غذایی، وضعیت تغذیه‌ای

مقدمه

سیب‌زمینی جزو مهمترین محصولات زراعی دنیا می‌باشد و بعد از ذرت، گندم و برنج چهارمین محصول از نظر تولید محصول در دنیا می‌باشد (فائو، ۲۰۱۷). در ایران هم سیب‌زمینی با ۵/۲ میلیون تن تولید بعد از ذرت علوفه‌ای، گندم، گوجه‌فرنگی و یونجه بیشترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده است. ضریب تبدیل انرژی در محصول سیب‌زمینی بسیار مطلوب می‌باشد و با مصرف یک واحد آب بیشترین ماده خشک را در بین محصولات زراعی عمده کشور تولید می‌نماید به‌طوری که با استفاده از ۱/۲ درصد سطح زیر کشت کل اراضی کشور و حدود ۲/۳ درصد اراضی آبی کشور، حدود ۷ درصد کل تولیدات زراعی به محصول سیب‌زمینی اختصاص دارد (بی‌نام، ۱۳۹۸). از ۱۴۲ هزار هکتار مزارع تحت کشت سیب‌زمینی در کشور، استان همدان با ۲۱ هزار هکتار بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت سیب‌زمینی در استان آذربایجان‌شرقی نیز ۷۵۰۰ هکتار هکتار می‌باشد که هفتمین استان از نظر اراضی اختصاص یافته به کشت سیب‌زمینی می‌باشد.

در تغذیه گیاه روش‌های متعددی برای تفسیر و تحلیل نتایج حاصل از تجزیه برگ معرفی شده‌اند که از آنها برای تعیین وضعیت تغذیه گیاه استفاده می‌شود. در این روش‌ها به عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه رتبه داده می‌شود که در نهایت اهمیت عناصر را در تغذیه متعادل برای آن محصول و در نقطه مورد مطالعه مشخص می‌نماید. از روش‌های مختلفی نظیر غلظت بحرانی (CVC)، تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS)، انحراف از حد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه (CND) برای ارزیابی وضعیت گیاهان استفاده می‌شود. در هر یک از این روش‌ها نرم‌هایی برای هر یک از عناصر تعیین می‌گردد. و نرم‌های هر عنصر غذایی بسته به فراوانی کمبود آن رتبه‌بندی می‌گردد. هر کدام از این روش‌ها دارای معایب و محاسنی هستند. با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه‌ای، می‌توان وضعیت تغذیه‌ای منطقه مورد مطالعه را ارزیابی و نشان داد که برای دستیابی عملکرد مطلوب شاخص‌هایی بایستی اصلاح گردد. بنابراین با شناسایی وضعیت تغذیه‌ای می‌توان استراتژی کودی تعیین نمود.

روش تشخیص چندگانه عناصر (CND) با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل عناصر را بیان می‌دارد (Parent and Dafir, 2002). در این روش با کمک گرفتن از روش ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای، گروه‌های عملکردی زیاد و کم با دقت زیاد تفکیک می‌شوند. بدین معنی که تمایز جامعه عملکرد به دو گروه زیاد و کم، بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس شاخص‌های عناصر غذایی می‌باشد. این تابع عملکرد و عنصر غذایی شکل کاوی دارد. با تعیین نقاط عطف منحنی، گروه‌های عملکردی با دقت زیادی تفکیک می‌شود (Khiari et al., 2001). سپس شاخص‌های عناصر غذایی CND به روش گام به گام تعیین می‌گردد.

شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) از مجموع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی قابل محاسبه است (Khiari et al., 2001). این شاخص اعداد صفر و بیشتر را به خود اختصاص می‌دهد. هر اندازه r^2 به عدد صفر نزدیک‌تر باشد تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد. بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق بدست آوردن r^2 می‌توان میزان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰). این روش نسبت به روش‌های دیگر برتری‌هایی دارد که عبارتند از: ۱- تشخیص چندگانه به داده‌ی کمتری نسبت به روش‌های دیگر نیاز است پس تعداد نمونه‌برداری در منطقه‌ی مورد مطالعه تا حد امکان کاهش می‌یابد. ۲- وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی همه عناصر سنجیده می‌شود. ۴- با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل همه عناصر بیان می‌شود. ۴- تفکیک دو گروه عملکردی زیاد و کم بر مبنای محاسبات ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی انجام می‌شود. ۵- این روش نسبت به سایر روش‌ها دقت بیشتری دارد.

در مورد محصول سیب‌زمینی هم از روشهای تعیین وضعیت تغذیه‌ای در نقاط مختلف دنیا برای ارزیابی استفاده شده است. خیاری و همکاران (۲۰۰۱) برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای فسفر در سیب‌زمینی از CND استفاده کردند. Ganeshmurthy(2019) نیز از این روش برای کوددهی عناصر پرمصرف و تعیین نرم‌های ده عنصر غذایی سیب‌زمینی استفاده نمودند. با بررسی منابع صورت گرفته پژوهشی که در داخل کشور وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی را بر هر یک از روشهای ذکر شده انجام داده باشد یافت نشد. همچنین نرم‌های موجود در منابع اولاً دارای بازه وسیعی بوده و تفسیر نتایج را مشکل می‌سازند. دوما با نرم‌های موجود نمی‌توان به‌طور دقیق وضعیت تغذیه‌ای را تفسیر و توصیه کودی نمود چرا که نوع مدیریت رایج، اقلیم و رقم تأثیر زیادی در مقدار نرم دارد از این‌رو تعیین نرم برای هر منطقه و هر رقم با عملکرد مشخص بسیار ضروری می‌باشد تا بتوان از نتایج تجزیه گیاه برای تفسیر و توصیه کودی استفاده نمود. با توجه به اهمیت و کشت گسترده سیب‌زمینی در کشور و عدم وجود تحقیقات تغذیه‌ای در مورد این محصول و نبود نرم‌های تغذیه‌ای در داخل کشور برای این محصول مهم این پژوهش با هدف بررسی وضعیت تغذیه‌ای مزارع سیب‌زمینی با استفاده از روشCND انجام گردید. همچنین نرم‌ها، شاخص‌ها و شاخص تعادل تغذیه‌ای CND نیز برای این محصول تعیین شد.

مواد و روش‌ها

این پروژه در استان آذربایجان‌شرقی بر روی محصول سیب‌زمینی در طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۷ و به مدت دو سال اجرا شد. در هر سال تعداد ۳۰ مزرعه انتخاب شدند. این مزارع طوری انتخاب شدند که اولاً دارای عملکردهای متفاوت باشند یعنی این ۳۰ مزرعه شامل مزارع با عملکرد مطلوب، با عملکرد متوسط و عملکرد پایین باشند. ثانیاً این مزارع در تمام مناطق کشت سیب‌زمینی استان به نسبت سطح زیر کشت آن منطقه توزیع شد. موقعیت جغرافیایی مزارع ثبت و در صورت لزوم از داده‌های هواشناسی برای ارزیابی تناسب اقلیمی استفاده شد. همچنین در این مزارع دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک (استفاده از مطالعات خاک و...) وجود داشت. سپس برای هر مزرعه پرسشنامه‌ای تکمیل و در آن اطلاعات مدیریتی مزرعه درج شد (این اطلاعات شامل مواردی از قبیل عملکرد سال‌های قبل، نوع کودهای شیمیایی مصرفی، سابقه مصرف کودهای حیوانی، مرغی و بیولوژیک، تعداد دفعات آبیاری، تاریخ کاشت، استفاده از سموم شیمیایی و آفات و بیماریهای شایع مزرعه و منطقه و ....بود).

نمونه خاک و برگ به روش استاندارد تهیه و داده‌های حاصل از تجزیه آزمایشگاهی برای تفسیر وضعیت تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن، روی، آهن، منگنز و مس قابل جذب با

روش عصاره‌گیری با DTPA و اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی، بافت به روش هیدرومتری، کربن آلی به روش ترسوزانی، پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال، واکنش خاک در سوسپانسیون ۱:۱ خاک و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع تعیین شد (Jones, 2001). شیب، درصد سنگریزه و موقعیت مزارع هم یادداشت‌برداری شد. در هر سال ۵ مزرعه از کل مزارع که دارای پتانسیل عملکرد بالا بودند انتخاب و پس از استخراج نتایج خاک، توصیه کودی برای تغذیه بهینه انجام گردید و این کوددهی به این دلیل انجام شد تا در بین ۳۰ مزرعه مورد مطالعه امکان دستیابی به پتانسیل عملکرد منطقه بوجود آید و از این مزارع در محاسبات آماری بعدی استفاده شود. در هر سال، عملکرد هر مزرعه اندازه‌گیری و اجزاء عملکرد آن نیز یادداشت‌برداری شد. در سال اول و دوم نمونه‌برداری از برگ برای تعیین غلظت عناصر غذایی و عملکرد مزارع انجام گرفت. نمونه گیاهی از کاملترین برگ‌های انتهایی تهیه و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس و بور در اندام هوایی تعیین گردید.

روش تشخیص چندگانه عناصر

مبانی ریاضی و آماری این روش توسط پرنت و دافیر (Parent & Dafir, 1992) بیان شده است. ترکیبات بافت گیاهی حاوی عناصر غذایی (N, P, K…) و یک بخش باقیمانده (Rd) می‌باشد مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب (Rd) مقدار باقیمانده ترکیبات برابر صفر خواهد بود.

$$N + P + K + \ldots + Rd = 100 \quad (۱)$$

$$Rd = 100 - (N + P + K\ldots) \quad (۲)$$

در این روش ابتدا عملکردها از زیاد به کم ردیف شدند، سپس میانگین هندسی عناصر غذایی و نسبت لگاریتم طبیعی عناصر با روابط زیر محاسبه گردید:

$$G = (N \times P \times K \times \cdots \times Rd)^{\frac{1}{d+1}} \quad (۳)$$

$$Zi = \log[xi/g(x)] \quad (۴)$$

واریانس، نسبت واریانس و تابع تجمعی نسبت واریانس برای گروه‌های عملکردی محاسبه گردید. سپس رابطه تابع تجمعی نسبت واریانس با عملکرد ترسیم گردید. از طریق میانگین‌گیری از نقاط عطف منحنی‌ها، گروه‌های عملکردی کم و زیاد از هم تفکیک شدند.

فرم بیان (Z_i) در جامعه با عملکرد بالا بیانگر غلظت مطلوب است و به عنوان ارقام مرجع یا نرم‌های CND (Z_i^*) محسوب می‌شود. بنابراین با استاندارد کردن غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه با نرم‌های CND، شاخص عناصر غذایی CND بدست آمد (معادله ۸)، شاخص تعادل تغذیه‌ای CND (r^2) با استفاده از معادله ۹ محاسبه گردید.

$$I_{zi} = \frac{Z_i - Z_i^*}{SD_{zi}^*} \quad (۵)$$

$$r^2 = I_N{}^2 + I_P{}^2 + I_K{}^2 + \cdots + I_{Rd}{}^2 \quad (۶)$$

نتایج و بحث

گروه بندی مزارع سیب‌زمینی

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به ۶۰ مزرعه بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم ردیف شد. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی (Vx) ۱۰ عنصر غذایی محاسبه گردید. در ادامه مقادیرتجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی یعنی $F_i^c(V_N)$، $F_i^c(V_P)$، $F_i^c(V_K)$، $F_i^c(V_{Ca})$، $F_i^c(V_{Mg})$، $F_i^c(V_{Fe})$، $F_i^c(V_{Zn})$، $F_i^c(V_{Mn})$، $F_i^c(V_{Cu})$، $F_i^c(V_B)$ و $F_i^c(V_R)$ برای کلیه عناصر محاسبه و ترسیم گردید که به‌صورت ۱۱ معادله درجه ۳ برای ۱۰ عنصر و یک قسمت باقیمانده (R_d) برازش داده شد (جدول ۱). نقاط عطف منحنی‌ها برای ده عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده برای سیب‌زمینی آذربایجان‌شرقی بر حسب کیلوگرم در

هکتار محاسبه شدند و مطابق جدول ۱ عبارت بودند از: F_i^c (V_N)=۳۸۸۸۸، F_i^c (V_P)=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_K)=۳۳۳۳۳، F_i^c =۳۳۳۳۳ (V_{Ca})، F_i^c (V_{Mg})=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_{Fe})=۴۲۸۵۷، F_i^c (V_{Cu})=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_{Zn})=۳۰۰۰۰، F_i^c (V_{Mn})=۲۷۷۷۸، F_i^c (V_B)=۱۳۳۳۳ و F_i^c (V_R)=۳۳۳۳. همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود مدل درجه ۳ برای تمام عناصر عناصر غذایی و باقیمانده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد سیب‌زمینی ۲۹۸۰۵ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عملکرد حدواسط برای تفکیک دو گروه با عملکرد بالا و پایین محاسبه گردید. و در مجموع و با این تفکیک ۳۸ مزرعه در جامعه با عملکرد بالا و ۲۲ مزرعه در گروه با عملکرد پایین قرار گرفتند.

جدول ۱- برآورد عملکرد حد واسط با روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی سیب‌زمینی

عناصر غذایی	R^2	F_i^c (V_X)=aY^3 +bY^2 +cY +d	عملکرد تعیین شده
N	۰/۹۷**	$Y=6E-13x^3$ -$7E-08x^2$ +0.0018x +8.47	۳۸۸۸۸
P	۰/۹۸**	$Y=2E-12x^3$ -$2E-07x^2$ +0.0022x +89.9	۳۳۳۳۳
K	۰/۹۷**	$Y=1E-16x^3$ -$1E-11x^2$ +0.0048x +0.0048	۳۳۳۳۳
Ca	۰/۹۷**	$Y=2E-12x^3$ -$2E-07x^2$ +0.0029x +84.3	۳۳۳۳۳
Mg	۰/۹۶**	$Y=-2E-13x^3$ +$2E-08x^2$ +0.0028x +116.7	۳۳۳۳۳
Fe	۰/۹۲**	$Y=-7E-13x^3$ +$9E-08x^2$ +0.0054x +131.05	۴۲۸۵۷
Cu	۰/۹۸**	$Y=1E-12x^3$ -$1E-07x^2$ +0.0017x +86.7	۳۳۳۳۳
Zn	۰/۹۴**	$Y=1E-12x^3$ -$9E-08x^2$ +0.0002x +91.3	۳۰۰۰۰
Mn	۰/۹۷**	$Y=6E-13x^3$ -$5E-08x^2$ +0.0004x +42.5	۲۷۷۷۸
B	۰/۹۸**	$Y=3E-13x^3$ +$2E-09x^2$ +0.0034x +132.5	۱۳۳۳۳
قسمت باقیمانده	۰/۹۷**	$Y=2E-12x^3$ -$2E-07x^2$ +0.0028x +82.1	۳۳۳۳۳

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه:

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد بالا به‌عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱a، b، c) در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد ۲۹۸۰۵ کیلوگرم در هکتار، مقادیر V^*_N، V^*_P، V^*_K، V^*_{Ca}، V^*_{Mg}، V^*_{Fe}، V^*_{Mn}، V^*_{Zn}، V^*_{Cu} و V^*_B به عنوان اعداد مرجع تعیین شدند که در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نرم‌های CND و انحراف معیار آن برای ده عناصر غذایی ترکیبات باقیمانده در مزارع مورد مطالعه

عنصر غذایی	نرم CND	میانگین نرم CND	انحراف معیار نرم CND	میانگین غلظت در جامعه با عملکرد مطلوب	انحراف معیار
N	V^*_N	۳/۶۸	۰/۱۱	۵/۶۲	۰/۷۲
P	V^*_P	۱/۰۴	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۱
K	V^*_K	۳/۲۷	۰/۱۷	۳/۸	۰/۶۹
Ca	V^*_{Ca}	۲/۶۳	۰/۲۹	۲/۱۱	۰/۴۴
Mg	V^*_{Mg}	۱/۳۲	۰/۲۶	۰/۴۹	۰/۱۹
Fe	V^*_{Fe}	-۱/۴۸	۰/۴۲	۲۹۰	۱۸۹
Zn	V^*_{Zn}	-۴/۶۱	۰/۴۴	۱۵/۴	۹
Mn	V^*_{Mn}	-۲/۸۲	۰/۳۳	۴۵/۷	۳۹
Cu	V^*_{Cu}	-۴/۴۵	۰/۳۴	۱۷	۶
B	V^*_B	۶/۴۲	۰/۲۹	۱۱	۳/۳

ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) با عملکرد سیب‌زمینی

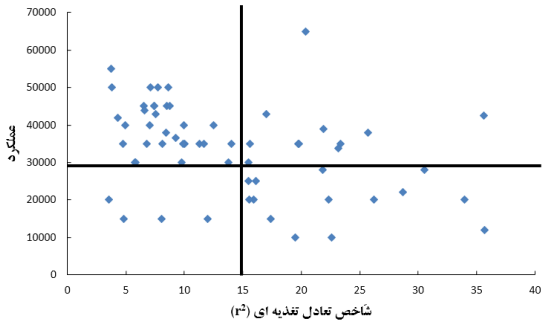
این شاخص به عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تعادل تغذیه‌ای می‌باشد و می‌تواند صفر و یا بزرگتر از صفر باشد. در این شاخص تعادل تغذیه‌ای نیز هرچه مجموع توان دوم شاخص‌های CND بزرگتر از صفر باشد عدم تعادل تغذیه‌ای بیشتر می‌شود. در این روش شاخص تعادل تغذیه‌ای از جمع قدر مطلق کلیه عناصر غذایی به‌دست می‌آید (I_N، I_P، I_K،...) که رابطه‌ی معکوسی با میزان

عملکرد دارد (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۷). مقدار بحرانی به روش آماری کیت-نلسون محاسبه و مقدار آن حدود ۲۹۸۰۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. شاخص عناصر غذایی (I^2_x) با استفاده از روش تصویری کیت-نلسون و عملکرد بحرانی آن عنصر و بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوئر (K^2) با درجه آزادی d+1 و فرمول مربوط در اکسل به‌دست آمد (شکل ۱) و مقدار آن ۱۵ برای عملکرد ۲۹۸۰۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با عدد به‌دست آمده از جدول ۳ (۱۶/۹) خیلی نزدیک است. حدود بحرانی بالا و پایین از تفاضل و جمع این شاخص با I_x محاسبه شد. دامنه‌های بحرانی ارائه شده در این جدول را می‌توان به عنوان یک "دامنه‌ی کفایت" برای شاخص‌های عناصر غذایی در نظر گرفت که اعداد خارج از این دامنه بیانگر وضعیت بحرانی و داخل دامنه نشانه‌ی وضعیت خوب و بسنده است. مثلاً شاخص بحرانی ۱/۷ برای نیتروژن در دامنه‌ی۰/۴ تا ۳ قرار می‌گیرد که بیانگر وضعیت عادی این عنصر برای سیب‌زمینی می‌باشد. بطورکلی، بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول ۹ مشاهده می‌شود که شاخص I^2_x برای عناصر مورد مطالعه در دامنه‌ی پایین و بالای بحرانی به‌دست آمده که نشان می‌دهد تعادل غذایی برای این عناصر در مزارع وجود دارد.

جدول ۳- شاخص عناصر غذایی و دامنه کایت و بحرانی برای ۱۰ عنصر غذایی در مزارع سیب‌زمینی

شاخص عناصر غذایی	حد بحرانی بالا	حد بحرانی پایین	شاخص عناصر غذایی (I^2x)	عملکرد بحرانی
I^2_N	۳/۰	۰/۴	۱/۷	۳۸۸۸۸
I^2_P	۳/۳۵	۰/۵۵	۱/۹۵	۳۳۳۳۳
I^2_K	۲/۵۸	۰/۲۲	۱/۴۰	۳۳۳۳۳
I^2_{Ca}	۲/۸۰	۰/۳۰	۱/۵۵	۳۳۳۳۳
I^2_{Mg}	۲/۵۵	۰/۶۵	۲/۱۰	۳۳۳۳۳
I^2_{Fe}	۳/۰۸	۰/۴۲	۱/۷۵	۴۲۸۵۷
I^2_{Cu}	۳/۱۴	۰/۴۶	۱/۸۰	۳۳۳۳۳
I^2_{Zn}	۲/۲۷	۰/۰۹	۱/۱۸	۳۰۰۰۰
I^2_{Mn}	۲/۱۸	۰/۰۶	۱/۱۲	۲۷۷۷۸
I^2_B	۲/۹۵	۰/۸۵	۲/۴۰	۱۳۳۳۳
جمع (r^2)			۱۶/۹	۲۹۸۰۵

شکل ۱ نشان‌دهنده رابطه عملکرد در دو گروه عملکرد بالا و پایین با شاخص تعادل عناصر غذایی است و نشان می‌دهد که در عملکردهای کمتر از ۳۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تعادل تغذیه‌ای دچار اختلال شده است و شاخص تعادل تغذیه‌ای افزایش یافته است. در عملکردهای تقریباً بیشتر از ۴۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار هم شاخص تعادل تغذیه‌ای مجدداً افزایش یافته است که باز مؤید این است که در عملکردهای بالا ممکن است بیش‌مصرف کودها و بیش‌بود عناصر در برگ منجر به اثرات متقابل منفی بین عناصر شده باشد (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۷). در عملکردهای بیشتر از ۳۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شاخص تعادل عناصر غذایی به سمت مقادیر زیر ۱۰ و در عملکردهای زیر ۲۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شاخص تعادل عناصر غذایی به بالای ۲۰ افزایش یافت.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد ($kg\ ha^{-1}$) و شاخص تعادل تغذیه‌ای (r^2) در سیب‌زمینی

تفسیر نتایج تعدادی از مزارع با عملکرد پایین با روش تشخیص چندگانه

بر اساس میانگین شاخص‌های CND ترتیب اولویت عناصر غذایی مورد نیاز در مزارع با عملکرد پایین برای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به ترتیب به صورت Mg>P>K >N>Ca و Fe>Mn>Zn>B>Cu به دست آمد (جدول). شاخص میزیم در ۵۷ درصد از مزارع با عملکرد پایین، منفی بود. بعد از عنصر منیزیم، فسفر در ۴۳ درصد از مزارع دارای شاخص منفی بود. به دلیل وجود شرایط آهکی و تثبیت فسفر توسط رس ها وکربنات کلسیم رسوب می‌کند. مقدار نیاز استاندارد فسفر (SPR) به شدت تحت تاثیر میزان رس، آهک و ظرفیت بافری خاک است. مثبت شدن شاخص کلسیم در ۶۳ درصد از این مزارع نیز بعلت شرایط آهکی خاک-های منطقه بود.

در بین عناصر کم مصرف شاخص‌های آهن، منگنز و روی به‌ترتیب در ۶۰، ۵۳ و ۵۳ درصد از مزارع منفی بودند، وجود شرایط آهکی در خاک های منطقه می‌تواند دلیل این کمبود باشد. تهویه خوب، pH بالا، وجود Ca و Mg، جذب آهن را کاهش می‌دهد. شاخص بور در برخی مزارع مثبت و در برخی از مزارع دیگر منفی بود. شناخت دامنه اثر فرآیندهای کنترل کننده فعالیت بور در محلول خاک برای حفظ کیفیت آب و مدیریت حاصلخیزی خاک مهم است. ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم فعال خاک، از مهمترین عوامل ابقای بور در خاک‌های آهکی هستند و رابطه مثبتی با درجه برگشت پذیری بور در خاک نشان دارند.

همچنین در مجموع شاخص عوامل ناشناخته در ۴۲ درصد مزارع سیب‌زمینی استان آذربایجان‌شرقی منفی بود. عواملی مانند بذر مناسب، سیستم آبیاری، شیوع و بروز بیماری‌های گیاهی و حمله آفات، تغییرات ناگهانی دما، سابقه کشت و تناوب جزو عواملی هستند که ممکن است به عنوان عامل ناشناخته در کاهش عملکرد سیب‌زمینی نقش ایفا کرده باشند. بطور جزئی نیز وضعیت تغذیه‌ای هر باغ جداگانه ارزیابی شد و بیشترین اهمیت آن در این است که وضعیت هر عنصر با توجه به همه عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم) و کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی، مس، بور) یعنی با لحاظ اثرات متقابل ۱۱ عنصر غذایی برآورد شده است در حالی‌که در روش غلظت بحرانی این اثرات بخوبی لحاظ نشده است. در جدول ۵ شاخص‌های CND برای تعدادی از مزارع با عملکرد پایین در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵ - شاخص‌های CND، عملکرد و اولویت نیاز عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در مزارع سیب‌زمینی با عملکرد پایین

اولویت نیاز عناصر غذایی			شاخص ها										
r2	عناصر کم نیاز	عناصر پرنیاز	I_B	I_{Mn}	I_{Zn}	I_{Cu}	I_{Fe}	I_{Mg}	I_{Ca}	I_k	I_P	I_N	عملکرد
۸/۴	Zn>B>Cu>Fe>Mn	P>N>Ca>K>Mg	-۰/۳۹	۱/۲۱	-۰/۷۵	۰/۳۲	۰/۸۸	۱/۱۷	-۰/۳۱	-۰/۰۹	-۱/۵۷	-۰/۵۶	۳۸۰۰۰
۸/۱	B>Zn>Cu>Fe>Mn	Ca>N>P>Mg>K	-۱/۵۷	۱/۶۶	-۱/۲۷	۰/۱۷	۰/۸۴	۰/۱۶	-۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۹	-۰/۰۳	۳۵۰۰۰
۱۵/۵	B>Mn>Cu>Zn>Fe	N=Mg>Ca>K>P	-۰/۹۷	-۰/۶۶	۱/۴	-۰/۴۶	۲/۱۱	-۰/۹	-۰/۶۳	-۰/۲۹	۰/۲۳	-۰/۹	۳۰۰۰۰
۳۰/۵	Fe>Zn>B>Cu>Mn	Mg>N>K>Ca>P	-۰/۱۶	۱/۶	-۰/۵۵	۰/۸۴	-۴/۶	-۰/۹۲	۱/۲۲	۱/۰۵	۱/۴۸	۰/۱۲	۲۸۰۰۰
۱۵/۵	B>Mn>Cu>Fe>Zn	Mg>K>Ca>P>N	-۱/۷۲	-۰/۲۷	۱/۳۱	-۰/۱۴	۰/۸۶	-۱/۹۸	-۰/۰۱۸	-۱/۳۲	۰/۷	۱/۸۹	۲۵۰۰۰
۲۸/۷	Fe>Mn>Cu>B>Zn	Mg>K>N>P>Ca	۰/۰۴	-۰/۶۶	۰/۰۹	-۰/۱۷	-۴/۰	-۰/۴۱	۱/۹۹	۰/۹۳	۱/۸	۱/۴۳	۲۲۰۰۰
۲۶/۲	Fe>Zn>Mn>Cu>B	Mg>P>Ca>N>K	۰/۹۴	۰/۳۶	-۱/۰۲	۰/۳۹	-۲/۷۸	-۲/۲۵	۱/۳۵	۱/۹۱	۰/۵۰	۱/۵۴	۲۰۰۰۰
۱۷/۴	Fe>B>Cu>Zn>Mn	Mg>N>P>Ca>K	-۰/۴۹	۱/۳۳	۱/۳۲	-۰/۰۲	-۲/۹۵	-۱/۵۸	۰/۷۴	۱/۲۱	-۰/۲۳	-۰/۵۸	۱۵۰۰۰
۳۵/۷	Fe>Mn>B>Cu>Zn	Mg>Ca>K>P>N	۰/۹۱	-۱/۷۵	-۰/۷۲	-۰/۸۹	-۲/۱۹	-۱/۷۷	۱/۶۶	۱/۷۸	۲/۲۷	۲/۹۵	۱۲۰۰۰
۲۲/۶	Fe>Mn>Zn>Cu>B	Mg>P>Ca>K>N	۰/۰۵	-۱/۳۲	-۰/۵۹	-۰/۵۵	-۱/۳۶	-۰/۸۸	۱/۲۶	۱/۷۲	۰/۵۲	۲/۲۶	۱۰۰۰۰
	Fe>Mn>Zn>B>Cu	Mg>P>K>P>Ca	۰/۰۳	-۰/۱۰	-۰/۰۱۲	۰/۰۸	-۰/۶۷	-۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۲۳	میانگین

نتیجه‌گیری

میانگین عملکرد در کل مزارع ۳۳۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار و انحراف معیار ۱۱۵۰۰ محاسبه گردید. میانگین عملکرد در مزارع با عملکرد بالا ۴۹۵۰۰ و در جامعه با عملکرد متوسط و پایین ۲۹۹۹۴ کیلوگرم بر هکتار بود که اختلاف بین عملکرد این جوامع از لحاظ آماری معنی دار بود. در بین عناصر پرمصرف، عنصر منیزیم در ۵۲ درصد از مزارع منفی‌ترین شاخص و عنصر کلسیم در ۴۳ درصد از مزارع مورد بررسی مثبت‌ترین شاخص را دارا بودند و پتاسیم بعد از کلسیم مثبت‌ترین شاخص‌ها را دارا بود. با توجه به

آهکی بودن و وجود رسهای غنی از میکا در خاکهای منطقه غلظت کلسیم و پتاسیم در خاکهای منطقه عمدتاً بالا و مناسب است. ولی به دلیل عدم توجه به مصرف منیزیم و کشتهای مستمر و بدون تناوب سیب‌زمینی به عنوان یک محصول پرنیاز به منیزیم، کمبود آن در تمام مزارع منطقه بروز کرده و حداقل در نیمی از مزارع کمبود آن بروز کرده است. در روش CND شاخص‌های آهن، منگنز و روی به‌ترتیب در ۶۰، ۵۳ و ۵۳ درصد از مزارع منفی بودند.

فهرست منابع

بی‌نام. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی استان همدان، سازمان جهادکشاورزی استان همدان، همدان، ایران.

دریاشناس، ع. و ثقفی، ک. ۱۳۹۰. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. نشریه علمی پژوهش‌های خاک ۲۵ (۱). ۱۲-۱.

FAO. 2017. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available in: http://faostat.fao.org/countryprofiles.

Ganeshamurthy A.N., Govindakrishnan, P., Raghupathi, H.B., Mahendra Kumar, M.B. (2019). Compositional nutrient diagnosis (CND) norms and indices for potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Hortl. Sci.*, 14(2), 142-148.

Jones, J. (2001). Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA.

Khiari, L., Parent, L.E., Tremblay, N. (2001). Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93: 809-814.

Parent, L.E., Dafir, M. (1992). A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hort. Sci., 117, 239-242.

Diagnosis of Potato nutritional status in East-Azarbaijan province by CND method

Rahim Motalebifard

Assistant professor of East-Azrabaijan agricultural and natural resource education and research center, AREEO, Tabriz,Iran.

In order to evaluate the nutritional status of potato farms in the provinces of East Azerbaijan, this project was conducted in the two cropping years of 2017-18 and 2018-19. In each year, 30 different farms were selected. The farms were selected in such a way that they had different ranges of soil properties. A database containing laboratory and field data was created for each and the physical and chemical properties of soil including texture, organic carbon, salinity and lime were evaluated and plant (leaf) samples were prepared and analyzed based on suitable laboratory methods. The yield and its components were determined by visiting each farm. Concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, manganese and copper were measured in potato leaves according to technical instructions and CND indices were calculated for each nutrient element. The results showed that 40, 7, 72, 37 and 65 percent of farms were deficient in phosphorus, potassium, iron, manganese and zinc, respectively, and the average potato yield in this region was about 33,500 kg/ha, which was about 8 percent less than the national average yield. The results of CND indices showed that Mg, P and N deficiencies were more prevalent among macro-elements and Zn, Fe and B deficiencies were observed among micro-elements.

Key words: nutrients, nutritional status, potato, suitable range

بررسی نسبت غنی شدن نیتروژن و عملکرد دانه در دیم‌زار گندم

لیدا پیری‌مقدم[1]، علیرضا واعظی[2]

۱- دانشجوی دکتری، Piri_lida@yahoo.com

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه زنجان، Vaezi.aireza@gmail.com

چکیده

نیتروژن از عناصر شیمیایی ضروری برای رشد گیاه است که برای بهبود عملکرد محصول در اراضی دیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدررفت این عنصر غذایی منجر به کاهش حاصلخیزی خاک و همچنین عملکرد محصول می‌شود. در این مطالعه، نسبت غنی شدن این عنصر غذایی در رسوبات یک کشت‌زار دیم در منطقه نیمه‌خشک مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار کوددهی (شاهد، اوره، سوپرفسفات تریپل و مخلوطی از اوره و سوپرفسفات تریپل) و دو روش خاک‌ورزی (شخم موازی با شیب و شخم عمود بر جهت شیب) در سه تکرار انجام گردید. در مجموع، در ۲۴ کرت آزمایشی به ابعاد ۱/۷۵ متر در ۸ متر، هدررفت عنصر نیتروژن با فرسایش خاک برای بارش‌های مختلف در طول دوره رشد گندم (مهرماه ۱۳۹۳ تا تیر ماه ۱۳۹۴) اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، تفاوت معنی‌داری بین دو روش خاک‌ورزی از نظر نسبت غنی شدن نیتروژن ($p<0.001$) و عملکرد دانه گندم ($p<0.001$) وجود داشت. هدررفت نیتروژن به شدت تحت تأثیر شدت بارش قرار گرفت. به طوری که با افزایش شدت بارش میزان هدررفت این عنصر افزایش یافت. بالاترین نسبت غنی شدن نیتروژن (۰/۸۶) در فصل پاییز مشاهده شد که این میزان تحت تأثیر هدررفت خاک در کرت‌ها قرار داشت. رابطه کاهشی معنی‌داری بین عملکرد دانه گندم و نسبت غنی شدن نیتروژن (R^2 =۰/۵۶) مشاهده شد.

واژگان کلیدی: خاک‌ورزی، رسوب، گندم دیم، نسبت غنی شدن نیتروژن، عملکرد دانه

مقدمه

گندم، از جمله قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که در نقاط مختلف دنیا به منظور تولید دانه برای تغذیه کشت می‌شود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که از ۶/۵ میلیون هکتار اراضی کشور که به کشت گندم اختصاص دارد، ۴ میلیون هکتار آن در مناطق نیمه‌خشک قرار دارد و زیر کشت گندم دیم قرار دارد (امام، ۲۰۰۷). عملکرد دانه گندم در کشت‌زارهای دیم بسیار متغیر بوده و از ۳۳۱ تا ۲۶۸۷ کیلوگرم در هکتار تغییر می‌کنند (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۳).

به‌طور کلی عملکرد محصول تابعی از خصوصیات خاک، توپوگرافی، اقلیم، عوامل بیولوژیکی و مدیریت مزرعه است (جانگ و تلن، ۲۰۰۴). کمبود آب و عنصر غذایی نیتروژن یکی از مهم‌ترین عوامل در مقابل تولید اقتصادی گندم دیم در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آیند. از این رو استفاده بهینه از نزولات جوی و استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی به منظور افزایش کمیت و کیفیت دانه از ضروریات کشت گندم دیم به شمار می‌آیند (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۹۳).

خشکی و دمای بالا در مناطق دیم باعث کوتاهی دوره پر شدن دانه و کاهش مقدار و کیفیت دانه تولیدی می‌شود که مصرف بهینه نیتروژن در تعادل با آب قابل استفاده در خاک نقش بسیار مهمی را در کاهش اثرات مضر تنش خشکی بر تولید گندم دارد (ویو و هی، ۲۰۱۱). نیتروژن محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در مقیاس جهانی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و محور اصلی تمامی کودها به شمار می‌رود و این به دلیل کمبود مواد آلی در نواحی خشک به عنوان عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن است (جماعتی و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به این که خاک‌های اکثر مناطق دیم ایران آهکی بوده و آهکی بودن خاک‌ها یکی از عوامل محدود کننده جذب بسیاری از عناصر غذایی می‌باشد، از سوی دیگر کمبود رطوبت نیز از عوامل تأثیرگذار در کاهش حلالیت و پخشیدگی عناصر و نهایتاً رشد ریشه است لذا جذب عناصر غذایی توسط گیاه اغلب با دشواری‌هایی مواجه است. جهت خاک‌ورزی نقشی مهم در تولید جریان‌های سطحی و فرسایش خاک در کشت‌زارهای دیم دارد، از آنجا که بخش عمده نیاز کودی گیاه، در اوایل کاشت زمانی که خاک بدون پوشش می‌باشد، مرتفع می‌گردد. شدت هدررفت آب و خاک و در نتیجه هدررفت عناصر کودی بالاست. نسبت غنی شدن که عبارت از نسبت غلظت یک عنصر غذایی در خاک فرسایش یافته به غلظت آن عنصر در خاک باقی مانده می‌باشد، شاخصی مناسب برای ارزیابی میزان هدررفت عناصر غذایی می‌باشد. این شاخص به عواملی از جمله مشخصات کود (درجه حلالیت و...) زمان مصرف کود، روش‌های خاک‌ورزی، وضعیت توپوگرافی، نوع و رقم گیاه کشت شده وابسته است (رفاهی،۱۳۸۷). هنگام فرسایش، خاک سطحی که غنی از مواد غذایی می‌باشد، منتقل شده و در نتیجه رسوبات حاصل از فرسایش دارای مواد غذایی بیش‌تری هستند. هر چه مواد غذایی موجود در خاک بیش‌تر شود این نسبت نیز بیش‌تر شده و با افزایش مقدار خاک از بین رفته نسبت غنی شدن کاهش می‌یابد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در شرایطی که بارندگی نسبتاً مناسب می‌باشد، عملکرد گندم به مقدار مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفری بستگی دارد (ولیزاده و سالک زمانی، ۱۳۸۷). در کشور مطالعات اندکی در زمینه هدررفت عناصر غذایی به ویژه نیتروژن از کشت‌زارهای گندم انجام گرفته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی نسبت غنی شدن نیتروژن و تأثیر آن بر عملکرد دانه گندم دیم در دو جهت خاک‌ورزی در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، کشت‌زاری دیم واقع در دانشگاه زنجان با شیب حدود ۱۰ درصد و مساحت حدود ۱۰۰۰ مترمربع به مختصات جغرافیایی ″۱۲ ′۱ °۴۷ تا ″۳۱ ′۵۲ °۴۹ طول شرقی و ″۴۵ ′۲۵ °۳۵ تا ″۲۴ ′۱۵ °۳۷ عرض شمالی در اوایل پاییز سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انتخاب گردید. منطقه مورد بررسی دارای متوسط بارش سالانه در حدود ۲۷۰/۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم سرد و خشک است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک بر اساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی کشور به ترتیب زریک و مزیک است. طبق آمارهای وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳ سطح زیر کشت گندم دیم در شهرستان زنجان ۶۳۵۰۰ هکتار و عملکرد آن ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است و ارقام سرداری و آذر ۲ برای کشت گندم دیم در این منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳). آزمایش در قالب طرح فاکتوریل (فاکتور اصلی، جهت کشت و فاکتور فرعی، کوددهی) با چهار نوع کوددهی (شاهد، اوره، سوپرفسفات تریپل و مخلوطی از اوره و سوپرفسفات تریپل) و دو روش خاک‌ورزی (شخم موازی با شیب و شخم عمود بر جهت شیب) در سه تکرار در ۲۴ کرت آزمایشی به ابعاد ۸ متر در ۱/۷۵ متر اجرا شد. ۱۲ کرت در بالای شیب و ۱۲ کرت در پایین شیب احداث گردید که در هر کدام از آن‌ها، نیمی از کرت‌ها در جهت شیب و نیمی دیگر عمود بر شیب شخم خوردند.

گندم رقم سرداری به وسیله دستگاه ردیف‌کار خطی با عمق کاشت ۴ تا ۶ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کشت ۱۷ تا ۲۰ سانتی‌متر در اوایل مهرماه ۱۳۹۳ کاشته شد. مقدار مصرف کودها بر مبنای نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی گندم دیم توصیه گردید. بر این اساس با توجه به مقدار نیتروژن خاک در تیمار کوددهی نیتروژن، کود اوره به مقدار ۵۱/۳۳ گرم در کرت (معادل با ۳۶ کیلوگرم در هکتار) در سه تقسیط (زمان کاشت، زمان پنجه‌دهی و یک ماه پس از آن) به صورت سرک مصرف گردید.

در طول مدت اجرای تحقیق تا خردادماه ۱۳۹۴ جمعاً ۴۰ نوبت بارندگی ریزش نمود. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تحلیل چولگی و کشیدگی داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ بررسی شد و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار EXCEL نسخه ۲۰۱۰ استفاده گردید.

تعیین نسبت غنی شدن عناصر نیتروژن و تعیین عملکرد دانه گندم

پس از هر رخداد بارندگی منجر به روان‌آب، از خاک هر کرت در سه نقطه (ابتدا، وسط و انتها) نمونه‌برداری شد. همچنین نمونه‌ای نیم لیتری از مخلوط روان‌آب و رسوب موجود در مخزن پایین هر کرت به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از جداسازی روان‌آب از رسوب، نمونه‌های رسوب و نمونه‌های مرکب خاک هر کرت در دمای ۵۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید. نمونه‌ها به روش کینی و نلسون (۱۹۸۲) عصاره‌گیری و نیتروژن معدنی (NO_3^- و NH_4^+) در عصاره به روش تقطیر با بخار آب اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از رابطه زیر نسبت غنی شدن هر عنصر غذایی نیتروژن تعیین گردید:

$$E_R = \frac{CNSediment}{CNSoil}$$

که در آن: E_R نسبت غنی شدن ماده غذایی (بدون بعد)، $CN_{Sediment}$ غلظت عنصر غذایی در رسوب (میلی‌گرم به کیلوگرم)، CN_{Soil} غلظت عنصر غذایی در خاک سطحی (میلی‌گرم به کیلوگرم) است.

برای تعیین عملکرد دانه در هر کرت، تعداد بوته‌های سطح کرت مورد شمارش قرار گرفت. سپس کل بوته‌های گندم سطح هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. وزن کل بوته‌ها به وسیله ترازو تعیین گردد. تعداد ۱۰۰ بوته گندم از کل نمونه‌ها به‌طور تصادفی جدا شد و وزن دانه در آن‌ها تعیین گردید. براساس نسبت وزنی دانه‌ها در نمونه ۱۰۰تایی، وزن کل دانه‌ها در ابعاد کرت به‌دست آمد و براساس هکتار تعیین گردید.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه آزمایشگاهی خاک زمین تحت کشت در جدول ۱ ارائه شده است. . با توجه به درصد شن، سیلت و رس، خاک دامنه دارای بافت لومی شنی بود. میانگین آهک خاک دامنه ۱۴/۶۱ درصد بود و خاک در گروه خاک‌های آهکی قرار گرفت. میانگین هدایت الکتریکی به عنوان شاخصی از شوری خاک، ۲/۵۷ dS/m بود. خاک منطقه با میانگین نفوذپذیری متوسط تا زیاد (۱۰/۰۲) در کلاس ۲ نفوذپذیری مطابق با نموگراف فرسایش‌پذیری خاک در مدل USLE قرار گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دامنه مورد مطالعه

ویژگی‌های فیزیکی	میانگین	ویژگی‌های شیمیایی	میانگین
شن (٪)	۶۰/۱۶	واکنش	۷/۵۲
سیلت (٪)	۲۰/۵۹	هدایت الکتریکی($dS\ m^{-1}$)	۲/۵۷
رس (٪)	۱۹/۲۵	ظرفیت تبادل کاتیونی($meq\ 100g^{-1}$)	۱۱/۷۴
سنگریزه (٪)	۱۸/۸۷	درصد سدیم تبادلی	۵/۵۹
میانگین قطر خاکدانه پایدار در آب (mm)	۱/۰۹	ماده آلی (٪)	۱/۴۳
نفوذپذیری($cm\ h^{-1}$)	۱۰/۰۲	آهک (٪)	۱۵/۶۱
		نیتروژن کل (٪)	۰/۰۸
		فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۴

عملکرد دانه گندم و نسبت غنی شدن نیتروژن تحت تأثیر جهت خاک‌ورزی و کوددهی

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم در جهت‌های مختلف کشت و تیمارهای مختلف کودی (جدول۲) نشان داد که جهت خاک‌ورزی و تیمار کودی و بر همکنش آن دو، اثری معنی‌دار بر عملکرد دانه گندم داشتند. همانطور که شکل ۱ نشان می‌دهد استفاده از روش خاک‌ورزی روی خطوط تراز و مصرف کود نیتروژنی موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به کرت شاهد شده است. به‌طور کلی در روش خاک‌ورزی روی خطوط تراز نسبت به خاک‌ورزی موازی شیب، عملکرد دانه گندم ۶۸ درصد افزایش یافت. در روش خاک‌ورزی موازی شیب، مصرف کود نیتروژنی موجب افزایش ۲۰درصد در عملکرد دانه گندم نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین در روش خاک‌ورزی روی خطوط تراز، همچنین میزان تأثیر مصرف کود نیتروژنی در کشت موازی شیب، بیش‌تر از کشت روی خطوط تراز است. به هر حال مقایسه نقش جهت خاک‌ورزی و نقش کود نیتروژنی در افزایش عملکرد دانه گندم نشان می‌دهد که نقش جهت خاک‌ورزی (۶۸ درصد) به مراتب بیش‌تر از نقش مصرف کود نیتروژنی در افزایش عملکرد دانه گندم (بین ۱۷ تا ۲۰ درصد) است. در واقع در روش خاک‌ورزی روی خطوط تراز، حفظ آب اهمیتی بیش‌تر از مصرف کود نیتروژنی است. در روش خاک‌ورزی موازی شیب، به دلیل عدم امکان حفظ آب در جویچه‌های کشت و در نتیجه کاهش تأثیر آن بر عملکرد دانه، نقش کود نیتروژنی از نظر افزایش عملکرد محصول بارزتر می‌شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات جهت کشت و کوددهی بر عملکرد دانه گندم و نسبت غنی شدن نیتروژن در کشت دیم گندم

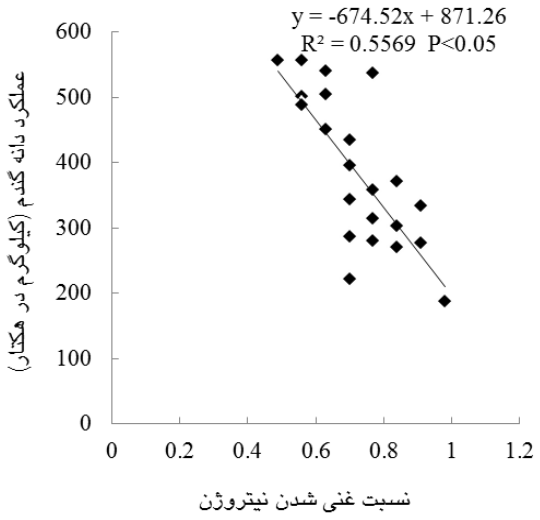
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه گندم	نسبت غنی شدن نیتروژن
جهت خاک‌ورزی	۱	۱۹۶۷۰۴/۱۰۱**	۰/۲۰۹**
کوددهی	۳	۴۲۷۶/۲۰۸*	۰/۰۰۲^{ns}
جهت خاک‌ورزی×کوددهی	۳	۵۳۱/۴۹۷**	۰/۰۱۵*
خطا	۱۶	۵۲۷۶/۰۳۴	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات	-	۰/۲۹۸	۰/۱۷۲

^{ns} غیرمعنادار،* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد،** معناداری در سطح احتمال ۱ درصد.

رابطه بین عملکرد دانه و نسبت غنی شدن نیتروژن

بین عملکرد دانه و نسبت غنی شدن نیتروژن در رسوب رابطه‌ای معنی‌دار برقرار بود به طوری که با افزایش نسبت غنی شدن عنصر در رسوب، عملکرد دانه گندم به شدت کاهش یافت (شکل ۱). این یافته با نتایج پژوهش‌های مندیک و همکاران (۲۰۱۵) و لی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. در پژوهشی شامخ و همکاران (۲۰۱۶) به این نتیجه دست یافتند که حداکثر جذب عناصر به ویژه نیتروژن زمانی خواهد بود که مقدار و زمان مصرف کود با نیاز گیاه هماهنگ باشد و تنها افزایش مقدار نیتروژن در خاک برای افزایش عملکرد محصول کافی نمی‌باشد. فاجریا و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی نشان دادند که مصرف کود نیتروژنی موجب افزایش عملکرد دانه گندم دیم شده، اما استفاده نامتعادل، یکباره و بیش از حد این کود به ویژه در شرایط تنش خشکی اثر منفی بر عملکرد دانه گندم داشت و این موضوع به دلیل وجود اثر متقابل نیتروژن و آب خاک می‌باشد. وان هاواردن و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که ارقام مختلف گندم پاسخ‌های متفاوتی را به کاربرد نیتروژن نشان می‌دهند، به نحوی که میزان جذب نیتروژن در این ارقام به اثرات متقابل تیپ گیاه از لحاظ تاریخ رسیدن و تأمین آب بستگی داشت. به طوری که ارقام زودرس آب کمتری را از نیمرخ خاک خارج کرده و کمتر تحت تأثیر نسبت غنی شدن عناصر غذایی در خاک قرار گرفتند، در نتیجه عملکرد بالاتری را در مقایسه با ارقام دیررس تولید نمودند. کوئینگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که با افزایش مقدار نیتروژن در خاک و در نتیجه افزایش جذب نیتروژن

مصرفی، میزان پروتئین دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم به صورت خطی افزایش یافت، اما عملکرد دانه آن‌ها در سطوح نهایی مصرف نیتروژن روند کاهشی داشت.



شکل ۱- تأثیر نسبت غنی شدن نیتروژن بر عملکرد دانه گندم

فهرست منابع

آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۳. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، محصولات زراعی، جلد اول. نشانی سایت http:// ir.maj.amar.

رفاهی، ح.، آزادگان، ب.، شاهوئی، ص. و طباطبائی‌فر، الف. ۱۳۷۸. تأثیر عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار در حرکت و جابه‌جائی خاک در اراضی زراعی شیب‌دار (روش قطعات فلزی). مجله علوم کشاورزی ایران، ۳(۱): ۷۵۹-۷۵۱.

فیضی‌اصل و، فتوت الف، آستارایی ع و لکزیان الف، ۱۳۹۳. تأثیر مقادیر و زمان مصرف نیتروژن بر برخی ویژگی‌های ریشه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم. مجله نشریه زراعت دیم ایران، ۲(۱): ۶۰-۴۱.

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. قابل‌دسترسی در سایت اینترنتی: http://dbagri.maj.ir.

ولیزاده غ و سالک زمانی ع، ۱۳۸۷. مقایسه ارقام مختلف گندم دیم در جذب رطوبت، فسفر وعملکرد. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ، ۲۲(۲): ۱۲-۱.

Emam Y, 2007. Cereals Production. (3rd ed.). Shiraz Univ. Press, p190. (In Farsi).

Fageria NK, Baligar VC and Jones CA, 2011. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Marcel Dekker, Inc. NewYork.

Jamaati Somarin Sh, Zabihi Mahmoodabad R, Yari A, Khayatnezhad M and Gholamin R, 2010. Study of agronomical nitrogen use efficiency of durum wheat, affected by nitrogen fertilizer and plant densit y. World Appl. Sci. J, 11 (6): 674-681

Jiang P and Thelen K, 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn–soybean cropping system. Agronomy Journal, 96(1): 252- 258.

Koenig RT, Cogger CG and Bary AI, 2011. Dryland winter wheat yield, grain protein, and soil nitrogen responses to fertilizer and biosolids applications. Applied and Environmental Soil Science 2011:1- 9.

Li L, Hong J, Wang H, Xiu Y and Zhang L, 2013. Effect of watering and nitrogen fertilization on the growth, grain yield, and water and nitrogen use efficiency of winter wheat. Chines Journal of Applied Ecology 24: 1367-1373.

Mandic v, Krnjaja v, Tomic Z, Bijelic z, Simic A and Muslic d, 2015. Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. Marija Gogic Chilean journal of agricultural research 75(1): 92-97.

Shamekh Z, Ayadi S, Karmous Ch, Trifa Y, Amara H, Boudabbous Kh, Yousfi S, Dolors sereet M, Araus J, 2016. Comparative effect of salinity on growth, grain yield, water use efficiency, C and N of landraces and improved durum wheat warieties. Plant Science 251: 44-53.

USDA, 1972. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Report NO 1: 63pp.

Van Harwaarden AF, Farquhar GD, Angus JF and Richards RA, 2006. Physiological responses of six spring wheat varieties to nitrogen fertilizer (project report). Proceeding of the Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy.

Wu Y and He D, 2011. Advances in root hairs in Gramineae and Trit icum aestivum. African J. Agric. Res, 6(5): 1047-1050.

مقایسه کوددهی کلزا در مزارع زارعین با کوددهی تلفیقی در برخی از مناطق کشور

[1و1]فریدون نورقلی پور، [2*]ساناز توحیدلو، [1]علیرضا جعفر نژادی، [1]یونس محمد نژاد، [1]محمد پسندیده، [1]محمد حسین ارزانش، [1]انور اسدی جلودار، [1]احمد بابیوردی، [1]نصرت اله منتجبی، [1]مختار زلفی باوریانی، [1]پیمان کشاورز، [1]کامران میرزا شاهی، [1]جلال قادری، [1]سید ماشالله حسینی،[1]محسن سیلسپور،[3]پروین ایزدی، [3]شادی صدیقی، [1]ناصردواتگر، [3]علی رضا مهاجر، [1]مسعود دادیور

چکیده: مطالعات در جهان و نیز در ایران نشان می‌دهد که مصرف بهینه و متعادل عناصر غذایی می‌تواند باعث بهبود کمیت و کیفیت محصول کلزا گردد. به منظور مقایسه روش کوددهی زارعین با روش تلفیقی حاصلخیزی خاک و توصیه کودی گیاه کلزا، پروژه‌ای ملی، اجرا شد. مناطق اجرا شامل ۳۴ مزرعه در استان‌های گلستان، مازندران، خوزستان (دزفول)، خوزستان (اهواز)، اردبیل (مغان)، آذربایجان شرقی، اصفهان، بوشهر، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و ورامین، بود. در هر منطقه حداقل دو مزرعه در نظر گرفته شد. این مناطق، طیف وسیعی از اقلیم‌های کشت کلزا و دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک را شامل می‌شد. در قسمتی از این مزارع انتخابی، مدیریت کوددهی براساس آزمون خاک (مصرف بهینه کود) و در نیمه دیگر مزرعه انتخابی، مدیریت با روش عرف زارع یا شاهد منطقه اعمال شد. در پایان دوره رشد، عملکرد دانه تیمار عرف زارع و تیمار توصیه کودی در هر استان و در هر منطقه مقایسه شد. با توجه به نتایج، به طور میانگین افزایش عملکرد دانه، در کل نقاط اجرا، ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار یا ۲۴ درصد نسبت به تیمار عرف زارع بود. نسبت فایده به هزینه در مناطق مختلف با توجه به عملکردهای حاصله به خصوصیات خاک و مقدار کود مصرفی، بستگی داشت. بیشترین مقدار این نسبت مربوط به منطقه نیشابور (۲۶/۵۲) و داراب (۲۲/۳۱) و کمترین آن مربوط به بوشهر (۰/۲۸) بود.

کلمات کلیدی: توصیه کودی، عناصر غذایی، کلزا، مناطق اصلی کشت

مقدمه:

کلزا یکی از گیاهان دانه روغنی (۴۰ تا ۴۵ درصد روغن) مهم، در مناطق معتدل بوده و از سازگاری اقلیمی بسیار خوبی با شرایط ایران برخودار است. واژه کانولا (*Canola*) که درسال ۱۹۷۹ برای ارقام کلزای با ترکیب روغن متفاوت وگلوکوزینولات کاهش یافته ارائه گردید، شامل ارقامی از کلزا است که حاوی کمتر از ۲٪ اسید اروسیک (*Erucic acid*) در روغن و ۳۰ میکرومول گلوکوزینولات (*Glucosinolate*) در هر گرم روغن خوراکی است. پروتئین موجود درکنجاله در تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود.

به منظور فراهم نمودن نیازهای جمعیتی که درحال افزایش است، در اغلب کشورهای در حال توسعه، برنامه‌ریزی و تلاش در جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی و از جمله تولید روغن و پروتئین، همیشه وجود داشته و از اولویت‌های بخش کشاورزی است احمد و همکاران (۲۰۰۶). تولید جهانی دانه‌های روغنی، رشد قابل توجهی در دهه گذشته داشته است به طوری که سطح زیر کشت از۱۴۴/۷میلیون هکتار در سال ۱۹۸۷ به ۱۹۰۷ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۷ افزایش پیداکرده است. مخصوصا در مورد سویا، شلغم روغنی، بادام زمینی و نخل روغنی که افزایشی ۴۵ الی ۱۰۰ درصدی داشته‌اند (فائو، ۲۰۱۷). دانه های روغنی به دلیل درصد انرژی بالا، نقش مهمی در افزایش میزان عرضه‌ی انرژی غذایی درکشورهای درحال توسعه دارند. نتایج حاصل از مطالعات انستیتوی تغذیه ایران در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد که درکشور ما ۲۱ درصد از کل انرژی مصرفی مردم ازطریق مصرف روغن تامین می‌گردد.

---

[1]اعضای هیات علمی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

[2]نویسنده مسئول (کارشناس ارشد موسسه تحقیقات خاک و آب): sanaz.tohidlou1@gmail.com

[3]کارشناس دفتر دانه‌های روغنی وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران

از سویی تولید دانه‌های روغنی درکشور جوابگوی تامین نیاز جمعیت نیست و ضریب خود اتکایی کشور در تولید روغن در حال حاضر در حدود ۱۰درصد است به این معنی که نزدیک به ۹۰ درصد از ۱/۵ میلیون تن روغن گیاهی مورد نیاز کشور در سال از طریق واردات تامین می‌شود. به طوری که سالانه بیش از ۴ میلیارد دلار ارز، جهت واردات دانه‌های روغنی از کشور خارج می‌شود شیرانی‌راد و همکاران (۱۳۹۹). مطالعات در جهان و نیز در ایران نشان می‌دهد که مصرف بهینه و متعادل عناصر غذایی می‌تواند باعث بهبود کمیت و کیفیت محصول کلزا گردد. از این رو افزایش مقدار تولید در واحد سطح باعث افزایش توجیه اقتصادی تولید کلزا در کشور و افزایش رغبت کشاورزان به کشت این محصول خواهد شد.

بررسی منابع:

کشت کلزا تقریباً در تمام اقلیم های کشور به صورت پاییزه انجام می‌گیرد شیرانی‌راد و همکاران (۱۳۹۹). به دلیل سازگاری آن با شرایط مختلف، ارزش اقتصادی، قیمت مناسب آن در مقایسه با غلات و اهمیت آن در تناوب با غلات، بیشترین سطح کشت از میان محصولات دانه روغنی را درکشور دارد آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۷). در خصوص توصیه کودی کلزا در کشور ایران، تحقیقات متعددی انجام گرفته است نورقلی‌پور و همکاران (۱۳۹۳، ۱۳۹۵، ۱۳۹۱، ۱۳۹۰a، b ۱۳۹۰) و رضایی و همکاران (۱۳۹۱*a,b,c,d*). در تحقیقات انجام شده در خصوص توصیه کودی و مدیریت حاصلخیزی در مزارع کشور در شرایط تنش های مختلف محیطی و برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی، آهن، بور، منگنز و مس، توصیه‌هایی ارائه شده است.

با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه توصیه کودی کلزا در سطح کشور، امکان افزایش عملکرد در واحد سطح کلزا وجود دارد ولی این اطلاعات به نحو صحیح در اختیار کشاورزان قرار نگرفته است. لذا ایجاد مزارع پایلوت تغذیه بهینه کلزا می‌تواند باعث آشنایی کشاورزان با یافته‌های جدید و ایجاد انگیزه در آنها برای افزایش تولید کلزا گردد. در مناطق دیگر نیز بر انجام مطالعات مزرعه‌ای به منظور توصیه بهینه کودی در گیاه کلزا تاکید شده است (رن و همکاران، ۲۰۱۵). لذا مطالعه وضعیت کوددهی در مناطق عمده کشت کلزا، نیل به عملکرد و کیفیت مناسب کلزای تولیدی، جلوگیری از مصرف بی‌رویه و نامتعادل)کودهای شیمیایی، افزایش تولید در واحد سطح محصول کلزا از اهدافی بود که در این پروژه دنبال شد. لذا با هدف آشنایی کارشناسان و نیز کشاورزان با روش صحیح کوددهی و مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، این پروژه به صورت تحقیقی- ترویجی در سطح مزارع کشاورزان اجرا شد.

مواد و روش‌ها:

با همکاری سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها، تعدادی مزرعه کلزا با خصوصیات خاک متفاوتی، انتخاب شدند. استان‌ها شامل خوزستان (قسمت جنوب و شمال استان خوزستان، گلستان، مازندران، اردبیل، آذربایجان شرقی، بوشهر، تهران، خراسان رضوی، کرمانشاه، اصفهان و فارس بود که ۳۴ مزرعه را شامل می‌شد. برای هر مزرعه پرسشنامه‌ای تکمیل گردید که در آن اطلاعات مزرعه و ارقام و روند کارهای انجام شده درج گردید. پس از انتخاب مزارع، یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا سی سانتی‌متری تهیه و جهت انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم به آزمایشگاه خاک و آب و گیاه ارسال شد. نتایج تجزیه خاک استان آذربایجان شرقی به عنوان نمونه در جدول یک ارائه شده است. داده‌های حاصل از تجزیه آزمایشگاهی نمونه های خاک، برای تفسیر وضعیت حاصلخیزی مزارع، مورد استفاده قرار گرفت. در قسمتی از این مزارع انتخابی، مدیریت کوددهی براساس آزمون خاک (مصرف بهینه کود) اعمال و در نیمه دیگر مزرعه انتخابی، مدیریت با روش عرف زارع منطقه اعمال شد. مزارع به گونه‌ای انتخاب شدند که تنوع شرایط اقلیمی، خاکی و گروه‌های عملکردی در هر استان پوشش داده شود. مقدار، نوع، زمان و مرحله مصرف تمامی کودها مشخص گردید. در مورد بسیاری از مزارع، میزان بذر در هکتار، عرف زارع بود. در مناطق مختلف رقم‌های کشت شده کلزا متفاوت بود. سایر عملیات زراعی (خاکورزی، آبیاری، آرایش کشت، رقم، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز) براساس توصیه‌های کارشناسی صورت گرفت.

در پایان دوره رشد، عملکرد دانه تیمار عرف زارع و تیمار توصیه کودی در هر استان و در هر منطقه، در کادرهای یک مترمربعی و در ۳ تکرار مقایسه شد. همچنین در انتهای فصل رشد صفاتی مانند ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در

خورجین در هر کرت قرائت شد.

نتایج:

وضعیت عناصر غذایی در خاک

با توجه به نتایج تجزیه خاک مناطق، مقدار شوری از ۰/۸۵ در ساری تا ۱۰/۳ در تایباد خراسان رضوی، روستای کایز نوسان داشت. فسفر از ۱/۵۷ میلی گرم در کیلوگرم استان اردبیل تا ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیران اصفهان، کربن آلی از ۰/۱۶ در داراب تا ۲/۲۹ در ساری، پتاسیم از ۹۵ در شوش تا ۶۵۸ در ساری منطقه حر ریاحی، گوگرد از ۸/۸۵ در سنقر تا ۴۶۳ در قوچان، منیزیم از۵۰ در تبریز منطقه هشترود تا ۹۲۵ در کرمانشاه، آهن از ۰/۵۴ در شاهین‌شهر اصفهان تا ۴۳/۳ در ساری، روی از ۰/۱۸ تا ۲/۱۲ در انبارالوم گلستان، مس از ۰/۱ در انبارالوم تا ۴/۳۸ در پارس‌آباد مغان، منگنز از ۱/۱۸ در شاهین‌شهر اصفهان تا ۲۳ در ساری و بور از ۰/۳۲ در شوش منطقه حر ریاحی تا ۳/۰۶ در تایباد روستای کاریز نوسان داشت (جدول ۲). بیشترین درصد کمبود در خاک مزارع مربوط به عنصر فسفر بود که ۸۱ درصد از کل مزارع کشت شده، دارای کمبود این عنصر بودند و در مرحله بعد آهن و روی و سپس منگنز و پتاسیم قرار گرفتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزارع کلزا در آذربایجان‌شرقی

محل مزرعه	هدایت الکتریکی	آهک	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	شن	رس	آهن	مس	روی	منگنز	بور	منیزیم	سولفات
	دسی زیمنس بر متر	درصد	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	درصد	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم						
مرند	۱/۸۹	۱۸/۲	۰/۴۶	۲۱۸	۱۱/۸	۴۵	۲۰	۴/۶	۱/۷۹	۰/۵۱	۶/۳	۱/۲	۱۰۰	۲۰
تبریز	۶/۸۱	۱۷/۲	۰/۶۱	۱۸۷	۷/۱	۵۰	۱۰	۶/۶	۱/۸۲	۰/۴۹	۵/۹	۲/۱	۲۰۰	۲۲
هشترود	۱/۸۷	۱۶/۶	۰/۵۴	۲۱۸	۸/۶	۳۰	۳۵	۴/۷	۱/۷۶	۰/۳۲	۶/۱	۰/۸۵	۵۰	۲۵
سراب	۱/۷۶	۱۵/۶	۰/۸۱	۱۹۰	۱۰/۱	۴۰	۲۵	۴/۲	۱/۶۴	۰/۳۸	۵/۷	۱/۱	۱۵۰	۲۸

جدول ۲- حدود نوسان عناصر در نقاط اجرای پایلوت تغذیه کلزا

کربن آلی درصد	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر	فسفر	پتاسیم	گوگرد	منیزیم	آهن	روی	مس	منگنز	بور
					میلی‌گرم بر کیلوگرم					
۰/۱۶-۲/۳	۱۰-۰/۹	۳۲-۱/۶	۶۸۵-۹۵	۴۶۳-۸/۹	۹۲۵-۵۰	۳/۴-۰/۵۴	۱۲/۲-۰/۱۸	۴/۴-۰/۱	۲۳-۱/۲	۳/۱-۰/۳۲

عملکرد دانه در مناطق مختلف

بر اساس نتایج، بیشترین عملکرد دانه، از منطقه شاهین‌شهر اصفهان به مقدار ۶۳۶۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و کمترین عملکرد دانه نیز از مزرعه دیم استان گلستان در منطقه آق‌آباد به مقدار ۶۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در جمع‌بندی عملکرد کلیه مناطق، میانگین عملکرد در تیمارهای کودی در کل کشور ۳۲۹۶ کیلوگرم دانه در هکتار و در عرف زارع ۲۷۲۱ کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت این دو عملکرد، ۵۷۵ کیلوگرم دانه در هکتار بود. بدین ترتیب ۲۴ درصد افزایش عملکرد در میانگین مناطق، حاصل شد (جدول ۳). بیشترین تفاوت عملکرد دانه بین توصیه کودی و عرف زارع در منطقه جنوب خوزستان حاصل شد و پس از آن منطقه اصفهان و خراسان رضوی قرار داشت ولی بیشترین تفاوت در مزارع مربوط به منطقه داراب بود. کرمانشاه و آذربایجان شرقی کمترین افزایش عملکرد را نسبت به عرف زارع داشتند. در منطقه آذربایجان شرقی در منطقه مرند تفاوت عملکرد دانه در تیمار کودی و عرف زارع مناسب بود. مشاهدات و نتایج به دست‌آمده نشان داد که مدیریت کود دهی در مزارع کلزای کشور می‌تواند بسیار مؤثر بوده و باعث افزایش عملکرد گردد.

جدول ۲- درصد افزایش عملکرد دانه با مصرف بهینه کود در مناطق مختلف کشور

استان	عملکرد تیمار کیلوگرم در هکتار-کودی	عملکرد عرف کیلوگرم در هکتار-زارع	میانگین اختلاف کیلوگرم در هکتار-عملکرد	درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به زارع
خراسان رضوی	۲۹۹۹	۲۱۳۵	۸۶۴	۴۰
ورامین	۳۱۴۱	۲۳۴۱	۸۰۰	۳۴
آذربایجان شرقی	۳۵۷۵	۳۲۶۳	۳۱۲	۱۰
اصفهان	۴۲۱۵	۳۳۲۶	۹۰۰	۲۷
اردبیل (مغان)	۳۳۱۱	۲۷۲۷	۵۸۴	۲۱
بوشهر	۱۹۵۰	۱۶۸۵	۲۶۵	۱۶
خوزستان (اهواز)	۳۱۳۹	۲۱۱۹	۱۰۲۱	۴۸
خوزستان (دزفول)	۳۲۱۳	۲۸۳۴	۳۷۹	۱۳

کرمانشاه	۴۶۵۰	۴۳۳۰	۳۲۰	۷
گلستان	۱۸۹۷	۱۵۱۲	۳۵۲	۲۵
فارس	۴۲۱۶	۳۴۱۰	۷۸۳	۲۴
مازندران	۲۹۵۰	۲۳۸۳	۵۶۷	۲۴
میانگین کشور	۳۲۷۱	۲۶۷۲	۵۹۶	۲۴

نسبت فایده به هزینه در مناطق مختلف با توجه به عملکردهای حاصله به خصوصیات خاک و مقدار کود مصرفی، بستگی داشت. این نسبت بر اساس هزینه کودهای مصرفی در دو تیمار و قیمت دانه کلزا در دو تیمار توصیه کودی و شاهد محاسبه شد. بیشترین مقدار نسبت فایده به هزینه مربوط به منطقه نیشابور (۲۶/۵۲) و داراب (۲۲/۳۱) و کمترین آن مربوط به مناطق بوشهر (۰/۲۸)، شوش منطقه حر ریاحی (۰/۴۱)، هشترود آذربایجان شرقی (۰/۴۲) بود. مقدار این نسبت به‌طور میانگین در آذربایجان شرقی ۳/۵۶، در اصفهان ۴/۵۶، در مغان ۲/۹۲، بوشهر ۰/۲۸، ورامین ۵/۴۹، خراسان رضوی ۱۵/۷، جنوب خوزستان ۷/۵۶، شمال خوزستان ۳/۹۳، کرمانشاه ۳/۶، گلستان ۴/۸۷ و در فارس ۱۰/۱۵ بود که میانگین این نسبت برای تمام مناطق ۵/۶۹ بود. نتایج نشان داد که با کاربرد دستورالعمل توصیه بهینه کودی می‌توان به طور متوسط ۲۴ درصد بر تولید کلزای کشور افزود.

منابع مورد استفاده

آمار نامه کشاورزی. (۱۳۹۷). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات.

رضایی، ح، فائزنیا، ف. میرزا شاهی، ک. حقیقت‌نیا، ح. نقوی، ه. افضلی، م. کشاورزی شیرازی، ه. مرادی، ق. کلهر، م. فروهر، م. مرشدی، ع. نورقلی‌پور، ف. (۱۳۹۱ b). بررسی اثرات کاربرد مقادیر مختلف و سرک پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

رضایی، ح، میرزاشاهی، ک. حقیقت‌نیا، ح. منتجبی، ن. بای‌بوردی، ا. زلفی، م. اخیانی، ا. رستمی، ا. کلهر، م. قنبرپوری، م. ع. اسماعیلی، م. صیادیان، ک. نورقلی‌پور، ف. (۱۳۹۱c). تعیین میزان و زمان مصرف ازت در زراعت کلزا. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

رضایی، ح، منتجبی، ن. صیادیان، ک. حقیقت نیا، ح. سلیم‌پور، س. کلهر، م. کاویانی، ا. افضلی‌چالی، م. قنبر پوری، م. ع. محمدزاده، ا. ر. نورقلی‌پور، ف. (۱۳۹۱d). بررسی میزان و روش مصرف فسفر در زراعت کلزا. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

شیرانی راد، ا، علیزاده، ب. امیری اوغان، ح. جبّاری، ح. کیهانیان، ع. رحمانپور، س. نورقلی‌پور، ف. ایوانی، ا. ملک احمدی، ه. رضوی، ر. (۱۳۹۹). دستورالعمل فنی تولید کلزا در کشور. موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال و بذر، نشریه شماره ۵۷۸۵۵، کرج، ایران.

نورقلی‌پور، ف، قادری، ج. میرزاشاهی، ک. خودشناس، م. ع. افضلی، م. صلاحی، م. (۱۳۹۵). بررسی کارایی ارقام مختلف کلزا از لحاظ جذب فسفر. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

نورقلی‌پور، ف، رضایی، ح. میرزاشاهی، ک. حقیقت‌نیا، ح. رمضانپور، م. ر. ارزانش، م. ح. اسدی‌رحمانی، ه. میرزاپور، م. ه. زمانی، ص. ع. محمدی‌کیا، ص. افضلی، م. (۱۳۹۳). دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

نورقلی‌پور، ف، جعفرنژادی، ع. محمدنژاد، ی. پسندیده، م. سلیم پور، س. ارزانش، م. ح. افضلی، م. اسدی‌جلودار، ا. بایبوردی، ا. منتجبی، ن. زلفی‌باوریانی، م. کشاورز، پ. میرزا شاهی، ک. قادری، ج. حسینی، م. سیلسپور، م. (۱۳۹۹). تغذیه تلفیقی کلزا در برخی از مزارع مناطق گرم و سرد کشور (پایلوت تغذیه کلزا). گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

نورقلی‌پور، ف، صادقی‌مطلق، م. محمدنژاد، ی. محمدی، م. قاسمی، ا. رجایی، م. مطلبی‌فر، ر. منتظری، ع. میرزاشاهی، ع.۱۳۹۰. بررسی تاثیر مصرف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد دانه و روغن کلزا. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

Ahmad, A., Khan, I., Anjum, N. A. M., Diva, I., Abdin, M. Z., Iqbal, M. 2005.Effect of timing of sulfur fertilizer application on growth and yield of rapeseed. *Journal of Plant Nutrition*, 28(6),1049-1059.

FAO. 2017. Agricultural Data, FAOSTAT. Available at Food and Agriculture Organization of the United Nations. Http: //faostat.fao.org/faostat/collections.

Ren, T., Zou, J., Lu, J., Chen, F., Wu, J., Li, X. 2015.On-farm trials of optimal fertilizer recommendations for the maintenance of high seed yields in winter oilseed rape (Brassica napus L.) production. *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(3), 528-540.

Abstract: Studies in the world and also in Iran showed that optimal and balanced consumption of nutrients can improve the quantity and quality of canola yield. In order to compare the fertilizer usingof farmers with the combined method of soil fertility and fertilizer recommendation of canola, this national project was implemented. Areas included 34 farms in the provinces of Golestan, Mazandaran, Khuzestan (Dezful), Khuzestan (Ahvaz), Ardabil (Moghan), East Azerbaijan, Isfahan, Bushehr, KhorasanRazavi, Kermanshah, Fars and Tehran (Varamin). At least two farms were considered in each area. Regions included a wide range of climates and different ranges of soil properties. In some parts of these selected farms, fertilization management was applied based on soil test (optimal fertilizer application) and in the other half of the selected farm, management was applied by the customary method of farmer or control of the region.Fertilizers were prepared with farmers. At the end of the growth stage, grain yieldwas measured in each province and in each region for both treatments. According to the results, the average increase in grain yield for all fields was 600 kg / ha or 24% compared to the conventional farmer treatment. The benefit-to-cost ratio in different regions depended on the soil properties and the amount of fertilizer used according and to the yields obtained from farms. The furthest value of this ratio was related to Neishabour (26.52) and Darab (22.31) regions and the lowest was related to Bushehr (0.28).
Keywords: canola, Fertilizer recommendation, Main cultivation areas, Nutrients.

تاثیر مدیریت تلفیقی کاربرد کودهای آلی وشیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی در اراضی استان قزوین

جعفر شهابی فر، مهرزاد مستشاری

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران **Shahabifar1@yahoo,com**

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران **Shahabifar1@yahoo,com**

چکیده

به‌منظور تاثیرکودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی، این پروژه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. در این پژوهش از کود گوسفندی و کود کمپوست در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار برحسب ماده خشک مصرف شد. از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در چهار سطح صفر، ۱۰۰ درصد توصیه بر اساس آزمون خاک، ۷۵ درصد توصیه بر اساس آزمون خاک و ۵۰ درصد توصیه بر اساس آزمون خاک استفاده شد. پس از برداشت گندم صفات عملکرد دانه، عملکرد کل، وزن هزار دانه، تعداد خوشه در مترمربع، میزان مواد آلی خاک، فسفر دانه و کاه، جذب کل فسفر خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود آلی (گوسفندی و یا کمپوست) عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد افزایش یافت که با سایر سطوح کودهای آلی به کار رفته تفاوتی نداشتند. بیشترین عملکرد دانه و بالاترین غلظت فسفر دانه و کاه گندم با مصرف ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود فسفری به دست آمدکه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین بیشترین میزان ماده آلی خاک با مصرف ۱۰ تن کود کمپوست به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، فسفر، کود آلی، گندم

مروری بر منابع:

بررسی وضعیت فسفر در خاک‌های زراعی کشور نشان می‌دهد که میزان فسفر قابل‌استفاده در ۷۰/۲ درصد از این خاک‌ها کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. ازاین‌رو برای حفظ و ارتقای سطح حاصلخیزی خاک و به دنبال آن افزایش تولیدات کشاورزی همسو با اهداف برنامه‌های توسعه کشور و افق چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴، افزودن فسفر به خاک به‌عنوان یکی از راه‌های رفع این معضل ضروری به نظر می‌رسد. کودهای فسفرِ محلول در آب معمولاً برای برطرف کردن کمبود فسفر توصیه می‌شود. در اغلب کشورهای درحال‌توسعه ازجمله ایران این کودها جزو کالاهای وارداتی می‌باشند. در این شرایط افزایش کارایی استفاده از کودهای فسفری و بهره‌گیری از روش‌های جایگزین کود دهی برای تأمین فسفر موردنیاز گیاه ضروری به نظر می‌رسد. کاربرد مقدار مناسب کود بر اساس ویژگی‌های خاک ازجمله سطح حاصلخیزی خاک و نیاز گیاه، رعایت دقیق روش و زمان مصرف کود با توجه به نوع کود مصرفی، کاشت ارقامی از گیاهان زراعی که توانایی بالایی در جذب فسفر بومی باقابلیت دسترسی کم را دارند، روش‌هایی شناخته‌شده در افزایش کارایی کاربرد کودهای فسفری می‌باشند (Dobermann، ۲۰۰۷؛ Roberts، ۲۰۰۸). استفاده از سنگ فسفات‌ها به‌جای مصرف کودهای شیمیایی معمول با توجه به شرایط خاکی و نیاز محصول نیز پیشنهاد می‌شود (Van Straaten، ۲۰۰۲؛ Odongo و همکاران، ۲۰۰۷).

زلفی باوریانی (۱۳۸۵) نشان داد که مصرف سالیانه کود دامی گوسفندی در تناوب ۴ ساله پیاز، کلزا، باقلا و اسفناج سبب افزایش کربن آلی خاک گردید به‌گونه‌ای که با کاربرد سالیانه ۱۵ و ۳۰ تن کود دامی مقدار کربن آلی خاک از ۰/۳۵ درصد در ابتدای آزمایش به ترتیب به ۰/۴۲ و ۰/۷۲ درصد پس از ۴ سال کشت رسید. میرزا شاهی (۱۳۸۶) مشاهده کرد که پس از سه سال مصرف ۲۰ تن در هکتار کود حیوانی درکشت ذرت میزان کربن آلی خاک از ۰/۷۳ درصد به ۰/۸۱ درصد افزایش یافت. گلچین و همکاران (۱۳۷۸) گزارش کردند که با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی درکشت گندم میزان کربن آلی

خاک از ۰/۴۸ به ۰/۵۹ درصد افزایش یافت. نتایج دوساله آزمایش ایشان افزایش عملکرد گندم را با مصرف ۴۰ تن کود دامی در هکتار تا ۱۵ درصد نشان داد. Liu و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که پس از شانزده سال آزمایش در کرت‌های ثابت مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی بیشترین افزایش را در میزان کربن آلی خاک نسبت به مصرف جداگانه هریک از کودهای آلی و شیمیایی داشت. مصرف کودهای نیتروژنه سبب افزایش تولید بیومس گیاهی می‌شود درنتیجه میزان ماده آلی خاک را افزایش می‌دهد. Campbell و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که کربن آلی خاک بیشترین افزایش را هنگامی داشت که هرساله زمین زیر کشت مقدار کافی نیتروژن و فسفر دریافت کرده بود. مجیدی و همکاران، ۱۳۷۸؛ زلفی باوریانی، ۱۳۸۴ گزارش کردند که اثرات مطلوب کاربرد کودهای آلی می‌تواند ناشی از تأمین متعادل عناصر غذایی ازجمله عناصر کم‌مصرف برای گیاه باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در استان قزوین در ایستگاه تحقیقات اسماعیل‌آباد اجرا شد. قبل از اجرای پروژه نمونه‌های مرکب از خاک جهت اندازه‌گیری فاکتورهای موردنظر بخصوص میزان فسفر خاک تهیه گردید. خصوصیات دیگر خاک علاوه بر فسفر به همراه کودهای آلی به‌کاربرده شده در آزمایش اندازه‌گیری شدند (جداول ۱ و ۲). آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با پنج سطح کود آلی و چهار سطح کود فسفری در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش به شرح زیر انتخاب گردید:

الف - مصرف کود آلی (فاکتور M): کود حیوانی گوسفندی و کود کمپوست در پنج سطح: M_0- عدم مصرف کود آلی، M_1- مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی، M_2- مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی، M_3- مصرف ۱۰ تن در هکتار کود کمپوست، M_4- مصرف ۲۰ تن در هکتار کود کمپوست.

ب –مصرف کود شیمیایی فسفری (فاکتور P): P_0- عدم مصرف کود فسفری، P_1- مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک، P_2- مصرف ۷۵ درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک، P_3- مصرف ۵۰ درصد کود شیمایی فسفری بر اساس آزمون خاک. توصیه کود فسفری بر اساس آزمون خاک صورت گرفت. مقدارکودهای آلی (فاکتور C) بر مبنای وزن خشک محاسبه و در تیمارهای مختلف اعمال شد. به‌عبارت‌دیگر مقدار رطوبت در کودهای آلی محاسبه و سپس مقادیر ۱۰ و ۲۰ تن ماده خشک از کودهای آلی به خاک اضافه شد؛ بنابراین مقادیر بیشتری از کود مرطوب به خاک داده شود. کودهای آلی تنها یک‌بار و قبل از کشت گندم در سال اول اجرا با خاک مخلوط شده و با دیسک به زیر خاک برده شد. در زراعت گندم یک‌سوم نیتروژن موردنیاز از محل اوره قبل از کشت، یک‌سوم زمان پنجه‌زنی و یک‌سوم باقیمانده در زمان ساقه رفتن مصرف گردید. پتاسیم و عناصر کم‌مصرف موردنیاز بر اساس آزمون خاک قبل از کشت با خاک مخلوط و با دیسک به زیرخاک برده شد. عملیات داشت از قبیل آبیاری و مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز صورت گرفت. ابعاد کرت‌های آزمایشی با ۴ متر عرض و ۵ متر طول اجرا شد. فاصله خطوط ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملکرد و اجزای عملکرد گندم شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در هر خوشه، تعداد خوشه در مترمربع، میزان ماده آلی خاک، غلظت فسفر در کاه و دانه گندم اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه کودهای آلی مورداستفاده در پروژه

شخصات نمونه	نیتروژن کل	کربن آلی	اسیدیته	پتاسیم کل	فسفر کل	منگنز کل	روی کل	مس کل	آهن کل	کادمیوم کل
	درصد			میلی گرم بر کیلوگرم						
کود گوسفندی	۱/۱۴	۱۶/۸۵	۸/۰۶	۲/۶۷	۰/۴۴۷	۴۸۴	۱۱۱/۸	۲۵/۷	۱۰۴۰۷	۲/۱
کمپوست زباله	۱/۶۷	۲۱/۸۲	۷/۱۳	۱/۰	۰/۵۰۸	۴۶۸	۱۳۷۰	۳۹۲	۱۳۱۲۳	۴

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک قبل از اجرای پروژه

pH	شوری دسی زیمنس بر متر	کربن آلی	آهک	بافت	پتاسیم	فسفر	]هن	روی	مس	منگنز

	درصد					میلی گرم بر کیلوگرم			
۷/۸	۱/۵۲	۰/۷۳	۷/۵	لوم	۲۵۰	۵/۱	۳/۲۸	۰/۳۲	۱/۶	۱۱/۲۸

نتایج

الف: تجزیه واریانس

میانگین مربعات صفات موردنظر در آزمایش در جدول شماره ۳ آمده است. فاکتور ماده آلی بر صفات عملکرد دانه، عملکرد کل، تعداد خوشه در مترمربع، غلظت فسفر در کاه و دانه، جذب فسفر توسط کاه و دانه، فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت در خاک و میزان کربن آلی خاک معنی‌دار شد. ولی بر صفات عملکرد کاه، وزن هزار دانه معنی‌دار نشد. فاکتور کود فسفری بر صفات عملکرد کاه، عملکرد دانه، عملکرد کل، تعداد خوشه در مترمربع، غلظت فسفر در کاه و دانه، جذب فسفر توسط کاه و دانه، فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت معنی‌دار شد ولی بر صفات وزن هزار دانه معنی‌دار و میزان کربن آلی خاک نشد. اثرات متقابل ماده آلی و کود فسفری بر صفات عملکرد کاه، عملکرد دانه، عملکرد کل، تعداد خوشه در مترمربع، غلظت فسفر در کاه و دانه، جذب فسفر توسط کاه و دانه، فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت و میزان کربن آلی خاک معنی‌دار شد ولی بر صفت وزن هزار دانه معنی‌دار نشد.

جدول ۳- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده

منابع آزمایش	درجه آزادی	عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	تعداد خوشه در مترمربع	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۶۱۸۲۱,۶۶۷	۸۷۶۱,۶۶۷	۹۵۵۸۵,۰۰۰	۲۲۶۰,۲۶۷^{ns}	۲۹,۲۰۵**
فاکتور ماده آلی	۴	۲۳۸۴۷۰,۸۳ ^{ns}	۱۹۳۹۵۴۵,۸۳۳**	۵۱۳۶۷۴۵,۸۳۳ *	۲۵۶۴۳,۵۰۰**	۶,۵۱۸ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۸	۷۰۳۷۴۴,۵۸۳	۱۴۵۹۶۵,۸۳۳	۱۰۳۲۴۹۹,۵۸۳	۱۶۴۰,۹۷۵	۲,۳۵۱
فاکتور کود	۳	۱۳۳۹۲۲۸,۳۳۳*	۱۹۴۵۰۴۶,۱۱۱**	۴۴۶۴۵۹۱,۱۱۱*	۳۶۳۸۵,۹۷۸**	۸,۲۳۵ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۶	۴۱۹۰۸۱,۶۶۷	۱۴۷۶۹۹,۴۴۴	۹۵۰۷۰۲,۷۷۸	۱۷۷۳,۳۱۱	۷,۹۱۰
اثرات متقابل ماده آلی و کود	۱۲	۲۰۳۴۷۸۵,۲۷۸**	۱۰۰۴۴۷۲,۵۰۰**	۷۱۲۷۹۹۲,۵**	۱۴۶۲۱,۳۱۱ **	۵,۶۹۲ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۴	۳۲۶۴۲۴,۰۲۸	۲۷۴۶۰۰,۸۳۳	۷۱۶۵۶۴,۵۸۳	۳۰۶۴,۲۵۳	۳,۶۲۱
(%)CV	-	۵,۲۴	۶,۶۹	۴,۵۶	۶,۲۱	۵,۳۷

ادامه جدول ۳

غلظت فسفر کاه	غلظت فسفر دانه	جذب فسفر توسط کاه	جذب فسفر توسط دانه	فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت	کربن آلی خاک پس از برداشت
۱۴۴۵,۴۱۷ ^{ns}	۳۵۵۶۳,۵۱۷	۰,۹۹	۰,۹۵۵	۱۱,۱۸۵ ^{ns}	۰,۱۲۲
۶۲۳۰,۶۲۵ **	۸۳۲۵۹۹,۲۳۳ **	۰,۹۹۶*	۸۰,۱۰۲ **	۶۲,۷۳۹ *	۰,۷۷۶ *
۶۹۵,۹۳۸	۸۴۰۹۶,۵۵۸	۰,۱۵۷	۶,۸۳۸	۱۰,۶۰۱	۰,۱۶۴
۲۱۴۱۱,۶۶۷ **	۶۹۳۳۴۳,۴۳۹**	۱,۸۱۶ **	۲۵,۷۸۸ **	۱۰۳,۳۳۱**	۰,۸۰۱ ^{ns}
۵۹۳,۰۸۳	۷۶۶۶۹,۴۰۶	۰,۰۵۶	۲,۱۹۴	۲,۱۰۱	۰,۳۱۵
۱۰۹۲۷,۲۹۲ **	۹۳۵۴۸,۹۰۱*	۱,۴۲۰ **	۲۴,۲۸۴**	۳۴,۸۹۱**	۰,۹۱۵ **
۹۷۱,۷۷۱	۳۱۹۲۱,۹۱۹	۰,۱۱۰	۳,۹۸۷	۹,۱۹۴	۰,۲۴۳
۱۱,۲۵	۷,۳۷	۱۱,۱۷	۱۰,۵۸	۲۷,۲۷	۷,۲

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار ns: معنی‌دار نیست.

ب: مقایسه میانگین

مقایسه میانگین صفات مورد آزمایش در جدول شماره ۴ آمده است: بیشترین عملکرد دانه گندم از تیمار M_4 مصرف ۲۰ تن در هکتار ماده خشک کود آلی نوع دوم (کمپوست زباله شهری) به دست آمد (۸۱۹۴ کیلوگرم در هکتار) که با سطوح

کودهای آلی به‌کاربرده شده در یک گروه آماری قرار داشت. بیشترین غلظت فسفر دانه از تیمار M_2 مصرف ۲۰ تن در هکتار ماده خشک کود آلی نوع اول (کود گوسفندی) به دست آمد. از همین تیمار بیشترین فسفر قابل‌استفاده در خاک حادث شد. (۱۳,۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم). بیشترین عملکرد دانه گندم از تیمار P_1 مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک به دست آمد (۸۰۲۷ کیلوگرم در هکتار) ولی با تیمار ۵۰ درصد صرفه‌جویی در یک گروه قرار گرفت. بیشترین غلظت فسفر دانه از تیمار P_1 به دست آمد (۲۶۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم). فسفر قابل‌استفاده خاک پس از برداشت در کلیه تیمارهایی که در آن‌ها از کود فسفری استفاده شده بود، بالاتر بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر فاکتور ماده آلی بر صفات مورد آزمایش

تیمار	عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	خوشه در مترمربع	وزن هزار دانه
	کیلوگرم در هکتار				گرم
M_0	۱۰۲۹۰b	۷۱۶۰b	۱۷۴۵۰ b	۸۶۱,۹ bc	۳۴,۷۲ b
M_1	۱۱۰۲۰a	۸۰۷۶ a	۱۹۱۰۰ a	۹۳۱,۷ a	۳۴,۸۱ ab
M_2	۱۰۸۸۰a	۷۸۲۷ a	۱۸۷۰۰ a	۹۲۹,۴ a	۳۵,۵۱ ab
M_3	۱۰۶۲۰ ab	۷۸۹۸ a	۱۸۵۲۰ a	۹۰۶,۱ ab	۳۵,۷۷ ab
M_4	۱۰۷۸۰ ab	۸۱۹۴a	۱۸۹۸۰ a	۸۲۵,۱ c	۳۶,۵۱ a

ادامه جدول ۴

غلظت فسفر کاه	غلظت فسفر دانه	جذب فسفر توسط کاه	جذب فسفر توسط دانه	فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت	کربن آلی خاک پس از برداشت
میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	کیلوگرم در هکتار	کیلوگرم در هکتار	میلی‌گرم بر کیلوگرم	گرم بر کیلوگرم
۲۴۹,۲ c	۱۹۸۴ c	۲,۵۹۱ c	۱۴,۴۰ b	۸,۸۱۸ b	۷,۰۲۵ ab
۲۷۱,۷ bc	۲۵۰۰b	۲,۹۶۱ b	۲۰,۱۰ a	۱۳,۴۴ a	۶,۸۹۸ b
۳۱۲,۵ a	۲۶۹۰ a	۳,۳۸۹ a	۲۱,۰۴ a	۱۳,۴۷ a	۶,۷۲۵ b
۲۷۳,۸ bc	۲۴۳۶ b	۲,۹۲۱ b	۱۹,۳۹ a	۱۰,۹۴ b	۷,۴۱۴ a
۲۷۸,۸ b	۲۵۱۱ b	۲,۹۵۷ b	۱۹,۶۲ a	۸,۹۷۰ b	۷,۰۵۸ ab

در جدول ۵ میانگین تأثیر سطوح کود فسفری به‌کاربرده شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نشان داده‌شده است. به استناد داده‌های آزمایش کاربرد ۵۰ درصد فسفر بر اساس آزمون خاک تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در واحد سطح داشت. بیشترین غلظت فسفر دانه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود فسفری بر اساس آزمون خاک به دست آمد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر فاکتور فسفر بر صفات مورد آزمایش

نام تیمار	عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	تعداد خوشه در مترمربع	وزن هزار دانه
	کیلوگرم در هکتار				
P_0	۱۰۷۱۰ ab	۷۶۳۰ b	۱۸۹۴۰ a	۸۱۹,۱ b	۱۸۹۴۰ a
P_1	۱۱۰۶ a	۸۲۲۷ a	۱۹۰۹۰ a	۹۱۱,۴ a	۱۹۰۹۰ a
P_2	۱۰۷۸۰ ab	۷۴۳۹ ab	۱۸۲۱۰ b	۹۰۸,۱ a	۱۸۲۱۰ b
P_3	۱۰۳۳۰ b	۸۰۲۷ a	۱۷۹۶۰ b	۹۰۴,۷ a	۱۷۹۶۰ b

ادامه جدول ۵

غلظت فسفر کاه	غلظت فسفر دانه	فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت	میزان کربن آلی خاک پس از برداشت $g.kg^{-1}$	جذب فسفر توسط کاه	جذب فسفر توسط دانه
میلی‌گرم بر کیلوگرم				کیلوگرم در هکتار	
۲۴۷,۷ b	۲۱۵۳ c	۷,۲۱ b	۶,۹۸۳ ab	۲,۶۶۲ b	۱۸,۰۹ b
۲۴۲,۰ b	۲۶۷۹ a	۱۲,۲۱ a	۷,۱۶۱ a	۲,۶۶۳ b	۲۰,۷۸ a
۳۰۳,۰ a	۲۴۳۰ b	۱۲,۱۶ a	۷,۲۳۶ a	۳,۲۶۱ a	۱۷,۹۴ b

۱۸,۶۸ b	۳,۲۶۹ a	۶,۷۱۶ b	۱۲,۸۹ a	۲۴۳۴ b	۳۱۶,۰ a

در جدول ۶ برهمکنش کود و ماده آلی بر صفات موردبررسی نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد دانه از کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی حاصل‌شده است.

جدول ۶- برهمکنش کود و ماده آلی بر صفات مور دبررسی در گندم

تیمار	عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	وزن هزار دانه
	کیلوگرم در هکتار			گرم
M_0p_0	۹۰۷۷ f	۶۲۳۳h	۱۵۳۱۰h	۳۱,۵۷c
M_0p_1	۱۰۶۷۰cde	۷۵۹۰cdefg	۱۸۲۳۰ def	۳۶,۱۷ab
M_0p_2	۱۱۵۲۰abc	۸۲۱۷abcd	۱۹۷۳۰bcd	۳۵,۷۳ab
M_0p_3	۹۹۰۰ef	۶۶۳۰fgh	۱۶۵۳۰gh	۳۵,۴۰ab
M_1p_0	۱۲۱۵۰a	۹۱۸۳ a	۲۱۳۳۰a	۳۵,۱۷abc
M_1p_1	۱۱۱۰۰abcd	۷۸۷۰cd	۱۸۹۷۰cde	۳۴,۵۳ abc
M_1p_2	۱۰۳۰۰de	۶۷۳۳efgh	۱۷۰۳۰ab	۳۴,۳۰ abc
M_1p_3	۱۰۵۴۰cde	۸۵۱۷abc	۱۹۰۵۰ cde	۳۵,۲۳ abc
M_2p_0	۱۲۰۷۰ a	۹۰۶۷ab	۲۱۱۴۰ab	۳۳,۹۷bc
M_2p_1	۱۰۶۱۰cde	۸۰۳۷ cd	۱۸۶۵۰cdef	۳۵,۵۷ab
M_2p_2	۱۰۵۰۰cde	۶۶۰۳gh	۱۷۱۰۰fg	۳۷,۷۲ab
M_2p_3	۱۰۳۳۰de	۷۶۰۰cdef	۱۷۹۳۰efg	۳۵,۲۳abc
M_3p_0	۱۰۱۶۰de	۸۰۷۳ bcd	۱۸۲۳۰def	۳۶,۸۰ab
M_3p_1	۱۱۰۷۰abcd	۸۵۷۳abc	۱۹۶۴۰bcd	۳۳,۴۷bc
M_3p_2	۱۰۸۹bcde	۷۶۸۰cde	۱۸۵۷۰cdef	۳۶,۸۰ ab
M_3p_3	۱۰۳۷۰de	۷۲۶۳defg	۱۷۶۳۰efg	۳۶,۰۰ ab
M_4p_0	۱۰۰۹۰ def	۸۵۸۰abc	۱۸۶۷۰cdef	۳۵,۱۷ abc
M_4p_1	۱۱۸۴۰ab	۸۰۹۳bcd	۱۹۹۳۰abc	۳۶,۳۰ ab
M_4p_2	۱۰۶۷۰cde	۷۹۶۳ cd	۱۸۶۳۰cdef	۳۶,۶۷ ab
M_4p_3	۱۰۵۳۰cde	۸۱۴۰bcd	۱۸۶۷۰cdef	۳۷,۹۰a

ادامه جدول ۶

غلظت فسفر کاه	غلظت فسفر دانه	جذب فسفر توسط کاه	جذب فسفر توسط دانه	فسفر قابل‌استفاده پس از برداشت	کربن آلی خاک پس از برداشت
میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	کیلوگرم در هکتار	کیلوگرم در هکتار	میلی‌گرم بر کیلوگرم	گرم بر کیلوگرم
۲۱۶,۷efg	۱۴۲۲j	۱,۹۷۰jk	۸,۹۱۳ g	۴,۳۷۰ g	۷,۷۴abc
۱۹۰,۰g	۲۳۹۷cdefgh	۲,۰۳۳ijk	۱۸,۰۴ de	۱۲,۵۸abcd	۶,۶۲def
۳۲۰,۰abc	۲۱۱۴ hi	۳,۶۸۳ abc	۱۷,۴۰e	۱۰,۲۶cdefg	۷,۵۰abcd
۰.۲۷۰cde	۲۰۰۴ i	۲,۶۶۷ fgh	۱۳,۲۷ f	۸,۰۳defg	۶,۲۳f
۲۰۶,۷fg	۲۲۳۷ fghi	۲,۵۰۰ghij	۲۰,۴۸ abcde	۵,۶۱fg	۶,۷۱def
۲۶۰,۰cdef	۲۷۵۰ab	۲,۸۸۳efg	۲۱,۶۵ abcd	۱۳,۸۶abcd	۶,۸۰cdef
۳۰۰,۰cd	۲۶۸۳ abcd	۳,۰۸۷cdefg	۱۸,۰۶ de	۱۶,۴۹ab	۷,۲۸bcde
۳۲۰,۰abc	۲۳۳۰efghi	۳,۳۷۳abcde	۱۹,۸۵ bcde	۱۷,۸۱a	۶,۸۰cdef

۶,۴۱ef	۱۵,۴۱abc	۲۲,۸۷ ab	۳,۶۲۳ abcd	۲۵۲۳ bcdefg	۳۰۰,۰cd
۷,۱۳bcdef	۱۱,۲۲bcdef	۲۳,۸۰ a	۲,۸۱۰efg	۲۹۶۳a	۲۶۵,۰cdef
۶,۱۴ef	۹,۱۲defg	۱۶,۸۳ e	۳,۳۰۷bcdef	۲۵۶۰bcdef	۳۱۵,۰abc
۶,۹۵cdef	۱۸,۱۱a	۲۰,۶۶ abcde	۳,۸۱۷ab	۲۷۱۳abc	۳۷۰,۰a
۶,۹۰cdef	۴,۹۵g	۱۹,۲۷ bcde	۲,۱۸۷hijk	۲۳۸۰cdefgh	۲۱۵,۰efg
۸,۲۶a	۱۳,۵۳abcd	۲۲,۹۶ ab	۳,۹۸۷ a	۲۶۸۰abcd	۳۶۰,۰ab
۸,۰۳ab	۱۳,۵۳abcd	۱۷,۸۱ de	۲,۹۲۰ efg	۲۳۲۳efghi	۲۷۰,۰cde
۶,۴۶ef	۱۱,۶۱bcde	۱۷,۱۲ e	۲,۵۹۰ ghi	۲۳۶۰defgh	۲۵۰,۰def
۷,۱۳bcdef	۵,۷۳efg	۱۸,۹۴ cde	۳,۰۲۷ defg	۲۲۰۴ghi	۳۰۰,۰cd
۶,۹۹cdef	۹,۸۵cdefg	۱۷,۴۶ e	۱,۶۰۳ k	۲۶۰۷bcde	۱۳۵,۰h
۶,۹۴cdef	۱۱,۴۲bcdef	۱۹,۶۰bcde	۳,۳۰۷bcdef	۲۴۷۰bcdefg	۳۱۰,۰bcd
۷,۱۴bcdef	۸,۸۸defg	۲۲,۴۹ abc	۳,۸۹۰ ab	۲۷۶۳ab	۳۷۰,۰a

نتیجه گیری

کاربرد کودهای آلی از منابع گوسفندی و کمپوست زباله شهری بر میزان عملکرد دانه یکسان بود و در هر حال با شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد. به عبارت دیگر کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی یا کمپوست زباله شهری برای افزایش عملکرد دانه توصیه می شود. کاربرد فسفر بر اساس ۵۰ درصد آزمون خاک تاثیر معنی داری بر صفت عملکرد دانه نسبت به شاهد داشت، گرچه از نظر آماری با سایر سطوح کود فسفری به کاربرده شده اختلاف معنی داری نداشت.

فهرست منابع

زلفی باوریانی، م. (۱۳۸۵). گزارش نهایی پروژه بررسی اثرات کود حیوانی بر قابلیت استفاده و بازیابی فسفر باقیمانده. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۲۹۱.

زلفی باوریانی، م. (۱۳۸۴). گزارش نهایی پروژه بررسی اثرات کود دامی و سولفات آهن در بهبود تغذیه آهن در گوجه فرنگی. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۲۵۳.

گلچین، الف، اسماعیلی، م، ملکوتی، م.ج. (۱۳۷۸). گزارش نهایی پروژه تاثیر مواد آلی، منگنز و مس و عملکرد و کیفیت گندم آبی در استانهای سردسیر. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۰۷۴.

مجیدی، ع، سرابی، ع، ملکوتی، م.ج. (۱۳۷۸). گزارش نهایی پروژه اثر مقادیر و منابع کودی روی و کمپوست بر عملکرد و جذب روی در گندم آبی. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۰۷۳.

میرزاشاهی، ک. (۱۳۸۶). گزارش نهایی پروژه تاثیر استفاده توام مواد آلی (کود حیوانی) و کودهای شیمیایی بر عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و مواد آلی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۵۴۰.

Campbell, C.A., Zentner, R.P., Liang, B.C., Roloff, G., Gregorich, E.C., & Blomer, B. (2000). Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskachewan- Effect of crop rotations and fertilizers. *Canadian Journal of Soil Science*, 80: 179-192.

Dobermann, A. (2007). Nutrient use efficiency- measurement and management. Pp. 1-28. Fertilizer best management practices- general principles, strategy for their adoption and voluntary initiatives vs regulations. *Proceedings of International fertilizer industry association (IFA) workshop on fertilizer best management practices*, 7-9 march 2007, Brussels, Belgium.

Liu, X.B., Liu, J. D., Xing, B., Herbert, S. J., & Zhang, X. Y. (2005). Effects of long-term continuous cropping, tillage, and fertilization on soil carbon and nitrogen in Chinese mollisols. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1229-1239.

Odongo, N. E., Hyoung-Ho, K., Choi, H. C., VanStraaten, P., McBride, B. W., & Romney, D. L. (2007). Improving rock phosphate availability through feeding, mixing and processing with composting manure. *Bioresource Technology*, 98: 2911-2918.

Roberts, T. L. (2008). Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 177-182.

Van Straaten, P. (2002). *Rocks for crops: Agrominerals of sub-saharan Africa*. ICRAF, Nairobi, Kenya, P.338.

The effect of integrated management of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of irrigated wheat in Qazvin province

Jafar Shahabifar

Assistant Professor of Soil and Water Research Section, Agricultural and Natural Resources Research Center, (AREEO), Qaznin, Iran

Abstract

This project was conducted in order to influence organic and chemical fertilizers on yield and yield components, in Ismail Abad Agricultural Research Station in 2012. In this study, sheep manure and compost fertilizer were used at three levels of 0, 10 and 20 tons per hectare in terms of dry matter. Triple superphosphate fertilizer was used in four levels of 0, 100%, 75% and 50% recommendation based on soil test. After wheat harvest, grain yield, total yield, 1000-seed weight, number of spikes per square meter, soil organic matter, grain phosphorus and straw, total soil phosphorus uptake were measured. The results showed that with the application of 10 tons per hectare of organic fertilizer (sheep or compost), wheat grain yield increased compared to the control, which was not different from other levels of organic fertilizers used. The highest grain yield and the highest concentration of phosphorus in wheat grain and straw were obtained by using 50% and 100% phosphorus fertilizer, which were not significantly different. Also, the highest amount of soil organic matter was obtained by consuming 10 tons of compost.

Keywords: Phosphorus, Organic Fertilizer, Soil Fertility, Wheat

معادله نیتروژن بحرانی و نقش آن در مدیریت مصرف آب و نیتروژن در مناطق گرم و خشک

آرش رنجبر[1]، نیازعلی ابراهیمی پاک[2]، آرش تافته[1]

۱- استادیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (Arashranjbar@ut.ac.ir)

۲- دانشیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

شاخص تغذیه نیتروژن یکی از ابزارهای موثر برای تشخیص شرایط نیتروژنی گیاه قلمداد می‌شود که برای محاسبه آن از معادله نیتروژن بحرانی استفاده می‌گردد. هدف اصلی از این مطالعه بررسی نقش معادله نیتروژن بحرانی در بهبود مدیریت مصرف نیتروژن و آب در مزرعه می‌باشد. بدین منظور از معادله نیتروژن بحرانی ارائه شده برای کشت ذرت تابستانه در پاکدشت و داده‌های آزمایش مزرعه‌ای طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ استفاده گردید. این داده‌ها شامل عملکرد ماده خشک و دانه تولید شده در هر تیمار به علاوه غلظت نیتروژن موجود در آن‌ها بود. نتایج بدست آمده نشان دادند که با استفاده از معادله نیتروژن بحرانی و محاسبه شاخص تغذیه نیتروژن می‌توان تیمار بهینه را که شامل حداکثر محصول تولیدی در ازای دریافت کود کمتری است تعیین کرد. همچنین مشخص شد که نه تنها شاخص کارایی مصرف کود نیتروژن و آب در تیمار بهینه حداکثر است بلکه تلفات نیتروژن نیز به حداقل می‌رسد. بنابراین پایش شاخص تغذیه نیتروژن در طول فصل رشد می‌تواند نقش موثری در مدیریت مصرف آب و کود نیتروژن در مزرعه و استحصال شرایط بهینه رشد برای گیاه داشته باشد.

کلمات کلیدی: شاخص تغذیه نیتروژن، کارایی مصرف کود نیتروژن و آب، ذرت.

مقدمه

عدم هماهنگی بین میزان کود نیتروژن ورودی به خاک و میزان مورد نیاز گیاه باعث می‌شود مقدار زیادی از این کود در خاک انباشته شود که با برنامه‌ریزی آبیاری نامناسب و یا بارندگی‌های شدید، مستعد آبشویی و آلودگی منابع آبی می‌باشد. همین نکته باعث افزایش غلظت نیترات محلول در منابع آب‌های مناطق کشاورزی در اغلب کشورها شده است (Fageria and Baligar, 2005). به همین دلیل بیش از دو دهه است که مطالعات گسترده‌ای روی روش‌های تعیین نیاز نیتروژنی گیاه به منظور افزایش راندمان مصرف آن انجام شده است. تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد می‌تواند منجر به ارتقاء کارایی مصرف آب نیز بشود. به عبارت دیگر چنانچه نیاز آبی گیاه به طور کامل تامین شود اما تحت تنش نیتروژنی قرار گیرد کماکان از رشد پتانسیل باز می‌ماند و نمی‌تواند حداکثر عملکرد خود را داشته باشد (Gheysari et al., 2009).

از نقطه نظر علمی، نیاز گیاه به نیتروژن در طول دو مرحله رشد رویشی و زایشی متفاوت است (Plenet and Lemaire, 2000). نتایج تحقیقات قبلی نشان داده که پایش روشی موثر در تشخیص زمان و مقدار مناسب نیتروژن مورد نیاز گیاه است (Lemaire and Meynard, 1997; Ata-

(Ul-Karim et al., 2014) NNI که عبارتست از نسبت غلظت واقعی نیتروژن (N) به غلظت نیتروژن بحرانی (Nc) در گیاه، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$NNI = \frac{N}{N_c} \qquad (۱)$$

که منظور از غلظت نیتروژن بحرانی در این رابطه، حداقل غلظت نیتروژن مورد نیاز در اندام هوایی گیاه است که منجر به تولید حداکثر اندام هوایی در زمان معینی از دوره رشد می‌شود (Greenwood et al, 1990). مقادیر NNI بیشتر از یک معرف مصرف بیش از حد و کمتر از یک معرف کمبود نیتروژن در گیاه است. مقادیر نزدیک به یک نیز حاکی از کفایت غلظت نیتروژن در گیاه می‌باشند.

علی رغم اینکه در دو دهه اخیر مطالعات منسجمی در دنیا برروی تعیین منحنی نیتروژن بحرانی برای گیاهان مختلف و پایش NNI در مزارع انجام گرفته است، در ایران تحقیقات بسیار اندکی در این زمینه شکل گرفته است. برای تعیین دقیق NNI باید از معادله نیتروژن بحرانی که بر اساس نوع واریته و اقلیم هر منطقه واسنجی و صحت سنجی شده است استفاده شود (Yue et al., 2014). به نظر می‌رسد هزینه و وقت زیادی که برای تعیین پارامترهای غلظت واقعی و بحرانی نیتروژن باید صرف شود یکی از دلایل آن باشد. در معدود مطالعات انجام شده در ایران، رنجبر و همکاران (۱۳۹۶) برای اولین بار ضرایب معادله نیتروژن بحرانی برای کشت تابستانه ذرت را در منطقه پاکدشت واسنجی و صحت‌سنجی کرد و در نهایت معادله $Nc= 2.9\ W^{-0.27}$ برای این منظور ارائه شد. اما با استفاده از این معادله، NNI و وضعیت نیتروژنی کشت ذرت ارزیابی نشده است.

با مصرف بهینه و به هنگام نیتروژن علاوه بر بهبود عملکرد گیاه و کاهش هزینه‌های کشت، منابع آبی و محیط زیست کمتر در معرض آلودگی قرار خواهد گرفت. از طرف دیگر تولید حداکثر محصول به نوعی باعث ارتقاء پارامتر کارایی مصرف آب نیز خواهد شد. بنابراین فرضیه اصلی مطالعه حاضر اینست که با پایش NNI در طول فصل رشد ذرت، علاوه بر مشخص شدن وضعیت نیتروژنی گیاه، مدیریت دقیقتر نیتروژن و آب در مزرعه امکان‌پذیرتر خواهد بود. با توجه به نکات اشاره شده، هدف اصلی از این مطالعه پایش تغییرات NNI و نقش آن در بهبود مدیریت مصرف نیتروژن و آب در مزرعه است.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی اراضی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، واقع در شهرستان پاکدشت در جنوب شرقی تهران انجام شد. شهرستان پاکدشت یکی از مهم‌ترین مناطق کشاورزی استان تهران، واقع در دشت ورامین می‌باشد. منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۱۰۲۰ متری از سطح دریا، از نظر جغرافیایی در طول ′۶۶ °۵۱ شرقی و عرض ′۴۶ °۳۵ شمالی واقع شده است. میانگین سالانه دمای هوای منطقه طی دهه گذشته در حدود ۱۹ درجه سانتیگراد بوده است که ماه‌های جولای (تیر) و ژانویه (دی) به ترتیب با ۳۴ و ۶/۸ درجه سانتیگراد بیشترین و کمترین میانگین دما را داشته‌اند. متوسط بارندگی در این منطقه ۱۶۵ میلیمتر در سال می‌باشد و براساس طبقه بندی دومارتن دارای اقلیمی خشک است.

۱ - Nitrogen Nutrition Index

2- Critical nitrogen dilution curve

در این مطالعه گیاه ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۹۴ و ۲۴ اردیبهشت ۱۳۹۵ به روش جوی و پشته کشت شد. تیمارها شامل هفت سطح صفر به عنوان شاهد (N0)، ۵۰ (N1)، ۱۰۰ (N2)، ۱۵۰ (N3)، ۲۰۰ (N4)، ۲۵۰ (N5) و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N6) توسط کود اوره (حاوی ۴۶٪ نیتروژن) و به صورت طرح بلوک‌های تصادفی و با سه تکرار ایجاد شدند (شکل ۱). این سطوح براساس آزمون خاک و آب قبل از کاشت، با استفاده از نمونه‌برداری در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتری و مطابق با توصیه‌های مطالعات پیشین در زمینه تعیین منحنی نیتروژن بحرانی به گونه‌ای تعیین شدند که از مقادیر بسیار کم تا بسیار زیاد نیتروژن برای مصرف گیاه در تیمارها وجود داشته باشند (Plenet and Lemaire, 2000). نتایج متوسط پارامترهای بدست آمده از آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی طی دو سال آزمایش به ترتیب در جدول (۱) ارائه شده است. در عمق پایین تر از ۶۰ سانتیمتری خاک یک لایه سنگریزه وجود داشت. آب آبیاری نیز از چاه پردیس تامین می‌شد. همچنین بر اساس آزمون خاک قبل از کشت و مقادیر فسفر و پتاسیم موجود در آن مشخص شد که خاک هیچگونه کمبودی از این عناصر ندارد.

نیتروژن مورد نیاز با استفاده از کود اوره تامین شد و عملیات کوددهی به صورت سرک و طی سه نوبت در زمان‌های ۲۲، ۵۲ و ۶۵ روز بعد از کشت در سال زراعی ۱۳۹۴ و ۲۸، ۴۰ و ۶۶ روز بعد از کشت در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام گرفت. روزهای مشخص شده برای کوددهی به ترتیب با مراحل ۷-۶ برگی، ابتدا یا اواسط ساقه رفتن و گلدهی همزمان بودند. به ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۳۰ درصد از کل کود مشخص شده برای هر تیمار در هر سال زراعی طی هر نوبت کوددهی با دقت اندازه‌گیری می‌شد و بلافاصله بعد از اتمام آبیاری با پیمانه‌های معین در کف جویچه‌ها به طور یکنواخت پخش می‌گشت تا در آب داخل جویچه ها حل شده و همراه با آب در خاک نفوذ کند. در نهایت کشت سال اول بعد از ۱۱۹ روز از تاریخ کاشت و کشت سال دوم بعد از ۱۱۵ روز از تاریخ کاشت برداشت شد.

برای هر کرت آزمایشی مساحتی حدود ۲۵ متر مربع در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌ها در هر کرت ۷۵ سانتیمتر و فاصله بین هر گیاه در ردیف‌های کشت ۱۸ سانتیمتر بود. برای جلوگیری از تاثیر کرت‌ها روی نتایج یکدیگر بین آنها از هر طرف حاشیه یک متری لحاظ گردید. به منظور تعیین زمان مناسب آبیاری تغییرات رطوبت خاک در طول فصل کشت با استفاده از روش انعکاس سنجی زمانی[۳] (با دستگاه TDR) به طور مستمر قبل و بعد از آبیاری رصد می‌شد و بعد از اتمام میزان آب سهل الوصول (و رسیدن رطوبت خاک به حدود ۲۰ درصد حجمی) اقدام به آبیاری مجدد می‌گردید تا گیاه با هیچ‌گونه تنش رطوبتی مواجه نشود. مقدار و زمان آبیاری با استفاده از اندازه‌گیری دبی حجمی و حجم آب آبیاری توسط پارامترهای رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک (جدول ۱) و با در نظر گرفتن ضریب مدیریتی مجاز آبیاری[۴] (MAD) برای گیاه ذرت (۰/۵) محاسبه می‌گردید. شایان ذکر است که داده‌های هواشناسی مورد نیاز در این تحقیق از ایستگاه هواشناسی واقع در پردیس ابوریحان جمع آوری گردید.

11- Time-Domain Reflectometer

12- Management Allowed Depletion

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (متوسط دو سال)

پارامتر		عمق ۰ تا ۲۰ (cm)	عمق ۲۰ تا ۴۰ (cm)	عمق ۴۰ تا ۶۰ (cm)
جرم مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)		۱/۶۰	۱/۶۱	۱/۶۱
ظرفیت زراعی (درصد حجمی)		۲۶/۲	۲۶/۶	۲۷/۹
رطوبت پژمردگی (درصد حجمی)		۱۳/۰	۱۳/۳	۱۳/۸
نیتروژن (٪)		۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۵
اسیدیته (pH)		۸/۱۰	۸/۰۰	۷/۹۳
شوری عصاره اشباع ($dS.m^{-1}$)		۲/۹۰	۳/۳۲	۳/۹۵
ماده آلی (٪)		۱/۴۱	۰/۸۵	۰/۵۶
بافت خاک		لوم	لوم	لوم
درصد ذرات خاک	رس	۱۳/۶	۱۳/۶	۱۷/۶
	سیلت	۳۴/۶	۳۶/۶	۳۴/۶
	شن	۵۱/۸	۴۹/۸	۴۷/۸

نمونه برداری و عملیات آزمایشگاهی

نمونه‌های گیاهی در هر دو سال، بعد از کاشت بذر تا انتهای فصل کشت طی شش نوبت در زمان‌های ۲۶، ۴۵، ۶۲، ۷۵، ۸۷ و ۱۱۹ روز بعد از کشت سال ۱۳۹۴ و ۳۹، ۴۹، ۵۹، ۸۰، ۹۰ و ۱۱۵ روز بعد از کشت سال ۱۳۹۵ برداشت شدند. در هر مرحله نمونه‌برداری شش گیاه از ردیف‌های میانی هر کرت آزمایشی انتخاب و از سطح خاک بریده می‌شدند و بعد از انتقال سریع به آزمایشگاه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک می‌شدند. فرآیند خشک شدن در آون تا جایی که وزن نمونه‌ها به ثبات می‌رسید ادامه داشت. سپس نمونه‌ها وزن شده و آسیاب می‌گشتند. علاوه بر این، با استفاده از روش استاندارد کجلدال (Horowitz, 1970) میزان نیتروژن کل آن‌ها اندازه‌گیری می‌شد. در نهایت داده‌های شامل وزن خشک (W) و غلظت نیتروژن (N%) برای نمونه‌های برداشت شده از کل تیمارها اندازه‌گیری گردید و تغییرات آن‌ها طی فصل رشد و اثرات سطوح مختلف کود بر روی آن‌ها بررسی شد. شایان ذکر است که فرآیند تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS و Excel صورت گرفت. برای مقایسه میانگین نیز از آزمون LSD (حداقل اختلاف معنی داری) استفاده شد.

معادله ترقیق نیتروژن بحرانی و شاخص تغذیه نیتروژن (NNI)

پایش شاخص NNI در طول رشد، وضعیت و میزان دسترسی گیاه به نیتروژن را نشان می‌دهد (Plenet and Lemaire, 2000). در صورتی که این شاخص نزدیک به یک باشد، نشان دهنده این است که گیاه برای رشد حداکثر، کمبود نیتروژن ندارد، مقادیر بیشتر از یک معرف مصرف بیش از حد و کمتر از یک معرف کمبود نیتروژن در گیاه است. در این مطالعه برای محاسبه NNI در طول فصل رشد ذرت از معادله ترقیق نیتروژن بحرانی در منطقه پاکدشت استفاده شد (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین، مقدار NNI (طبق رابطه ۱ و ۲) برای کلیه نمونه‌های برداشت شده در طول دو سال آزمایش محاسبه گردید. همچنین تیمار بهینه کودی (Nopt) که عبارتست از تیماری که علی‌رغم دریافت کود کمتر عملکردش (Wopt) تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با حداکثر عملکرد (Wmax) ندارد (Plenet and Lemaire, 2000) تعیین شد. سپس تغییرات NNI برای تیمار بهینه و سایر تیمارها مختلف در طول فصل بررسی گردید تا نقش معادله ترقیق نیتروژن بحرانی در مدیریت زمان و مقدار مصرف کود در مزرعه بیشتر مشخص شود. از طرفی بهبود مدیریت مصرف کود در مزرعه موجب ارتقاء کارایی مصرف آب نیز می‌گردد. بنابراین لازم بود تا شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف آب و کود در مزرعه برای تیمارهای مختلف بررسی شوند.

محاسبه کارایی مصرف آب[5] (WUE)، کارایی زراعی نیتروژن[6] (ANE) و کارایی بازیافت نیتروژن[7] در تیمارهای مختلف(CRE)

برای اینکه مشخص شود در تیمارهای مختلف راندمان مصرف آب و کود چقدر بوده و این مقادیر از لحاظ کمّی با یکدیگر مقایسه شوند از شاخص‌های WUE، ANE و CRE استفاده گردید. WUE از جمله شاخص‌های مهم در تعیین کارایی استفاده از آب جهت تولید محصولات کشاورزی در سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد. این شاخص عبارتست از نسبت ماده خشک محصول به مقدار آب مصرفی و به صورت رابطه زیر نمایش داده می‌شود:

$$WUE = \frac{W}{I} \qquad (۳)$$

که در آن W ماده خشک محصول (kg) و I مقدار آب مصرفی (m^3) می‌باشد. شاخص ANE نیز یکی از شاخص‌های پر کاربرد برای مدیریت مصرف نیتروژن می‌باشد که نسبت میزان افزایش عملکرد را به ازای واحد نیتروژن مصرف شده بیان می کند و به صورت زیر محاسبه می‌گردد(Dobermann, 2005):

$$ANE = \frac{W_G - W_{GO}}{N_F} \qquad (۴)$$

که در آن W_{GN}، عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) در کرتی که کود نیتروژن دریافت کرده است، W_{GO} عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) در کرتی که هیچ کود نیتروژنی دریافت نکرده است و N_F مقدار کود نیتروژن مصرف شده ($kg.ha^{-1}$) می‌باشد. علاوه براین، شاخص پر اهمیت دیگری به نام کارایی بازیافت نیتروژن به منظور مدیریت مصرف نیتروژن در سطح مزرعه وجود دارد که می‌تواند میزان آبشویی و اثرات منفی زیست محیطی کودهای نیتروژنی را نشان دهد (Anbessa and Juskiw, 2012). این شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شود (Dobermann, 2005):

$$CRE = \frac{N_G - N_{GO}}{N_F} \qquad (۵)$$

که در آن N_G مقدار نیتروژن موجود در دانه ($kg.ha^{-1}$) در کرت دریافت کننده نیتروژن ، N_{GO} مقدار نیتروژن موجود در دانه ($kg.ha^{-1}$) در کرتی که هیچ کود نیتروژنی دریافت نکرده است و N_F مقدار کود نیتروژن مصرف شده ($kg.ha^{-1}$) می‌باشد.

به منظور محاسبه و مقایسه شاخص‌های WUE، ANE و CRE در تیمارهای مختلف، در زمان برداشت در هر دو سال کشت، از هر تیمار مقادیر ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد و هدف از آن بررسی تغییرات این شاخص‌ها در نتیجه کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن در این مطالعه بود. این مقادیر به همراه حجم کل آب و نیتروژن مصرفی به منظور محاسبه WUE، ANE و CRE بکار گرفته شدند (Dobermann, 2005).

نتایج و بحث

1- Water use efficiency
2- Agronomic Nitrogen Efficiency
3- Crop Recovery Efficiency

اثر کود بر تولید ماده خشک، عملکرد دانه و غلظت نیتروژن دانه

نتایج بررسی اثر کود بر تولید ماده خشک و عملکرد دانه برای تیمارهای مختلف نشان داد که طی هر دو سال آزمایش اثر تکرار، تفـاوت معنـی‌داری در سطح یک درصد از نظـر آمـاری به وجـود نیاورده و بنابراین نتایج اندازه‌گیری قابل اعتماد بودند. علاوه بر این اثر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن در تولید ماده خشک و عملکرد دانه در جداول ۲ و ۳ کاملا مشهود است. همچنین در طول فصل رشد برای هر دو سال، اثر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر غلظت نیتروژن موجود در ماده خشک و دانه تولیدی معنی‌دار بود که جداول مربوطه در اینجا نمایش داده نشده است. اما نتایج حاکی از آن بود که افزایش کاربرد کود نیتروژن تاثیر معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) از نظر آماری بروی غلظت نیتروژن موجود در دانه و ماده خشک تولیدی دارد.

جدول۲- تجزیه واریانس تاثیر تیمارها بر تولید ماده خشک گیاه و دانه در کشت اول (سال ۱۳۹۴)

منبع تغییرات	درجه آزادی	روز نمونه برداری						
		۲۶	۴۵	۶۳	۷۵	۸۷	۱۱۹	دانه
تیمار	۶	۰/۰۲۸**	۳/۴۱۰**	۶/۹۶۲**	۱۷/۵۷۱**	۴۰/۵۸۶**	۷۸/۵۲۸**	۲۶/۷۹۳**
تکرار	۲	۰/۰۲۹ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۶۶۸ ns	۲/۱۴۰ ns	۰/۴۱۰ ns	۱/۴۲۰ ns	۰/۶۰۳ ns
خطا	۱۲	۰/۰۰۳	۰/۳۷۳	۰/۲۸۱	۰/۰۸۹	۰/۵۷۰	۰/۹۱۰	۰/۹۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۲۷۵	۱۵/۲۱۸	۶/۳۲۶	۲/۶۳۰	۵/۰۱۶	۴/۷۴۱	۱۲/۶۶۴

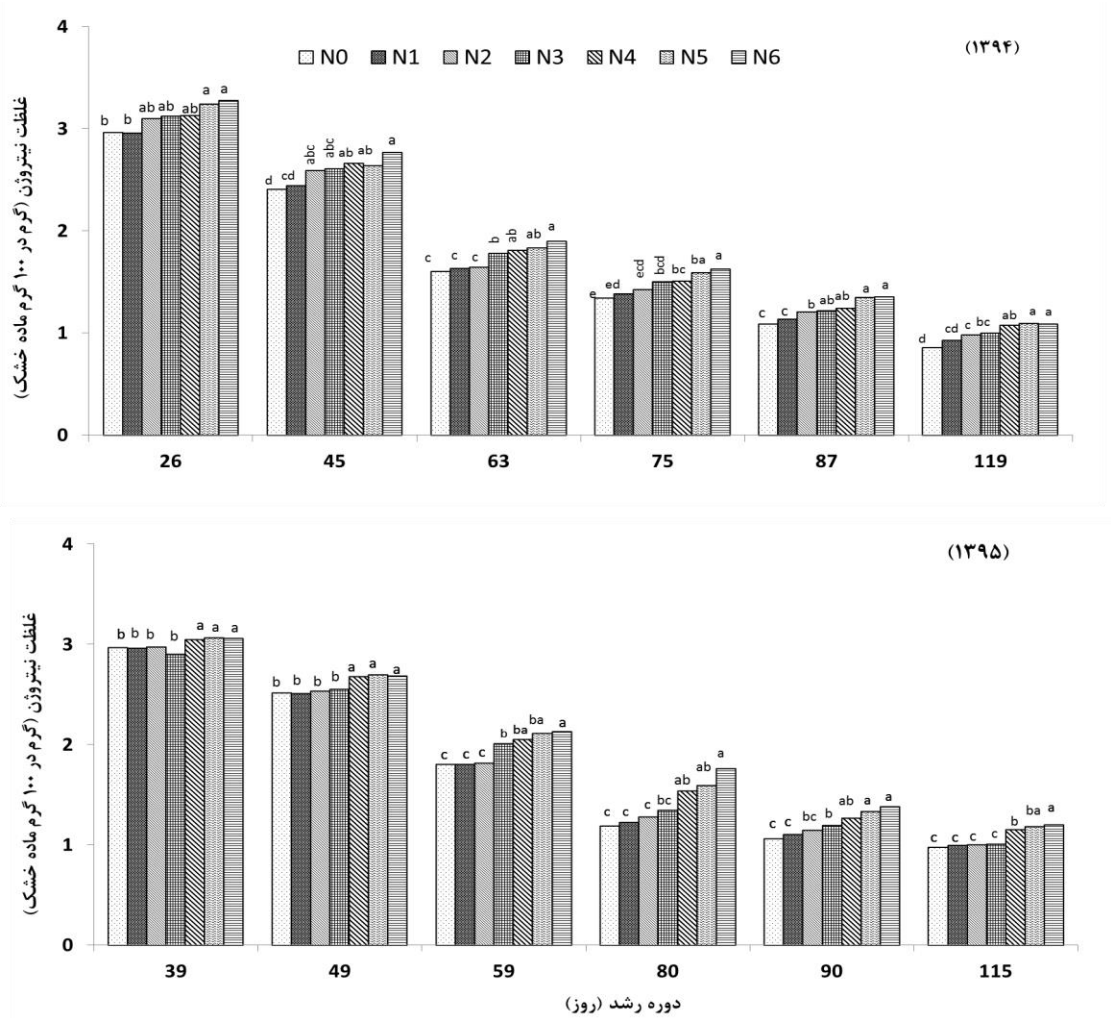
* در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. ns: از نظر آماری معنی دار نیست.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر تیمارها بر تولید ماده خشک گیاه در کشت دوم (سال ۱۳۹۵)

منبع تغییرات	درجه آزادی	روز نمونه برداری						
		۳۹	۴۹	۵۹	۸۰	۹۰	۱۱۵	دانه
تیمار	۶	۰/۰۴۳*	۱/۸۵۶**	۵/۲۳۹**	۲۸/۳۱۲**	۳۵/۲۲۸**	۱۲۹/۲۶۹**	۴۳/۴۳۱**
تتکرار	۲	۰/۰۲۹ns	۰/۰۰۶ ns	ns ۰/۳۳۲	۱/۶۹۳ ns	۰/۱۲۲ ns	۱/۰۱۶ ns	۰/۶۹۲ ns
خطا	۱۲	۰/۰۱۵	۰/۱۴۶	۱/۰۴۰	۰/۸۴۷	۳/۷۹۹	۸/۲۴۱	۱/۹۳۹
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۵۳۰	۱۳/۲۵۷	۱۷/۲۱۹	۸/۲۹۵	۱۳/۸۶۳	۱۴/۷۷۳	۱۶/۶۶۲

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. ns: از نظر آماری معنی دار نیست.

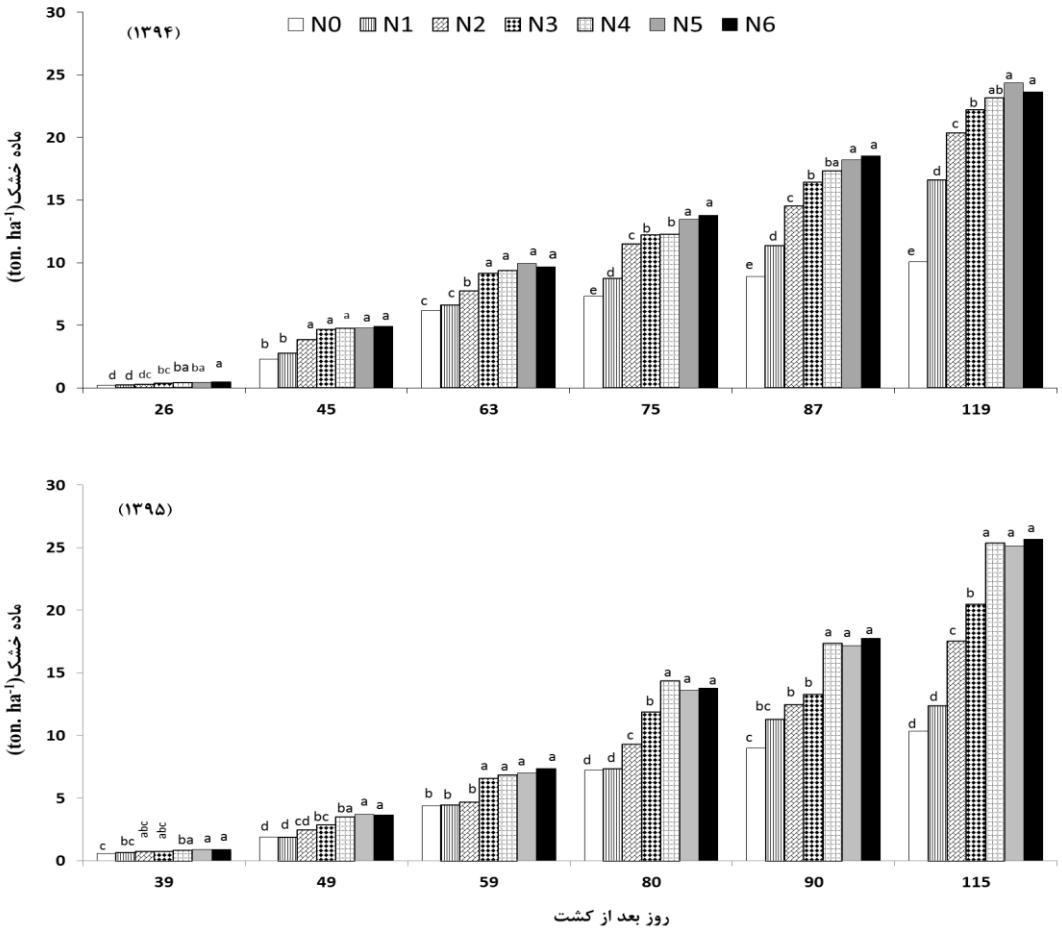
میانگین غلظت نیتروژن در تیمارها نیز بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD, $p < 0.05$) مقایسه گردید. همانطور که در شکل (۱) مشخص شده است، طی هر دو سال آزمایش، با گذشت زمان غلظت نیتروژن در همه تیمارها کاهش یافته است. نکته قابل توجه در این جداول اینست که اختلاف غلظت نیتروژن موجود در ماده خشک تیمارهای N4، N5 و N6 و در همه نمونه‌برداری‌ها طی دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد با یکدیگر نداشته‌اند. حداقل و حداکثر غلظت نیتروژن در سال ۱۳۹۴ برابر ۰/۸۶ و ۳/۲۸ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به ترتیب مربوط به تیمار N0 (در آخرین نمونه‌برداری فصل) و N6 (در اولین نمونه‌برداری فصل) بود. همچنین حداقل و حداکثر غلظت نیتروژن در سال ۱۳۹۵ برابر ۰/۹۸ و ۳/۰۷ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به ترتیب مربوط به تیمار N0 (در آخرین نمونه‌برداری فصل) و N5 (در اولین نمونه‌برداری فصل) بود. دامنه تغییرات غلظت نیتروژن در طول فصل کشت در مقایسه با سایر مطالعات (Planet and Lemaire, 2000) در محدوده منطقی بود.



شکل ۱- مقایسه غلظت نیتروژن موجود در ماده خشک تیمارهای مختلف طی نمونه‌برداری‌های انجام شده در سال‌های الف: ۱۳۹۴، ب: ۱۳۹۵ (حروف روی نمودار ستونی با استفاده از مقایسه میانگین به روش LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد بدست آمده است).

نتایج ارائه شده در شکل (۲) نیز به خوبی روند رو به رشد و اختلاف سرعت رشد در بین تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که با مقایسه میانگین صورت گرفته مشخص شده است، در طول هر دو فصل، اختلاف معنی داری بین ماده خشک تولیدی در تیمارهای N4، N5 و N6 وجود ندارد. حداقل و حداکثر ماده خشک تولیدی در سال ۱۳۹۴ برابر ۰/۲۳ و ۲۴/۳۶ (تن در هکتار) به ترتیب مربوط به تیمار N0 (در اولین نمونه‌برداری فصل) و N5 (در آخرین نمونه‌برداری فصل) بود. همچنین، حداقل و حداکثر ماده خشک تولیدی در سال ۱۳۹۵ برابر ۰/۵۹ و ۲۵/۶۹ (تن در هکتار) به ترتیب مربوط به تیمار N0 (در اولین نمونه‌برداری فصل) و N6 (در آخرین نمونه‌برداری فصل) بدست آمد. نتایج ارائه شده در شکل (۳) نیز نشان می‌دهند که عملکرد دانه در طی دو سال آزمایش در تیمارهای N4، N5 و N6 تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند. بنابراین با توجه به اینکه در تیمار N4 کمتر از دو تیمار دیگر کود نیتروژنه (اوره) استفاده شده بود، این تیمار به عنوان تیمار بهینه (W_{opt} , N_{opt}) انتخاب گردید. از طرف دیگر، غلظت نیتروژن موجود در دانه سه تیمار مذکور تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد با یکدیگر نداشتند. حداقل و حداکثر عملکرد دانه و غلظت نیتروژن موجود در آن طی سال ۱۳۹۴ برابر ۳/۴۴ و ۱۰/۹۴ (تن در هکتار) و ۱/۳۲

و ۱/۶۴ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به ترتیب مربوط به تیمار N0 و N6 بود. همچنین حداقل و حداکثر عملکرد دانه طی سال ۱۳۹۵ برابر ۲/۲۷و ۱۰/۹۷ (تن در هکتار) به ترتیب مربوط به تیمار N0 و N6 و نیز و غلظت نیتروژن موجود در دانه برابر ۱/۱۷ و ۱/۶۴ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به ترتیب مربوط به تیمار N0 و تیمار N5 بود.

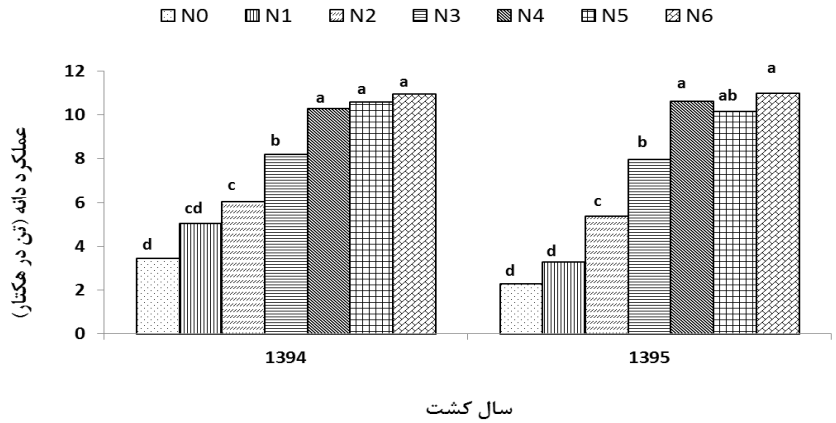


شکل۲- مقایسه ماده خشک تولیدی در تیمارهای مختلف طی نمونه‌برداری‌های انجام شده در سال‌های الف: ۱۳۹۴، ب: ۱۳۹۵ (حروف روی نمودار ستونی با استفاده از مقایسه میانگین به روش LSD در سطح معنی داری ۵ درصد بدست آمده است).

مقایسه NNI محاسبه شده برای تیمارهای مختلف در طول فصل کشت

همانطور که در شکل (۴) نشان داده شده است، تغییرات NNI در تیمارهای مختلف طی دو سال کشت کاملا واضح است. دامنه تغییرات NNI در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به ترتیب از ۰/۵۰ تا ۱/۵۴ و از ۰/۵۸ تا ۱/۲۷ بود. مقدار NNI تقریبا در اکثر نمونه‌برداری‌های دو سال برای تیمارهای N0 تا N3 کوچکتر از یک و برای تیمارهای N5 و N6 بزرگتر از یک و برای تیمار N4 در حدود یک بود. از طرف دیگر مقادیر NNI برای نمونه‌برداری‌های ۴۵ و ۴۹ روز بعد از کشت به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ بیشترین مقدار را داشت. دلیل این مسئله سرعت جذب بالای ذرت در این بازه از زمان کشت می‌باشد که مصادف با مرحله ساقه رفتن و رشد رویشی گیاه است (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵). از طرف دیگر، افزایش مقدار NNI نسبت به افزایش کاربرد نیتروژن در شکل مذکور نیز به وضوح مشخص شده است. این شکل به

خوبی وضعیت نیتروژن تیمارهای مختلف در طول دوره کشت را نشان می‌دهد. تیمار بهینه N4 تنها تیماری است که نسبت به سایرین مقدار کود دریافتی متناسب‌تری در طول فصل کشت داشته است. این نتایج حاکی از این هستند که NNI این قابلیت رادارد که وضعیت نیتروژنی تیمارهایی که در معرض کمبود یا ازدیاد کود نیتروژن هستند را به خوبی از هم تفکیک کرده و مشخص کند.



شکل۳- مقایسه عملکرد دانه در تیمارهای مختلف در سال‌های الف: ۱۳۹۴، ب: ۱۳۹۵ (حروف روی نمودار ستونی با استفاده از مقایسه میانگین به روش LSD در سطح معنی داری ۵ درصد بدست آمده است).

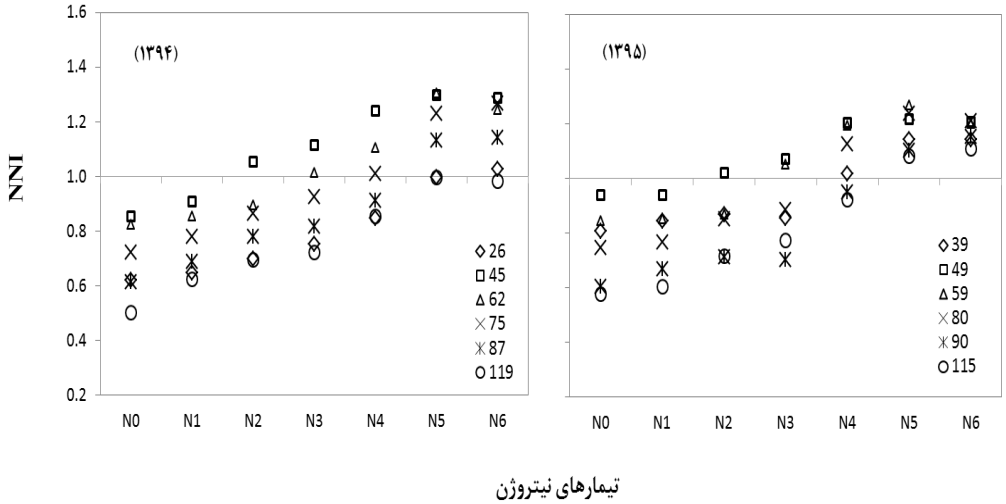
مقایسه کارایی مصرف آب (WUE)، کارایی زراعی نیتروژن (ANE) و کارایی بازیافت نیتروژن (CRE):

همانطور که در جدول‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است، مقادیر WUE در تیمارهای N6 ، N5 و N4 در هر دو سال کشت، تقریبا با یکدیگر برابرند و بسیار به هم نزدیک هستند. این نتایج نشان می‌دهند که محدودیت نیتروژن می‌تواند باعث کاهش چشمگیر WUE گردد اما مصرف بیشتر از حد آن تاثیری در افزایش WUE نخواهد داشت. این در حالیست که از بین این سه تیمار (N6، N5 و N4) مقدار CRE در تیمار N4 بیشتر از دو تیمار دیگر است. این شاخص نشان می‌دهد که به ازای مصرف هر کیلوگرم کود نیتروژن، چه نسبتی از آن توسط گیاه جذب شده است. بدیهی است که مقدار نیترات و آمونیوم بیشتری در دو تیمار N5 و N6 به شکل‌های مختلف تلف شده و در پروفیل خاک انباشته شده است. از طرف دیگر مقدار ANE در هر دوسال در تیمار N4 بیشتر از سایر تیمارهاست. به عبارت دیگر به ازای مصرف یک کیلوگرم کود در تیمار N4 میزان عملکرد بیشتری بدست آمده است.

این نتایج نشان می‌دهند که تلفات و تجمع نیتروژن در خاک تیمارهای N5 و N6 بیشتر از تیمار N4 بوده است. علاوه بر این، از مقدار آبی که در تیمارهای N0، N1، N2 و N3 در اختیار گیاه قرار داده شده است بیشترین عملکرد ممکن استحصال نشده است. به عبارت دیگر از آب و نیتروژن تنها در تیمار N4 بهتر از سایر تیمارها استفاده شده است. از طرف دیگر، مقدار NNI برای تیمار N4 در مقایسه با دیگر تیمارها، در طول دو فصل کشت نزدیک‌تر به یک بود که این خود نشان دهنده این است که این تیمار کمتر در معرض کمبود یا ازدیاد نیتروژن بوده است. بنابراین، با پایش مقادیر NNI در طول فصل می‌توان مصرف نیتروژن را به نحوی مدیریت کرد که علاوه به دستیابی به عملکرد حداکثر، حداقل تلفات و تجمع نیتروژن را در پروفیل خاک شاهد بود. بدین ترتیب، گیاه از آبی که در اختیار دارد بیشترین عملکرد ممکن را تولید خواهد کرد.

نتیجه گیری

در این مطالعه نقش معادله نیتروژن بحرانی و NNI در بهبود مدیریت آب و کود بررسی گردید. بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از نتایج آزمایش مزرعه‌ای تیمار بهینه، تیماری که علی‌رغم دریافت کود کمتر، حداکثر عملکرد در آن تولید شده بود تعیین گردید. همچنین مشخص شد که کارایی مصرف آب و نیتروژن در تیمار بهینه نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. علاوه براین مقدار تلفات و تجمع کود در خاک تیمار بهینه نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. سپس با استفاده از معادله نیتروژن بحرانی ارائه شده برای کشت ذرت تابستانه در پاکدشت، NNI کلیه تیمارها در طول فصل رشد محاسبه شد. مقدار NNI در طول فصل رشد برای تیمار بهینه نزدیک به یک بود که این یعنی اینکه نسبت به سایر تیمارها کمتر در معرض کمبود یا ازدیاد نیتروژن قرارداشته است. بنابراین، نتایج بدست آمده حاکی از این هستند که منحنی نیتروژن بحرانی و پایش NNI در طول فصل رشد ابزار توانمندی به منظور ارتقاء مدیریت نیتروژن و آب در مرزعه هستند و می‌توانند به طور موثری باعث کاهش هزینه و خطرات زیست محیطی شوند.



شکل۴-۳۲- تغییرات NNIo در تیمارهای مختلف طی سال‌های ۱۳۹۴ (الف) و ۱۳۹۵ (ب).

جدول ۴- مقادیر عملکرد محصول و WUE، ANE و CRE در کشت سال ۱۳۹۴

تیمار	وزن ماده خشک (ton.ha^{-1})	وزن دانه (ton.ha^{-1})	حجم آبیاری (m^3.ha^{-1})	WUE (kg.m^{-3})	ANE	CRE
N0	e*۱۰/۰۹۲	d۳/۴۳۷	۷۹۰۷/۱	۱/۲۷۶	----	----
N1	d۱۶/۶۱۷	cd۵/۰۴۳	۷۹۰۷/۱	۲/۱۰۱	۳۲/۱۱۶	۰/۸۴۰
N2	c۲۰/۳۵۸	c۶/۰۳۲	۷۹۰۷/۱	۲/۵۷۵	۲۵/۹۵۲	۰/۹۷۶
N3	b۲۲/۲۱۸	b۸/۱۶۶	۷۹۰۷/۱	۲/۸۱۰	۳۱/۵۲۹	۰/۷۹۵
N4	ab۲۳/۱۸۲	a۱۰/۲۸۱	۷۹۰۷/۱	۲/۹۳۲	۳۴/۲۲۲	۰/۷۳۹
N5	a۲۴/۳۶۳	a۱۰/۵۷۵	۷۹۰۷/۱	۳/۰۸۱	۲۸/۵۵۴	۰/۶۵۹
N6	a۲۳/۶۴۱	a۱۰/۹۳۵	۷۹۰۷/۱	۲/۹۹۰	۲۴/۹۹۵	۰/۵۱۷

*حروف الفبای انگلیسی مربوط به نتایج بدست آمده از آزمون مقایسه میانگین به روش LSD می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر عملکرد محصول و WUE، ANE و CRE در کشت سال ۱۳۹۵

تیمار	وزن ماده خشک (ton.ha^{-1})	وزن دانه (ton.ha^{-1})	حجم آبیاری (m^3.ha^{-1})	WUE (kg.m^{-3})	ANE	CRE
N0	^{d}۱۰/۳۴۵	^{d}۲/۲۷۰	۸۰۸۹/۶	۱/۲۷۹	----	----
N1	^{d}۱۲/۴۱۷	^{d}۳/۲۷۵	۸۰۸۹/۶	۱/۴۱۱	۲۲/۱۰۰	۰/۶۴۲
N2	^{c}۱۷/۵۵۹	^{c}۵/۳۶۱	۸۰۸۹/۶	۲/۱۷۰	۳۰/۹۱۰	۰/۸۳۱
N3	^{b}۲۰/۵۰۵	^{b}۷/۹۵۷	۸۰۸۹/۶	۲/۵۳۵	۳۷/۹۱۳	۰/۸۰۸
N4	^{a}۲۵/۳۸۹	^{a}۱۰/۵۹۷	۸۰۸۹/۶	۳/۱۳۸	۴۱/۶۳۵	۰/۹۰۴
N5	^{a}۲۵/۱۲۴	^{ab}۱۰/۱۵۳	۸۰۸۹/۶	۳/۱۰۶	۳۱/۵۳۲	۰/۷۸۰
N6	^{a}۲۵/۶۹۱	^{a}۱۰/۹۶۵	۸۰۸۹/۶	۳/۱۷۶	۲۸/۹۸۳	۰/۶۹۱

*حروف الفبای انگلیسی مربوط به نتایج بدست آمده از آزمون مقایسه میانگین به روش LSD می‌باشد.

منابع

#رنجبر، آ.، رحیمی خوب، ع.، ابراهیمیان، ح.، وراوی پور، م. (۱۳۹۵). شبیه سازی توأمان آب، نیتروژن و عملکرد محصول به منظور تعیین شاخص تغذیه نیتروژن در دوره رشد ذرت. رساله دکتری، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

#رنجبر، آ.، رحیمی خوب، ع.، وراوی پور، م.،ابراهیمیان، ح. (۱۳۹۶). معادله نیتروژن بحرانی گیاه ذرت در منطقه پاکدشت. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۸، شماره ۱، صفحه ۹-۱.

Anbessa Y and Juskiw P (2012) Nitrogen Fertilizer Rate and Cultivar Interaction Effects on Nitrogen Recovery, Utilization Efficiency, and Agronomic Performance of Spring Barley. International Scholarly Research Network ISRN Agronomy, Article ID 531647, 8 pages.

Ata-Ul-Karim, S.T., Yao, X., Liu, X., Cao, W., Zhu, Y. (2014) Determination of Critical Nitrogen Dilution Curve Based on Stem Dry Matter in Rice. PLOS ONE, 9, (8): 1-12.

#Dobermann, A.R. (2005) Nitrogen Use Efficiency - State of the Art. University of Nebraska - Lincoln DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Fageria, N.K. and Baligar, V.C., (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in agronomy, 88,97-185.

Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M., Homaee, M., Hoogenboom, G. (2009). Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management. 96, 809–821.

#Greenwood, D. J., Lemaire, G., Gosse, G., Cruz, P., Draycott,A. and Neeteson, J. J. (1990). Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. Annals of Botany. London.66: 425–436.

#Horowitz, W. (1970). Official Methods of Analysis. 11th Edition.vAssociation of Official Analytical Chemists,vWashington,vD.C.

Justes, E., Mary, B., Meynard, J. M., Machet, J.M., Thelier-HuchéL. (1994). Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. Annals of Botany. 74, 397–407.

Lemaire, G. and Meynard, J.M., (1997). Use of the nitrogen nutrition index for the analysis of agronomical data. Diagnosis of the nitrogen status in crops,.45-55.

Plenet, D., Lemaire, G., (2000). Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Plant and Soil, 216, 65–82.

Yue, S. C., Sun, F. L., Meng, Q. F., Zhao, R. F., Li, F., Chen, X. P., Zhang, F. S. and Cui, Z. L. (2014). Validation of a critical nitrogen curve for summer maize in the North China Plain. Pedosphere. 24(1): 76–83.

The Role of Critical Nitrogen Equation in Water and Nitrogen Use Management in arid environments

Arash Ranjbar[1], NiazAli Ebrahimipak[2], Arash Tafteh[1]

1)- Assistant professor of Department of Irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (Arashranjbar@ut.ac.ir)

2)- Associated professor of Department of Irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Abstract

Nitrogen nutrition index is considered as one of the effective methods for detecting nitrogen conditions, which need the the critical nitrogen equation to be determined. The main objective of this study was to investigate the role of critical nitrogen equation in improving nitrogen and water use management in the field. For this purpose, the critical nitrogen equation provided for summer maize in Pakdasht and the field experiment data were used during the years 2015 and 2016. These data included the dry matter and grain yield in each treatment with the nitrogen concentration in them. The results showed that by using the critical nitrogen equation and calculating Nitrogen Nutrition Index, we can determine the optimal treatment, which includes the maximum performance with lower nitrogen application level. It was also found that not only the index of nitrogen and water use efficiency in the optimum treatment was maximum, but also the nitrogen losses were minimized. Therefore, monitoring of nitrogen nutrition index during the growing season can play an effective role in managing water and nitrogen use in the field and providing optimal growth conditions for the plant.

Keywords: Nutrition Nutrition Index, Nitrogen and Water Use Efficiency, Maize.

اثر ورمی‌کمپوست غنی‌شده با باکتری‌های حل‌کنندگی فسفات بر شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی گیلاسی و شاخص‌های زیستی خاک آهکی

چکیده

به‌منظور بررسی اثر غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر میزان فسفر قابل‌دسترس خاک و رشد گوجه‌فرنگی گیلاسی طی دو آزمون انکوباسیون و گلخانه‌ای در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. آزمون انکوباسیون در قالب طرح اسپیلت پلات بر مبنای زمان با پنج تیمار و سه تکرار در دو زمان شروع انکوباسیون و سی روز پس‌ازآن با تیمارهای زیر اجرا گردید. T1-ورمی‌کمپوست+VC22، T2- ورمی‌کمپوست+VC62، T3- کود سوپر فسفات تریپل (شاهد مثبت بدون باکتری و ورمی‌کمپوست)، T4- ورمی‌کمپوست و T5- شاهد منفی (بدون باکتری، کود سوپر فسفات تریپل یا ورمی‌کمپوست). در زمان‌های شروع انکوباسیون و سی روز پس‌ازآن، اثر تیمارها بر مقدار فسفر قابل‌دسترس اندازه‌گیری شد و سپس آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار مذکور در سه تکرار اجرا گردید. در بین تیمارها، تیمار T1 (تیمار غنی‌شده با باکتری *Serratia marcescens*) توانست وزن خشک، درصد فسفر گیاه، شاخص سبزینگی، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و دهیدروژناز و تنفس میکروبی خاک نسبت به تیمار شاهد (T4) به ترتیب ۲۲، ۱۵، ۱۶، ۲۶، ۲۸ و ۵۰ درصد افزایش دهد.

کلیدواژه‌ها: تنفس میکروبی، *سراشیا مارسسن*، فسفاتاز قلیایی، فعالیت آنزیمی خاک، کود زیستی.

The effect of vermicompost enriched with phosphate solubilizing bacteria on the growth indices of cherry tomato and biological indices of calcareous soil.

Abstract

The aim of this study, which was accomplished at Tehran University of Agriculture and Natural Resources Campus, was to investigate the effect of enrichment of vermicompost with phosphate solubilizing bacteria on the amount of available phosphorus in soil and growth of cherry tomatoes during both incubation and greenhouse tests. The incubation test was designed in form of the split-plot based on time with five treatments and three replications in two times (starting incubation and thirty days after incubation) with the following treatments. T1- Vermicompost+VC22, T2- Vermicompost+VC62, T3- Triple superphosphate fertilizer (positive control - no bacteria and vermicompost), T4- vermicompost and T5- negative control (no bacteria, triple superphosphate fertilizer or vermicompost). During the first day of the incubation period and 30 days after, the effect of treatments on the amount of available phosphorus was measured then the greenhouse experiment was performed in a completely randomized design with the five treatments mentioned in three replications. The results showed that among all treatments, T1 (Vermicompost+ *Serratia marcescens*) could increase the amount of dry weight, total phosphorus, and index chlorophyll, alkaline phosphatase and dehydrogenase enzyme activity, and soil microbial respiration compared to control treatment (T4) by 22, 15, 16, 26, 28, 28 and 50 percent, respectively.

Keywords: Alkaline phosphatase, Biofertilizer, *Serratia marcescen*, Soil enzyme activity, Soil respiration.

۱- مقدمه

گوجه‌فرنگی گیلاسی (*Lycopersicon esculentum L.*) از خانواده *Solanaceae* و از ارقام گوجه‌فرنگی است. ویژگی ظاهری، طعم و توانایی آن جهت سازگار شدن با شرایط آب و هوایی مختلف و ماندگاری طولانی این میوه پس از برداشت، ازجمله دلایلی است که

تمایل به کشت آن در جهان افزایش‌یافته است (Marin *et al*., 2017). ایران رتبه هفتم تولید گوجه‌فرنگی در جهان را دارد. بااین‌وجود عملکرد این گیاه در ایران در مقایسه با کشورهای عمده تولیدکننده و صادرکننده گوجه‌فرنگی پایین است (Khazaei *et al*.,2016). از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد این گیاه در خاک‌های ایران می‌توان به کمبود عناصر غذایی اشاره کرد.

فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری برای افزایش عملکرد گیاهان است که در متابولیک‌های مهمی مانند فتوسنتز، اکسیداسیون بیولوژیکی، انتقال انرژی، تنفس، تثبیت نیتروژن، جذب مواد مغذی و تقسیم سلولی نقش دارد (Khan *et al*., 2014). مقدار فسفر قابل‌دسترس در بیش از ۷۰ درصد از خاک‌های کشاورزی ایران نیز کمتر از سطح بحرانی (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش‌شده است (Besharati & Sahbazi, 2013). بیش از ۷۵ تا ۹۰ درصد فسفر کاربردی به‌صورت کود شیمیایی در خاک تثبیت و برای گیاهان غیرقابل‌دسترس می‌شود (Gyaneshwar *et al*., 2002). از طرف دیگر استفاده بیش‌ازحد از این کودها علاوه بر هزینه‌بر بودن سبب کاهش کیفیت (Tewari *et al*., 2004) و تنوع زیستی خاک می‌شود و آسیب‌های جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست وارد می‌کند. ازاین‌رو یافتن جایگزینی مناسب که بتواند نیازهای گیاهان را برطرف نماید و تضمینی بر کشاورزی پایدار باشد امری ضروری است.

تحقیقات نشان می‌دهد کاربرد مواد آلی در خاک می‌تواند بر تثبیت فسفر غلبه نماید و حلالیت فسفر را افزایش دهد. کودهای آلی می‌توانند در کمترین زمان کیفیت خاک را ارتقا بخشند و تثبیت فسفر را از طریق رقابت با آن برای مکان‌های جذب و با کمپلکس کردن کلسیم و منیزیم محلول در خاک‌های آهکی و آهن و آلومینیوم محلول در خاک‌های اسیدی تعدیل می‌دهند.

ازجمله کامل‌ترین کودهای آلی شناخته‌شده تاکنون ورمی‌کمپوست را می‌توان نام برد (Pathma & Sakthivel, 2012). بسیاری از مطالعات نشان داده است که کاربرد ورمی‌کمپوست همراه با کود شیمیایی می‌تواند سبب افزایش رشد، عملکرد و کیفیت گیاه نسبت به استفاده از ورمی‌کمپوست به‌تنهایی شود (Wang *et al*., 2010)؛ این بدان معنی است که ورمی‌کمپوست خود به‌تنهایی نمی‌تواند تمام مواد مغذی برای تولید محصول را برای گیاه به ارمغان بیاورد. همچنین نیاز به استفاده زیاد ورمی‌کمپوست برای رسیدن به عملکرد مطلوب و دارا بودن فسفات‌های نامحلول آلی (غیرقابل جذب بودن) از محدودیت‌های کاربرد ورمی‌کمپوست می‌باشند (Kumar & Sing, 2001)؛ بنابراین در راستای کاهش وابستگی ورمی‌کمپوست به کودهای شیمیایی و نیل به هدف کشاورزی پایدار، استفاده از عوامل میکروبی می‌تواند بعضی از مواد افزودنی را جایگزین کود شیمیایی کند و سبب افزایش مواد مغذی خاک و رشد گیاه شود (Wu *et al*., 2012).

مطالعات مختلف نشان داده است که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات[1] (PSB) می‌تواند روشی جایگزین در راستای کشاورزی پایدار برای برآورده ساختن نیاز گیاه به فسفر باشد (Lukashe *et al*., 2019). PSB می‌توانند از طریق فرآیندهای اسیدی کردن، واکنش‌های مبادله و تولید اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک و سیتریک، فسفات نامحلول را به شکل‌های قابل‌دسترس برای گیاهان تبدیل کنند (Liu *et al*., 2014; Sharma *et al*., 2013) و می‌توان آن را به‌عنوان یکی از روش‌های ارزان‌قیمت، بسیار کارآمد و پایدار برای حفظ منابع فسفرِ و جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی معرفی کرد .بااین‌حال به دلیل فراوانی کم PSB در خاک، این باکتری‌ها قادر به رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها نیستند؛ بنابراین به‌منظور رفع این محدودیت تلقیح PSB به خاک برای افزایش تراکم این باکتری‌ها و درنتیجه افزایش بهره‌وری از اکوسیستم‌های کشاورزی پیشنهاد شده است. لذا تلقیح خاک به یک باکتری خاص، با تراکم جمعیت بسیار بیشتر ازآنچه در خاک یافت می‌شود، لازم است تا سودمندی ناشی از ویژگی انحلال فسفات آن باکتری در افزایش رشد و عملکرد محصول به‌طور معنی‌داری بروز نماید.

بیشتر مطالعات بررسی توان حل‌کنندگی باکتری در آزمایشگاه و شرایط مزرعه‌ای یا گلخانه‌ای بدون انکوبه کردن آن در محیط خاک انجام‌شده است (Chung *et al*., 2005). به نظر می‌رسد عمل انکوباسیون قبل از انجام کشت گیاه سبب بهینه شدن شرایط خاک ازنظر جمعیت باکتری و مقدار فسفر قابل‌دسترس خواهد شد و درنتیجه اثر مطلوب‌تری بر رشد گیاه خواهد داشت؛ بنابراین هدف از این

[1] Phosphate solubilizing bacteria

مطالعه بررسی اثر ورمی‌کمپوست غنی‌شده با PSB بر فراهمی فسفر در یک خاک آهکی بعد از یک دوره انکوباسیون سی‌روزه و سپس بررسی رشد گیاه گوجه‌فرنگی گیلاسی در خاک انکوبه شده و درنهایت بررسی شاخص‌های زیستی خاک پس از برداشت گیاه بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه‌برداری ورمی‌کمپوست و خاک و جداسازی باکتری

نمونه ورمی‌کمپوست از ایستگاه آموزشی-پژوهشی ورمی‌کمپوست پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تولید و تهیه شد و پس از عبور از الک دو میلی‌متری به آزمایشگاه میکروبیولوژی گروه مهندسی و علوم خاک دانشگاه تهران منتقل گردید. کشت باکتری‌ها با استفاده از روش سری رقت انجام شد (Johnson & Curl, 1972). پس از رشد باکتری‌ها، جداسازی باکتری بر اساس رنگ، کدورت، برجستگی انجام گردید.

نمونه‌برداری خاک از یک خاک آهکی دارای کمبود فسفر قابل‌دسترس واقع در منطقه اشتهارد (ارتفاع از سطح دریا ۱۱۸۱ متر، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی) انجام شد و پس از هوا خشک‌کردن آن و عبور از الک دو میلی‌متری جهت تجزیه فیزیکی و شیمیایی آماده و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند pH در گل اشباع، بافت به روش هیدرومتری (Gee & Baunder, 1986)، کربن آلی به روش والکی بلک (Nelson & Sommers, 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت سنج الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش جانشینی کاتیون‌ها با استات آمونیوم (Chapman, 1965)، فسفر قابل‌استفاده به روش بی‌کربنات سدیم (Olsen & Sommers, 1982) و کربنات کلسیم معادل به روش کلسیمتری (Nelson, 1982) تعیین شدند. همچنین خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست به روش‌های مذکور و فسفر کل به روش هضم خشک در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند (Chapman & Pratt, 1962) (جدول ۱).

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک و ورمی‌کمپوست مورداستفاده

ویژگی	EC*	pH*	فسفر قابل‌دسترس	فسفر کل	کلسیم کل	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل	شن	سیلت	رس	بافت خاک
واحد	–	dsm^{-1}	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	–
خاک	۳	۸/۴	۸/۴۲	۱۰۳۱	–	۰/۷۵	۱۴/۹	۳/۶۱	۱۷/۵	۲۱/۲	لومی رسی شنی
ورمی‌کمپوست	۲/ ۱۴	۸/۴	–	۱/ ۴ (%)	۸/۵	–	–	–	–	–	–

*pH و EC خاک در عصاره اشباع و pH و EC ورمی‌کمپوست در نسبت ۱:۵ (آب به ورمی‌کمپوست) اندازه‌گیری شدند.

۲-۲- شناسایی خصوصیات محرک رشد گیاه

برای ارزیابی توان انحلال فسفات معدنی و آلی، باکتری‌ها بر روی محیط کشت اسپربر حاوی به ترتیب با ۲/۵ گرم فسفات معدنی‌تری کلسیم فسفات و ۲/۵ گرم اینوزیتول هگزا فسفات، کشت و در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند (Sperber, 1958) و برای اندازه‌گیری توانایی کمی انحلال فسفات معدنی ارلن‌های حاوی محیط کشت مایع اسپربر تلقیح شده پس از ۴ روز عصاره گیری و به روش وانادات- مولیبدات اندازه‌گیری شدند (Sarikhani *et al.*, 2016). آزمون توان کیفی سیدروفور به روش الکساندر و زوبرر (Alexander & Zuberer, 1993) انجام و برای ارزیابی تولید هورمون ایندول استیک اسید از روش گلیک من و دساکس (Glickmann & Dessaux, 1995) استفاده شد. با توجه به نتایج خصوصیات محرک رشدی گیاه دو جدایه VC22 و VC62 برای انجام آزمون‌های بعد انتخاب شدند.

۲-۳- شناسایی باکتری

به‌منظور شناسایی مولکولی جدایه‌های منتخب VC22 و VC62، هر یک از جدایه‌های ذکرشده در ۵ میلی‌لیتر محیط کشت نوترینت براث در دمای ۲۸ درجه سلسیوس کشت داده شد و تکثیر ژن 16S rRNA با استفاده از روش Edwards *et al*. (1989)و با استفاده از پرایمرهای عمومی 27F با توالی (′5-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3′) و 1492R با توالی (′5-GGTTACCTTGTTA CGACTT-3′) انجام شد (Edwards *et al*., 1989). توالی ژن‌های 16S rRNA بعد از خالص‌سازی محصولات PCR با کیت خالص‌سازی (Promega, Madison, WI, USA) توسط دستگاه توالی یاب خودکار (مدل ABI ساخت شرکت ماکروژن کره جنوبی) قرائت شد و تمام توالی‌های حاصل توسط نرم‌افزار (Edit sequence version 5.1) ویرایش شد و نتایج حاصل با توالی‌های ژن 16S rRNA موجود در بانک ژن دیتا بیس NCBI تطبیق داده شد و توالی‌های نوکلئوتیدی که در این تحقیق شناسایی شدند به پایگاه داده‌های GenBank فرستاده‌شده و با شماره دسترسی‌های مختلف ثبت شدند.

۲-۴- آزمایش گلخانه‌ای

چهار کیلوگرم خاک و ورمی‌کمپوست (شش درصد وزنی) درون گلدان‌های پلاستیکی ریخته شد. سپس مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از زاد مایه باکتری‌های موردنظر با جمعیت ۴×۱۰^{۹} CFU ml^{-1} به تمام گلدان‌ها افزوده شد و در دمای ۲۹ درجه سلسیوس و تهویه مناسب به مدت ۳۰ روز نگه‌داری شدند. در طول دوره انکوباسیون رطوبت گلدان‌ها در دامنه ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه به روش وزنی حفظ گردید. آزمایش انکوباسیون در قالب طرح اسپیلت پلات بر مبنای زمان با پنج تیمار و سه تکرار در دو زمان شروع انکوباسیون و سی روز بعد از انکوباسیون با تیمارهای زیر اجرا گردید. T1- ورمی‌کمپوست + VC22، T2- ورمی‌کمپوست + VC62، T3- کود سوپر فسفات تریپل (شاهد مثبت: بدون باکتری و ورمی‌کمپوست)، T4- ورمی‌کمپوست و T5- شاهد منفی (بدون باکتری، کود سوپر فسفات تریپل و ورمی‌کمپوست) و پس از گذشت سی روز میزان فسفر قابل‌دسترس در تمامی تیمارها اندازه‌گیری شد. سپس در گلدان‌هایی که از قبل گرماگذاری شده بودند، یک عدد نشاء گوجه‌فرنگی رقم چری کاشته شد و آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار مذکور و سه تکرار اجرا گردید. دمای گلخانه در طول دوره رشد در محدوده ۱۹- ۲۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید و نور گلخانه توسط ترکیبی از لامپ‌های هالوژن آفتابی و مهتابی به‌طور یک‌درمیان با متوسط شدت نور ۱۲۰۰۰ لوکس و با طول دوره روشنایی/ تاریکی ۱۰/۱۴ ساعت تأمین شد. رطوبت گلدان‌ها در دامنه ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه با آب مقطر به روش وزنی حفظ گردید و به‌منظور تأمین عناصر مغذی تیمارها دو بار با محلول هوگلند (بدون ترکیب فسفر) تغذیه شدند. هر یک هفته جای تیمارها و تکرارهای مربوط به هر تیمار تعویض شد تا خطای احتمالی ناشی از تفاوت نور، دما، تبخیر و تعرق و غیره تا حد ممکن برطرف گردد.

۲-۵- اندازه‌گیری‌ها

۲-۵-۱- شاخص‌های رشد گیاه و محتوای مواد مغذی

پس از گذشت ۱۰۰ روز از کشت و تشکیل گل، شاخص سبزینگی (شاخص SPAD) با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (مدل SPAD- 502 ساخت شرکت مینولتای ژاپن) بدون تخریب بافت‌های گیاهی قرائت شد (Songsri *et al*,. 2009). سطح برگ نیز توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، (مدل Cl- 202 leaf AREA METER) قرائت گردید. تمام نمونه‌ها پس از شست‌وشو با آب مقطر درون پاکت قرار گرفتند و بلافاصله به آون منتقل و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شدند تا به وزن ثابت برسند. نمونه‌ها به‌منظور تعیین وزن خشک (بخش هوایی) توزین شدند و بخش هوایی گیاهان مربوط به هر تیمار جهت تعیین غلظت عناصر غذایی خاکستر شد. عصاره‌گیری با استفاده از روش سوزاندن خشک و سپس ترکیب با اسیدکلریدریک یک نرمال انجام شد. فسفر گیاه به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) قرائت شد (Okalebo *et al*., 2002).

۲-۵-۲- شاخص‌های زیستی، pH و فسفر قابل‌دسترس خاک

از خاک هر گلدان به مقدار ۲۰۰ گرم به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم دهیدروژناز، فعالیت آنزیم فسفاتاز، تنفس، pH و فسفر قابل‌دسترس خاک برداشته شد. فسفر قابل‌دسترس نمونه خاک‌ها به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982) و pH به روش عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی ابتدا نمونه‌های یک گرمی از خاک با ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن

تیمار شدند و چهار میلی‌لیتر بافر فسفات با pH=۱۱ و یک میلی‌لیتر از محلول سوبسترا پارانیتروفنیل به آن افزوده شد و نمونه‌ها برای یک ساعت در دمای ۱±۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند.

پس از انکوباسیون محلول به‌وسیله کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و چهار میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار و یک میلی‌لیتر کلرید کلسیم ۰/۵ مولار برای اتمام یافتن فعالیت آنزیمی به آن افزوده و کاملاً تکان داده شد. تغییر رنگ در نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Shimadzu UV3100، ساخت کشور ژاپن) در طول‌موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری و به‌صورت میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک در یک ساعت انکوباسیون ($\mu g\ PNP\ g^{-1}Soil.\ h^{-1}$) آن محاسبه گردید (Rossini-oliva *et al*., 2017).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم دهیدروژناز در سه لوله درب‌دار پنج گرم نمونه وزن شده در دوتای آن‌ها پنج میلی‌لیتر محلول سوبسترا و در لوله سوم پنج میلی‌لیتر محلول بافر تریس اضافه شد. نمونه‌ها به‌طور کامل مخلوط شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس‌ازآن برای عصاره‌گیری تری فنیل فرمازان تولیدشده به همه لوله‌ها ۲۵ میلی‌لیتر استون اضافه شد و نمونه‌ها مخلوط شده و به مدت دو ساعت در تاریکی عمل شیک ادامه یافت. نمونه‌ها در اتاقی نیمه‌تاریک فیلتر شده و جذب تراکم رنگ با اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۴۶ نانومتر اندازه‌گیری شد (Ohlinger, 1996). برای اندازه‌گیری میزان تنفس میکروبی از روش تیتراسیون با اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار با استفاده شد (Kumar *et al*., 2018).

۲-۶- تحلیل آماری

درنهایت تجزیه تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- جداسازی باکتری‌ها و خصوصیات آن‌ها

در این مطالعه به‌طورکلی، ۶۶ جدایه باکتری جداسازی شد که تنها ۱۸ جدایه دارای توان انحلال فسفات معدنی بودند (۲۷/۳٪)، همچنین ۱۷ جدایه توانایی انحلال فسفات‌های آلی داشتند و شاخص انحلال فسفات آن‌ها بین ۱/۲ تا ۴/۹۱ متغیر بود که درنهایت دو جدایه VC22 و VC62 انتخاب شدند. ویژگی‌های محرک رشدی این سویه‌ها در جدول ۲ ارائه‌شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های محرک رشد سویه‌های VC62 و VC22 جداشده از ورمی‌کمپوست

		توان تولید سیدروفور	توان تولید IAA (µg/ml)	انحلال فسفات معدنی (کمی) (µg/ml)	انحلال فسفات آلی (کیفی) (HD/CD)	انحلال فسفات معدنی (کیفی) (HD/CD)
ع. ج.	VC62	+	۱۳/۰۷	۲۳۲	۱/۶	۱/۹
	VC22	+	۱۲/۶۴	۳۶۱	۴/۹	۲/۵۲

۳-۲- شناسایی جدایه‌های حل‌کننده فسفات آلی و معدنی

بر اساس بیشترین میزان توان انحلال فسفات‌های آلی و معدنی و همچنین ویژگی‌های محرک رشدی گیاه (PGP) جدایه‌های VC22 و VC62 انتخاب و شناسایی شدند. نتایج حاصل از توالی ژنی 16S rRNA نشان دادند که جدایه شماره VC22 با ۹۹ درصد شباهت به گونه *Serratia marcescens* و جدایه VC62 با ۹۹ درصد شباهت به گونه *Pseudomonas aeruqinosa* تعلق دارند. توالی جدایه‌های موردنظر با شماره ثبت MH177878 و MH177874 به ترتیب برای جدایه VC22 و VC62 در پایگاه داده GenBank به ثبت رسید.

Gupta *et al*. (2008) با جداسازی *Pseudomonas*.sp و *Serratia marcescens* و بررسی توان انحلال فسفات معدنی آن‌ها در محیط حاوی‌تری کلسیم فسفات (TCP) گزارش کردند که این سویه‌های توانستند فسفر را از ۲۵ تا ۳۴۰ µg/ml حل کنند (Gupta *et al*., 2008).

۳-۳- اثر تیمارها بر فراهمی فسفر پس از دوره انکوباسیون

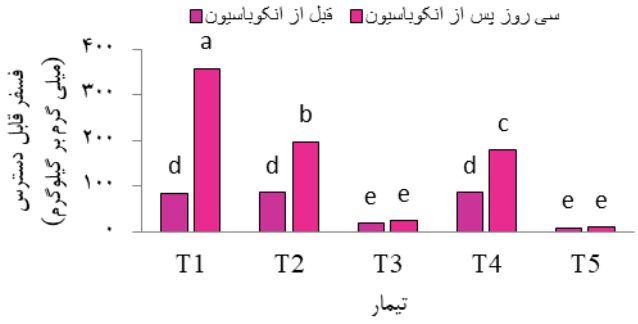
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار، زمان و نیز اثر متقابل تیمار و زمان‌بر میزان فراهمی فسفر قابل‌دسترس در سطح یک درصد معنادار (P<0.01) شد (جدول ۳). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و تیمار با آزمون دانکن در تیمارهای T1، T2 و T4 (تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست) فسفر قابل‌دسترس در مقایسه بازمان شروع انکوباسیون افزایش معناداری یافت؛ اما در تیمارهای T3 و T5 این افزایش معنادار نبود (شکل ۱). غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با PSB اثر چشمگیری بر فراهمی فسفر قابل‌دسترس داشت. بطوریکه فسفر قابل‌دسترس پس از انکوباسیون در تیمارهای T1 و T2 نسبت به تیمار T4 (ورمی‌کمپوست) به ترتیب ۴۹/۵ و ۱۰ درصد افزایش یافت.

در بین تیمارها، در تیمار T1 (۳۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (تیمار غنی‌شده با باکتری *S.marcescens*) بیشترین میزان فسفر قابل‌دسترس در مقایسه بازمان شروع انکوباسیون (۸۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. (شکل ۱) افزایش فسفر قابل‌دسترس ممکن است به‌واسطه آزادسازی دی‌اکسید کربن در طی تجزیه میکروبی ورمی‌کمپوست و کمپلکس شدن کاتیون‌های اصلی (مانند کلسیم) مسئول تثبیت فسفر در خاک اتفاق افتاده باشد. همچنین افزایش فسفر در طول این دوره ممکن است ناشی از معدنی سازی فسفر توسط باکتری‌ها و افزایش فعالیت آنزیمی خاک به‌ویژه آنزیم فسفاتاز باشد. Wei *et al.* (2018) گزارش کردند که افزایش فسفر در صورت استفاده از مواد آلی به دلیل تجزیه این مواد و آزادسازی اسیدهای آلی است. در تحقیقی بیان شد که استفاده از PSB در طول دوره کمپوستینگ سبب افزایش فسفر تا ۱۰۶ درصد شد (Busato *et al.*, 2012) همچنین Lukashe *et al.* (2019) نیز بیان کردند که افزون PSB به ورمی‌کمپوست توانست فسفر قابل‌دسترس را تا ۴۳ درصد افزایش دهد.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمار و زمان‌بر فسفر قابل‌جذب پس از دوره انکوباسیون

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		فسفر قابل‌دسترس
تیمار	۴	۴۷۹۹۴**
خطای تیمار	۱۰	۸۴
زمان	۱	۶۹۹۶۱**
تیمار ×زمان	۴	۱۸۰۰۵**
خطای کل	۱۰	۹۶
ضریب تغییرات (%)	-	۹/۳

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱. اثر زمان و تیمار بر میزان فسفر قابل‌جذب در خاک. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری (**P<0.05**) می‌باشند. **T1**: ورمی‌کمپوست + باکتری **VC22**، **T2**: ورمی‌کمپوست + باکتری **VC62**، **T3**: شاهد مثبت (کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، **T4**: ورمی‌کمپوست، **T5**: شاهد منفی (خاک به‌تنهایی).

۳-۴- اثر سویه‌های باکتری بر فسفر بخش هوایی و شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه

نتایج تجزیه واریانس فسفر بخش هوایی گیاه نشان داد که اثر تیمارها در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنادار بود (جدول ۴). در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست (T1، T2 و T4) میزان فسفر بخش هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد منفی (T5) افزایش معناداری یافت (شکل A-۲). بیشترین مقدار فسفر بخش هوایی گیاه مربوط به تیمار T1 (حاوی ورمی‌کمپوست غنی‌شده با*S.marcescens*) با ۰/۷۸ درصد فسفر بود که اختلاف معناداری با سایر تیمارها داشت، به‌گونه‌ای که در این تیمار میزان فسفر بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد بدون غنی‌سازی با PSB (T4) حدود ۱۵ درصد و نسبت به شاهد منفی (T5) ۶۵ درصد افزایش نشان داد اما در تیمار شاهد مثبت (T3) نسبت به شاهد منفی (T5) تنها ۲۷ درصد افزایش مشاهده شد. تفاوت‌های مشاهده‌شده در مقدار فسفر بخش هوایی گیاه به‌خوبی با این تفاوت در مقدار فسفر قابل‌دسترس تیمارها مطابقت دارد (شکل ۲). به‌عنوان‌مثال تیمارهای T1 و T2 دارای بیشتر مقدار فسفر قابل‌دسترس بودند که در این تیمارها بیشتر مقدار فسفر بخش هوایی نیز مشاهده شد. همچنین مقدار فسفر اندام هوایی گیاه در دو تیمار T2 و T4 تفاوت معنی‌داری نداشتند اما کمترین مقدار آن در تیمار شاهد منفی (T5) با ۰/۲۷ درصد بود.

افزایش میزان فسفر گیاه در تیمارهای T1 و T2، می‌تواند ناشی از تولید اسیدهای آلی توسط PSB باشد که به‌عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی توسط این باکتری‌های تشخیص داده‌شده است. درواقع تولید و ترشح اسیدهای آلی و پروتون موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری و درنتیجه آزادسازی فسفات در محیط در اثر جایگزینی یون H^+ با یون‌های کلسیم و به‌تبع آن افزایش جذب فسفر توسط گیاه می‌گردد (Illmer & schinner, 1992). به‌علاوه تولید و ترشح ایندول استیک اسید توسط PSB می‌تواند یکی از دلایل اصلی رشد و جذب عناصر توسط گیاه باشد که در جدایه‌های موردبررسی توانایی تولید و ترشح آن مشاهده شد. نتایج آزمایش Hu & Barker (2004) نیز نشان داد کاربرد ورمی‌کمپوست ضایعات کشاورزی باعث جذب مقادیر زیادی از عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ گیاه گوجه‌فرنگی شد. در تحقیق دیگری افزایش میزان غلظت فسفر در برگ و بذر برنج در تیمارهای تلقیح شده با باکتری *سودوموناس* گزارش شد (Jafarzadeh Zoghalchi *et al*., 2011).

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر فسفر و وزن خشک بخش هوایی و کلروفیل کل گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فسفر گیاه (٪)	وزن خشک اندام هوایی	شاخص سبزینگی	شاخص سطح برگ
تیمار	۴	۰/۱۴ **	۸۹/۲ **	۶۰/۲ **	۲۳۲/۸**
خطا	۱۰	۰/۰۲	۲/۶	۵/۵	۷/۵
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۵	۸/۲	۵/۶	۱۰/۷۵

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

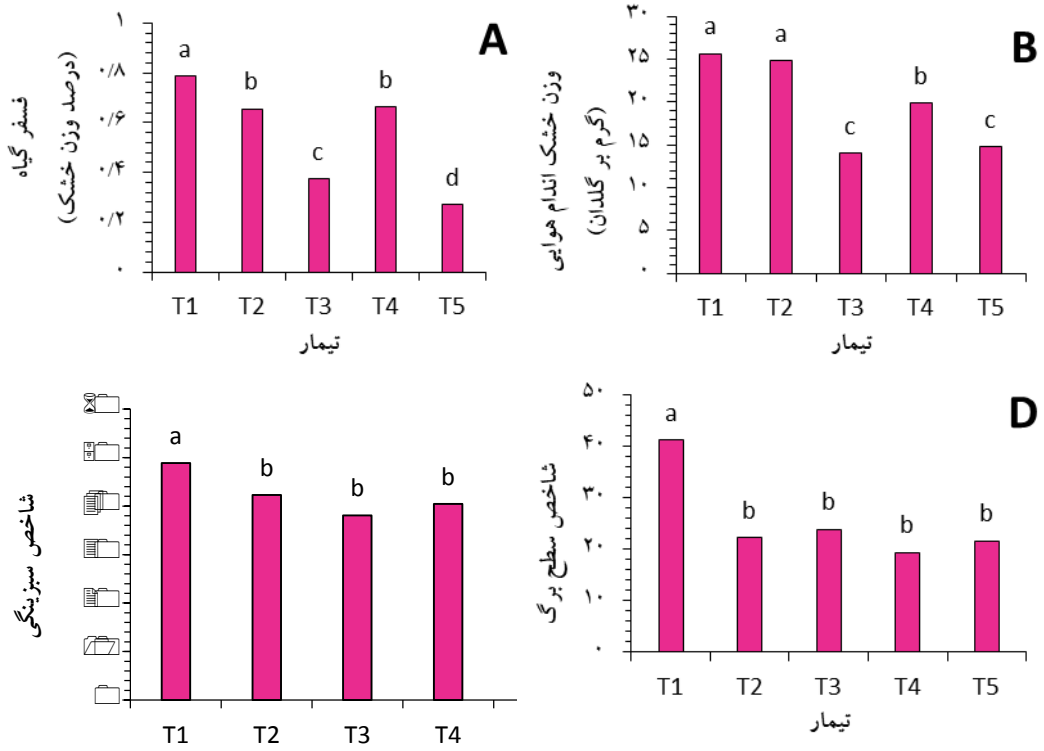
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر میزان وزن خشک بخش هوایی گیاه در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنادار ($P<0.01$) شد (جدول ۴). در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست (T1، T2 و T4) در مقایسه با تیمارهای بدون ورمی‌کمپوست (T3 و T5) وزن خشک بخش هوایی افزایش معناداری یافت (شکل B-۲). به‌علاوه غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با PSB اثر چشمگیری بر وزن خشک بخش هوایی داشت بطوریکه وزن خشک بخش هوایی در تیمار T4 (ورمی‌کمپوست) ۱۹/۸ گرم بر گلدان بود و در تیمارهای غنی‌شده با PSB (T1 و T2) این مقدار به ۲۵/۶ و ۲۴/۸ گرم بر گلدان افزایش یافت. در بین تیمارها، تیمار T1 (۲۵/۶ گرم بر گلدان) دارای بیشترین میزان وزن خشک بخش هوایی بود. مطالعه تحقیقات پیشین نشان داد که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به تیمار شاهد می‌گردد (Gutierrez-Miceli *et al*., 2007).

ورمی‌کمپوست می‌تواند رشد، عملکرد و کیفیت محصول گیاهان را از طریق افزایش فعالیت‌های میکروبی، افزایش اکسیژن در دسترس، افزایش تخلخل خاک و بهبود محتوای مواد مغذی افزایش دهد (Arora *et al*., 2011). به‌علاوه PSB (*P.aeruginosa* ، *S. marcescens*) مورداستفاده در این پژوهش دارای خصوصیات محرک رشدی گیاه مانند IAA و سیدروفور بودند (جدول ۲) که در

مطالعات پیشین محققان این باکتری‌ها را به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) معرفی کرده‌اند و می‌توانند رشد گیاه را به‌طور قابل‌توجهی نسبت به گیاهان شاهد افزایش دهند. در مطالعه‌ای Nautiyal & Lavania (2013) گزارش دادند که تلقیح گیاه ذرت با *S. marcescens* NBRI1213 سبب افزایش عملکرد گیاه نسبت به تیمار شاهد تحت شرایط گلخانه شد. همچنین Adesemoye *et al.* (2008) گزارش کردند که وزن خشک گیاه گوجه‌فرنگی تلقیح شده با باکتری *P.aeruginosa* نسبت به تیمار شاهد ۳۱ درصد افزایش نشان داد.

تجزیه واریانس میزان شاخص سبزینگی نشان داد که اثر تیمارها در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنادار شد (جدول ۴). در شکل ۲-C اثر تیمارها بر مقدار شاخص سبزینگی گیاه‌نشان داده‌شده است. بیشترین میزان شاخص سبزینگی مربوط به تیمار T1 با ۴۸/۸ بود که دارای تفاوت معنادار با تیمار شاهد است؛ اما مقدار شاخص سبزینگی در بقیه تیمارها معنی‌دار نبود. کمترین شاخص سبزینگی در تیمار شاهد (T5) ۳۷/۹ بود. همچنین شاخص سبزینگی در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست بیشتر از سایر تیمارها مشاهده شد اما این افزایش نسبت به تیمار غنی‌شده با باکتری *S.marcescens* معنی‌دار نبود. فسفر برخلاف عناصری مانند منیزیم و آهن که جز سازنده کلروفیل بوده و یا در مراحل بیوسنتز این ترکیب دخالت می‌کنند به‌طور مستقیم در سنتز و ساختار کلروفیل نقش ندارد، اما کاهش بیوسنتز آن می‌تواند به دلیل کاهش عمومی متابولیسم و دسترسی کمتر به ATP و یا کاهش سنتز غشای کلروپلاستی باشد که محل استقرار کلروفیل است. .

تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف باکتریایی بر شاخص سطح برگ گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مایه‌زنی با تیمارهای باکتریایی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شاخص سطح برگ گیاه گردید. بیشترین میزان این شاخص مربوط به تیمار T1 بود که این افزایش نسبت به تیمارهای شاهد معنی دار بود (شکل ۲- D) که می توانند به دلیل ترشحات داخلی این باکتری‌ها که سبب افزایش حجم ریشه و بالطبع افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌شوند باشد و محرز است که این ریز موجودات باعث افزایش سطح برگ می‌گردند (Wu *et al.*, 2008).



شکل ۲. اثر تیمارها بر میزان فسفر و وزن خشک بخش هوایی، شاخص سبزینگی و و شاخص سطح برگ گیاه. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار آماری (**P<0.05**) می‌باشند. **T1**: ورمی‌کمپوست + باکتری **VC22**، **T2**: ورمی‌کمپوست + باکتری **VC62**، **T3**: شاهد مثبت (کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، **T4**: ورمی‌کمپوست، **T5**: شاهد منفی (خاک به‌تنهایی).

۳-۵- اثر سویه‌های باکتریای بر مقدار فسفر قابل‌دسترس و شاخص‌های زیستی خاک پس از برداشت گیاه

۳-۵-۱- فسفر قابل‌دسترس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای باکتریایی بر میزان فسفر قابل‌دسترس خاک پس از برداشت گیاه در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که پس از برداشت گیاه، بیشترین مقدار فسفر قابل‌دسترس خاک در تیمارهای T1 و T2 و کمترین مقدار آن در تیمارهای T3 و T5 مشاهده شد (شکل ۳-A). میانگین فسفر قابل‌دسترس خاک از ۹/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد به ۱۳۵/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار T1 افزایش یافت. همچنین میانگین میزان فسفر قابل‌دسترس در تیمارهای شاهد مثبت و منفی (T3 و T5) حدوداً ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که نسبت به تیمارهای غنی‌شده با باکتری حل‌کننده فسفات تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند درحالی‌که در تیمار حاوی ورمی‌کمپوست به‌تنهایی (T4) این مقدار بسیار بیشتر و به حدود ۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید که نسبت به تیمارهای شاهد مثبت و منفی تفاوت معنی‌داری داشت.

Badanur *et al.* (1990) گزارش کردند که افزایش قابل‌توجه در فراهمی فسفر با کاربرد بقایای گیاهی و کود سبز به سبب آزادسازی اسیدهای آلی در طول تجزیه می‌باشد که از طریق حل کردن فسفر بومی به چرخه فسفر کمک می‌کنند. بااین‌حال، فسفر قابل‌دسترس خاک در همه تیمارهای باکتریایی در مقایسه بازمان قبل از کشت گیاه کاهش یافت. به‌عنوان‌مثال در تیمار T1 مقدار فسفر قابل‌دسترس خاک نسبت به قبل کشت حدود ۶۰ درصد کاهش نشان داد. دلیل اصلی کاهش مقدار فسفر قابل‌دسترس خاک پس از برداشت گیاه، جذب آن توسط گیاه است. به‌علاوه کاهش میزان فسفر قابل‌دسترس در تیمارهای باکتریایی نسبت به زمان قبل از کشت گیاه می‌تواند به علت ترکیب شدن فسفات محلول با یون‌های دیگر موجود در خاک و تبدیل آن به ترکیباتی با حلالیت کمتر و یا تغییر شکل آن به شکل غیرقابل استفاده برای گیاه باشد (Yagi *et al.*, 2003).

نکته قابل‌توجه این است که در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست غنی‌سازی شده با باکتری حل‌کننده فسفات مقدار فسفر قابل‌دسترس خاک حتی پس از برداشت گیاه بسیار بالاتر از سطح بحرانی (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) است (شکل ۳-A). همان‌گونه که نتایج بیان‌شده است، در تیمارهای T3 و T5 به علت بالاتر بودن pH، کربنات کلسیم و کمتر بودن کربن آلی در مقایسه با تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست شرایط برای تثبت فسفر مساعدتر بود و درنتیجه سبب شد که در این تیمار کمترین مقدار فسفر قابل‌جذب در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردد. در تیمار T1 در هر زمان بیشترین مقدار فسفر قابل‌جذب در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد (شکل ۱ و شکل ۳-A).

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر فسفر قابل‌دسترس، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی، pH، فعالیت آنزیم دهیدروژناز و تنفس میکروبی خاک پس از برداشت گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)				
		فسفر قابل‌دسترس	آنزیم فسفاتاز قلیایی	pH	آنزیم دهیدروژناز	تنفس میکروبی
تیمار	۴	۵۴۹۳۰**	۸۱۳۳۳**	۰/۱۳۹**	۱۵۵**	۰/۰۷**
خطا	۱۰	۱۲۹	۲۹	۰/۰۰۳	۰/۴۳	۰/۰۰۰۹
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۶	۱/۹	۰/۸۳۰	۶/۴	۱۱/۴

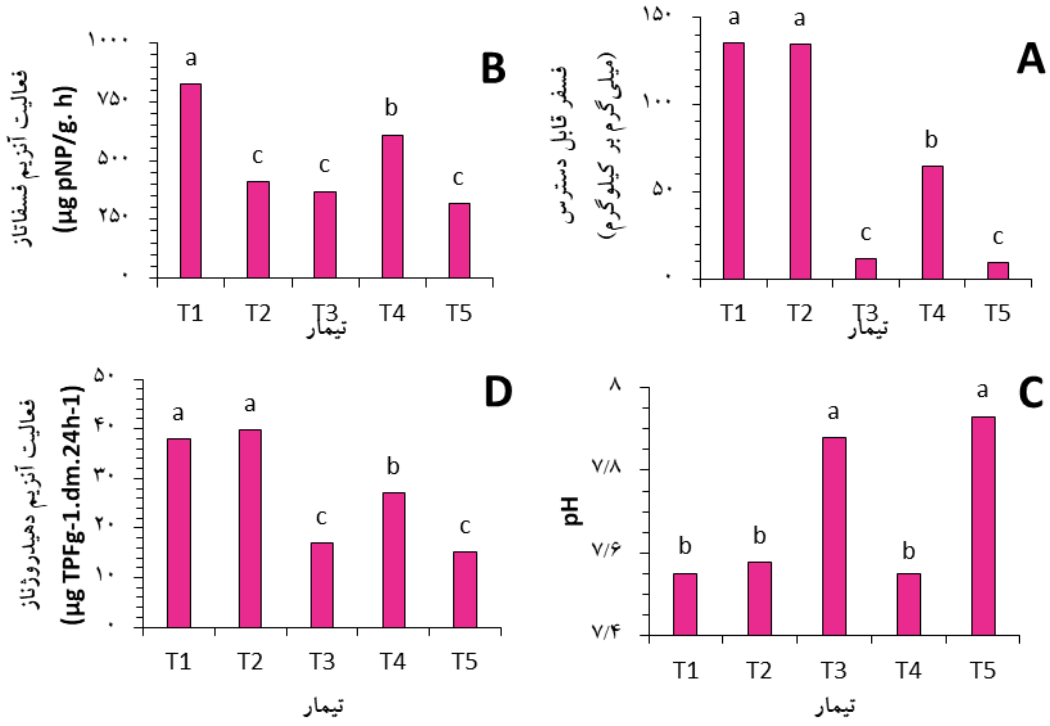
** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

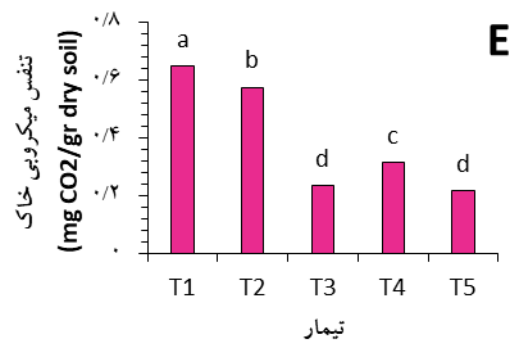
۳-۵-۲- فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای باکتریایی پس از کشت گیاه بر میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی خاک در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که همه تیمارها فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) افزایش دادند (شکل ۳-B). میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی خاک پس از برداشت گیاه در همه

تیمارهای باکتریایی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت. این افزایش در تیمار T1 (تیمار غنی‌شده با باکتری) بیشترین مقدار بود و نسبت به تیمار شاهد منفی (T5) ۶۱ درصد افزایش یافت. در بین تیمارها، در T1 (۸۲۵ µg PNP. g^{-1}Soil. h^{-1}) بیشترین میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در مقایسه با شاهد (۳۱۷ µg PNP. g^{-1}Soil.h^{-1}) مشاهده شد. همچنین میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در تیمارهای غنی‌شده با ورمی‌کمپوست (T1 و T2) تفاوت معنی‌داری داشت به‌گونه‌ای که در تیمار غنی‌شده با باکتری S.*marcescens* این مقدار ۸۲۵ µg PNP. g^{-1}Soil. h^{-1} بود و در تیمار غنی‌شده با باکتری P.*aeruginosa* این مقدار تنها ۶۰۸ µg PNP. g^{-1}Soil. h^{-1} بود. میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در بین تیمارهای شاهد (T3، T4 و T5) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

افزایش فعالیت فسفاتاز قلیایی خاک می‌تواند به علت تحریک فعالیت میکروبی ناشی از ورمی‌کمپوست، باکتری و ترشحات ریشه‌ای گیاه، رشد زیست‌توده میکروبی در پاسخ به افزایش ماده آلی و محتوای عناصر غذایی خاک‌ها و بهبود خصوصیات فیزیکی همانند ظرفیت نگهداشت آب و عناصر غذایی می‌باشد. در این نگهداشت آب و عناصر غذایی باشد. نتایج نشان داد که انواع PSB بر فعالیت فسفاتاز قلیایی تأثیر داشت. همان‌طور که Nannipieri *et al.* (1994) گزارش کرده است وقتی منابع گلوکز و نیتروژن به خاک اضافه می‌شوند فعالیت آنزیم فسفاتاز نیز افزایش می‌یابد تا وقتی‌که بین منبع کربن و نیتروژن تعادل برقرار گردد. در تیمار T3 به دلیل تأمین فسفر از طریق کاربرد کود سوپر فسفات تریپل تغییر در فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد (شکل B-۴). در همین راستا Nannipieri *et al.* (2012) بیان کردند که از عوامل مهم توقف فعالیت آنزیم فسفاتازها افزودن فسفر معدنی به خاک است. Ghoularata *et al.* (2008) نیز گزارش کردند که با افزایش کود فسفرِ میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز کاهش یافت. در مقابل Busato *et al.* (2012) اظهار داشتند که استفاده از PSB در طول دوره کمپوستینگ سبب افزایش معنادار فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی شد.





شکل ۳. اثر تیمار بر میزان فسفر قابل‌دسترس (**A**)، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی (**B**)، **pH** (**C**)، فعالیت آنزیم دهیدروژناز (**D**) و تنفس میکروبی خاک (**E**) پس از برداشت گیاه. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار آماری (**P<0.05**) می‌باشند. **T1**: ورمی‌کمپوست + باکتری **VC22**، **T2**: ورمی‌کمپوست + باکتری **VC62**، **T3**: شاهد مثبت (کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، **T4**: ورمی‌کمپوست، **T5**: شاهد منفی (خاک به‌تنهایی).

pH -۳-۵-۳

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای باکتریایی پس از برداشت گیاه بر میزان pH خاک در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۵). همان‌گونه که شکل C-**۳** نشان می‌دهد، کاربرد ماده آلی اضافه‌شده به خاک‌ها تأثیر متفاوتی بر pH خاک در طول دوره کشت داشت. پس از برداشت گیاه pH خاک در همه تیمارهای باکتریایی در مقایسه با شاهد کاهش یافت بطوریکه میانگین pH از ۷/۹ در تیمار شاهد به ۷/۵ در تیمار T1 رسید. مقدار pH در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست (T1، T2 و T4) به‌طور میانگین ۷/۵ بود درحالی‌که در سایر تیمارها (T3 و T5) این مقدار بیشتر و حدوداً ۷/۹ بود (شکل C-۴). کاهش pH خاک پس از کشت گیاه گوجه‌فرنگی می‌تواند به علت فعالیت جامعه میکروبی ناشی از ورمی‌کمپوست، باکتری و ترشحات ریشه‌ای گیاه باشد. کاربرد کمپوست در خاک‌های کمی قلیایی اغلب سبب کاهش یا عدم‌تغییر در pH شد (McConnell *et al*., 1993).

این نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت ورمی‌کمپوست در کاهش pH خاک‌های آهکی و به دنبال آن بهبود فراهمی عناصر کم‌تحرکی از قبیل فسفر در این خاک‌ها می‌باشد. Cheng *et al*. (2008) نیز با کاربرد بیوچار، کمپوست و ترکیب آن‌ها در یک خاک اسیدی اظهار داشتند که pH خاک در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. آن‌ها علت افزایش pH خاک را تبادل سریع پروتون (H^+) بین خاک و اصلاح‌کننده‌های آلی بیان کردند.

۳-۵-۴- فعالیت آنزیم دهیدروژناز

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای باکتریایی پس از برداشت گیاه بر میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۵). پس از برداشت گیاه، فعالیت آنزیم دهیدروژناز در خاک بستر کشت در همه تیمارهای باکتریایی در مقایسه با شاهد افزایش یافت (شکل D-۳). با توجه به نتایج، بیشترین مقدار فعالیت آنزیم دهیدروژناز در تیمارهای T1 و T2 و کمترین مقدار آن در تیمار T5 (بدون باکتری و ورمی‌کمپوست) و T3 بود بطوریکه میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز از ۱۵ $\mu g\ TPF.g^{-1}.dm.24h^{-1}$ در تیمار شاهد (T5) به ۳۹ $\mu g\ TPF.g^{-1}.dm.24h^{-1}$ در تیمار غنی‌شده با *S.marcescens* (T1) رسید اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای غنی‌شده با PSB (T1 و T2) مشاهده نشد همچنین میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست بسیار بیشتر از سایر تیمارها بود به‌گونه‌ای که در تیمار شاهد حاوی ورمی‌کمپوست (T4) به‌تنهایی فعالیت دهیدروژناز ۲۷ $\mu g\ TPF.g^{-1}.dm.24h^{-1}$ بود درحالی‌که در تیمار شاهد مثبت و منفی (T3 و T5) این مقدار تنها در حدود ۱۶ $\mu g\ TPF.g^{-1}.dm.24h^{-1}$ بود. افزایش فعالیت دهیدروژناز ناشی از فعالیت بالای میکروارگانیسم‌هاست.

افزودن ورمی‌کمپوست و مواد آلی به خاک سبب افزایش فعالیت بیومس میکروبی و درنتیجه غلظت دهیدروژناز در خاک می‌شود. افزایش فعالیت این آنزیم در خاک بستر کشت گوجه‌فرنگی بیانگر فعالیت بالای میکروارگانیسم‌ها در منطقه ریشه گیاه است که درواقع نشان‌دهنده سطح بالای تبادل مواد معدنی و آلی بین ریشه و خاک است (Hu *et al*,. 2006). همچنین کاهش میزان فعالیت آنزیم

دهیدروژناز در تیمار T3 می‌تواند ناشی از کاربرد کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در خاک باشد که به سبب آن فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک کاهش‌یافته است. Liu *et al.* (2011) نشان دادند که کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات در خاک‌های تحت تنش عنصر مس باعث افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک شد. باکتری *سودوموناس فلورسنس* در سه خاک مختلف باعث افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک در طی دو ماه گرماگذری شد. Aparna (2000) گزارش کرد که با کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز به‌طور معناداری افزایش یافت.

۳-۵-۵- تنفس میکروبی

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای باکتریایی پس از کشت گیاه گوجه‌فرنگی بر میزان تنفس خاک بستر کشت گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۵). میزان تنفس خاک در همه‌ی تیمارهای باکتریایی در مقایسه با شاهد افزایش یافت. میانگین میزان تنفس میکروبی از ۰/۲ mg CO_2/gr dry soil 24h در تیمار شاهد منفی (T5) به ۰/۶۴ mg CO_2/gr dry soil 24h در تیمار غنی‌شده با باکتری S.*marcescens* (T1) رسید. این افزایش در تیمارهای T1 و T2 بیشتر بود بطوریکه نسبت به تیمار شاهد (T5) به ترتیب ۶۹ و ۶۵ درصد افزایش نشان دادند اما بین تیمارهای غنی‌شده با ورمی‌کمپوست نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده شد به‌گونه‌ای که در تیمار غنی‌شده با باکتری S.*marcescens* میزان تنفس میکروبی ۰/۶۴ mg CO_2/gr dry soil 24h بود و در تیمار حاوی باکتری P.*aeruginosa* این مقدار ۰/۵۷ mg CO_2/gr dry soil 24h بود (شکل E-۳).

درواقع در تیمارهای شاهد مثبت و منفی (T3 و T5) میزان تنفس میکروبی ناچیز و تنها در حدود ۰/۲ mg CO_2/gr dry soil 24h بود و همچنین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در تیمار T3 به دلیل استفاده از کود سوپر فسفات تریپل به‌عنوان منبع فسفاتِ میزان تنفس میکروبی به‌طور معنی‌داری افزایش نیافت درواقع وجود منابع معدنی و قابل‌دسترس فسفر، باکتری‌ها را برای رسیدن به مواد غذایی کاهش می‌دهد که نتیجه آن کاهش میزان تنفس میکروبی خاک است در همین Tejada & Gonzalez (2006) بیان کردند که با افزایش فراهمی مواد آلی، عناصر تغذیه‌ای، افزایش رشد و ریشه‌های گیاه، میزان فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم‌ها افزایش‌یافته و به‌تبع آن میزان تنفس نیز افزایش می‌یابد. Rossini-Oliva *et al.* (2017) نیز گزارش کردند که با افزودن کمپوست به خاک محتوای کربن آلی افزایش و به‌تبع آن میزان تنفس خاک افزایش می‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از ورمی‌کمپوست غنی‌شده با PSB سبب افزایش فراهمی فسفر خاک گردید و در تیمار حاوی ورمی‌کمپوست غنی‌شده با باکتری S.*marcescens* (T1) این افزایش چشمگیرتر بود. به‌علاوه در این تیمار بیشترین مقدار وزن خشک و فسفر بخش هوایی، کلروفیل کل، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی، فعالیت آنزیم دهیدروژناز و تنفس میکروبی خاک مشاهده شد. کاربرد ورمی‌کمپوست غنی‌شده با PSB سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی گیلاسی شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست غنی‌سازی شده با باکتری حل‌کننده فسفات مقدار فسفر قابل‌دسترس خاک حتی پس از برداشت گیاه بسیار بالاتر از سطح بحرانی (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود؛ بنابراین غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با باکتری حل‌کننده فسفات می‌تواند جایگزین مناسبی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفرِ باشد و استفاده از آن به‌عنوان یک استراتژی مناسب در جهت مدیریت بهتر ورمی‌کمپوست در خاک‌های آهکی در آینده امکان‌پذیر است.

۵-تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶- منابع

Adesemoye, A. O., Obini, M., & Ugoji, E. O. (2008). Comparison of plant growth-promotion with Pseudomonas aeruginosa and Bacillus subtilis in three vegetables. Brazilian Journal of Microbiology, 39(3), 423-426.

Alexander, D. B., & Zuberer, D. A. (1993). Responses by iron-efficient and inefficient oat cultivars to inoculation with siderophore-producing bacteria in a calcareous soil. Biology and fertility of soils, 16(2), 118-124.

Aparna, B. (2000). Distribution, characterization and dynamics of soil enzymes in selected soils of Kerala (Doctoral dissertation, Kerala Agricultural University; Thiruvananthapuram).

Arora, V. K., Singh, C. B., Sidhu, A. S., & Thind, S. S. (2011). Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. Agricultural Water Management, 98(4), 563-568.

Badanur, V. P., Poleshi, C. M., and Naik, B. K. (1990). Effect of organic matter on crop yield and physical and chemical properties of a vertisol. Journal of the Indian Society of Soil Science. 38(3), 426-429.

Busato, J. G., Lima, L. S., Aguiar, N. O., Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2012). Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. Bioresource technology, 110, 390-395.

Chapman, H. D. (1965). Cation-exchange capacity 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilanb), 891-901.

Chapman, H. D., & Pratt, P. F. (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science, 93(1), 68.

Cheng, C. H., Lehmann, J., & Engelhard, M. H. (2008). Natural oxidation of black carbon in soils: changes in molecular form and surface charge along a climosequence. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72(6), 1598-1610.

Chung, H., Park, M., Madhaiyan, M., Seshadri, S., Song, J., Cho, H., & Sa, T. (2005). Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. Soil Biology and Biochemistry, 37(10), 1970-1974.

Dhanda, S. S., Sethi, G. S., & Behl, R. K. (2004). Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of agronomy and crop science, 190(1), 6-12.

Edwards, U., Rogall, T., Blöcker, H., Emde, M., & Böttger, E. C. (1989). Isolation and direct complete nucleotide determination of entire genes. Characterization of a gene coding for 16S ribosomal RNA. Nucleic acids research, 17(19), 7843-7853.

Gburek Panhwar, Q. A., Naher, U. A., Jusop, S., Othman, R., Latif, M. A., & Ismail, M. R. (2014). Biochemical and molecular characterization of potential phosphate-solubilizing bacteria in acid sulfate soils and their beneficial effects on rice growth. PLoS One, 9(10), e97241.

Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis 1. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, (methodsofsoilan1), 383-411.

Ghoularata, M., Raeisi, F., and Nadian, H. (2008). Salinity and phosphorus interact growth yield and nutrient uptake by Berseem. Clover (Trifolium alexandrinum L.) Field Crops Res, 6:117-126.

Glickmann, E., & Dessaux, Y. (1995). A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. Appl. Environ. Microbiol, 61(2), 793-796.

Gupta, P. K., Mir, R. R., Mohan, A., & Kumar, J. (2008). Wheat genomics: present status and future prospects. International journal of plant genomics, 2008.

Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Llaven, M. A. O., ... & Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (Lycopersicum esculentum). Bioresource Technology, 98(15), 2781-2786.

Gyaneshwar, P., Kumar, G. N., Parekh, L. J., & Poole, P. S. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. Plant and soil, 245(1), 83-93.

Hu, Y. L., Wang, S. L., & Zeng, D. H. (2006). Effects of single Chinese fir and mixed leaf litters on soil chemical, microbial properties and soil enzyme activities. Plant and Soil, 282(1-2), 379-386.

Hu, Y., & Barker, A. V. (2004). Effects of composts and their combinations with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. Communications in soil science and plant analysis, 35(19-20), 2809-2823.

Jafarzadeh Zoghalchi, H., Fallah Nosratabadi, A., Rajabi, C., and Mohammadzadeh Nuri, J. (2011). Study the effect of PGPR with the ability of phosphate solubilizing on decreasing of phosphate chemical fertilizer uses in rice (Oriza sativa L). 12th Iranian Soil Science Congress. University of Tabriz, Tabriz

Johnson, L. F., & Curl, E. A. (1972). Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens. Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens.

Khan, M. S., Zaidi, A., & Ahmad, E. (2014). Mechanism of phosphate solubilization and physiological functions of phosphate-solubilizing microorganisms. In Phosphate solubilizing microorganisms (pp. 31-62). Springer, Cham.

Khazaei.J، Amraei B.، J Esfahani S. M. (2016). A study of changes in the total productivity of tomato production factors in Iran using Malmquist Index. Journal of Agricultural Economics Research. 7 (28), 83-98.

Kumar, A., Prakash, C. B., Brar, N. S., & Kumar, B. 2018. Potential of Vermicompost for Sustainable Crop Production and Soil Health Improvement in Different Cropping Systems. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 7: 10. 1042-1055.

Kumar, V., & Singh, K. P. (2001). Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technology, 76(2), 173-175.

Lavania, M., & Nautiyal, C. S. (2013). Solubilization of tricalcium phosphate by temperature and salt tolerant Serratia marcescens NBRI1213 isolated from alkaline soils. African Journal of Microbiology Research, 7(34), 4403-4413.

Liu, F. P., Liu, H. Q., Zhou, H. L., Dong, Z. G., Bai, X. H., Bai, P., & Qiao, J. J. (2014). Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from betel nut (Areca catechu) and their effects on plant growth and phosphorus mobilization in tropical soils. Biology and fertility of soils, 50(6), 927-937.

Liu, W., Zhang, Y., Jiang, S., Deng, Y., Christie, P., Murray, P. J., ... & Zhang, J. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil. Scientific reports, 6, 24902.

Lukashe, N. S., Mupambwa, H. A., Green, E., & Mnkeni, P. N. S. (2019). Inoculation of fly ash amended vermicompost with phosphate solubilizing bacteria (Pseudomonas fluorescens) and its influence on vermi-degradation, nutrient release and biological activity. Waste Management, 83, 14-22.

Marin, M. V., Melo, D. M., Gomes, R. F., da Silva, F. M., de Oliveira Charlo, H. C., Braz, L. T., & Fernandes, C. (2017). Reuse of substrate and nutritive solution concentration on the cultivation of salad tomato. Australian Journal of Crop Science, 11(1), 102.

McConnell, D. B., Shiralipour, A., & Smith, W. H. (1993). Compost application improves soil properties. BioCycle (USA).

Nannipieri, P. (1994). The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In

‘Soil biota: management in sustainable farming system’.(Eds CE Pankhurst, BM Doube, VVSR Gupta, PR Grace) pp. 238–244.

Nannipieri, P., Giagnoni, L., Renella, G., Puglisi, E., Ceccanti, B., Masciandaro, G., ... & Marinari, S. A. R. A. (2012). Soil enzymology: classical and molecular approaches. Biology and fertility of soils, 48(7), 743-762.

Nelson, R. E. (1982). Carbonate and gypsum. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 181-197.

Öhlinger, R. 1996. Dehydrogenase activity with the substrate TTC. Methods in soil biology, 241-243.

Okalebo, J. R., Gathua, K. W., & Woomer, P. L. (2002). Laboratory methods of soil and plant analysis: A working manual second edition. Sacred Africa, Nairobi, 21.

Olsen, S., & Sommers, L. 1982. Phosphorus in Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiolgial Properties. In: Agronomy Monograph.

Pathma, J., Sakthivel, N., 2012. Microbial Diversity of Vermicompost Bacteria That Exhibit Useful Agricultural Traits and Waste Management Potential, vol. 1. SpringerPlus, pp. 26...

Rossini-Oliva, S., Mingorance, M. D., & Pena, A. (2017). Effect of two different composts on soil quality and on the growth of various plant species in a polymetallic acidic mine soil. Chemosphere, 168, 183-190.

Sarikhani, M. R., Khoshru, B., & Oustan, S. (2016). Efficiency of Some Bacterial Strains in Potassium Release from Mica and Phosphate Solubilization under In Vitro Conditions. Geomicrobiology journal, 33(9), 832-838.

Shahbazi.K، Besharati.H. (2013). Overview of fertility status of Iranian soils. Land Management Journal. 1 (1), 1-15

Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus, 2(1), 587.

Songsri, P., Jogloy, S., Holbrook, C. C., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., & Patanothai, A. (2009). Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. Agricultural water management, 96(5), 790-798.

Sperber, J. I. (1958). The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Australian Journal of Agricultural Research, 9(6), 778-781.

Tejada, M., & Gonzalez, J. L. (2006). The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Research, 91(1-2), 186-198.

Tewari, S. K., Das, B., & Mehrotra, S. (2004). Cultivation of medicinal plants—tool for rural development. J Rural Tech, 3, 147-150.

Wang, D., Shi, Q., Wang, X., Wei, M., Hu, J., Liu, J., & Yang, F. (2010). Influence of cow manure vermicompost on the growth, metabolite contents, and antioxidant activities of Chinese cabbage (Brassica campestris ssp. chinensis). Biology and fertility of soils, 46(7), 689-696.

Wu, F., Wan, J. H. C., Wu, S., & Wong, M. (2012). Effects of earthworms and plant growth–promoting rhizobacteria (PGPR) on availability of nitrogen, phosphorus, and potassium in soil. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 175(3), 423-433.

Yagi, R., Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P. D., & Barbosa, J. C. (2003). Organic matter fractions and soil fertility under

the influence of liming, vermicompost and cattle manure. Scientia Agricola, 60(3), 549-557.

تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر تغییر شکل‌های مختلف پتاسیم در برخی خاک‌های آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد

سکینه منصورنژادان[1]، حمیدرضا اولیایی[2]* و مهدی نجفی قیری[3]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج

[2]دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[3]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

چکیده

بیوچارها ترکیبات حاصل از گرماکافت آهسته بقایای آلی در شرایط اکسیژن محدود بوده که می‌توانند جهت اصلاح خاک‌ها به کار روند. این مطالعه به منظور بررسی اثر بیوچارهای بقایای گندم، برنج و ذرت، برگ و شاخه بلوط بر تغییر شکل‌های مختلف پتاسیم در شش خاک آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد با ویژگی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های خاک حاوی ۲٪ بیوچار به مدت دو ماه در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شدند و سپس مقادیر پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی در آنها اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که همه بیوچارها سبب افزایش مقدار همه شکل‌های پتاسیم شدند. مقدار پتاسیم محلول از ۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک شاهد به ۳۰ تا ۱۲۷ میلی‌گرم در خاک‌های تیمار شده با بیوچارهای مختلف رسید. میانگین پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی نیز در خاک‌های مورد مطالعه ۲۴۷ و ۶۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. کمترین و بیشترین مقدار پتاسیم تبادلی به ترتیب در تیمار ذرت و برگ بلوط (۳۱۶ و ۱۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین و بیشترین مقدار پتاسیم غیرتبادلی به ترتیب در تیمار ذرت و شاخه بلوط (۱۰۰۶ و ۵۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که بیوچارها ضمن بالا بردن ویژگی‌های کیفی خاک موجب افزایش اشکال قابل جذب پتاسیم برای گیاه می‌شوند.

واژگان کلیدی: بیوچار، خاک آهکی، شکل پتاسیم، گرماکافت

مقدمه

میانگین مقدار پتاسیم در پوسته زمین حدود ۲/۳ درصد است. بیشترین مقدار آن در کانی‌های اولیه و همچنین در کانی‌های رسی وجود دارد. پتاسیم یک عنصر ضروری و مهم برای رشد گیاهان و تولید محصولات کشاورزی است Alfaro et al, 2003,. Zhang et al, 2011). تقسیم‌بندی‌های مختلفی برای شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک وجود دارد. مبنای این تقسیم‌بندی‌ها قابل جذب بودن این شکل‌ها برای گیاهان می‌باشد (Simard et al., 1992). پتاسیم خاک به‌صورت کلی به ۴ شکل محلول، تبادلی، غیرتبادلی و پتاسیم ساختمانی دسته‌بندی می‌شود. واکنش تعادلی میان این چهار شکل پتاسیم، پویا است و پتاسیم دائم از شکلی به شکل دیگر تغییر می‌یابد (Sparks and Huang, 1985). ارتباط بین شکل‌های مختلف پتاسیم به عنوان تابعی از کانی‌شناسی و تکامل خاک در تعیین ذخیره پتاسیم خاک و پیش‌بینی چرخه پتاسیم و جذب به وسیله گیاهان در کشاورزی بسیار با اهمیت است، اگرچه خاک‌های آهکی دارای کانی‌هاکانی‌های غنی از پتاسیم هستند که قادرند مقادیر قابل توجهی پتاسیم برای گیاه مهیا کنند، این خاک‌ها می‌توانند در نتیجه افزایش هوادیدگی و آبشویی یا استخراج پتاسیم در سیستم‌های کشاورزی فشرده تبدیل به خاک‌های با کمبود پتاسیم شوند (Tributh et al., 1987).

بیوچار نوعی زغال تهیه شده از زیست توده های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که از تخریب حرارتی آن ها در شرایط نبود و یا کمبود اکسیژن حاصل می شود. این ماده به دلیل سرعت تجزیه بسیار کند، نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی اکسید کربن و متان دارد که از ضایعات آلی آزاد می گردد و می تواند کربن را برای دوره های طولانی ذخیره کند (Fang et al., 2014). بیوچار با دارا بودن سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد قادر به جذب عناصر غذایی محلول و نمک ها بوده و سبب حفظ عناصر غذایی در خاک می شود (Kookana et al., 2011). یکی از مهمترین عوامل آلاینده کنونی، افزایش غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر می‌باشد که از نتایج آن افزایش تدریجی دمای کره زمین می‌باشد. تولید بیوچار و ترکیب آن با خاک به عنوان یک روش برای کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری پیشنهاد می شود (Woolf et al., 2010). در سال‌های اخیر ثابت شده است که بیوچار دوام بیشتری نسبت به بقیه اصلاح کننده‌های خاک دارد (Wimmer, 2011). استفاده از بیوچار به عنوان یک منبع غنی از عناصر غذایی، می تواند تا حد زیادی سبب افزایش فراهمی عناصر غذایی مفید مانند کلسیم و پتاسیم در خاک شود، اما بایستی اثرات منفی ناشی از کاربرد بیوچار بر ویژگی هایی مانند افزایش شوری را نیز در نظر گرفت (رضایی و همکاران، ۱۳۹۷). مقادیر بالای پتاسیم موجود در بقایای گیاهی و در بیوچار حاصل از آنها می‌تواند تأثیر مهمی بر وضعیت پتاسیم خاک‌ها داشته باشد. پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف گیاهی بوده و کمبود آن در خاک‌های آهکی ایران بخصوص خاک‌های شدیداً آهکی مناطق جنوبی و خاک‌های شنی رو به گسترش می‌باشد (Najafi-Ghiri et al., 2011). با توجه به اثرات مثبت بیوچار بر برخی ویژگی‌های خاک و کمبود پتاسیم در برخی خاک‌های آهکی به دلیل کشاورزی فشرده، هدف از این مطالعه بررسی اثرات بیوچار با منشأهای مختلف بر تغییر شکل‌های مختلف پتاسیم در برخی خاک‌های آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد با ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شش نمونه خاک از مناطق مختلف اقلیمی استان کهگیلویه و بویراحمد با تنوع کافی از نظر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی انتخاب شدند. ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک به روش‌های معمول صورت گرفت. ~~ش~~کل‌های مختلف پتاسیم نمونه‌های خاک به روش Helmke and Sparks (1996) اندازه‌گیری شد. پتاسیم محلول در عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شد.

~~برای اندازه~~گیری پتاسیم تبادلی ۵ گرم خاک، چهار مرتبه به‌وسیله ۲۵ میلی‌لیتر استات آمونیوم ۱ نرمال با پ‌هاش ۷ به مدت ۱۰ دقیقه تکان داده شده، سانتریفوژ و سپس محلول زلال رویی جمع‌آوری گردید. محلول به دست آمده با استات آمونیم به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

~~جهت اندازه‌گیری پتاسیم قابل عصاره‌گیری با اسید نیتریک جوشان، ۲/۵ گرم خاک و ۲۵ میلی~~لیتر اسید نیتریک ۱ نرمال به مدت ۱۰ دقیقه جوشانده و پس از آن عصاره صاف شده به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پتاسیم غیرتبادلی با کسر مقدار پتاسیم استخراج شده به وسیله

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: 10 pt

Formatted: Body Text, Justified

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazani 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazani 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazani 10 pt

اسید نیتریک از پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیم محاسبه گردید. مقدار پتاسیم در عصاره‌های به‌دست آمده به روش شعله‌سنجی (دستگاه فلیم فتومتر مدل Corning 405) اندازه‌گیری شدگردید.

بیوچارهای مورد استفاده از بقایای کاه گندم، برنج و ذرت مزارع اطراف یاسوج و همچنین برگ و شاخه بلوط جنگل‌های منطقه یاسوج تولید شد. بقایای جمع‌آوری شده پس از خشک‌شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلیسیوس، آسیاب شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس مقدار ۸۰ گرم از هر نمونه در بشر ۲۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شده و به‌وسیله ورقه‌های آلومینیومی پوشانده تا شرایط دسترسی اکسیژن محدود ایجاد گردد. گرماکافت نمونه‌ها در کوره الکتریکی در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت انجام شد. آهنگ افزایش دمای کوره، ۱۰ درجه سلسیوس بر دقیقه بود. سپس یک شبانه‌روز به نمونه‌ها اجازه داده شد تا به دمای محیط برسند. ویژگی‌های مختلف بیوچار شامل قابلیت هدایت الکتریکی و پهاش اندازه‌گیری گردید. مقدار کل عناصر شامل فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس نیز پس از خاکستر کردن یک گرم از نمونه‌های بیوچار در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس و سپس حل در اسید کلریدیریک اندازه‌گیری شد. مقدار فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر، مقدار پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (Corning 405) و مقدار آهن، منگنز، روی و مس با دستگاه جذب اتمی (PG 990, PG Instruments Ltd. UK) اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری مقدار نیتروژن نیز از روش کلدال استفاده شد.

جهت بررسی تأثیر افزودن بیوچار بر ویژگی‌های خاک و مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم، دو گرم از بیوچارهای مختلف (با ذرات کمتر از یک میلی‌متر) را به ۱۰۰ گرم خاک اضافه و کاملاً مخلوط گردید. سپس آن را در ظرف پلاستیکی دربسته که دارای چهار سوراخ با قطر یک سانتی‌متر در درب آن بود ریخته و رطوبت آن از طریق توزین در حد رطوبت ظرفیت زراعی (۵۰ درصد رطوبت اشباع) رسید. رطوبت نمونه‌ها هر چهار روز یک‌بار با توزین و افزودن آب مقطر در حد ظرفیت زراعی حفظ شد. نمونه‌ها به مدت دو ماه در این شرایط رطوبتی و درجه حرارت ۲۲ درجه سلسیوس نگهداری شدند. سری دیگری از نمونه‌های خاک بدون افزودن بیوچار نیز در شرایط مشابه نگهداری شدند (نمونه‌های شاهد). پس از دو ماه نمونه‌ها هواخشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. مقدار پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و کل به روش Helmke and Sparks (1996) اندازه‌گیری گردید. شکل‌های مختلف پتاسیم شامل محلول، تبادلی، غیرتبادلی و کل به ترتیب در عصاره اشباع، عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال با پهاش ۷، عصاره‌گیری با اسید نیتریک جوشان، و هضم با اسید فلوریدریک و تیزاب سلطانی تعیین شدند.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش شامل آزمون نرمال بودن و تجزیه واریانس از نرم افزار SPSS 20 استفاده شد و مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Office Excel صورت گرفت.

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده در پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. مقدار پهاش همه خاک‌ها در دامنه خنثی تا قلیایی ضعیف بود. مقدار کمینه پهاش متعلق به خاک شماره ۳ (منطقه کاکان) و مقدار بیشینه متعلق به خاک‌های شماره ۴ و ۶ (به‌ترتیب مناطق لیشتر و دهدشت) و میانگین آن ۷/۶۱ بود. قابلیت هدایت الکتریکی خاک‌ها در دامنه ۰/۵۶ تا ۱/۸۵ با میانگین ۱/۰۱ دسی زیمنس بر متر بود، مقدار کمینه متعلق به خاک ۲ (منطقه دشت روم) و مقدار بیشینه مربوط به خاک ۶ (منطقه دهدشت) بود. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در دامنه ۱۰/۳ تا ۵۴/۰ با میانگین ۲۵/۵۵ سانتی مول بر کیلوگرم بود. مقدار کمینه آن مربوط به خاک ۴ (منطقه لیشتر) و مقدار بیشینه مربوط به خاک ۳ (منطقه کاکان) بود. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها بیشتر تابع نوع و مقدار رس و مواد آلی است. مقدار کربن آلی در دامنه ۱/۱ تا ۳/۷ با میانگین ۲/۲۱ درصد بود. مقدار کمینه آن مربوط به خاک ۴ (منطقه لیشتر) و مقدار بیشینه مربوط به خاک ۳ (منطقه کاکان) بود. مواد آلی تأثیر فوق‌العاده‌ای بر ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد و فراوانی یا کمبود آن بر نفوذ آب به خاک، ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و ایجاد خاکدانه‌ها مؤثر است.

مقدار کربنات کلسیم معادل در دامنه ۱۵ تا ۵۹ با میانگین ۳۵/۸۳ درصد بود. مقدار کمینه آن مربوط به خاک ۳ (منطقه کاکان) و مقدار بیشینه مربوط به خاک ۶ (منطقه دهدشت) بود. مقدار کربنات کلسیم در خاک‌ها، تابعی از مقدار آن در مواد مادری و وضعیت بارندگی و آبشویی آن است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و رده‌بندی خاک‌های مطالعه شده

شماره خاک	منطقه	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	کربنات کلسیم معادل(درصد)	کربن آلی (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol\ kg^{-1}$)	پ‌هاش	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	رده بندی (تاکسونومی، خاک ۲۰۱۴)
۱	یاسوج	۳۶	۳۴	۳۰	۱۹	۳/۱	۳۱/۴	۷/۵	۰/۶۲	Typic Calcixerepts
۲	دشت روم	۳۴	۳۰	۳۶	۳۳	۲/۴	۲۴/۷	۷/۶	۰/۵۶	Aquic Haploxeralfs
۳	کاکان	۳۰	۳۶	۵۴	۱۵	۳/۷	۵۴/۰	۷/۳	۱/۲۶	Typic Calcixererts
۴	لیشتر	۶۹	۱۷	۱۴	۳۸	۱/۱	۱۰/۳	۷/۸	۱/۲	Typic Calciustepts
۵	بلدان چرام	۲۳	۴۷	۳۰	۵۱	۱/۷	۲۲/۵	۷/۷	۰/۵۸	Typic Haplustepts
۶	دهدشت	۵۵	۳۲	۱۳	۵۹	۱/۳	۱۰/۴	۷/۸	۱/۸۵	Gypsic Haploxerepts
	میانگین	۴۱	۲۹	۳۰	۳۶	۲/۲	۲۵/۶	۷/۶	۱/۰۱	

برخی ویژگی‌های بیوچارهای مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است. مقدار نیتروژن در دامنه ۰/۷۴ تا ۲/۸۰ درصد با میانگین ۱/۵۱ بود، مقدار کمینه مربوط به بیوچار سبوس برنج و مقدار بیشینه مربوط به بیوچار ذرت بود. مقدار فسفر در دامنه ۲۹ تا ۱/۲۴ درصد با میانگین ۰/۵۸ درصد اندازه‌گیری شد، بیشترین و کمترین مقدار فسفر کل به‌ترتیب در بیوچار گندم و بیوچار شاخه بلوط اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم کل در بیوچارهای مورد استفاده دارای دامنه وسیعی بود و کمترین و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب در بیوچارهای سبوس برنج و گندم مشاهده شد. گرماکافت ترکیبات زائد آلی مانند بقایای گیاهی زراعی و جنگلی و فضولات دامی سبب تشکیل مقداری ترکیبات کربنی فرار و همچنین مقداری ترکیبات کربن باقی‌مانده و خاکستر دارای مقدار قابل ملاحظه کلسیم و پتاسیم می‌شود (نواک و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس نتایج جدول ۲ بیوچارهای گندم و ذرت از نظر مقدار عناصر غنی‌تر از سایر بیوچارها بودند.

جدول ۲. مقدار کل برخی عناصر در بیوچارهای مورد استفاده

نوع بیوچار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منگنز	مس	روی	آهن
	درصد		میلی گرم بر کیلوگرم				
گندم	۰/۷۸	۱/۲۴	۵/۶	۳۰/۳	۲/۹	۱۷/۵	۲۱۶
ذرت	۱/۲۵	۱/۱۱	۳/۴	۸۲/۳	۹/۲	۴۶/۰	۲۷۰
برگ بلوط	۲/۴۰	۰/۸۰	۳/۸	۵/۰	۵/۰	۱۵/۵	۲۴۱
شاخه بلوط	۰/۸۸	۰/۲۹	۲/۹	۴/۱	۴/۹	۹/۸	۱۶۲
سبوس برنج	۰/۷۴	۱/۱۴	۰/۸	۳۱/۸	۲/۵	۱۳/۴	۲۷۸
میانگین	۱/۲۱	۰/۹۱	۳/۳	۳۰/۷	۴/۹	۲۰/۵	۲۳۳

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع خاک، بیوچار و اثر متقابل آنها بر مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی تحت تأثیر نوع خاک و بیوچار و همچنین اثر متقابل آنها قرار گرفت.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع خاک، نوع بیوچار و اثر متقابل آنها بر مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		پتاسیم محلول	پتاسیم تبادلی	پتاسیم غیرتبادلی
خاک	۵	۶۳۴۵**	۳۰۴۷۲**	۱۸۴۶۲۶۹**
بیوچار	۶	۳۲۱۱۱	۵۱۳۱۲**	۶۰۷۱۴۰**
خاک × بیوچار	۳۰	۲۵۵۷	۶۳۸۹**	۲۳۷۰۲**
خطا	۸۴	۷	۱۹	۱۰۹**
کل	۱۲۶	-	-	-

نتایج نشان داد تمام بیوچارها اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصدی بر خاک داشتند. بیوچارهای ذرت و برگ بلوط به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را بر مقدار پتاسیم محلول نسبت به تیمار کنترل داشتند (جدول ۴). به طور کلی افزودن بیوچار سبب افزایش فوق العاده پتاسیم محلول در نمونه‌های خاک گردیده و با توجه به روابط تعادلی بین این سه شکل پتاسیم و زمان کافی انکوباسیون نمونه‌ها (۶۰ روز) یونهای پتاسیم از محلول خاک به نقاط تبادلی و غیرتبادلی پخشیده میشوند.گرماکافت ترکیبات زائد آلی مانند بقایای گیاهی زراعی و جنگلی و فضولات دامی بالا سبب تشکیل مقداری ترکیبات کربنی فرار و همچنین مقداری ترکیبات کربن باقی‌مانده و خاکستر دارای مقدار قابل ملاحظه کلسیم و پتاسیم می‌شود (Novak et al., 2009). ولی در مقادیر بالای پتاسیم موجود در بقایای گیاهی و در بیوچار حاصل از آنها می‌تواند تأثیر مهمی بر وضعیت پتاسیم خاک‌ها داشته باشد.

جدول ۴. مقایسه میانگین مقدار پتاسیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌های مختلف تحت تأثیر نوع خاک، نوع بیوچار و اثر متقابل آنها

خاک	کنترل	ذرت	گندم	برگ بلوط	شاخه بلوط	برنج	میانگین
۱	۱۰۸/۶^{e}	۱۱۵/۴^{d}	۷۳/۴^{L}	۱۴^{q}	۶۳/۳^{mn}	۱۱۴/۱^{d}	۶۴/۴۵^{b}
۲	۲۰۵/۴^{a}	۱۸۴/۸^{b}	۱۳/۳ ^{mn}	۵۶/۱^{j}	۵۹/۱^{j}	۳۵/۹^{n}	۸۴/۳۴^{a}
۳	۹۰/۹^{g}	۵۱/۲^{k}	۱۳/۳ ^{mn}	۱۳/۲^{qrs}	۱۰/۵^{rst}	۶/۸^{t}	۳۱/۵۹^{f}
۴	۱۰۵/۶^{e}	۸۱/۱^{hi}	۱۱/۴^{qrst}	۷۸/۱^{i}	۲۲/۳^{o}	۱۴/۳^{qr}	۵۰/۶۳^{e}
۵	۱۱۵/۳^{d}	۹۹/۵^{f}	۱۱/۲^{rst}	۲۸/۳^{o}	۸۳/۸^{h}	۱۱/۷^{qrst}	۵۲/۳۲^{d}
۶	۱۳۸/۶^{c}	۱۰۱/۳^{f}	۴۱/۴^{lm}	۵۹/۷^{j}	۲۷/۸^{o}	۱۲/۱^{qrst}	۵۵/۷۴^{c}
میانگین	۱۷/۲۱^{f}	۱۲۷/۴۴^{a}	۱۰۵/۵۹^{b}	۳۰/۶۸^{e}	۴۱/۶۱^{c}	۵۴/۴۰^{c}	

میانگین‌های با حروف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح آزمون یک درصد می‌باشد.

کمترین و بیشترین مقدار پتاسیم تبادلی به ترتیب در تیمار ذرت و برگ بلوط (۳۱۶ و ۱۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد (جدول ۵). شکل غیرتبادلی پتاسیم که پتاسیم تثبیت شده بین لایه‌های کانیهای موجود در خاک را شامل میشود نیز تحت تأثیر کاربرد بیوچار قرار گرفت .میانگین پتاسیم غیرتبادلی نیز در خاک‌های مورد مطالعه ۶۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و کمترین و بیشترین مقدار پتاسیم غیرتبادلی به ترتیب در تیمار ذرت و شاخه بلوط (۱۰۰۶ و ۵۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد (جدول ۶). روند تغییرات پتاسیم تبادلی خاک در نتیجه کاربرد بیوچارهای مختلف نشان میدهد که پتاسیم تبادلی به طور معنی‌داری افزایش یافته است. این نتایج با یافته های Gaskin et al., 2010 و Olarieta et al., 2011 همخوانی دارد.

این افزایش که در نتیجه پخشیدگی یون های پتاسیم محلول به بین لایه‌های کانیهایی مانند ایلیت، ورمیکولیت و اسمکتیت و تثبیت آنهاست میتواند سبب تغییر و تحول جزئی کانیهای خاک و تبدیل این کانیها به میکا و ایلیت شود (Najafi-Ghiri and Abtahi, 2013; Helmke and Sparks, 1996). هر چند این تغییرات جزئی ممکن است در مطالعات کانی‌شناسی محسوس نباشد، اما نیاز به مطالعات دقیق تر در زمینه تاثیر بیوچار بر کانی‌شناسی خاک در دراز مدت و کوتاه مدت ضروری است.

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt

جدول ۵. مقایسه میانگین مقدار پتاسیم تبادلی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌های مختلف تحت تأثیر نوع خاک، نوع بیوچار و اثر متقابل آنها

خاک	کنترل	ذرت	گندم	برگ بلوط	شاخه بلوط	برنج	میانگین
۱	۳۷۳^{b}	۳۷۲^{b}	۱۸۹^{s}	۲۱۳^{p}	۶۳/۳^{mn}	۲۳۴^{o}	۲۷۹/۴b
۲	۳۸۳/۳^{a}	۳۱۹^{ef}	۲۵۲ ^{mn}	۲۵۲^{mn}	۳۴۲^{c}	۲۹۵^{gh}	۳۰۸/۹a
۳	۲۵۰/۷^{mn}	۲۷۶^{i}	۱۶۶ ^{t}	۳۱۴^{f}	۲۶۵^{j}	۳۲۹^{d}	۲۵۹/۱c
۴	۲۵۷^{lm}	۳۱۸^{f}	۱۶۰^{tu}	۱۹۸^{q}	۲۴۷^{n}	۱۲۴^{x}	۲۰۸/۵f
۵	۲۹۰^{h}	۲۵۴^{lmn}	۱۶۰^{tu}	۱۴۵^{v}	۳۲۶^{de}	۱۳۵^{w}	۲۱۷/۴e
۶	۳۴۶^{c}	۳۰۱^{g}	۱۵۶/۰^{u}	۱۸۰^{s}	۳۱۲^{f}	۱۹۲^{qr}	۲۴۰/۴d
میانگین	۲۴۷^{d}	۳۱۶/۲^{a}	۳۰۶/۷^{b}	۱۷۷/۷^{g}	۱۹۹/۵^{f}	۲۸۷/۷^{c}	

میانگین‌های با حروف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح آزمون یک درصد می‌باشد.

معمولا ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار پتاسیم تبادلی خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاکهای آهکی وجود دارد (Najafi-Ghiri et al., 2011). اما از آنجا که بیوچارهای مورد استفاده تاثیری بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نداشته‌اند میتوان نتیجه گرفت که این افزایش ناشی از ارتباط تعادلی بین شکلهای پتاسیم می‌باشد. این بدین معنی است که با کاربرد بیوچار به خاک، پتاسیم موجود در آن وارد فاز محلول و به علت تعادل بین پتاسیم محلول و تبادلی مقداری نیز وارد فاز تبادلی میشود و در نتیجه هر دو شکل محلول و تبادلی پتاسیم افزایش می‌یابد. تغییر شکلهای پتاسیم از حالت محلول موجود در بیوچار به شکل‌های تبادلی و غیرتبادلی در خاک بر قابلیت استفاده این عنصر در خاک تا ثیر کمی دارد؛ چراکه پتاسیم تبادلی مانند پتاسیم محلول قابل استفاده گیاه می‌باشد و مقدار قابل ملاحظه‌ای از پتاسیم غیرتبادلی نیز در طول فصل رشد گیاه آزادشده و جذب گیاه میشود (Havlin et al., 1999). به هر حال تبدیل شکل محلول پتاسیم به شکل تبادلی و غیرتبادلی از آبشویی این عنصر مخصوصا در خاکهای بافت درشت و در مناطق با بارندگی زیاد جلوگیری کرده، ظرفیت بافری پتاسیم خاک را افزایش داده و با توجه به تبادل آن با کاتیونهایی مانند کلسیم، منیزیم و سدیم و گاهی آمونیوم موجود بر نقاط تبادلی میتواند ترکیب یونی محلول خاک را تغییر دهد

جدول ۷. مقایسه میانگین مقدار پتاسیم غیرتبادلی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌های مختلف تحت تأثیر نوع خاک، نوع بیوچار و اثر متقابل آنها

خاک	کنترل	ذرت	گندم	برگ بلوط	شاخه بلوط	برنج	میانگین
۱	۱۲۸۷/۷^{b}	۱۳۳۴/۷^{a}	۱۰۲۲/۳^{g}	۹۷۴/۳*	۱۲۳۷/۳^{c}	۹۵۸/۳^{ij}	۱۱۱۶/۴^{a}
۲	۱۳۲۷/۷^{a}	۱۱۹۰/۳^{d}	۷۹۸/۳^{n}	۹۱۸/۳^{k}	۱۰۹۴/۳^{f}	۸۳۸/۳^{l}	۹۹۹/۷^{b}
۳	۱۱۱۸^{e}	۸۴۶/۳^{l}	۹۲۶/۳^{k}	۶۷۱/۳^{r}	۹۵۰/۳^{j}	۷۴۳/۳^{p}	۸۶۷/۴^{c}
۴	۷۱۹^{q}	۶۳۹/۳^{s}	۴۴۷/۳^{u}	۴۴۵/۳^{u}	۵۳۵/۳^{t}	۲۶۰/۳^{w}	۵۱۱/۷^{d}
۵	۸۱۶/۳۳^{m}	۷۰۳/۳^{q}	۲۵۶/۳^{w}	۲۵۶/۳^{w}	۶۷۹/۳^{r}	۲۳۲/۲^{x}	۴۵۸/۳^{e}
۶	۷۷۲^{o}	۷۱۱/۳^{q}	۲۸۱/۳^{v}	۳۲۱/۳^{v}	۶۴۷/۳^{s}	۲۱۷/۳^{x}	۴۵۱/۵^{f}
میانگین	۶۰۸/۶۷^{e}	۱۰۰۶/۷۸^{a}	۹۰۴/۲۲^{c}	۶۲۲^{d}	۵۹۷/۸۳^{f}	۸۵۷/۳۳^{c}	

میانگین‌های با حروف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح آزمون یک درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزودن بیوچار سبب تغییرات در برخی ویژگی‌های خاک و قابلـیت اسـتفاده پتاسیم میگردد. افزایش قابل ملاحظه مقادیر شکلهای مختلف پتاسیم شامل محلول، تبادلی و غیرتبادلی و در نتیجه پتاسیم قابل استفاده (مجموع محلول و تبادلی) با کاربرد انواع بیوچارهای استفاده شده در این پژوهش نشان میدهد که میتوان بیوچار را به عنوان یک منبع حاوی پتاسیم در مدیریت حاصلخیزی این عنصر در خاکهای دچار کمبود پتاسیم بخصوص در خاکهای استان کهگیلویه و بویراحمد مد نظر قرار داد و مطالعات بیشتری را روی آن انجام داد. به هر حال عواقب سوء ناشی از کاربرد این مواد بر برخی ویژگی‌های خاک مانند افزایش شوری و افزایش پ هاش خاک نیز باید در نظر گرفته شود.

فهرست منابع

رضایی، ن.، ف، رزاقی، ع، سپاسخواه، و ع، ا، موسوی. (۱۳۹۷). تأثیر بیوچار و شوری آب آبیاری بر خصوصیات شیمیایی خاک تحت کشت باقلا. نشریه پژوهش های آب و خاک، الف ۳۲ (۱): ۲۵-۱۳.

Alfaro, M.A., Jarvis, S.C., and Gregory, P.J. (2003). The effect of grassland soil managements on soil potassium availability. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*.3, 31-41.

Fang, Y., B. Singh, B.P. Singh, and E. Krull. 2014. Biochar carbon stability in four contrasting soils. European Journal of Soil Science. 65(1): 60-71.

Gaskin, J.W., R.A. Speir, K. Harris, K. Das, R.D. Lee, L.A. Morris, et al. (2010). Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*.102(2), 623-33.

Havlin, J., J. Beaton, S. Tisdale, W. Nelson. (1999). Soil Fertility and Fertilizers. Ed. Pretince Hall, New Jersey.

Najafi-Ghiri, M., A. Abtahi, H. Owliaie, S.S. Hashemi, H. Koohkan. (2011). Factors Affecting Potassium Pools Distribution in Calcareous Soils of Southern Iran. *Arid Land Research and Management*, 25(4), 313-27.

Najafi-Ghiri, M., A. Abtahi. (2013). Potassium Fixation in Soil Size Fractions of Arid Soils. *Soil and Water Research*. 8(2),49-55.

Novak, J.M., I. Lima, B. Xing, J.W. Gaskin, C. Steiner, K. Das, et al. (2009). Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science*.3(1),2

Olarieta, J.R., R. Padrò, G. Masip, R. Rodríguez-Ochoa, E. Tello. (2011). 'Formiguers', a historical system of soil fertilization (and biochar production?). *Agriculture, Ecosystems & Environment*.140(1–2), 27-33.

Simard, R. S., Dekimpe, C. and Zizkat, A. (1992). Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1421-1428.

Tributh, H., Bogusiawski, E. V., Lieress, A. V., Steffens, D. and Mengel, K. (1987). Effect of potassium removal by crops on transformation of illitic clay minerals. *Soil Science*, 143, 404-409.

Wimmer, J. 2011. Biochar Research and a Case Study in Kansas, 25: 1-53.

Woolf, D., J.E. Amonette, F.A. Street-Perrott, J. Lehmann, and S. Joseph. (20100. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature communications*, 1, 56.

Zhang, Q.C., Wang, G.H., Feng, Y.K., Qian, P., and Schoenau, J.J. (2011). Effect of potassium fertilization on soil potassium pools and rice response in an intensive cropping system in China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 174, 73-80.

Effect of different biochars on potassium chemical forms in some calcareous soils

of Kohgilouye Province

S. Mansoornejadan[1], H.R. Owliaie[2] and M. Najafi-Ghiri[3]

[1]Former MSc. Student, Yasouj University. [2]Assoc. Prof. of Soil Sci. Yasouj University.
[3]Assoc. Prof. of Soil Sci. College of Agriculture of Darab, Shiraz University

Abstract

Biochares are compounds resulting from the slow decompression of organic residues under limited or oxygen-free conditions that can be used as useful compounds for soil remediation. This study was conducted to investigate the effect of five types of biochars including wheat, rice and corn residues, oak leaves and branches on different forms of potassium in six calcareous soils of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province with different physical, chemical and mineralogical properties. After adding 2% of biochar, soil samples were kept in field moisture conditions for two months and then the amounts of soluble, exchangeable and non-exchangeable potassium were measured. The results showed that all biochar increased the amount of all forms of potassium. The amount of soluble potassium increased from 17 $mgkg^{-1}$ in control soil to 30 to 127 $mgkg^{-1}$ in soils treated with different biochars. The mean amount of

exchangeable and non- exchangeable potassium in the studied soils were 247 and 608 $mgkg^{-1}$, respectively; and the lowest and highest exchangeable potassium were measured in corn and oak leaves (316 and 178 $mgkg^{-1}$), respectively. The lowest and highest amount of non-exchangeable potassium were measured in corn and oak branches (1006 and 597 $mgkg^{-1}$), respectively. In general, it can be concluded that biochar can be used as a source of potassium in fertility management of potassium deficient soils.

Keywords: Biochar, Calcareous soil, Potassium forms, Pyrolysis

تاثیر کاربرد کمپوست زباله شهری بر روابط آبی و خصوصیات فیتوشیمیایی مریم گلی در شرایط تنش خشکی

شایسته غیاث[۱]، مصطفی شیرمردی[۲]، حیدر مفتاحی‌زاده[۳]، مریم دهستانی اردکانی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲- نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. (shirmardi@ardakan.ac.ir)

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

چکیده

خشکی و پائین بودن محتوای ماده آلی خاک دو مسئله مهم برای کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. استفاده از کمپوست زباله شهری می‌تواند اثرات منفی خشکی برگیاه را کاهش دهد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر کاربرد کمپوست زباله شهری بر پارامترهای محتوای نسبی آب (RWC)، نشت یونی و بیوشیمیایی مریم‌گلی تحت تنش خشکی بود. به این منظور یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح کمپوست زباله شهری (شامل عدم کاربرد (شاهد)، کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری) و سه سطح تنش خشکی (آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت مزرعه (FC) به عنوان عدم تنش، آبیاری در ۶۰٪ FC به عنوان تنش متوسط و آبیاری در ۴۰٪ FC به عنوان تنش شدید) بود. کاربرد ۲۰ton/ha کمپوست زباله شهری در شرایط تنش شدید منجر به کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد. با افزایش شدت تنش خشکی، RWC کاهش اما نشت یونی و محتوای فنول کل افزایش یافت. کاربرد ۲۰ton/ha کمپوست زباله شهری منجر به افزایش معنی‌دار RWC و فنول کل و همچنین کاهش نشت یونی شد. به نظر کاربرد کمپوست زباله شهری با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک باعث بهبود شرایط رشدی گیاه شده است.

واژگان کلیدی: اصلاح کننده، فنول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای نسبی آب، نشت یونی.

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که رشد گیاه را با تاثیرگذاری بر انواع مختلف فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند یکپارچگی غشایی، محتوای رنگدانه، تنظیم اسمزی، روابط آبی و سوخت و ساز ثانویه کاهش می‌دهد (Chiappero *et al.*, 2019). تنش خشکی بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی موجود در گیاه را فعال می‌کند که منجر به تغیراتی در مسیرهای متابولیکی گیاه می‌شود (Petropoulos *et al.*, 2008). استفاده از کمپوست حاصل از مواد زائد آلی در خاک به منظور حفظ و افزایش باروری و حاصلخیزی خاک برای کشاورزی و باغداری در دهه گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. علاوه بر کاهش هزینه اضافی و دفع زباله، منجر به کارایی و سودمندی بیشتر خواهد شد. کاربرد کمپوست در خاک به کاهش مصرف کودهای شیمیایی کمک می‌کند و می‌تواند اثرات زیست محیطی مرتبط با تولید کودهای شیمیایی و استفاده از آن را کاهش دهد. تحقیقات نشان داده است که مصرف کمپوست زباله شهری اثرات مثبت معنی‌داری بر کیفیت خاک داشته است. Willekens *et al.* (2014) گزارش کردند که پتاسیم قابل استفاده برای گیاه پس از اضافه کردن کمپوست به خاک افزایش یافت. Curtis and Claassen (2005)، گزارش کردند که بعد از کاربرد کمپوست در خاک ظرفیت نگهداری آب در خاک به طورمعنی‌داری افزایش یافت.

مریم گلی که بومی مناطق مدیترانه‌ای بوده با نام علمی *Salvia officinalis* L. گیاهی دارویی از خانواده نعنائیان است. در حال حاضر این گیاه به طور گسترده در نقاط مختلف جهان جهت استفاده از برگ‌های خشک آن به عنوان ماده

اولیه در صنایع داروسازی، عطر سازی و همچنین صنایع غذایی، کشت می‌شود. خواص ضدالتهابی، ضد میکروبی و همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی مریم‌گلی، باعث توجه ویژه به این گیاه دارویی شده است (Tisserand and Balacs, 1995). با توجه با تاثیر مثبت کمپوست زباله شهری بر افزایش شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان در شرایط تنش خشکی و همچنین عدم وجود گزارشی در ارتباط با کاربرد این اصلاح‌کننده برای مریم گلی، این تحقیق با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف کمپوست زباله شهری در شرایط اعمال سطوح مختلف تنش خشکی بر گیاه مریم گلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

طرح آماری، تیمارها و نحوه اعمال آن‌ها

در سال ۱۳۹۸ به منظور بررسی تاثیر کمپوست زباله‌شهری بر خصوصیات رشد مریم‌گلی تحت تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی واقع در شهرک صنعتی جهان آباد میبد انجام شد. تیمارها شامل سه سطح کمپوست زباله شهری (عدم کاربرد (خاک اصلاح نشده)، کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری) و سه سطح تنش خشکی (آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت مزرعه (FC) به عنوان عدم تنش، آبیاری در FC ۶۰٪ به عنوان تنش متوسط و آبیاری در FC ۴۰٪ به عنوان تنش شدید) بود. بلوک‌ها با فاصله یک متر از هم و کرت‌ها با ابعاد ۱/۲×۱/۲ متر و با فاصله یک متر از هم روی بلوک در نظر گرفته شدند. آزمایش شامل نه تیمار و ۲۷ کرت (با توجه به سه تکرار) و هر کرت شامل سه ردیف کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین و روی ردیف‌های کاشت بود. بافت خاک لومی شنی، هدایت الکتریکی، pH، کربن آلی، نیتروژن، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۱/۳ dS/m، ۷/۶، ۰/۵۲٪، ۰/۰۴٪، ۱۲/۲ mg/kg، ۲۳۵ و ۱/۱ g/cm^3 بود. هدایت الکتریکی، pH، کربن آلی، نیتروژن، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و نسبت C/N در کمپوست زباله شهری به ترتیب ۰/۹، ۸/۱۵، ۴۳/۵٪، ۲/۴٪، ۱۶۳/۸ mg/kg، ۴۹۵ mg/kg و ۱۸/۱ بود.

بذر مریم‌گلی از پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی دانشگاه اردکان تهیه شد. بذرها به صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری کشت شدند. کمپوست زباله شهری که از شهرداری اردکان تهیه شده بود قبل از کشت با خاک مخلوط شد، به این صورت که بر اساس تیمارهای مورد نظر و مساحت کرت مقدار کمپوست زباله شهری مورد نیاز به سطح خاک اضافه و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. آبیاری ابتدا به صورت منظم انجام شد و بعد از جوانه‌زنی و استقرار گیاهان، تنش خشکی بر اساس درصدهای مختلف ظرفیت مزرعه انجام شد. به این صورت که با تعیین ظرفیت زراعی خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک و اندازه‌گیری مرتب رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR زمان آبیاری تعیین شد. دوره نگهداری گیاه ۱۰ ماه و مدت زمان اعمال تنش هشت ماه بود. در طول دوره آزمایش، به استثنای آبیاری، سایر عملیات از قبیل سله شکنی و حذف علف‌های هرز برای تمام تیمارها به صورت یکسان انجام شد.

تعیین محتوای نسبی آب (RWC)، نشت یونی و خصوصیات بیوشیمیایی

RWC

برای تعیین RWC، ابتدا وزن چند برگ تازه (FW) با ترازوی دقیق تعیین شد. سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در ظرف حاوی آب مقطر قرار داده شد تا اشباع شود و وزن اشباع (TW) تعیین شد. در ادامه برگ‌ها در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و وزن خشک برگ (DW) تعیین شد. در نهایت با استفاده از رابطه ۱ RWC بر حسب درصد محاسبه شد (Ritchie *et al.*, 1990).

$$RWC\ (\%) = ((FW-DW)/(TW-DW))\times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

نشت یونی

برای تعیین نشت یونی ابتدا قطعه‌ای از برگ با ابعاد نیم سانتی‌متر مربع را تهیه و در ظرفی حاوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد. پس از این مدت هدایت الکتریکی اولیه (EC1) با EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) تعیین شد. سپس نمونه‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار

گرفت و مجدداً هدایت الکتریکی (EC2) تعیین شد. در نهایت درصد نشت یونی با رابطه ۲ محاسبه و بر حسب درصد گزارش شد (Lutts *et al*., 1995).

رابطه (۲) نشت یونی (٪)= (EC1/EC2)×100

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

تهیه عصاره الکلی

ابتدا به ۰/۵ گرم از پودر ماده خشک پیکر رویشی گیاه ۱۰ میلی‌لیتر متانول ٪۸۰ اضافه و نمونه به مدت ۱۲ ساعت روی شیکر قرار گرفت. پس از آن نمونه سانتریفیوژ و محلول شفاف رویی در ظروف شیشه‌ای که نور و هوا به آن نفوذ نمی‌کردند در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Wojdylo *et al*., 2007).

اندازه‌گیری کل ترکیبات فنلی

تعیین ترکیبات فنلی با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو صورت گرفت. بدین منظور به ۴۰۰ میکرولیتر از عصاره رقیق شده، ۲ میلی لیتر از معرف اضافه شد و پس از پنج دقیقه ۱/۶ میلی لیتر از محلول کربنات سدیم که با غلظت ۷۵ گرم در لیتر تهیه شده بود اضافه شد. پس از نیم ساعت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV3100, Shimadzu, Tokyo, Japan) جذب در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید، داده‌ها بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک گزارش شد (Wojdylo *et al*., 2007).

تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از دی‌فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) به عنوان رادیکال آزاد و پایدار استفاده شد. بدین منظور ۵۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده به ۵ میلی لیتر از محلول ٪۰/۰۰۰۴ DPPH اضافه و ۱۰ ثانیه به شدت تکان داده شد. پس از ۳۰ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر، جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد. در نمونه شاهد به جای عصاره از متانول ٪۸۰ استفاده شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH از رابطه ۳ تعیین شد (Burits and Bucar, 2000).

رابطه (۳) درصد مهارکنندگی= (Ac-At)/At) × 100

در این رابطه، Ac و At به ترتیب جذب در شاهد و نمونه گیاهی می‌باشد.

آنالیز داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.2 استفاده شد. مقایسات میانگین با آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار خشکی و همچنین کمپوست زباله شهری بر شاخص‌های RWC، نشت یونی، محتوای فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. این در حالی است که بر همکنش خشکی و کمپوست زباله شهری تاثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر شاخص‌های RWC، نشت یونی و محتوای فنول کل نداشته اما بر شاخص ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سطح یک درصد اثر معنی‌دار نشان داد (جدول۱).

جدول۱- نتایج آنالیز واریانس اثر خشکی، کمپوست زباله شهری و برهمکنش آن‌ها بر شاخص‌های مورد ارزیابی

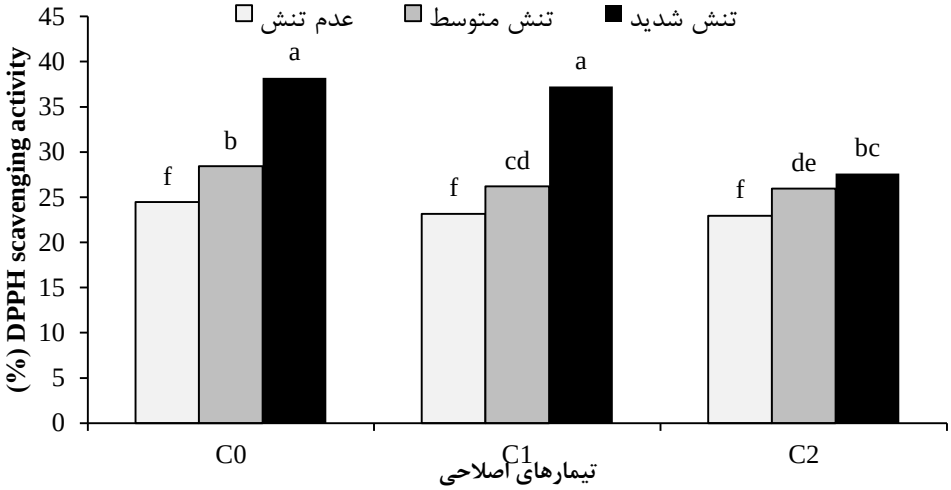
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		RWC	نشت یونی	محتوای فنول کل	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی
خشکی	۲	۲۳۸/۴۸**	۴۳۴/۴۲**	۶/۱**	۲۷۷/۱۹**
کمپوست زباله شهری	۲	۱۵۱/۶۱**	۴۲۹/۸۳**	۰/۸۹**	۵۵/۴۶**
خشکی×کمپوست زباله شهری	۴	۱۰/۵۴^{ns}	۱۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۲۷/۲۵**
تکرار	۲	۶/۶۴^{ns}	۱۱/۷۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱/۲۱^{ns}
خطا	۱۶	۳/۷۶	۷/۶۹	۰/۰۲	۰/۸۸

کل	۲۶			
ضریب تغییرات (٪)	۱۲/۵۶	۸/۷۵	۶/۱	۳/۳۳

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

برهمکنش خشکی و کمپوست زباله شهری

نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح پنج درصد نشان داد که با افزایش شدت تنش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی افزایش معنی‌داری داشته است. در شرایط عدم تنش کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری تغییر معنی‌داری در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی منجر نشد. در شرایط تنش متوسط کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری منجر به کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شد و بین تیمار کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تنش شدید خشکی تنها کاربرد ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری توانست ظرفیت آنتی-اکسیدانی گیاه را به طور معنی‌داری نسبت به شرایط عدم کاربرد اصلاح‌کننده کاهش دهد و در این شرایط کاربرد ton/ha ۱۰ کمپوست زباله شهری اثر معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱).



شکل۱- مقایسه میانگین تاثیر برهمکنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی. وجود حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار به روش دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین اثر خشکی

نتایج حاکی از آن بود که با افزایش شدت تنش خشکی شاخص RWC به طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین مقدار RWC در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. بالاترین میزان نشت یونی نیز در تنش شدید خشکی مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط عدم تنش و تنش متوسط داشت. با این وجود بین تنش متوسط و شرایط عدم تنش، تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص نشت یونی مشاهده نشد. با افزایش شدت تنش خشکی محتوای فنول کل به طور معنی‌داری افزایش نشان داد و بالاترین محتوای فنول در تنش شدید خشکی در گیاه مشاهده شد (جدول۲).

جدول۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص‌های RWC، نشت یونی و محتوای فنول کل

تیمار خشکی	RWC	نشت یونی	محتوای فنول کل
	٪	٪	میلی گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک
D1	۸۱/۴۸a	۲۶/۴۳b	۴/۰۹c
D2	۷۴/۰۴b	۲۹/۱b	۴/۷b
D3	۷۱/۶c	۳۹/۵۷a	۵/۷۲a

D1، D2 و D3 به ترتیب آبیاری در FC ۸۰٪ به عنوان شرایط عدم تنش، آبیاری در FC ۶۰٪ به عنوان تنش متوسط و آبیاری در FC ۴۰٪ به عنوان تنش شدید. وجود حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار به روش دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری

مقایسه میانگین تاثیر کاربرد کمپوست زباله شهری بر شاخص RWC نشان داد که با کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری، این شاخص به طور معنی‌داری نسبت به شرایط عدم کاربرد اصلاح کننده افزایش یافتند و تیمار کاربرد ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری بالاترین مقدار RWC را دارا بود. همچنین نتایج بیانگر این بود که با کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری، نشت یونی به طور معنی‌داری نسبت به شرایط عدم کاربرد اصلاح کننده کاهش یافت و بیشترین نشت یونی در تیمار شاهد (عدم کاربرد اصلاح کننده) مشاهده شد. در ارتباط با محتوای فنول کل تنها تیمار کاربرد ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری توانست منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص نسبت به تیمار شاهد شود و تیمار کاربرد ۱۰ ton/ha کمپوست زباله شهری تاثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت (جدول۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر شاخص‌های RWC، نشت یونی و محتوای فنول کل

تیمار کمپوست زباله شهری	RWC	نشت یونی	محتوای فنول کل
	٪	٪	میلی گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک
C0	۷۱/۱۸c	۳۸/۹a	۵/۰۶a
C1	۷۶/۷۴b	۳۱/۰۷b	۴/۹۸a
C2	۷۹/۱۹a	۲۵/۱۳c	۴/۴۸b

C0، C1 و C2 به ترتیب کاربرد صفر، ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری. وجود حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار به روش دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

تجمع متابولیت‌های ثانویه در گیاه به شدت تحت تاثیر محیط رشد گیاه و تنش‌های محیطی مانند خشکی قرار می‌گیرد. این متابولیت‌ها از تجمع رادیکال‌های آزاد در گیاه و صدمه به گیاه جلوگیری می‌کنند. همچنین فاکتورهای فیزیولوژیکی مانند RWC و نشت یونی تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند (Gao *et al*., 2020). بهبود وضعیت رطوبت آب در خاک با کاربرد اصلاح کننده‌هایی مانند کمپوست زباله شهری منجر به آسیب کمتر به گیاه در شرایط تنش خشکی می‌شود. Fiasconaro et al. (2019) نشان دادند که با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی را افزایش داد. Abd El-Mageed et al. (2019) نیز گزارش کردند که با کاربرد کمپوست RWC افزایش و پایداری غشاء افزایش داشت. مطابق با یافته‌های این تحقیق M'barki *et al*. (2019) گزارش کردند که با افطایش شدت تنش خشکی محتوای فنول کل در گیاه افزایش یافت. به نظر می‌رسد کاربرد کمپوست زباله شهری با بهبود وضعیت نگهداری آب در خاک منجر به کاهش اثر تنش خشکی بر گیاه و تعدیل غلظت متابولیت‌های ثانویه در گیاه شده باشد.

نتیجه‌گیری

کمبود ماده آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند اثرات منفی بر خصوصیات خاک و رشد گیاه داشته باشد. کاربرد کمپوست زباله شهری به عنوان یک اصلاح‌کننده آلی می‌تواند منجر به بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و بهبود وضعیت عناصر تغذیه‌ای در خاک شود. در شرایط تنش‌های محیطی مانند خشکی کاربرد کمپوست زباله شهری با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت منجر به بهبود وضعیت رطوبتی گیاه شده و از آسیب وارده به گیاه می‌کاهد.

فهرست منابع

Abd El-Mageed, T. A., El-Sherif, A. M., Abd El-Mageed, S. A., & Abdou, N. M. (2019). A novel compost alleviate drought stress for sugar beet production grown in Cd-contaminated saline soil. *Agricultural Water Management*, 226, 105831.

Burits M. and Bucar F. (2000). Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil. *Phytotherapy Research*, 14(5), 323 - 328.

Chiappero, J., del Rosario Cappellari, L., Alderete, L. G. S., Palermo, T. B., & Banchio, E. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria improve the antioxidant status in Mentha piperita grown under drought stress leading to an enhancement of plant growth and total phenolic content. *Industrial Crops and Products*, *139*, 111553.

Curtis, M. J., & Claassen, V. P. (2005). Compost incorporation increases plant available water in a drastically disturbed serpentine soil. *Soil Science*, *170*(12), 939-953.

Fiasconaro, M. L., Lovato, M. E., Antolín, M. C., Clementi, L. A., Torres, N., Gervasio, S., & Martín, C. A. (2019). Role of proline accumulation on fruit quality of pepper (Capsicum annuum L.) grown with a K-rich compost under drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 249, 280-288.

Gao, S., Wang, Y., Yu, S., Huang, Y., Liu, H., Chen, W., & He, X. (2020). Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. *Scientia Horticulturae*, 259, 108795.

Lutts, S. J. Kinet, M. and Bouharmont, J. (1995). Canges in plant response to NaCl during development of rice varieties differing in salinity resistance. *Experimental Botany*, 46(12), 1843-1852.

M'barki, N., Aissaoui, F., Chehab, H., Dabbaghi, O., del Giudice, T., Boujnah, D., & Mechri, B. (2019). Cultivar dependent impact of soil amendment with water retaining polymer on olive (Olea europaea L.) under two water regimes. *Agricultural Water Management*, 216, 70-75.

Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M. G., & Passam, H. C. (2008). The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, *115*(4), 393-397.

Ritchie, S. W. Nguyen, H. T. and Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science*, 30(1), 105-111.

Willekens, K., Vandecasteele, B., Buchan, D., & De Neve, S. (2014). Soil quality is positively affected by reduced tillage and compost in an intensive vegetable cropping system. *Applied Soil Ecology*, *82*, 61-71.

Wojdylo, A. Oszmianski, J. and Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 1005(3), 940-949.

Effect of municipal waste compost application on water relations and phytochemical properties of *Salvia officinalis* L. in drought stress conditions

Shayesteh Ghias[1], Mostafa Shirmardi[2*], Heidar Meftahizadeh[3] and Maryam Dehestani Ardakani[3]

1- M.Sc. Graduate, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.

2- *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
(shirmardi@ardakan.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.

Abstract

Drought and low soil organic matter content are two important problem for agriculture in arid and semi-arid regions. The use of municipal waste compost can reduce the negative effects of drought on plant. This study was conducted to investigate the effect of municipal waste compost application on relative water content (RWC), ion leakage and biochemical indices of *Salvia officinalis* L. under drought stress. A factorial experiment was performed in a randomized complete block design with three replications. Treatments include three levels of municipal waste compost (non-application (control), application of 10 and 20 ton/ha municipal waste compost) and three levels of drought stress (irrigation at 80% of field capacity (FC) as no stress, irrigation at 60% FC as moderate stress and irrigation in 40% FC as severe stress). Application of 20 ton/ha of municipal waste compost led to a significant reduction in antioxidant capacity under severe stress condition. RWC decreased With increasing drought stress intensity but ion leakage and total phenol content increased. Application of 20 ton/ha of municipal waste compost led to a significant increase in RWC and total phenol while ion leakage significantly decreased. It seems that the application of municipal waste compost has improved the growth conditions of the plant by increasing the soil moisture holding capacity.

Keywords: Amendment, Antioxidant capacity, Ion leakage, Phenol, Relative water content.

تأثیر کمپوست زباله شهری بر شاخص‌های رشدی گیاه مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) تحت تنش خشکی

شایسته غیاث[۱]، مصطفی شیرمردی[۲]، حیدر مفتاحی‌زاده[۳]، مریم دهستانی اردکانی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲- نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. (shirmardi@ardakan.ac.ir)

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

چکیده

تنش خشکی رشد گیاهان را به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند. از طرفی گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن موجب تولید زباله‌های آلی شده است که استفاده از کمپوست زباله شهری به عنوان یک اصلاح‌کننده آلی، روشی مناسب برای افزایش ماده آلی خاک و مدیریت صحیح پسماند می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر بهبود شاخص‌های رشدی مریم‌گلی در شرایط تنش خشکی بود. یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۸ در گلخانه شهرک صنعتی میبد انجام شد. تیمارها شامل سه سطح کمپوست زباله شهری (عدم کاربرد (خاک اصلاح نشده)، کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری) و سه سطح تنش خشکی (آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت مزرعه (FC) به عنوان عدم تنش، آبیاری در FC ۶۰٪ به عنوان تنش متوسط و آبیاری در FC ۴۰٪ به عنوان تنش شدید) بود. نتایج نشان داد که در شرایط تنش متوسط و شدید، تیمار کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری منجر به کاهش معنی‌دار نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد اصلاح کننده) شدند. نتایج حاکی از آن بود که تنش خشکی منجر به کاهش شاخص‌های رشدی شده و کاربرد کمپوست زباله شهری توانست ارتفاع گیاه را افزایش دهد.

واژگان کلیدی: اصلاح کننده، سطح برگ، ظرفیت نگهداری رطوبت، گیاه دارویی، ماده آلی.

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از معضلات اصلی خاک‌ها، پایین بودن محتوای ماده آلی است. ماده آلی خاک تاثیر غیر قابل انکاری بر تامین و نگهداری عناصر غذایی، ظرفیت نگهداری رطوبت و بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک دارد (Minasny and Mcbratney, 2017). به همین دلیل اصلاح‌کننده‌های آلی باید هر ساله برای حفظ توان تولیدی خاک به آن اضافه شوند. یکی از معضلات دنیای امروز مدیریت صحیح زباله‌های شهری می‌باشد. مدیریت صحیح پسماندهای آلی ضمن کمک به محیط زیست می‌تواند اثرات مفیدی بر خاک و تولید داشته باشد. کمپوست زباله شهری ترکیبی آلی است که کاربرد آن در خاک ضمن بهبود محتوای ماده آلی خاکف میتواند تاثیر مثبتی بر ساختمان و وضعیت عناصر تغذیه‌ای داشته باشد. با توجه به این اثرات مثبت کاربرد این اصلاح‌کننده آلی می‌تواند در شرایط تنش‌های محیطی مانند خشکی کمک شایانی به رشد گیاه کند.

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی و عامل محدود کننده رشد گیاهان در دنیا می‌باشد (Yordanov and Tsoev, 2000). خشکی باعث کاهش فشار تورژسانس، کاهش سطح برگ و کاهش رشد سلول می‌شود (Bhatt and Srinivasa-Rao, 2005). به علاوه در شرایط تنش خشکی گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن مانند پراکسید هیدروژن، سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل تجمع یافته که منجر به خسارت جدی به ساختار سلولی می‌شود (Sharma and Dubey, 2005). تنش خشکی می‌تواند با کاهش سرعت تعرق، جذب و انتقال عناصر مغذی را کاهش دهد (Arndt et al., 2001). ایده‌ها و دستاوردهای جدید مورد نیاز است تا بتواند به گیاهان در شرایط تنش خشکی کمک کند.

مریم‌گلی با نام علمی *Salvia officinalis* گیاه مقاوم به خشکی بوده و در طول دوره‌ی رویشی به نور کافی، هوای گرم و آب کم نیاز دارد اما آب کافی و هوای خنک رشد رویشی این گیاه را افزایش می‌دهد. خواص دارویی مریم‌گلی به عنوان ضد تشنج، تب بر، مسکن اعصاب و دردهای گوارشی، مقوی حافظه، کم‌کننده‌ی فشار خون و قند خون و نیز درمان بیماری میگرن و پارکینسون مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین وجود برخی ترکیبات موجود در اسانس این گیاهان دارای خواص ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و احتمالا ضد سرطانی می‌باشد. بنابراین هدف این تحقیق بررسی تاثیر سطوح مختلف کمپوست زباله‌شهری به عنوان یک اصلاح‌کننده آلی بر شاخص‌های رشدی گیاه مریم گلی در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

طرح آماری، تیمارها و نحوه اعمال آن‌ها

در سال ۱۳۹۸ به منظور بررسی تاثیر کمپوست زباله‌شهری بر خصوصیات رشد مریم‌گلی تحت تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی واقع در شهرک صنعتی جهان آباد میبد انجام شد. تیمارها شامل سه سطح کمپوست زباله شهری (عدم کاربرد (خاک اصلاح نشده)، کاربرد ۱۰ و ton/ha ۲۰ کمپوست زباله شهری) و سه سطح تنش خشکی (آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت مزرعه (FC) به عنوان عدم تنش، آبیاری در FC ۶۰٪ به عنوان تنش متوسط و آبیاری در FC ۴۰٪ به عنوان تنش شدید) بود. بلوک‌ها با فاصله یک متر از هم و کرت‌ها با ابعاد ۱/۲×۱/۲ متر و با فاصله یک متر از هم روی بلوک در نظر گرفته شدند. آزمایش شامل نه تیمار و ۲۷ کرت (با توجه به سه تکرار) و هر کرت شامل سه ردیف کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین و روی ردیف‌های کاشت بود.

بذر مریم‌گلی از پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی دانشگاه اردکان تهیه شد. بذرها به صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری کشت شدند. کمپوست زباله شهری که از شهرداری اردکان تهیه شده بود قبل از کشت با خاک مخلوط شد، به این صورت که بر اساس تیمارهای مورد نظر و مساحت کرت مقدار کمپوست زباله شهری مورد نیاز به سطح خاک اضافه و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. آبیاری ابتدا به صورت منظم انجام شد و بعد از جوانه‌زنی و استقرار گیاهان، تنش خشکی بر اساس درصدهای مختلف ظرفیت مزرعه انجام شد. به این صورت که با تعیین ظرفیت زراعی خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک و اندازه‌گیری مرتب رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR زمان آبیاری تعیین شد. دوره نگهداری گیاه ۱۰ ماه و مدت زمان اعمال تنش هشت ماه بود. در طول دوره آزمایش، به استثنای آبیاری، سایر عملیات از قبیل سله شکنی و حذف علف‌های هرز برای تمام تیمارها به صورت یکسان انجام شد.

خصوصیات مورد ارزیابی

در انتهای دوره آزمایش، طول، عرض و سطح برگ اولین برگ‌های کاملاً توسعه یافته با استفاده از Leaf Area Meter (مدل WinArea_UT_11 ساخت ایران)، اندازه‌گیری شد. همچنین ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و نسبت ریشه به اندام هوایی اندازه‌گیری شد.

آنالیز داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.2 استفاده شد. مقایسات میانگین با آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز خاک و کمپوست زباله شهری مورد استفاده در این تحقیق در جدول۱ آورده شده است. نتایج آنالیز خاک نشان می‌دهد که خاک غیر شور و محتوای کربن آلی خاک پایین می‌باشد.

جدول۱- خصوصیت خاک و کمپوست زباله شهری مورد استفاده در این تحقیق

پارامتر	واحد	خاک	کمپوست زباله شهری
رس	%	۱۹	-
سیلت	%	۲۸	-
شن	%	۵۳	-
بافت		Sandy Loam	-
pH		۷/۶	۸/۱۵
EC	dS.cm-1	۱/۳	۰/۹
کربن آلی	%	۰/۵۲	۴۳/۵
نیتروژن	%	۰/۰۴	۲/۴
فسفر	mg.kg-1	۱۲/۲	۱۶۳/۸
پتاسیم	mg.kg-1	۲۳۵	۴۹۵
C:N		-	۱۸/۱
وزن مخصوص	g.cm-3	۱/۱	-

نتایج آنالیز واریانس اثر خشکی، کمپوست زباله شهری و برهمکنش این دو فاکتور در جدول دو ارائه شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر خشکی بر شاخص‌های طول، عرض و سطح برگ، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح یک درصد و بر شاخص‌های ارتفاع گیاه و طول ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد که تأثیر کمپوست زباله شهری بر شاخص‌های طول برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک ریشه در سطح پنج درصد و بر شاخص‌های طول ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش خشکی و کمپوست زباله شهری اثر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح یک درصد داشته است (جدول۱).

جدول۲- آنالیز واریانس اثر تیمارهای بر شاخص‌های رشدی مریم گلی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول برگ	عرض برگ	سطح برگ	ارتفاع گیاه	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی/وزن خشک ریشه
خشکی	۲	۳۱۱/۳۶**	۵۵/۱۸**	۱۰۳۰۴۱۲**	۴۶۸/۵*	۶۲/۵۷*	۳۳/۷۹**	۶۳۲۳۱**	۰/۷۱**
کمپوست زباله شهری	۲	۱۷۱/۷۲*	۱۲/۴۵ns	۲۱۳۱۱۰ns	۳۷۹/۶۲*	۱۱۹/۴۷**	۱۵/۴۶*	۲۹/۹۸ns	۰/۳۴**
خشکی×کمپوست زباله شهری	۴	۹۱/۹ns	۷/۵۱ns	۳۳۷۶۴ns	۵۱/۷۷ns	۲۹/۶۲ns	۵۲/۵۵**	۸۶/۹۱ns	۰/۰۷**
تکرار	۲	۴۸۳/۸۷**	۴۶/۸۹**	۹۵۰۷۰۱**	۶۷/۷۸ns	۱/۷۹ns	۰/۹۱ns	۱۷/۲۴ns	۰/۰۰۶ns
خطا	۱۶	۴۱/۲۳	۵/۹۸	۹۳۶۸۰	۸۹/۵۴	۱۳/۶	۵۹,۲	۳۰/۲۲	۰/۰۱
کل	۲۶								
ضریب تغییرات (٪)		۷/۶۶	۱۰/۴۹	۲۰/۱۵	۱۸/۸۲	۱۸/۶۱	۲۵/۹	۲۹/۸۶	۲۷/۷۶

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

مقایسه میانگین برهمکنش خشکی و کمپوست زباله شهری

مقایسه میانگین برهمکنش خشکی و کمپوست زباله شهری به روش دانکن در سطح پنج درصد نشان داد که با کاربرد ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری وزن خشک ریشه در شرایط عدم تنش کاهش معنی‌دار داشت. در تنش متوسط خشکی، کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری وزن خشک ریشه را نسبت به تیمار عدم کاربرد اصلاح کننده کاهش داد. این در حالی است که در تنش شدید کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری وزن خشک ریشه را نسبت به تیمار عدم کاربرد اصلاح کننده به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی افزایش معنی‌دار داشته است. در شرایط عدم تنش هیچکدام از تیمارها اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشتند اما در شرایط تنش متوسط و شدید، هر دو تیمار کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اصلاح کننده) شدند (جدول۳).

جدول۳- تاثیر برهمکنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی

خشکی	کمپوست زباله شهری	وزن خشک ریشه	اندام هوایی / وزن خشک ریشه
		g	
D1	C0	۴/۴۳de	۰/۱۵de
	C1	۳/۴۹def	۰/۱۵de
	C2	۱/۲f	۰/۰۵e
D2	C0	۱۲/۵a	۰/۸۱ab
	C1	۵/۰۷cd	۰/۲۶d
	C2	۲/۷۵def	۰/۱۳de
D3	C0	۱/۹۳ef	۰/۸۷a
	C1	۸/۲b	۰/۶۷bc
	C2	۷/۳bc	۰/۵c

D1، D2 و D3 به ترتیب آبیاری در FC ۸۰٪ به عنوان شرایط عدم تنش، آبیاری در FC ۶۰٪ به عنوان تنش متوسط و آبیاری در FC ۴۰٪ به عنوان تنش شدید. C0، C1 و C2 به ترتیب کاربرد صفر، ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری. وجود حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار به روش دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین اثر خشکی

نتایج حاکی از آن بود که با افزایش شدت تنش خشکی شاخص‌های طول، عرض و سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی کاهش معنی‌دار داشتند اما طول ریشه افزایش معنی‌دار نشان داد (جدول۴).

جدول۴- تاثیر خشکی بر خصوصیات برگ، ارتفاع گیاه، طول ریشه و وزن خشک اندام هوایی

تیمار خشکی	طول برگ	عرض برگ	سطح برگ	ارتفاع گیاه	طول ریشه	وزن خشک اندام هوایی
	mm	mm	mm2	cm	cm	cm
D1	۹۰/۵۱a	۲۵/۶۶a	۱۹۰۸/۹a	۵۶/۹۴a	۱۶/۸۹b	۲۶/۴۶a
D2	۸۰/۷۲b	۲۳/۵۷a	۱۳۲۹/۵b	۵۱/۲۲ab	۲۰/۵۷ab	۱۹/۰۴b
D3	۷۹/۹۷b	۲۰/۷۲b	۱۳۱۶/۴b	۴۲/۶۱b	۲۲a	۹/۷۳c

D1، D2 و D3 به ترتیب آبیاری در FC ۸۰٪ به عنوان شرایط عدم تنش، آبیاری در FC ۶۰٪ به عنوان تنش متوسط و آبیاری در FC ۴۰٪ به عنوان تنش شدید. وجود حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار به روش دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری

نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد کمپوست زباله شهری بر طول برگ و ارتفاع گیاه نشان داد که کاربرد ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها نسبت به تیمار عدم کاربرد شد. نتایج همچنین نشان داد که با کاربرد ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری طول ریشه نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول۵).

جدول۵- تاثیر کمپوست زباله شهری بر طول برگ، ارتفاع گیاه و طول ریشه

تیمار کمپوست زباله شهری	طول برگ	ارتفاع گیاه	طول ریشه
	mm	cm	cm
C0	۸۰/۴۹b	۴۳/۰۶b	۲۴/۰۱a
C1	۸۲/۰۱b	۵۲/۰۶ab	۱۸b
C2	۸۸/۷a	۵۵/۶۷a	۱۷/۴۴b

C0، C1 و C2 به ترتیب کاربرد صفر، ۱۰ و ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری. وجود حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار به روش دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که با افزایش شدت تنش، پارامترهای رشدی گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت که مطابق با یافته‌های Bhatt and Srinivasa-Rao (2005) بود. به علاوه کاربرد ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری توانست منجر به افزایش معنی‌دار شاخص‌های ارتفاع گیاه و طول برگ و همچنین کاهش طول ریشه شود. به نظر می‌رسد کاربرد کمپوست زباله شهری با افزایش محتوای ماده آلی خاک تاثیر مثبتی در بهبود شرایط رشد ریشه گیاه داشته و با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و همچنین اضافه نمودن عناصر غذایی ضروری رشد گیاه را بهبود بخشیده است که با گزارش Sirousmehr *et al*., (2014) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

کمبود محتوای ماده آلی خاک یکی از معضلات مناطق خشک می‌باشد و مدیریت صحیح پسماند می‌تواند ضمن حفظ محیط زیست منجر به بهبود خصوصیات خاک و متعاقب آن رشد گیاه شود. کاربرد مقدار مناسب کمپوست زباله شهری به عنوان ترکیبی آلی در خاک می‌تواند منجر به افزایش محتوای ماده آلی خاک شده و ضمن بهبود تخلخل و ظرفیت نگهداری رطوبت، باعث افزایش برخی از عناصر که برای رشد گیاه ضروری می‌باشند به خاک شود. به طور کلی این گونه ترکیبات با تاثیر مثبتی که بر وضعیت رطوبت در خاک و همچنین وضعیت عناصر تغذیه‌ای در خاک دارند می‌توانند باعث بهبود رشد گیاه شوند. با توجه به نتایج این تحقیق کاربرد ۲۰ ton/ha کمپوست زباله شهری منجر به بهبود شاخص‌های رشدی مریم گلی شد.

فهرست منابع

Arndt S. K., K. Clifford S. C. Wanek W. Jones H. G. and Popp M. (2001). Physiological and morphological adaptations of the fruit tree Ziziphus rotundifolia in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, 21(11), 705-715.

Bhatt, R. M. and Srinivasa-Rao, N. K. (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian Journal Plant Physiology*, 10(1), 54-59.

Bhatt, R. M. and Srinivasa-Rao, N. K. (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian Journal Plant Physiology*, 10(1), 54-59.

Minasny, B. and Mcbratney, A. B. (2017). Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 39–47.

Sharma, P. and Dubey, R. S. (2005). Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Growth Regulation*, 46(3), 209-221.

Sirousmehr, A., Arbabi, J., & Asgharipour, M. R. (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (Ocimum basilicum). *Advances in Environmental Biology*, 8(4), 880-885.

Yordanov, V. and Tsoev, T. (2000). Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. *Photosynthica*, 38(2), 171-186.

Effect of municipal waste compost on growth indices of *Salvia officinalis* L. under drought stress

Shayesteh Ghias[1], Mostafa Shirmardi[2*], Heidar Meftahizadeh[3] and Maryam Dehestani Ardakani[3]
1- M.Sc. Graduate, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
2- *Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
(shirmardi@ardakan.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.

Abstract

Drought stress limits plant growth, especially in arid and semi-arid regions. On the other hand, the expansion of urbanization and industrialization led to the production of organic waste. The use of municipal waste compost as an organic amendment is a good way to increase soil organic matter and proper waste management. The aim of this study was to investigate the effect of municipal waste compost on the improvement of *Salvia officinalis* L. growth indices under drought stress. A factorial experiment was performed in a randomized complete block design with three replications in 2019 in the greenhouse of Meybod industrial city. Treatments include three levels of municipal waste compost (non-application (control), application of 10 and 20 ton/ha of municipal waste compost) and three levels of drought stress (irrigation at 80% of field capacity (FC) as no stress, irrigation in 60% FC as moderate stress and irrigation in 40% FC as severe stress condition). The results showed that in moderate and severe stress conditions, application of 10 and 20 ton/ha of municipal waste compost led to a significant reduction in the ratio of root to shoot dry weight compared to the control. The results showed that drought stress decreased growth indices and the application of municipal waste compost could increase plant height.

Keywords: Amendment, Leaf area, Moisture holding capacity, Medicinal plant, Organic matter.

ارزیابی اثر تسطیح اراضی روی پتاسیم قابل جذب خاک در شالیزارهای استان گیلان

رضا شمسی[۱]، رضا ابراهیمی[۲]، محمود فاضلی سنگانی[۳]

۱،۲،۳- دپارتمان علوم خاک دانشگاه گیلان (rezaebrahimigaskarei@gmail.com)

چکیده

یکی از عملیات اساسی در ایجاد زیربنای لازم به منظور تحول در بخش کشاورزی تسطیح، خاکبرداری و یکپارچه‌سازی اراضی شالیزاری است. با این حال این عملیات باعث ایجاد تغییرات زیادی در خاک به ویژه عناصر غذایی خاک‌های شالیزاری می‌شود. این تحقیق با هدف بررسی اثر عملیات تسطیح اراضی بر مقدار پتاسیم خاک در چهار زمین شالیزاری (لشت نشاء، کوچصفهان، سنگر و لولمان) در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک در۲۰ نقطه از هر منطقه قبل و بعد تسطیح اندازه‌گیری و اختلاف آن به وسیله آزمون t بصورت مجزا در هر یک از مناطق بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت پتاسیم قابل استفاده خاک در هر چهار منطقه مورد مطالعه بعد از تسطیح کمتر بود، به طوری که این اختلاف در همه زمین‌های مورد مطالعه از نظر آماری معنی‌دار بود. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که تسطیح اراضی شالیزاری موجب کاهش مقدار پتاسیم خاک می‌شود که باید در مدیریت زراعی از طریق مصرف کود پتاسه جبران شود.

واژگان کلیدی: برنج، پتاسیم خاک، تسطیح اراضی، حاصلخیزی‌خاک

مقدمه

یکی از عملیات مهم در ایجاد تحول در بخش کشاورزی، تسطیح و یکپارچه‌سازی در مزارع شالیزار است. تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی عبارت است از یکپارچگی هر چه بیشتر اراضی و قطعات خرد و پراکنده به منظور انجام کشت و کار آسانتر، افزایش بهره‌وری اراضی و ارتقاء سطح مدیریتی Paz-Gonzales *et al*.(2000) . با این حال در مطالعات مختلف بر تاثیر منفی عملیات تسطیح اراضی بر خاک به ویژه مقادیر عناصر مختلف خاک اشاره شده است. در این راستا Brye *et al*.(2003) با انجام عملیات تسطیح اراضی و در نتیجه بالا رفتن تغییرپذیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در نتایج تحقیقات خود بیان کردند که تبدیل قطعه‌هایی با تراس‌های کوچک به شکل یک کرت بزرگ با اجرای عملیات تسطیح و یکپارچه‌سازی، سبب کاهش بازده محصول و کاهش موجودیت ویژه در نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ضخامت افق خاک سطحی می‌شود که این اثر، حتی طی ده‌ها سال پس از اجرای عملیات تسطیح و یکپارچه‌سازی مشاهده شد. در مطالعه دیگری Miller (1990) نیز بیان نمود که از نتایج تسطیح اراضی، کاهش بازده محصول و افزایش تغییرپذیری عناصر غذایی در مرحله بعد از عملیات تسطیح است.

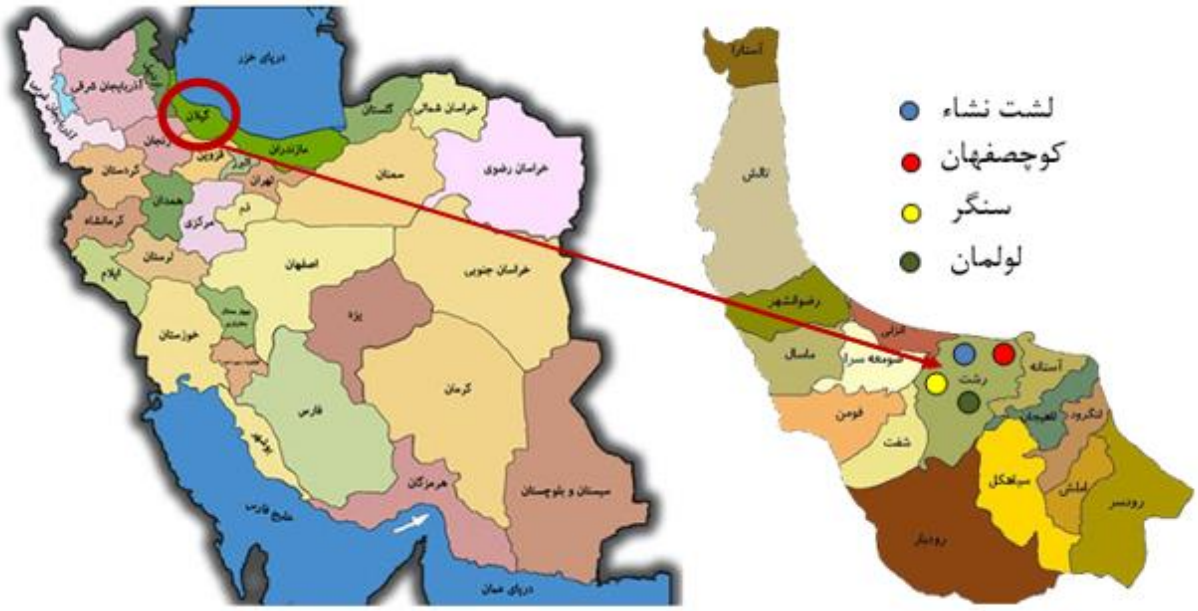
پتاسیم یکی از مهمترین عناصر غذایی خاک است که نقش مهمی در تامین رشد، کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌ها، افزایش عملکرد و بهبود کیفی محصول، از جمله طول دوره انبارمانی، بازارپسندی و ارزش اقتصادی آن دارد. این عنصر به عنوان یکی از عناصر پر مصرف اهمیت بسیار زیادی دارد و اگرچه خود جزیی از ساختمان گیاه نیست، اما در انجام واکنش‌های داخلی گیاه نقش کلیدی دارد Wang *et al*.(2013). پتاسیم فعال کننده آنزیم‌های زیادی در گیاه است و این آنزیم‌ها کاتالیزور ساخت موادی از جمله نشاسته و پروتئین هستند. پتاسیم همچنین در فتوسنتز، تنظیم اسمزی، رشد سلولی، تنظیم روزنه‌ای و نظام آبی گیاه، بارگیری هیدروکروبنهای ساخته شده در برگ به آوند آبکش و انتقال آنها در گیاه، تعادل آنیون-کاتیون و به عنوان کاتیون همراه در انتقال نیتروژن نقش دارد Barre *et al*.(2007).

با وجود نقش مهم پتاسیم، بعضی از عملیات مدیریتی مانند تسطیح اراضی بر میزان این عنصر خاک اثر گذار است و باعث هدررفت آن می‌شود. هر چند اثرات مثبت تسطیح اراضی به مراتب از اثرات منفی آن بیشتر است، اما کمبود عناصر غذایی ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کربن آلی می‌تواند رشد گیاه را در زمین‌های تسطیح شده محدود کند Robbins *et al*.(1999). با توجه به اینکه تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی در سطح گسترده‌ای از شالیزارهای استان گیلان به مرحله اجرا درآمده، بررسی نقش

این عملیات در تغییرات مقدار عناصر غذایی این اراضی ضروری بوده و نتایج آن می‌تواند در مدیریت اراضی و تصمیم‌گیری بهتر برای اجرای مناسب‌تر تسطیح به منظور ساماندهی اراضی شالیزاری و ایجاد زیرساخت‌های مناسب، نقش بسزایی ایفا کند. بنابراین تحقیقات بیشتری به منظور اثر این عملیات بر مقدار پتاسیم خاک به عنوان یکی از عناصر ضروری خاک نیاز است. این تحقیق در این راستا و با هدف اثر عملیات تسطیح و نوسازی اراضی بر مقدار پتاسیم خاک در اراضی شالیزاری در ۴ شهرستان استان گیلان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

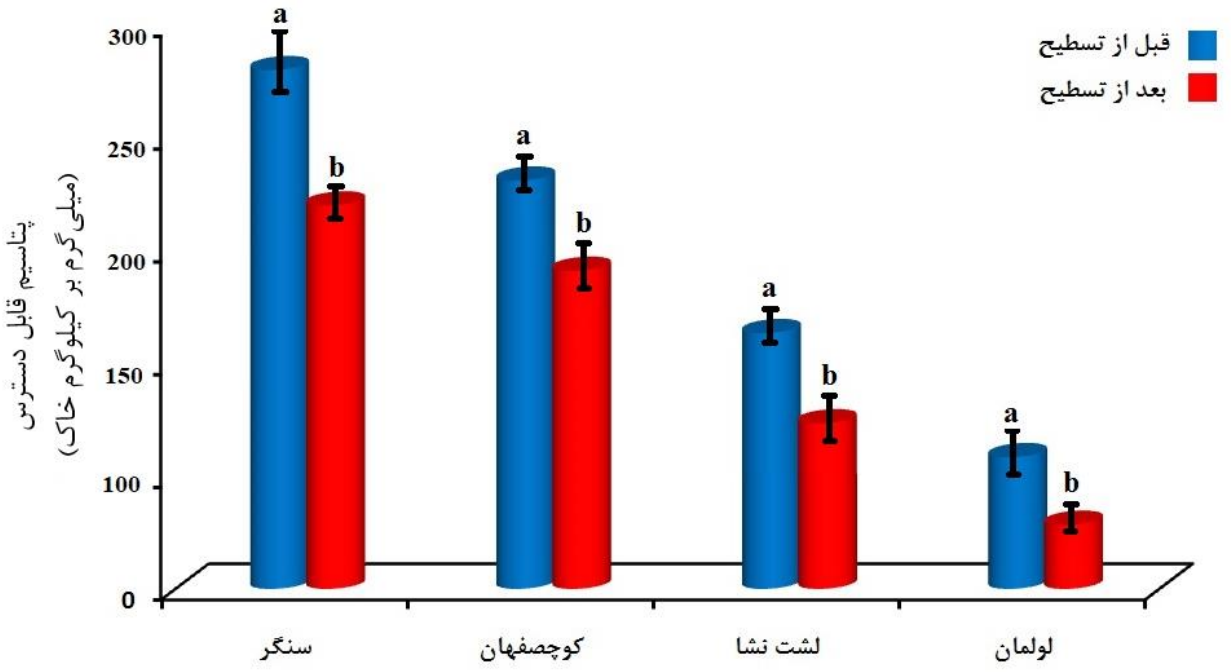
این آزمایش در محدوده خاک‌های شالیزاری چهار شهرستان در استان گیلان مورد آنالیز آماری قرار گرفت (شکل۱). شهرستان‌های مورد پژوهش، شامل لشت نشاء، کوچصفهان، سنگر و لولمان بودند که با مساحت تقریبی ۱۰۰ هکتار توسط سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان تجهیز و نوسازی شدند. متوسط دما و بارندگی سالیانه در گیلان به ترتیب ۱۶/۳ درجه سلسیوس و ۱۳۵۹ میلی‌متر گزارش شده است(Meteorological organization of Iran (2009. تعداد ۲۰ نمونه خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) به صورت مرکب قبل و بعد از اجرای طرح تجهیز از مناطق مورد مطالعه نمونه برداری شد. پس از آماده سازی اولیه نمونه‌ها، هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک‌ها اندازه‌گیری شد(Carter and Gregorich (2006. پس از بررسی وضعیت نرمال بودن داده‌ها به وسیله‌ی آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و تست QQ-plots، از آزمون t برای بررسی تغییر معنی‌دار مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک قبل و بعد از اجرای طرح تجهیز و نوسازی به صورت مجزا برای هر یک از چهار منطقه مورد استفاده شد. تمام تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار XLSTAT 9.0 انجام شد.



شکل ۱- مناطق مورد مطالعه در استان گیلان

نتایج و بحث

نتایج آزمون t مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک قبل و بعد از اجرای طرح تجهیز و نوسازی شالیزارها برای هر یک از چهار منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مقدار پتاسیم بعد از انجام عملیات تسطیح اراضی در همه چهار منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است و این روند نزولی در همه مناطق از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی دار است. در جزئیات بیشتر، به نظر می رسد عواملی از قبیل بالا بودن بارش در منطقه، به ویژه بارندگی‌هایی با شدت بالا و برقراری سیستم آبیاری غرقابی برای کشت برنج منجر به آبشویی پتاسیم به سوی زهکش‌ها شده و از غلظت آن در خاک سطحی می‌کاهد. علاوه بر این از دلایل عمده این موضوع می‌توان به عملیات خاکبرداری و در معرض قرار گرفتن خاک زیرسطحی با غلظت کمتر عناصرغذایی اشاره کرد. به عبارت دیگر سطوح خیلی کم پتاسیم قابل تبادل در این خاک‌های زیرسطحی منجر به موازنه منفی پتاسیم و پیشرفت فرآیند تخلیه پتاسیم غیرقابل تبادل می‌شود Timothy and Street (2003). دواتگر و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای که روی اثر عملیات تسطیح اراضی بر ویژگی‌های مرتبط با حاصلخیزی خاک‌های شالیزاری داشتند، مشاهده کردند که تغییر در توزیع مکانی متغیرها بعد از عملیات تسطیح تقریباً منطبق با نواحی بود که در آن عملیات خاکبرداری و خاکریزی انجام شد به گونه‌ای که مقدار پتاسیم قابل استفاده در نواحی که خاکبرداری بیشتر بوده است، کاهش بیشتری یافت.



شکل ۲- مقایسه مقادیر پتاسیم قبل و بعد از تسطیح اراضی

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که به طور کلی تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی شالیزاری موجب تغییراتی در مقدار پتاسیم خاک در مناطق مورد مطالعه در استان گیلان شد. نتایج آنالیز خاک‌ها نشان داد روند مشخصی برای وضعیت پتاسیم قابل دسترس خاک در مورد این شالیزارها وجود دارد، به طوری که با انجام عملیات تسطیح و نوسازی اراضی، در همه شالیزارها مقدار پتاسیم خاک کاهش یافت و این کاهش به نحوی بود که میزان پتاسیم در حالت بعد از تسطیح در همه ۴ منطقه تفاوت معنی‌داری را با حالت قبل از تسطیح نشان داد. در کل با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که تسطیح و نوسازی اراضی شالیزاری علاوه بر تغییرات کلی در ظاهر وضعیت زمین و با وجود مزایای مفید، موجب کاهش میزان پتاسیم قابل دسترس خاک نیز می‌شود که می‌تواند در کمبود این عنصر ضروری در گیاه موثر باشد. بنابراین باید در زمان انجام این طرح وضعیت عناصر غذایی به ویژه عناصر غذایی ضروری و پرمصرف گیاهان مورد بررسی قرار گیرد و در صورت بروز کمبود عناصر، توصیه کودی لازم برای دستیابی به بالاترین بازده و کیفیت انجام شود.

فهرست منابع

۱. دواتگر، ن، شکوری کتیگری، م. یزدانی، م. (۱۳۹۱). ارزیابی اثر عملیات تسطیح اراضی بر تغییرات مکانی برخی ویژگیهای مرتبط با حاصلخیزی خاکهای شالیزاری. نشریه دانش آب وخاک ۲۲ (۲).۵۴-۴۱.

2. Barre, P., Velde, B., Catel, N., Abbadie, L. (2007). Soil plant potassium transfer: impact of plant activity on clay minerals as seen from X-ray diffraction. *Plant Soil*, 292, 137-14.

3. Brye, K.R., Slaton, N.A., Stavin, M.C., Norman, R.J., Miller, D.M. (2003). Short-term effects of land leveling on soil physical properties and microbial biomass. *Soil Sciences Society of America Journal*, 67, 1405-1417.

4.Carter M.R. and Gregorich. (2006). Soil Sampling and Methods of Analysis (2 th ed.). Canadian Society of Soil Science.

5.Meteorological organization of Iran. (2009). Climate data of synoptic station, Retrieved December 3, 2014, from http://www.irimo.ir/farsi/amar/map/province/gilan.asp.

6.Miller, D.M. (1990). Variability of soil chemical properties and rice growth following land levening. *Arkansas Farm Res*, 39, 4.

7.Paz-Gonzales, S.R., Vieira, M.P.T., Castro, T. (2000). The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. *Geoderma*, 97, 273-292.

8.Robbins, C.W., Westermann, D.T., and Freeborn, L.L. (1999). Phosshorus forms and extractability from three sources in recently exposed calcareous subsoil. *Soil Sci Soc Am J*, 63, 1717–1724.

9.Timothy, W., Street, J.E. (2003). Rice fertilization. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station. *MJSS*, 1341.

10.Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. (2013). The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *Int J Mol Sci*, 14, 7370–7390.

Assessment of Land Leveling Effect on absorbable K values in Paddy Fields of Guilan province

Reza Shamsi[1], Reza Ebrahimi[2], Mahmood Fazeli Sangani[3]
1,2,3-Department of Soil Science, University of Guilan

Abstract

One of the basic operations in creating the necessary infrastructure for transformation in the agricultural sector is leveling, excavation and integration of paddy lands. However, these operations cause a lot of changes in the soil, especially the nutrients of paddy soils. The aim of this study was to investigate the effect of land leveling operations on soil potassium content in four paddy fields (Lashte-Nesha, Kuchesfahan, Sangar and louleman) in Guilan province. The amount of available soil potassium at 20 points in each area before and after leveling was measured and the difference was assessed by t-test separately in each area. The results of this study showed that the concentration of potassium in the soil was lower in all four study areas after leveling, so that this difference was statistically significant in all studied areas. Overall, the results of this study showed that leveling paddy lands reduces the amount of soil potassium, which should be compensated in crop management through the use of potash fertilizer.

Keywords: Land Leveling, Rice, Soil fertility, Soil potassium

بررسی تاثیر کود کمپوست و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

شهرام امیدواری[1]، نیاز علی ابراهیمی پاک[2]، صمد عبدی[3]

۱و ۲-استادیار و دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران.
Shomid1350@yahoo.com

۳-استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران.

چکیده

این بررسی به منظور تعیین اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش به شرح زیر بودند: الف- مقدار مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک: N_0= Control , N_1= 100% Soil test , N_2= 75% Soil test , N_3= 50% Soil test ، ب -کود آلی : M_0 (بدون استفاده از کود آلی) دامی)، M_1 (۱۰ تن کود کمپوست)، M_2 (۲۰ تن کود کمپوست). مساحت هر کرت آزمایشی ۲۰ متر مربع (۴*۵) بود. نتایج نشان داد مصرف نیتروژن برابر با ۷۵ درصد آزمون خاک به همراه مصرف ۱۰ تن در هکتار کود کمپوست باعث افزایش عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارها شده است.

واژگان کلیدی: عملکرد گندم، شاخص برداشت، وزن هزار دانه

مقدمه

ماده آلی خاک یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی خاک است که در تعیین رفتار و مدیریت خاک تأثیر بسزایی داشته (Blackmer *et al*, 1998) و برخی عناصر غذایی را برای رشد گیاه فراهم و شرایط فیزیکی خاک را بهبود می بخشد. در نتیجه ماده آلی خاک از مهم‌ترین شاخص های حاصل خیزی خاک است. علاوه بر اهمیت مواد آلی خاک از دیدگاه کشاورزی، بین مقدار ماده آلی خاک و میزان دی اکسید کربن هوا، گرمایش جهانی زمین و بیابان زایی ارتباط عمیق و تنگاتنگی وجود دارد (Post and kwon, 2001). ماده آلی خاک تأثیر قابل توجهی بر فعل و انفعالات خاک - گیاه دارد و ارتباط تنگاتنگی با کیفیت خاک دارد (Reeves, 1997). منابع تأمین کودهای آلی در ایران دارای تنوع زیادی است که شامل کودهای حیوانی، کودهای گیاهی و انواع کمپوستها من جمله کمپوستهای زباله شهری و لجن فاضلاب میباشد. منابع مختلف مواد آلی و اثر آنها بر رشد گیاه توسط محققان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. مواد کربن‌دار نظیر کمپوست، کودهای بیولوژیکی، کودهای دامی و بقایای گیاهی در صورتی که به مقدار کافی مصرف شوند می‌توانند اثرات مفیدی بر خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش حاصل‌خیزی آن داشته باشند (Erich *et al*., 2002 Sommerfeld *et al*., 1988). در آزمایشی با استفاده از ۲۲ تن در هکتار کمپوست و ۴۵ تن در هکتار کود دامی بعد از ۵ سال باعث افزایش معنی‌دار مقدار ماده آلی خاک در مقایسه با تیمار شاهد و نیز بهبود شرایط فیزیکی خاک گردید (Erich *et al*., 2002). چریف و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود اثر مثبت کمپوست زباله را بر خصوصیات کیفی خاک و رشد گیاه نشان دادند. شر و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که افزایش کربن آلی و نیتروژن کل در کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب به طور معنی داری بیشتر از کود دامی بوده که مستقیماً متناسب با مقدار ماده آلی به کار گرفته شده می باشد. در آزمایشی با استفاده از ۲۲ تن در هکتار کمپوست و ۴۵ تن در هکتار کود دامی بعد از ۵ سال باعث افزایش معنی‌دار مقدار ماده آلی خاک در مقایسه با تیمار شاهد و نیز بهبود شرایط فیزیکی خاک گردید (Erich *et al*., 2002). مجیدی و ملکوتی (۱۳۷۷) در بررسی تاثیر مقادیر و منابع کود روی و کمپوست بر عملکرد و میزان

پروتئین دانه گندم نتیجه گرفتند که کمپوست باعث ۱۲/۷ درصد افزایش عملکرد دانه گردید. محمدیان و ملکوتی (۱۳۸۱) گزارش کردند که در اثر مصرف ۳۰ تن در هکتار از کمپوست باگاس نیشکر و پوسته شلتوک برنج، عملکرد ذرت دانه‌ای افزایش یافته و جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. نیتروژن یکی از عناصر اصلی و مهم در افزایش عملکرد پایدار غلات است (Delegu *et al*., 1998). اختر و همکاران (۲۰۰۰) به نقش کود شیمیایی اوره درافزایش معنی دار تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و نیز کل محتوی نیتروژن در دانه گندم اشاره کردند. جهت کاهش آلودگی‌های محیطی و نیز کاهش در استفاده بیش از حد از منابع غیرقابل تجدید که در تولید کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بکارگیری منابعی از نیتروژن مانند کودها آلی که برگرفته شده از محیط زیست می باشند، به عنوان یکی از راه‌های قابل جایگزین شناخته می‌شوند. نتایج مطالعه کاظمینی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر کود کمپوست و نیتروژن بر رشد و عملکرد گندم آبی نشان داد عملکرد دانه گندم با افزایش نیتروژن از صفر به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی داری افزایش یافت. از بین اجزای عملکرد گندم، با افزایش نیتروژن تعداد سنبله در بوته از صفر به ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به طور معنی داری افزایش یافت. با مصرف کمپوست از صفر به ۳۰ تن در هکتار ، عملکرد دانه به طور معنی داری (از ۷/۳۰۲۱ به ۹/۵۳۶۰) افزایش یافت. سیدی و رضوانی مقدم (۱۳۹۰) به منظور بررسی اثرات سطوح کمپوست قارچ و منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در گندم آزمایشی انجام دادند که نتایج تحقیق آنها نشان داد وزن خشک، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه با افزایش سطوح کمپوست قارچ افزایش یافت. وزن دانه در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه در تیمار ۸۰ تن کود کمپوست قارچ در مقایسه با شاهد (بدون هیچگونه کودی) به ترتیب از یک افزایش ۴/۷، ۲/۹۸ و ۱/۵۶ برابری برخوردار بود، در حالیکه شاخص برداشت و کارایی مصرف نیتروژن با افزایش این سطوح کاهش یافت. همچنین نتایج آزمایش حاکی از اثرات معنی دار کود شیمیایی اوره و کود بیولوژیک نیتروکسین بر صفات ذکر شده بود. با توجه به توصیه های وزارت کشاورزی برای مصرف کمتر کودهای شیمیایی و ترغیب کشاورزان به مصرف بیشتر کودهای آلی، بررسی اثر کودهای آلی بر رشد گیاه از اولویت ویژه ای برخوردار است بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر منبع و مقادیر کودهای آلی بر تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه و نیز دست یابی به توصیه مناسب کودهای آلی و شیمیایی آزمایشی در ایستگاه سراب چنگایی لرستان بود.

مواد و روش

محل انجام پژوهش

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم‌آباد طی سال زراعی۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی، اقلیم معتدل، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۱ متر و متوسط بارندگی سالانه ۵۱۶ میلیمتر است.

این ایستگاه دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حراتی ترمیک می باشد. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: برخی خصوصیات شیمیایی‌خاک مزرعه مورد آزمایش ایستگاه سراب چنگایی لرستان

عمق Depth	درصد اشباع S.P.	نفوذپذیری cm/hr	جرم مخصوص ظاهری gr/cm3	هدایت الکتریکی Ec.10^3	واکنش گل اشباع PH of	درصد آهک T.N.V	درصد کربن آلی O.C.	فسفر قابل جذب P(av.) P.P.m	پتاسیم قابل جذب K(av.) P.P.m	بافت خاک
۳۰-۰	۴۳	۱/۶۳	۱/۴۴	۰/۸۸	۷/۸۲	۳۸/۵۰	۱/۲۱	۲۳	۶۷۰	Si.C.L

اجرا تیمارهای آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در سه تکرار بود. تیمارهای آزمایش به شرح زیر بودند: الف- مقدار مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک: N_0= Control , N_1= 100% Soil test , N_2= 75% Soil test , N_3= 50% Soil test ، ب -کود آلی: M_0 (بدون استفاده از کود آلی)، M_1 (۱۰ تن کود کمپوست)، M_2 (۲۰ تن کود کمپوست). طبق نقشه آزمایش فاصله کرت‌ها از یکدیگر دو متر و بین تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری‌های لازم نمونه‌برداری خاک جهت انجام آنالیزهای لازم صورت گرفت. در نمونه‌های کود کمپوست درصد رطوبت، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسم و عناصر میکرو اندازه‌گیری شد(جدول ۲).

جدول ۲: برخی از خصوصیات کود کمپوست مصرفی در آزمایش

نیتروژن کل	کربن آلی	۱:۵pH	رطوبت	۱:۵ EC	پتاسیم کل	فسفر کل	منگنز کل	روی کل	مس کل	آهن کل	نیترات کل
%			% ds/m		%	mg/kg					
۱/۳۶	/۶۲ ۲۹	۸/۳۶	۴/۴۹	۲۴	۳/۷	۰/۳۳۶	۲۶۴	/۱۷ ۵۶	۱۴/۷	۵۸۰۹	۲۴۰۷

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر نیتروژن و کود آلی کمپوست و اثر متقابل آنها بر اجزاء عملکرد گندم در جدول ۳ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر همه صفات اندازه‌گیری شده اثر معنی‌دار دارد.

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر نیتروژن و کود آلی کمپوست و اثر متقابل انها بر اجزاء عملکرد گندم (میانگین مربعات)

	عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	شاخص برداشت	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	غلظت نیتروژن دانه	کربن آلی خاک
N	۳/۴۰**	۰/۵۳۵**	۳/۲۵**	۵۷/۳۰**	۶۴/۰۲**	۱۱/۸۹*	۰/۰۴۲**	۰/۰۴۲**
M	۰/۹۶۲**	۰/۴۸۲**	۱/۹۲**	۱۳/۸۹**	۲۶/۸۶**	۵/۷۴**	۰/۳۳۳**	۰/۰۳۹**
N*M	۴/۶۵**	۰/۳۷۵**	۵/۴۴**	۵۷/۳۹**	۲۴/۳۰**	۷/۹۲**	۰/۰۵۰**	۰/۰۲۲**
C.V	۱۱/۳۳	۷/۰۴	۶/۶۷	۷/۳۴	۱۹/۴۶	۲/۷۲	۱۰/۲۵	۱۲/۷۳

مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن در شرایط بدون کودآلی برای صفات مورد بررسی گندم در جدول ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود عملکرد دانه در تیمارهای N2 و N3 ضمن بالا بودن نسبت به سایر تیمارها با هم اختلاف معنی داری ندارند. بنابراین به منظور کاهش مصرف کود بهتر است از تیمار N2 استفاده شود.

جدول ۴: مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن در شرایط بدون کودآلی برای صفات مورد بررسی گندم

غلظت نیتروژن دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد کاه	
mg/kg	g		T/h			
۲/۳۸c	۳۷/۹۶b	۲۱/۶۶b	۴۶/۵۳a	۵/۱۴c	۶/۲۶d	N_0
۲/۵۰b	۴۲/۶۰a	۲۹/۳۳ab	۴۱/۳۹d	۵/۷۲b	۸/۱۵a	N_1
۲/۶۰a	۴۱/۲۶ab	۲۷/۶۶ab	۴۲/۸۷c	۵/۷۸a	۷/۷۰b	N_2
۲/۲۲d	۴۱/۷۶a	۳۱/۳۳a	۴۴/۱۶b	۵/۷۹a	۷/۳۲c	N_3
۱۲/۰۰	۴/۳۰	۱۵/۶۱	۱۰/۲۶	۷/۹۴	۱۷/۳۹	C.V

مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن درشرایط ۱۰ تن کودکمپوست برای صفات مورد بررسی گندم در جدول ۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود بیشترین عملکرد دانه در سطح N2 بدست آمده است.

جدول ۵: مقایسه میانگین مختلف ازت درشرایط۱۰تن کودآلی نوع کمپوست برای صفات مورد بررسی گندم

کربن آلی خاک	غلظت نیتروژن دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد کاه	
%	mg/kg	g		T/h			
۱/۲۲c	۲/۷۵b	۴۳/۰۳ab	۲۲c	۴۳/۳۴c	۴/۹۷d	۶/۹۱b	N_0
۱/۲۵b	۲/۷۳c	۴۴/۲۶a	۲۵b	۴۹/۹۴a	۵/۲۰b	۵/۱۹d	N_1
۱/۵۴a	۲/۸۲a	۴۲/۰۶b	۲۳c	۴۸/۵۸b	۶/۰۹a	۶/۴۲c	N_2
۱/۲۵b	۲/۵۵d	۳۹/۶۶c	۲۸a	۳۶/۵۶d	۵/۰۱c	۸/۸۶a	N_3
۱۵/۶۶	۱۱/۸۳	۱/۶۵	۲۷/۳۸	۱۵/۴۷	۱۱/۶۳	۲۹/۵۰	C.V

مقایسه میانگین مختلف ازت در شرایط ۲۰ تن کود کمپوست برای صفات مورد بررسی گندم در جدول ۶ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود بیشترین عملکرد دانه در سطح N3 بدست آمده است.

جدول ۶: مقایسه میانگین مختلف ازت درشرایط۲۰تن کودآلی نوع کمپوست برای صفات مورد بررسی گندم

کربن آلی خاک	غلظت نیتروژن دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد کاه	
%	mg/kg	g		T/h			
۱/۱۹d	۲/۴۰c	۴۰/۱۳b	۲۳/۶۶c	۴۳/۵۴d	۵/۸۰b	۷/۸۸a	N_0
۱/۲۷c	۲/۴۶b	۴۲/۵۶a	۲۱/۳۳d	۴۴/۰۴c	۵/۳۶d	۶/۸۳c	N_1
۱/۳۳a	۲/۳۲d	۴۱/۹۶ab	۲۹/۰۰a	۵۱/۸۱a	۵/۷۴c	۵/۳۴d	N_2
۱/۳۴a	۲/۵۲a	۴۲/۵۶a	۲۷/۰۰b	۴۴/۱۲b	۵/۹۱a	۷/۵۰b	N_3

C.V	۲۰/۲۲	۷/۳۶	۱۱/۵۴	۲۷/۲۳	۲/۴۳	۱۰/۰۲	۶/۳۷

نتیجه گیری

استفاده از هر منبع آلی همراه با کاربرد کودهای شیمیایی موثرتر از استفاده از هر یک از آنها به تنهایی میباشد. با توجه به نتایج بدست آمده مصرف نیتروژن برابر با ۷۵ درصد آزمون خاک به همراه مصرف ۱۰ تن در هکتار کود کمپوست باعث افزایش عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارها شده است. لذا احتمال دارد که کشاورز برای افزایش مواد آلی در سالهای اولیه تا حدودی از نظر مالی متضرر شود ولی قطعاً در آینده اثرات مطلوب مواد آلی را مشاهده خواهد نمود بنابراین کاربرد تمام منابع مواد آلی قابل دسترس با توجه به توان مالی کشاورزان امری ضروری می‌باشد.

منابع

کاظمینی، س. ع. و عالم زاده، ع. و عدالت، م. و عابدی، ط.(۱۳۸۷). اثر کود کمپوست و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی،دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران،کرج.

سیدی، س.م.، رضوانی مقدم، پ. (۱۳۹۰). بررسی عملکرد, اجزای عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در استفاده از کمپوست قارچ, کود بیولوژیک و اوره در گندم (Triticum aestivum L) بوم شناسی کشاورزی. ۳(۳): ۳۰۹-۳۱۹.

مجیدی ع., ملکوتی، م. ۱۳۷۷. اثر مقادیر و منابع کود روی و کمپوست بر عملکرد و جذب روی در گندم آبی. علوم خاک و آب. ۱۲(۵): ۱۲-۲۴.

محمدیان، م.، و ملکوتی، م. (۱۳۸۱). ارزیابی تاثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت . علوم خاک و آب, ۱۶(۲), ۱۴۴-۱۵۱.

Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Falcis, D., Maggiore, T., and Stanca, A.M. (1998). Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11-20.

Akhtar, M., Mehmood, A., Ahmad, J., and Ighbal, K. (2000). Nitrogen uptake efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by nitrogen level and weed-crop competition duration. Pakistan Journal of Biological Science 3(6): 1002-1003.

Blackmer, A.M. & White, S.E., (1998). Using Precision Farming Technology to Improve Management of Soil and Fertilizer Nitrogen, Australian Journal of Agricultural Research, 49, PP. 555 564.

Post W.M., Kwon K.C. (2000): Soil carbon sequestra-tion and land-use changes: Processes and potential. Glob. Change Biol., 6: 317–327.

Reeves, D.W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems,

Soil and Tillage Research, 43(1):131-167.

Erich, m. S., fitzgerald, C. B., porter, G. A. (2002). The effect of amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 88, 79-88.

Sommerfeld, R. A., Mosier, A., and Musselman, R. C. (1993). CO2, CH4 and N2O flux through a Wyoming snowpack and implications for globalbudgets, Nature, 361, 140–142.

Cherif, H., F. Ayari, H. Ouzari, M. Marzorati, M. Brusetti, L. Jedidi, A. Hassen, and D. Daffonchio. (2009). Effect of municipal solid waste compost, farmyard manure and chemical fertilizers on wheat growth, soil composition and soil bacterial characteristics under Tunisian arid climate. Eur. J. soil Biol. 45: 138-145.

Schere, H.W., D.J. Metker, and G. Welp. (2011). Effect of long-term organic amendments on chemical and microbial properties of a luvisol. Plant Soil Environ. 57 (11): 513–518.

Investigation of the effect of compost and different levels of nitrogen on yield and yield components of wheat

Shahram Omidvari[1], Niazali Ebrahimipak[2], Samad Abdi[3]

1 and 2**:** Assistant professor and associate professor of Soil and Water Research institute, Agricultural Research,Education and Extension Organization(AREEO), Karaj, Iran.

3: Assistant professor of Soil and Water Research department, Lorestan Agricultural education and Natural Resources. Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Khoramabad, Iran.

Abstract

This study is performed to determine the effect of different levels of nitrogen on yield and yield components of wheat in case of split factorial experiment in three repetitions. The experimental treatments were as follows: a- The amount of chemical fertilizer application based on soil test: N0 = control, N1 = 100% soil test, N2 = 75% soil test, N3 = 50% soil test, b- Organic fertilizer: M0 (Without the use of organic fertilizer (livestock), M1 (10 tons of compost), M2 (20 tons of compost). The area of each experimental plot was 20 square meters (5 * 4). The results showed that the use of nitrogen is equal to 75 percent of soil test with the use of 10 tons per hectare of compost fertilizer makes it more effective than other treatments.

Key words: Wheat yield, harvest index, 1000-grain weight

بررسی تاثیر کود آلی و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

شهرام امیدواری[۱]، نیاز علی ابراهیمی پاک[۲]، صمد عبدی[۳]

۱و ۲-استادیار و دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران.
Shomid1350@yahoo.com

۳-استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران.

چکیده

مدیریت مواد آلی و کود شیمیایی اهمیت زیادی در بهبود عملکرد گیاه و خصوصیات فیزیکی خاک دارد. این بررسی به منظور تعیین اثر کود آلی و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد گندم به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش به شرح زیر بودند: الف- سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره بر اساس درصدی از آزمون خاک: N0= Control , N1= 100% , N2= 75%, N3= 50% ، که به صورت تقسیط در سه مرحله پنجه‌زنی، ساقه رفتن و خوشه دهی اعمال شد ب -کود آلی : M0 (بدون استفاده از کود آلی) و M1 (۱۰ تن کود دامی)، M2 (۲۰ تن کود دامی) از منبع کود گاوی بود که قبل از کشت اعمال گردید. مساحت هر کرت آزمایشی ۲۰ متر مربع (۴*۵) بود. عملکرد و شاخص های عملکرد محصول نیز به عنوان پاسخ گیاهی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای کود آلی و نیتروژن و اثر متقابل آنها بر عملکرد کاه، عملکرد دانه، عملکرد کل، شاخص برداشت، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و غلظت نیتروژن دانه اثر معنی دار دارد. عملکرد دانه در سطح N2 و در هر دو سطح کود آلی بالاترین میزان را داشت. بنابراین توصیه می‌شود به منظور بالابردن میزان ماده آلی خاک و افزایش عملکرد و ملاحظات اقتصادی ده تن کود آلی به همراه ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: عملکرد گندم، شاخص برداشت، وزن هزار دانه

مقدمه

اگرچه استفاده از کودهای شیمیایی ظاهراً سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، لیکن هزینه‌های زیاد مصرف این کودها، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک نگران‌کننده است. استفاده از کودهای آلی از مصرف کودهای شیمیایی می‌کاهد و در نهایت، دستیابی به کشاورزی پایدار را هموار کرده و باعث افزایش تولید محصولات زراعی و باغی، بهبود کیفیت آنها و نیز برطرف کردن نیازهای جهانی و تقاضای روزافزون غذا می‌گردد (Robin et al., 2001). علاوه بر این، با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاربرد ترکیبات آلی نظیر کودهای حیوانی عامل مدیریتی مهم و مؤثر بر کیفیت خاک و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و باروری خاک به حساب می‌آید (Smith, 2002). منابع تأمین کودهای آلی در ایران دارای تنوع زیادی است که شامل کودهای حیوانی، کودهای گیاهی و انواع کمپوست‌ها من جمله کمپوست‌های زباله شهری و لجن فاضلاب می‌باشد. منابع مختلف مواد آلی و اثر آنها بر رشد گیاه توسط محققان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. Cherif et al. (2009) در مطالعه خود اثر مثبت کمپوست زباله را بر خصوصیات کیفی خاک و رشد گیاه نشان دادند. در تحقیقی مشابه رسولی و مفتون (۱۳۸۹) گزارش کردند که تأثیر باقیمانده کود دامی در رشد و ترکیب شیمیایی و خصوصیات خاک بیش از کمپوست زباله شهری می‌باشد.

نظمی و هاشمی مجد (۱۳۹۲) در بررسی تأثیر انواع مختلف مواد آلی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک و تأمین عناصر غذایی دریافتند که تغییرات در خصوصیات شیمیایی خاک با مقدار مصرف کمپوست‌ها متناسب است و میزان پتاسیم و فسفر قابل استفاده خاک در گلدان‌های حاوی بالاترین سطح اختلاط کود دامی حداکثر است و نیتروژن کل، EC وکربن آلی در تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط بیش از سایر تیمارها است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر روش‌های تغذیه‌ای آلی، شیمیایی، زیستی و تلفیقی بر عملکرد دانه و صفات کیفی یک رقم ذرت را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد تغذیه تلفیقی ۴ تن در هکتار کود آلی و ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص همراه با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بهترین نتیجه را در بین تیمارها دارد.

با توجه به توصیه‌های وزارت کشاورزی برای مصرف کمتر کودهای شیمیایی و ترغیب کشاورزان به مصرف بیشتر کودهای آلی، بررسی اثر کودهای آلی بر رشد گیاه از اولویت ویژه‌ای برخوردار است بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر منبع و مقادیر کودهای آلی بر تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه و نیز دست‌یابی به توصیه مناسب کودهای آلی و شیمیایی آزمایشی در ایستگاه سراب چنگایی لرستان به اجراء درآمد.

مواد و روش‌ها

محل انجام پژوهش

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم‌آباد طی سال زراعی۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی، اقلیم معتدل، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۱ متر و متوسط بارندگی سالانه ۵۱۶ میلیمتر است.

این ایستگاه دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حراتی ترمیک می باشد. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک آورده شده است.

جدول ۱: برخی خصوصیات شیمیایی‌خاک مزرعه مورد آزمایش ایستگاه سراب چنگایی لرستان

عمق Depth	درصد اشباع S.P.	نفوذپذیری cm/hr	جرم مخصوص ظاهری gr/cm3	هدایت الکتریکی Ec.10^3	واکنش گل اشباع PH of	درصد آهک T.N.V	درصد کربن آلی O.C.	فسفر قابل جذب P(av.) P.P.m	پتاسیم قابل جذب K(av.) P.P.m	بافت خاک
۳۰-۰	۴۳	۱/۶۳	۱/۴۴	۰/۸۸	۷/۸۲	۳۸/۵۰	۱/۲۱	۲۳	۶۷۰	Si.C.L

اجرا تیمارهای آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در سه تکرار بود. تیمارهای آزمایش به شرح زیر بودند: الف- سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره بر اساس درصدی از آزمون خاک: N0= Control , N1= 100% , N2= 75%, N3= 50% ، که به صورت تقسیط در سه مرحله پنجه‌زنی، ساقه رفتن و خوشه دهی اعمال شد ب -کود آلی : M0 (بدون استفاده از کود آلی) و M1 (۱۰ تن کود دامی)، M2 (۲۰ تن کود دامی) از منبع کود گاوی بود که قبل از کشت اعمال گردید. طبق نقشه آزمایش فاصله کرت‌ها از یکدیگر دو متر و بین تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری‌های لازم نمونه‌برداری خاک جهت انجام آنالیزهای انجام شد. در نمونه‌های کود دامی

درصد رطوبت، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسم و عناصر میکرو اندازه‌گیری شد(جدول ۲).

جدول ۲: برخی از خصوصیات کود آلی مصرفی در آزمایش

نیتروژن کل	کربن آلی	pH 1:5	رطوبت	EC 1:5	پتاسیم کل	فسفر کل	منگنز کل	روی کل	مس کل	آهن کل	نیترات کل
%			%	ds/m	%		mg/kg				
۲/۲۶	۲۶/۵	۷/۴۷	۷/۲۴	۱۰/۴۸	۱/۵۱	۰/۷۷۴	۳۹۳	۲۷۹	۳۵/۸	۹۲۹۸	۹۴۶۹

عملکرد و شاخص‌های عملکرد محصول شامل عملکرد کاه، عملکرد دانه، عملکرد کل، شاخص برداشت، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و غلظت نیتروژن دانه نیز به عنوان پاسخ گیاهی اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به وزن خشک کل یا بیوماس می‌باشد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر نیتروژن وکود دامی و اثر متقابل آنها بر اجزاء عملکرد گندم در جدول سه نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود اثر کود دامی و سطوح نیتروژن بر عملکرد کاه، عملکرد دانه، عملکرد کل، شاخص برداشت ، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، غلظت نیتروژن دانه و کربن آلی خاک معنی‌دار است.

جدول ۳: تجزیه واریانس اثرنیتروژن وکود دامی و اثر متقابل انها بر اجزاء عملکرد گندم (میانگین مربعات)

	عملکرد کاه	عملکرد دانه	عملکرد کل	شاخص برداشت	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	غلظت نیتروژن دانه
N	۲/۵۷**	۰/۸۳۴*	۲/۲۳**	۵۸/۳۷**	۵۲/۸۱**	۰/۵۹۶**	۰/۰۷۶**
M	۳/۵۵**	۰/۴۹۴*	۶/۷۰**	۹/۷۰**	۷/۴۴**	۹/۵۸**	۰/۰۱۲**
N*M	۲/۵۶**	۰/۴۵۰**	۳/۱۸**	۳۷/۶۲**	۲۸/۸۱**	۱۱/۱۳**	۰/۰۲۰**
C.V	۱۸/۶۳	۷/۹۶	۹/۶۹	۱۳/۸۱	۱۷/۹۹	۳/۶۱	۷/۹۵

مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن در شرایط بدون کودآلی برای صفات مورد بررسی گندم رقم چمران در جدول ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه در سطح صفر نیتروژن با سطح ۳ نیتروژن اختلاف معنی‌دار دارد.

جدول ۴: مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن در شرایط بدون کودآلی برای صفات مورد بررسی گندم

	عملکرد کاه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	غلظت نیتروژن دانه
		T/h			g	mg/kg
N_0	۶/۲۶d	۵/۱۴c	۴۶/۵۳a	۲۱/۶۶b	۳۷/۹۶b	۲/۳۸c
N_1	۸/۱۵a	۵/۷۲b	۴۱/۳۹d	۲۹/۳۳ab	۴۲/۶۰a	۲/۵۰b
N_2	۷/۷۰b	۵/۷۸a	۴۲/۸۷c	۲۷/۶۶ab	۴۱/۲۶ab	۲/۶۰a
N_3	۷/۳۲c	۵/۷۹a	۴۴/۱۶b	۳۱/۳۳a	۴۱/۷۶a	۲/۲۲d
C.V	۱۷/۳۹	۷/۹۴	۱۰/۲۶	۱۵/۶۱	۴/۳۰	۱۲/۰۰

همان طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود با افزایش نیتروژن غلظت نیتروژن در دانه کاهش یافته است. مراقبی و همکاران (۱۳۹۰) بیان می‌کنند که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی مقدار کل نیتروژن جذب شده افزایش می‌یابد ولی در مقادیر پایین‌تر نیتروژن مصرفی کارایی انتقال و مصرف نیتروژن برای تشکیل دانه بیشتر است.

مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن درشرایط ۱۰ تن کود آلی نوع دامی برای صفات مورد بررسی گندم در جدول پنج نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود وزن هزار دانه در تیمار سطح صفر نیتروژن اختلاف معنی داری با سایر سطوح نیتروژن دارد.

جدول ۵:مقایسه میانگین سطوح مختلف اثر نیتروژن درشرایط ۱۰ تن کود آلی نوع دامی برای صفات مورد بررسی گندم

غلظت نیتروژن دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد کاه	
mg/kg	g			T/h		
۲/۴۳b	۴۱/۹۶a	۲۹/۶۶b	۴۳/۸۱b	۵/۹۱b	۷/۹۲c	N_0
۲/۵۴a	۳۸/۲۳b	۲۵/۶۶c	۴۱/۱۸c	۵/۸۳c	۸/۳۲a	N_1
۲/۵۳a	۳۸/۱۰b	۲۵/۳۳d	۴۹/۶۸a	۶/۰۵a	۶/۳۳d	N_2
۲/۳۵c	۳۹/۳۰b	۳۰/۶۶a	۳۹/۳۰d	۵/۱۷d	۸/۰۱b	N_3
۹/۵۸	۲/۷۵	۱۶/۴۳	۱۵/۱۶	۹/۴۵	۱۹/۱۲	C.V

مقایسه میانگین مختلف KDJV,cK در شرایط ۲۰ تن کود آلی نوع دامی برای صفات مورد بررسی گندم در جدول شش نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود عملکرد دانه در سطح N1 نیتروژن اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد. جاسمی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی اثر کاربرد نیتروکسین، کود دامی و شیمیایی نیتروژن بر صفات کمی وکیفی گندم دوروم به این نتیجه رسیدند که کود دامی ضمن ایجاد اثر مثبت بر صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول ریشک، شاخص برداشت و درصد پروتئین، در نهایت به نحو قابل توجهی عملکرد دانه و بیولوژیک را بهبود بخشید. این محققان پیشنهاد کردند مصرف بیشتر از ۷۰ % نیترات آمونیوم تفاوت معنی داری با مصرف ۷۰ % نیترات آمونیوم توصیه شده نداشت .

جدول ۶: مقایسه میانگین مختلف ازت در شرایط ۲۰ تن کود آلی نوع دامی برای صفات مورد بررسی گندم

غلظت نیتروژن دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد کاه	
mg/kg	g			T/h		
۲/۴۳d	۴۱/۷۶a	۳۰/۶۶b	۳۸/۳۹d	۵/۲۶c	۸/۵۵b	N_0
۲/۵۸a	۴۰/۸۳b	۲۸/۰۰c	۴۳/۹۵b	۶/۰۲b	۷/۷۴c	N_1
۲/۴۶b	۴۰/۷۶c	۲۴/۶۶d	۴۷/۴۱a	۶/۶۵a	۷/۵۱d	N_2
۲/۴۸b	۴۰/۶۰d	۳۲/۶۶a	۳۸/۵۳c	۶/۱۰b	۹/۸۴a	N_3
۸/۱۱	۴/۳۴	۲۴/۷۲	۱۲/۴۶	۴/۴۳	۱۹/۴۸	C.V

نتیجه گیری

یکی از ارکان اساسی درکشاورزی نوین استفاده حداقل از سموم و کودهای شیمیایی و بهره مندی از مواد بیولوژیک و سازگار با طبیعت است. بنابراین می‌توان با توجه به اهمیت و نقش کودهای غیر شیمیایی در کشاورزی پایدار، به جای استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی

از کود دامی بصورت تلفیقی استفاده کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد ۲۰ تن کود دامی در هکتار به همراه ۷۵ درصد نیتروژن توصیه شده در آزمون خاک عملکرد دانه را به طور قابل توجهی نسبت به سایر تیمارها افزایش می‌دهد و می‌تواند به کار گرفته شود.

منابع

۱. جاسمی، ه، عیسوند، ح.، دانشور، م. (۱۳۹۲). بررسی اثر کاربرد نیتروکسین, کود دامی و شیمیایی نیتروژن بر صفات کمی و کیفی گندم دوروم. یافته های نوین کشاورزی.۸(۲): ۱۲۵-۱۳۴.

۲. رسولی، ف. مفتون، م. (۱۳۸۹). اثر باقیمانده دو ماده آلی با و یا بدون نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی گندم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی).۲(۲):۲۷۳-۲۶۲ .

۳. مقصودی، ع.، قلاوند، ا. و آقاعلیخانی، م. (۱۳۹۲). تأثیر روشهای تغذیهای آلی، شیمیایی، زیستی و تلفیقی بر عملکرد دانه و صفات کیفی یک رقم ذرت. مجله پژوهشهای خاک(علوم خاک و آب).

۴. مراقبی، ف.، اکبری فامیله، م.، و هوشمندفر، ع. (۱۳۹۰). تاثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر درصد پروتئین دانه و کارایی مصرف نیتروژن گندم رقم پیشتاز در منطقه ساوه. گیاه و زیست بوم, ۷(۲۹): ۶۵-۷۶.

۵. نظمی، ل. و هاشمی مجد، ک. (۱۳۹۲) .تأثیر مواد بهساز آلی بر برخی ویژگیهای شیمیایی خاکهای مختلف. مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب). الف . ۲۷(۳): ۲۸۳-۲۷۵.

6. Cherif, H., F. Ayari, H. Ouzari, M. Marzorati, M. Brusetti, L. Jedidi, A. Hassen, and D. Daffonchio. 2009. Effect of municipal solid waste compost, farmyard manure and chemical fertilizers on wheat growth, soil composition and soil bacterial characteristics under Tunisian arid climate. Eur. J. soil Biol. 45: 138-145.
7. Robin, A.K., K. Szmidt, A. Andrew, and W. Dickson. 2001. Use of compost in agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs). Remade Scotland.
8. Smith, P. 2002. Organic matter modelling. In: Lal, R. ed. Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker, Inc., New York, New York, USA.

Investigation of the effect of organic fertilizer and different levels of nitrogen on yield and yield components of wheat

Shahram Omidvari1, Niazali Ebrahimipak2, Samad Abdi3

1 and 2: Assistant professor and associate professor of Soil and Water Research institute, Agricultural Research,Education and Extension Organization(AREEO), Karaj, Iran.

3: Assistant professor of Soil and Water Research department, Lorestan Agricultural education and Natural Resources. Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Khoramabad, Iran.

Abstract

Management of organic matter and chemical fertilizers is very important in improving plant yield and soil physical properties. This study was performed to determine the effect of organic fertilizer and different levels of nitrogen on wheat yield as a split factorial experiment in three replications. The experimental treatments were as follows: A- Different levels of nitrogen from urea fertilizer source based on the percentage of soil test: N0 = Control, N1 = 100%, N2 = 75%, N3 = 50%, which applied in tillering Steming and clustering stages. B - Organic fertilizers: M0 (without using organic fertilizers) and M1 (10 tons of livestock manure), M2 (20 tons of livestock manure) were the source of cattle manure that was applied before planting. The area of each experimental plot was 20 square meters (5 * 4). Yield and yield components were also measured as plant response. The results showed that the main effect of organic fertilizer and nitrogen treatments and their interaction on straw yield, grain yield, total yield, harvest index, number of grains per panicle, 1000-grain weight and grain nitrogen concentration had a significant effect. Grain yield was highest in N2 level and in both levels of organic fertilizer. Therefore, it is recommended to use ten tons of organic fertilizer along with 75% of the recommended amount of nitrogen in order to increase the amount of soil organic matter and increase yield and economic considerations.

Key words: Wheat yield, harvest index, 1000-grain weight

بررسی عملکرد دانه ارقام گلرنک تحت تأثیر میزان های مختلف بذر در شرایط آبیاری شور

حمیدرضا فنایی [۱،*]، حمیدجباری [۲] و محمد کشتگر خواجه داد[۳]

[۱] *- دانشیار و استادیار - موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، کرج، ایران

[۲]اکارشناس - -بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات- و آموزش کشاورزی، زابل، ایران

*Email:Fanay52@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی ارقام گلرنک تحت تأثیر میزان های مختلف بذر در شرایط آبیاری شور (۵/۵ تا ۶ دسی زیمنس بر متر)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۹و ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک، اجرا گردید. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد دانه در سال اول با میانگین ۱۷۱۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در بین مقادیر مختلف بذر بالاترین عملکرد دانه به میزان ۳۵ کیلو گرم با میانگین ۲۰۷۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت که نسبت به میزان بذر ۳۰ و ۴۰ کیلو گرم به ترتیب ۳۳ و ۳۱ درصد افزایش تولید داشت. در بین ارقام مختلف بالاترین عملکرد دانه به رقم گلدشت با میانگین ۱۸۵۸کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. همه ارقام با افزایش میزان بذر مصرفی تا ۳۵ کیلوگرم در هکتار افزایش در عملکرد دانه نشان دادند با توجه به این نتیجه می توان نتیجه گیری کرد که در شرایط آبیاری با شوری ۵/۵ تا ۶ دسی زیمنس بر متر استفاده از مقدار بذر ۳۵ کیلوگرم بذر در هکتار و دو رقم گلدشت و پرنیان برای منطقه سیستان قابل توصیه تر می باشند.

واژگان کلیدی: میزان بذر، شوری آب ، اجزای عملکرد، رقم

مقدمه

گلرنگ به عنوان یک گیاه متحمل به شوری، سطح زیرکشت کمی در جهان دارد اما این گیاه بواسطه تحمل به سرما، خشکی و شوری یکی از مهم ترین دانه های روغنی جایگزین در دنیا بخصوص در نواحی خشک به حساب می رود . تحمل گیاهان مختلف نسبت به شوری متفاوت است. گلرنگ بواسطه ویژگی سیستم ریشه عمیق و جذب رطوبت و مواد مغذی از عمق پایین‌تر خاک از نظر مقاومت بـه شـوری در گـروه گیاهـان نسـبتًا مقاوم در بین دانه‌های روغنی قرار می‌گیرد. (Baydar and Gokmen, 2003). فنایی و امیدی (۱۳۹۹) طی بررسی واکنش عملکرد دانه و روغن ارقام گلرنگ به آبیاری با آب شور گزارش کردند که رقم گلدشت به دلیل برخورداری از تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بالا نسبت به سایر ارقام برای کشت در شرایط آبیاری با آب شور در منطقه سیستان مناسب تر می باشد. باسیل و کافکا (Bassil and Kaffka, 2002) نشان دادند که عملکرد دانه گلرنگ تا شوری ۶/۷ دسی زیمنس برمتر تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد، زمانی که شوری به حدود ۱۴دسی زیمنس بر متر می‌رسد، عملکرد دانه به نصف کاهش می‌یابد لذا میتوان از آب شور برای آبیاری گلرنگ استفاده کرد بدون این که سبب کاهش عملکرد شود، مشروط به این که سطح موثر شوری آب و خاک در کمتر از حد ۸ دسی زیمنس بر متر باشد. معمولاً مناسبترین تراکم بوته برای حداکثر عملکرد از طریق انجام آزمایشات مشخص می شود و هرچه شرایط رشد بیشتر نامساعد باشد نقش تعداد بوته در عملکرد بیشتر است (خواجه پور، ۱۳۷۶). در آزمایش کوس و بیلر ((Kose A. and Bilir O. 2017) بیش ترین عملکرد دانه و روغن به طور معنی داری از کاربرد 45کیلوگرم بذر در هکتار مشخص شد. به طورکلی یکی از روش های جبران کاهش عملکرد در شرایط سخت محیطی از طریق افزایش تراکم کاشت پیشنهاد شده استاین آزمایش به منظور تعیین بهترین میزان بذر و رقم از گلرنگ تحت آبیاری با آب شور به اجرا در آمده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک (در استان سیستان و بلوچستان) واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا اجرا شد. این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر مختلف بذر در چهارسطح شامل: (۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار) و ارقام در ۳ سطح شامل (گلدشت ، پرنیان،پدیده و فرامان) به‌عنوان فاکتورهای مورد بررسی بودند.. کشت بصورت هیرم‌کاری و با دستگاه خطی‌کار آزمایشات وینتراشتایگر صورت گرفت. هرکرت شامل چهار خط به طول چهار با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود. عملیات زراعی شامل: شخم، دیسک و تسطیح و پیاده نمودن نقشه کاشت بود. کودهای مورد استفاده شامل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم به صورت پایه و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره یک دوم آن به صورت پایه و باقی مانده آن در دو مرحله در مراحل ساقه رفتن و ابتدای تکمه دهی مصرف شد. منبع تامین آب از چاه آب شور موجود در ایستگاه با شوری بین (Ecwater = 5.5-6 dS.m) بود(جدول ۳). قبل از هر مرحله آبیاری نمونه خاک برداشت و شوری آن اندازه گیری شده است. بدلیل طولانی بودن فواصل آبیاری، صعود و تجمع املاح در سطح خاک، شوری خاک بین دو مرحله رشدی و قبل از آبیاری بین ۵/۶ تا ۸/۵ دسی زیمنس بر متر (Ecsoil = 5.6-8.5 dS.m) در نوسان بوده است(جدول ۳). در این مطالعه صفاتی شامل ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد طبق در بوته، دانه در طبق و وزن هزار دانه و صفات فنولوژیکی شامل تعداد روز تا شروع گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد ۵ بوته بطور تصادفی از هر کرت انتخاب تعداد طبق در گیاه، شمارش و جهت تعیین تعداد بذر در طبق ۱۰ طبق انتخاب و براساس یک بوته میانگین‌گیری شدند. تعیین عملکرد دانه از دو خط وسط هر کرت و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای از سطح ۱ مترمربع انجام و عملکرد دانه در هکتار محاسبه گردید. وزن هزار دانه با توزین چهار نمونه ۲۵۰ تایی با ترازوی حساس ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس مرکب براساس تصادفی بودن سال انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر میزان بذر و رقم بر مراحل فنولوژیکی و ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، میزان بذر، اثر متقابل سال × میزان بذر، اثر رقم و اثر متقابل سال× رقم بر روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی از لحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول 1). در طی دو سال این آزمایش در سال دوم زمان بالاتری برای رسیدن به ۵۰ درصد گلدهی سپری شد. به‌نظر می‌رسد شرایط دمایی مطلوبتر از جهت خنک تر بودن دما در سال اول در این تاخیر تاثیر گذار بوده است (جدول ۲). در بین میزان های مختلف بذر با افزایش میزان بذر و جمعیت گیاهی در واحد سطح تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی تسریع گردیده است. به‌طوری که در میزان بذر ۴۰ و ۳۵ کیلو گرم در هکتار نسبت به میزان بذر ۲۵ و ۳۰ کیلو گرم ۶ تا ۸ روز زودتر وارد مرحله گل‌دهی گردید (جدول 2). افزایش تعداد بوته در واحد سطح بواسطه میزان بذر مصرفی بالاتر در ردیف و ایجاد رقابت بین بوته‌ای جهت رسیدن به نور و سایر منابع رشدی عامل ورود سریع تر نسبت به شرایط عدم رقابت بر سر این منابع می تواند باشد. در بین ارقام مورد بررسی رقم گلدشت با ۱۵۶ روز کمترین زمان تا شروع گلدهی و رقم پدیده با میانگین ۱۶۶روز از بیشترین زمان تا شروع گلدهی برخوردار بودند (جدول2). به‌نظر اختلاف ژنتیکی میان ارقام در این نتیجه تاثیرگذار بوده است. براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تاثیر معنی‌دار سال، میزان بذر ، اثر متقابل سال × میزان بذر، اثر رقم و اثر متقابل میزان بذر× رقم قرار گرفت (جدول 1). همانطورکه از جدول مقایسه میانگین استنباط می‌گردد با

افزایش کاربرد بذر از۲۵ به ۳۵ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار زمان تا رسیدگی برداشت روند کاهشی داشت (جدول 2). که به نظر می‌رسد افزایش رقابت بین بوته‌ای و فرار از شرایط نا مطلوب در این تیمارها عامل تاثیر گذار در کاهش دوره رشدی گیاه باشد. کوچک زاده و همکاران (۱۳۹۷) نیز تسریع در تاریخ گلدهی و تاریخ رسیدگی را بواسطه افزایش جمعیت گیاه در واحد سطح گزارش گردند. در بین ارقام بیشترین زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک با میانگین ۱۹۰ روز به رقم پدیده و کمترین زمان به رقم فرامان با ۱۸۲ روز تعلق داشت که با گلدشت و پرنیان در یگ گروه قرار داشت(جدول ۲). اختلاف در ظهور مراحل فنولوژیک با توجه به دیررسی و زودرسی ارقام گلرنگ گزارش شده است (فنایی و امیدی تبریزی، ۱۳۹۹ و فنایی و ناروئی، ۱۳۹۳).

نتایج نشان داد که اثر سال، میزان بذر، اثر متقابل سال × میزان بذر، رقم، اثر متقابل سال × رقم اثر متقابل میزان بذر × رقم،، اثر متقابل سال × میزان بذر × رقم بر ارتفاع بوته از لحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول ۱). با افزایش میزان بذر مصرفی در هکتار ارتفاع بوته روند افزایشی نشان داد (جدول ۲). رقابت بین بوته‌ها روی ردیف برای کسب نور بیشتر به همراه تغییر ماهیت و کیفیت نور در تراکم های بذری بالا در افزایش ارتفاع بوته تاثیر گذار است. در مقایسه میانگین اثر متقابل میزان بذر × رقم مشاهده می‌شود که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۲۸ سانتی‌متر در میزان بذر ۴۰ کیلو و رقم پدیده ثبت شد (شکل۱). تراکم بوته و ژنوتیپ می توانند بر ارتفاع گیاه اثر بگذارند و در تراکم های بالا رقابت برای دریافت نور خورشید افزایش می یابد (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

اثر سال بجز تعداد طبق در بوته بر تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، اثر میزان بذر و رقم بر اجزای عملکرد و عملکردانه و اثر متقابل میزا ن بذر × رقم بجز تعداد طبق در بوته، بر تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، از لحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول۳). با افزایش میزان بذر مصرفی تعداد طبق در بوته روند کاهشی داشته که به نظر با ایجاد و تشدید رقابت میان بوته‌ها بر سر منابع رشدی در تراکم بوته بالا زمینه برای کاهش تعداد طبق در بوته فراهم گردیده است. در بین ارقام مورد بررسی رقم فرامان با میانگین ۲۱ طبق بالاترین تولید طبق را در بین ارقام داشت.

جدول۱– تجزیه واریانس عملکرد دانه، اجزای عملکرد در ارقام گلرنگ تحت تأثیر میزان های مختلف بذر در شرایط آبیاری شور

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	طبق در بوته	دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	1	1691.76**	2511.260**	22.042*	0.094 ns	485.100**	118.060**	356924.448**
تکرار × سال	4	1.823	3.021	1.552	5.938	8.125	14.763	7476.943
میزان بذر	3	262.010**	246.622**	381.417**	106.705**	700.552**	227.343**	2517514.138**
سال × میزان بذر	3	39.372**	51.538**	43.625**	6.705**	91.885**	80.038**	88258.701**
رقم	3	636.010**	312.066**	680.104**	58.955**	600.484**	269.071**	1174389.316**
سال × رقم	3	4.927*	23.927 ns	66.924**	85.233**	9.662**	22.507**	64071.432**
میزان بذر × رقم	9	3.17 ns	4.177**	11.706**	1.955 ns	9.339**	17.506**	77072.154**
سال × میزان بذر × رقم	9	7.797**	3.417 *	11.988**	2.399 ns	8.898**	27.818**	37674.726**
خطائ	60	10756	1.499	3.613	1.426	1.744	3.968	6561.736
ضریب تغییرات		0.83	0.66	1.63	6.38	3.58	7.01	6.66

ns: غیر معنی‌دار؛**، * معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد ns: non significant: **, * respectively significant at 0.01 and 0.05 probability level

جدول۲– مقایسه میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد در ارقام گلرنگ تحت تأثیر میزان های مختلف بذر در شرایط آبیاری شور

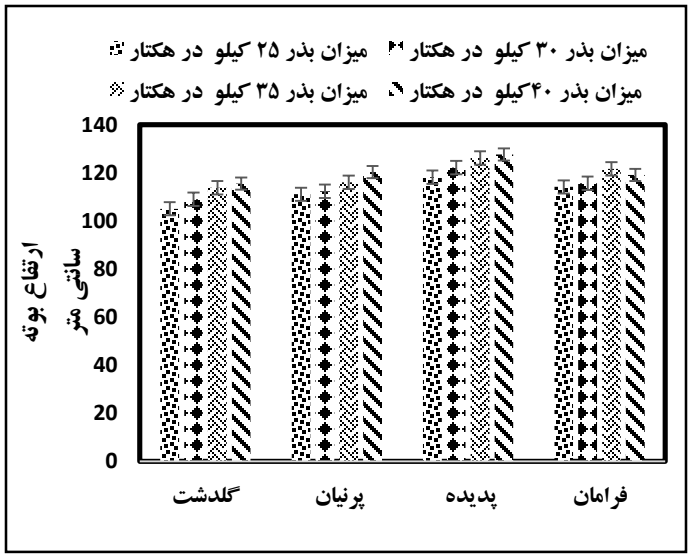
تیمارها	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته cm	طبق در بوته	دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
سال							
اول	155	180	117	19	39	36	۱۷۱۳
دوم	163	190	116	19	35	33	۱۵۹۱
میزان بذر							
۲۵ کیلوگرم در هکتار	163	188	112	۲۰	42	38	1373
۳۰ کیلوگرم در هکتار	161	187	115	21	41	36	۱۷۴۵
۳۵ کیلوگرم در هکتار	157	185	119	18	35	34	۲۰۷۰
۴۰ کیلوگرم در هکتار	155	180	121	۱۶	30	31	۱۴۲۱
رقم							
گلدشت	156	183	111	19	42	39	۱۸۵۸
پرنیان	157	183	115	18	40	36	1754
پدیده	166	190	124	17	31	31	۱۳۴۵
فرامان	157	182	118	21	34	33	۱۶۵۲

فنایی و نارویی راد (Fanaei and Narouirad, 2014) بین ارقام گلرنگ از نظر تعداد طبق در بوته تفاوت معنی داری را تحت شرایط تنش مشاهده نمودند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. با افزایش تراکم بوته با افزایش مصرف بذر در هکتار یک روند کاهشی در تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه مشاهده شد. با افزایش تراکم بوته، محدودیت مواد غذایی، نور و افزایش رقابت برای به دست آوردن منابع، منجر به کاهش تولید آسیمیلات و به دنبال آن تولید دانه شد و سرانجام تعداد دانه کمتری در طبق تولید می شود (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۹۷) بالاترین تعداد دانه در طبق را ارقام گلدشت و پرنیان با میانگین ۴۲ و ۴۰ دانه داشتند و کمترین ان با میانگین ۳۱ دانه به رقم پدیده تعلق داشت. در آزمایش نیکبخت و همکاران (Nikbakht et al., 2010) در تنش شوری (۱۵ دسی زیمنس بر متر) رقم پرنیان از بالاترین تعداد طبق و دانه در طبق برخوردار بود و متحمل به سطوح بالای تنش شوری نشان داد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. همانطور که از شکل استنباط می‌شود بالاترین تعداد دانه در طبق در میزان بذر کم ۲۵ کیلوگرم و در ارقام گلدشت و پرنیان ثبت شد.

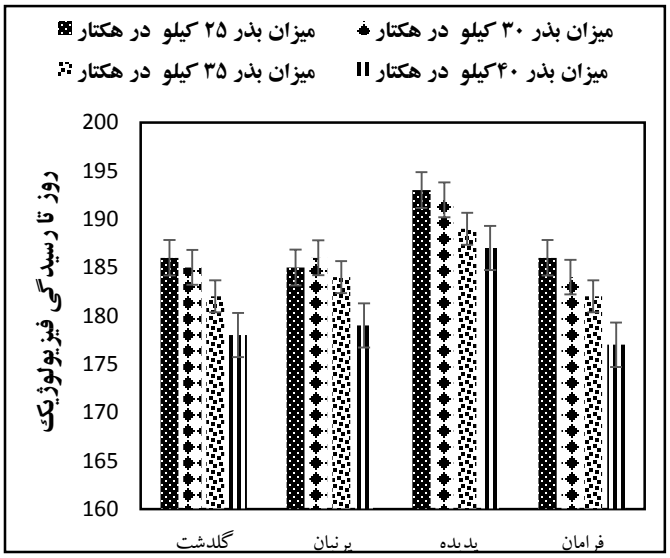
وزن هزار دانه

کمترین وزن هزاردانه با میانگین ۳۳ گرم در سال اول با میانگین ۳۳ گرم مشاهده شد. بالاترین وزن هزار دانه در ارقام فرامان و گلدشت مشاهده شد و این دو رقم با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. وزن هزار دانه بیشتر تحت اثر ویژگی های رقم و کمتر تحت اثر تراکم قرار دارد با افزایش میزان بذر مصرفی در هکتار وزن هزار دانه روند نزولی به خود گرفت. بالاترین وزن هزار دانه در میزان بذر کم ۲۵ کیلوگرم و در ارقام گلدشت و پرنیان ثبت شد (شکل ۴).

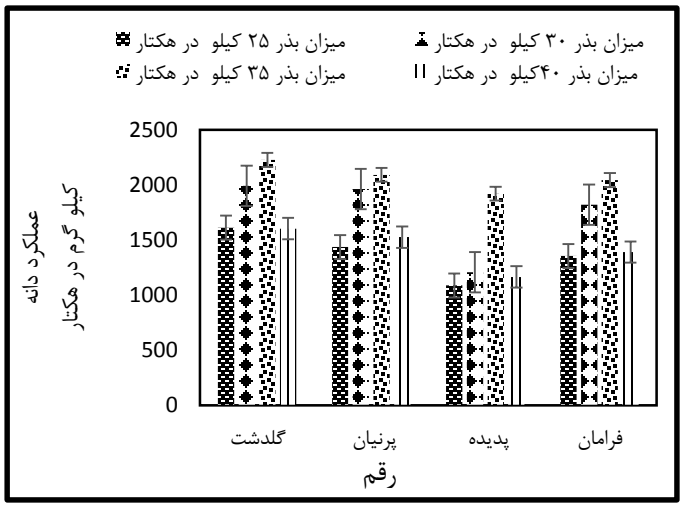
وضعیت ارقام از نظر زودرسی و دیررسی و تحت تأثیر قرارگرفتن دوره پر شدن دانه آنها از شرایط محیطی آخر فصل، کارائی متفاوت از نظر درصد تخصیص مواد اسیمیلاتی به دانه و اندازه دانه که منشأ ژنتیکی دارد، می تواند در این تغییرات دخیل باشد



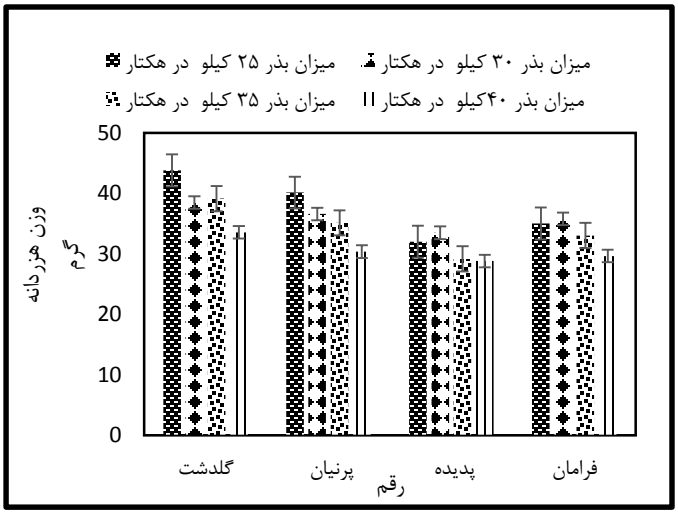
شکل۱- اثرمتقابل میزان بذر × رقم بر ارتفاع بوته



شکل ۲-اثرمتقابل میزان بذر × رقم بر روز تا رسیگی فیزیولوژیک



شکل۳- اثرمتقابل میزان بذر × رقم بر عملکرد دانه



شکل ۴-اثرمتقابل میزان بذر × رقم بر وزن هزار دانه

عملکرد دانه

بالاترین عملکرد دانه در سال اول با میانگین ۱۷۱۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد(جدول ۲). در بین مقادیر مختلف بذر بالاترین عملکرد دانه به میزان ۳۵ کیلو گرم با میانگین ۲۰۷۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت که نسبت به میزان بذر ۳۰ و ۴۰ کیلو گرم به ترتیب ۳۳ و ۳۱ درصد افزایش تولید داشت. در بین ارقام مختلف بالاترین عملکرد دانه به رقم گلدشت با میانگین ۱۸۵۸کیلوگرم در هکتار تعلق داشت که نسبت به رقم پدیده ۲۷ ، نسبت به فرامان ۱۱ درصد و نسبت به رقم پرنیان ۵/۵ درصد افزایش نشان داد که می تواند ناشی از تفاوت زنتیکی ارقام باشد (فنایی و نارویی راد (Fanaei and Narouirad, 2014). بر اساس نتایج اثر متقابل همه ارقام با افزایش میزان بذر مصرفی تا ۳۵ کیلوگرم در هکتار افزایش در عملکرد دانه نشان دادند و با افزایش بالاتر از این میزان

کاهش در عملکرد مشاهد شد. رقم گلدشت در بین ارقام مورد بررسی در هر دو سال بالاترین عملکرد دانه در هکتار را در مقدار ۳۵ کیلوگرم در هکتار نشان داد و رقم پدیده با ۱۰۸۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را در میزان بذر ۲۵ کیلوگرم در هکتار بدست امد. (شکل ۳). بر اساس نتایج عکس ا لعمل ارقام در میزان بذر بالا به نظر می رسد عملکرد دانه در شرایط محدودیت تنش شوری مشخص تا یک حدی از تراکم افزایش و بعد از ان کاهش در عملکرد رخ داده است. اگرچه کاهش عملکرد در رقم پدیده در تراکم های بالاتر از ۳۵ کیلو با ۴۰ کیلو کمتر بود. در واقع با میزان بذر بالاتر از۳۵ کیلوگرم در هکتار از طریق رقابت درون بوته‌ای بر سر منابع رشدی تحت شرایط محدویت شوری کاهش تولید و عملکرد دانه رخ می دهد این نتایج، با نتایج آزمایش کوچک زاده و همکاران (۱۳۹۷) که گزارش نمودند عملکرد دانه ارقام تا تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بیشترین افزایش را داشت و در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع کاهش نشان داد، مطابقت داشت. کوس و بیلر (Kose and Bilir, 2017) در گلرنگ بیش ترین عملکرد دانه و روغن را از کاربرد ۴۵ کیلوگرم بذر در هکتار در فواصل ردیف کاشت۳۰ و ۴۵ سانتی متری گزارش کردند. دهقان و رهنما (۱۳۸۸) در کلزا در اراضی لب شور استان خوزستان بالاترین عملکرد دانه را با مصرف بذر ۱۲-۹ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که صفات فنولوژیکی و عملکردی بویژه عملکرد دانه ارقام گلرنگ بطور معنی‌داری تحت تأثیر میزان بذر در شرایط آبیاری با آب شور قرار می‌گیرد، با افزایش کاربرد میزان بذر از طریق کاهش فاصله روی ردیف بوته ها اگر چه سبب کاهش اجزای عملکرد در بوته می‌شود اما به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران کاهش در اجزاء صورت گرفته و افزایش عمکرد دانه در واحد سطح را بدنبال خواهد داشت. استنباط می‌گردد در شرایط دارای محدودیت از جمله شوری های مختلف که میزان بذر مصرفی در هکتار از برای دستیابی به تراکم مطلوب می‌تواند از یک آستانه‌ای پیروی نماید. از آن کمتر و یا بیشتر باعث کاهش عملکرد دانه خواهد شد. در شرایط شوری آب این آزمایش (Ec = 5.5-6 dS.m) ارقام مورد استفاده ازجمله رقم گلدشت و پرنیان در میزان بذر ۳۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بالاتری تولید کردند.

منابع مورد استفاده:

-خواجه پور، م . ر. (۱۳۷۶). اصول و مبانی زراعت (نگارش دوم) .انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.

-دهقان، ا .و رهنما، ع. (۱۳۸۸). اثر روش کاشت و مقدار بذر بر عملکرد کلزا در اراضی لب شور .مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۱۰ (۲) :۱۱-۳۰.

-کوچک زاده ،ا. ابدالی مشهدی، ع. ر. و بدوی، و. (۱۳۹۷). واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ به تراکمهای مختلف بوته. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی -دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- (10)۳۷ . ص.۵-۲۱

-فنایی، ح .ر .و امیدی تبریزی، ا .ح. (۱۳۹۹). واکنش عملکرد دانه و روغن ارقام گلرنگ به آبیاری با آب شور در منطقه. سیستان .مجله نهال و بذر ۳۶ ص ۳۳۵- ۳۵۶.

-فنایی، ح .ر .ونا‌روئی راد. م.ر. (۱۳۹۳) .بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکیدر ژنوتیپهای گلرنگ. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۳( ) ۷ ص ۵۱-۳۳..

-Bassil, E. S., and Kaffka, S. R (2002) Response of safflower (Carthamus tinctorius L.) to saline soils and irrigation. I. consumptive water use. Agricultural Water Management 54: 67-80.

-Baydar, H., and Gökmen, O. Y.(2003). Hybrid seed production in safflower (Carthamus tinctorius L.) following the induction of male sterility by gibberellic acid. Plant Breeding 122 (5): 459-461.

-Kose, A., and Bilir, O. (2017).The influence of row spacing and seeding rate on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Field Crops Central Research Institute, 26 (1):45-52.

-Nikbakht, E., Mohammadi-Nejad, G., Yousefi, K., and Farahbakhsh, H. (2010). Evaluation salinity tolerance of safflower (Carthamus tinctorius L.) genotypes at different vegetative growth stages. International Journal of Agronomy and Plant Production. 1 (4): 105-111.

Evaluation of grain yield of safflower cultivars under different seed rates under saline irrigation conditions

H.R. Fanaei*[1], A. Jabbari[1] and M. Khajedad keshtkar[6]
1- Seed and plant improvement institute, AREEO, Karaj, Iran,
2- Horticulture-Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran,

Abstract
In order to investigate the grain yield and some agronomic traits of Safflower cultivars under the influence of different seed rates in saline irrigation conditions (5.5 to 6 dS / m), were performed a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications during two cropping years 2018 and 2019 in Zahak Agricultural and Natural Resources Research Station. The results showed that highest grain yield was obtained in first year with mean 1713 kg / ha. Among different seed rates, the highest grain yield was belonged to seed rate 35 kg with mean of 2070 kg / ha, which had increase 33% and 31%, respectively, in compared to seed rates 30 and 40 kg. Among different cultivars, the highest grain yield belonged to Goldasht cultivar with mean 1858 kg / ha. All cultivars showed an increase in grain yield by increasing in amount of seeds used up to 35 kg / ha. According to this result, it can be concluded that in irrigation conditions with salinity about 5.5 to 6 dS / m, the use of 35 kg of seeds in hectare and two cultivars Goldasht and Parnian are more recommended for Sistan region.

Keyword: Seed rate, water salinity, yield components, cultivar

اثر ورمی‌کمپوست بر رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان تحت تنش خشکی

زهره بوالحسنی[۱]، محمد فیضیان*[۲]، مریم موسی پور[۲]

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان،bolhasani.zo@fa.lu.ac.ir

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، feizian.m@lu.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان،mosapour.mr@fa.lu.ac.ir

چکیده

یکی از مشکلات مهم در مناطق خشک کمبود آب می‌باشد. در این راستا، به منظور بررسی اثر کود ورمی‌کمپوست بر رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان سبز در شرایط تنش رطوبتی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی لرستان در سال ۱۳۹۸ به اجرا در آمد. تیمارها شامل سه سطح رطوبتی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی) و چهار سطح ورمی‌کمپوست گاوی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) بودند که به خاک گلدان‌های سه کیلوگرمی اعمال گردید. نتایج نشان داد که اعمال تنش رطوبتی میزان وزن تر و وزن خشک اندام هوایی، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید را کاهش داد. در حالیکه کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید شد. بطور کلی ورمی‌کمپوست می‌تواند برخی از اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را در گیاه ریحان تعدیل کند.

واژگان کلیدی: تنش رطوبتی، کارتنوئید، ، ورمی‌کمپوست

مقدمه

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* متعلق به تیره نعناعیان *Lamiaceae* و بومی آسیاست. انسان از سه هزار سال پیش از گونه‌های مختلف جنس ریحان برای مقاصد دارویی و خوراکی استفاده کرده است .خواص دارویی و وجود ترکیبات معطر سبب شده است ریحان یکی از گیاهان مشهور در سراسر دنیا باشد، به‌طوریکه بخشی از این خواص مربوط به ترکیبات روغن‌های فرار موجود در آن است. اسانس و عصاره ریحان به‌طور گسترده در صنایع غذایی، عطرسازی، دارویی و بهداشتی کاربرد دارد. خاصیت ضد باکتری، ضد قارچی، ضد حشره‌ای و آنتی‌اکسیدانتی اسانس و عصاره گونه‌های مختلف این جنس موضوع پژوهش‌های زیادی بوده است (Suppakul *et al*., 2003). با توجه به اینکه کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود، استفاده بهینه از آب با توجه به رشد روز افزون جمعیت، بیش از پیش احساس می‌شود. اعمال مدیریت صحیح به منظور حفظ ذخیره رطوبت و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک از جمله اقدامات مؤثر در راستای افزایش راندمان آب و بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب است (خادم و همکاران، ۱۳۹۰). تنش خشکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد فیزیولوژیک و تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود که کاهش زیست‌توده و عملکرد را در پی خواهد داشت (Ihuoma and Madramootoo, 2017). روابط آبی، تمام فرآیندهای فیزیولوژیک را که با حلالیت و قابل دسترس بودن عناصرغذایی ارتباط دارند، تحت تاثیر قرار می‌دهد (Alam,1999). کاهش وزن تر و خشک اندام‌های گیاه تحت تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل کاهش قابل توجه در فتوسنتز، تورژسانس سلولی باشد (Sankar et al., 2007). گزارش‌های زیادی نشان داده است که تنش کم آبی، توانایی کاهش غلظت

کلروفیل‌ها و کارتنوئیدهای بافت را دارد و این کاهش به‌طور عمده با تولید ROSها در تیلاکوئید انجام می‌گیرد (Jaleel et al., 2009). بنابراین، مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسایل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود (Mohammad khani and Heidari, 2007). ورمی‌کمپوست یکی از مهمترین کودهای زیستی است کـه از طریق فرآوری ضایعات آلی نظیر کودهای دامی و بقایای گیاهی توسط کرم خاکی ساخته می‌شود و به دلیل داشتن پتانسیل قابل توجه جهت اصلاح خاک مورد توجه زیادی قرار گرفته است. ورمی‌کمپوست دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری زیاد برای عناصر معدنی، تهویه و زهکشی مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب، بدون بوی نامطبوع و عوامل بیماری‌زا می‌باشد. تولید ورمی‌کمپوست یک روش جدید برای تبدیل ضایعات آلی به مواد قابل‌استفاده است که در این فرآیند از گونه‌های معین کرم خاکی مانند *Eisenia fetida* جهت تثبیت ضایعات آلی استفاده می‌شود (Sallaku *et al*., 2009). ورمی‌کمپوست‌ها به ویژه آن‌هایی که از فضـولات حیوانی حاصل می‌شوند، نسبت بـه دیگر کمپوست‌ها دارای مقادیر زیادی از عناصر غذایی است که به راحتی به شکل‌های قابل استفاده برای گیاه تبدیل می‌شوند. این کودها در خاک موجب اصلاح نفوذپذیری و بهبود زهکشی خاک شده و همچنین با حفظ رطوبت کافی، از خشکی بیش از اندازه جلوگیری می‌نمایند (Hosseinzadeh et al., 2016). هدف از این مطالعه، بررسی تنش خشکی و کود ورمی‌کمپوست بر عملکرد و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه ریحان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. تیمارها شامل سه سطح رطوبتی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی) و چهار سطح ورمی‌کمپوست گاوی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) بودند که به خاک گلدان‌های سه کیلوگرمی اعمال گردید. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه و ورمی‌کمپوست به ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

پ‌هاش	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	رس	سیلت	شن
	دسی‌زیمنس بر متر	درصد	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	درصد	درصد	درصد
۷/۶	۰/۷۲	۰/۷	۰/۰۸	۱۴	۲۵۰	۲۰/۷۰	۳۱/۲۵	۴۷

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد مطالعه

پ‌هاش	هدایت الکتریکی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
	دسی‌زیمنس بر متر	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم
۶/۸	۱/۷	۱/۶	۸۵۵۰	۱۰۸۳۱

pH و EC (۱:۵ کود به آب)

در ابتدا نمونه‌های خاک سه کیلوگرمی از الک دو میلی‌متری عبور داده شده، توزین و پس از اعمال تیمارها (ورمی کمپوست) به کیسه‌های پلاستیکی منتقل گردید. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر ریحان سبز در عمق حدود نیم سانتی‌متری خاک کاشته شد و رطوبت خاک در طول آزمایش در حدود رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شد. حدود دو هفته پس از جوانه زنی، گیاهان تنک شده و

پنج عدد ریحان یکنواخت در هر گلدان نگه داشته شد. در طول فصل رشد (پس از سه هفته کاشت و در زمان شروع تنش)، آبیاری به صورت روزانه با رساندن رطوبت به مقادیر ذکر شده در تیمارهای رطوبتی خاک، انجام شد. بدین صورت که هر روز وزن تمام گلدان‌ها با ترازوی دیجیتال بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد و با مقایسه وزن اولیه هر گلدان (وزن روز آبیاری) با وزن روزانه آن مقدار رطوبت موجود محاسبه شد و جهت جبران کمبود آب خاک، آبیاری (براساس تیمارها) انجام شد. حدود ۸ هفته بعد از کاشت، برخی ویژگی‌های گیاه اندازه‌گیری شد. وزن تر گیاه بلافاصله پس از برداشت گیاه به وسیله‌ی ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. سپس نمونه‌ها توسط آب مقطر شسته شدند و پس از خشک کردن با دستمال کاغذی، درون پاکت قرار داده شدند و تا رسیدن به وزن ثابت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن با ترازوی دیجیتالی وزن شد. کلروفیل و کارتنوئید به روش لیچتنتالر (Lichtenthaler, 1987) اندازه‌گیری شد. پس از به‌دست آوردن نتایج آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد و میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری پنج درصد با یکدیگر مقایسه شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر وزن تر و خشک اندام هوایی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش به‌دست آمد، اگرچه با تیمار ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول). همچنین کمترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست در تنش رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر وزن تر و خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)

تنش رطوبتی (درصد ظرفیت زراعی)	سطوح ورمی کمپوست (گرم در کیلوگرم خاک)				میانگین
	۰	۱۰	۲۰	۳۰	
	وزن تر اندام هوایی				
۱۰۰	۳۱/۷۵e	۴۵/۲۸cd	۵۷/۹۶ab	۵۸/۹۶a	۴۸/۴۹A
۷۵	۳۱/۶۶e	۴۰/۸۷d	۵۰/۲۷bc	۵۴/۰۶b	۴۴/۲۱B
۵۵	۲۱/۱۶f	۲۲/۱۶f	۲۵/۲۶ef	۲۷/۵۶ef	۲۴/۰۴C
میانگین	C۲۸/۱۹	۳۶/۱۰B	۴۴/۵۰A	۴۶/۸۶A	
	وزن خشک اندام هوایی				
۱۰۰	۷/۷۲c	۹/۰۹b	۹/۸۷ab	۱۰/۴a	۹/۲۷A
۷۵	۵/۱۰e	۶/۱۰d	۷/۰۲c	۷/۷۸c	۶/۵۰B
۵۵	۵/۱۴e	۵/۴۴de	۵/۵۰de	۵/۹۹de	۵/۵۲C
میانگین	۵/۹۸D	۶/۸۸C	۷/۴۶B	۸/۰۶A	

اعداد دارای حروف کوچک لاتین مشترک میانگین‌های مربوط به اثرهای متقابل هستند که از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. اعداد دارای حروف لاتین بزرگ در ردیف آخر (میانگین) اثرهای ساده سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و اعداد ستون انتهایی اثرهای ساده سطوح مختلف تنش رطوبتی را نشان می‌دهند.

ورمی کمپوست بـه دلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت و همچنین تنظیم pH و افـزایش معنی‌دار ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت دانست که تأثیر مثبتی بر افزایش صفات رشدی داشته است (Ghazimenas *et al.*, 2018). تنش خشکی از طریق کاهش فشار آماس سلولی سبب کاهش رشد گیاه خواهد شد. به‌دلیل اینکه رشد سلول‌ها در ابتدا با پتانسیل آب گیاه در ارتباط است، کاهش فشار آماس سلولی روی تقسیم سلولی و طویل‌شدن سلول در گیاهان حساس به تنش اثر می‌گذارد (Levitt, 1980).

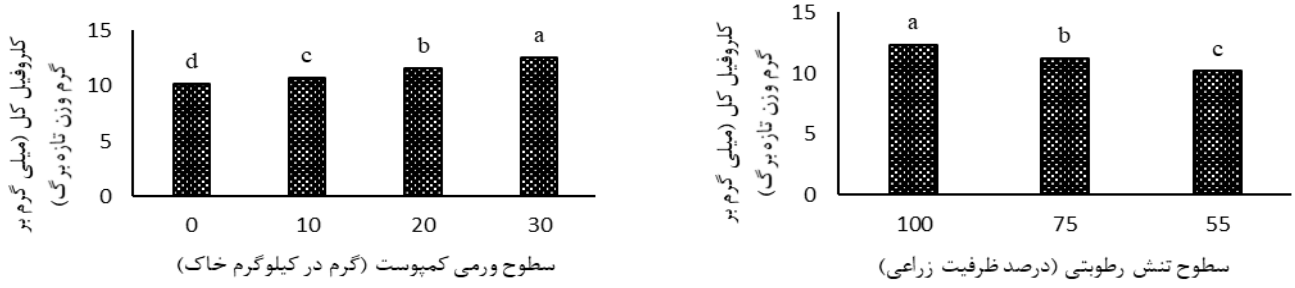
مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول۴) نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست و در شرایط عدم تنش رطوبتی می‌باشد. همچنین کمترین میزان این صفت در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول). بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار ۲۰ گرم بر کیلوگرم خاک ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش به‌دست آمد، اگرچه با تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش تفاوت معنی‌داری نداشت. در حالیکه کمترین میزان کلروفیل b در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر کلروفیل a، b و کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)

تنش رطوبتی (درصد ظرفیت زراعی)	سطوح ورمی کمپوست (گرم در کیلوگرم خاک)				میانگین
	۰	۱۰	۲۰	۳۰	
	کلروفیل a				
۱۰۰	۷/۶۱۰cd	۷/۶۳۶cd	۷/۹۸۱bc	۹/۳۳۴a	۸/۱۴۰A
۷۵	۷/۷۰۹cd	۷/۶۵۰cd	۸/۰۳۰bc	۸/۵۰۴b	۷/۹۷۳A
۵۵	۶/۳۸۴e	۷/۱۴۷cd	۷/۶۱۹cd	۷/۹۴۰bc	۷/۲۷۲B
میانگین	۷/۲۳۴C	۷/۴۷۸C	۷/۸۷۶B	۸/۵۹۳A	
	کلروفیل b				
۱۰۰	۳/۸۴۱cd	۴/۰۵۷bc	۴/۵۳۳a	۴/۳۶۵ab	۴/۱۹۹A
۷۵	۲/۶۳۹f	۳/۱۲۶e	۳/۵۲۲de	۳/۷۹۵cd	۳/۲۷۰B
۵۵	۲/۲۶۵f	۳/۱۲۶f	۳/۱۵۳e	۳/۶۴۹cd	۲/۸۹۰C
میانگین	۲/۹۱۵C	۳/۲۲۵B	۳/۷۳۶A	۳/۹۳۶A	
	کارتنوئید				
۱۰۰	۲/۲۱۹a	۲/۰۸۸ab	۲/۲۵۳a	۲/۲۹۹a	۲/۲۱۴A
۷۵	۱/۲۵۲cd	۱/۴۷۷c	۱/۸۳۱b	۲/۰۷۴ab	۱/۶۵۸B
۵۵	۱/۱۵۵d	۱/۲۶۷cd	۱/۵۳۶c	۱/۸۷۷b	۱/۴۵۸C
میانگین	۱/۵۴۲C	۱/۶۱۱C	۱/۸۷۳B	۲/۰۸۳A	

اعداد دارای حروف کوچک لاتین مشترک میانگین‌های مربوط به اثرهای متقابل هستند که از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی-داری با یکدیگر ندارند. اعداد دارای حروف لاتین بزرگ در ردیف آخر (میانگین) اثرهای ساده سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و اعداد ستون انتهایی اثرهای ساده سطوح مختلف تنش رطوبتی را نشان می‌دهند.

مصرف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم بر کیلوگرم ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل کل به ترتیب به میزان ۵/۴۱، ۱۴/۳ و ۲۳/۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین اعمال تنش رطوبتی ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی، میزان کلروفیل کل را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۸/۹۱ و ۱۷/۶ درصد کاهش داد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده ورمی کمپوست و تنش رطوبتی بر میزان کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)

بیشترین میزان کارتنوئید در تیمار ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش به‌دست آمد، اگرچه با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان کارتنوئید در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. هر چند با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). گزارش‌های مختلفی در رابطه با افزایش و یا کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی وجود دارد. کاهش مقدار کلروفیل در شرایط تنش می‌تواند به‌دلیل کاهش سنتز کلروفیل و یا ناشی از تخریب آن باشد. البته بیشتر مطالعات کاهش میزان کلروفیل را در شرایط تنش خشکی به‌خوبی نشان داده‌اند (Keshavarz Afshar et al., 2017). نقش اصلی کاروتنوئید جلوگیری از آسیب اکسیداتیو می‌باشد، در واقع کاروتنوئیدها ازطریق فروکش کردن سریع وضعیت برانگیخته کلروفیل، حفاظت نوری را انجام می‌دهند. در شرایط تنش مقدار کاروتنوئید کاهش یافته و نمی‌توانند نقش حفاظتی خود را انجام دهند، ولی کاهش آن‌ها نسبت به کلروفیل‌ها کمتر است. کاهش محتوای کاروتنوئید به دلیل اکسید شدن توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آن‌ها است (Wang et al., 2010). به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت مصرف کود ورمی‌کمپوست با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها شده که به دنبال آن سبزینه‌گی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش وزن تر، خشک و کلروفیل‌ها و کارتنوئید در این پژوهش شد. تنش رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش وزن تر، خشک و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شد. استفاده از ورمی‌کمپوست در شرایط کم آبی توانست اثرات سوء تنش رطوبتی بر رشد را کاهش دهد. بنابراین ورمی‌کمپوست می‌تواند کود مناسبی در زمین‌های کشاورزی که با مشکل کم آبی مواجه هستند، باشد.

فهرست منابع

خادم، ع، مرودی، ر. گلوی، م. روستا، م.ج. (۱۳۹۰). تأثیر تنش خشکی و کاربرد نسبت‌های مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (Zea mays L.) . علوم گیاهان ایران ۴۲ (۱). ۱۱۵-۱۲۳.

Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses*. Academic Press

Jaleel, C. A., Manivannan, P. A. R. A. M. A. S. I. V. A. M., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. A. M. A. M. U. R. T. H. Y., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol*, *11*(1), 100-105.

Ghazimenas, M., Banj Shafi, Sh., Haj Seyed Hadi, M., and Darzi, M. (2018). Analyze the effects of different doses of vermicompost and bio-fertilizer nitrogen on yield and quality of German chamomile (Matricaria chamomilla L.). Iranian J. Med. Arom Plants R., 29(2): 75-90.

Keshavarz Afshar, R., Hashemi, M., DaCosta, M., Spargo, J., & Sadeghpour, A. (2016). Biochar application and drought stress effects on physiological characteristics of Silybum marianum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *47*(6), 743-752.

Wang, L. J., Fan, L., Loescher, W., Duan, W., Liu, G. J., Cheng, J. S., ... & Li, S. H. (2010). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC plant biology*, *10*(1), 1-10.

Mohammadkhani, N., & Heidari, R. (2007). Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Science*, *10*(22), 4022-4028.

Alam, S. M. (1999). Nutrient uptake by plants under stress conditions. *Handbook of plant and crop stress*, *2*, 285-313.

Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (Cicer arietinum L.) under drought stress. *Photosynthetica*, *54*(1), 87-92.

Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2007). Drought-induced biochemical modifications and proline metabolism in Abelmoschus esculentus (L.) Moench. *Acta Botanica Croatica*, *66*(1), 43-56.

Ihuoma, S. O., & Madramootoo, C. A. (2017). Recent advances in crop water stress detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, *141*, 267-275.

Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger, S. W. (2003). Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packaging. *Journal of agricultural and food chemistry*, *51*(11), 3197-3207.

Effect of vermicompost on growth and photosynthetic pigments of basil under drought stress

Zohre Bolhasani[1], Mohammad Feizian[2], Maryam Mosapour[3]

[1]Ph.D. student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University
[2]Associate Professor., Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan
[3]Ph.D. student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University

Abstract

ne of the major problems in arid areas is water shortage. In this regard, in order to investigate the effect of vermicompost fertilizer on growth and photosynthetic pigments of green basil under conditions of moisture stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the greenhouse of Lorestan University of Agriculture in 2019. Treatments included three levels of moisture (100, 75 and 55% of field capacity) and four levels of cow vermicompost (0, 10, 20 and 30 g. kg^{-1} soil) that were applied to the soil of 3 kg pots. The results showed that application of moisture stress reduced the fresh weight and dry weight of shoots, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids. While the application of vermicompost increased the fresh and dry weight of the shoots, the amount of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids. In general, vermicompost can mitigate some of the negative effects of drought stress on basil.

Keywords: Carotenoids, Moisture stress, Vermicompost

تاثیر سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر فاکتورهای بیوشیمیایی گیاه کینوا

پیوند پاپن[۱]، عبدلامیر معزی[۲]، مصطفی چرم[۳]، افراسیاب راهنما[۴]

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک دانشگاه شهید چمران اهواز و کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

payvand_p2006@yahoo.com

۲- دانشیارگروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد نیتروژن و آبیاری با زهاب مزارع نیشکر بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی کینوا ، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۷ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش چهار سطح کود اوره (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح آب آبیاری شامل شاهد (آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری یک در میان (کارون – زهاب نیشکر) و آبیاری با زهاب نیشکر (با شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد اثر متقابل کاربرد تیمارها بر میانگین غلظت پروتئین محلول، فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و فعالیت پرولین برگ کینوا و عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی‌دار بود. بیشترین مقدار پرولین مربوط به تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار با آبیاری زهاب (۰/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاهی) بود. افزایش کود نیتروژن سبب کاهش اثرات مضر تنش شوری بر عملکرد دانه از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین گردید و مزیت آن کارایی بهتر بوته‌های کینوا تحت تیمار شوری از نظر جنبه‌های مختلف رشدی و متابولیسم است. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با آبیاری یک در میان سبب بهبود عملکرد دانه (۷۹٪) نسبت به تیمار شاهد گردید.

کلمات کلیدی: پرولین، سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، کلروفیل.

مقدمه

در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک منابع آب غیرشور محدود بوده و پیوسته در حال کاهش است (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین، کشاورزان مجبور به استفاده از آب‌های نامتعارف، نظیر آب‌های شور و لب‌شور می شوند. آبیاری مزارع با این قبیل آب‌ها حتی برای گیاهان مقاوم به شوری علاوه بر کاهش محصول، مشکلات فراوانی در پی دارد (عبدلقاود و همکاران، ۲۰۰۵). تنش شوری سبب ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل در کلروپلاست و دیگر اندامک‌های سلولی گیاه می‌شود. این رادیکال‌های آزاد آسیب‌های زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند. در مقابل، گیاهان از طریق فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدان طی بروز تنش شوری، اثر سوء تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند (اشرف و همکاران، ۲۰۰۹). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واقع سریع‌ترین واحدهای مقابله کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال به شمار می‌آیند (اشرف و هریس،۲۰۰۴). نتایج تحقیقات نشان داده گیاهانی که توانایی سیستم آنتی‌اکسیدان بالایی داشته باشند، در محیط‌های شور تحمل بیش‌تری دارند (حسن زمان و همکاران،۲۰۱۳). نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، پپتیدها، کلروفیل، آلکالوئیدها، اسیدهای نوکلئیک و

آنزیم‌ها است. در شرایط کمبود نیتروژن سنتز کلروپلاست و کلروفیل و بسیاری از آنزیم‌های فرایندهای مختلف متابولیکی، مختل می‌شود (مجد و اردکانی، ۲۰۰۳). کینوا یک شبه غله کم حجم با ارزش غذایی بالا، منبع غنی از پروتئین، آهن، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین و با تحمل بالا به انواع تنش‌های زنده و غیرزنده (خشکی و شوری) نسبت به غلات معمولی است (بسرا و همکاران،۲۰۱۴). کینوا به تجمع یون‌های نمکی در بافت‌ها و تعدیل پتانسیل آب برگ (رزاقی و همکاران،۲۰۱۲) به وسیله استراتژی‌های ساختاری و فیزیولوژیکی متفاوت مانند فرار از خشکی، تحمل خشکی، سیستم ریشه‌ای متراکم و عمیق و برگ‌هایی با دیوارهای ضخیم و افتاده، شناخته شده است (آدولف و همکاران،۲۰۱۴).

کینوا بهترین گیاه برای کشت در خاک‌هایی که شوری ۱۹ دسی‌زیمنس بر متر و بالاتر از آن دارند، می‌باشد (Wilson et al., 2002). کاهش عملکرد مشخصی در برخی ژنوتیپ‌ها کینوا رشد کرده در خاک شور با شوری ۴۰-۵۰ دسی-زیمنس بر متر مشاهده نشده است. جالب است که افزایش ناچیزی در عملکرد دانه کینوا رشد کرده در خاک شور با شوری ۵-۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده است. جمالی و همکاران (Jamal et al., 2016) تأثیر سطوح مختلف شوری را بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد دو رقم گیاه کینوا بررسی کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که گیاه کینوا به سطوح بالای شوری در مرحله جوانه‌زنی مقاوم بوده و می‌توان با اعمال مدیریت مناسب درمزرعه، استقرار این گیاه را در شرایط وجود آب و خاک شور تضمین نمود. تحقیق مزرعه‌ای با هدف بررسی تأثیر کیفیت آب آبیاری با شوری شامل ۱/۵، ۴، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که بیشترین و کم‌ترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به شوری ۴ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود (Algosaibi et al., 2015). در استان خوزستان تولید زهاب از فعالیت‌های مختلف به ویژه کشاورزی، یکی از مشکلات جدی است. در این استان در مجموع نزدیک چهار میلیارد مترمکعب زهاب در سال تولید می‌گردد (KWPA report, 2011). کشت کینوا با توجه به اهمیت آن به عنوان یک گیاه زراعی مقاوم به شوری به خصوص با استفاده از زهاب در مناطق جنوبی ایران موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. از آنجایی که در مورد سازوکارهای مرتبط با کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری منتهی به تنش اکسیداتیو در کینوا از طریق کاربرد نیتروژن مطالعات چندانی انجام نشده است، بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی برخی تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه کینوا در پاسخ به سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط تنش شوری (آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر) بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرایط مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۷ در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان خرمشهر انجام گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک و کیفیت آب آبیاری در جدول دو نشان داده شده است. آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کود اوره در چهار سطح N_{1-4} (۰، ۷۵ ، ۱۵۰ ، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح آب آبیاری S_{1-3} شامل شاهد (S_1) آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و S_2 آبیاری یک در میان (کارون – زهاب نیشکر) وS_3 آبیاری با زهاب نیشکر (شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. تیمار کودی نیتروژن در سه نوبت به صورت پایه و دو نوبت سرک در ابتدای مراحل ۴ تا ۶ برگی و شروع گل‌دهی بر اساس تیمارهای آزمایش اعمال گردید. کاشت بذر (رقم گیزاوان تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر- کرج) در ۱۵ آبان ماه به صورت جوی و پشته‌ای (بر روی خط داغاب) و با دست انجام شد. دو آبیاری اول با آب کارون به فاصله ۵ روزه در جهت مقابله با سله خاک و جوانه‌زنی بهتر بذرها انجام گردید. هفت روز پس از کشت، جوانه‌زنی

یکنواخت در تمامی تیمارها و تکرارها مشاهده شد. سپس تیمارهای مختلف آبیاری اعمال شد. تعداد آبیاری قطعه زراعی کینوا در طول دوره رشد ۷ مرتبه بود. برداشت نهایی کینوا در اواخر اسفند ماه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک cm	بافت خاک	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	نیتروژن کل (٪)	Na^{+} ($meq\ L^{-1}$)	K^{+} ($meq\ L^{-1}$)	Cl^{-} ($meq\ L^{-1}$)	فسفر قابل جذب (mg/Kg)	Ca2++Mg2+ (meq L-1)	SAR
۰-۲۵	لومی رسی	۵/۰۵	۷/۹۸	۰/۰۳۸	۲۸/۹۳	۰/۴۵	۲۶/۲۵	۱۷/۴۵	۳۲/۰۳	۷/۲۳
۲۵-۵۰	رس	۲/۵۵	۸/۰	۰/۰۲۴	۱۳/۲۵	۰/۱۶	۱۶/۲۵	۱۷/۱۵	۱۰/۴۵	۵/۸۱
۵۰-۷۵	لوم رسی سیلتی	۲	۸/۰۱	۰/۰۲۲	۱۱/۵۷	۰/۱۴	۱۲/۵	۱۶/۸۱	۹/۵	۵/۳۳

جدول ۲ – متوسط کیفیت آب آبیاری مورداستفاده

نوع آب آبیاری	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	TDS ($meq\ L^{-1}$)	SAR	کلر ($meq\ L^{-1}$)	کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	سدیم ($meq\ L^{-1}$)
آب کارون	۲/۷۲	۸/۵۰	۱۷۹۲/۸۹	۸/۹۶	۱۸/۸۳	۴/۳۹	۴/۱۰	۱۸/۳۴
آب زهاب	۷/۷۵	۷/۸۸	۵۲۲۵/۶۲	۱۰/۲۰	۴۲/۳۷	۱۶/۷۰	۱۷/۳۵	۴۲/۶۰

جهت تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در سطحی معادل پنج متر مربع از هر کرت آزمایشی برداشت شد و جهت خشک شدن نهایی، به مدت یک هفته در هوای آزاد قرار گرفت. دانه‌های برداشت شده از هر کرت، به‌طور جداگانه با ترازوی آزمایشگاهی توزین گردیدند و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد شد. در مرحله گلدهی نمونه‌هایی از برگ‌ها تهیه شده(آخرین برگ توسعه یافته) انتخاب شده و بلافاصله جهت اندازه‌گیری فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. فعالیت آنزیم کاتالاز به روش (آبی ،۱۶۸۴) و سوپراکسیددیسموتاز به روش (سیرام و سریواستا،۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه گیری پرولین از روش (بیتس،۱۹۷۳) استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطوح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن و شوری و برهم‌کنش آنها بر میزان پروتئین محلول برگ، فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، غلظت پرولین و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

پروتئین محلول برگ

بیشترین میزان پروتئین محلول برگ در تیمار آبیاری زهاب و یک‌درمیان با کاربرد۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده شد. کمترین میزان پروتئین محلول برگ در تیمار آبیاری کارون با کاربرد صفر کیلوگرم کود اوره در هکتار حاصل شد(جدول ۴). یکی از عناصر اصلی ساختمان پروتئین، نیتروژن است. افزایش کاربرد کود اوره در تحقیق حاضر باعث بیشتر شدن ساخت پروتئین-های محلول برگ کینوا شد. بر اساس نظر مارشنر (۱۹۹۵) فرآیندهای حیاتی گیاهان وابسته به حضور میزان مناسبی نیتروژن در بافت‌های آنها دارد. سنتز پروتئین، کلروفیل و سنتز آنزیم‌ها وابسته به نیتروژن است. همچنین می‌توان افزایش میزان پروتئین محلول برگ به وسیله‌ی تیمارهای نیتروژن را به بهبود سطح برگ و کارآیی فتوسنتزی نسبت داد، زیرا نیتروژن بخشی از آنزیم

روبیسکو دخیل در فرایند فتوسنتز است (آردوینی و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش میزان پروتئین محلول برگ، ممکن است در اثر سنتز پروتئین تحت تنش شوری در کینوا باشد که می‌تواند به عنوان مکانیسمی برای سازش بیشتر در برابر تنش شوری محسوب شود. نتایج مطالعه نشان داد تاثیر تیمارهای شوری بر افزایش میزان پروتئین محلول برگ بیشتر از تیمارهای کود اوره بود. در شرایط تنش شوری افزایش میزان پروتئین‌های محلول به دلیل تأثیر عمده عامل شوری بر افزایش گروه کوچکی از پروتئین‌های ویژه تنش است که در روند مقاومت به تنش اکسیداتیو مؤثر بوده و موجب اثر تنظیمی روی آنزیم‌های آنتی اکسیدان می‌گردند (یان و همکاران، ۲۰۰۵). از سوی دیگر به محض ورود به شرایط تنش تجزیه پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی برای اشکال قابل تحرک نیتروژن است (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و شوری بر غلظت عناصر دانه کینوا

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتین محلول برگ	آنزیم کاتالاز	آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز	غلظت پرولین	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۰۰۵۷	۱۲۸/۳۳	۰/۳۹	۰/۰۰۲	۸۶۲۴
شوری(S)	۲	۰/۰۰۳۸**	۱۷۸۹/۴۸**	۷۸/۴۹**	۰/۷۴**	۲۰۹۵۸۷**
خطای اول	۴	۰/۰۰۰۰۰۶۱۳	۳۶/۹۷	۰/۱۷	۰/۰۰۵	۳۶۱۰/۰۱
نیتروژن (N)	۳	۰/۰۰۱۶۶**	۱۳۳۱/۱۴**	۱۲/۶۲**	۰/۰۰۴۱**	**۶۲۰۰۶۶۳
S× N	۶	۰/۰۰۰۰۴۵**	۸۶/۹۳**	۱/۰۰۳**	۰/۰۰۰۶۶**	**۲۲۷۲۷
خطای دوم	۱۷	۰/۰۰۰۷۹۲	۴۹۹/۹۱	۱۱/۹۰	۰/۰۹۰	۱۱۲۸۷۷۶
CV(٪)		۰/۰۰۲	۳/۷۹	۰/۳۰۸	۱/۶۱	۵/۷۶

**، * ، ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱و۵ درصد، غیر معنی‌دار

جدول ۴- تأثیر برهم‌کنش سطوح نیتروژن و شوری بر غلظت عناصر دانه کینوا

شوری	سطوح اوره ($kg\ ha^{-1}$)	پروتئین محلول برگ (mgg^{-1} FW)	فعالیت کاتالاز (U/mg protein)	فعالیت سوپر اکسید دسموتاز (U/mg protein)	پرولین (mgg-1FW)
کارون	۰	۰/۰۲f	۳۷۰/۰۳ f	۱/۲۰e	۰/۴۲f
	۷۵	۰/۰۳e	۳۷/۹۳f	۱/۹۰d	۰/۴۳ef
	۱۵۰	۰/۰۴d	۴۷/۳۰e	۲/۲۶d	۰/۴۳f
	۲۲۵	۰/۰۴cd	۴۸/۷۶ e	۲/۴۰ d	۰/۴۵def
کارون-زهاب	۰	۰/۰۴c	۴۶/۲۳ e	۴/۶۱c	۰/۴۸cdef
	۷۵	۰/۰۶b	۵۱/۷۰de	۵/۹۴b	۰/۴۸cde
	۱۵۰	۰/۰۸a	۷۲/۳۳c	۷/۸۶a	۰/۴۹cd
	۲۲۵	۰/۰۷a	۷۴/۲۳bc	۷/۶۳a	۰/۵۱c
زهاب	۰	۰/۰۴c	۴۸/۲۰e	۴/۲۵c	۰/۸۷b
	۷۵	۰/۰۶b	۵۶/۲۳d	۵/۸۲b	۰/۸۷b
	۱۵۰	۰/۰۷a	۷۸ab	۷/۴۴a	۰/۸۹b
	۲۲۵	۰/۰۸a	۸۱/۱۰a	۷/۳۲a	۰/۹۵a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز

نتایج پژوهش بیانگر نقش مثبت کود نیتروژن در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تنش شوری و به خصوص در شوری‌های کم تا متوسط بود (جدول۴). لوگان و همکاران(۱۹۹۹) اعلام کردند نیتروژن تاثیر زیادی بر فعالیت آنزیم‌های درگیر در فتوسنتز دارد و در صورت نبود نیتروژن کافی، تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد. در این شرایط انتظار می‌رود بر فعالیت ترکیبات آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدان در برگ‌های گیاهان افزوده شود. در تحقیق حاضر تنش شوری ناشی از آبیاری با زهاب و تجمع زیاد سدیم در گیاه باعث کاهش شاخص کلروفیل و میزان فتوسنتز کینوا شده است (نتایج ارایه نگردیده است) و در نهایت احتمالاً تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. با کاربرد کود اوره فعالیت آنزیم کاتالاز در تمام سطوح شوری تیمارهای آبیاری افزایش یافت که به دلیل وجود نیتروژن در ساختار آنزیم است. تا کنون مکانیسم تاثیر شوری بر روی پاسخ آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاملا شناخته نشده است این مکانیسم ممکن است با توجه به یکی از دلایل اثرات سمیت کلر بر روی فتوسیستم II و یا تغییر انسجام غشاء سلولی به دلیل نسبت بالای سدیم به پتاسیم باشد (جکوبی،۱۹۹۹). به نظر می‌رسد این آنزیم‌ها به سلول‌های گیاهی کینوا کمک می‌کند تا در برابر پراکسیداسیون چربی ناشی از اثرات کلرورسدیم، واکنش مناسبی نشان دهند. نتایجی نیز مبنی بر افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز با کاربرد نیتروژن در شرایط شوری وجود دارد (صدیق و همکاران،۲۰۱۰). کینوا از طریق دو سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (پراکسیدازها و کاتالاز) و غیرآنزیمی (پرولین) سلول‌ها و سیستم‌های زیرسلولی را در برابر اثرات سمی گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند که مجموع این دو سیستم فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل را در بر می‌گیرد (اقبال و همکاران،۲۰۱۷ و واکس و همکاران، ۲۰۱۷). در این پژوهش در شرایط تنش شوری هر دو این سیستم‌ها در کینوا مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که در شوری تیمار زهاب، نیتروژن نتوانسته همانند شوری تیمار یک‌درمیان در افزایش فعالیت سوپراکسیددیسموتاز مؤثر باشد، چرا که در شوری‌های بیشتر، افزایش مصرف کود نیتروژن خود عاملی جهت افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای گیاه است.

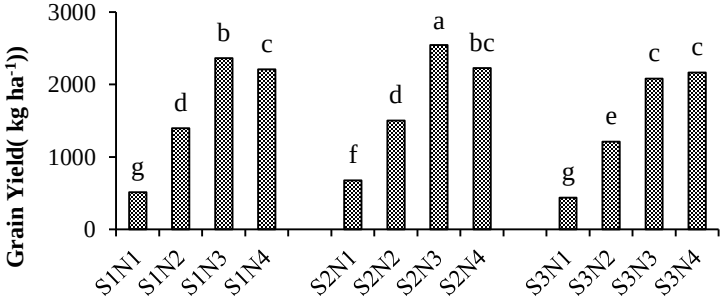
غلظت پرولین

بر اساس نتایج این مطالعه شوری باعث افزایش محتوی پرولین کینوا گردید و کاربرد نیتروژن به افزایش میزان پرولین کمک کرد لذا در شرایط تنش‌شوری گیاهان با کاربرد کود اوره بیشتر نسبت به گیاهان با مصرف کود اوره کمتر، محتوای پرولین بالاتری دارند (جدول ۴). گیاهانی که تحت تنش قرار می‌گیرند مقدار زیادی از منابع کربن و نیتروژن خود را صرف سنتز تنظیم کننده‌های اسمزی از قبیل پرولین می‌کنند تا بتوانند با حفظ فشار تورژسانس سلول‌های خود و کاهش خسارت به غشای سلولی، تحمل گیاه در برابر تنش را افزایش دهند (پاولیک و همکاران، ۲۰۱۰). برای انباشت پرولین درگیاهان آستانه‌ای از شوری وجود دارد به عبارت دیگر تا زمانی که غلظت نمک در محیط و به تبع آن کاتیون‌های یک ظرفیتی به ویژه سدیم در بافت به حد مشخصی نرسد، انباشت پرولین صورت نمی‌گیرد (جوزف و همکاران، ۲۰۱۵). با افزایش شوری میزان پرولین زیاد شد که این امر به احتمال زیاد به سبب افزایش میزان اسید آبسیزیک است. این هورمون تجمع اسیدهای آمینه به‌ویژه پرولین را افزایش می‌دهد و در نتیجه به تحمل شوری کمک می‌کند و ممکن است یکی از دلایل افزایش پرولین در گیاهان شورپسند باشد (فلاور و کومر ، ۲۰۰۸). رافینو و همکاران(۲۰۱۰) گزارش کردند در شرایط تنش شوری میزان پرولین کینوا برای مشارکت در تنظیم اسمزی سلول به طور قابل توجهی ناچیز است. در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد غلظت پرولین تجمع یافته در برگ‌ها برای تأمین تنظیم اسمزی کینوا کافی نیست. پتاسیم به‌عنوان یک اسمولیت غیرآلی در سلول‌های گیاه مورد نیاز است و جذب و تجمع آن ممکن است هزینه کمتری نسبت به سنتز ترکیبات آلی داشته باشد (وراپلاکورن و همکاران، ۲۰۱۳). در مورد کینوا یون‌های معدنی به نظر می‌رسد مسئول تنظیم اسمزی هستند بنابراین نقش پرولین به عنوان پروتئین محافظت کننده در کاهش سمیت سدیم تحقیقات بیشتر نیاز دارد.

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری یک در میان با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین آن در تیمار آبیاری زهاب بدون مصرف کود نیتروژنه حاصل شد (شکل ۱). نتایج نشان داد با افزایش شوری و نیتروژن تا مقدار مشخصی (آبیاری یک در میان و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در خاک) عملکرد کینوا افزایش یافت. و در سطح پایین شوری با افزایش نیتروژن، عملکرد کینوا بیشتر از سطح بالای شوری بود و در سطح بالای شوری افزودن نیتروژن تأثیر کمتری بر عملکرد داشت. نتایج تحقیق نشان داد (ارایه نشده است) با افزایش شوری و نیتروژن تا میزان مشخصی (آبیاری یک در میان و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در خاک) اکثر خصوصیات رشدی گیاه مثل (ارتفاع، قطر ساقه، شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل و محتوی آب نسبی برگ) در حد بهینه افزایش یافته است که منجر به افزایش عملکرد دانه کینوا شد. کریمی (۲۰۲۰) در بررسی اثرات متقابل شوری آب آبیاری و کود نیتروژنه اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم مشاهده کرد تأثیر مثبت کود اوره بر عملکرد گندم با افزایش شوری آب آبیاری کاهش یافت و کاهش نیاز گیاه به عناصر غذایی به دلیل تأثیر منفی تنش شوری بر پتانسیل تولید است. در برخی گیاهان، نیتروژن اضافی و بیش از ظرفیت گیاه به‌عنوان یک عامل منفی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد و این امر می‌تواند در اثر کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها به‌علت افزایش انتقال مجدد زودتر از موعد نیتروژن از برگ‌ها به دانه، احیای کمتر به‌دلیل وارد شدن نیتروژن بیشتر در چرخه احیای نیترات، افزایش رشد رویشی، بهم خوردن تعادل جذب عناصر غذایی، ایجاد مسمومیت در گیاه و در نتیجه تشکیل یون آمونیوم و کوتاه بودن دوره رشد رویشی نسبت به زایشی در این ارقام باشد (زنگانی و همکاران، ۲۰۰۷). القوصیبی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند کینوا در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه نسبت به شاهد ۱۶ درصد رشد داشته است ولی در شوری بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه در گیاه کاهش داشت. رابطه مثبت معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ (۰/۹۷)، شاخص کلروفیل(۰/۶۳) و محتوی آب نسبی برگ (۰/۴۹) وجود داشت و بیشترین همبستگی آن با شاخص سطح برگ بود.۰

(سطوح نیتروژن: N_{1-4} ۰ (شاهد)، ۷۵ ، ۱۵۰ ، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و سطوح آب آبیاری S_{1-3} شامل شاهد (S_1 آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و S_2 آبیاری یک در میان (کارون – زهاب نیشکر) وS_3 آبیاری با زهاب نیشکر (شوری ۷/۵ دسی-زیمنس بر متر))



شکل ۱- تأثیر برهم‌کنش سطوح نیتروژن و شوری بر عملکرد دانه کینوا

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که جهت افزایش عملکرد دانه کینوا در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک استان خوزستان مصرف کود نیتروژنی ضرورت دارد. بیشترین عملکرد دانه در سطوح اول، دوم و سوم شوری آب آبیاری با مصرف ۱۵۰

کیلوگرم کود اوره در هکتار تولید گردید. همچنین نتایج این پژوهش ثابت کرد که با افزایش شوری آب آبیاری نیاز کینوا به کود نیتروژنی افزایش نمی‌یابد. در شوری تیمار زهاب، نیتروژن نتوانسته همانند شوری تیمار یک‌درمیان در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مؤثر باشد، چرا که در شوری‌های بیشتر، افزایش مصرف کود نیتروژن خود عاملی جهت افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای گیاه است. پیشنهاد می‌شود این آزمایش بر روی ارقام دیگر کینوا نیز صورت گیرد تا در مورد نتایج حاصله بتوان با اطمینان بیشتری جمع بندی نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز و شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان به واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

منابع

Abdelgawad, G., Arslan, A., Gaihbe, A., and Kadouri, F. 2005. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria (1999–2002). Agricultural Water Management. 78: 39-53.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods Enzymol, 105: 121-126. (In Persian).

Adolf, V. I., S. Shabala, M. N. Andersen, F. Razzaghi, and S. EJacobsen, 2012: Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. Plant Soil 357, 117–129.

Algosaibi, A. M., El-Garawany, M. M., Badran, A. E. and Almadini, A. M. 2015. Effect of irrigation water salinity on the growth of Quinoa plant seedlings. Journal of Agricultural Science, 7(8), 205.

Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L. and Mariotti, M. (2006). Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. European Journal of Agronomy, 25(4), 309-318.

Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers.Biotech. Adv. 27: 84-93.

Ashraf, M. & Harris P. J. C. 2004. Potential biochemical indicators on salinity tolerance in plants. Plant science,166:3-16.

Basra, S.M.A., Iqbal, S. & Afzal, I. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes, International Journal of Agriculture and Biology, 16(5).

Flowers, T.J. and Colmer, T.D. 2008. Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist 179: 945-963.

Hasanuzzaman M., Nahar K., Fujita M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad P, Azooz MM, PrasadMNV (eds) Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer, New York. pp 25–87.

Iqbal, S.; Basra, S.M.A.; Afzal, I.;Wahid, A. 2017. Exploring potential of well adapted quinoa lines for salt tolerance. International Journal of Agriculture and Biology. 19, 933–940. [CrossRef]

Jacoby, B. (1999). Mechanism involved in salt tolerance of plants In: Pessarakli M, Ed, Handbook of Plant and Crop Stress (2nd Ed.) Marcel Dekker, New York. pp. 97-123.

Jamali, Saber, Hossein Sharifan, Aboutaleb Hezar Jaribi and Niaz Ali Sepahvand. 2016. Investigation of the effect of different salinity levels on germination and growth indices of two cultivars of Chenopodium quinoa Willd. Protection of water and soil resources, 6 (1), pp. 87-97.

Jianga, J., Huo, Z., Feng, Sh., and Zhang, CH. 2012. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. Field Crops Research.

Joseph, E. A., Radhakrishnam V. V. and Mohanan, K. V. 2015. A Study on the accumulation of proline-an osmoprotectant amino acid under salt stress in some native rice cultivars of North Kerala, India. Universal Journal of Agricultural Research, 3 (1): 15-22.

Karimi, M. 2020. Interactive effects of irrigation water salinity and urea fertilizer on wheat (Triticumaestivum L.) yield and yield components. Environmental stresses in Crop sciences. Vol. 13, No. 3, p. 937-951.
Khuzestan Water and Power Authoriy Company(Kwpa). 2011. Khuzestan province drainage management studies report.
Logan, B.A., Demmig-Adams, B., Rosenstiel, T.N., and Adams, W.W. 1999. Effect of nitrogen limitation on foliar antioxidants in relationship to other metabolic characteristics. Planta. 299: 213–220.
Majd, F. & Ardakani, M.R. 2003. Nuclear techniques in agricultural sciences. Tehran University Press. (In Farsi)
Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd Academic Press. Ltd. London. 862 pages.
Martínez, D.E., Luquez, V.M., Bartoli, C.G., & Guiamet, J.J. 2003. Persistence of photosynthetic components and photochemical efficiency in ears of water-stressed wheat (Triticum aestivum).
Pavlik, M., Pavlikova, D., Balik, J. and Neuberg, M. 2010. The contents of amino acids and sterols in maize plants growing under different nitrogen conditions. Plant Soil and Environment 56: 125-132.
Razzaghi, F. 2011. Acclimatization and agronomic performance of quinoa exposed to salinity, drought and soil-related abiotic stresses. AARHUS University, Foulum, Danmark.
Ruffino AMC, Rosa M, Hilal M, Gonzalez JA, Prado FE . 2010. The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (Chenopodium quinoa) seedlings growing under salinity. Plant and Soil 326, 213–224.doi:10.1007/s11104-009-9999-8
Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relationto axidative stress. Antioxidant active and osmolyte consentration. Plant Science. 163, 1037-1046. 1161-1173.
Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Al-Waibi, M. H. and Bahkali, A. H. 2010. Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotype grown under salt stress. Agricultural Science in China. 9: 671-680.
Veraplakorn, V., Nanakorn, M., Kaveeta, L, Suwanwong, S. and Bennett, I. J. 2013. Variation in ion accumulation as a measure of salt tolerance in seedling and callus of Stylosanthes guianensis. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 25 (2): 106-115.
Waqas, M., Yaning, C., Iqbal, H., Shareef, M., Rehman, H., & Yang, Y. 2017. Paclobutrazol improves salt tolerance in quinoa: Beyond the stomatal and biochemical interventions. Journal of Agronomy and Crop Science, 203, 315–322. https://doi.org/10.1111/jac.12217
Wilson, C., Read, J. J. and Abo-Kassem, E. 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety. Journal of Plant Nutrition, 25(12), 2689-2704.
Yan, S., Z. Tang, W. Su and W. Sun. 2005. Proteomic analysis of salt stress-responsive proteins in rice root.Proteomics 5: 235-244.
Zangani, A., Kashani, A., Fathi, G. H. and Meskarbashi, M. 2007. Effect of different nitrogen levels on yield andyield components of two cultivars of rapeseed quantity and quality in Ahwaz. Journal of Agriculture Sciences. 25(1): 39-45. (In Farsi).

The effect of different salinity and nitrogen levels on biochemical factors of quinoa

Payvand Papan[1], Abdoilamir Moezzi[2], Mostafa Chorom[3], Afrasyab Rahnama[4]

1. Ph.D Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Expert of KWPA.
2. Assistant Professor of Soil Science, Faculty of Soil Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahwaz. Iran.
3. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Soil Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahwaz. Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz. Ahwaz. Iran

Corresponding Author Email: payvand_p2006@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effects of nitrogen application and irrigation by sugarcane fields on some biochemical properties of quinoa, a field experiment was conducted in the year 2018 in the form of split plots in a randomized complete block design with three replications. In this experiment, four levels of urea fertilizer (0, 75, 150, 225 kg / ha) as the main factor and three levels of irrigation water including control (Karun water with salinity of 2.5 dS / m) and one-in-one irrigation (Karun - Sugarcane drainage) and sugarcane drainage irrigation (with salinity of 7.5 dS / m) were considered as sub-factors. The results showed that the interaction effect of the treatments on the mean concentration of soluble protein, catalase activity, superoxide dismutase activity and quinoa leaf proline activity and grain yield was statistically significant. The highest amount of proline was related to the treatment of 225 kg urea fertilizer per hectare with drainage irrigation (0.95 mg / g fresh plant weight). Increasing nitrogen fertilizer reduced the harmful effects of salinity stress on grain yield by increasing the activity of antioxidant enzymes and proline, and the advantage of better performance of quinoa plants under salinity treatment in terms of various aspects of growth and metabolism. Application of 150 kg N / ha with one-on-one irrigation improved grain yield (79%).

Keywords: Proline, Superoxide dismutase, Catalase, Chlorophyll.

بررسی تأثیر کاربرد کود اوره و زهاب مزرعه نیشکر بر غلظت عناصر غذایی در بذر گیاه کینوا

پیوند پاپن[۱]، عبدلامیر معزی[۲]، مصطفی چرم[۳]، افراسیاب راهنما[۴]

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک دانشگاه شهید چمران اهوازوکارشناس سازمان آب و برق خوزستان

payvand_p2006@yahoo.com

۲- دانشیارگروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز،

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز،

۴- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد نیتروژن و آبیاری با زهاب مزارع نیشکر بر برخی خصوصیات کیفی دانه کینوا آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۷ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش چهار سطح کود اوره (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح آب آبیاری شامل شاهد (آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری یک در میان (کارون – زهاب نیشکر) و آبیاری با زهاب نیشکر (با شوری ۷/۵ دسی-زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد اثر متقابل کاربرد تیمارها بر میانگین غلظت نیتروژن، پتاسیم، سدیم دانه کینوا از لحاظ آماری معنی‌دار بود. بیشترین میانگین نیتروژن دانه کینوا (۲/۹۴ درصد) در تیمار ترکیبی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با آبیاری یک در میان حاصل شد که نسبت به شاهد۶۰ درصد افزایش داشت. در تیمار آبیاری یکدرمیان و زهاب افزایش کود اوره باعث کاهش غلظت سدیم دانه کینوا شد. همچنین کود اوره توانست جذب پتاسیم را که در شرایط شور به دلیل سمیت سدیم کاهش می‌یابد، بهبود بخشد. نتایج نشان داد که نیتروژن کافی می‌تواند یک راهکار فیزیولوژیکی مناسب افزایش تحمل اثرات زیان‌بار شوری در کینوا باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، زهاب نیشکر، سدیم، کینوا، نیتروژن.

مقدمه

شوری یکی از گسترده‌ترین تهدیدهای جهانی زیست محیطی برای تولید محصولات کشاورزی، به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، آینده تولید محصولات کشاورزی به طور فزاینده‌ای به توانایی ما برای رشد گیاهان در زمین‌های شور و حاشیه ای با استفاده از آب شور بستگی دارد. روش اول جهت تولید محصولات کشاورزی پایدار در زمین‌های شور،دست کاری ژنتیکی گیاهان و روش دوم کشت گیاهان شورپسند است (ایزا و همکاران،۲۰۱۲)پاسخ گیاهان به شوری بسته به نوع و سطح نمک، ژنوتیپ و مرحله رشد گیاه متفاوت است(کویرو و همکاران، ۲۰۰۷). شوری خاک یا آب، علاوه بر اختلال و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه ها، گیاهان را نیز از نظر تغذیه ای و فرآیندهای متابولیکی دچار مشکل می کند(لویت،۱۹۸۰). شوری به دلیل رقابت یون های سدیم و کلر باپتاسیم، کلسیم و نیترات باعث عدم تعادل عناصرغذایی می شود(گراتان و گریو، ۱۹۹۹).

از مهمترین عناصر غذائی که جذب آن در شرایط شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نیتروژن است. در واقع شوری ضمن کاهش نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه (ناشی از افزایش غلظت آبسیزیک اسید در بافت‌های گیاهی)، فعالیت آنزیم نیتروژناز را نیز کاهش داده و مستقیماً جذب نیتروژن را محدود می‌کند(پارسا و همکاران،۲۰۰۹). یک گونه امید بخش هالوفیت که قابلیت بالایی جهت تبدیل به یک محصول زراعی دارد، کینوا می‌باشد. دانه‌ی کینوا یک منبع غنی از پروتئین، فیبر، آهن، آمینو اسیدهای

ضروری می‌باشد (بهاراگاوا و همکاران، ۲۰۰۶). کینوا به نیتروژن خاک بسیار حساس است و کود نیتروژنه برای رشد محصول در طول دوره رشد رویشی کینوا مهم است. کینوا دارای یک سیستم بسیار کارآمد برای تنظیم فشار اسمزی، برای تنش افزایش ناگهانی NaCl است (حیدری و همکاران،۲۰۰۷). بنابراین می‌تواند محصولی مناسب برای افزایش بهره‌وری آب‌های شور کشور باشد. در استان خوزستان تولید زه‌آب از فعالیت‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، یکی از مشکلات جدی است. در این استان در مجموع نزدیک چهار میلیارد مترمکعب زه‌آب در سال تولید می‌گردد. واحدهای توسعه نیشکر و مزارع پرورش ماهی از تولیدکنندگان اصلی زه‌آب هستند (گزارش KWPA، ۲۰۱۱).کشت کینوا به‌ویژه با استفاده از زهاب در مناطق جنوبی ایران به عنوان یک گیاه زراعی مقاوم به شوری موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. تجزیه و تحلیل بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی دانه گیاه کینوا در اثر مصرف آب‌های نامتعارف و کاربرد کود اوره می-تواند در جهت ارایه راهکارهای مناسب مدیریت کودی و آبیاری صحیح نقش مهمی را ایفاء نماید. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کود اوره در شرایط آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر بر برخی خصوصیات کیفی دانه کینوا صورت گرفته است.

مواد و روشها

این تحقیق در شرایط مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۷ در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان خرمشهر انجام گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و کیفیت آب آبیاری در جدول ۲ نشان داده شده است. آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کود اوره در چهار سطح (۰، ۷۵ ، ۱۵۰ ، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح آب آبیاری شامل شاهد (آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری یک در میان (کارون – زهاب نیشکر) و آبیاری با زهاب نیشکر (شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. تیمار کودی نیتروژن در سه نوبت به صورت پایه و دو نوبت سرک در ابتدای مراحل ۴ تا ۶ برگی و شروع گل‌دهی بر اساس تیمارهای آزمایش اعمال گردید. کاشت بذر (رقم گیزاوان تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر- کرج) در ۱۵ آبان ماه به صورت جوی و پشته‌ای (بر روی خط داغاب) و با دست انجام شد. دو آبیاری اول با آب کارون به فاصله ۵ روزه در جهت مقابله با سله خاک و جوانه‌زنی بهتر بذرها انجام گردید. هفت روز پس از کشت، جوانه‌زنی یکنواخت در تمامی تیمارها و تکرارها مشاهده شد. سپس تیمارهای مختلف آبیاری اعمال شد. برداشت نهایی کینوا در اواخر اسفند ماه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک cm	بافت خاک	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	نیتروژن کل (٪)	Na^{+} ($meq\ L^{-1}$)	K^{+} ($meq\ L^{-1}$)	Cl^{-} ($meq\ L^{-1}$)	فسفر قابل جذب (mg/Kg)	Ca2++Mg2+ (meq L-1)	SAR
۰-۲۵	لومی رسی	۵/۰۵	۷/۹۸	۰/۰۳۸	۲۸/۹۳	۰/۴۵	۲۶/۲۵	۱۷/۴۵	۳۲/۰۳	۷/۲۳
۲۵-۵۰	رس	۲/۵۵	۸/۰	۰/۰۲۴	۱۳/۲۵	۰/۱۶	۱۶/۲۵	۱۷/۱۵	۱۰/۴۵	۵/۸۱
۵۰-۷۵	لوم رسی سیلتی	۲	۸/۰۱	۰/۰۲۲	۱۱/۵۷	۰/۱۴	۱۲/۵	۱۶/۸۱	۹/۵	۵/۳۳

جدول ۲ – متوسط کیفیت آب آبیاری مورداستفاده

نوع آب آبیاری	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	TDS ($meq\ L^{-1}$)	SAR	کلر ($meq\ L^{-1}$)	کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	سدیم ($meq\ L^{-1}$)
آب کارون	۲/۷۲	۸/۵۰	۱۷۹۲/۸۹	۸/۹۶	۱۸/۸۳	۴/۳۹	۴/۱۰	۱۸/۳۴
آب زهاب	۷/۷۵	۷/۸۸	۵۲۲۵/۶۲	۱۰/۲۰	۴۲/۳۷	۱۶/۷۰	۱۷/۳۵	۴۲/۶۰

اندازه‌گیری غلظت نیتروژن به روش کجلدال ، سدیم و پتاسیم به روش هضم خشک و فلیم فتومتر، یون‌های کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری از طریق تیترکردن با EDTA، یون کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره، اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نیتروژن دانه

اثر سطوح مختلف کود اوره و زهاب نیشکر و برهم‌کنش آن‌ها بر مقدار نیتروژن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین و کمترین میانگین نیتروژن دانه به‌ترتیب از سطح ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار با آبیاری یک در میان و سطح شاهد کود اوره برای کلیه تیمارهای آبیاری حاصل شد(جدول ۴). در خصوص کاهش میزان نیتروژن دانه در سطوح بسیار بالای مصرف کود می‌توان گفت کینوا یک گیاه مقاوم به تنش‌های زیستی و کم نیاز به عناصر است. لذا احتمالاًسطوح بالای عناصرغذایی می‌تواند اثر عکس بر جذب آن عنصر داشته باشد. از آنجا که در این تحقیق برای حفظ شوری در حد معین، مقدار آب آبشویی نسبتاً زیاد بود احتمالاً شستشوی بخشی از نیترات از خاک از این راه تحقق یافته است از سوی دیگر بیشتر ترکیبات ازتی که به خاک داده می‌شوند به دلیل تحرک شیمیایی اندک، به مقدار کم قابل دسترس هستند و شرط لازم برا جذب چنین ترکیباتی توسط گیاه، اعمال فرایند میکروبی معدنی شدن در خاک و تبدیل آنها به اشکال قابل جذب می‌باشد. شوری خاک فرایند معدنی شدن را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (ملکوتی و همایی، ۲۰۰۴). محمود و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند در اثر افزایش شوری آب آبیاری، مقدار نیتروژن دانه کینوا کاهش یافت. در تیمار آبیاری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار کاهش نیتروژن دانه نسبت به تیمار آبیاری شاهد در تیمارهای نیتروژن صفر، ۱۴/۲۸ و ۲۸/۵۶ گرم در هر متر مربع به‌ترتیب ۱۷، ۵/۲ و ۸ درصد بود و در تیمار آبیاری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار کاهش ۲۶/۴، ۱۰/۴ و ۱۷/۷ درصد بود و آن‌ها نتیجه گرفتند کود نیتروژن اهمیت زیادی در حفظ و بقاء کینوا و مقدار پروتئین دانه در شرایط تنش شوری دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و شوری بر غلظت عناصر دانه کینوا

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	سدیم	پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۲۵	۲۸/۰۸	۸۶۲۴
شوری(S)	۲	۱/۲۱**	۰/۲۲**	۰/۰۰۸۳**	۶/۸۸**	۱۴۹۰/۲۹**	۲۰۹۵۸۷**
خطای اول	۴	۰/۱۶	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۰۴۵	۰/۰۱۳	۲۶/۹۸	۳۶۱۰/۰۱
نیتروژن (N)	۳	۲/۹۲ **	۰/۳۱۴**	۰/۰۰۰۰۳۵**	۰/۰۶**	۵۹/۷۹**	۶۲۰۰۶۶۳**
S× N	۶	۰/۲ *	۰/۰۰۶۳ns	۰/۰۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۹**	۸/۵۸**	۲۲۷۲۷**

خطای دوم	۱۷	۰/۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۰۱	۰/۸۳	۱۹۸/۵۶	۱۱۲۸۷۷۶
CV(٪)		۱۲/۶۳	۵/۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱	۱/۰۸	۵/۷۶

**، * ، ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱و۵ درصد، غیر معنی‌دار

جدول ۴- تأثیر برهم‌کنش سطوح نیتروژن و شوری بر غلظت عناصر دانه کینوا

شوری	سطوح اوره ($kg\ ha^{-1}$)	نیتروژن(٪)	سدیم(٪)	پتاسیم(٪)	نسبت پتاسیم به سدیم
کارون	۰	۱/۱۳f	۰/۰۳۵d	f ۲/۱۹	۶۲/۲۰ab
	۷۵	۱/۸۴d	۰/۰۳۵d	ef ۲/۲۱	۶۲/۸۴a
	۱۵۰	۲/۶۹ab	۰/۰۳۵d	ef ۲/۲۸	۶۴/۰۵a
	۲۲۵	۲/۴۴bc	۰/۰۳۵d	e۲/۳۲	۶۵/۳۰a
کارون-زهاب	۰	۱/۲۶ef	۰/۰۵۴c	۳/۰۴ d	۵۶/۴۵c
	۷۵	۲/۴۳bc	۰/۰۵۴c	۳/۱۴ d	۵۸/۱۹bc
	۱۵۰	۲/۹۴a	۰/۰۵۱c	۳/۳۰ c	۶۳/۹۹a
	۲۲۵	۲/۶۰ab	۰/۰۵۱c	۳/۳۲ c	۶۵/۲۵a
زهاب	۰	۱/۳۱ef	۰/۰۸۹a	۳/۷۱b	۴۱/۶۶e
	۷۵	۱/۵۹def	۰/۰۸۹a	۳/۷۰b	۴۱/۳۶e
	۱۵۰	۲/۰۶cd	۰/۰۸۶ab	۳/۷۲ b	۴۳/۰۸de
	۲۲۵	۲/۵۹b	۳/۸۲b	۱۰/۲۲a	۲/۶۴d

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم دانه

اثر سطوح مختلف کود اوره و زهاب نیشکر و اثر متقابل آنها بر میزان پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی گیاه گردید و در نتیجه باعث بهبود غلظت پتاسیم در دانه گردید. افزایش جذب پتاسیم رابطه مستقیمی با افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه دارد که خود وابسته به جذب نیتروژن در گیاه است و همچنین این افزایش می‌تواند ناشی از تبادل کاتیونی میان آمونیوم حاصل از هیدولیز اوره و پتاسیم باشد (هاولین و همکاران، ۱۹۹۹). با افزایش مصرف کود نیتروژن در هر دو روش کاربرد (خاک و برگ) غلظت فسفر و پتاسیم همانند میزان نیتروژن در دانه کینوا افزایش یافت(ابو عامر و کامل،۲۰۱۱). نتایج آنالیز آب نشان داد (جدول۲) که غلظت پتاسیم زهاب مزارع نیشکر بیشتر از آب کارون بود. تجمع کاتیون پتاسیم تحت شوری در برگ‌های کینوا این فرضیه را که پتاسیم در تنظیم اسمزی گیاه در شرایط بسیار شور نقش مهمی دارد تأیید می‌کند توانایی متمایز کینوا برای تنظیم توزیع یون‌های معدنی پتاسیم و سدیم در بافت‌های جنین اجازه می‌دهد تا بذرها در شرایط نمکی زیاد جوانه بزنند (ناوارو و همکاران، ۲۰۰۱).

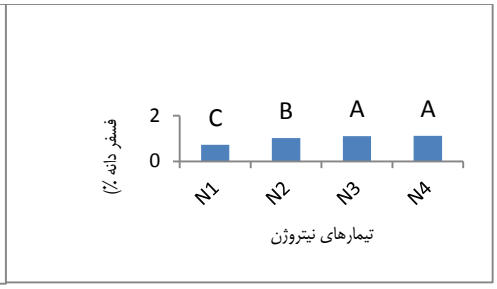
غلظت سدیم در تیمار شوری با کاربرد نیتروژن در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن کاهش یافت(جدول۴).این کاهش احتمالاً مربوط به اثر رقابتی بین کلراید با نیترات و سدیم با آمونیوم در جذب باشد. سدیم یکی از عناصری است که در اثر شوری غلظت آن هم در خاک و هم در گیاه افزایش می‌یابد. آدولف و همکاران (۲۰۱۲) مکانیسم‌های کلیدی تحمل نمک کینوا را جدا کردن و خروج یون سدیم از واکوئل برگ‌ها، بارگذاری یون سدیم در آوندهای چوبی، افزایش تحمل رادیکال‌های آزاد اکسیژن، نگهداری بهتر یون پتاسیم و کنترل کارا بر روزنه‌های برگ گزارش کردند. بررسی غلظت عناصر غذایی در شرایط تنش شوری و خشکی در

برگ، ساقه و دانه و پوسته دانه کینوا نشان داد پوشش بذر امکان عبور سدیم به داخل بذر و احتمالاً ایجاد سمیت سدیم و کلر را محدود می‌کند، زیرا غلظت بالای سدیم و کلرید در پوشش بذر کینوا مشاهده شد (الی و همکاران،۲۰۱۸).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود اوره و زهاب نیشکر درخصوص نسبت پتاسیم به سدیم (جدول ۴) نشان داد که سطح کودی ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار همراه با آبیاری کارون و یکدرمیان بیشترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم را داشت و کمترین در تمام سطوح کودی آبیاری زهاب مشاهده شد. ترجیح یون پتاسیم در شرایط غلظت بالای سدیم که به دلیل ساختار فیزیولوژیکی کینوا است (آدولف و همکاران،۲۰۱۲) باعث تحمل نسبت به شوری می‌شود. نتایج تحقیق نشان داد تنش شوری سبب افزایش غلظت سدیم و پتاسیم در دانه (جدول ۵) و در نهایت کاهش نسبت پتاسیم به سدیم دانه کینوا شد. به هم خوردن نسبت-های یونی در گیاه تحت شرایط شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم است. علت کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط شوری به دلیل این است که مسیر جذب سدیم و پتاسیم در گیاه یکسان است (الی و همکاران،۲۰۱۸).کویرو و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی اثر شوری‌های مختلف بر غلظت عناصر غذایی دانه کینوا مشاهده کردند با افزایش شوری میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم و منیزیم دانه افزایش یافته است و نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافته است واگرچه افزایش سدیم بسیار زیاد بود، اما نسبت پتاسیم به سدیم به کمتر از یک نمی‌رسد.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح کود اوره و زهاب نیشکر از نظر غلظت فسفر دانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت ولی برهم‌کنش آنها معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش کود اوره غلظت فسفر دانه کینوا افزایش یافت (شکل۱).حل پذیری فسفات در خاک و یا کشت بدون خاک بر اثر تراوش‌های خالص پروتون به وسیله ریشه گیاه وقتی‌که با نیتروژن آمونیومی تغذیه می‌شود، زیاد می‌شود (مارشنر،۱۹۹۵). افزایش نیتروژن خاک جذب فسفر توسط گیاه را از طریق افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه، همچنین تغییر متابولیسم گیاه و افزایش قابلیت استفاده و حلالیت فسفر افزایش می‌دهد از سوی دیگراحتمالاً با افزایش جذب نیتروژن، گیاه کینوا جهت حفظ نسبت نیتروژن به فسفر، جذب فسفر افزایش یافته است (ملکوتی و همایی،۲۰۰۴). در بین سطوح شوری بیشترین فسفر دانه مربوط به تیمار آبیاری کارون (۱/۰۸ درصد) و کمترین مربوط به تیمار آبیاری زهاب بود(شکل ۲). غلظت فسفر در گیاه با افزایش شوری آب آبیاری کاهش یافت. در واقع، کم شدن فسفر محلول خاک به دلیل ایجاد کانی‌های کلسیم-فسفرمی‌تواند از جمله دلایل کاهش جذب فسفر توسط گیاهان در شرایط شور باشد (گراتان و گریو، ۱۹۹۹). تجمع بیشتر عناصر مورد نیاز ضروری پتاسیم، فسفر در شرایط شوری زیاد ممکن است یکی از سازوکارهای تحمل شوری کینوا باشد و همچنین بذرهای کینوا که از کشت در شرایط شور حاصل می‌شوند ارزش اقتصادی بالاتری برای انسان فراهم می‌آورد (کویرو و ایسا،۲۰۰۸).



شکل۱- تأثیر سطوح کود نیتروژن بر درصد فسفر دانه کینوا



شکل ۲- تأثیر سطوح آبیاری بر درصد فسفر دانه کینوا

نتیجه‌گیری

براساس نتایج آزمایش میزان عناصر غذایی بذر کینوا تحت تاثیر میزان کاربرد نیتروژن وتیمار آبیاری قرار گرفت. بیشترین میانگین نیتروژن دانه کینوا از سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با آبیاری یک در میان حاصل شد. در سطوح متوسط شوری (آبیاری یک درمیان) نسبت به سطوح بالای شوری (آبیاری زهاب) کود اوره تأثیر بیشتری در کاهش میزان سدیم دانه کینوا داشت. در کینوا ترجیح یون پتاسیم در شرایط غلظت بالای سدیم باعث افزایش مقاومت نسبت به شوری می‌شود. کینوا به‌دلیل تنوع ژنتیکی بالا و تطابق پذیری به اقلیم‌های مختلف، ارزش غذایی بالا و کارایی بالای استفاده از منابع، می‌تواند گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب و خاک نامتعارف استان خوزستان باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز و شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان به واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

منابع

Abou-Amer, A. I., and Kamel, A. S. 2011. Growth, yield and nitrogen utilization efficiency of quinoa (Chenopodium quinoa) under different rates and methods of nitrogen fertilization. Agronomy Journal Egypt. 33(2), 155-166.

Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F. and Jacobsen, E.S. 2012: Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. Plant Soil. 357, 117–129.

Aly, A. A., Al-Barakah, F. N., and El-Mahrouky, M. A. 2018. Salinity stress promote drought tolerance of Chenopodium quinoa Willd. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(11), 1331-1343.

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa—an Indian perspective. Industrial crops and products, 23(1), 73-87.

Eisa. S, Hussin. S, Geissler. N, Koyro. H.W (2012), Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as a potential cash crop halophyte, Australian journal of crop science, AJCS 6(2):357-368.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson,W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6th ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Heidari, M., H., Nadeyan, A. Bakhshandeh, Kh. Alemisaeid and G. Fathi. (2007). Effects of salinity and nitrogen rates on osmotic adjustment and accumulation of mineral nutrients in wheat. Journal of crop production and processing. (40):193-211. (In Farsi).

Khuzestan Water and Power Authoriy Company(Kwpa). 2011. Khuzestan province drainage management studies report.

Koyro, Hans-Werner and Eisa,Sayed Said (2007), Effect of salinity on composition,viability and germination of seeds of Chenopodium quinoa Willd, Plant Soil (2008) 302:79–90.

Grattan, S. R., and Grieve, C. M. (1999). Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. Handbook of plant and crop stress, 2, 203-229.

Levitt, J. (1972). Response of plants to environmental stresses. Water, radiation, Salt and other stresses, 2.
Mahmoud, A. H., and Sallam, S. 2017. Response of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) Plant to Nitrogen Fertilization and Irrigation by Saline Water. Alexandria Science Exchange Journal, 38(2), 326-334.

Malakooti, M. J., and Homaee, M. 2004. Fertility of arid and semi-arid soils. Tarbiat Modares University Press. Tehran.(Translated in persion).

Marschener, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition, Academic Press, London.

Navarro, J. M., Botella, M. A., Cerda, A., and Martineze, V. 2001. Phosphorus uptake and translocation in salt stressed melon plants. Journal of Plant Physiology, 158(3), 375-381.

Parsa, S. kafi, M. Nassiri, M. (2009). Effects of salinity and nitrogen levels on nitrogen content of wheat cultivars (Triticum aestivum L.), Iranian Journal of Crop Research, 7(2), 112-120. (In Farsi).

The effect of urea fertilizer application and sugarcane field drainage on nutrient concentrations in quinoa seeds

Payvand Papan[1], Abdoilamir Moezzi[2], Mostafa Chorom[3], Afrasyab Rahnama[4]

1. Ph.D Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Expert of KWPA.
2. Assistant Professor of Soil Science, Faculty of Soil Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahwaz. Iran.
3. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Soil Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahwaz. Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz. Ahwaz. Iran

Corresponding Author Email: payvand_p2006@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effects of nitrogen application and irrigation with sugarcane fields on some quality characteristics of quinoa seeds, a field experiment was conducted in the form of split plots in a randomized complete block design with three replications. In this experiment, four levels of urea fertilizer (0, 75, 150, 225 kg / ha) as the main factor and three levels of irrigation water including control (Karun water with salinity of 2.5 dS / m) and one-in-one irrigation (Karun - Sugarcane drainage) and irrigation with sugarcane drainage (with salinity of 7.5 dS / m) were considered as sub-factors. The results showed that the interaction effect of the treatments on the mean concentrations of nitrogen, potassium and sodium in quinoa seeds was statistically significant. The highest average of quinoa seed nitrogen (2.94%) was obtained in the combined treatment of 150 kg N / ha with one irrigation, which was 60% higher than the control. In the treatment of intermediate irrigation and drainage, increasing urea fertilizer decreased the sodium concentration of quinoa seeds. Urea fertilizer was also able to improve the absorption of potassium, which is reduced in saline conditions due to sodium toxicity. The results showed that sufficient nitrogen can be a suitable physiological solution to increase tolerance to the harmful effects of salinity in quinoa.

Keywords: Nitrogen, Potassium, Quinoa, Sugarcane drainage, Sodium.

مدیریت تلفیقی تغذیه ذرت در داراب

حسن حقیقت نیا[1*]، فرهاد مشیری [2]

[1] استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، فارس، ایران hasan.haghighatnia@yahoo.com

[2] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات توام کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر گیاه ذرت دانه‌ای، این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در پلات‌های ثابت ۱۰۰ متر مربعی در داراب فارس انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمارهای مختلف کودی بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، طول بلال، ارتفاع بوته و نیز غلظت پتاسیم در کاه و کلش و دانه ذرت در سطح یک درصد و غلظت نیتروژن دانه و کاه و کلش ذرت به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بودند. در همه صفات اندازه‌گیری شده، تیمار شاهد (بدون مصرف کود) کم‌ترین مقدار را در بین تیمارها به خود اختصاص داد و در پایین ترین گروه آماری قرار گرفت. به‌عنوان جمع بندی کلی می‌توان اظهار داشت، در این تحقیق تیمار مصرف ۲۰ تن کود کمپوست (هر دو سال یک‌بار) + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده+ کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده+ کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه جهت حصول عملکرد مناسب و اقتصادی و نیز حرکت در جهت افزایش ماده آلی خاک و کشاورزی پایدار قابل توصیه می باشد.

واژگان کلیدی: ذرت دانه ای، کود آلی، کود بیولوژیک، کود شیمیایی

مقدمه

با توجه به فقر ماده آلی در اغلب خاک‌های ایران، بویژه در مناطق جنوبی کشور و اثرات سوء استفاده مداوم از کودهای شیمیایی بدون توجه به آسیب‌های وارده به محیط زیست، بازنگری در مدیریت تغذیه محصولات کشاورزی از جمله ذرت امری ضروری‌است. استفاده تلفیقی از منابع کودی مختلف می‌تواند جهت نیل به این هدف موثر واقع گردد. در روش مدیریت تلفیقی، با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی منطقه، از ظرفیت بومی خاک و کلیه مواد در دسترس اعم از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در تامین عناصر غذایی استفاده می‌شود (Mahajan & Gupta, 2009 ؛ Vanlauwe *et al*.,2002). ماده آلی خاک از منابع اصلی تامین عناصر غذایی کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌باشد و چرخه عناصر و قابلیت استفاده از آنها تحت تاثیر میکروب‌های خاک می‌باشد (Feichtinger *et al*., 2004). کودهای آلی علاوه بر بهبود ویژگی‌های خاک و حفظ حاصلخیزی خاک سبب تامین بخشی از نیاز غذایی گیاه و به تبع آن کاهش نیاز به کودهای شیمیایی می‌گردد. میرزاشاهی (۱۳۸۶) نشان داد که با مصرف ۱۰ تا ۲۰ تن کود حیوانی می‌توان تا ۲۵ درصد از کودهای شیمیایی حاوی عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در زراعت ذرت کاست. Otinga *et al*. (2013) نشان دادند که عملکرد ذرت در اثر کاربرد تومان کود آلی و کود سوپر فسفات تریپل به گونه‌ای که بتواند ۲۶ کیلوگرم فسفر در هر هکتار به خاک اضافه کند به طور معنی‌داری بیشتر از اثر مصرف همین مقدار سوپر فسفات تریپل به‌تنهایی می‌باشد. بیش‌ترین کارایی زراعی از کاربرد فسفر با جایگزینی ۷۵ درصد از کود سوپر فسفات تریپل با کود آلی به‌دست

* ایمیل نویسنده مسئول: hasanhaghighatnia@yahoo.com

آمد. آنان ملاحظه کردند که اثر کاربرد موضعی کود آلی در تامین فسفر مورد نیاز ذرت و افزایش عملکرد آن بیشتر از پخش کود در تمام سطح خاک است. در صورت کاربرد موضعی کود آلی کارایی زراعی استفاده از آن نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بختاجرد داراب به طول جغرافیایی ۲۸درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۹۰ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار، درمجموع ۳۶ کرت ۵×۲۰ متر مربع درشرایط مزرعه‌ای به اجراء در آمد. لازم به توضیح است که کشت مذکور ششمین کشت از یک پروژه کرت دائم در قالب یک تناوب زراعی با کلزا، گندم و پنبه می‌باشد. تیمارها عبارت بودند از : (T_1) شاهد بدون مصرف کود، (T_2) کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک، (T_3) کاربرد ۲۰ تن کود گاوی + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده +کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده، (T_4) کاربرد ۲۰ تن کمپوست پسماند + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده + کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده، (T_5) کاربرد سالانه ۲۰ تن کود گاوی + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده، (T_6) کاربرد سالانه ۲۰ تن کمپوست پسماند + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده، (T_7) کاربرد ۱۰ تن کود گاوی، (T_8) کاربرد ۱۰ تن کمپوست پسماند، (T_9) کاربرد کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه، (T_{10}) تیمار ۴ + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه، (T_{11}) تیمار ۵ + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه، (T_{12}) تیمار ۲ + کاربرد ۲۰ تن کود گاوی + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه.

شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق عبارت بودند از: عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، ارتفاع بوته، تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، طول بلال، وزن ۳۰۰ دانه و نیز غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاه و کلش و دانه ذرت. کلیه‌ی محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد، و درنهایت جهت رسم جداول و شکل‌ها هم از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای آهک زیاد با کربن آلی کم (کمتر از ۱درصد)، شوری پایین، اسیدیته قلیایی، فسفر و پتاسیم متوسط و عناصر کم مصرف نسبتاً پایین بود.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی‌خاک مزرعه مورد آزمایش

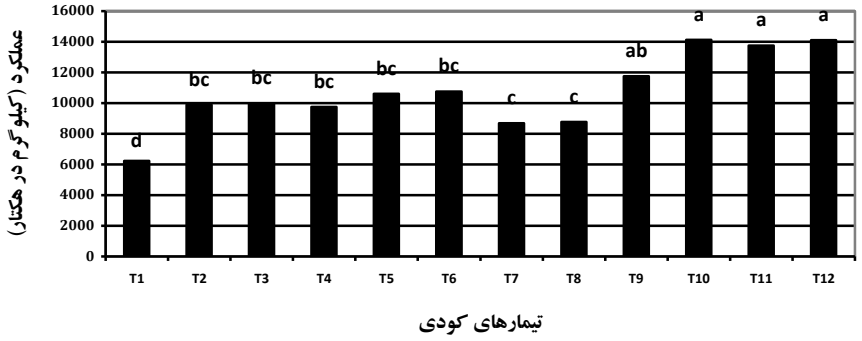
عمق خاک (سانتی‌متر)	Ec (دسی زیمنس بر متر)	pH	T.N.V. (درصد)	O.C (درصد)	P (میلی گرم در کیلوگرم)	K (میلی گرم در کیلوگرم)	Mn (میلی گرم در کیلوگرم)	Fe (میلی گرم در کیلوگرم)	Zn (میلی گرم در کیلوگرم)
۰-۳۰	۰/۷۳	۸/۲	۳۸/۰	۰/۶۷	۱۱/۵	۲۳۱	۸/۵	۵/۱	۰/۶۷

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، طول بلال و ارتفاع گیاه ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد دانه و عملکرد زیست توده تقریباً مشابه بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد به تیمارهای کاربرد ۲۰ تن کمپوست پسماند + کاربرد ۷۵ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده + کاربرد ۵۰ درصد مقدار فسفر و پتاسیم توصیه شده + کود زیستی محرک رشد گیاه (T_{10}) اختصاص داشت که با تیمارهای T_9, T_{10} و T_{11} اختلاف آماری معنی‌داری نداشت و در ارتباط با عملکرد زیست توده تیمار T_6 نیز در همین کلاس آماری قرار گرفت. همچنین همه تیمارها با تیمار شاهد (بدون مصرف کود) اختلاف کاملاً معنی‌داری را نشان دادند (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف کودی بر ارتفاع بوته

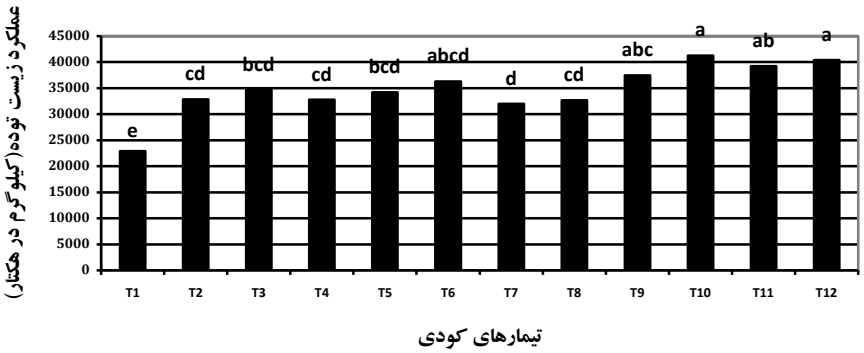
جدول ۲- تجزیه واریانس تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	عملکرد زیست توده	تعداد بلال در واحد سطح	تعداد دانه در بلال	طول بلال	وزن ۳۰۰ دانه	ارتفاع بوته
تکرار	۲	۷۲۱۰۸۳	۱۱۲۴۰۵۶۳	۰/۴۶۶	۵۲۱۵/۹	۵/۵۸	۵۸/۴	۲۲۷/۳
تیمارهای کودی	۱۱	۱۷۳۵۲۳۷۰ **	۷۱۹۴۴۱۷۵ **	۳/۴۲ **	۴۸۶۹/۴ **	۱۳/۶۷ **	۷۲/۸ ns	۴۵۲/۴**
خطا	۲۲	۱۷۱۸۰۲۴	۷۹۲۷۱۳۵	۰/۷۰۳	۱۲۴۸/۳	۳/۵۶	۴۰/۹	۶۲/۱
ضریب تغییرات		۱۲/۲۵	۸/۱۱	۹/۳۷	۷/۹۲	۱۳/۰۹	۷/۷	۳/۶۶

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ns غیر معنی



شکل ۱- تاثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد دانه ذرت



شکل ۲- تاثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد زیست توده ذرت

گیاه ذرت نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۲۲۵ سانتی‌متر) به تیمار T_{12} و کم‌ترین ارتفاع (۱۷۹/۵ سانتی‌متر) به تیمار شاهد اختصاص داشت که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). برترین تیمارها بلحاظ تعداد بلال در واحد سطح تیمارهایی بودند که هر سه نوع کود شیمیایی، آلی و زیستی دریافت کرده بودند (جدول ۴). همه تیارها با شاهد بدون مصرف کود بلحاظ تعداد دانه در بلال اختلاف آماری معنی‌داری نشان دادند و بیشترین مقدار دانه در بلال (۴۹۳/۸) به تیمار T_9 اختصاص داشت (جدول ۴). بیش‌ترین طول بلال مربوط به تیمار T_{12} بود که با تیمارهای T_1 ، T_3 ، T_6 و T_7 اختلاف آماری معنی‌داری داشت

ولی بقیه در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بیش‌ترین وزن ۳۰۰ دانه ذرت مربوط به تیمار T_{10} بود که با تیمارهای شاهد و T_2 اختلاف معنی‌داری نشان داد ولی با سایر تیمارها در یک کلاس آماری قرار گرفت (جدول ۴). نتایج این تحقیق با نتایج برخی دیگر محققین که تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی استفاده نمودند مطابقت دارد. محققین یکی از دلایل این امر را بهبود وضعیت مواد آلی در خاک و به دنبال آن بهتر شدن وضعیت تجزیه میکروبی مواد آلی و قابل دسترس شدن مواد غذایی می دانند (مصطفوی راد و همکاران، ۱۳۹۴). کودهای آلی توانایی تامین تمام و یا بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را دارا می باشند. سهم کودهای آلی در فراهم نمودن عناصر غذایی برای گیاه به نوع سیستم زراعی (تناوب زراعی)، شرایط خاکی، اقلیمی، نوع کود آلی و عملکرد محصول وابسته است. نشان داده شده است که با کاربرد کودهای آلی می توان از مصرف کودهای شیمیایی کاست (سماوات، ۱۳۹۶).

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر غلظت پتاسیم در کاه و کلش و نیتروژن و پتاسیم در دانه ذرت در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت نیتروژن کاه و کلش در سطح پنج درصد معنی بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس تیمارهای کودی بر غلظت عناصر غذایی در کاه کلش و دانه گیاه ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کاه و کلش			دانه		
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تکرار	۲	۰/۱۸۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
تیمارهای کودی	۱۱	۰/۲۱۹ *	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۹ **	۰/۰۶۰ **	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۱ **
خطا	۲۲	۰/۰۸۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۲۱	۱۱/۲۱	۲/۶۹	۷/۵۸	۱۰/۸۳	۳/۴۴

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪ * معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ns غیر معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای کودی بر برخی صفات اندازه گیری شده

تیمارها	ارتفاع (سانتیمتر)	تعداد بلال در واحد سطح	تعداد دانه در بلال	طول بلال (سانتیمتر)	وزن ۳۰۰ دانه (گرم)
T_1	۱۷۹/۵ b	۷/۸۶ c	۳۳۹/۲ c	۱۰/۸۳ b	۷۶/۴ c
T_2	۲۱۵/۱ ab	۸/۷۶ bc	۴۴۶/۱ ab	۱۲/۶۶ ab	۷۸/۰ bc
T_3	۲۱۱/۹ ab	۸/۳۶ bc	۴۵۲/۸ ab	۱۳/۱۶ b	۸۰/۴ abc
T_4	۲۲۲/۰ a	۸/۴۲ bc	۴۶۱/۱ ab	۱۳/۷۸ ab	۷۶/۹ c
T_5	۲۲۳/۱ a	۸/۹۷ bc	۴۴۵/۴ ab	۱۵/۱۶ ab	۸۱/۳ abc
T_6	۲۱۹/۶ ab	۸/۵۶ bc	۴۴۵/۵ ab	۱۳/۴۱ b	۸۵/۰ abc
T_7	۲۱۰/۷ ab	۷/۶۵ c	۴۱۴/۲ b	۱۲/۷۹ b	۸۳/۳ abc
T_8	۲۱۶/۴ ab	۷/۹۱ c	۴۲۸/۸ ab	۱۳/۵۴ ab	۸۴/۴ abc
T_9	۲۱۵/۷ ab	۹/۷۵ ab	۴۹۳/۸ a	۱۷/۳۴ ab	۸۲/۰ abc
T_{10}	۲۲۲/۸ a	۱۰/۸۲ a	۴۷۵/۸ ab	۱۶/۶۲ ab	۹۲/۵ a
T_{11}	۲۲۳/۵ a	۹/۶۱ ab	۴۷۵/۱ ab	۱۵/۹۴ ab	۸۵/۹ abc
T_{12}	۲۲۵/۰ a	۱۰/۷۴ a	۴۷۵/۳ ab	۱۷/۸۰ a	۸۹/۸ ab

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند از اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین غلظت نیتروژن و پتاسیم کاه و کلش به تیمار T_{10} اختصاص داشت که البته با برخی تیمارهای دیگر بدون اختلاف آماری معنی‌دار در یک کلاس آماری قرار گرفتند و کم‌ترین مقدار نیتروژن و پتاسیم کاه و کلش مربوط به تیمار شاهد بود که در آخرین گروه آماری قرار گرفتند. در ارتباط با نیتروژن دانه نیز بالاترین مقدار مربوط به تیمارهای T_{12} و T_{10} بود که با برخی دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی با شاهد اختلاف کاملاً معنی‌داری داشت. برترین تیمار بلحاظ پتاسیم دانه تیمار T_5 بود و ضعیف‌ترین تیمار شاهد بود که در پایین‌ترین کلاس آماری قرار گرفت. تیمارهای مختلف کودی تاثیر معنی‌داری بر فسفر دانه نداشتند ولی اختلافات معنی‌داری را در میزان فسفر کاه و کلش ذرت ایجاد نمودند، به‌طوری که تیمار T_{12} بعنوان برترین تیمار و تیمار شاهد در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای کودی بر برخی صفات اندازه گیری شده

تیمارها	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
	کاه و کلش			دانــه		
T_1	۲/۱۱ $^{d-}$ +	۰/۱۲۷ ^{g}	۱/۷۶ ^{d}	۱/۴۵۷ ^{c}	۰/۲۸۳ ^{a}	۰/۵۱۰ ^{g}
T_2	۲/۵۳ ^{bcd}	۰/۱۳۰ ^{f}	۱/۸۶ ^{bcd}	۱/۶۵۷ ^{bc}	۰/۲۹۷ ^{a}	۰/۵۶۷ ^{c}
T_3	۲/۶۹ ^{abc}	۰/۱۳۰ ^{f}	۱/۸۷ ^{abc}	۱/۹۲۳ ^{a}	۰/۳۰۰ ^{a}	۰/۵۶۷ ^{c}
T_4	۲/۵۹ ^{abcd}	۰/۱۳۰ ^{f}	۱/۸۵ ^{bcd}	۱/۸۱۷ ^{ab}	۰/۲۸۷ ^{a}	۰/۵۶۳ ^{d}
T_5	۲/۵۸ ^{abcd}	۰/۱۳۰ ^{f}	۱/۸۲ ^{cd}	۱/۸۳۳ ^{ab}	۰/۳۱۰ ^{a}	۰/۵۸۰ ^{a}
T_6	۲/۵۹ ^{abcd}	۰/ ۱۳۳ ^{e}	۱/۸۵ ^{bcd}	۱/۸۷۳ ^{ab}	۰/۲۸۷ ^{a}	۰/۵۵۳ ^{f}
T_7	۲/۵۵ ^{bcd}	۰/۱۳۷ ^{d}	۱/۸۷ ^{abc}	۱/۷۵۳ ^{ab}	۰/۳۰۷ ^{a}	۰/۵۵۳ ^{f}
T_8	۲/۳۵ ^{cd}	۰/۱۳۰ ^{f}	۱/۸۸ ^{abc}	۱/۶۶۰ ^{bc}	۰/۳۰۰ ^{a}	۰/۵۵۳ ^{f}
T_9	۲/۶۲ ^{abcd}	۰/۱۴۳ ^{b}	۱/۹۱ ^{abc}	۱/۸۳۰ ^{ab}	۰/۳۱۰ ^{a}	۰/۵۶۰ ^{e}
T_{10}	۳/۱۳ ^{a}	۰/۱۳۳ ^{e}	۱/۹۷ ^{a}	۱/۹۳۰ ^{a}	۰/۳۱۰ ^{a}	۰/۵۶۳ ^{d}
T_{11}	۲/۶۲ ^{abcd}	۰/۱۴۰ ^{c}	۱/۸۹ ^{abc}	۱/۸۳۷ ^{ab}	۰/۳۲۳ ^{a}	۰/۵۵۳ ^{f}
T_{12}	۳/۰۶ ^{ab}	۰/۱۵۰ ^{a}	۱/۹۵ ^{ab}	۱/۹۴۰ ^{a}	۰/۳۰۳ ^{a}	۰/۵۷۳ ^{b}

– در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند از اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند. + واحد همگی بر حسب درصد می باشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده می توان چنین استنباط نمود که اولاً نیاز غذایی ذرت زیاد بوده و نیاز به مصرف کود قطعی است زیرا تیمار شاهد (بدون مصرف کود) در تمام صفات اندازه گیری شده کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. ثانیاً با توجه به اینکه مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه همراه با مصرف کودهای آلی سبب تفاوت معنی‌داری با شرایط بدون مصرف آن شده است، لذا استفاده از کودهای زیستی به همراه کودهای آلی بعلت آزادسازی عناصر غذایی بیشتر می‌تواند بخشی از نیازهای غذایی گیاه را با کاهش بخشی از کودهای شیمیایی مورد نیاز جبران کند. که در این تحقیق مصرف ۲۵٪ نیتروژن و ۵۰٪ فسفر و پتاسیم با مصرف ۲۰ تن کود کمپوست به‌همراه استفاده از کود زیتی محرک رشد گیاه کاهش یافته است. بعلاوه مصرف کودهای آلی اثرات مفیدی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و بخصوص بر افزایش کربن آلی خاک داشته که در این مقاله ارائه نشدند.

فهرست منابع

سماوات، س. (۱۳۹۶). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی "بررسی اثر کاربرد کودهای آلی مختلف بر خـواص شـیمیایی، فیزیکـی و بیولوژیکی خاک تحت کشت تناوب گندم-ذرت". *موسسه تحقیقات خاک و آب* (در دست انتشار).

مصطفوی راد، م.، طهماسبی سروستانی، ز.، مدرس ثانوی، س و قلاوند، ا. (۱۳۹۴). اثر منابع آلی و شیمیایی نیتروژن بر عملکرد دانه برخی ارقام کلزا و ویژگی های خاک. *نشریه دانش آب و خاک*، جلد ۲۵، شماره ۱، ص‌ص ۲۱۷-۲.

میرزاشاهی، کامران. (۱۳۸۶). گزارش نهایی پروژه "تاثیراستفاده توام مواد آلی (کودحیوانی) و کودهای شیمیایی بر عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و مواد آلی خاک". *موسسه تحقیقات خاک و آب*، نشریه شماره ۱۵۴۰.

Feichtinger, F., Erhardt, E., & Hartl, W. (2004). Net N-mineralisation related to soil organic matter pools. *Plant and Soil Environment*, 50: 273-276.

Mahajan, A. & Gupta, R. D. (2009). Integrated nutrient management (INM) in a sustainable rice-wheat cropping system. *Springer*.

Otinga, A. N., Pypers, P., Okalebo, J. R., Njoroge, R., Emongole, M., Six, L., Vanlauwe, B., & Merckx, R. (2013). Partial substitution of phosphorus fertilizer by farmyard manure and its localized application increases agronomic efficiency and profitability of maize production. *Field Crops Research*, 140: 32-43.

Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N. & Merckx, R. (2002). Integrated plant nutrient management in sub-saharan Africa, from concept to practice. *CAB International*, Oxford, UK..

Integrated management nutrition of corn in Darab

Haghighatnia[*1], H., Moshiri[2], F.

[1] Assistant Prof. of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Fars, Iran.

[2] Assistant Prof. of Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.

Abstract

In order to evaluate the effects application of chemical, organic and biological fertilizers on corn, this research was performed as a complete block design with 12 treatments in three replications in field conditions on plots of 100 square meters. The results of analysis of variance showed that the effect of various treatments on grain yield, biologic yield, tassel per unit erea, grain per tassel, tassel length, height of plant and potassium concentration in stubble and grain corn were significant at a 1 percent levels. Also, nitrogen concentration in grain and stubble corn were significant at a 1 and 5 percent levels, respectively. In all the measured traits, control treatment showed the lowest amount of among the treatments and were at the lowest statistical group. As a general conclusion, the treatment of 20 tons of compost fertilizer (twice a year)+ 50% nitrogen recommended+ 75% phosphorous and potassium recommended+ apply of biological fertilizers is recommendable to achieve good and economical yield as well as moving in order to increase the organic material and sustainable agriculture.

Keywords: biological fertilizer, corn, chemical fertilizer, organic fertilizer.

[*] Corresponding author, Email: hasanhaghighatnia@yahoo.com

پاسخ گندم به کاربرد مواد محرک رشد گیاهی در شرایط تنش خشکی

رضا سلیمانی[۱]، فریدون نورقلیپور[۲]، مجید رجایی[۳]، مختار داشادی[۴]، مجتبی یحیی آبادی[۵]، محمدرضا رفیع[۶]، محمد مهدی طهرانی[۲]

۱-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام soleimanir@hotmail.com

۲-موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۳-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

۴-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه

۵-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

۶-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

چکیده

این تحقیق با هدف کاربرد مواد محرک رشد به منظور کاهش تنش خشکی در گندم به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل دو سطح آبیاری بعداز ۷۰ و ۱۴۰ میلیمتر تبخیر و کرت‌های فرعی شامل شش تیمار شاهد، محلول پاشی اسید آمینه، کود آبیاری هیومیک اسید به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار، محلول پاشی فولویک اسید، محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی، مایه‌زنی باکتری ازتو باکتر و ترکیبی از مواد محرک رشد بود. داده های عملکرد و اجزای عملکرد توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نتایج در ایلام نشان داد که هر چند تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، اجزای عملکرد و عملکرد زیستی شد اما کاربرد مواد محرک رشد باعث بهبود نسبی عملکرد گردید. کاربرد ترکیبی از مواد محرک رشد، تیمار برتر بوده و با عملکرد دانه برابر با ۵۸۷۲ کیلوگرم در هکتار، ۱۲/۹ درصد افزایش عملکرد بدست آمد. در شرایط تنش خشکی، کاربرد فولویک اسید و در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد اسید آمینه اثر بیشتری بر بهبود عملکرد دانه گندم داشت و به ترتیب ۵۴۵ و ۴۲۸ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد تولید کرد. در داراب، تیمارهای اسید آمینه، فولویک اسید و عصاره جلبک، در اصفهان، عصاره جلبک دریایی، در بهبهان ترکیبی از مواد محرک رشد و کاربرد تیمار اسید هیومیک و مایه تلقیح ازتوباکتر و در کرمانشاه، بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول پاشی اسید فولویک بدست آمد. با توجه به نتایج این پژوهش در مناطق مختلف کشور، می‌توان اظهار داشت که ترکیبی از مواد محرک رشد نسبت به تیمار شاهد باعث بهبود اجزای عملکرد و عملکرد گندم شد. در بین مواد محرک رشد، بهترین نتیجه با کاربرد اسید آمینه حاصل گردید.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، گندم، محلول‌پاشی، مواد محرک رشد

مقدمه

در بخش‌های عمده‌ای از ایران، تنش خشکی باعث کاهش شاخص‌های رشد و عملکرد گندم می‌شود. فورلان و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که خشکی یک تنش چند بعدی بوده و در سطوح مختلف اثرگذار است. در سطح گیاه، پاسخ به تنش خشکی پیچیدگی خاصی داشته و بازتاب ترکیبی از اثرات تنش ناشی از کمبود آب در دسترس ریشه و پاسخ‌های مربوطه در تمام تیمارهای فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد. در مناطق اجرای تحقیق، عواملی نظیر وزش بادهای گرم، در آخر فصل زراعی به اثرات تنش خشکی ناشی از کمبود آب می‌افزاید. فاروک و السانوسی (۲۰۱۹) اظهار داشتند که تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های

محیطی در گیاهان زراعی بوده که موجب محدود شدن رشد رویشی و زایشی می‌گردد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که تنش خشکی بر تغییرات هورمونی و فیزیولوژیکی اثر گذاشته و همچنین صدمات اکسیداتیو نیز از عوامل مهم محدود کننده رشد و تولیدات گیاهی بوده و ناشی از اثر تنش خشکی می‌باشد (دانگ و همکاران، ۲۰۲۰). این تحقیق با هدف تیمار گندم با مواد محرک رشد در جهت افزایش عملکرد به ویژه در شرایط تنش خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از سال ۱۳۹۶ به مدت دو سال زراعی در ایلام، داراب، اصفهان، بهبهان و کرمانشاه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و کرت‌های اصلی شامل اعمال تیمار آبیاری شامل دو سطح زیر بود: الف- آبیاری بعداز ۷۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت تبخیرکلاس A، ب- آبیاری بعد از ۱۴۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A. کرت فرعی شامل منبع کود مصرفی به شرح زیر بود: ۱- شاهد(بدون کاربرد مواد محرک رشد و کاربرد مواد کودی دیگر بر اساس آزمون خاک)، ۲- محلول پاشی اسید آمینه (۳۶/۸ درصد کمپلکس اسید آمینه‌های آزاد و ۱۶/۷ درصد نیتروژن کل) با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه زنی (مقیاس زادوکس ۲۳ و ۲۴) و ظهور کامل خوشه (مقیاس زادوکس ۵۹)، ۳- کود آبیاری هیومیک اسید (۵۹/۹ درصد هیومیک اسید، ۱/۰۶ نیتروژن کل، ۱/۸۸ درصد فولویک اسید و ۴/۹۰ درصد پتاسیم محلول) به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در مراحل اولیه رشد در دو مرحله همراه با آبیاری، ۴- محلول پاشی فولویک اسید (۲۲/۱ درصد فولویک اسید، ۰/۵۲ نیتروژن کل و ۰/۱۳ درصد پتاسیم محلول) با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه زنی (مقیاس زادوکس ۲۳ و ۲۴) و ظهور کامل خوشه (مقیاس زادوکس ۵۹)، ۵- محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (۱۰ درصد آلجینیک اسید، ۲/۰۴ نیتروژن کل، ۱۹/۹۰ درصد پتاسیم محلول و ۰/۶ درصد فسفر محلول) با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه زنی (مقیاس زادوکس ۲۳ و ۲۴) و ظهور کامل خوشه (مقیاس زادوکس ۵۹)، ۶- بذر مال با کود زیستی ازتو باکتر، ۷- ترکیبی از مواد محرک رشد. در پایان پس از برداشت گندم، عملکرد،اجزای عملکرد و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. داده‌های به دست آمده توسط نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی محل‌های اجرای پژوهش

محل‌های اجرای پروژه در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی در استان‌های فارس، اصفهان، خوزستان، کرمانشاه و ایلام بود. جدول ۱ نتایج مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. شوری آب و خاک محدود کننده نبودند.

جدول۱- نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیائی عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک محل‌های اجرای پروژه

محل	بافت	FC	PWP	کربن آلی	اسیدیته گل اشباع	قابلیت هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم
		٪				$dS\ m^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	
داراب	L	۲۸/۳	۱۴/۲	۰/۵۵	۸/۳	۱/۰۵	۱۲	۱۶۵
اصفهان	CL	۳۵/۳	۲۲/۶	۰/۸۹	۷/۱	۳/۳۲	۹/۸	۳۸۰
بهبهان	SiCL	۳۸/۶	۲۱/۸	۰/۶۰	۷/۸	۳/۳	۷	۲۵۰
کرمانشاه	SiCl	۳۶/۸	۲۲/۳	۱/۳۵	۷/۴۱	۰/۲۸	۱۰/۹	۴۷۴
ایلام	Loam	۲۸/۱	۱۳/۸	۱/۲۲	۷/۳۳	۰/۴۳	۱۱/۳	۳۰۵

اثر کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در ایلام

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت به ترتیب در سطح یک، یک و پنج درصد دارای تفاوت‌های معنی‌داری بود. عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (۴۳۹۹

کیلوگرم در هکتار) کاهش ۳۴/۸ درصدی نسبت به شاهد (۶۷۵۲ کیلوگرم در هکتار) نشان داد و این کاهش در عملکرد زیستی، ۳۰/۶ درصد بود. با توجه به این تغییرات در عملکرد دانه و زیستی، شاخص برداشت از ۰/۴۱۶ در شرایط بدون تنش خشکی به ۰/۳۵۰ در شرایط تنش خشکی رسید که بیانگر ۱۵/۹ درصد کاهش بود. آزمون دانکن نشان داد که کاربرد ترکیبی اسید آمینه، هیومیک اسید، جلبک دریایی و کود زیستی ازتو باکتر با عملکرد دانه برابر با ۶۰۷۲ کیلوگرم در هکتار (۱۲/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) تیمار برتر بود. همچنین تیمارهای کاربرد تنهای فولویک اسید، اسید آمینه، ازتوباکتر و هیومیک اسید نسبت به شاهد در گروه آماری بالاتری قرار گرفتند. به طوری که به ترتیب ۹/۰۴، ۸/۱۷، ۷/۲۹ و ۴/۵۵ درصد افزایش عملکرد دانه در این تیمارها نسبت به شاهد حاصل گردید (جدول ۲). عملکرد زیستی گندم با کاربرد ترکیبی اسید آمینه، هیومیک اسید، جلبک دریایی و کود زیستی ازتو باکتر به ۱۵۰۶۷ کیلوگرم در هکتار رسید که نسبت به عدم کاربرد مواد محرک رشد در گروه آماری برتر قرار گرفته و ۸/۲۶ درصد افزایش عملکرد زیستی نشان داد. در مورد شاخص برداشت، آزمون دانکن نشان داد که کاربرد اسید آمینه و ترکیبی از مواد محرک رشد به ترتیب با شاخص برداشت ۰/۴۰۶ و ۰/۴۰۳ (۷/۸۸ و ۷/۲۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) تیمارهای برتر بودند (جدول ۲). در برهمکنش تنش خشکی و کاربرد مواد محرک رشد، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری بعداز ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A همراه با ترکیبی از مواد محرک رشد (با ۷۲۸۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که به دلیل کاهش تنش و افزایش آب در دسترس ، طول دوره زایشی و مقدار فتوسنتز افزایش می‌یابد که منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در هر گل آذین شده، همچنین طولانی تر شدن دوره پر شدن دانه در اثر کاهش تنش، باعث اثر بر اندازه و وزن دانه و در نهایت بر عملکرد دانه می‌گردد. بیشترین عملکرد زیستی گندم مربوط به تیمار آبیاری بعداز ۷۰ میلیمتر تبخیر از تشت کلاس A همراه با کاربرد ترکیبی مواد محرک رشد (با ۱۷۰۴۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳). در برهمکنش دو عامل، در شرایط تنش خشکی ترکیبی از مواد محرک رشد (با ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار) تیمار برتر بوده و ۱۶/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته و همین تیمار در شرایط بدون تنش (۷۲۸۷ کیلو گرم در هکتار) ۱۳/۱ درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد داشت.

جدول ۲- مقایسه میانگین کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و اجزای عملکرد گندم در ایلام

کاربرد مواد محرک رشد	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع
	کیلوگرم در هکتار			گرم		
شاهد	۵۳۷۸c	۱۳۸۲۳c	۰/۳۷۴b	۳۸/۰c	۳۵/۴ b	۳۸۲b
اسید آمینه	۵۶۳۹ab	۱۴۸۶۳ab	۰/۴۰۶a	۴۰/۹ ab	۳۹/۲ab	۴۱۴ ab
هیومیک اسید	۵۴۳۵bc	۱۴۱۰۷bc	۰/۳۸۵ab	۳۹/۴ bc	۳۷/۵ ab	۴۱۸ ab
فولویک اسید	ab ۵۶۹۳	۱۴۸۵۶ab	۰/۳۸۳ab	۴۱/۱ ab	۳۸/۷ ab	۴۱۵ ab
جلبک دریایی	۵۴۲۵bc	۱۳۷۲۰c	۰/۳۹۵ab	۳۹/۱ bc	۳۸/۳ab	۴۰۹ ab
ازتوباکتر	۵۵۸۵b	۱۴۳۴۱abc	۰/۳۸۹ab	۴۰/۵ ab	۳۸/۹ ab	۴۱۶ ab
مصرف ترکیبی محرک رشد	۵۸۷۲a	۱۵۰۶۷a	۰/۴۰۳a	۴۲/۱ a	۴۰/۷ a	۴۲۳ a

حرف یا حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها در برهمکنش تنش خشکی و کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد دانه و زیستی گندم در ایلام

تیمارها	شاهد	اسید آمینه	هیومیک اسید	فولویک اسید	جلبک دریایی	ازتوباکتر	ترکیبی از مواد محرک رشد
			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)				
آبیاری بعداز ۷۰ میلیمتر تبخیر	۶۴۴۲	۶۸۷۰	۶۵۵۵	۶۸۲۶	۶۵۴۸	۶۷۳۳	۷۲۸۷
آبیاری بعداز ۱۴۰ میلیمتر تبخیر	۳۹۱۵	۴۴۰۸	۴۳۱۵	۴۴۶۰	۴۳۰۱	۴۳۳۸	۴۵۵۷
			عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)				
آبیاری بعداز ۷۰ میلیمتر تبخیر	۱۵۹۱۱	۱۵۹۴۶	۱۵۸۳۷	۱۶۵۸۴	۱۵۱۷۵	۱۶۱۴۶	۱۷۰۴۷
آبیاری بعداز ۱۴۰ میلیمتر تبخیر	۱۱۷۳۵	۱۲۷۸۰	۱۲۳۷۶	۱۳۱۲۹	۱۲۲۶۵	۱۲۵۳۷	۱۳۰۸۸

حرف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می باشد.

انداندی و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که برخی از تنظیم کننده های رشد، تحمل به تنش های محیطی را افزایش می‌دهند. این تنظیم کننده‌های رشد در عصاره جلبک و هیومیک اسید وجود داشته و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. البوری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که فولویک اسید نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی و میزان نسبی آب در برگ را افزایش داده و نفوذپذیری غشاء سلولی، میزان تعرق و کمبود اشباع آب در کلزا را کاهش، عملکرد دانه و زیستی را افزایش داد که نشان دهنده افزایش تحمل به خشکی گیاه با کاربرد فولویک اسید بود. وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی (۴۴/۹ گرم) کاهش ۲۰/۹ درصدی نسبت به شاهد (۳۵/۵ گرم) نشان داد و این کاهش در تعداد دانه در سنبله معادل ۲۱/۸ درصد بود. در مورد وزن هزار دانه گندم، آزمون دانکن نشان داد که تیمار ترکیبی از مواد محرک رشد با وزن هزار دانه ۴۲/۱ گرم (۱۰/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) در گروه آماری برتر قرار گرفت. تیمارهای مصرف فولویک اسید، اسید آمینه و تلقیح ازتوباکتر به ترتیب با وزن هزار دانه ۴۱/۱، ۴۰/۹ و ۴۰/۵ گرم نیز بالاتر از شاهد قرار گرفتند (جدول ۲). همچنین تعداد دانه در سنبله با ترکیبی از مواد محرک رشد به ۴۰/۷ رسید که نسبت به عدم کاربرد مواد (با ۱۵ درصد افزایش) در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۲). تیمارهای مصرف اسید آمینه، ازتوباکتر، فولویک اسید، جلبک دریایی و هیومیک اسید به ترتیب با تعداد دانه در سنبله ۳۹/۲، ۳۸/۹، ۳۸/۷ ، ۳۸/۳ و ۳۷/۵ نیز بالاتر از شاهد قرار گرفتند به طوری که به ترتیب ۱۰/۷، ۹/۸۹، ۹/۳۲ ، ۸/۱۹ و ۵/۶۰ درصد افزایش تعداد دانه در سنبله در این تیمارها نسبت به شاهد حاصل شد (جدول ۲). کندی و غریب (۲۰۱۹) بیان کردند فولویک اسید باعث بهبود اجزای عملکرد و در نتیجه افزایش عملکرد گندم در مصر گردید. نردی و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که یکی از مزیت‌های جلبک به عنوان محرک رشد گیاهی، کاهش اختلالات فیزیولوژیکی ناشی از کمبود عناصر غذایی است که برای نمونه می‌توان به افزایش تعداد دانه در گیاه اشاره کرد. ضریب همبستگی بین عملکرد دانه با اجزای عملکرد و غلظت عناصر در دانه نشان داد که رابطه عملکرد دانه با شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله در سطح یک درصد و با وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. می‌توان بیان کرد که اثر تعداد دانه در سنبله بر تغییرات عملکرد دانه بیشتر از سایر اجزای عملکرد بود. غلظت عناصر با عملکرد دانه رابطه معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴).

جدول ۴- ضریب همبستگی بین عملکرد دانه با اجزای عملکرد و غلظت عناصر در دانه در ایلام

صفات گیاهی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
عملکرد دانه	۱											
شاخص برداشت	۰/۴۴**	۱										
تعداد دانه در سنبله	۰/۴۷**	۰/۳۱*	۱									
وزن هزاردانه	۰/۳۸*	۰/۲۶	-۰/۱۱	۱								
تعداد سنبله	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۰۶	۱							
غلظت نیتروژن دانه	۰/۱۶	۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۰۱۲	۰/۱۲	۱						
غلظت فسفر دانه	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۶	-۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۸	۱					
غلظت پتاسیم دانه	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۸	-۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۰	۱				

غلظت روی دانه	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۶	۱		
غلظت آهن دانه	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۱	۱	
غلظت منگنز دانه	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱۱	-۰/۰۶	۰/۰۸	۱
غلظت مس دانه	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۴	۱۴	۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۱۴	۱

معنی دار در سطح پنج درصد* معنی دار در سطح یک درصد، **

اثر کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در داراب

در برهمکنش تنش خشکی و کاربرد مواد محرک رشد، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری بعداز ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A همراه با ترکیبی از مواد محرک رشد (با ۹۲۴۹ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). در برهمکنش دو عامل، در شرایط تنش خشکی ترکیبی از مواد محرک رشد (با ۷۳۹۷ کیلوگرم در هکتار) تیمار برتر بوده و ۱۹/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته و همین تیمار در شرایط بدون تنش ۱۲/۰ درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد داشت.

جدول ۵- تأثیر بر همکنش تیمارهای آبیاری و تیمارهای محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم چمران در داراب

تیمارهای آبیاری	مواد محرک رشد	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار	طول خوشه سانتی متر	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد دانه در خوشه	ارتفاع بوته سانتی متر
آبیاری بعد از ۷۰ میلی لیتر تبخیر از تشت تبخیر	شاهد	۸۲۵۸ abc	۹/۴ a	۴۸۱ bc	۵۲/۶ ab	۱۰۰/۴ abc
	اسید آمینه	۹۲۵۳ a	۱۰/۱ a	۵۱۲ ab	۵۹/۰ a	۱۰۳/۳ abc
	هیومیک اسید	۸۴۸۳ abc	۱۰/۲ a	۴۹۴ bc	۵۴/۷ ab	۱۰۳/۸ ab
	فولویک اسید	۹۰۹۹ ab	۹/۹ a	۵۰۲ abc	۵۹/۸ a	۱۰۲/۴ abc
	عصاره جلبک	۸۵۳۰ abc	۱۰/۳ a	۵۰۵ abc	۵۵/۳ ab	۱۰۳/۶ abc
	ازتو باکتر	۹۱۰۷ ab	۹/۹ a	۵۰۸ ab	۵۹/۴ a	۱۰۶/۱ a
	مصرف ترکیبی مواد محرک	۹۲۴۹ a	۹/۸ a	۵۳۷ a	۶۰/۴ a	۱۰۵/۶ a
آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر	شاهد	۶۱۷۸ d	۸/۱ a	۴۶۸ c	۴۸/۳ b	۹۰/۰ c
	اسید آمینه	۷۱۴۶ cd	۸/۹ a	۵۰۷ abc	۵۲/۱ab	۹۲/۸ abc
	هیومیک اسید	۶۹۹۱ cd	۸/۹ a	۴۹۵ bc	۵۴/۵ ab	۹۵/۲ abc
	فولویک اسید	۷۲۶۱ bcd	۸/۸ a	۴۹۷ bc	۵۳/۶ ab	۹۲/۶ abc
	عصاره جلبک	۶۸۷۸ cd	۹/۱ a	۴۹۵ bc	۵۳/۷ ab	۹۴/۹ abc
	ازتو باکتر	۷۲۲۴ bcd	۸/۹ a	۴۹۸ abc	۵۱/۲ ab	۹۰/۹ bc
	مصرف ترکیبی مواد محرک	۷۳۹۷ abcd	۹/۳ a	۵۰۹ ab	۵۶/۳ ab	۹۳/۳ abc

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف آماری مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

اثر کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در اصفهان

مقایسه میانگین صفات اجزای عملکرد گندم در تیمار کودهای محرک رشد نشان می‌دهند که عملکرد دانه گندم در تیمار محلولپاشی عصاره جلبک دریایی بیشترین مقدار (۵۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) را داشت (جدول ۷). این تیمار کودی با تیمارهای محلول‌پاشی اسید آمینه و مصرف ترکیبی محلول پاشی اسید آمینه، کود آبیاری هیومیک اسید، محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و بذر مال توسط کود زیستی ازتو باکتر اختلاف آماری معنی دار نداشت. بجز افزایش عملکرد در تیمار کودی محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی، سایر تیمارهای کودی محلول پاشی اسید آمینه، کود آبیاری هیومیک اسید، محلول پاشی فولویک اسید، بذر مال توسط کود زیستی ازتو باکتر و مصرف ترکیبی محلول پاشی اسید آمینه، کود آبیاری هیومیک اسید، محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و بذر مال توسط کود زیستی ازتو باکتر به تنهایی نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۷). بعد از تیمار شاهد، کمترین مقدار عملکرد متعلق به تیمار کود آبیاری هیومیک اسید بود. بیشترین عملکرد کاه گندم نیز در تیمار

محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با مقدار ۷۷۶۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری نشان داد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اجزای عملکرد گندم در تیمارهای محرک رشد در اصفهان

تیمار کود	عملکرد دانه	عملکرد کاه	وزن هزار دانه	ارتفاع بوته	طول خوشه
	kg/ha		gr	cm	
شاهد	b۳۹۷۳	b۶۰۹۳	c۴۶/۴	a۷۶/۲	a۷/۳۰
اسید آمینه	ab۴۵۲۰	b۶۳۱۳	b۴۸/۲	a۸۰/۳	a۶/۵۶
هیومیک اسید	b۴۲۲۷	b۶۱۸۹	b ۴۸/۳	a۷۷/۶	a۷/۳۰
فولویک اسید	b۴۳۴۷	b۶۰۳۶	b۴۸/۸	a۷۷/۷	a۶/۹۰
جلبک دریایی	a۵۱۲۱	a۷۷۶۲	a۵۲/۰	a۷۸/۲	a۷/۱۶
ازتوباکتر	b۴۲۳۷	b۵۷۱۳	b۴۸/۰	a۷۳/۳	a۷/۰۱
ترکیبی از مواد محرک رشد	ab۴۵۶۱	b۶۱۰۵	a۵۱/۴	a۷۳/۵	a۷/۴۰

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

اثر کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در بهبهان

بیشترین افزایش عملکرد دانه (۸۵۳۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ترکیبی از مواد محرک رشد بود و نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین اجزای عملکرد دانه گندم در بهبهان

منبع کودی	عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه(گرم)
شاهد	۵۹۳۸/۱۶c	۵۲۵/۳۳ b	۴۱/۲۰c	۳۹/۸۱ b
اسید آمینه	۷۵۶۵/۴۸ab	۵۸۵/۳۳ ab	۴۵/۴۷ab	۴۲/۵۸ ab
هیومیک اسید	۷۳۳۸/۶۱ab	۵۹۲/۰۰ a	۴۴/۷۰ ab	۴۲/۵۹ ab
فولویک اسید	۶۸۵۶/۱۸b	۵۷۸/۶۷ ab	۴۵/۲۵ ab	۴۱/۲۳ ab
جلبک دریایی	۷۲۳۳/۷۷b	۵۸۶/۳۳ ab	۴۴/۲۳ ab	۴۱/۷۶ ab
مایه تلقیح ازتوباکتر	۶۹۸۰/۱۰b	۵۹۶/۰۰ a	۴۳/۲۳ bc	۴۱/۷۹ ab
ترکیبی از مواد محرک	۸۰۰۴/۶۳a	۶۲۱/۳۳ a	۴۶/۳۸ a	۴۳/۱۸ a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

بر اساس نتایج بدست آمده، استفاده از مواد محرک رشد گیاهی اسید آمینه، اسید هیومیک، اسید فولویک، جلبک دریایی و مایه تلقیح ازتوباکتر به تنهایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد ولی تأثیر تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک و اسید فولویک بیشتر از سایر مواد محرک رشد بود. تأثیر اسید هیومیک بیشتر بر روی تعداد سنبله در متر مربع بود در حالی‌که اسید آمینه و اسید فولویک بیشترین تأثیر خود را در افزایش تعداد دانه در سنبله نشان داد. لذا با عنایت به اینکه مصرف ترکیبی مواد محرک رشد گیاهی بهترین عملکرد را تولید نمود می‌توان آغشته نمودن تلقیح باکتری ازتوباکتر و مصرف اسید هیومیک بصورت کود آبیاری در زمان آب دوم و محلول‌پاشی اسید آمینه در دو مرحله پنجه زنی و ظهور سنبله را توصیه نمود.

اثر کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در سراورد

در سرارود بیشترین عملکرد دانه با مقدار ۳۰۸۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کاربرد هیومیک اسید بود (جدول ۹). همچنین اختلاف معنی داری در عملکرد زیستی دیده شد بطوری‌که بیشترین عملکرد زیستی در تیمار کاربرد ترکیبی از مواد محرک رشد (۷۳۸۷ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۹).

جدول ۹- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر خصوصیات زراعی اندازه گیری شده در سرارود

تیمار	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	تعداد خوشه در متر مربع	ارتفاع بوته	طول خوشه
	kg/ha			gr		cm	
شاهد	b۱۸۰۷	a۴۳۳۳	a۲۳/۶	b۳۷/۴	ab۱۴۳	۸۹/۹a	a۸/۲۱
اسید آمینه	ab۲۰۳۳	a۴۹۶۷	a۲۴/۵	a۴۰/۳	ab۱۱۶	۸۹/۵a	a۷/۱۸
هیومیک اسید	a۳۰۸۸	a۷۵۴۷	a۲۸/۵	a۳۷/۶	ab۱۱۶	۹۰/۴a	a۷/۶۸
فولویک اسید	b۱۳۷۳	a۴۱۸۰	a۲۹/۵	a۴۰/۸	b۸۸/۰	۸۳/۷a	a۷/۹۵
جلبک دریایی	ab۲۶۳۳	a۵۱۸۰	a۲۹/۵	a۴۲/۱	ab۱۳۰	۹۲/۰a	a۸/۰۶
مایه تلقیح ازتوباکتر	ab۲۰۴۰	a۴۸۶۰	a۲۷/۱	a۳۷/۱	ab۱۱۴	۸۹/۹a	a۸/۳۰
مصرف ترکیبی تیمارها	ab۲۳۳۳	a۷۳۸۷	a۲۸/۷	a۴۰/۸	a۱۷۱	۸۶/۳a	a۷/۵۴

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

بررسی نتایج در مناطق مختلف اجرای پروژه

تغییرات عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در اثر کاربرد مواد محرک رشد در مناطق مختلف

با مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردید که تیمار اثر کاربرد مواد محرک رشد با عملکرد ۵۷۰۹ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفته و افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد برابر با ۱۳/۱ درصد بود (جدول ۱۰۱). بیشترین تولید عملکرد زیستی نیز با کاربرد مواد محرک رشد (با افزایش ۸/۰۱ درصدی نسبت به شاهد) حاصل گردید. در مورد شاخص برداشت، تیمار اثر کاربرد مواد محرک رشد با ۴/۵۹ درصد افزایش نسبت به شاهد در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۱۰). در تحقیقات علی و همکاران (۲۰۱۰) مشخص شد که اسیدهای آمینه بطور مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، بر رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند و افزایش عملکرد را به دنبال دارند.

جدول ۱۰- تأثیر کاربرد مواد محرک رشد بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت گندم در میانگین دو سال زراعی

کاربرد مواد محرک رشد	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت
	کیلوگرم در هکتار		
شاهد	b۵۰۴۶	c۱۲۸۶۸	b۰/۳۹۲
اسید آمینه	ab۵۵۸۲	ab۱۳۷۷۳	ab۰/۴۰۵
هیومیک اسید	ab۵۳۰۲	b۱۳۱۱۲	ab۰/۴۰۴
فولویک اسید	۵۵۷۲ab	ab۱۳۷۹۴	ab۰/۴۰۴
جلبک دریایی	ab۵۲۲۸	bc۱۳۰۱۴	ab۰/۴۰۲
ازتوباکتر	۵۴۶۳ab	ab۱۳۳۷۳	ab۰/۴۰۸
ترکیبی از مواد محرک رشد	a۵۷۰۹	a۱۳۸۹۹	a۰/۴۱۰

حرف یا حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می باشد.

در تمام مناطق مورد مطالعه، کاربرد ترکیبی از مواد محرک رشد نسبت به سایر تیمارها اثرگذاری بیشتری داشت (در بهبهان اثر کاربرد ترکیبی از موادمحرک رشد و کاربرد اسید آمینه اثر مشابهی داشت). در شرایط تنش خشکی، کاربرد فولویک اسید در ایلام، جلبک دریایی در داراب و اصفهان، هیومیک اسید در بهبهان و اسید آمینه در کرمانشاه پس از تیمار برتر قرار گرفتند. همچنین مشخص شد که در شرایط تنش خشکی، ترکیبی از مواد محرک رشد با افزایش ۱۳/۶ درصد در عملکرد دانه بیشترین اثرگذاری را

نشان داد و پس از آن فولویک اسید و اسید آمینه قرار داشت. از آنجایی که کاهش فراهمی آب برای گیاه، موجب کاهش جذب عناصر غذایی می‌شود و نتیجه آن، کاهش عملکرد ماده خشک می‌باشد، کاربرد مواد محرک رشد توانست جذب عناصر غذایی و در نتیجه عملکرد دانه را افزایش دهد (بورد و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس نتایج این پروژه ملی، در شرایطی که گیاه گندم با تنش خشکی مواجه بود، ابتدا ترکیبی از مواد محرک رشد و پس از آن اسید آمینه و فولویک اسید بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه داشتند و در شرایط بدون تنش خشکی، ابتدا ترکیبی از مواد محرک رشد و پس از آن اسید آمینه بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه داشت. همسو با نتایج بدست آمده، حسین و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که اثر فولویک اسید بر تحمل گیاه به تنش خشکی (و اثر آن بر فعالیت آنتی اکسیدان‌ها) منجر به افزایش عملکرد گندم گردید. همچنین در نتایجی برخلاف تحقیق حاضر، ماهونی و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که فولویک اسید بر رشد و عملکرد گیاه اثری نداشت. وانگ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود دریافتند که محلول‌پاشی اسید آمینه ضمن اثر بر فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه، باعث افزایش عملکرد دانه گندم گردید. هالپم و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی اثر مواد محرک رشد بر غلظت عناصر غذایی در گیاه بیان کردند که محلول پاشی مواد محرک رشد موجب افزایش غلظت عناصر کم مصرف نسبت به شاهد گردید. بنابراین مطابق با تحقیقات دیگر پژوهشگران، استفاده از مواد محرک رشد و به ویژه کاربرد ترکیبی این ترکیبات، می‌تواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی در گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی گردد.

نتیجه‌گیری

کاربرد مواد محرک رشد در خاکهای با غلظت عناصر متفاوت از جمله درصد نیتروژن مختلف پاسخ های متفاوتی به دنبال داشته و جذب نیتروژن و فسفر در خاک های با غلظت نیتروژن و فسفر پایین، به مقدار بیشتری افزایش نشان داد. در بهبهان کمترین غلظت فسفر و برخی عناصر دیگر گزارش شد و بیشترین اثر کاربرد آمینو اسید، هیومیک اسید و جلبک دریایی از این منطقه بدست آمد. در داراب و اصفهان با درصد ماده آلی و نیتروژن پایین، کاربرد باکتری ازتوباکتر توانست عملکرد بهتری نسبت به کاربرد این تیمار در سایر مناطق نشان دهد. باکتری‌های ازتوباکتر نیتروژن تثبیت شده را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. در حالت کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش خشکی، همه اجزای عملکرد را به طور معنی‌داری کاهش داد که در نتیجه، عملکرد دانه نیز کاهش معنی‌داری نشان داد. مشخص شد که عملکرد زیستی، کاهش معنی‌داری داشت اما مقدار کاهش آن کمتر از عملکرد دانه بود. در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد اسید آمینه و در شرایط دارای تنش خشکی، کاربرد فولویک اسید اثر بیشتری بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی داشت. در شرایط تنش خشکی، در بین اجزای عملکرد، تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر را از کاربرد فولویک اسید پذیرفت. باکتری ازتوباکتر نیز باعث افزایش تحمل گیاه گندم نسبت به تنش خشکی گردید. با مروری بر منابع مشاهده گردید که اثر مفید مواد محرک رشد به عنوان یک عامل القاء کننده تحمل به تنش خشکی در گیاه در شرایط تنش بیشتر خود را نشان می‌دهد. در این پژوهش، مشخص شد که در شرایط عدم تنش خشکی، ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد، بین کاربرد و عدم کاربرد مواد محرک رشد، تفاوت‌ها کمتر بود

فهرست منابع

Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi A. (2019). Growth and nutrient content of Echinacea purpurea as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and Pseudomonas florescent bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environment Management*, 231: 182-188.

Bai, L., Sui, F. (2006). Effect of soil drought stress on leaf of maize. *Pedosphere*, 16:326-332.

Bompadre, M.J., Silvani, V.A., Bidondo, L.F., Molina, M.D.C.R., Colombo, R.P., Pardo A.G. and Godeasa A.M. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate oxidative stress in pomegranate plants growing under different irrigation conditions. *Botany*, 92: 187–193.

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A., Stanca, A.M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, 105: 1-14.

Cerdana, M., Sanchez-Sanchez, A., Oliver, M., Juarez, M., Sanchez- Andreu, J.J. (2009). Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants. *Acta Hortulture*, 830:481-488.
Dong, C., Wang, G., Du, M., Niu, C., Zhang, P., Zhang, X., Ma, D., Ma, F., Bao, Z. (2020). Biostimulants promote plant vigor of tomato and strawberry after transplanting. *Scientia Horticulturae*, 267:109-117.
Ehsan, S., Javed, S., Saleem, I., Habib, F., Majeed, T. (2014). Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4:28-33.
Elrys, A.S., Abdo, A.I., Abdel-Hamed, E.M., Desoky, E.S.M. (2020). Integrative application of licorice root extract or lipoic acid with fulvic acid improves wheat production and defenses under salt stress conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190:110-119.
Farouk, S., Al-Sanoussi, A.J. (2019). The Role of Biostimulants in Increasing Barley Plant Growth and Yield under Newly Cultivated Sandy Soil. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 52:116-127.
Florencio-Ortiz, V., Selles-Marchart, S., Zubcoff-Vallejo, J., Jander, G., Casas, J.L. (2018). Changes in the free amino acid composition of Capsicum annuum (pepper) leaves in response to Myzus persicae (green peach aphid) infestation. A comparison with water stress. *PloS one*, 13:87-96.
Furlan, A., Bianucci, E., Sequeira, M., Álvarez, L., Peralta, J.M., Valente, C., Guarnieri, V., Castro, S. (2019). Combined Application of Microbial and Non-Microbial Biostimulants to Improve Growth of Peanut Plants Exposed to Abiotic Stresses. *Microbial Probiotics for Agricultural Systems*, 14:239-256.
Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, 129:141–174.
Hammad, S.A., Ali, O.A. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. *Annals of Agricultural Sciences*, 59:133-145.

Wheat response to the use of plant growth stimulants under drought stress conditions

Reza Soleimani[1], Fereydun Nourgholipour[2], Majid Rajaei[3], Mokhtar Dashadi [4], Mojtaba Yahyaabadi [5], Mohammad Reza Rafie [6], Mohammad Mehdi Tehrani[2]
1-Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ilam, soleimanir@hotmail.com
2-Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj
3-Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz
4-Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kermanshah
5-Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Isfahan
6-Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz

Abstract
The aim of this study was to apply biostimulants to reduce drought stress in wheat. Experiments were carried out as split plots form in a randomized complete block design with 3 replications. Main plots including two irrigation levels after 70 and 140 mm of evaporation and sub-plots including six control treatments, amino acid foliar application, humic acid as fertigation at a rate of 5 kg ha^{-1}, fulvic acid foliar application, algae extract foliar application, inoculation of the Azotobacter and a combination of biostimulants. Data of yield and yield components were statistically analyzed by SAS software and the means were compared with Duncan's multiple range test. The results in Ilam showed that although drought stress significantly reduced grain yield, yield components and biological yield, but the use of biostimulants caused a relative improvement in yield. The application of a combination of biostimulants was the superior treatment with a grain yield of 5872 kg ha^{-1}, a 12.9% increase in yield was obtained. In drought stress conditions, application of fulvic acid and in drought stress conditions, amino acid application had a greater effect on improving wheat grain yield and increased grain yield of 545 and 428 kg ha^{-1}, respectively, compared to the control. In Darab, amino acid, fulvic acid and algae extract, in Isfahan, seaweed extract, in Behbahan a combination of growth stimulants and application of humic acid treatment and Azotobacter inoculum and in Kermanshah, the highest grain yield was obtained from fulvic acid foliar treatment. According to the results of this study in different regions of the country, it can be stated that a combination of growth stimulants compared to the control treatment improved the yield components and yield of wheat. Among the growth stimulants, the best results were obtained with the use of amino acids.
Keywords: Drought stress, Wheat, Foliar application, Biostimulants

تاثیر کاربرد توام بیوچار و سرکه چوب بر ویژگی های ظاهری ذرت علوفه‌ای

نسرین کریمیان شمس آبادی*[1]، شجاع قربانی دشتکی[2]، حمیدرضا متقیان[2]، رامین ایرانی پور[3]، بیژن خلیلی مقدم[4]

*[1]دانشجوی دکتری دانشگاه شهرکرد karimian.nasrin1368@gmail.com

[2] دانشیار گروه خاک دانشگاه شهرکرد، [3] استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان [4] دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

سیاست‌های مختلف کشاورزی خواستار به حداقل رساندن خطرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده مداوم از سموم دفع آفات و سایر مواد شیمیایی مصنوعی و به دنبال روش‌های جایگزین می‌باشد. سرکه چوب و بیوچار می‌توانند در کشاورزی ارگانیک و به عنوان اصلاح‌کننده خاک استفاده گردد. هدف از این پژوهش مطالعه تاثیر کاربرد توام بیوچار و سرکه چوب بر ویژگی های ظاهری ذرت علوفه‌ای بود. بدین منظور تحقیقی در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل ۳۰ تیمار در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سرکه چوب در ۶ مقدار صفر (W_0)، ۰/۰۲ (W_1)، ۰/۰۴ (W_2)، ۰/۱ (W_3)، ۰/۲ (W_4) و ۰/۴ (W_5) گرم بر کیلوگرم (فاکتور اول) و ماده اصلاحی شامل ماده خام در ۲ سطح ۱ ($B_{0\,1}$) و ۲ ($B_{0\,2}$) درصد وزنی- وزنی و بیوچار در ۲ سطح ۱ (B_1) و ۲ (B_2) درصد وزنی- وزنی (فاکتور دوم) اعمال گریدند. نتایج نشان داد اثرات متقابل کاربرد ماده اصلاحی و سرکه چوب بر ویژگی‌های ظاهری گیاه معنی‌دار است. بیوچار و سرکه چوب از طریق تاثیری که بر ویژگی‌های خاک از جمله بهبود ساختمان خاک و فراهمی آب قابل دسترس دارند، می‌تواند باعث بهبود عملکرد و کیفیت گیاه شود.

واژه های کلیدی: بیوچار ، سرکه چوب، ذرت علوفه‌ای

مقدمه

تخریب خاک یک مشـکل جهانی است که پیشگیری از آن نیازمند تلاش همگانی و شیوه‌های جدید مدیریتی برای جلوگیری از کاهش کیفیت خاک و تامین منابع امن و پایدار غذا است. این امر مستلزم استفاده از روش های جدید به‌جای استفاده از روش‌های سنتی و گاهی مخرب مانند کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها است (Travero and Mihara ، 2015). براســاس این دیدگاه، محصــولات گرماکافت مانند ســرکه چوب (Wood Vinegar) و بیوچار (بهشــتی و همکاران، ۱۳۹۵) می‌توانند جهت اصلاح خاک و کشاورزی ارگانیک کاربردی باشند.

سرکه چوب یک مایع قهوه‌ای متمایل به قرمز می‌باشد (Nurhayati et al, 2005) که حاصل تقطیر دود خروجی ناشی از سوختن چوب تازه در شرایط بی‌هوازی است (Kim et al, 2008). سرکه چوب یکی از ترکیبات آلی بوده که حاوی ۹۰-۸۰ درصد آب، ۲۰-۱۰ درصد ترکیبات آلی و بیش از ۲۰۰ نوع ماده شیمیایی (Kim et al, 2008) از جمله اسیدهای آلی (Kic et al, 2019)، اسید استیک، اسید فرمیک، اسید پروپیونیک، اسید بوتیریک، اتیل ولرات، گروه فنل، گروه کربونیل (فرمالدئید، استالدئید و غیره)، الکل (اتانول، متانول و غیره)، مواد طبیعی (استول، مالتول و غیره)، آمونیاک، متیل آمید و دی متیل آمید است (Tiilikkala, 2010). نتیجه تجزیه سرکه چوب نشان می‌دهد این ماده حاوی ۱/۰۳۲ میلی‌گرم در لیتر اسیدهای آلی، زرد رنگ و وزن مخصوص ۱/۰۰۹۸ و پ- هاش برابر با ۲/۴۷ است (حسن پناه و همکاران، ۱۳۸۹).

سرکه چوب صد در صد آلی بوده و برای انسان، حیوانات، گیاهان و محیط زیست ماده‌ای سالم می‌باشد. این ماده مخلوطی از ترکیبات آلی است که برای کشاورزی ارگانیک بسیار مناسب است و باعث بهبود کیفیت خاک، کنترل علف هرز، تسهیل رشد گیاه و توسعه بیشتر ریشه می‌گردد (Payamara, 2011). سرکه چوب خاصیت ضدقارچی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی داشته و به راحتی قابل تولید بوده و اثرات مخرب زیست‌محیطی و نامطلوب بر موجودات زنده و محیط ندارد (Tiilikkala, 2010).

کیونگ و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر رقت‌های مختلف سرکه چوب تولید شده در فرآیند تهیه بیوچار از ذرت و کاه و کلش بر پ- هاش و گنجایش تبادل کاتیونی خاک و رشد بادمجان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در مقایسه با آب خالص، پ- هاش خاک در تیمارهای سرکه چوب با افزایش نسبت رقت، افزایش یافت و زمانی که نسبت رقت ۱:۳۰۰ بود، بین سرکه چوب و آب خالص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. گنجایش تبادل کاتیونی خاک با افزایش نسبت رقت سرکه چوب کاهش یافت و مشابه پ- هاش، اختلاف معنی‌داری در نسبت رقت ۱:۳۰۰ بین تیمارهای سرکه چوب و آب خالص وجود نداشت. علاوه بر این، آزمایش‌های بیولوژیکی نشان داد که سرکه چوب با نسبت رقت کمتر از ۱:۱۰ برای بادمجان‌ها سمی بود، در حالی که نسبت رقت بیشتر از ۱: ۵۰ می تواند فتوسنتز خالص و محتوای کلروفیل را افزایش و رشد بادمجان را تقویت کند. اثر افزایش رشد ناشی از سرکه چوب به تدریج با افزایش نسبت رقت کاهش می‌یابد، با افزایش این نسبت به ۳۰۰: ۱ اختلاف معنی داری بین آب خالص و سرکه چوب وجود نداشت. در نتیجه نسبت رقت مناسب سرکه چوب می‌تواند رشد بادمجان را افزایش دهد و پ- هاش و قابلیت هدایت الکتریکی را تنظیم کند.

خاصیت ضد قارچی سرکه چوب در کنترل بسیاری از بیمارگرهای گیاهی به اثبات رسیده است (Baimark and Niamsa, 2009). Chalermsan and Peerapan (2010) به منظور بررسی تاثیر سرکه چوب به عنوان قارچ‌کش بر شش بیماری اصلی گیاه از ۴ غلظت ۰، ۲، ۳ و ۴ درصد سرکه چوب استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد تاثیر غلظت‌های متفاوت سرکه چوب در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا متفاوت است. به‌طوری‌که غلظت‌های ۳ و ۴ درصد سرکه چوب باعث مهار کامل قارچ‌های بیماری‌زا و غلظت ۲٪ سرکه چوب فقط باعث مهار رشد قارچ‌های بیماری‌زا یتیم و ریزوکتونیاسولانی گردید و در غلظت ۰ درصد سرکه چوب اثر مهارکنندگی مشاهده نشد. همچنین آن‌ها عنوان کردند غلظت کمتر از یک درصد سرکه چوب می‌توانند باعث تحریک رشد گیاه و همچنین کاهش ریزجانداران بیماری‌زا گردد. Kang et al (2008) گزارش کردند که مخلوط کردن سرکه چوب با اصلاح‌کننده‌های آلی خاک با کودهای شیمیایی عملکرد و کیفیت دانه را در مقایسه با کاربرد به تنهایی کود شیمیایی بهبود بخشید.

Lee et al (2010) در مطالعات خود، دریافتند سرکه چوب دارای اثر ضد میکروبی قوی بوده و طی کاربرد سرکه چوب آنزیم‌های فسفاتاز، پروتئاز، اوره‌آز و فعالیت آنزیم آنوراستاز افزایش یافت. Due et al (2016) مشاهده نمودند کاربرد سرکه چوب در غلظت‌های مختلف در خاک ماسه‌ای بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های β-گلوکوزیداز، آلکالین فسفاتاز و دهیدروژناز موثر است. Koc et al (2016) گزارش نمودند که سرکه چوب در افزایش برخی فعالیت‌های آنزیمی موثر است و تعیین مقدار موثر و مناسب سرکه چوب یک موضوع بسیار مهم برای فعالیت‌های حفاظت از گیاهان است.

وجود بقایای گیاهی بعد از برداشت محصولات زراعی مشکلات زیادی برای کشاورزان بوجود می‌آورد. از جمله راه‌کارها جهت استفاده از بقایای کشاورزی که مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است، گرماکافت آن‌ها است (Pattiya, 2011) تجزیه زیست‌توده در اثر حرارت را گرماکافت گویند و زمانی که این فرآیند در شرایط بدون اکسیژن یا با مقادیر جزئی اکسیژن رخ دهد، بیوچار تولید می‌شود (Sukiran et al, 2011). بیوچار یا زغال‌زیستی، ماده جامد غنی از کربن آلی می‌باشد که می‌تواند از گرماکافت انواع مواد آلی حاصل شود. به عبارت دیگر بیوچار از تخریب حرارتی مواد آلی (زیست‌توده گیاهی، فضولات جانوری، لجن فاضلاب و ...) در شرایط نبود یا کمبود اکسیژن حاصل می‌گردد و در مقابل تجزیه میکروبی، ماندگاری چندین ساله پیدا می‌کند (Lehmann et al, 2006).

بیوچار از زیست‌توده گیاهی و حیوانی در حضور اکسیژن جزئی یا عدم حضور اکسیژن تهیه می‌شود و به دلیل ساختار متخلخلی که دارد باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک می‌شود (رزاقی و رضایی، ۹۶). در سال‌های اخیر بیوچار به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک (منبع کربن آلی) در خاک‌های کشاورزی استفاده می‌گردد. بیوچار حاصل تجزیه زیست‌توده گیاهی مانند بقایای محصولات کشاورزی (کاه و کلش گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر) و یا فضولات حیوانی در حرارت زیاد و در شرایط عدم حضور اکسیژن یا حضور جزئی آن بدست می‌آید (رزاقی و رضایی، ۹۶).

افزودن بیوچار به خاک می‌تواند خواص فیزیکی (Eastman, 2011)، شیمیایی (Laird et al, 2010) و بیولوژیکی (Lehmann et al, 2011) خاک را بهبود بخشد و در اکثر موارد کاربرد می‌تواند منجر به افزایش تولید محصولات کشاورزی گردد (Major et al, 2010). یکی از مهمترین شاخص‌های فیزیکی خاک که به‌شدت تولید محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد، آب در دسترس گیاه است. مطالعات نشان می‌دهد که آب قابل دسترس در اثر کاربرد بیوچار افزایش یافته و این به علت سطح ویژه بالای آن و تاثیری است که در توزیع اندازه ذرات و تخلخل خاک ایجاد می‌کند (Sun et al, 2014).

بیوچار ممکن است ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی داشته باشد که کاربرد آن باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گردد. این خاصیت می‌تواند به علت سطح ویژه زیاد و سطوح باردار آن و همچنین وفور گروه‌های کربوکسیل آن باشد (Laird et al, 2010). Uzoma et al (2011) گزارش نمودند کاربرد سطوح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار بیوچار تولیدشده از کود گاوی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به خاک شنی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داد. به‌طور کلی کاربرد بیوچار در خاک‌های کشاورزی توانایی بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را دارد. بیوچار با افزایش ظرفیت نگهداشت رطوبت و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک باعث فراهمی آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش بهره‌وری از خاک می‌شود (فتحی‌گردلیدنی و میرحسینی ، ۱۳۹۴).

امروزه نقش سرکه چوب در بهبود کیفیت خاک، افزایش مواد مغذی خاک، به عنوان جایگزین مواد شیمیایی در بهبود عملکرد محصولات و کنترل آفات و افزایش اثرات سموم دفع آفات و علفکش‌ها و همچنین تاثیر بیوچار بر بهبود وبژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکو بهبود شرایط رشد گیاه و افزایش تولد محصول به اثبات رسیده و به این علت مورد توجه محققان زیادی در سرتاسر جهان واقع شده است. با این وجود، مطالعات بسیار محدودی در رابطه با تاثیر کاربرد توام بیوچار و سرکه چوب بر رشد و عملکرد گیاه انجام شده است. در این پژوهش به مطاله تاثیر کاربرد توام بیوچار و سرکه چوب بر ویژگی‌های ظاهری گیاه ذرت علوفه‌ای پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک مورد مطالعه از اراضی دانشگاه شهرکرد واقع در استان چهارمحال و بختیاری از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری برداشته می‌شود. این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک (به روش دومارتن) در طول تقریبی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه و ۸ ثانیه و عرض ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۸ ثانیه شمالی واقع در بخش مرکزی زاگرس است. رژیم رطوبتی و حرارتی در این منطقه به‌ترتیب زریک و مزیک است. نمونه خاک جمع‌آوری شده، پس از هوا خشک‌شدن از الک ۴ میلی‌متری برای پرکردن گلدان‌ها عبور داده می‌شود.

این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد اجرا می‌گردد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل ۳۰ تیمار در ۳ تکرار اجرا می‌شود. تیمارهای مورد بررسی شامل سرکه چوب در ۶ مقدار صفر (W_0)، ۰/۰۲ (W_1)، ۰/۰۴ (W_2)، ۰/۱ (W_3)، ۰/۲ (W_4) و ۰/۴ (W_5) گرم بر کیلوگرم (فاکتور اول) و ماده اصلاحی شامل ماده خام در ۲ سطح ۱ ($B_{0\,1}$) و ۲ ($B_{0\,2}$) درصد وزنی- وزنی و بیوچار در ۲ سطح ۱ (B_1) و ۲ (B_2) درصد وزنی- وزنی (فاکتور دوم) اعمال خواهند شد. همچنین تیمار شاهد (بدون کاربرد ماده اصلاحی) نیز در نظر گرفته خواهد شد.

در این مطالعه، براساس ۳۰ تیمار (۶ سطح سرکه چوب و ۵ سطح ماده اصلاحی) در ۳ تکرار مجموعا" از ۹۰ گلدان پلاستیکی (۱۰کیلوگرمی) برای کشت ذرت استفاده می‌گردد. در کف گلدان‌ها سوراخ‌هایی به منظور زهکشی ایجاد و فیلتر شنی (دانه‌بندی ۲ تا ۴ میلی‌متر) به ضخامت ۲ سانتی‌متر در کف گلدان قرار داده می‌شود. برای هر گلدان از ۱۰ کیلوگرم خاک عبور کرده از الک ۴ میلی‌متری استفاده می‌شود.

جهت اعمال تیمارها، ماده خام اولیه در سطوح صفر (B_0)، ۱ ($B_{0\,1}$) و ۲ ($B_{0\,2}$) درصد وزنی – وزنی و بیوچار تهیه‌شده پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری در سطوح ۱ ($B_{450\,1}$) و ۲ ($B_{450\,2}$) درصد وزنی- وزنی به صورت دستی با نمونه خاک کاملا مخلوط و به گلدان‌ها منتقل می‌گردد. همچنین سرکه چوب در ۶ مقدار شامل صفر (W_0)، ۰/۰۱ (W_1)، ۰/۰۲ (W_2)، ۰/۰۴ (W_3)، ۰/۱ (W_4)، ۰/۲ (W_5) و ۰/۴ (W_6) گرم بر کیلوگرم خاک برای هر گلدان محاسبه و در آب مورد نیاز برای رسیدن به ظرفیت زراعی حل و یک هفته قبل از کشت به خاک گلدان‌ها افزوده خواهد شد.

بعد از اعمال تیمارهای ماده اصلاحی(ماده خام و بیوچار) و سرکه چوب در گلدان‌ها، بذر ذرت رقم سینجنتا تهیه‌شده در ابتدا استریل (با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۱ درصد) و در آب خیسانده می‌شود و بعد از جوانه‌زنی به

تعداد ۵ بذر در هر گلدان کشت و پس از مدت کوتاهی به ۳ عدد تنک می‌شوند. طی مراحل رشد ذرت، آبیاری به طور منظم انجام خواهد شد. همچنین عناصر ضروری در خاک قبل از کشت تعیین و در صورت نیاز قبل از کاشت گیاه و یا طی دوره رشد گیاه به گلدان‌ها اضافه خواهد شد. دوره کشت گیاه ۱۰۰ روز در نظر گرفته می‌شود.

پس از اتمام دوره کشت، گیاهان از دو سانتی‌متری بالای خاک هر گلدان برداشته و با آب مقطر شستشو داده می‌شوند. سپس درون پاکت کاغذی به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده می‌شوند و پس از این مدت، وزن خشک گیاهان تعیین می‌شود. سپس خاک هر گلدان تخلیه و پس از حذف ریشه‌ها کاملاً مخلوط می‌شود. از هر گلدان نمونه خاکی برداشته و ارتفاع، قطر ساقه، وزن تر و خشک اندازه‌گیری گردید.

نتایج و بحث

نمونه خاک مورد مطالعه دارای pH برابر ۷/۵، بافت سیلتی کلی لوم و براساس طبقه بندی سازمان خواروبار جهانی (FAO) در ردیف خاک‌های غیرشور و بدون محدودیت قرار دارد. میزان کربن آلی خاک پایین و برابر ۰/۳ درصد بود. جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	واحد	خاک
بافت خاک(Soil texture)	-	لوم سیلتی رسی (Silty clay loam)
ظرفیت زراعی (Fc)	(%)	۱۷,۴
جرم مخصوص ظاهری (ρ_b)	(g/cm^3)	۱,۱۳
(1: 2) pH	-	۷,۴۰
(1: 2) EC	(dS/m)	۰,۲۰
کربن آلی (Organic Carbon)	(%)	۰,۳

مطابق نتایج حاصله (جدول ۲) اثرات متقابل کاربرد توام ماده اصلاحی و سرکه چوب و کاربرد تکی سرکه چوب و ماده اصلاحی بر ویژگی‌های ظاهری گیاه مانند قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر معنی‌دار بود. ولی اثرات متقابل کاربرد توام ماده اصلاحی و سرکه چوب و کاربرد تکی سرکه چوب بر ارتفاع گیاه تاثیر معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد (جدول ۳) کاربرد توام سرکه چوب در سطح ۰/۰۲ ، ۰/۰۴ و ۰/۱ گرم بر کیلوگرم و بیوچار در سطح ۱ و ۲ درصد باعث افزایش قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر گیاه نسبت به شاهد گردید. همچنین کاربرد توام سرکه چوب در سطح ۰/۰۲ ، ۰/۰۴، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر کیلوگرم و ماده خام در سطح ۱ و ۲ درصد باعث کاهش ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر گیاه ذرت علوفه‌ای شد. قربانی و میراحمدی (۱۳۹۷) بیان نمودند سطوح کختلف کاربرد بیوچار بر ارتفاع و اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است و کاربرد ۲ و ۴ درصد منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد گردید. آنان دریافتند بیوچار با اثر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک به‌طور غیر مستقیم بر ارتفاع و وزن خشک اندام وایی گیاه موثر است.

دونگ و همکاران نیز دریافتند کاربرد بیوچار باعث افزایش ارتفاع گیاه برنج و وزن خشک آن می‌شود. آنان بیان نمودند که اثرات مثبت بیوچار تا حد زیادی وابسته به قابلیت بیوچار در جمع‌آوری مواد مغذی خاک به واسطه سطح ویژه طیاد آن است که این امر به نوبه خود منجر به افزایش EC خاک خواهد شد. Masum et al (2013) نشان دادند عملکرد دانه برنج در ترکیب سرکه چوب و ۵۰ درصد کود شیمیایی افزایش یافت، در حالی‌که تیمار سرکه چوب به سطح خاک جمعیت میکروب‌های سودمند خاک و رشد گیاه را افزایش داد. نتایج مطالعات حسن پناه نشان داد سرکه چوب باعث افزایش وزن مینی‌تیوبر در بوته و مترمربع گردید. همچنین عنوان نمودند به کمک این ماده، گیاهان رشد بهتر و قوی‌تر داشته و در مقابل آفات و بیماری‌ها تحمل بیشتری نشان می‌دهند و محصول با کیفیت و سالم تولید می‌گردد که باعث کاهش هزینه تولید و صرفه‌جویی در هزینه‌های مواد شیمیایی می‌شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد توام بیوچار و سرکه چوب بر ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر گیاه ذرت علوفه‌ای

تیمارها	df	ارتفاع	قطر ساقه	وزن خشک	وزن تر
Wood vinegar	۵	۶۱۰۶/۶	*۲/۷۰۶	*۳۶۵/۹	*۷۰۸۵
amend	۴	*۲۲۶۵۹/۷	*۱۸۸/۴۹۳	*۱۰۸۶۱/۵	*۲۸۵۵۵۵
w* amend	۲۰	۴۹۳۵/۱	*۱/۷۱۹	*۷۴/۷	*۴۴۲۹
r	۶۰	۴۵۴۷/۸	۰/۰۸۴	۰/۸	۳۰

* به مفهوم معنی دار بودن ($P \leq ۰/۰۰۰۱$) براساس آزمونLSD می‌باشد. r به مفهوم خطا است. همچنین wood vinegar تیمار سرکه چوب، amend تیمار ماده اصلاحی می باشد.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد توام بیوچار و سرکه چوب بر ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر گیاه ذرت علوفه‌ای

تیمارها ماده اصلاحی	W0	W1	W2	W3	W4	W5
			ارتفاع گیاه			
B02	۳۲/۳۳ b	۲۰/۰۰ b	۲۵/۰۰ b	۲۳/۰۰b	۲۴/۰۰ b	۲۱/۶۶b
B01	۸۶/۰۰ b	۲۸۳/۶۶ a	۶۰/۰۰ b	۵۰/۶۶ b	۵۲/۰۰ b	۶۶/۳۳b
B2	۱۱۷/۳۳ b	۱۰۷/۶۶ b	۱۰۱/۳۳ b	۱۰۶/۰۰ b	۹۴/۳۳ b	۹۰/۳۳ b
B1	۱۰۱/۶۶ b	۱۰۳/۵۰ b	۱۰۲/۶۶ b	۱۰۸/۳۳ b	۱۰۰/۰۰ b	۱۰۱/۶۶ b
B0	۹۵/۰۰ b	۱۲۳/۰۰ b	۱۲۵/۰۰ b	۱۱۳/۶۶ b	۱۰۰/۶۶ b	۶۶/۹۰ b
			قطر ساقه			
B02	۴/۷۱lk	۴/۸۳lk	۴/۷۶lk	۴/۲۴ i	۴/۶۶lk	۴/۷۰lk
B01	۷/۷۷ h	۷/۵۱ h	۶/۶۰i	۵/۹۳j	۶/۱۱j	۸/۴۵g
B2	۱۲/۶۲ab	۱۲/۶۴a	۱۲/۱۸abc	۱۱/۴۰ e	۱۱/۱۰e	۱۰/۵۱f
B1	۱۱/۸۷dc	۱۲/۰۷c	۱۲/۱۵cb	۱۱/۹۸c	۱۱/۴۰ ed	۱۰/۶۰f
B0	۱۰/۲۱f	c۱۲/۱۴	۱۲/۱۳c	۱۲/۱۱c	۱۰/۱۶f	۱۰/۴۵f
			وزن خشک			
B02	۷/۰۰o	۵/۳۳rp	۵/۰۰ rp	۴/۰۰r	۵/۶۶op	۵/۰۰rp
B01	۲۵/۶۶k	۱۸/۰۰m	۱۹/۳۳m	۱۲/۰۰n	۱۳/۳۳n	۲۱/۳۳l
B2	۶۲/۳۳bc	۶۴/۶۶a	۶۱/۳۳dc	۶۰/۳۳ed	۴۴/۶۶h	۴۷/۳۳gh
B1	۶۰/۳۳ed	۶۱/۶۶dcb	۶۰/۳۳ ed	۶۰/۳۳ed	۴۴/۶۶ i	۴۸/۶۶g
B0	۵۳/۳۳f	۶۳/۰۰b	۶۲/۶۶cb	۵۹/۳۳e	۴۵/۰۰i	۴۳/۰۰j
			وزن تر			
B02	۴۶/۳۳n	۳۴/۰۰o	۳۴/۰۰o	۳۰/۰۰o	۳۵/۶۶o	۳۲/۰۰o
B01	۱۶۵/۰۰i	۱۳۲/۶۶k	۱۱۰/۰۰l	۹۶/۰۰m	۱۳۸/۰۰k	۱۵۶/۰۰j
B2	۳۹۲/۶۶a	۳۵۳/۳۳cb	۳۰۲/۳۳d	۲۵۸/۳۳g	۲۷۱/۶۶f	۲۳۰/۳۳h
B1	۲۸۷/۰۰e	۳۳۰/۰۰d	۳۱۲/۳۳c	۳۴۴/۶۶c	۲۵۷/۶۶g	۲۷۰/۰۰f
B0	۲۷۰/۳۳f	۳۸۶/۰۰a	۳۵۷/۶۶b	۳۲۲/۳۳d	۲۸۷/۶۶e	۲۵۷/۳۳g

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۰۰۱$) براساس آزمونLSD می‌باشند.

سرکه چوب در ۶ مقدار صفر (W_0)، ۰/۰۲ (W_1)، ۰/۰۴ (W_2)، ۰/۱ (W_3)، ۰/۲ (W_4) و ۰/۴ (W_5) گرم بر کیلوگرم (ماده اصلاحی شامل ماده خام در ۲ سطح ۱ (B_{01}) و ۲ (B_{02}) درصد وزنی- وزنی و بیوچار در ۲ سطح ۱ (B_1) و ۲ (B_2) درصد وزنی- وزنی

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد توام سرکه چوب در سطح ۰/۰۲ ، ۰/۰۴ و ۰/۱ گرم بر کیلوگرم و بیوچار در سطح ۱ و ۲ درصد باعث افزایش ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر گیاه نسبت به شاهد گردید. همچنین کاربرد توام سرکه چوب در سطح در سطح ۰/۰۲ ، ۰/۰۴، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر کیلوگرم و ماده خام در سطح ۱ و ۲ درصد باعث کاهش

ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر گیاه ذرت علوفه‌ای شد. بیوچار و سرکه چوب از طریق تاثیری که بر ویژگی‌های خاک از جمله بهبود ساختمان خاک و فراهمی آب قابل دسترس دارند، می‌تواند باعث بهبود عملکرد و کیفیت گیاه و همچنین تاثیر بر ویژگی‌های ظاهری گیاه شود. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که استفاده از بیوچار و سرکه چوب علاوه بر حفظ سلامت محیط زیست، سبب کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی و افزایش کمی و کیفی محصول تولیدی می‌شود.

منابع

۱. بهشتی، م، علیخانی، ح، متشرع زاده، ب. محمدی، ل. (۱۳۹۵). تغییرات کیفیت بیوچار تولیدشده از کود گاوی در طی فرایند پیرولیز آهسته در دماهای مختلف. مجله تحقیقات خاک و آب ایران ۴۷(۱). ۲۵۹-۲۶۷.

۲. حسن پناه، ح. (۱۳۸۹). بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف سرکه چوب بر تولید مینی تیوبر سیب زمینی رقم آگریا در شرایط گلخانه‌ای. فصلنامه علمی پژوهشی علوم به‌زراعی گیاهی ۴. ۶۷-۷۵.

۳. رزاقی، ف. رضایی، ن. (۱۳۹۶). اثر سطوح مختلف بیوچار بر خواص فیزیکی خاک با بافت های مختلف. نشریه حفاظت منابع آب و خاک سال هفتم (۱). ۷۵-۸۸.

۴. فتحی گردلیدانی، ا. میرسید حسینی، ح. (۱۳۹۴). جنبه‌های مختلف اثرات بیوچار در اصلاح و بهبود کیفیت خاک. همایش بین المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی. ۱ خرداد. تهران – ملارد.

5. Baimark, Y., Threeprom, J., Dumrongchai, N. (2008). Utilization of wood vinegars as sustainable coagulating and antifungal agents in the production of natural rubber sheets. Journal of Environmental Science and Technology, 1(4), 157-163.
6. Chalermsan, Y., Peerapan, S. (2010). Wood-vinegar: by-product from rural charcoal kiln and its roles in plant protection. Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2, 189–195.
7. Du, W., Zhu, Y., Zhang, X., Geng, Y., Lin, P. (2016). Effects of wood vinegar on microbial biomasses and enzyme activity in sandy soil. Bulletin of Soil and Water Conservation, 3, 061.
8. Eastman, CM. (2011). Soil physical characteristics of an Aeric Ochraqualf amended with Biochar. Ph. D. Thesis, The Ohio State University.
9. Jothityangkoon, D., Koolachart, R., Wanapat, S., Wongkaew, S., Jogloy, S. (2008). Using wood vinegar in enhancing peanut yield and in controlling the contamination of aflatoxin producing fungus . International Crop Science, 4, 253-253.
10. Kang, M.Y., Kim, J.H., Heo, K.H., Cho, S.S., Esguerra, M.Q., Rico, C.M., Son, T.K., Lee, S.C. (2008). Effects of rice bran application on growth. yield, and palatability of rice. Journal of Crop Science and Biotechnology, 53, 24–30.
11. Kim, H.D., Seo, H.E., Lee, C.S., Lee, K.Y. (2008). Effects of Wood Vinegar Mixted with Insecticides on the Mortalities of Nilaparvata lugens and Laodelphax striatellus (Homoptera: Delphacidae). Animal Cells and Systems, 12, 47-52.
12. Koc, I., Yardim, E. N., Akca, M. O., Namli, A. (2019). Impact of pesticides and wood vinegar, used in wheat agro-ecosystems, on the soil enzyme activities. Fresenius Environmental Bulletin, 27(4), 2442-2448.
13. Koc, I., Ogue, E., Namli, A., Mendes, M., Kuttu, E., Yardim, E.N. (2019). The effects of woog vinegar on some soil microorganisms. Applied Ecology and Environmental Research, 17(2), 2437-2447.
14. Laird, D.A., Fleming, P.D., Karlen, D.L., Wang, B., Horton R. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma, 158,436–442.

15. Lee, S., Ahn, B., Cho, S. (2010). Antimicrobial activities of wood vinegar and application as natural fungicides and food preservatives. Mokchae Konghak. Journal of the Korean Wood Science and Technology, 38(4), 341-348.
16. Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems a review, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11, 403–427 .
17. Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota- a review. Soil Biology and Biochemistry, 43,1812–1836.
18. Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J., Lehmann, J. (2010). Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil, 333,117–128.
19. Masum, S.M., Malek, M., Mandal, M.S.H. Haque, M.N., Akther, Z. (2013). Influence of plant extracted pyroligneous acid on transplanted aman. World Journal of experimental Bioscience, 4, 31–34.
20. Nurhayati, T., Roliadi, H., Bermawie, N.(2005). Production of Mangium (Acacia mangium) Wood vinegar and its utilization. Journal of Forestry Research, 2(1), 13 – 25.
21. Pattiya, A. (2011). Thermochemical characterization of agricultural wastes from Thai cassava plantations. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 33, 691-701.
22. Payamara, j. (2011). Usage of wood vinegar as new organic subxtance. International Journal of ChemTech Research, 3(3), 1658-1662.
23. Sukiran, M.A., Kheang, L.S., Bakar, N.A., May, C.Y. (2011). Production and characterization of bio-char from the pyrolysis of empty fruit bunches. American Journal of AppliedSciences, 8, 984–988.
24. Tiilikkala, K., Fagernas, L., Tiilikkala, J. (2010). History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. The Open Agriculture Journal, 4(1), 111-118.
25. Travero, j., Mihara, M. (2015). Impacts of pyroligneous acid to biological and chemical properties of depleted soil in Bohol, Philippines. International Journal of Environmental and Rural Development, 6(1), 132-137.
26. Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. Soil use and Management, 27, 205-212.

Effect of Co-Application of Biochar and Wood Vinegar on Physical characteristics of Forage Corn

Karimian shamsabadi Nasrin,[1] Ghorbani dashtak Shoja [2], Motaghian Hamidreza[3] Iranpour Ramin[4]
Khalili Moghadam Bijan[5]

1. Phd Student of Soil Science Department, ShahreKord University
2. Professor of Soil Science Department, ShahreKord University
3. Associate Professor of Soil Science Department, ShahreKord University
4. Assistant Professor of Agricultural and Natural Resources Center of Chaharmahal va Bakhtiari, ShahreKord
5. Associate Professor of Soil Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Abstract
It is imperative that for us to mitigate we will find alternative technologies in agriculture to replace those that are considered “destructive” to the life of the soil especially those which are proven to be one of the causes of soil degradation like synthetic fertilizers and pesticides. The aim of this study was to investigate the effect of co-application of biochar and wood vinegar on soil quality and soil function under Forage corn cultivate. For this purpose, a study was conducted under greenhouse conditions. The experiment was performed as a factorial experiment in a completely randomized design with 30 treatments in 3 replications. The studied treatments included wood vinegar in 6 values of zero (W0), 0.02 (W1), 0.04 (W2), 0.1 (W3), 0.2 (W4) and 0.4 (W5) g / Kg (first factor) and modified material including raw material in 2 levels 1 (B0 1) and 2 (B0 2) weight percent and biochar in 2 levels 1 (B1) and 2 (B 2) weight percent - Weight (second factor) was applied. The results showed that the interaction effects of wood modifier and wood vinegar on plant appearance were significant. Biochar and wood vinegar can improve plant yield and quality through their effect on soil properties, including improved soil structure and water availability.

Keyword: Biochar, Wood Vinegar, Forage Corn

تأثیر رژیم های آبیاری و تغذیه محلول پاشی بر تشکیل گل کامل و افزایش بهره وری آب زیتون

محمد سعید تدین[۱]، سهراب صادقی[۲]

۱- هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
m.tadayon@areeo.ac.ir

۲- مربی آموزشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک و همچنین نیمه گرمسیری، کمبود آب یک پدیده طبیعی است و به طور جدی پتانسیل کشاورزی را محدود می‌کند. زیتون درختی مقاوم در برابر خشکسالی است و به دلیل محدودیت منابع آبی، آبیاری آن در این مناطق معمولاً با یک رژیم کم آبیاری مداوم (۶۰ درصد نیاز آبی) در طول فصل رشد انجام می‌شود. در میان ارقام مختلف زیتون در این مناطق، زیتون رقم شنگه به دلیل افزایش گل‌های ناقص دارای عملکرد ضعیف می باشد. در این آزمایش، تأثیر رژیم کم آبیاری تنظیم شده و تغذیه محلول‌پاشی با نیتروژن، کلسیم، روی و بور در گل آغازی و گل انگیزی و نیز افزایش گلهای کامل درختان زیتون شنگه بررسی شد. دو فاکتور آزمایش شامل: رژیم‌های کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی (I_{60}، شاهد)؛ رژیم کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی + افزایش آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی در زمان گل انگیزی ($I_{60} + I_{75init}$)؛ رژیم کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی + افزایش آبیاری به ۷۵ درصد نیاز آبی در زمان گل آغازی ($I_{60} + I_{75ind}$)؛ رژیم کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی + افزایش آبیاری به ۷۵ درصد نیاز آبی در هر دو زمان ($I_{60} + I_{75ind} + I_{75init}$)؛ و فاکتور تغذیه محلول‌پاشی شامل: بدون تیمار (شاهد) و تغذیه محلول پاشی دو درصد کود اوره، ۲دو درصد کلات کلسیم Ca-EDTA (۹/۵ درصد کلسیم)، ۰/۲ درصد کلات روی Zn-EDTA و ۰/۲ درصد اسید بوریک، در هنگام گل انگیزی (FN_{init}) و گل آغازی (FN_{ind}) و در هر دو زمان گل‌انگیزی و گل‌آغازی ($FN_{init} + FN_{ind}$). نتایج نشان داد که افزایش آب آبیاری به ۷۵ درصد نیاز آبی در هنگام گل انگیزی همراه با تغذیه محلول‌پاشی در هر دو زمان گل‌انگیزی و گل‌آغازی بیشترین تأثیر را در افزایش تشکیل گل‌های کامل با تخمدان حاوی ۴-۳ تخمک کامل داشت. این تیمار بیشترین بهره‌وری مصرف آب و محتوای روغن میوه را داشت. این استراتژی کم آبیاری را می‌توان برای باغ‌های زیتون در مناطق خشک و نیمه خشک و نیمه گرمسیری با مشکلات رشد و نمو جوانه‌های توصیه نمود.

واژگان کلیدی: گل‌انگیزی، ویژگی زایشی، آبیاری، تغذیه، زیتون

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) محصول مهم در مناطق مختلف ایران است. درختان زیتون به طور طبیعی به آب و هوای مدیترانه‌ای احتیاج دارند (Ponti و همکاران، ۲۰۱۳)، اما به دلیل مقاومت در برابر خشکی زیاد و تاب آوری (Bacelar و همکاران، ۲۰۱۲)، در مناطق نیمه خشک ایران نیز توسعه یافته است. در چند دهه گذشته، باغ‌های زیتون با ارقام متفاوت در سطح استان فارس بویژه در مناطق نیمه خشک شرق استان گسترش یافته و سطح بارور زیتون حدود ۳۷۰۰ هکتار است. کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی در تمام طول فصل رشد یک استراتژی معمول و بهینه برای کاهش مصرف آب و عملکرد مناسب در این مناطق است. این رژیم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ETc)، کارایی استفاده از آب زیتون را با کمترین تأثیر بر عملکرد، افزایش می‌دهد و کنترل مناسبی بر رشد رویشی اعمال می‌کند (Gholami و همکاران ۲۰۲۰). در سالهای اخیر، عملکرد درختان زیتون رقم شنگه در این مناطق به دلیل افزایش گلهای ناقص، کاهش یافته است. این مسئله می‌تواند به دلیل شرایط نامساعد از جمله تنش گرما و خشکسالی و تابش شدید و اثرات آن بر روابط آبی گیاه، عناصر غذایی، مسیرهای اکسیداتیو با افزایش میزان تنفس نوری باشد که در فرآیند تولید گل کامل و سقط جنین و ریزش میوه و کیفیت میوه نقش بسزایی دارند (Petridis و همکاران، ۲۰۱۲؛ Stocker و همکاران ۲۰۱۳). بهبود استراتژی‌های به باغی برای جبران از دست دادن بهره وری و تغییرات احتمالی در کیفیت میوه و روغن زیتون ضروری است (Brito و همکاران ۲۰۱۹). دو مسئله مهم در تولید میوه درخت زیتون فرایند گل‌آغازی و گل انگیزی و رشد تخمک است (Fernandez-Escobar و همکاران ۱۹۹۲). گلاذین زیتون دارای گلهای کامل دوجنس و گل‌های ناقص است که بصورت

ژنتیکی و محیطی کنترل می‌شوند (Rosati و همکاران، ۲۰۱۲). تمایز ناقص موجب کاهش تعداد تخمک در تخمدان زیتون و کاهش احتمال باروری می شود (Martins و همکاران ۲۰۰۶). این آزمایش به منظور بررسی نقش رژیم کم آبیاری و مدیریت تغذیه در نمو جوانه گل، عملکرد میوه و روغن و افزایش بهره‌وری مصرف آب رقم زیتون شنگه در شرایط خشک و نیمه خشک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یک باغ تجاری (28°59'48.12"N, 59°39'38.22"E and, altitude 1481m) زیتون رقم شنگه در شهرستان فسا، با آب و هوای گرم و نیمه خشک، واقع در جنوب شرقی استان فارس در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۶ انجام شد. در ابتدای آزمایش نمونه مرکب از اعماق مختلف خاک تا عمق ۹۰ سانتیمتر تهیه و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن مشخص گردید (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه مرکب خاک محل آزمایش

Soil depth	Bulk density (g cm^{-3})	Field capacity (%)	Wilting point (%)	EC (dS m^{-1})	pH	TNV (%)	OC (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	Mg (meq l^{-1})	Ca (meq l^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	Mn (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})
۰-۳۰	۱/۲۵	۱۹/۵	۱۰/۳	۱/۴۸	۸/۴۴	۴۵/۲	۰/۸۶	۱۸/۸	۲۷۳/۵	۱۷/۹	۲۸/۳	۰/۸۹	۵/۷۴	۰/۶۳
۳۰-۶۰	۱/۲۸	۱۹/۳	۱۰/۴	۱/۳۶	۸/۴۸	۴۷/۷	۰/۶۲	۱۶/۷	۲۴۹/۴	۱۷/۶	۳۲/۱	۰/۸۴	۵/۲۳	۰/۵۲
۶۰-۹۰	۱/۲۹	۱۹	۱۰/۱	۱/۴۱	۸/۴۹	۵۰/۲	۰/۳۷	۱۶	۲۳۷/۵	۱۸/۵	۳۵/۵	۰/۷۳	۵/۶۱	۰/۴۷

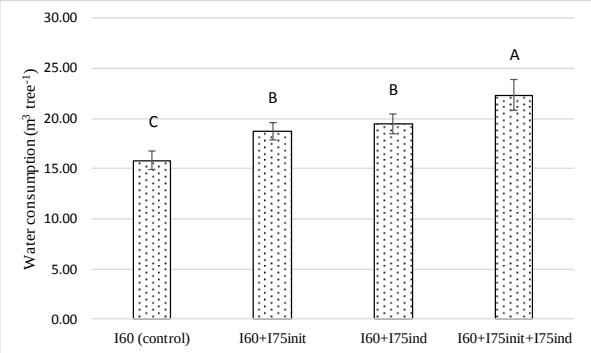
در اسفندماه ۱۳۹۵، تعداد ۱۲۸ درخت زیتون شنگه، بر اساس طرح آزمایشی انتخاب و برچسب گذاری شدند. فاصله کاشت درختان ۵ متر روی ردیف و ۷ متر بین ردیف‌ها و سیستم تربیت شلجمی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل (۴ × ۴) در غالب طرح بلوک کامل تصادفی طی چهار سال متوالی انجام شد. هر تیمار آزمایشی بر روی دو درخت در هر کرت و با چهار تکرار اعمال شد. دو فاکتور آزمایش شامل: رژیم‌های کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی (I_{60}، شاهد)؛ رژیم کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی + افزایش آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی در زمان گل انگیزی (BBCH scale ۵۱-۵۵، Sanz-Cortes و همکاران، ۲۰۰۲) ($I_{60} + I_{75init}$)؛ رژیم کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی + افزایش آبیاری به ۷۵ درصد نیاز آبی در زمان گل آغازی (BBCH scale ۷۱-۷۵) ($I_{60} + I_{75ind}$)؛ رژیم کم آبیاری مداوم با ۶۰ درصد نیاز آبی + افزایش آبیاری به ۷۵ درصد نیاز آبی در هر دو زمان ($I_{60} + I_{75ind} + I_{75init}$)؛ و فاکتور تغذیه محلول‌پاشی شامل: بدون تیمار (شاهد) و تغذیه محلول پاشی دو درصد کود اوره، ۲دو درصد کلات کلسیم Ca-EDTA (۹/۵ درصد کلسیم)، ۰/۲ درصد کلات روی Zn-EDTA و ۰/۲ درصد اسید بوریک، در هنگام گل انگیزی (FN_{init}) و گل آغازی (FN_{ind}) و در هر دو زمان گل‌انگیزی و گل‌آغازی ($FN_{init} + FN_{ind}$). با استفاده از داده های هواشناسی روزانه ایستگاه سینوپتیک فسا و استفاده از معادله پنمن-مونتیت میزان تبخیر و با توجه به ضریب گیاهی زیتون میزان نیاز آبی درختان محاسبه شد. سیستم آبیاری قطره‌ای و مقدار آب آبیاری مصرفی با کنتور تعیین شد. در هر سال تجزیه برگ (امامی، ۱۳۷۵)، میانگین تعداد گره شاخه فصل جاری، طول گل‌آزین، تعداد گل‌های کامل در گل آذین، درصد گل‌های کامل با ۴-۳ تخمک کامل، درصد میوه‌بندی، و در زمان برداشت میزان عملکرد، وزن تر و خشک، اندازه و حجم میوه و درصد روغن تعیین شد (Rosati و همکاران، ۲۰۱۲). درصد تبدیل جوانه رویشی به زایشی (Return bloom) روی شاخه فصل جاری با دو جوانه در هر گره با استفاده از معادله زیر تعیین شد.

$$\text{Return bloom (\%)} = [(\text{no. of inflorescences})/(2 \times \text{no. of nodes})]\text{x } 100$$

پیش از تجزیه و تحلیل، داده های درصد به روش arcsin نرمال شدند. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین با آزمون LSD انجام شد. همبستگی بین پارامترهای مختلف با استفاده از آزمون پیرسون توسط نرم افزار SPSS تعیین شد. و تجزیه به مولفه های اصلی داده های میانگین چهار سال با نرم افزار Minitab 14 انجام شد.

نتایج و بحث

بیشترین میزان میانگین آب مصرفی در رژیم‌های مختلف آبیاری مربوط به تیمار $I_{60} + I_{75ind} + I_{75init}$ بود و اختلاف معنی‌دار بین رژیم آبیاری $I_{60} + I_{75init}$ و $I_{60} + I_{75ind}$ مشاهده نشد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین آب مصرفی به ازاء هر درخت در رژیم‌های مختلف آبیاری. بر اساس آزمون LSD ستون‌های با حرف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

افزایش آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی در زمان گل انگیزی همراه با تغذیه محلول پاشی دو درصد کود اوره، ۲دو درصد کلات کلسیم Ca-EDTA (۹/۵ درصد کلسیم)، ۰/۲ درصد کلات روی Zn-EDTA و ۰/۲ درصد اسید بوریک، در هنگام گل انگیزی و گل آغازی (I_{75init} + FN_{ind} + FN_{init}) اثر معنی‌دار بر افزایش طول شاخه فصل جاری و طول گلاذین زیتون رقم شنگه داشت. همچنین این تیمار موجب افزایش معنی‌دار درصد گل‌های کامل با ۴-۳ تخمک کامل، کیفیت میوه و بویژه درصد روغن میوه و بهره‌وری مصرف آب درختان زیتون شد (جدول ۴). این روش می‌تواند به عنوان یک پروتکل و استراتژی پیشنهادی برای بهبود رشد و نمو جوانه گل و میوه زیتون رقم شنگه در شرایط گرم و خشک مورد استفاده قرار گیرد. شرایط گرم و خشک دوره پذیرش کلاله برای دانه گرده را کوتاه می‌کند (Martin و همکاران ۲۰۰۵ ؛ Seifi و همکاران ۲۰۱۱). همچنین تنش گرما و خشکی شدید در زمان نمو گل موجب تخریب و سقط جنین گل‌های زیتون می‌شود (Reale و همکاران، ۲۰۰۹). از بین رفتن تخمک و سقط جنین می‌تواند در هر مرحله از نمو گل‌آذین تحت تنش‌های محیطی و کمبود مواد غذایی اتفاق افتد (Ionescu و همکاران، ۲۰۱۷). کاهش رطوبت خاک و در نتیجه جذب عناصر غذایی به ویژه در تنش خشکی موجب کاهش محصول زیتون می‌گردد (Başar و Gürel، 2016؛ Zipori و همکاران ۲۰۲۰). بهره‌وری مصرف آب به ترتیب با افزایش غلظت برگی کلسیم، روی و بور افزایش یافت (جدول ۳). محتوای روغن میوه با افزایش غلظت کلسیم برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. این نتایج در تأیید مشاهدات Desouky (۲۰۰۹) بود که نشان داد محلول‌پاشی کلسیم موجب افزایش محتوای روغن میوه زیتون می‌شود.

جدول ۳. همبستگی بین غلظت عناصر غذایی برگ و ویژگی های مختلف نمو گل و میوه زیتون رقم شنگه.

ویژگی های نمو گل و میوه	N	Ca	B	Zn
طول گل آذین (mm)	۰/۵۳۶*	۰/۷۴۴**	۰/۶۵۹**	۰/۶۷۵**
درصد میوه بندی	۰/۵۵۳*	۰/۷۸۵**	۰/۶۳۳**	۰/۶۸۶**
درصد تبدیل جوانه رویشی به زایشی	۰/۳۵۲ns	۰/۶۱۵**	۰/۳۳۶ ns	۰/۴۲۴ ns
درصد گل‌های کامل با ۴-۳ تخمک کامل	۰/۵۴۸*	۰/۷۴۴**	۰/۵۸۵*	۰/۶۵۲**
عملکرد میوه (کیلوگرم به ازاء هر درخت)	۰/۵۷۵*	۰/۸۱۰**	۰/۶۷۲**	۰/۷۱۲**
بهره وری مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)	۰/۴۲۴ ns	۰/۷۱۸**	۰/۵۷۳*	۰/۵۶۲*
وزن خشک میوه (g)	۰/۲۲۸ ns	۰/۵۵۴*	۰/۳۳۷ ns	۰/۳۱۳ ns
حجم میوه (mm^3)	-۰/۰۶۹ ns	۰/۴۹۴ ns	۰/۰۵۹ ns	۰/۰۷۵ ns
درصد روغن میوه در وزن خشک	۰/۳۰۵ ns	۰/۶۳۶**	۰/۴۰۴ ns	۰/۳۸۰ ns

* ، ** به ترتیب معنی دار در سطح آماری ۵ و ۱٪ ns عدم معنی دار

جدول ۴. اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و تغذیه محلول پاشی بر صفات رویشی، نمو گل، صفات کمی و کیفی و بهره وری مصرف آب درختان زیتون رقم شنگه. بر اساس آزمون LSD ستون‌های با حرف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

سطوح تیمارها	طول شاخه فصل جاری (cm)	درصد تشکیل جوانه گل	طول گل آذین (mm)	درصد گلهای کامل گلاذین	درصد گل‌های کامل با ۴-۳ تخمک کامل	درصد میوه بندی
Control (I_{60} + FN_0)	۱۲/۵۴ ± ۰/۳۸ h	۱۱/۵ ± ۰/۵۳ i	۷۷/۰۲ ± ۵/۱۴ e	۱۸/۳۱ ± ۴/۸۸ h	۲۷/۷۵ ± ۰/۸۰ j	۱/۰۲ ± ۰/۱۲ h
FN_{init}	۱۶/۸۴ ± ۰/۵۲ de	۱۱/۸ ± ۰/۶۲ i	۹۰/۸۱ ± ۵/۴۲ c	۲۴/۴۳ ± ۵/۲۰ gh	۴۹/۸۹ ± ۱/۳۴ f	۲/۱۰ ± ۰/۱۸ f
FN_{ind}	۱۴/۶۷ ± ۰/۴۹ g	۲۲/۵۴ ± ۰/۸۰ g	۸۸/۲۶ ± ۵/۳۰ cd	۳۳/۶۸ ± ۵/۴۳ f g	۳۷/۲۷ ± ۱/۱۶ h	۱/۶۰ ± ۰/۱۴ g
FN_{ind} + FN_{init}	۱۷/۵۴ ± ۰/۶۲ bcd	۲۴/۶۳ ± ۰/۷۶ df	۱۰۵/۲۲ ± ۶/۸۴ ab	۳۹/۹۵ ± ۵/۵۲ f	۵۵/۶۶ ± ۱/۷۲ de	۲/۹۱ ± ۰/۲۰ e
I_{75init}	۱۵/۶۳ ± ۰/۵۶ ef g	۱۴/۳۴ ± ۰/۵۷ ghi	۷۷/۴۸ ± ۵/۱۹ de	۲۴/۴۷ ± ۵/۰۶ gh	۳۴/۱۰ ± ۱/۱۰ hi	۱/۵۱ ± ۰/۱۳ f g
I_{75init} + FN_{init}	۱۸/۱۹ ± ۰/۶۷ bc	۱۳/۴۸ ± ۰/۶۵ hi	۱۰۶/۷۷ ± ۶/۸۷ a	۵۲/۶۹ ± ۶/۱۹ e	۴۷/۷۰ ± ۱/۱۸ f	۲/۷۲ ± ۰/۱۹ e
I_{75init} + FN_{ind}	۱۵/۱۴ ± ۰/۵۱ f g	۲۰/۶۹ ± ۰/۶۹ g	۹۴/۴۳ ± ۵/۵۱ bc	۴۹/۷۲ ± ۶/۲۱ de	۳۹/۲۴ ± ۱/۲۶ h	۲/۱۳ ± ۰/۱۶ f
I_{75init} + FN_{ind} + FN_{init}	۱۹/۶۷ ± ۰/۶۹ a	۲۳/۴ ± ۰/۷۰ f	۱۰۷/۰۶ ± ۵/۷۹ a	۶۴/۹۷ ± ۶/۸۵ bc	۶۰/۷۴ ± ۱/۶۷ c	۳/۴۶ ± ۰/۲۱ c
I_{75ind}	۱۴/۸۴ ± ۰/۴۶ g	۲۴/۳۲ ± ۰/۶۸ f	۷۷/۸۱ ± ۵/۰۸ de	۲۸/۱۳ ± ۵/۱۰ gh	۲۸/۷۶ ± ۱/۲۲ i	۱/۸۸ ± ۰/۱۷ f
I_{75ind} + FN_{init}	۱۶/۹۵ ± ۰/۵۵ de	۲۶/۷۴ ± ۰/۷۹ de	۱۰۷/۶۱ ± ۶/۹۰ a	۵۱/۱۶ ± ۶/۳۵ d	۵۸/۲۳ ± ۱/۷۳ cd	۳/۵۶ ± ۰/۲۴ bc
I_{75ind} + FN_{ind}	۱۵/۵۱ ± ۰/۳۹ f g	۳۱/۳۷ ± ۱/۱۲ bc	۹۳/۸۸ ± ۵/۴۶ c	۴۴/۳۸ ± ۵/۴۰ e	۴۲/۸۰ ± ۱/۵۰ g	۳/۶۲ ± ۰/۲۲ bc
I_{75ind} + FN_{ind} + FN_{init}	۱۸/۶۸ ± ۰/۵۴ ab	۳۴/۳ ± ۱/۰۵ a	۱۰۷/۸۲ ± ۶/۸۷ a	۵۶/۸۵ ± ۶/۱۳ d	۶۵/۸۱ ± ۱/۸۴ bc	۴/۴۸ ± ۰/۲۷ a
I_{75init} + I_{75ind}	۱۶/۵۴ ± ۰/۶۲ def	۲۵/۸۱ ± ۰/۸۲ de	۷۸/۳۶ ± ۵/۴۳ de	۴۲/۱۳ ± ۵/۷۱ ef	۳۴/۲۴ ± ۱/۲۱ i	۱/۷۴ ± ۰/۱۵ f g
I_{75init} + I_{75ind} + FN_{init}	۱۸/۸۴ ± ۰/۶۸ ab	۲۷/۴۶ ± ۰/۹۱ cde	۱۰۸/۴۲ ± ۵/۷۲ a	۶۹/۴۹ ± ۶/۵۴ ab	۶۷/۴۸ ± ۱/۸۹ b	۳/۳۸ ± ۰/۲۰ cd
I_{75init} + I_{75ind} + FN_{ind}	۱۷/۱۷ ± ۰/۶۰ cd	۲۹/۵۲ ± ۱/۱۰ bc	۹۱/۱۳ ± ۶/۳۶ c	۵۷/۵۷ ± ۶/۲۵ cd	۵۲/۶۳ ± ۱/۶۴ e	۳/۰۲ ± ۰/۱۹ d
I_{75init} + I_{75ind} + FN_{ind} + FN_{init}	۱۹/۶۴ ± ۰/۶۵ a	۳۵/۹۱ ± ۱/۲۳ a	۱۱۲/۰۶ ± ۵/۹۱ a	۷۶/۱۶ ± ۶/۱۰ a	۸۲/۵۶ ± ۲/۳۴ a	۴/۳۰ ± ۰/۲۴ ab

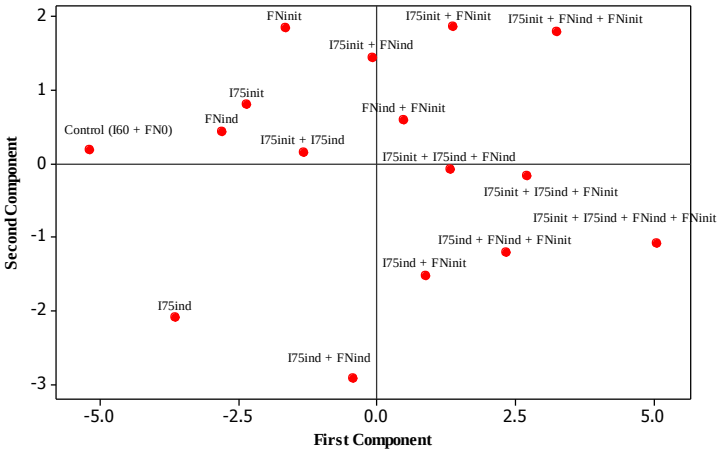
سطوح تیمارها	عملکرد میوه (کیلوگرم به ازاء هر درخت)	بهره وری مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)	وزن خشک میوه (g)	حجم میوه (mm^3)	درصد آب میوه	درصد روغن میوه در وزن خشک
Control (I_{60} + FN_0)	۲۱/۱۲ ± ۲/۱۶ h	۱/۳۲ ± ۰/۰۴ h	۱/۶۳ ± ۰/۱۲ gh	۲۰۱۱/۵۲ ± ۲۳۱/۶۴ h	۵۳/۷۴ ± ۱/۰۱ hi	۲۲/۰۴ ± ۲/۱۴ h
FN_{init}	۳۳/۴۴ ± ۲/۶۱ g	۲/۰۹ ± ۰/۰۵ f g	۱/۹۵ ± ۰/۱۴ de	۳۴۳۵/۲۹ ± ۲۸۴/۸۰ f	۵۰/۲۲ ± ۱/۱۲ j	۲۹/۱۳ ± ۲/۴۳ de
FN_{ind}	۳۰/۸۸ ± ۲/۳۳ g	۱/۹۳ ± ۰/۰۴ g	۱/۸۱ ± ۰/۱۳ f	۲۵۹۹/۸۷ ± ۲۴۱/۶۵ g	۵۱/۲۹ ± ۱/۱۵ i j	۲۵/۳۴ ± ۲/۱۸ f g
FN_{ind} + FN_{init}	۴۰/۴۸ ± ۲/۴۷ f	۲/۵۳ ± ۰/۰۶ cd	۱/۹۳ ± ۰/۱۴ def	۳۶۳۸/۶۶ ± ۲۹۴/۳۱ ef	۵۴/۸۷ ± ۱/۰۴ h	۳۱/۸۱ ± ۲/۵۰ bcd
I_{75init}	۳۹/۱۹ ± ۲/۶۱ f	۲/۱۳ ± ۰/۰۵ ef g	۱/۸۲ ± ۰/۱۴ f	۴۹۳۰/۷۲ ± ۳۰۹/۸۲ c	۵۷/۴۸ ± ۱/۳۴ g	۲۵/۰۹ ± ۲/۰۷ f g
I_{75init} + FN_{init}	۴۸/۵۸ ± ۲/۹۵ cd	۲/۶۴ ± ۰/۰۷ c	۲/۲۳ ± ۰/۱۵ ab	۵۵۱۲/۰۴ ± ۳۵۲/۱۲ b	۵۸/۰۵ ± ۱/۲۱ ef g	۳۲/۰۵ ± ۲/۶۶ bcd
I_{75init} + FN_{ind}	۴۰/۸۵ ± ۲/۸۴ e	۲/۲۲ ± ۰/۰۶ ef	۲/۱۶ ± ۰/۱۴ abc	۴۷۸۵/۳۶ ± ۳۲۰/۷۵ c	۵۷/۹۴ ± ۱/۱۶ g	۳۴/۳۷ ± ۲/۷۱ ab
I_{75init} + FN_{ind} + FN_{init}	۵۹/۰۶ ± ۲/۷۹ b	۳/۲۱ ± ۰/۰۷ a	۲/۲۸ ± ۰/۱۴ a	۵۱۰۱/۹۹ ± ۳۶۱/۸۴ c	۵۵/۷۶ ± ۱/۲۰ gh	۳۶/۳۲ ± ۲/۷۶ a
I_{75ind}	۳۰/۰۳ ± ۲/۵۱ g	۱/۵۴ ± ۰/۰۴ h	۱/۴۱ ± ۰/۱۱ i	۲۳۶۸/۰۸ ± ۲۳۷/۵۰ gh	۶۳/۱۶ ± ۱/۳۵ b	۲۱/۲۰ ± ۲/۲۳ h
I_{75ind} + FN_{init}	۴۵/۴۴ ± ۲/۴۹ de	۲/۳۳ ± ۰/۰۶ de	۱/۷۸ ± ۰/۱۳ f gh	۴۱۷۲/۳۷ ± ۲۸۶/۲۴ d	۶۴/۷۳ ± ۱/۳۸ b	۲۶/۲۹ ± ۲/۲۹ ef g
I_{75ind} + FN_{ind}	۴۴/۲۷ ± ۲/۶۳ de	۲/۲۷ ± ۰/۰۵ ef	۱/۵۷ ± ۰/۱۰ h	۳۴۰۳/۶۳ ± ۲۷۸/۶۱ f	۶۹/۱۶ ± ۱/۴۱ a	۲۳/۵۷ ± ۲/۱۴ gh
I_{75ind} + FN_{ind} + FN_{init}	۵۳/۰۴ ± ۲/۹۱ c	۲/۷۲ ± ۰/۰۶ c	۱/۹۸ ± ۰/۱۳ de	۳۹۱۰/۲۲ ± ۲۸۹/۰۵ de	۶۰/۱۰ ± ۱/۲۳ def	۲۷/۱۴ ± ۲/۳۷ ef
I_{75init} + I_{75ind}	۴۸/۶۰ ± ۲/۷۰ cd	۲/۱۶ ± ۰/۰۵ ef	۱/۸۴ ± ۰/۱۴ ef	۴۱۵۴/۷۶ ± ۲۹۱/۶۴ d	۵۷/۵۸ ± ۱/۰۸ g	۲۷/۷۰ ± ۲/۴۵ ef
I_{75init} + I_{75ind} + FN_{init}	۵۷/۱۵ ± ۲/۶۹ bc	۲/۵۴ ± ۰/۰۷ cd	۲/۰۲ ± ۰/۱۴ cd	۴۹۸۲/۲۰ ± ۳۱۲/۵۷ c	۶۲/۱۷ ± ۱/۲۴ cd	۳۲/۸۶ ± ۲/۴۸ c
I_{75init} + I_{75ind} + FN_{ind}	۵۳/۳۳ ± ۲/۷۱ c	۲/۳۷ ± ۰/۰۵ d	۲/۰۸ ± ۰/۱۳ bcd	۵۵۷۲/۳۹ ± ۳۶۲/۸۲ b	۶۳/۰۶ ± ۱/۳۰ bc	۳۱/۱۶ ± ۲/۴۵ cd
I_{75init} + I_{75ind} + FN_{ind} + FN_{init}	۶۷/۰۵ ± ۲/۹۰ a	۲/۹۸ ± ۰/۰۷ b	۲/۰۵ ± ۰/۱۴ bcd	۶۵۶۶/۹۲ ± ۳۷۹/۲۵ a	۶۷/۴۵ ± ۱/۴۱ a	۳۳/۴۵ ± ۲/۸۳ abc

تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی اثرات تیمارهای مختلف بر تبعیض ویژگیهای مختلف نمو گل و میوه و عملکرد زیتون رقم شنگه در جدول ۳ و شکل ۲ آورده شده است.

جدول ۶. تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی و ضرایب تأثیر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده زیتون رقم شنگه

صفات ویژگی‌های اندازه گیری شده	PC1	PC2	PC3	PC4
طول شاخه فصل جاری (cm)	**۰/۳۴**	۰/۰۸۳	۰/۱۹۸	-۰/۱
طول گل آذین (mm)	**۰/۳۳۷**	-۰/۰۸۵	۰/۲۵۴	-۰/۳۹۹
درصد گلهای کامل گلاذین	**۰/۳۴۸**	-۰/۰۶۷	-۰/۱۶۹	۰/۲۴
درصد میوه بندی	**۰/۳۲۲**	-۰/۲۶۳	۰/۲۶۹	-۰/۱۱۴
درصد تشکیل جوانه گل	**۰/۲۲۶**	**-۰/۴۶۲**	۰/۰۲۲	۰/۷۲۳
درصد گل‌های کامل با ۴-۳ تخمک کامل	**۰/۳۳۸**	-۰/۰۵۳	۰/۳۳۱	-۰/۱۵۸
وزن خشک میوه (g)	**۰/۲۵۶**	**۰/۴۷۱**	-۰/۱۱	۰/۱۴۹
حجم میوه (mm^3)	**۰/۲۹۹**	۰/۱۶۳	-۰/۶۱۱	-۰/۲۱۲
درصد آب میوه	۰/۱۶۳	**-۰/۵۳۶**	-۰/۵۲۳	-۰/۲۷۸
درصد روغن میوه در وزن خشک	**۰/۲۸۴**	**۰/۳۸۳**	-۰/۱۲۶	۰/۲۵۸
مقادیر ویژه (Eigenvalues)	۷/۴۴۱۴	۲/۰۸۶۷	۰/۶۰۸۵	۰/۳۱۵۹
واریانس	۰/۶۷۶	۰/۱۹	۰/۰۵۵	۰/۰۲۹
واریانس تجمعی	۰/۶۷۶	۰/۸۶۶	۰/۹۲۲	۰/۹۵
معیار معنی‌داری	۰/۱۸۳	۰/۳۴۶	۰/۶۴۱	۰/۸۹

مقادیر پررنگ شده اجزاء مولفه‌های اصلی بیشتر از معیار معنی‌داری (PC eigenvalues)/√0.5=SC هستند.



شکل ۲. تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی اثرات تیمارهای مختلف بر تبعیض ویژگیهای بررسی شده و عملکرد زیتون رقم شنگه. اولین مولفه اصلی ۶۷/۶ درصد و دومین مولفه ۱۹ درصد از توزیع واریانس‌ها را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده تیمارهای $I_{75init}+I_{75ind}+FN_{ind}+FN_{init}$ و $I_{75init}+FN_{ind}+FN_{init}$ بیشترین تأثیر را بر بهبود رشد و نمو گلاذین و تشکیل گلهای کامل و افزایش عملکرد به خود اختصاص دادند، اما با توجه به برتری تیمار $I_{75init}+FN_{ind}+FN_{init}$ از نظر افزایش بهره‌وری مصرف آب و نیز افزایش کیفی میوه و درصد روغن، این تیمار برای زیتون رقم شنگه قابل توصیه می باشد.

فهرست منابع

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران.

Bacelar E., Moutinho-Pereira J.M., Gonçalves B., Brito C., Gomes-Laranjo J., Ferreira H. and Correia C.M. (2012). Water use strategies of plants under drought conditions. In Plant Responses to Drought Stress-From Morphological to Molecular Features; Aroca R, Ed.; Springer: New York, NY, USA 145–170.

Başar H, Gürel S (2016) The influence of Zn, Fe and B applications on leaf and fruit absorption of table olive ‘Gemlik’ based on phonological stages. Sci Hortic 198:336-343.

Brito C., Dinis L.T., Moutinho-Pereira J. and Correia C.M. (2019) Drought stress effects and olive tree acclimation under a changing climate. Plants. 8(7): 232.

Desouky IM (2009) Effect of Boron and Calcium Nutrients Sprays on Fruit Set, Oil Content and Oil Quality of Some Olive Oil Cultivars IM Desouky, World J Agri Sci 5(2):180-185.
Fernandez-Escobar R., Benlloch M., Navarro C. and Martin G.C. (1992). The time of floral induction in the olive. J Amer Soci Horti Sci 117(2):304-307.
Gholami R., Hadjiamiri A. and Najafi M. (2020). Effects of regulated deficit irrigation regime on vegetative and pomological characteristics and yield of table olive konservolia cultivar in field condition. Plant Prod 42:575-585.
Ionescu I.A., Møller B.L. and Sánchez-Pérez R. (2017). Chemical control of flowering time. J Exp Botany 68:369-382.
Martins P.C., Cordeiro A.M. Rapoport H.F. (2006). Flower quality in orchards of olive, Olea europaea L., cv. Morisca. Adv Hort Sci 262-266.
Petridis A., Therios I., Samouris G., Koundouras S. and Giannakoula A. (2012) Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olives (Olea europaea L.) cultivars. Plant Physiol Biochem 60:1-11.
Ponti L., Gutierrez A.P., Basso B., Neteler M., Ruti P.M., Dell'Aquila A. and Iannetta M. (2013). Olive agroecosystems in the Mediterranean Basin: Multitrophic analysis of climate effects with process-based representation of soil water balance. Procedia Environ Sci 19:122–131.
Reale L., Sgromo C., Ederli L., Pasqualini S., Orlandi F., Fornaciari M., Ferranti F. and Romano B. (2009) Morphological and cytological development and starch accumulation in hermaphrodite and staminate flowers of olive (*Olea europaea* L.). Sex Plant Report 22:109–119.
Rosati A., Caporali S. and Paoletti A. (2012). Floral biology: implications for fruit characteristics and yield. Olive germplasm-the olive cultivation, table olive and olive oil industry in Italy. In Tech Design Team, Rijeka pp.71-80.
Sanz-Cortes F., Martinez-Calvo J., Badenes M.L., Bleiholder H., Hack H., Llacer G. and Meier U. (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). Annals of Applied Biology 140(2):151-157.
Seifi E., Guerin J., Kaiser B. and Sedgley M (2011) Sexual compatibility and floral biology of some olive cultivars. New Zealand J Crop and Hort Sci 39(2):141-151.
Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2013; Cambridge University Press: New York, NY, USA.
Zipori I., Erel R., Yermiyahu U., Ben-Gal A. and Dag A (2020). Sustainable management of olive orchard nutrition: A review. Agriculture 10(1):11.

Effect of irrigation regimes and foliar nutrition on flower development and water productivity of olive (*Olea europaea* L. cv. 'Shengeh')

Mohammad Saeed Tadayon[1], Sohrab Sadeghi[2]
[1]Correspondent author, Associate professor of Soil and Water Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email m.tadayon@areeo.ac.ir,
[2]Instructor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email

Abstract
In the arid and semi-arid as well as sub-tropical regions of Iran, water shortage is a normal phenomenon and seriously limits the agricultural potential. Olive is a drought-tolerant tree and due to limited water resources, its irrigation in these regions commonly is done with a continuous deficit irrigation regime (60% of the water requirements) throughout the growing season. Although, among the different olive cultivars in these regions 'Shengeh' have a poor yield, due to the incomplete flower bud development and increment of staminate flowers. In this experiment, the effect of a modified regulated deficit irrigation regime and foliar nutrition with nitrogen, calcium, zinc, and boron on a flower bud and fruit development in 'Shengheh' olive trees were investigated. Two experimental factors contained the irrigation regimes - Continuous deficit irrigation (60% of the water requirements) (Control) (I60), - I60+increasing the irrigation to 75% of the water requirements during flower initiation (I60+I75init), - I60+increasing the irrigation to 75% of the water requirements during olive flower induction (I60+I75ind), and I60+increasing the irrigation to 75% of the water requirements at both time (I60+I75init+I75ind); and foliar nutrition - without treatment (control), and foliar nutrition with 2% urea fertilizer; 2% Ca-EDTA chelate, 9.5% Ca; 0.2 % Zn-EDTA chelate and 0.2 % boric acid, during flower initiation (FNinit), flower induction (FNind) and both time (FNinit+FNind). The results indicated that the increment of irrigation water to 75% of the water requirements during flower initiation along with foliar nutrition at both times had the highest influence on the increment of perfect flowers with ovary rate 3-4 developed ovules. This treatment had the highest water productivity and fruit oil content. This deficit irrigation strategy could be recommended for olive orchards under arid and semi-arid and sub-tropical regions with the same flower bud development problems.

Keywords: Flower induction, Reproductive characteristics, Irrigation, Nutrition, Olive

رابطه بین شاخص عدم تعادل عناصر غذایی و حساسیت پرتقال والنسیا به زوال مرکبات

محمد سعید تدین[۱]، کبری ثقفی[۲]، سهراب صادقی[۳]

۱- هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
m.tadayon@areeo.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب تهران ۳- مربی آموزشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

چکیده

عارضه زوال مرکبات تهدیدی عمده برای باغ‌های مرکبات در مناطق مختلف کشور است. در این مطالعه از روش تشخیص چندگانه CND برای ارزیابی وضعیت و ارتباط عدم تعادل تغذیه‌ای ۱۶۲ باغ پرتقال والنسیا و شدت عارضه زوال مرکبات استفاده گردید. نرم‌های CND[۱] برای زیرجمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات باغ‌های پرتقال والنسیا به صورت V*N = 2.967 ± 0.127 ، V*P = 0.288 ± 0.156، V*K = 2.795 ± 0.125، V*Ca =2.600 ± 0.269، V*Mg = 1.331 ± 0.095، V*S = 0.930 ± 0.226، V*Fe = -1.459 ± 0.292، V*Mn = -3.695 ± 0.285، V*Zn = -4.035 ± 0.249، V*Cu = -5.111 ± 0.220، V*B = -3.219 ± 0.177، V*Rd = 6.609 ± 0.116 محاسبه گردید. با توجه به تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی PCA[۲]، مشاهده گردید که شاخص‌های تغذیه‌ای کلسیم، بور، سولفور و منیزیم نقش اساسی در کاهش شاخص شدت زوال مرکبات و افزایش عملکرد در باغ‌های پرتقال والنسیا داشت. افزایش شاخص‌های عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بطور معنی‌دار موجب افزایش شدت عارضه زوال مرکبات شد. کاربرد نرم‌های استاندارد CND و مدیریت تغذیه بر اساس شاخص‌های عدم تعادل تغذیه‌ای، نه تنها منجر به افزایش عملکرد وکاهش شدت عارضه زوال مرکبات می‌گردد بلکه امکان مصرف بهینه کود در این باغ‌ها را فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: پرتقال، زوال مرکبات، شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای

مقدمه

عارضه زوال مرکبات (Citrus decline) در مناطق مختلف کشور در حال توسعه می‌باشد. این عارضه سندرمی از اختلالات شامل پوسیدگی و سیاه شدن ریشه، توقف و مرگ سرشاخه‌ها، ریزش برگ و میوه و علائم زردی نامنظم برگی و ناحیه گلگاه میوه و مرگ تدریجی و ناگهانی مرکبات می‌باشد. از مهمترین عوامل تأثیرگذار در بروز عارضه زوال مرکبات می‌توان به تنش‌های محیطی مانند شرایط فیزیکی شیمیایی خاک (بالا بودن تراکم، پهاش، بی‌کربنات، شوری) و مصرف بیش از حد کود و عدم تعادل تغذیه‌ای (Srivastava و Singh ، ۲۰۰۹)، میزان رطوبت خاک (تنش خشکی و غرقاب)، تنش‌های بیولوژیکی از جمله پایه، نماتد، بیماری گرینینگ[۳]، بیماری ویروسی تریستزا و اگزوکورتیس و بیماری‌های قارچی فیتوفتورا، پیتیوم و فوزاریوم ریشه اشاره نمود (Johnson و Graham، ۲۰۱۵؛ Graham، ۲۰۱۷؛ Dewdney و همکاران، ۲۰۱۸؛ Siddiqui و همکاران، ۲۰۱۹). تحقیقات زیادی در مورد ارتباط بین زوال مرکبات و وضعیت عناصر غذایی خاک و گیاه انجام شده و مشاهده گردیده است که زوال مرکبات موجب کاهش جذب، جابجایی، کارایی و انتقال مجدد عناصر غذایی در مرکبات می‌گردد (Srivastava و Singh ، ۲۰۰۹؛ Gottwald و همکاران، ۲۰۱۲؛ Nwugo و همکاران، ۲۰۱۳). روش تشخیص چندگانه CND توانایی تشخیص تغییرات در ترکیب ایونوم[۴] و تعاملات چند عنصری برای تشخیص دقیق اختلالات تغذیه‌ای در رابطه با تغییرات فیزیولوژی گیاه را دارد (Parent و همکاران، ۲۰۱۳). این روش مبتنی بر تشخیص چند متغیره است و امکان تشخیص و تفسیر نتایج تجزیه برگی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Rozane و همکاران، ۲۰۲۰). این روش هنوز برای تطبیق نسبت مقاومت در باغ‌های سالم و دچار عارضه و تشخیص عدم تعادل تغذیه‌ای که باعث ایجاد

[1] Compositional Nutrient Diagnosis
[2] Principal Component Analysis
[3] Huanglongbing
[4] Ionoms

عارضه زوال مرکبات در باغ‌های می‌شود، اعمال نشده است. هدف این مطالعه مقایسه تفاوت تغذیه‌ای باغ‌های نسبتاً مقاوم و حساس و تعیین نرم‌ها و شاخص‌های CND و همچنین ایجاد ارتباط بین وضعیت تغذیه و شدت عارضه زوال مرکبات در باغ‌های پرتقال والنسیا بود. همچنین با استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی اثرمتقابل شاخص‌های تغذیه‌ای و ارتباط آن با شدت عارضه زوال مرکبات بررسی شد.

مواد و روش‌ها

۱۶۲ باغ تجاری پرتقال والنسیا (*Citrus sinensis* L. Osbeck) در مناطق مهم پرورش مرکبات استان فارس شامل جهرم، داراب، فسا، ممسنی و کازرون در سال ۱۳۹۸ انتخاب شد. یک پایگاه داده از نتایج تجزیه خاک، برگ، عملکرد و شاخص شدت عارضه زوال مرکبات از این باغ‌ها تهیه شد. برای تعیین میزان بروز و شدت عارضه زوال مرکبات، در هر باغ ۱۵ درخت به طور تصادفی از نظر وجود یا عدم وجود عارضه بیماری بررسی شدند. درصد بروز بیماری از نسبت تعداد درختان آلوده به تعداد کل درختان بررسی شده به دست آمد (Rehman و همکاران، ۲۰۱۱). شدت بیماری با استفاده از شاخص ۰-۵ بصری تعیین شد. مقیاس رتبه‌بندی محاسبه شده شامل ۰ = گیاهان سالم، ۱ = ۱-۱۰٪ بروز بیماری، ۲ = ۱۱-۲۰٪ ، ۳ = ۲۱-۳۰٪ ، ۴ = ۳۱-۵۰٪ و ۵ = بیش از ۵۰٪ بود و شاخص بیماری در هر باغ با معادله ۱ محاسبه شد (Kazmi و همکاران، ۲۰۰۵).

$$\text{Disease index (\%)} = \frac{0(n1)+1(n2)+2(n3)+3(n4)+4(n5)+5(n6)}{N} \times \frac{100}{5} \qquad (۱)$$

که در آن n1 تعداد درختان در رتبه بندی ۰، n2 تعداد درختان در رتبه بندی ۱، n3 تعداد درختان در رتبه بندی ۲، n4 تعداد درختان در رتبه بندی ۳، n5 تعداد درختان در رتبه‌بندی ۴، n6 تعداد درختان در رتبه بندی ۵ و N تعداد کل درختان بود. نمونه مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری تهیه و مورد تجزیه کامل قرا گرفت (احیایی و همکاران، ۱۳۷۲). همچنین نمونه برگ از مجموع ۳۰ درخت به طور تصادفی از برگهای کاملاً بالغ از شاخه‌های غیر بارده رشد فصل جاری تهیه شد و تجزیه کامل عناصر غذایی انجام شد (امامی، ۱۳۷۵). در زمان برداشت، میانگین وزن محصول برای هر درخت از مجموع ۳۰ درخت نمونه‌برداری شده در هر باغ با توزین آنها ثبت شد. محاسبه و تجزیه و تحلیل تشخیص چندگانه CND به روش Prent و Duffier (۱۹۹۲) انجام شد. پس از مرتب نمودن داده‌ها به صورت نزولی بر اساس شدت عارضه زوال مرکبات، از روش Cate–Nelson برای تقسیم پایگاه داده به دو زیر جمعیت (شدت عارضه کم و زیاد) بر اساس هر جز (کلیه عناصر غذایی و اثر باقی مانده) استفاده شد (Khiari و همکاران ۲۰۰۱). پس از محاسبه نرم‌ها CND از جمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات، شاخص‌های تغذیه‌ای و $CNDr^2$ محاسبه شد. محاسبات توسط نرم افزار Microsoft Excel 2016 انجام شد و تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی PCA توسط نرم افزار Minitab 14 انجام گرفت.

نتایج و بحث

تقسیم زیر جمعیت‌ها و تعیین جمعیت مرجع (شدت کم عارضه زوال مرکبات) بر اساس روش Khiari و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد. برای این منظور از بالاترین مقدار شاخص شدت عارضه زوال مرکبات (۳۳/۰۱ ٪) در بین فرم‌های بیان عناصر غذایی، برای اطمینان از اینکه حداکثر هدف شدت عارضه برای زیر جمعیتی با شدت کم عارضه زوال مرکبات محقق شده است، انتخاب شد (جدول ۱). نرم‌های عناصر غذایی یعنی میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی به میانگین هندسی آنها از زیرجمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات (n = ۱۲۳) (۷۵/۹۲ درصد کل جمعیت) به صورت V*N = 2.967 ± 0.127، V*P = 0.288 ± 0.156، V*K = 2.795 ± 0.125، V*Ca =2.600 ± 0.269، V*Mg = 1.331 ± 0.095، V*S = 0.930 ± 0.226، V*Fe = -1.459 ± 0.292، V*Mn = -3.695 ± 0.285، V*Zn = -4.035 ± 0.249، V*Cu = -5.111 ± 0.220، V*B = -3.219 ± 0.177، V*Rd = 6.609 ± 0.116 محاسبه گردید.

جدول ۱- برآورد نقطه عطف شاخص شدت عارضه زوال مرکبات (–b/3a) برای عناصر غذایی و مقادیر باقی مانده Rd از طریق توابع نسبت واریانس تجمعی آنها [F_i^c (Vx)] باغ‌های پرتقال والنسیا

اجزاء برگی شامل عناصر غذایی	$F_i^c(V_X) = aY^3 + bY^2 + cY + d$	R^2	نقطه عطف تعیین شده (-b/3a) %
N	$y = -3E\text{-}04x^3 + 0.0212x^2 - 2.6174x + 89.192$	$R^2 = 0.990$	۲۳/۵۶
P	$y = 0.0003x^3 - 0.0214x^2 - 1.5266x + 103.65$	$R^2 = 0.989$	۲۳/۷۸
K	$y = -0.001x^3 + 0.0365x^2 - 3.5118x + 101.86$	$R^2 = 0.996$	۱۲/۱۷
Ca	$y = -7E\text{-}05x^3 + 0.0114x^2 - 0.5279x + 7.5363$	$R^2 = 0.997$	۵/۴۳
Mg	$y = 0.0001x^3 - 0.002x^2 - 2.1608x + 99.542$	$R^2 = 0.985$	۶/۶۷
S	$y = -3E\text{-}05x^3 + 0.0121x^2 - 1.2709x + 37.446$	$R^2 = 0.854$	۱۳/۴۴
Fe	$y = -0.001x^3 + 0.0398x^2 - 3.3823x + 90.282$	$R^2 = 0.994$	۱۳/۲۷
Mn	$y = -0.0007x^3 + 0.024x^2 - 3.2626x + 104.76$	$R^2 = 0.9862$	۱۱/۴۳
Zn	$y = 0.0003x^3 - 0.0257x^2 - 1.4004x + 103.91$	$R^2 = 0.983$	۲۸/۵۶
Cu	$y = -7E\text{-}04x^3 + 0.0112x^2 - 2.6747x + 104.14$	$R^2 = 0.993$	۵/۳۳
B	$y = -2E\text{-}04x^3 + 0.0198x^2 - 2.4286x + 74.014$	$R^2 = 0.973$	**۳۳/۰۱**
*Rd	$y = 3E\text{-}05x^3 + 0.0176x^2 - 2.8771x + 100.81$	$R^2 = 0.993$	۱۹/۵۶

* کسر باقیمانده (Rd) † بالاترین مقدار شاخص شدت عارضه زوال مرکبات

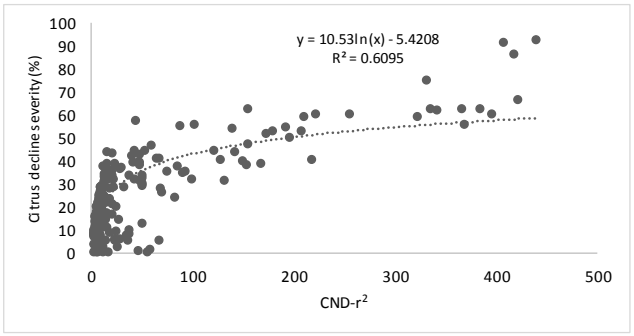
با توجه به اینکه میانگین غلظت عناصر غذایی در زیرجمعیت مرجع به عنوان حد مطلوب در نظر گرفته می‌شود (Parent و همکاران ۲۰۱۳)، میانگین عناصر غذایی و انحراف معیار آنها در زیر جمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات به عنوان حد مطلوب برای کاهش شدت عارضه برای پرتقال رقم والنسیا تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار عناصر غذایی برگی جمعیت مرجع با عملکرد بالا و نتایج مقایسه آن (آزمون T-Student) با زیرجمعیت با عملکرد پایین باغ‌های پرتقال والنسیا

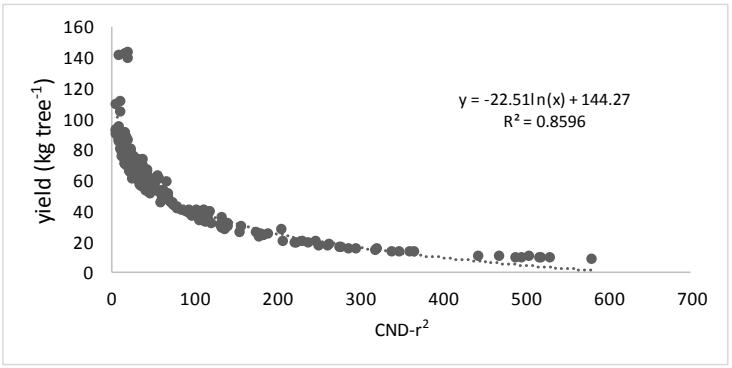
		زیرجمعیت مرجع با شاخص شدت کم عارضه زوال مرکبات (n = 123) دامنه کفایت عناصر غذایی برگی		زیر جمعیت با شاخص شدت بالای عارضه زوال مرکبات (n = 39)		T-test
Nutrient	Units	Mean	SD	Mean	SD	
N	(%)	۲/۴۴۵	۰/۲۸	۲/۵۵	۰/۳۰۷	۰/۰۰۹**
P	(%)	۰/۱۶۸	۰/۰۲۵	۰/۱۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۹۳ns
K	(%)	۲/۰۶۱	۰/۲۴۸	۲/۱۰۳	۰/۲۹۲	۰/۱۴۹ns
Ca	(%)	۱/۷۷۳	۰/۵۶۱	۰/۷۸۱	۰/۷۴	۰/۰۰۰**
Mg	(%)	۰/۴۷۹	۰/۰۷۷	۰/۳۶۱	۰/۱۰۵	۰/۰۰۰**
S	(%)	۰/۳۳	۰/۰۹۴	۰/۱۵۶	۰/۱۲۷	۰/۰۰۰**
Fe	(mg kg^{-1})	۳۰۴/۱۰۴	۱۰۹/۱۳۹	۳۳۱/۳۱۸	۱۲۷/۹۰۱	۰/۰۶۶ ns
Mn	(mg kg^{-1})	۳۲/۶۵۹	۱۰/۷۷	۳۷/۱۹۷	۱۳/۷۸۴	۰/۰۰۹**
Zn	(mg kg^{-1})	۲۳/۱۳۴	۷/۶۳۵	۲۶/۵۴۵	۱۳/۱۳۶	۰/۰۲۶*
Cu	(mg kg^{-1})	۷/۷۷۴	۲/۰۸۲	۷/۷۲۷	۲/۳۰۴۱	۰/۴۴۳ ns
B	(mg kg^{-1})	۵۱/۴۰۲	۱۲/۳۲۵	۲۹/۶۰۶	۱۶/۲۱۱	۰/۰۰۰**
شاخص شدت عارضه	(%)	۱۵/۴۲۹	۹/۶۹۷	۴۷/۸۰۱	۱۴/۰۵۹	۰/۰۰۰**
عملکرد	(kg $tree^{-1}$)	۶۵/۷۵	۱۸/۶۷	۳۲/۷۴۲	۲۴/۶۲۹	۰/۰۰۰**

** با توجه به آزمون T-student اختلاف معنی‌دار در سطح P <0.01 ns فاقد اختلاف معنی دار انحراف معیار (SD)

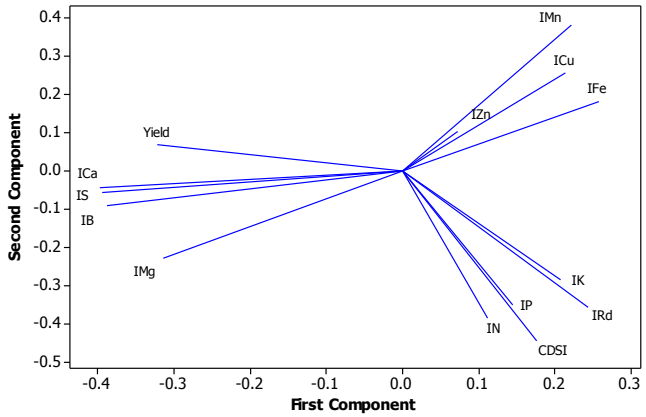
از نرم‌های مرجع CND برای محاسبه شاخص‌های CND (IX) و تعیین شاخص عدم تعادل عناصر غذایی ($CNDr^2$) استفاده شد. از برازش رگرسیونی برای تعیین مقادیر بحرانی شاخص‌های عناصر غذایی روش تشخیص چندگانه و چندمتغیره CND استفاده گردید (شکل ۱). همچنین رابطه بین عملکرد و $CNDr^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) تعیین شد (شکل ۲).



شکل ۱- رابطه بین شدت عارضه زوال مرکبات و $CND\text{-}r^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) باغ‌های پرتقال والنسیا (n = ۱۶۲). با کاهش مقدار $CND\text{-}r^2$ به کمتر از ۳۸/۴۲۲، شدت عارضه زوال مرکبات را به زیر ۳۳/۰۱ درصد کاهش داد.



شکل ۲- رابطه بین عملکرد و $CND\text{-}r^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) باغ‌های پرتقال والنسیا (n = ۱۶۲). کاهش مقدار $CND\text{-}r^2$ به کمتر از ۳۸/۴۲۲، میزان عملکرد را به بیش از ۶۲/۱۳۹ کیلوگرم به ازاء هر درخت افزایش داد.



شکل ۳- تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی PCA از اثرات مختلف شاخص‌های CND (IX) بر ممیزه‌های زیر جمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات (loading plot). اولین مولفه اصلی ۴۴/۲ درصد و دومین مولفه ۱۹/۹ درصد از توزیع واریانس‌ها را در زیرجمعیت باغ‌های پرتقال والنسیا با شدت کم عارضه زوال مرکبات را به خود اختصاص دادند. شاخص شدت عارضه زوال مرکبات (Citrus decline severity index CDSI).

در زیرجمعیت باغ‌های پرتقال والنسیا با شدت کم عارضه زوال مرکبات شاخص‌های عناصر غذایی کلسیم، گوگرد، بور و منیزیم نقش موثر بر کاهش شدت این عارضه داشتند. همچنین در زیر جمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات، افزایش منگنز برگ تأثیر قابل توجهی در کاهش عارضه زوال مرکبات داشت. منگنز فعالیت آمینوپپتیداز را که اسیدهای آمینه ضروری را برای رشد قارچ ها فراهم می‌کند و پکتین متیلاز، آنزیمی قارچی که دیواره‌های سلول را تجزیه می‌کند، مهار می کند (Heckman و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین منگنز با فعال کردن چندین مسیر آنزیمی اسید شیکیمیک و فنیل پروپانوئیدها، فراهمی زیستی لیگنین و سوبرین را که موجب

افزایش مقاومت در برابر تخریب آنزیمی می‌گردد، کنترل می‌کند (Agrios، ۲۰۰۵). افزایش شاخص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بطور معنی‌دار موجب افزایش شدت عارضه زوال مرکبات در باغ‌های پرتقال والنسیا شد. غلظت بالای نیتروژن برگی می‌تواند موجب کاهش آنزیم‌های اصلی متابولیسم فنل و در نتیجه کاهش محتوای فنل‌ها و لیگنین که بخشی از سیستم دفاعی گیاه می‌باشد، شود (Maity و همکاران ۲۰۱۶). کاهش باز جذب فسفر در شرایط زوال مرکبات می‌تواند دلیل افزایش غلظت برگی فسفر در زیرجمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات باشد. کاربرد بیش از حد کودهای پتاسه، به دلیل اثر آنتاگونیستی، می‌تواند مانع جذب کلسیم و بور شود که از این نظر گیاه را مستعد بیماری‌های باکتریایی می‌کند (Rietra و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعات نشان داد که غلظت های بالاتر کلسیم برگ موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء سلولی در شرایط تنش می شود (Karimi و همکاران ۲۰۱۸) کلسیم و بور تجمع و جذب قند ساکارز را تعدیل می‌کند که موجب تنظیم پاسخ به تنش های زنده و غیر زنده است (Sakr و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین Ca و S به عنوان پیام رسان ثانویه در انتقال سیگنال مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده عمل می‌کنند (Ahmed و همکاران، ۲۰۲۱). منیزیم به عنوان جزء اصلی ساختار کلروفیل و فعال کننده فتوسنتز عمل می‌کند و کاهش غلظت منیزیم برگ موجب اختلال در فتوسنتز می‌شود (Sgrignani و Magistrato، ۲۰۱۲). بیشترین عملکرد پرتقال والنسیا در شرایط بیماری بلایت، در خاک‌های حاوی منیزیم قابل مبادله بیش از ۱۰٪ ظرفیت کل تبادل کاتیونی خاک می‌باشد (Pavan و Wutscher، ۱۹۹۳)، که نشان دهنده اهمیت منیزیم در کاهش عارضه زوال مرکبات می‌باشد.

نتیجه‌گیری

شاخص‌های عناصر غذایی برگی، کلسیم، گوگرد، بور، و منیزیم تأثیر معنی‌داری بر کاهش شدت عارضه زوال مرکبات و افزایش عملکرد باغ‌های پرتقال والنسیا داشتند. افزایش منگنز برگ تأثیر قابل توجهی در کاهش عارضه زوال مرکبات داشت. از طرف دیگر افزایش شاخص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بطور معنی‌دار موجب افزایش شدت عارضه زوال مرکبات شد. تغذیه متعادل و بویژه مدیریت این عناصر می‌تواند موجب بهبود عارضه زوال مرکبات در باغ‌های پرتقال والنسیا گردد. با توجه به محدودیت‌های خاکی موجود، کاربرد عناصر غذایی کلسیم، گوگرد، بور، و منیزیم بویژه از طریق محلول‌پاشی توصیه می‌گردد.

فهرست منابع

احیایی، ع.، بهبهانی‌زاده م.، بهبهانی‌زاده، ع. ا.(۱۳۷۲). شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک وآب.

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران.

Agrios G.N. (2005) Plant Pathology. 5ed Elsevier-Academic Press

Ahmed, M., Fahad, S., Ali, M. A., Hussain, S., Tariq, M., Ilyas, F., Ahmad S, Saud S, Hammad, H.M., Nasim, W., Wu, Liu C. H. (2021). Hydrogen Sulfide: A Novel Gaseous Molecule for Plant Adaptation to Stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-17.

Dewdney M.M., Johnson E.G. and Graham J.H. (2018) [32 CG009] Phytophthora Foot Rot, Crown Rot, and Root Rot. EDIS

Gottwald T.R., Graham J.H., Irey M.S., McCollum T.G., Wood B.W. (2012). Inconsequential effect of nutritional treatments on Huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. *Crop Protection*, 36, 73–82.

Graham J. (2017). Horticultural factors that contribute to tolerance of citrus to Huanglongbing (HLB). Fruticultura 2017 Symposium October 18, 2017 Univ Florida Citrus Research and Education Center.

Heckman J.R., Clarke B.B., Murphy J.A. (2003). Optimizing manganese fertilization for the suppression of take-all patch disease on creeping bentgrass. *Crop Science*, 43, 1395–1398.

Johnson E.G., Graham J.H. (2015). Root health in the age of HLB. *Citrus Industry*, 98,14-18.

Karimi S., Rahemi M., Rostami A.A. and Sedaghat S. (2018). Drought effects on growth, water content and osmoprotectants in four olive cultivars with deferent drought tolerance. *International Journal of Fruit Science*, 18,254-267.

Kazmi M.R., Fateh F.S., Majeed K., Kashkhely A.M., Hussain I., Ahmad I. and Jabeen A. (2005). Incidence and etiology of mango sudden death phenomenon in Pakistan. *Pak. J. Phytopathol*, 17(2), 154-158.

Khiari L., Parent L.E. and Tremblay N. (2001). Selecting the High-Yield Subpopulation for Diagnosing Nutrient Imbalance in Crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802-808.

Maity A., Sharma J., Sarkar A., More A.K. and Pal R.K. (2016). Nutrient imbalance indices are closely related with susceptibility of pomegranate to bacterial blight disease. *Scientia Horticulturae*, 211, 79-86.
Nwugo C.C., Lin H., Duan Y. and Civerolo E.L. (2013). The effect of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' infection on the proteomic profiles and nutritional status of pre-symptomatic and symptomatic grapefruit (*Citrus paradisi*) plants. *BMC Plant Biology*, 13, 59–82.
Parent S.É., Parent L.E., Egozcue J.J., Rozane D.E., Hernandes A., Lapointe L., and Natale W. (2013). The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. *Frontiers in Plant Science*, 4, 39.
Pavan M.A. and Wutscher H.K. (1993). Accumulation of nutrients at the surface of roots of blight affected orange trees. *Communication in Soil Science & Plant Analysis*, 24, 979–987.
Rehman A., Saleem M., Mehboob S. and Bokhari A.A. (2011). Fungi associated with rhizosphere soil in mango decline orchards and their in vitro control. *Pakestanian Journal of Phytopathology*, 23(2), 112-117.
Rietra R.P., Heinen M., Dimkpa C.O. and Bindraban P.S. (2017). Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. *Communications in soil science and plant analysis*, 48(16), 1895-1920.
Rozane D.E., Vahl de Paula B., Wellington Bastos de Melo G., Haitzmann dos Santos E.M., Trentin E., Marchezan C., Stefanello da Silva L.O., Tassinari A., Dotto L., Nunes de Oliveira F. and Natale W. (2020). Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Applied to Grapevines Grown in Subtropical Climate Region. *Horticulturae*, 6,56.
Sakr S., Wang M., Dédaldéchamp F., Perez-Garcia M. D., Ogé L., Hamama L. And Atanassova R. (2018). The sugar-signaling hub: overview of regulators and interaction with the hormonal and metabolic network. *International journal of molecular sciences*, 19(9), 2506.
Sgrignani J. and Magistrato A. (2012). The structural role of Mg^{2+} ions in a class I RNA polymerase ribozyme: A molecular simulation study. *Journal of Physico- Chemical Biology*, 116, 2259–2268.
Siddiqui M.A., Akram M. And Haque Z. (2019). Strategies for management of Phytophthora diseases in citrus in India. *Management*, 435, 451.
Srivastava A.K. and Singh S. (2009). Citrus decline: Soil fertility and plant nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 197-245.

Relationships between the incidence of citrus decline in Valencia orange trees and nutrient imbalance indices

Mohammad Saeed Tadayon[1], Kobra Saghafi[2], Sohrab Sadeghi[3]
[1]Correspondent author, Associate professor of Soil and Water Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email m.tadayon@areeo.ac.ir, http://orcid.org/0000-0003-4026-7407
[2]Instructor of Biology and Biotechnology Department, Soil and Water Research Institue, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email saghafi.varesh@gmail.com,
[3]Instructor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email so.sadeghi@areeo.ac.ir, https://orcid.org/0000-0002-1022-891X

Abstract
The citrus decline is a major threat to the citrus orchards in the differnet region of the country. In this study, the multivariate compositional nutrient diagnosis (CND) method was used to evaluate the status and relationship between nutritional imbalance and the severity index of citrus decline in 162 Valencia orange orchards. The CND norms for a low-citrus decline severity subpopulation were calculated as V*N = 2.967 ± 0.127, V*P = 0.288 ± 0.156, V*K = 2.795 ± 0.125, V*Ca = 2.600 ± 0.269, V*Mg = 1.331 ± 0.095, V*S = 0.930 ± 0.226, V*Fe = -1.459 ± 0.292, V*Mn = -3.695 ± 0.285, V*Zn = -4.035 ± 0.249, V*Cu = -5.111 ± 0.220, V*B = -3.219 ± 0.177, V*Rd = 6.609 ± 0.116. According to the principal component analysis (PCA), it was observed that the nutritional indices of calcium, boron, sulfur and magnesium had a major role in reducing the severity of citrus decline and increasing yield in Valencia orange orchards. Increasing the nutrient indices of nitrogen, phosphorus and potassium significantly increased the severity of citrus decline. The application of CND norms and nutrition management based on nutritional imbalance indises could, not only increases the yield and reduces the severity of citrus deterioration, but also allows the optimal use of fertilizer in the orchards.

Keywords: Citrus decline, Nutrient imbalance indices, Orange

بررسی ارتباط بین شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای و شدت عارضه دانه سفیدی انار رقم رباب

محمد سعید تدین[۱]، کبری ثقفی[۲]، سهراب صادقی[۳]

۱- هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
m.tadayon@areeo.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب تهران ۳- مربی آموزشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

چکیده

عارضه دانه سفیدی انار (Aril browning) یکی از اختلالات جدی فیزیولوژیکی و ناهنجاری عمده در کیفیت میوه انار رقم رباب می‌باشد. در این مطالعه از روش تشخیص چندگانه CND برای ارزیابی وضعیت و ارتباط عدم تعادل تغذیه‌ای ۵۲ باغ انار رقم رباب و شدت عارضه دانه سفیدی انار استفاده گردید. نرم‌های CND[۱] برای زیرجمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار باغ‌های انار رباب به صورت V*N = 2.587 ± 0.103، V*P = 0.124 ± 0.206، V*K = 2.232 ± 0.105، V*Ca = 3.086 ± 0.165، V*Mg = 1.367 ± 0.108، V*S = 1.357 ± 0.137، V*Fe = -1.410 ± 0.324، V*Mn = -3.165 ± 0.221، V*Zn = -4.499 ± 0.192، V*Cu = - 5.265 ± 0.225، V*B = -2.884 ± 0.100، V*Rd = 6.757 ± 0.075. محاسبه گردید. با توجه به تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی PCA[۲]، مشاهده گردید که شاخص‌های تغذیه‌ای کلسیم، سولفور، بور و منیزیم نقش اساسی در کاهش شاخص عارضه دانه سفیدی انار و افزایش عملکرد در باغ‌های انار رقم رباب داشت. افزایش شاخص‌های عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، مس و منگنز بطور معنی‌دار موجب افزایش شدت عارضه دانه سفیدی انار شد.

واژگان کلیدی: انار رباب، دانه سفیدی انار، شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای

مقدمه

عارضه دانه سفیدی انار (Aril browning) یا (Aril paleness) نوعی اختلال فیزیولوژیکی در ارقام دانه قرمز انار از جمله رقم رباب است که به ویژه در مناطق گرم و خشک توسعه یافته است. در این عارضه قسمت و یا کل دانه‌های انار آسیب دیده و به رنگ سفید مایل به قهوه‌ای با بافت نرم و فاقد عطر و طعم تبدیل می‌شوند (Jalikop و همکاران، ۲۰۱۰). عارضه دانه سفیدی با ایجاد نقاط کوچک تیره بر روی دانه ها در اوایل توسعه آغاز شده و به شکل رگه‌های تشعشعی داخل دانه گسترش می‌یابد (Shivashankar و همکاران، ۲۰۱۲). این عارضه به دلیل تنش شدید محیطی (درجه حرارت شدید مانند تنش گرما و سرما، دمای بالای شبانه، تنش خشکی و تنش شدید نوری) که منجر به تخریب غشای سلول و تخریب اکسیداسیونی آنزیمی و غیرآنزیمی آنتوسیانین می‌شود، تشدید می‌گردد (Petrov و همکاران، ۲۰۱۵). مدیریت تغذیه می‌تواند با کاهش اثرات تنش‌های محیطی موجب کاهش عارضه دانه سفیدی انار شود. روش تشخیص چندگانه CND توانایی تشخیص تغییرات در ترکیب ایونوم[۳] و تعاملات چند عنصری برای تشخیص دقیق اختلالات تغذیه‌ای در رابطه با تغییرات فیزیولوژی گیاه را دارد (Parent و همکاران، ۲۰۱۳) و امکان تشخیص و تفسیر نتایج تجزیه برگی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Rozane و همکاران، ۲۰۲۰). این روش هنوز برای تطبیق نسبت مقاومت در باغ‌های سالم و دچار عارضه و تشخیص عدم تعادل تغذیه‌ای که باعث ایجاد عارضه دانه سفیدی در باغ‌های انار می‌شود، اعمال نشده است. هدف این مطالعه تعیین نرم‌ها و شاخص‌های CND و همچنین ایجاد ارتباط بین وضعیت تغذیه و شدت عارضه دانه سفیدی انار رقم رباب بود. همچنین با استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی اثرمتقابل شاخص‌های تغذیه‌ای و ارتباط آن با شدت عارضه دانه سفیدی انار بررسی شد.

---

[1] Compositional Nutrient Diagnosis

[2] Principal Component Analysis

[3] Ionoms

مواد و روش‌ها

۵۳ باغ انار رقم رباب (*Punica granatum* cv. 'Rabab') در مناطق مهم پرورش انار در استان فارس شامل شهرستان‌های نیریز، ارسنجان، استهبان، شیراز، مرودشت (سیدان و فاروق)، جهرم، کازرون، ممسنی و داراب در سال ۱۳۹۸ انتخاب شد. یک پایگاه داده از نتایج تجزیه خاک، برگ، عملکرد و شاخص شدت عارضه دانه سفیدی انار از این باغ‌ها تهیه شد. برای تعیین میزان بروز و شدت عارضه دانه سفیدی انار، در هر باغ ۱۵ درخت به طور تصادفی از نظر وجود یا عدم وجود عارضه دانه سفیدی بررسی شدند. از هر درخت بطور تصادفی تعداد ۱۰ عدد میوه تهیه شد و شدت عارضه دانه سفیدی بر حسب درصد با شمارش تعداد میوه‌های دارای عارضه و درصد دانه‌های سفید در هر میوه و طبقه بندی در ۶ سطح شاخص ۰-۵ تعیین شد. مقیاس رتبه‌بندی محاسبه شده شامل ۰ = گیاهان سالم، ۱ = ۱-۱۰٪ بروز عارضه، ۲ = ۱۱-۲۰٪ ، ۳ = ۲۱-۳۰٪ ، ۴ = ۳۱-۵۰٪ و ۵ = بیش از ۵۰٪ بود و شاخص عارضه در هر باغ با معادله ۱ محاسبه شد (Kazmi و همکاران، ۲۰۰۵).

$$\text{Aril Browning Index (\%)} = \frac{0(n1)+1(n2)+2(n3)+3(n4)+4(n5)+5(n6)}{N} \times \frac{100}{5} \qquad (۱)$$

که در آن n1 تعداد درختان در رتبه بندی ۰، n2 تعداد درختان در رتبه بندی ۱، n3 تعداد درختان در رتبه بندی ۲، n4 تعداد درختان در رتبه بندی ۳، n5 تعداد درختان در رتبه‌بندی ۴، n6 تعداد درختان در رتبه بندی ۵ و N تعداد کل درختان بود. نمونه مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری تهیه و مورد تجزیه کامل قرار گرفت (احیایی و همکاران، ۱۳۷۲). همچنین نمونه برگ از مجموع ۳۰ درخت به طور تصادفی از برگهای کاملاً بالغ از شاخه‌های غیر بارده رشد فصل جاری تهیه شد و تجزیه کامل عناصر غذایی انجام شد (امامی، ۱۳۷۵). در زمان برداشت، میانگین وزن محصول برای هر درخت از مجموع ۳۰ درخت نمونه‌برداری شده در هر باغ با توزین آنها ثبت شد. محاسبه و تجزیه و تحلیل تشخیص چندگانه CND به روش Parent و Duffier (۱۹۹۲) انجام شد. پس از مرتب نمودن داده‌ها به صورت نزولی بر اساس شدت عارضه دانه سفیدی انار، از روش Cate–Nelson برای تقسیم پایگاه داده به دو زیر جمعیت (شدت عارضه کم و زیاد) بر اساس هر جز (کلیه عناصر غذایی و اثر باقی مانده) استفاده شد (Khiari و همکاران ۲۰۰۱). پس از محاسبه نرم‌ها CND از جمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی، شاخص‌های تغذیه‌ای و $CNDr^2$ محاسبه شد. محاسبات توسط نرم افزار Microsoft Excel 2016 انجام شد و تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی PCA توسط نرم افزار Minitab 14 انجام گرفت.

نتایج و بحث

تقسیم زیر جمعیت‌ها و تعیین جمعیت مرجع (شدت کم عارضه زوال مرکبات) بر اساس روش Khiari و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد. برای این منظور از بالاترین مقدار شاخص شدت عارضه دانه سفیدی انار (۲۸/۲۵ ٪) در بین فرم‌های بیان عناصر غذایی، برای اطمینان از اینکه حداکثر هدف شدت عارضه برای زیر جمعیتی با شدت کم عارضه دانه سفیدی محقق شده است، انتخاب شد (جدول ۱). نرم‌های عناصر غذایی یعنی میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی به میانگین هندسی آنها از زیرجمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار (n = ۳۲) (۶۰/۳۸ درصد کل جمعیت) به صورت V*N = 2.587 ± 0.103، V*P = 0.124 ± 0.206، V*K = 2.232 ± 0.105، V*Ca = 3.086 ± 0.165، V*Mg = 1.367 ± 0.108، V*S = 1.357 ± 0.137، V*Fe = -1.410 ± 0.324، V*Mn = -3.165 ± 0.221، V*Zn = -4.499 ± 0.192، V*Cu = -5.265 ± 0.225، V*B = -2.884 ± 0.100، V*Rd = 6.757 ± 0.075. محاسبه گردید.

جدول ۱- برآورد نقطه عطف شاخص شدت عارضه دانه سفیدی انار (-b/3a) برای عناصر غذایی و مقادیر باقی مانده Rd از طریق توابع نسبت واریانس تجمعی آنها [F_i^c (Vx)] باغ‌های انار رقم رباب

اجزاء برگی شامل عناصر غذایی	$F_i^c(V_x) = aY^3 + bY^2 + cY + d$	R^2	نقطه عطف تعیین شده (-b/3a) %
N	$y = -0.001x^3 + 0.0783x^2 - 3.7292x + 58.651$	$R^2 = 0.796$	۲۶/۱
P	$y = -0.0008x^3 + 0.0574x^2 - 3.3749x + 76.743$	$R^2 = 0.977$	۲۳/۹۲
K	$y = -0.002x^3 + 0.1089x^2 - 4.2413x + 52.947$	$R^2 = 0.742$	۱۸/۱۵

۲۸/۲۵	$R^2 = 0.866$	$y = -0.0008x^3 + 0.0678x^2 - 3.5011x + 65.017$	Ca
۶/۶۷	$R^2 = 0.993$	$y = -0.0007x^3 + 0.0411x^2 - 2.6384x + 75.882$	Mg
۲۶/۲۵	$R^2 = 0.651$	$y = -0.0009x^3 + 0.0709x^2 - 3.262x + 48.538$	S
۱۳/۳۳	$R^2 = 0.994$	$y = -0.001x^3 + 0.04x^2 - 2.7321x + 78.124$	Fe
۲۴/۹۶	$R^2 = 0.968$	$y = -0.0008x^3 + 0.0599x^2 - 3.4125x + 73.818$	Mn
۲۱/۴۸	$R^2 = 0.955$	$y = -0.0009x^3 + 0.058x^2 - 3.2692x + 71.168$	Zn
۲۵/۰۷	$R^2 = 0.943$	$y = -0.001x^3 + 0.0752x^2 - 3.9429x + 74.111$	Cu
۲۵/۱۹	$R^2 = 0.819$	$y = -0.0007x^3 + 0.0529x^2 - 2.7655x + 55.59$	B
۲۴/۴	$R^2 = 0.696$	$y = -0.001x^3 + 0.0732x^2 - 3.3819x + 50.54$	*Rd

* کسر باقیمانده (Rd) † بالاترین مقدار شاخص شدت عارضه زوال مرکبات

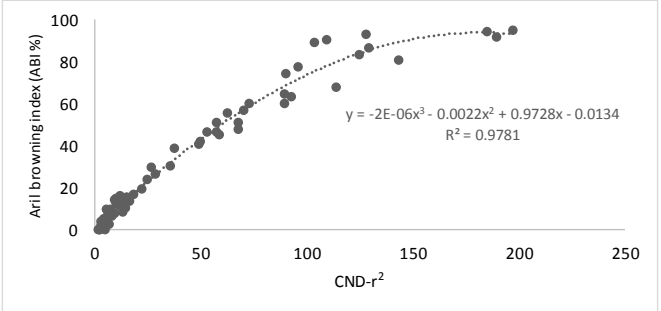
با توجه به اینکه میانگین غلظت عناصر غذایی در زیرجمعیت مرجع به عنوان حد مطلوب در نظر گرفته می‌شود (Parent و همکاران ۲۰۱۳)، میانگین عناصر غذایی و انحراف معیار آنها در زیر جمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار به عنوان حد مطلوب برای کاهش شدت عارضه دانه سفیدی انار رقم رباب تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار عناصر غذایی برگی جمعیت مرجع با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار و نتایج مقایسه آن (آزمون T-Student) با زیرجمعیت با شدت زیاد دانه سفیدی انار باغ‌های انار رقم رباب

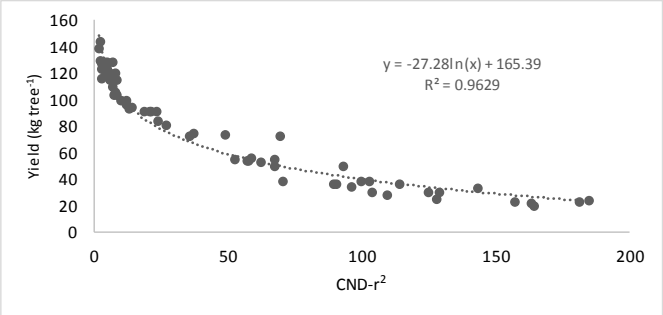
T-test	زیر جمعیت با شدت زیاد دانه سفیدی انار		زیرجمعیت مرجع با شدت کم عارضه دانه سفیدی			
	SD	Mean	SD	Mean	Units	Nutrient
۰/۱۰۱ ns	۰/۱۸۳	۱/۸۵۶	۰/۲۱	۱/۸۸۸	(%)	N
۰/۳۲۳ ns	۰/۰۲۹	۰/۱۵۴	۰/۰۳۲	۰/۱۶۴	(%)	P
۰/۰۰۴**	۰/۲۳۶	۱/۴۲۵	۰/۱۶۳	۱/۳۲۲	(%)	K
۰/۰۰۰**	۰/۷۸۳	۱/۰۳۹	۰/۲۳	۳/۵۱۱	(%)	Ca
۰/۰۰۰**	۰/۱	۰/۳۰۸	۰/۱۱۵	۰/۶۳	(%)	Mg
۰/۰۰۰**	۰/۱۵	۰/۱۵۵	۰/۰۵۱	۰/۶۴۹	(%)	S
۰/۰۰۳**	۱۴۳/۴۸۳	۴۱۲/۶۸۷	۸۷/۰۰۹	۳۳۳/۵۸۸	(mg kg^{-1})	Fe
۰/۷۰۲ ns	۱۴/۸۷۶	۶۴/۰۷۳	۱۴/۴۱۳	۶۲/۶۴۷	(mg kg^{-1})	Mn
۰/۰۲۴ ns	۶/۰۵۵	۱۷/۳۳	۳/۱۰۵	۱۵/۴۷۱	(mg kg^{-1})	Zn
۰/۹۷۵ ns	۱/۹۰۵	۸/۱۴۵	۲/۲۸۸	۸/۱۱۸	(mg kg^{-1})	Cu
۰/۰۰۰**	۱۷/۲۴۲	۳۵/۲۶۳	۵/۱۲۵	۸۹/۵۲۹	(mg kg^{-1})	B
۰/۰۰۰**	۱۲/۵۸۱	۴۴/۹۲۴	۳/۶۷۱	۱۴/۲۳۵	(%)	شاخص شدت عارضه
۰/۰۰۰**	۱۵/۶۸۱	۴۱/۲۸۷	۴/۵۷۱	۱۲۳/۶۹۶	(kg $tree^{-1}$)	عملکرد

** با توجه به آزمون T-student اختلاف معنی‌دار در سطح P <0.01 ns فاقد اختلاف معنی دار انحراف معیار (SD)

از نرم‌های مرجع CND برای محاسبه شاخص‌های CND (IX) و تعیین شاخص عدم تعادل عناصر غذایی ($CNDr^2$) استفاده شد. از برازش رگرسیونی برای تعیین مقادیر بحرانی شاخص‌های عناصر غذایی روش تشخیص چندگانه و چندمتغیره CND استفاده گردید (شکل ۱). همچنین رابطه بین عملکرد و $CNDr^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) تعیین شد (شکل ۲).



شکل ۱- رابطه بین شدت عارضه دانه سفیدی انار و $CND\text{-}r^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) باغ‌های انار رقم رباب (n = ۵۳). با کاهش مقدار $CND\text{-}r^2$ به کمتر از ۲۸/۰۲، شدت عارضه دانه سفیدی انار را به زیر ۲۸/۲۵ درصد کاهش داد.



شکل ۲- رابطه بین عملکرد و $CND\text{-}r^2$ (شاخص عدم تعادل تغذیه‌ای) باغ‌های انار رقم رباب (n = ۵۳). کاهش مقدار $CND\text{-}r^2$ به کمتر از ۲۸/۰۲، میزان عملکرد را به بیش از ۷۴/۴۶۷ کیلوگرم به ازاء هر درخت افزایش داد.

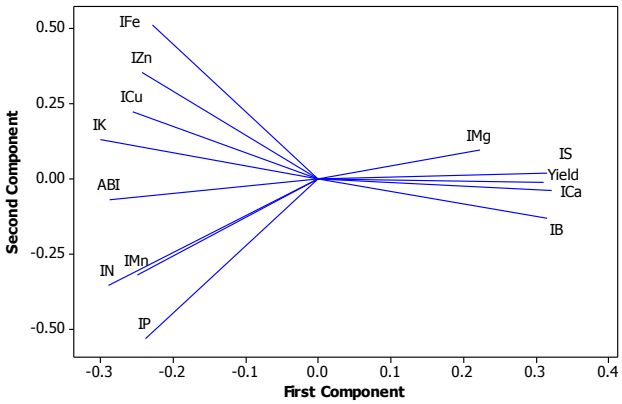
جدول ۳- همبستگی بین شاخص‌های تغذیه‌ای CND و چهار مولفه اصلی آزمون PCA برای زیرجمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار (۳۲ مشاهده) رقم "رباب".

شاخص های تغذیه‌ای CND	زیر جمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار (۳۲ مشاهده)			
	PC1	PC2	PC3	PC4
IN	**-۰/۳۱۸**	۰/۳۵۲	-۰/۱۴۱	۰/۰۹۶
IP	**-۰/۲۶۱**	**۰/۵۲۵**	-۰/۳۰۲	-۰/۲۳۴
IK	**-۰/۳۳**	-۰/۱۴۳	-۰/۳۲۹	۰/۰۲۹
ICa	**۰/۳۵۴**	۰/۰۳۹	۰/۰۶۹	۰/۰۲
IMg	**۰/۲۴۹**	-۰/۱۶	**-۰/۷۵۵**	۰/۲۱۹
IS	**۰/۳۴۷**	-۰/۰۰۹	۰/۱۶۷	-۰/۱۴۴
IFe	**-۰/۲۵۴**	-۰/۵۰۳	۰/۱۸	۰/۴۳۸
IMn	**-۰/۲۷۶**	۰/۳۳۹	۰/۲۶۶	۰/۵۲۳
IZn	**-۰/۲۷**	-۰/۳۵۷	-۰/۲۱۹	-۰/۰۸۴
ICu	**-۰/۲۸۲**	-۰/۲۱	۰/۱۴۵	-۰/۶۲۴
IB	**۰/۳۴۸**	۰/۱۱۷	-۰/۰۷۵	۰/۰۶۸
شاخص دانه سفیدی انار (ABI)	**-۰/۲۸۷**	-۰/۰۷	-۰/۳۸۷	-۰/۱۶۵
Yield	**۰/۳۱۱**	-۰/۰۱۱	-۰/۲۳۱	-۰/۱۲۱
مقادیر ویژه (Eigenvalues)	۷/۶۵۹	۰/۹۸۴	۰/۷۲۷	۰/۴۹۱
واریانس	۰/۶۹۶	۰/۰۸۹	۰/۰۶۶	۰/۰۴۵
واریانس تجمعی	۰/۶۹۶	۰/۷۸۶	۰/۸۵۲	۰/۸۹۶
معیار معنی‌داری	۰/۱۸۱	۰/۵۰۴	۰/۵۸۶	۰/۷۱۴

مقادیر پررنگ شده اجزاء مولفه‌های اصلی بیشتر از معیار معنی‌داری $SC=0.5/\sqrt{(PC\ eigenvalues)}$ هستند.

در زیرجمعیت باغ‌های انار رباب با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار شاخص‌های عناصر غذایی کلسیم، گوگرد، بور و منیزیم نقش موثر بر کاهش شدت این عارضه داشتند. افزایش شاخص عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن، مس، منگنز، روی، فسفر و آهن بطور معنی‌دار موجب افزایش شدت عارضه دانه سفیدی انار رقم رباب شد. غلظت بالای نیتروژن برگی می‌تواند موجب کاهش آنزیم‌های اصلی متابولیسم فنل و در نتیجه کاهش محتوای فنل‌ها و لیگنین که بخشی از سیستم دفاعی گیاه می‌باشد، شود (Maity و همکاران ۲۰۱۶). کاربرد بیش از حد خاکی کودهای پتاسه، به دلیل اثر آنتاگونیستی، می‌تواند مانع جذب کلسیم و بور شود. کلسیم و بور تجمع و جذب قند ساکارز را تعدیل می‌کند که موجب تنظیم پاسخ به تنش های زنده و غیر زنده است (Sakr و همکاران، ۲۰۱۸). منیزیم به عنوان جزء اصلی ساختار کلروفیل و فعال کننده فتوسنتز عمل می‌کند و کاهش غلظت منیزیم برگ موجب اختلال در فتوسنتز و تولید قند می‌شود (Sgrignani و Magistrato، ۲۰۱۲). بور در جابجایی قندهای قطبی از غشای سلول و متابولیسم کربوهیدرات و مواد فنولی نقش مهمی دارد (Lindo، ۲۰۰۹). افزایش قند میوه به سنتز پلی فنول‌ها و آنتوسیانین کمک می‌کند (Zhang و همکاران، ۲۰۱۸). کلسیم در تجمع آنتوسیانین و تولید آنتی اکسیدان‌های ناشی از قند نقش دارد (Xu و همکاران، ۲۰۱۷). غلظت‌های بالاتر کلسیم برگ و میوه موجب افزایش محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشاء سلولی در شرایط تنش می‌شود (Karimi و همکاران ۲۰۱۸). در شرایط تنش گرمایی، نیاز به کلسیم برای جلوگیری از دست رفتن آب گیاه بیشتر است. دمای بالاتر

از ۳۵ درجه سانتیگراد همراه با نور شدید در هنگام بلوغ و رسیدن میوه موجب کمبود آب و اکسیداسیون فنل‌ها و در نتیجه تخریب آنتوسیانین می‌گردد (Shivashankar و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۳- تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی PCA از اثرات مختلف شاخص‌های CND (IX) بر ممیزه‌های زیر جمعیت با شدت کم عارضه دانه سفیدی انار (loading plot). اولین مولفه اصلی ۶۹/۶ درصد و دومین مولفه ۸/۹ درصد از توزیع واریانس‌ها را در زیرجمعیت باغ‌های انار رقم رباب با شدت کم عارضه دانه سفیدی را به خود اختصاص دادند. شاخص شدت عارضه دانه سفیدی انار (Aril browning index ABI).

همچنین Ca و S به عنوان پیام رسان ثانویه در انتقال سیگنال مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده عمل می‌کنند (Ahmed و همکاران، ۲۰۲۱). کلسیم نقش مهم در تأخیر پیری واختلالات فیزیولوژیکی از جمله اسفنجی و ژله‌ای شدن بافت میوه دارد (Mane و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش سطح کلسیم گیاه می‌تواند جذب ساکارز و تجمع آنتوسیانین را موجب گردد (Peng و همکاران، ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری

شاخص‌های عناصر غذایی برگی، کلسیم، گوگرد، بور، و منیزیم تأثیر معنی‌داری بر کاهش شدت عارضه دانه سفیدی انار و افزایش عملکرد باغ‌های انار رباب داشتند. از طرف دیگر افزایش شاخص عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بطور معنی‌دار موجب افزایش شدت عارضه دانه سفیدی انار شد که می‌تواند به دلیل افزایش رشد رویشی و رقابت با اندام زایشی برای مواد قندی و نیز اثر آنتاگونیسمی آمونیوم و پتاسیم بر روی جذب کلسیم و منیزیم خاک باشد. تغذیه متعادل و بویژه مدیریت این عناصر می‌تواند موجب بهبود عارضه دانه سفیدی انار در باغ‌های انار رباب گردد. با توجه به محدودیت‌های خاکی موجود، کاربرد عناصر غذایی کلسیم، گوگرد، بور و منیزیم بویژه از طریق محلول‌پاشی توصیه می‌شود. همچنین محلول‌پاشی بخشی از منابع کودی پتاسیمی بجای مصرف خاکی توصیه می‌گردد.

فهرست منابع

احیایی، ع.، بهبهانی‌زاده م.، بهبهانی‌زاده، ع. ا.(۱۳۷۲). شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک وآب.

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران.

Ahmed M., Fahad S., Ali M.A., Hussain S., Tariq M., Ilyas F., Ahmad S., Saud S., Hammad H.M., Nasim W., Wu C. and Liu H. (2021). Hydrogen Sulfide: A Novel Gaseous Molecule for Plant Adaptation to Stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-17.

Jalikop S.H., Venugopalan R. and Kumar R. (2010). Association of fruit traits and aril browning in pomegranate (*Punica granatum* L.). Euphytica, 174(1), 137-141.

Karimi S., Rahemi M., Rostami A.A. and Sedaghat S. (2018). Drought effects on growth, water content and osmoprotectants in four olive cultivars with deferent drought tolerance. *International Journal of Fruit Science*, 18,254-267.

Kazmi M.R., Fateh F.S., Majeed K., Kashkhely A.M., Hussain I., Ahmad I., Jabeen A. (2005). Incidence and etiology of mango sudden death phenomenon in Pakistan. *Pak. J. Phytopathol*, 17(2), 154-158.

Khiari L., Parent L.E., Tremblay N. (2001). Selecting the High-Yield Subpopulation for Diagnosing Nutrient Imbalance in Crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802-808.

Lindo S. (2009). Grapes. By G.L. Creasy and L.L. Creasey. Wallingford, UK: CABI, pp. 295, ISBN 978-1-84593-401-9. Experimental Agriculture, 45(4), 513-513.
Maity A., Sharma J., Sarkar A., More A.K. and Pal R.K. (2016). Nutrient imbalance indices are closely related with susceptibility of pomegranate to bacterial blight disease. *Scientia Horticulturae*, 211, 79-86.
Mane A.V., Burondkar M.M. and Jadhav B.B. (2002). Effect of preharvest sprays of plant growth regulators, Ca EDTA and KNO3 on occurrence of spongy tissue disorder in "Alphonso" mango. In 7th International Mango Symposium, Recife, Pernambuco State, Brazil (p. 97).
Parent S.É., Parent L.E., Egozcue J.J., Rozane D.E., Hernandes A., Lapointe, L. and Natale W. (2013). The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. *Frontiers in Plant Science*, 4, 39.
Peng H., Yang T., Whitaker B.D., Shangguan L. and Fang J. (2016). Calcium/calmodulin alleviates substrate inhibition in a strawberry UDP-glucosyltransferase involved in fruit anthocyanin biosynthesis. BMC plant biology, 16(1), 197.
Petrov V., Hille J., Mueller-Roeber B. and Gechev T.S. (2015). ROS-mediated abiotic stress-induced programmed cell death in plants. Frontiers in plant science, 6, 69.
Rozane D.E., Vahl de Paula B., Wellington Bastos de Melo G., Haitzmann dos Santos E.M., Trentin E., Marchezan C., Stefanello da Silva L.O., Tassinari A., Dotto L., Nunes de Oliveira F. And Natale W. (2020). Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Applied to Grapevines Grown in Subtropical Climate Region. *Horticulturae*, 6,56.
Sakr S., Wang M., Dédaldéchamp F., Perez-Garcia M.D., Ogé L., Hamama L., Atanassova R. (2018). The sugar-signaling hub: overview of regulators and interaction with the hormonal and metabolic network. *International journal of molecular sciences*, 19(9), 2506.
Sgrignani J. and Magistrato A. (2012). The structural role of Mg^{2+} ions in a class I RNA polymerase ribozyme: A molecular simulation study. *Journal of Physico- Chemical Biology*, 116, 2259–2268.
Shivashankar S., Hemlata S. and Sumathi M. (2012). Aril browning in pomegranate (*Punica granatum* L.) is caused by the seed. Current Science, 103(1), 26-28.
Xu Z., Mahmood K. and Rothstein S.J. (2017). ROS induces anthocyanin production via late biosynthetic genes and anthocyanin deficiency confers the hypersensitivity to ROS-generating stresses in Arabidopsis. Plant and Cell Physiology, 58(8), 1364-1377.
Zhang X., Wei J., Huang Y., Shen W., Chen X., Lu C. and Cui J. (2018). Increased cytosolic calcium contributes to hydrogen-rich water-promoted anthocyanin biosynthesis under UV-A irradiation in radish sprouts hypocotyls. Frontiers in plant science, 9, 1020.

Relationships between the incidence of aril browning in Rabab pomegranate trees and nutrient imbalance indices

Mohammad Saeed Tadayon[1], Kobra Saghafi[2], Sohrab Sadeghi[3]
[1]Correspondent author, Associate professor of Soil and Water Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email m.tadayon@areeo.ac.ir, http://orcid.org/0000-0003-4026-7407
[2]Instructor of Biology and Biotechnology Department, Soil and Water Research Institue, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email saghafi.varesh@gmail.com,
[3]Instructor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email so.sadeghi@areeo.ac.ir, https://orcid.org/0000-0002-1022-891X

Abstract
Aril browning is a serious physiological disorder and major fruit quality anomaly in 'Rabab' pomegranate. In this study, the multivariate compositional nutrient diagnosis (CND) method was used to evaluate the status and relationship between nutritional imbalance and the severity index of aril browning in 52 'Rabab' pomegranate orchards. The CND norms for a low- aril browning severity subpopulation were calculated as V*N = 2.587 ± 0.103, V*P = 0.124 ± 0.206, V*K = 2.232 ± 0.105, V*Ca = 3.086 ± 0.165, V*Mg = 1.367 ± 0.108, V*S = 1.357 ± 0.137, V*Fe = -1.410 ± 0.324, V*Mn = -3.165 ± 0.221, V*Zn = -4.499 ± 0.192, V*Cu = -5.265 ± 0.225, V*B = -2.884 ± 0.100, V*Rd = 6.470 ± 0.075. According to the principal component analysis (PCA), it was observed that the nutritional indices of calcium, sulfur, boron and magnesium had a major role in reducing the severity of aril browning and increasing yield in 'Rabab' pomegranate orchards. Increasing the nutrient indices of nitrogen, potassium, copper and manganese significantly increased the severity of aril browning.

Keywords: Aril browning, Nutrient imbalance indices, Pomegranate

اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای پرولین گندم با مدیریت مصرف اسید سالیسیلیک و کود نیتروژنی

قاسم قربانی نصرآبادی[۱]، اسماعیل دردی‌پور[۲]، مجتبی بارانی مطلق[۲]، *الهام ملک‌زاده[۳]، عبدالرضا قرنجیکی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، malekzadeh.elham@gmail.com

۴-استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان

چکیده

فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی مکانیسم دفاعی گیاهان در راستای تحمل به شوری می‌باشد. مدیریت کوددهی نیتروژن به‌عنوان عنصر ضروری رشد گیاه در شرایط تنش شوری بسیار پراهمیت است. اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در سازوکارهای دفاعی گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی دخیل است. در این پژوهش، اثر تنش شوری در سطوح مختلف مصرف کود نیتروژنی و اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و محتوای پرولین گیاه گندم در شرایط مزرعه‌ای بررسی شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز و مقدار پرولین شد. با افزایش سطح شوری، افزایش مصرف کود نیتروژنی همراه با اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار پرولین گردید و ضمن کاهش سطح گونه‌های فعال اکسیژنی، گیاه را در برابر تنش‌های اکسیداتیو حفاظت می‌کند.

واژگان کلیدی: آنزیم آنتی‌اکسیدان، تنظیم کننده اسمزی، شوری، مدیریت کوددهی

مقدمه

تنش شوری جدی ترین عامل محیطی محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول می باشد (Zaman et al., 2019). شوری یا به دلیل عوامل طبیعی یا کاربری غیرصحیح اراضی و عملیات کشاورزی نامناسب ایجاد می‌شود (FAO, 2018). شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محیط موجب کاهش جذب آب توسط گیاه، سمیت و تغییر در فعالیت‌های آنزیمی، تخریب سلولی، برهم زدن پایداری یون‌ها و عملکرد پروتئین‌ها شده و کاهش رشد گیاه، سطح برگ، سنتز کلروفیل، جذب عناصر غذایی را در پی دارد (Estrada et al., 2013). گیاهان تحت تنش شوری از طریق تغییر در روش‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی قادر به رشد می‌باشند. مکانیسم‌های اصلی شامل تعدیل اسمزی (تولید اسمولیت‌ها) به منظور کاهش تنش، ترشح سدیم از برگ و ساقه، محصورسازی یونی در اندام‌هایی با حساسیت کمتر مانند ریشه، برگ‌های بالغ و واکوئل‌ها، سنتز آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و تنظیم هورمون‌های سیتوکنین و اسید آبسزیک می‌باشد (Bernstein, 2019). تجمع پرولین یکی از روش‌های مهم متابولیکی است که به‌عنوان ماده تنظیم‌کننده اسمز در گیاهان، تحت تنش‌های خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر عواملی که باعث کاهش پتانسیل آب سلول می‌شوند، تولید می‌گردد. همچنین پرولین به‌عنوان منبع کربن و نیتروژن برای ترمیم و رشد پس از تنش، برای تثبیت غشاء سنتز پروتئین و آنزیم‌های سیتوپلایمی و جاروب کننده رادیکال آزاد عمل می‌کند (Weisany et al., 2012). فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند کاتالاز،گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون رداکتاز در شرایط تنش افزایش می‌یابد، که می‌توانند رادیکال های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی را از بین برده، خنثی و یا جاروب کنند (Shahid et al., 2014). گندم به‌عنوان مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین غله دنیا، گرچه خیلی به شوری حساس نیست، اما در سطوح شوری بیش از ۶ دسی زیمنش برمتر با کاهش عملکرد و افت کیفیت محصول روبرو می‌شود (همایی، ۱۳۸۱). با توجه به لزوم تامین غذای جمعیت رو به رشد جهان، کشت گندم به خاک‌های کم‌بازده و شور نیز کشیده شده است. بنابراین بررسی عوامل موثر بر تولید محصول گندم در شرایط

شوری ضرورتی انکارناپذیر است. اسید سالیسیلیک به‌عنوان ماده شبه هورمونی، فرآیندهای فیزیولوژیکی را در گیاهان تنظیم و عوارض جانبی تنش را کاهش می‌دهد (Klessig et al., 2018; Yavas and Unay, 2016). Akhtar و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط شوری فعالیت آنزیم‌های نیترات و نیتریت رداکتاز را افزایش می‌دهد که در نتیجع سبب بهبود وضعیت تغذیه نیتروژنی در گیاه می‌گردد. پژوهش‌های زیادی در رابطه با اثر اسید سالیسیلیک بر القای تحمل شوری در مراحل اولیه رشد گونه‌های گیاهی در شرایط گلخانه‌ای انجام شده است، ولی پژوهش‌های اندکی در زمینه سطح بهینه مصرف اسید سالیسیلیک و کودهای نیتروژنی در شرایط مزرعه‌ای انجام شده است. همچنین، مقاومت به تنش‌های مختلف به توانایی آنتی اکسیدانی بستگی دارد و تغییر در سطوح آنتی اکسیدانی می‌تواند از آسیب ناشی از تنش جلوگیری نماید. در این مطالعه، اثر تنش شوری در سطوح مختلف مصرف کود نیتروژنی و اسید سالیسیلیک در گندم بررسی شد تا تغییر در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و محتوای پرولین در سطوح مختلف شوری مشخص شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در اراضی شرکت سهامی مزرعه نمونه واقع در انبار الوم شهرستان آق قلا، استان گلستان انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح شوری خاک (۴-۳ زیر سطح آستانه تحمل گندم (شاهد)، ۱۱-۹ و ۱۵-۱۳ دسی زیمنس بر متر) و فاکتورهای فرعی شامل دو سطح اسید سالیسیلک (۰ و ۱/۵ میلی مولار) و سه سطح کود نیتروژن (از منبع اوره ۴۶ درصد) شامل ۱) توصیه آزمون خاک (NR)، ۲) ۳۰٪ بیشتر از توصیه آزمون خاک (NR+30) و۳) ۳۰٪ کمتر از توصیه آزمون خاک (NR-30)، بود. تیمارهای کود نیتروژنی در سه مرحله - (یک سوم قبل از کاشت و دو مرحله کود سرک در مرحله پنجه‌زنی و مرحله ساقه روی از کود اوره (۴۶ درصد) اعمال شد. بقیه عناصر شامل فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت بر اساس نتایج آزمون خاک بطور یکسان در همه کرت‌ها افزوده شد. اسید سالیسیلیک بصورت دو بار محلول پاشی در مرحله پنجه زنی به فاصله حدود ۲ هفته انجام شد. ۱۰روز پس ازمحلول‌پاشی مرحله دوم، نمونه برگی تهیه و فعالیت آنزیم کاتالاز، آنزیم گایاکول پراکسیداز و مقادیر پرولین در آن‌ها تعیین شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میزان تجزیه آب اکسیژنه طبق روش Aebi (۱۹۸۴)، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز با روش Tudhope و Hopkins (۱۹۷۳) و پرولین به روش Bates (۱۹۷۳) اندازه گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسات میانگین (SAS-MEANS) داده‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر اصلی شوری و اسید سالیسیلیک بر هر سه صفت معنی‌دار شد اما اثر نیتروژن بر مقدار پرولین معنی‌دار نگردید. اثر متقابل سه فاکتور شوری، اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر فعالیت گایاکول پراکسیداز و مقدار پرولین معنی دار بود.

با افزایش شوری، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، کاتالاز و مقدار پرولین افزایش یافت. استفاده از اسید سالیسیلیک نیز باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها و پرولین گردید. نتایج داده‌ها نشان اثر مصرف نیتروژن، ۳۰٪ بیشتر از توصیه آزمون خاک بر فعالیت آنزیم های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز و مقدار پرولین بیشتر است گرچه از نظر مقدار پرولین تفاوت اختلاف معنی‌دار آماری بین سطوح نیتروژن مشاهده نشد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، با افزایش شوری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در تمام سطوح تیمارهای کودی نیتروژن و همزمان با مصرف اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم مصرف آن بیشتر بود (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌ها

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		گایاکول پراکسیداز	کاتالاز	پرولین
تکرار	۲	۰/۰۰۲۸۳۹^{ns}	۰/۰۰۹۲۴۶^{ns}	۰/۱۱^{ns}
شوری	۲	۷/۹**	۱۵/۱**	۶۳۷**
خطای اول	۴	۰/۰۰۹۰۴۴	۰/۰۱۳۳۶۳	۰/۳
اسید سالیسیلیک	۱	۰/۴۶۴۸۱۷**	۱/۴۲**	۱۳۷/۶**
نیتروژن	۲	۰/۰۴۰۶۰۶**	۰/۲**	۱/۴۲^{ns}
شوری × اسید سالیسیلیک	۲	۰/۰۱۳۳۳۹^{ns}	۰/۱۳**	۴/۵۵**
شوری × نیتروژن	۴	۰/۰۵۰۹۲۸**	۰/۱۸**	۰/۲۳^{ns}
اسید سالیسیلیک× نیتروژن	۲	۰/۰۱۱۱۰۶^{ns}	۰/۱۱**	۳/۹*
شوری× اسید سالیسیلیک×نیتروژن	۴	۰/۱۰۷۰۶۱**	۰/۰۴۷^{ns}	۲/۵۶*
خطا	۳۰	۰/۰۰۶۰۳۶	۰/۰۲	۰/۸۱
ضریب تغییرات (٪)		۴/۲۳	۴/۳۷	۴/۳۷

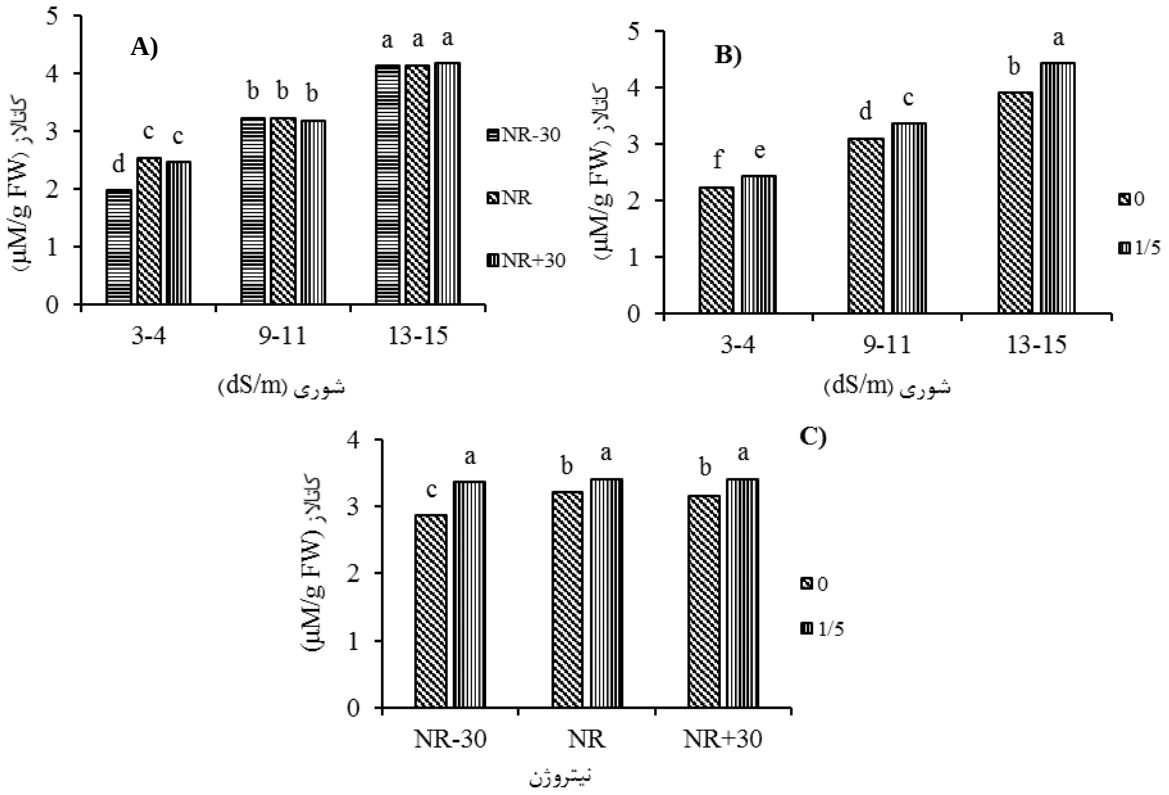
*و ** یعنی در سطح ۵ و ۱ درصد احتمال معنی‌دار است.

جدول ۲- اثر متقابل سه عامل شوری×اسید سالیسیلیک ×نیتروژن بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (µM/g FW)

شوری (dS/m)	اسید سالیسیلیک (mM)	نیتروژن		
		30-NR	NR	NR+30
۳-۴	۰	۰/۹۱ k	۱/۱۸ j	۱/۲ ij
	۱/۵	۱/۲ j	۱/۳۴ i	۱/۳ ij
۹-۱۱	۰	۱/۷g	۱/۵ h	۱/۸ fg
	۱/۵	۱/۹ f	۱/۸ fg	۲ e
۱۳-۱۵	۰	۲/۶b	۲/۴ cd	۲/۳۲ d
	۱/۵	۲/۸ a	۲/۵ bc	۲/۵bc

(مقادیر ستون‌ها و ردیف‌های هم علامت بایک‌دیگر فاقد اختلاف‌معنی‌دار ($P\leq0.05$-T ,test))

مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و نیتروژن نشان داد (شکل ۱-A)، فعالیت آنزیم کاتالاز با افزایش سطح شوری افزایش یافت. در سطح شوری کم، فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای نیتـــروژن در حد توصیه آزمون خاک(NR) و ۳۰٪ بیشتر از توصیه آزمون خاک (NR+30) بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار نیتروژن ۳۰٪ کمتر از توصیه کودی (NR-30) بود. ولی در سطوح شوری بالاتر فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتر تحت تاثیر شوری بود و اختلافی میان تیمارهای نیتروژنی وجود نداشت. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد (شکل ۱-B) استفاده از اسید سالیسیلیک در تمام سطوح شوری باعث افزایش فعالیت آن شد. به‌طوری که بیشترین میزان آنزیم در شوری ۱۳-۱۵ (دسی زیمنس برمتر) و مصرف اسید سالیسیلیک اندازه‌گیری شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نیتروژن (شکل ۱-C) بر فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد، استفاده از اسید سالیسیلیک در تمام سطوح نیتروژنی منجر به افزایش فعالیت آن شد.



شکل ۱- اثر متقابل شوری و نیتروژن (A)، اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک (B) و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نیتروژن (C) بر فعالیت آنزیم کاتالاز

مقایسه میانگین اثر متقابل شوری، اسید سالیسیلیک و نیتروژن نشان داد که میزان پرولین در تمام سطوح شوری و در تمام تیمارهای نیتروژنی همراه با مصرف اسید سالیسیلیک بیشتر از عدم استفاده از آن بود (جدول ۳).

جدول ۳- اثر متقابل شوری، اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر میزان میزان پرولین (µM/g FW)

شوری (dS/m)	اسید سالیسیلیک (mM)	نیتروژن (Kg)		
		30-NR	NR	NR+30
۳-۴	۰	۱۲/۸ g	۱۲ g	۱۴ g
	۱/۵	۱۵/۲ f	۱۶/۴ f	۱۶/۳ f
۹-۱۱	۰	۱۸/۸ e	۱۹ e	۲۰ e
	۱/۵	۲۳/۶ d	۲۳ d	۲۳/۸ d
۱۳-۱۵	۰	۲۶/۲ bc	۲۳/۷ d	۲۵/۴c
	۱/۵	۲۸ a	۲۷/۳ab	۲۶/۵bc

(مقادیر ستون‌ها و ردیف‌های هم علامت بایکدیگر فاقد اختلاف‌معنی‌دار (test, $P\leq 0.05$-T))

نتایج این پژوهش نشان داد که اسید سالیسیلیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز و همچنین سبب تجمع پرولین در گیاه شده است. عمل محافظتی اسید سالیسیلیک در مقابل تنش‌های زیستی و غیر زیستی به احتمال زیاد به توان تحریک کنندگی این ماده در بیان ژن ایجاد مقاومت در برابر این تنش‌ها و نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گونه‌های اکسیژن فعال نسبت داده شده است (Shi and Zhu., 2008). اسید سالیسیلیک به عنوان افزایش دهنده محتوای پرولین

درون سلول نیز شناخته شده است (Hayat et al., 2010). برزویی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر کودهای نیتروژنی بر دو رقم گندم در شرایط شور گزارش دادند که افزایش نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز می‌شود همچنین آن‌ها بیان کردند که بیشترین فعالیت این آنزیم‌ها در سطوح بالاتر نیتروژن و شوری بود.

نتیجه‌گیری

شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز و مقدار پرولین شد. زیرا شرایط شور، باعث صدمات اکسیداتیو می‌گردد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان با مهار فعالیت گونه‌های فعال اکسیژنی و پرولین به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی اثر منفی شوری را کاهش داده و از ایجاد سمیت در سلول ممانعت بعمل می‌آورند. نتایج این پژوهش نشان داد، با افزایش سطح شوری، افزایش مصرف کود نیتروژنی همراه با اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار پرولین گردید و ضمن کاهش سطح گونه‌های فعال اکسیژنی، گیاه را در برابر تنش‌های اکسیداتیو حفاظت می‌کند.

فهرست منابع

برزویی، ا. کافی، م. موسوی شلمانی، م.ا. خراسانی، ع. (۱۳۹۱). تاثیر شوری و کود نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف کود در گندم با استفاده از ایزوتوپ پایدار ^{15}N.مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۶(۴): ۵۰۱-۵۱۷.

همایی، م. (۱۳۸۱). واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. چاپ اول. ۹۸ صفحه.

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in enzymoloy*, 105, 121-126.

Akhtar, S., Chandrasekhar, B., Attur, S., Yousif, M.H., Benter, I.F. (2013). On the nanotoxicity of PAMAM dendrimers: Superfect® stimulates the EGFR–ERK1/2 signal transduction pathway via an oxidative stress-dependent mechanism in HEK 293 cells. *International journal of pharmaceutics*, 448 (1), 239–246.

Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39(1), 205–207.

Bernstein, N. (2019). Plant and salt: plant response and adaptations to salinity. In plant and salt. *Model ecosystem in extreme environment*, 101-112.

Estrada, B., Aroca, R., Maathuis, F.J.M., Barea, J.M., Ruiz-Lozano, J.M. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi native from a Mediterranean saline area enhance maize tolerance to salinity through improved ion homeostasis. *Plant, cell and environment*, 36, 1771–1782.

FAO, (2018). Handbook for saline soil management. Food and agriculture organization of the United Nations, Moscow.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and experimental botany*, 68(1), 14–25.

Hopkins, J., Tudhope, G.R. (1973). Glutathione peroxidase in human red cells in health and disease. *British journal of haematology*, 25(5), 563–575.

Klessig, D.F., Choi, H.W., Dempsey, D.A. (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(9), 871-888 .

Shahid, M., Pourrut, B., Dumat, C., Nadeem, M., Aslam, M., Pinelli, E. (2014). Heavy-metal induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 232, 1-44.

Shi, Q., Zhu, Z. (2008). Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environmental and experimental botany*, 63(1–3), 317–326.

Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., Ghassemi-Golezani, K. (2012). Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.). Plant omics, 5(2), 60–67.

Yavas, I., Unay, A. (2016). Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(4),1012-101.

Zaman, Sh., Hu, Sh., Alam, Md., Du, H., Che, Sh. (2019). The accumulation of fatty acids in different organs of purslane under salt stress. *Scientia horticulturae*, 250, 236-242.

Effect of salinity stress on antioxidant enzymes activity and proline content of wheat by salicylic acid and nitrogen fertilizer application management

Gh. Ghorbani Nasrabadi[1], E. Dordipour[2], M. Baranimotlagh[2], *E. Malekzadeh[3], A. Gharanjiki[4]
1- M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; malekzadeh.elham@gmail.com
4- Assistant Prof., Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) of Gorgan

Abstract

Activation of the antioxidant system is the plants defense mechanism to tolerate salinity stress. Nitrogen fertilizer management is very important as an essential element of plant growth under salinity stress. Salicylic acid as a plant growth regulator involved in plant defense mechanisms against of biotic and abiotic stresses. In this study, the effect of salinity stress at different levels of nitrogen fertilizer and salicylic acid application on the activity of catalase, guaicol peroxidase and prolin content of wheat was investigated in field condition. The experiment was conducted as a factorial split plot based on a randomized complete block design with four replications. Salinity stress increased the activity of guaiacol peroxidase and catalase enzymes and proline content. By increasing the salinity stress level, increasing the nitrogen fertilizer consumption with salicylic acid enhanced the activities of antioxidant enzymes and the proline content, and while reduce the production of reactive oxygen species, thus protect plant against oxidative stress.

Keywords: Antioxidant enzyme, osmotic regulator, salinity, fertilizer management

اثر سطوح مختلف کودی بر عملکرد و تجمع عناصر در بافت گیاه و خاک در کشت ذرت

سید حبیب الرحمان حسینی[۱]، عیسی پیری[۲]، ابوالفضل توسلی[۳]، مهدی بابائیان[۴]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، مرکز زاهدان، ایران

[۲]دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

[۳]استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران. (نویسنده مسئول) پست الکترونیکی: Tavassoli.abolfazl@yahoo.com

[۴]استادیارگروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان، شیروان، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد و غلظت عناصر در گیاه ذرت، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان زاهدان به اجرا در آمد. در این آزمایش چهار سطح کودی مختلف شامل شاهد (عدم مصرف کود)، مصرف کود دامی، مصرف کود شیمیایی و مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی به عنوان تیمارهای آزمایشی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک و دانه گیاه از مصرف کود شیمیایی مخلوط با کود دامی حاصل شد. البته تفاوت معنی داری بین این تیمار با تیمار مصرف کود شیمیایی به تنهایی مشاهده نشد. علاوه بر این همین تیمارها سبب افزایش بالاترین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در علوفه و دانه ذرت شدند. میزان تجمع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در انتهای فصل رشد در دو عمق اندازه گیری شده خاک نشان داد که تیمار کود شیمیایی کامل نسبت به سایر تیمارهای کودی بیشترین تاثیر را بر تجمع غلظت عناصر ماکرو داشت.

واژه‌های کلیدی: خاک، ذرت، عناصر ماکرو، کود دامی، کود شیمیایی

مقدمه

ذرت برای عملکرد مناسب احتیاج به تغذیه مناسب دارد که متاسفانه عرف مصرف کود در ایران نامناسب است (رضائی نژاد و افیونی، ۱۳۷۹). جهت ایجاد پایداری در حاصلخیزی خاک و تولیدات کشاورزی مصرف کودهای آلی ضروری است (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۸۵). خاک‌های منطقه خشک و نیمه خشک ایران معمولا دارای کمبود ماده آلی می باشند که این امر باعث کاهش حاصلخیزی و خصوصیات مطلوب شیمیایی و فیزیکی این خاک‌ها می شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۲). این مسئله محققان را بر آن داشته تا در زمینه استفاده از کودهای آلی تحقیقات گسترده‌ای را انجام دهند. استفاده از مواد آلی در باروری خاک‌های زراعی، از دیر باز درتمام نقاط جهان متداول بوده است. یکی از منابع عمده و ارزان کود آلی، کودهای حیوانی محسوب می‌شوند. کود گاوی می تواند باعث بهبود شرایط خاک از نظر فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی شده و رشد گیاه را افزایش دهد (چاستاین و همکاران، ۲۰۰۱). داهیا و همکاران (۱۹۹۷) ملاحظه کردند که با افزایش کود دامی عملکرد، غلظت و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاس در ذرت به طور معنی‌داری افزایش یافت. فلاح و همکاران (۱۳۸۶) تاثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن باکود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گیری کردند که بالاترین میزان عملکرد ذرت از تلفیق کود دامی با کود شیمیایی حاصل شد.

تحقیق حاضر نیز با هدف بررسی اثر کاربرد کودهای آلی و تلفیق آن با کودهای شیمیایی بر عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در منطقه زاهدان که جزو مناطق خشک کشور طبقه بندی می‌شود انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در شهرستان زاهدان واقع درکلاته کامبوزیا با طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۸۵ متری از سطح دریا در خاکی با بافت رسی انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه این منطقه جزء مناطق گرم و خشک طبقه‌بندی می‌گردد. خاک آزمایش قبل از کشت به صورت آیش بود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی و خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و خصوصیات آب آبیاری مزرعه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک آزمایش (قبل از کاشت)

عمق	pH	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
(cm)	-	(ds/m)	(٪)	(٪)	(ppm)	(ppm)
۰-۳۰	۷/۱	۳/۱۱	۰/۸۳	۰/۰۵	۸/۶	۳۳۰
۳۰-۶۰	۷/۵	۲/۴۵	۰/۶۵	۰/۰۴	۷/۲	۲۷۰

جدول ۲- ویژگی‌های آب آبیاری مزرعه

pH	هدایت الکتریکی	کلسیم	منیزیم	کلراید	سولفات	نیتروژن نیتراتی	فسفر فسفاتی	بر	سدیم	پتاسیم	مس	منگنز	روی	آهن
-	(ds/m)	(mg/L)												
۷/۶	۲/۰۵	۱۳۷	۹۴	۶/۵	۳۴۸/۴	-	-	-	۲۴۱	-	-	-	-	-

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نسبت‌های مختلف کودی به عنوان عامل اصلی شامل تیمار اول بدون مصرف کود، تیمار دوم مصرف کود دامی، تیمار سوم استفاده از کود شیمیایی (NPK) و تیمار چهارم مخلوط کود دامی و کود شیمیایی (NPK) می‌باشد. هر بلوک شامل ۴ کرت بود. هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۷ متر و به فاصله ۷۵ سانتی متر طراحی شد. فاصله بوته‌ها نیز بر روی هر ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظرگرفته شد. قبل از کاشت و مطابق با اعمال تیمارها، مقادیر متعارف کود دامی به میزان ۶۰ تن در هکتار، و کود شیمیایی شامل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شدند. کود سرک در سه مرحله (۸ و ۱۲ برگی، و طویل شدن ساقه) هر بار به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت نواری پای بوته‌ها داخل شیاری به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شد. کاشت ذرت در عمق ۳ سانتی‌متری در ۳ تیر ماه انجام شد و هیبرید مورد نظر ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بود. بلافاصله پس از کاشت بذور، زمین آبیاری گردید. در طی فصل رشد آبیاری مزرعه هر هفته یکبار انجام شد. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، تنک در مرحله ۴-۳ برگی انجام گردید. وجین علف‌های هرز در دو مرحله (همزمان با تنک محصول و مرحله ساقه دهی) توسط کارگران انجام گرفت. در این آزمایش صفات عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در علوفه و دانه ذرت، و همچنین میزان تجمع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه گیری غلظت نیتروژن اندام هوایی (ساقه + برگ) و دانه ذرت، نمونه‌های ذرت به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از آسیاب کردن محتوی نیتروژن علوفه و دانه تعیین گردید. برای اندازه گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشند (توسلی، ۱۳۸۷). برای اندازه گیری پتاسیم از دستگاه جذب اتمی و برای اندازه گیری فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد (توسلی، ۱۳۸۷). غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم هر لایه از خاک (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری) در زمان برداشت نهایی گیاه اندازه گیری شد. در نهایت پس از انجام

آزمایش، داده‌های حاصل با نرم افزار MSTATC آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

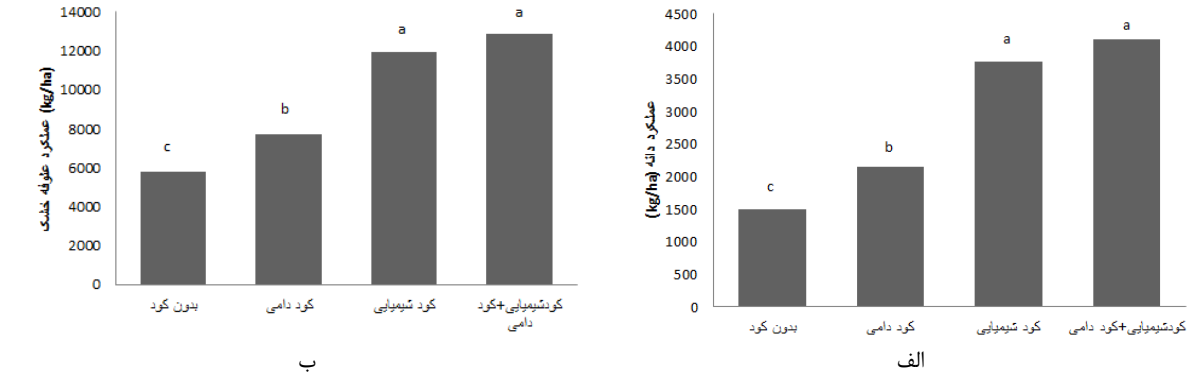
نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک

اثر کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد علوفه خشک ذرت معنی‌دار بود. بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک ذرت در تیمار مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی حاصل شد که برابر بود با ۱۲۸۸۰/۰ کیلوگرم در هکتار؛ و تفاوت معنی داری بین این تیمار با تیمار کود شیمیایی متعارف مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد علوفه ذرت با میانگین ۵۸۰۰/۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم کود دهی حاصل شد (شکل ۱). بالاتر بودن عملکرد علوفه خشک ذرت در تیمار مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی را می‌توان به افزایش مواد آلی خاک از طریق مصرف کودهای دامی نسبت داد که سبب بهبود ساختمان خاک و افزایش محتوی رطوبت خاک شده، از طرفی کودهای شیمیایی نیز توانسته‌اند از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد محصول در این تیمار نسبت به سایر تیمارها شوند.

عملکرد دانه

اثر سطوح مختلف کودی بر عملکرد دانه ذرت معنی‌دار بود. مطابق با عملکرد علوفه ذرت، بیشترین مقدار عملکرد دانه این گیاه از تیمار مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی حاصل شد که برابر بود با ۴۲۵۰/۳۲ کیلوگرم در هکتار و تفاوت معنی داری بین این تیمار با تیمار مصرف کود شیمیایی متعارف مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد دانه ذرت برابر با ۱۶۲۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم مصرف کود حاصل شد (شکل ۱). اثر مثبت کودهای دامی بر ساختمان خاک و افزایش محتوی مواد آلی خاک و همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه از طریق مصرف کودهای شیمیایی مهمترین دلایل بهبود عملکرد دانه گیاه تحت این تیمارها شده است. فلاح و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند مصرف کودهای دامی و شیمیایی عملکرد دانه ذرت را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است. در این تحقیق مشاهده شد که مصرف کودهای دامی به تنهایی در مقایسه با مصرف مخلوط کود دامی و شیمیایی؛ و مصرف کود شیمیایی در سطح آماری پایین‌تری از نظر عملکرد دانه محصول قرار داشت. کودهای دامی هر چند حاوی مقادیر مناسبی از عناصر پرمصرف مانند نیتروژن و تا حدی عناصر کم‌مصرف می‌باشند اما کم بودن افزایش عملکرد دانه در طی استفاده از آنها در مقایسه با کودهای شیمیایی می‌تواند مربوط به کاهش میزان جذب این عناصر توسط گیاهان باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح کودی بر عملکرد علوفه خشک (الف) و دانه (ب)

درصد عناصر معدنی موجود در علوفه و دانه ذرت

نیتروژن (N)

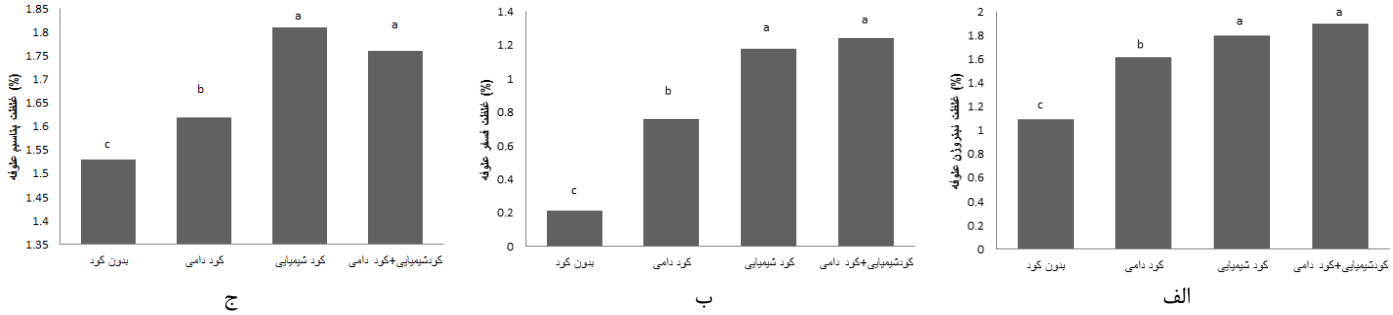
اثر تیمارهای کودی بر مقدار نیتروژن علوفه و دانه ذرت معنی دار بود. با افزودن کودهای دامی و شیمیایی مقدار نیتروژن موجود در علوفه و دانه ذرت افزایش یافت. مقدار نیتروژن در تیمار عدم کود دهی از ۱/۰۹ درصد در علوفه و ۲/۰۳ درصد در دانه به ۱/۹۰ درصد در علوفه و ۲/۵۱ درصد در دانه در تیمار مصرف مخلوط کود دامی و شیمیایی رسید. این نشان می‌دهد که میزان نیتروژن در علوفه و دانه ذرت در تیمار مخلوط کود دامی و شیمیایی به ترتیب افزایشی حدود ۴۲/۶۳ و ۱۹/۱۲ درصدی در مقایسه با تیمار عدم کود دهی داشته است (شکل ۲ و ۳ الف). بین تیمار مخلوط کود دامی و شیمیایی با تیمار مصرف کود شیمیایی به تنهایی اختلاف معنی داری وجود نداشت. مهمترین دلیل افزایش غلظت نیتروژن خاک در شرایط مصرف مخلوط کود دامی و شیمیایی، و همچنین مصرف کود شیمیایی متعارف می‌تواند مرتبط با افزایش قابلیت دسترسی عنصر نیتروژن برای گیاه در شرایط مصرف مطلوب کود نیتروژن باشد (هوشمندفر و همکاران، ۱۳۸۷).

فسفر (P)

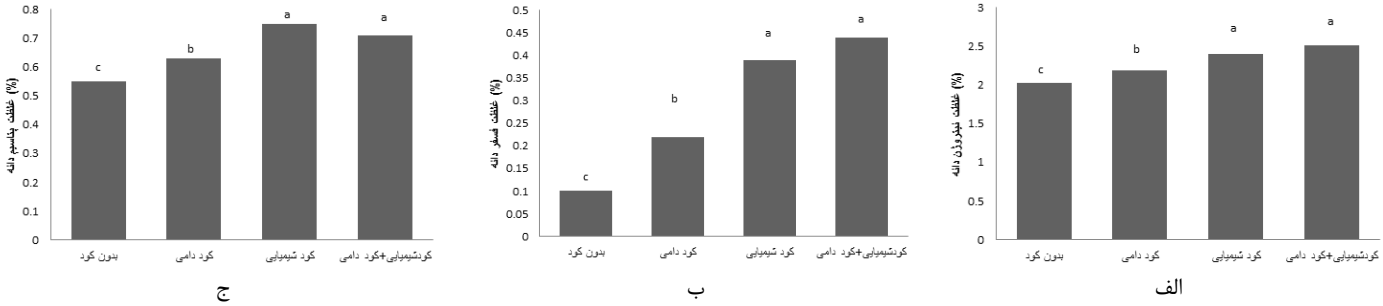
اثر مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر محتوی فسفر علوفه و دانه ذرت معنی داری بود. کودهای دامی و شیمیایی اثر کاملاً مشابهی بر محتوی فسفر علوفه و دانه ذرت گذاشتند. به طوری که با افزودن کودهای شیمیایی و دامی میزان جذب این عنصر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت و از ۰/۲۱ درصد در علوفه و ۰/۱۰ درصد در دانه در شرایط عدم کود دهی به ترتیب به ۱/۲۴ درصد و ۰/۴۴ درصد در شرایط مصرف مخلوط کود دامی و شیمیایی رسید. برای هم علوفه و هم دانه بین تیمار مخلوط کود دامی و شیمیایی با تیمار مصرف کود شیمیایی کامل به تنهایی تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۲ و ۳ ب). دلیل افزایش محتوی فسفر در بافت علوفه و دانه ذرت را می‌توان به افزودن کودهای فسفره به خاک مزرعه و افزایش معنی دار در جذب و تجمع فسفر در بافت گیاه به دلیل فراهم‌تر شدن این عنصر در خاک و بهبود جذب این عنصر توسط گیاه نسبت داد.

پتاسیم (K)

تیمار کودی تأثیر معنی داری بر محتوای پتاسیم علوفه و دانه ذرت داشت. مقادیر پتاسیم موجود در ماده خشک علوفه و دانه ذرت به طور معنی داری تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کود قرار گرفت و با افزودن پتاسیم به خاک میزان جذب این عنصر و در نتیجه انباشت آنها در بافت گیاهی و دانه ذرت افزایش یافت به طوری که میزان پتاسیم به ترتیب در بافت علوفه و دانه ذرت تحت تأثیر شرایط عدم کود دهی از ۱/۵۳ درصد و ۰/۵۵ درصد به ۱/۸۱ درصد و ۰/۷۵ درصد تحت شرایط مصرف کود شیمیایی کامل رسید. همچنین برای علوفه و دانه ذرت بین تیمار کود شیمیایی با تیمار مخلوط کود دامی و شیمیایی اختلاف معنی دار وجود نداشت اما با تیمار عدم کود دهی اختلاف معنی داری داشت (شکل ۲ و ۳ ج) که این امر نشان دهنده کمبود پتاس قابل جذب در خاک مزرعه است.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح کودی بر غلظت عناصر معدنی نیتروژن (الف)، فسفر (ب)، پتاسیم (ج) در علوفه



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح کودی بر غلظت عناصر معدنی نیتروژن (الف)، فسفر (ب)، پتاسیم (ج) در دانه

تجمع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک

تجمع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شدت تحت تأثیر انواع مختلف کود قرار گرفت. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در تیمارهایی که از کودهای دامی و شیمیایی استفاده شد میزان تجمع عناصر به طور چشمگیری در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود بالاتر بود که در این بین تیمار کود شیمیایی خالص نسبت به سایر تیمارهای کودی دارای بیشترین تاثیر بر آبشویی غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم داشت. میزان آبشویی عناصر با افزایش مصرف کودهای شیمیایی در هر دو اعماق اندازه گیری شده خاک، بالاتر از سایر مصرف تیمارهای کودی دیگر است. در واقع با افزایش مصرف کود، میزان آبشویی و در نتیجه تجمع عناصر در لایه‌های خاک افزایش یافته است. البته با توجه به نتایج بدست آمده در این آزمایش، این میزان آبشویی در این تیمارها به حدی نبوده که سبب کاهش عملکرد و یا کاهش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در علوفه و دانه ذرت شود بلکه تنها مقدار عناصر اضافی را که از دسترس گیاه خارج بوده، آبشویی نموده است. عابدی کوپایی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که افزایش مصرف کودهای شیمیایی باعث آبشویی شدید نیتروژن خواهد شد. مطابق با نتایج آزمایش مشاهده می‌شود که میزان تجمع عناصر در هر دو عمق اندازه گیری شده در تیمار مصرف توأم کودهای شیمیایی با دامی به مراتب کمتر از مصرف کود شیمیایی به تنهایی است، که مبین نقش مثبت کودهای دامی در افزایش جذب عناصر توسط گیاه است. همانطورکه در شکل ۲ و ۳ توضیح داده شد بالاترین میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در علوفه و دانه گیاه از تیمار مصرف توأم کودهای شیمیایی با دامی حاصل شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان انباشت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک

تیمار	نیتروژن (٪)				فسفر (ppm)				پتاسیم (ppm)			
	۳۰-۰ cm		۶۰-۳۰ cm		۳۰-۰ cm		۶۰-۳۰ cm		۳۰-۰ cm		۶۰-۳۰ cm	
	کاشت	برداشت	کاشت	برداشت	کاشت	برداشت	کاشت	برداشت	کاشت	برداشت	کاشت	برداشت
بدون مصرف کود	۰/۰۵	۰/۰۱c	۰/۰۴	۰/۰۱c	۸/۶	۳/۲c	۷/۲	۲/۷c	۳۳۰	۱۵۹c	۲۷۰	۷۶c
مصرف کود دامی	۰/۰۵	۰/۰۱۵c	۰/۰۴	۰/۰۱۲c	۸/۶	۵/۱b	۷/۲	۴/۲b	۳۳۰	۲۱۰b	۲۷۰	۱۱۹b
مصرف کود شیمیایی	۰/۰۵	۰/۰۳a	۰/۰۴	۰/۰۳a	۸/۶	۷/۰a	۷/۲	۶/۳a	۳۳۰	۲۷۸a	۲۷۰	۲۱۲a
مصرف کود شیمیایی مخلوط با کود دامی	۰/۰۵	۰/۰۲۴b	۰/۰۴	۰/۰۲۱b	۸/۶	۶/۶a	۷/۲	۵/۹a	۳۳۰	۲۵۹a	۲۷۰	۱۸۰a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار آماری بین آنهاست

فهرست منابع

توسلی، ا. (۱۳۸۷). بررسی کشت مخلوط ارزن و لوبیا تحت تأثیر کودهای دامی و شیمیایی. ۱۳۸۷. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

رضائی نژاد، ی.، افیونی، م. (۱۳۷۹). اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن. نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۲۸-۱۹.

عابدی کوپایی. ج.، موسوی، س. ف.، معتمدی، ا. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر کاربرد زئولیت کلینوپتی لولایت در کاهش آبشویی کود اوره از خاک. مجله آب و فاضلاب. ۳: ۵۷-۵۱.

فلاح، س.، قلاوند، ا.، خواجه پور، م.ر. (۱۳۸۶). تاثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن باکود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در خرم آباد لرستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۴۰): ۲۴۲-۲۳۳.

ملکوتی، م. ج.، ریاضی همدانی، س.ع. (۱۳۸۵). کودها و حاصلخیزی خاک. مرکز نشر دانشگاهی تهران.

ملکوتی، م. ج.، همایی، م. (۱۳۸۲). حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه حل‌ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

هوشمندفر، ع.ر.، طهرانی، م. م.، دلنواز هاشملویان، ب. (۱۳۸۷). تأثیر مقدار مصرف نیتروژن بر میزان پروتئین دانه و کارآیی مصرف نیتروژن گندم. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم، ۱۵: ۶۲-۵۲.

Chastain, J.P., Camberato, J.J., Aibrecht, J.E. (2001). Nutrient content of livestock and poultry manure. Literature Review. North Carolina Agricultural Extension Service Fact Sheet AG-439-5.

Dahiya, S.S., Antilands, R.S., Arwasra, P.S.K. (1997). Effect of farmyard manyre and cdmium on the dry matter yield and nutrient uptake by maize. Journal of Indian Social and Soil Science. 32:275-278.

Effect of Different Levels of Fertilizer on Yield and Accumulation of Elements in Plant Tissue and Soil in Corn Cultivation

Sayyed Habib-orahman Hosseini[1], Issa Piri[2], Abolfazl Tavassoli[3], Mahdi Bbaeian[4]

[1]Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran. (Corresponding Author)
Email: Tavassoli.abolfazl@yahoo.com
[3]Assistant Professor, Department of Plant Production Technology, Higher Education Complex of Shirvan, Iran

Abstract

In order to study of different levels of manure and chemical fertilizer on yield and nutrients content in corn (*Zea mays* L.) was carried out an experiment as complete randomized block design with three replications in Zahedan city, during 2011-12. Treatments including fertilizer levels: control (without fertilizer consumption), manure consumption, chemical fertilizer consumption, and manure + chemical fertilizer consumption. The results showed that the most amount of plant dry forage and seed yield obtained from manure + chemical fertilizer consumption. But wasn't see significant different between this treatment with treatment of chemical fertilizer alone. Also these treatments led to obtaining the most elements content of N, P and K in corn seed and forage. Accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium at the end of the growing season in the two measured soil depths showed that the complete chemical fertilizer treatment had the greatest effect on the accumulation of macro element concentrations compared to other fertilizer treatments.

Key words: Soil, Corn, Macro elements, Manure, Chemical fertilizer

اثر کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر برخی خصوصیات مورفولوژیک کاسنی علوفه‌ای

ساحره هاشمیان[۱]، علیرضا ابدالی مشهدی[۲] ، * امین لطفی جلال آبادی[۳] و احمد کوچک‌زاده[۲]

* استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران Email:aminlotfi@asnrukh.ac.ir

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

۳-استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر برخی خصوصیات مورفولوژیک کاسنی(*Cichorium intybus* L.) آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۶ – ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار تاریخ کاشت(اول آبان، ۱۵ آبان، اول آذر و ۱۵ آذر) به‌عنوان کرت اصلی و چهار سطح نیتروژن(صفر(عدم کاربرد)، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان کرت فرعی بودند. افزایش کاربرد نیتروژن تا حد مشخصی با اثر افزایشی بر ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد شاخه فرعی باعث افزایش وزن تر گیاه شد. در این پژوهش تاریخ کاشت‌های دیرهنگام باعث شد که گیاه از نظر اکثر صفات مرفولوژیک، شرایط بهتری را ایجاد نماید. بر همین اساس می‌توان تاریخ کاشت اوایل تا اواسط آذر با میزان کود شیمیایی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار را بهترین تیمار جهت کشت کاسنی در منطقه اهواز معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، تغذیه گیاه، شاخص سطح برگ و وزن تر اندام هوایی

مقدمه

کاسنی با نام علمی (*Cichorium intybus* L.) یکی از گیاهان داروئی، علفی، خودرو و چندساله مهم خانواده گل مینا در ایران است(Mehmood *et al.* (2012) . اعمال مدیریت‌های زراعی مناسب مانند میزان بهینه مصرف مواد غذایی (نیتروژن) یکی از راه‌های رسیدن به عملکرد اقتصادی بالا درگیاهان داروئی، می‌باشد. اثر قابل توجه نیتروژن بر عملکرد، کاهش روز افزون آن در خاک و هزینه بالای تولید کودهای شیمیایی باعث شده که تعیین بهترین مقدار کود نیتروژنی که حداکثر محصول، با کارآیی بالا را تولید کند، یکی از اهداف مهم کشاورزان و محققان گردد (2011) .Izadi *et al.* Golchin *et al.* (2020) گزارش کردند که کود نیتروژن با افزایش میزان کلروفیل و فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی، سطح برگ‌ها و میزان بخش هوایی گیاه را افزایش می‌دهد.

یکی از راهبردهای زراعی اساسی برای بهبود رشد گیاهان زراعی انتخاب یک تاریخ کاشت مناسب می‌باشد. تاریخ‌های مختلف کاشت سبب برخورد مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با دما، تشعشع خورشیدی و طول روز متفاوت می‌گردد و از این طریق بر رشد و نمو و عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد. کاشت در بهترین زمان ممکن، با تغییر در عواملی مانند آفات، امراض، علف‌های‌هرز و استفاده از عوامل اقلیمی مؤثر در تولید، نظیر تطابق زمان گل‌دهی با درجه حرارت مناسب اهمیت خاصی دارد؛ بر همین اساس تعیین تاریخ کاشت مناسب و رابطه آن با عملکرد بهینه مسئله‌ای است که برای هر گیاه در مناطق مختلف باید مورد بررسی قرار گیرد(Foaadedini *et al.* (2015. Zarei *et al.* (2012) در طی آزمایشی بر روی کاسنی مشاهده نمودند در کاشت زودهنگام، به‌دلیل تشکیل زودتر گل‌ها، رشد ریشه‌ها کاهش می‌یابد و وزن خشک گل افزایش می‌یابد. از آنجایی که زمان دقیق کاشت و میزان مناسب نیتروژن مصرفی بر میزان عملکرد کمی و کیفی گیاهان داروئی موثر است، لذا تعیین دقیق زمان کاشت و میزان نیاز غذایی نیتروژن در هر منطقه اولین قدم در ارتباط با کاشت یک گیاه زراعی است. بنابراین تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت گیاه کاسنی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌هایی با ابعاد ۳ × ۳ متر اجرا شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل چهار تاریخ کاشت(اول آبان، ۱۵ آبان، اول آذر، ۱۵ آذر) و فاکتور فرعی کود نیتروژن به‌ترتیب شامل سطوح(صفر(عدم کاربرد)، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵) کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره بود. تعداد خطوط کشت ۱۰، فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و تراکم نهایی ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده در این آزمایش توده اصفهان با وزن هزار دانه ۳۵/۱ گرم بود .در این آزمایش تیمارهای کود نیتروژن به صورت یک دوم پایه و یک دوم در زمان ظهور برگ چهارم و پنجم به گیاه داده شد. با شروع اولین علائم گل‌دهی در اردیبهشت‌ماه برداشت بخش هوایی کاسنی با رعایت حاشیه لازم از یک مترمربع صورت گرفت. جهت محاسبه صفت ارتفاع بوته، پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی جدا گردید و طول ساقه‌ها به‌وسیله متر اندازه‌گیری شد. برای تعیین شاخص سطح برگ قبل از گل‌دهی پنج بوته از خطوط دوم هر کرت جدا کرده و سطح همه‌ی برگ‌های پنج بوته با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج(مدل DELTA-T، ساخت کشور انگلستان) محاسبه گردید. تجزیه آماری داده‌ها، شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار(SAS(9.1 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار(LSD) در سطح خطای پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

اثر نیتروژن و تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل این دو فاکتور معنی‌دار نگردید(جدول ۱). بالاترین شاخص سطح برگ از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد که با سطح ۷۵

کیلوگرم نیتروژن تفاوت زیادی نداشت. همچنین کم‌ترین شاخص سطح برگ از عدم کاربرد کود به‌دست آمد(جدول ۲). مقدار نیتروژن مصرفی تاثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. گیاهان با دریافت نیتروژن بیش‌تر، سطح برگ بزرگ‌تری خصوصا در برگ‌های بالایی ایجاد می‌کنند. افزایش شاخص سطح برگ با مصرف کودهای شیمیایی توسط بسیاری از محققان دیگر نیز گزارش شده است؛ زیرا با افزایش نیتروژن قابل دسترس، رشد و نمو و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود(Golchin *et al.* (2020. بنابراین بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحقیقات قبلی افزایش کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ در گیاه می‌شود اما این روند افزایشی الزاما با مصرف سطوح بالای کود ادامه نمی‌یابد. همان‌طور که در این آزمایش مشاهده شد افزایش نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم باعث افزایش شاخص سطح برگ شد اما با مصرف کود بیش‌تر احتمالا به‌دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالایی در گیاه، این روند شکلی کاهشی به خود گرفت.در تاریخ کاشت ۱۵ آذر احتمالا به‌دلیل برخورد شرایط نامناسب محیط(هوای سرد دی و بهمن منطقه) با مرحله روزت گیاه، خسارت به سطح برگ، بسیار کم‌تر از تاریخ‌های کشت زود هنگام بود و بر همین اساس تاریخ ۱۵ آذر بالاترین شاخص سطح برگ را دارا بود(جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس برخی صفات کمی تحت تاثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن

		مجموع مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	وزن تر اندام هوایی
تکرار	۲	۱/۱۶ *	۲/۴ ns	۶۳۳/۹۲ *	۶/۹ ns	۱۷۲۱۹۵۲۸ *
تاریخ کاشت	۳	۲۲/۶۳ **	۵۰/۰ ns	۶۵۹۷/۵ ns	۱۰/۹۸ ns	۵۶۸۲۴۳۴۶۶۲ ns
اشتباه اصلی	۶	۱۱/۳۸	۲۹/۸	۶۲۳۹/۶	۲۷/۴۵	۴۹۰۷۴۴۵۴۱۰
نیتروژن	۳	۳/۹۵ **	۲۶۰/۲ **	۸۰۲۴/۴**	۴۴/۹**	۲۶۹۴۱۲۸۷۱۰۶**
تاریخ کاشت × نیتروژن	۹	۱/۰۷ ns	۱۱۱/۶*	۴۴۴۰/۸ ns	۱۱/۴۰ ns	۲۱۷۹۳۰۳۷۹۵**
اشتباه فرعی	۲۴	۸/۹۲	۱۰/۸	۶۰۱۴/۴	۲۶/۱۰	۴۱۲۵۱۹۸۴۲۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۷/۸۱	۱۷/۴۲	۹/۵۹	۱۲/۸۵	۱۶/۹۰

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

تعداد شاخه فرعی

مطابق نتایج تجزیه واریانس(جدول ۱) تعداد شاخه فرعی در بوته از سطوح مختلف نیتروژن تاثیر پذیرفته و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. برهم‌کنش دو فاکتور نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد اما تاریخ کاشت تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. برش‌دهی اثر تاریخ کاشت × کود نیتروژن جدول(۳) نشان می‌دهد که در تمامی سطوح تاریخ کاشت با افزایش کود نیتروژن تعداد شاخه فرعی افزایش یافت. با توجه این‌که کود نیتروژن رشد رویشی را در گیاه تقویت می‌نماید چنین نتیجه‌ای منطقی به‌نظر می‌رسد. در بررسی نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش دو عامل مشاهده شد

که بالاترین تعداد شاخه فرعی در تیمار تاریخ کاشت ۱۵ آذر و سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین کم‌ترین تعداد شاخه فرعی از تاریخ کاشت اول آبان و در سطح ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که با سطح عدم کاربرد کود نیتروژن در اول آبان تفاوت معنی‌داری نداشت(جدول ۴).

جدول ۲. مقایسه میانگین برخی صفات کمی تحت تاثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن

عوامل آزمایشی	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه فرعی (در بوته)	ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (mm)	وزن تر اندام هوایی ($kg.ha^{-1}$)
صفر	۱/۶۵ c	۴/۴۶ b	۱۴۶/۳۳۹ c	۶/۹۲ c	۲۱۸۳۷ d
۷۵	۲/۱۳ ab	۵/۲۸ b	۱۶۰/۰۲۷ b	۷/۶۱ bc	۵۲۹۵۶ c
۱۵۰	۲/۱۶ a	۸/۶۶ a	۱۷۴/۲۳۳ a	۸/۴۳ b	۵۹۹۲۶ b
۲۲۵	۱/۹۴ b	۱۰/۱۰ a	۱۷۹/۵۰۸ a	۹/۵۲ a	۶۴۹۰۴ a
اول آبان	۱/۸۶ b	۵/۷۸ a	۱۴۷/۵۷ a	۷/۵۸ a	۸۷۲۲ a
۱۵ آبان	۱/۶۳ b	۷/۱۶ a	۱۶۲/۴۱ a	۷/۸۵ a	۱۰۴۶۵ a
اول آذر	۱/۶۰ b	۶/۹۱ a	۱۷۰/۷۷ a	۸/۲۰ a	۱۰۳۹۵ a
۱۵ آذر	۲/۷۹ a	۸/۶۵ a	۱۷۹/۳۵ a	۸/۸۶ a	۱۱۴۵۲ a

میانگین‌های داخل هر ستون و هر تیمار که دارای حروف مشابه هستند با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها نشان داد اثر نیتروژن بر ارتفاع گیاه کاسنی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد ولی تاریخ کاشت و برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع گیاه تأثیری نداشت(جدول۱). بیش‌ترین ارتفاع گیاه از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن به‌دست آمد که با سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌دار نداشت اما با سایر سطوح کودی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. همچنین کم‌ترین ارتفاع از تیمار عدم کاربرد نیتروژن به‌دست آمد که با سایر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری داشت(جدول ۲). این نتایج نشان داد با افزایش مقدار مصرف نیتروژن ارتفاع گیاه نیز افزایش می‌یابد. چنان‌چه از نتایج تحقیق حاضر بر می‌آید با بهبود شرایط تغذیه‌ای در گیاه توسط افزایش کاربرد کود، شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر و به تبع آن ارتفاع گیاه افزایش یافت. Seghatoleslami *et al.* (2014) در توصیف افزایش ارتفاع گیاه در اثر مصرف کود نیتروژن بیان کردند که دلیل افزایش ارتفاع بوته با افزایش کود نیتروژن، توسعه و رشد سلولی است که باعث افزایش حجم، توانایی جذب مواد و فتوسنتز بیش‌تر می‌شود.

قطر ساقه

اثر نیتروژن بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. ولی اثر تاریخ کاشت و برهم‌کنش تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر قطر ساقه معنی‌دار نگردید(جدول ۱). قطورترین ساقه از بالاترین سطح کود نیتروژن به‌دست آمد به‌طوری‌که با افزایش سطح نیتروژن قطر ساقه نیز افزایش یافت(جدول ۲). افزایش نیتروژن در شرایط مطلوب تـا حد

مشخصی، موجب افزایش میزان پروتئین می‌گـردد. بـا افزایش پروتئین‌ها در گیاه توسعه سطح برگ، تعداد شـاخه فرعی، ارتفاع و قطـر سـاقه رخ می‌دهد کـه افـزایش ایـن صفات، افزایش مواد فتوسنتزی را به دنبال دارد.

جدول ۳. برش‌دهی برهم‌کنش تاریخ کاشت و کود نیتروژن

تاریخ کشت	سطوح نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	تعداد شاخه فرعی (در بوته)	وزن تر اندام هوایی ($kg.ha^{-1}$)
	صفر	۱/۷۳ b	۲۱۷۷۳ b
اول آبان	۷۵	۱/۵۳ b	۳۹۶۶۵ a
	۱۵۰	۹/۸۶ a	۴۸۸۴۳ a
	۲۲۵	۱۰/۰۰ a	۵۵۰۹۴ a
	صفر	۴/۶۰ b	۱۳۲۸۲ b
۱۵ آبان	۷۵	۷/۷۳ ab	۴۹۳۸۳ a
	۱۵۰	۸/۹۳ a	۶۱۱۲۶ a
	۲۲۵	۷/۴۰ ab	۶۰۰۸۰ a
	صفر	۴/۹۳ b	۲۳۹۵۸ c
اول آذر	۷۵	۵/۳۳ b	۴۸۹۹۶ b
	۱۵۰	۶/۲۰ b	۵۶۱۵۹ ab
	۲۲۵	۱۱/۲۰ a	۷۱۸۷۶ a
	صفر	۶/۹۳ b	۲۸۳۳۳ b
۱۵ آذر	۷۵	۶/۵۳ b	۷۳۷۸۰ a
	۱۵۰	۹/۶۶ ab	۷۳۵۷۷ a
	۲۲۵	۱۱/۸۰ a	۷۲۵۶۷ a

میانگین‌های داخل هر ستون و هر تیمار که دارای حروف مشابه هستند با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و کود نیتروژن

تاریخ کشت	سطوح نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	تعداد شاخه فرعی (در بوته)	وزن تر اندام هوایی ($kg.ha^{-1}$)
	صفر	۱/۷۳ gh	۲۱۷۷۳ f
اول آبان	۷۵	۱/۵۳ h	۳۹۶۶۵ cde
	۱۵۰	۹/۸۶ abc	۴۸۸۴۳ cd
	۲۲۵	۱۰/۰۰ abc	۵۵۰۹۴ abc
	صفر	۴/۶۰ fgh	۱۳۲۸۲ f
۱۵ آبان	۷۵	۷/۷۳ b-f	۴۹۳۸۳ bcd
	۱۵۰	۸/۹۳ a-e	۶۱۱۲۶ abc
	۲۲۵	۷/۴۰ c-f	۶۰۰۸۰ abc
	صفر	۴/۹۳ fgh	۲۳۹۵۸ ef
اول آذر	۷۵	۵/۳۳ efg	۴۸۹۹۶ cd
	۱۵۰	۶/۲۰ def	۵۶۱۵۹ abc
	۲۲۵	۱۱/۲۰ ab	۷۱۸۷۶ ab
	صفر	۶/۶۰ c-f	۲۸۳۳۳ def
۱۵ آذر	۷۵	۶/۵۳ c-f	۷۳۷۸۰ a
	۱۵۰	۹/۶۶ a-d	۷۳۵۷۷ a
	۲۲۵	۱۱/۸۰ a	۷۲۵۶۷ a

میانگین‌های داخل هر ستون و هر تیمار که دارای حروف مشابه هستند با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

وزن تر اندام هوایی گیاه

اثر نیتروژن و برهم‌کنش دو فاکتور در سطح احتمال خطای یک درصد بر وزن تر اندام هوایی گیاه معنی‌دار شد. اما عامل تاریخ کاشت بر این صفت اثر معنی‌دار نداشت(جدول ۱). تقریبا در کلیه تاریخ‌های کاشت کاربرد نیتروژن باعث افزایش میزان وزن تر گیاه نسبت به تیمار عدم کاربرد آن شد اما بین سطوح کاربرد در تمام تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید(جدول ۳). اما طبق نتایج به‌دست آمده از جدول(۴) بالاترین وزن تر گیاه در تاریخ کاشت ۱۵

آذر و از مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد که با سطوح ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در همین تاریخ کاشت تفاوت معنی داری نداشت. همچنین کم‌ترین وزن تر در تاریخ کاشت اول و ۱۵ آبان در سطح عدم کاربرد نیتروژن به‌دست آمد.

با توجه به این نتایج، می‌توان بیان نمود که افزایش نیتروژن، افزایش سطح برگ، تعداد شاخه فرعی و ارتفاع گیاه و به تبع آن، وزن تر در گیاه را باعث می‌شود. اما این روند افزایشی صعودی نیست و مصرف بالای کود، تأثیر زیادی در افزایش وزن تر ندارد. از آنجایی که دیواره سلولی بعد از بلوغ کامل سلول حجم و انعطاف‌پذیری مشخصی دارد و سلول نمی‌تواند بیش از ظرفیت و تحمل دیواره سلولی افزایش حجم یابد لذا طبیعی به‌نظر می‌رسد که بیان نمود مرز مشخصی برای افزایش حجم سلول وجود دارد و بیش از این حد افزایش وزن تر مشاهده نخواهد شد مگر این‌که تعداد سلول افزایش یابد، که این امر نیز تا حد زیادی تحت کنترل عوامل ژنتیکی است. از سوی دیگر در توصیف دلیل افزایش وزن تر گیاه با مصرف کود نیتروژن می‌توان بیان نمود که اثر کمبود نیتروژن در گیاه، باعث زردشدن(کلروزیس) می‌گردد. که این زرد شدن باعث کاهش رشد گیاه و پیری زودرس برگ‌ها می‌شود به‌همین دلیل کم‌ترین اعداد کلروفیل‌متر در کل مراحل رشد در تیمار عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد (Hokmalipour (2017.

نتیجه‌گیری

با توجه به نقش اساسی نیتروژن در ساختمان کلروفیل و سنتز بسیاری از مواد پروتئینی در گیاه در اکثر موارد، افزایش کاربرد آن تا حد مشخصی با اثر افزایشی بر ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد شاخه فرعی باعث افزایش وزن تر گیاه شد. از سوی دیگر پیوسته انتظار می‌رود کشت زودهنگام، به‌دلیل ایجاد طول دوره رشد طولانی‌تر باعث رشد رویشی و عملکرد بیش‌تر در گیاه شود، اما گاهی شرایط محیطی در تاریخ کاشت‌های دیگر برای گیاه وضعیت مناسب‌تری ایجاد می‌کند که نتیجه آن رشد بیش‌تر در گیاه می‌باشد. بر همین اساس تاریخ کاشت اوایل تا اواسط آذر با میزان کود شیمیایی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بهترین تیمار جهت کشت کاسنی در منطقه اهواز معرفی می‌گردد.

منابع

Foaadedini, M., Seghatoleslami, M.J., Moosavi, S.G.R. (2015). Effect of water deficit stress on traits of chichory (*Cichorium intybus* L.) in different planting dat. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *31*(3), 383-395.

Golchin, A., Farahmand Mofard, F., Khadem Moghadam Igdelou, N. (2020). Effect of Shadow and Different Levels of Nitrogen on Growth and Essential Oil Content of Peppermint. *Journal of Agricultural Crops Production*, *22*(1), 103-117.

Hokmalipour, S. (2017). Evaluate the effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on yield and some agronomic and physiological traits of medicinal plant of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Plant Ecophysiology*, *9*(28), 133-144.

Izadi, Z., Ahmadvand, G., Esna-Ashari, M., Piri, M. (2011). The effect of nitrogen and plant density on some growth characteristics, yield and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *8*(5), 824-836.

Mehmood, N., Zubair, M., Rizwan, K., Muhammad Shahid, N.R., Ahmad, V.U. (2012). Antioxidant, antimicrobial and phytochemical analysis of Cichorium intybus seeds extract and various organic fractions. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *11*(4), 1145-1151.

Seghatoleslami, M.J., Mousavi, G.R., Javadi, H. (2014). Chicory (*Cichorium intybus*) responses to nitrogen and plant density in Birjand, Iran. *International Journal of Biosciences*, *9*(4), 56-61. (In Persian)

Zarei, G., Shamsi Mahmoodabadi, H., Shamsi Mahmoodabadi, H., Mohtaram, S.A. (2012). Effect of sowing date and plant density on yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104*, 136-141.

Effect of Nitrogen Fertilizers and Sowing Data on Some Morphological Characteristics of Forage Chicory

Sahereh Hashemian [1], Alireza Abdali Mashhadi[2], Amin Lotfi Jalal-Abadi[*3], Ahmad Kochekzadeh[2]

* Corresponding author: Assistant Professor Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran
Email: aminlotfi@asnrukh.ac.ir

1- MSc. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

3- Assistant Professor Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

Abstract

In order to study the effect of nitrogen fertilizers and sowing data on some morphological characteristics of forage chicory (*Cichorium intybus* L.), an experiment was conducted in a split plot design using randomized complete blocks design with three replications at the Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in 2016-2017. The factors included were four sowing data (22 October, 5 November, 21 November and 5 December) in main plots and nitrogen fertilizer (16 March, 2 April and 26 April) in subplots. Results showed that nitrogen application increased to a certain extent with increasing effect on plant height, and leaf area, branch number, and increased fresh weight of plant. In this study, late planting date led to better conditions for most physiological, morphological yield and quality characteristics. Accordingly, 22 October till 5 November sowing date with 150 kg ha^{-1} fertilizer is the best treatment for chicory cultivation in Ahvaz.

Keywords: Leaf area index, Plant height, plant nutrition, Shoot fersh weight

اثر زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر عملکرد کمی ذرت دانه‌ای

علی ظاهری[1]، علیرضا ابدالی مشهدی[2]، احمد کوچک‌زاده[2]، امین لطفی جلال‌آبادی*[3]، عبدالرضا سیاهپوش[3]

*نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران Email:aminlotfi@asnrukh.ac.ir

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

۳-استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر برخی خصوصیات زراعی ذرت (هیبرید AS71)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان گتوند انجام شد. فاکتور اول شامل زمان کاربردکود پلی‌فسفات کُندرها در چهار سطح (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن دانه) و فاکتور دوم زمان کاربرد اسیدهیومیک در چهار سطح (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن دانه) بود. نتایج آزمایش تفاوت معنی‌داری در اثر اصلی و متقابل فاکتورهای آزمایشی بر روی تمام خصوصیات مورد مطالعه نشان داد. بیش‌ترین میزان صفات در مرحله چهار و هشت برگی از کود پلی‌فسفات کُندرها + اسیدهومیک و کم‌ترین مقدار در اکثر صفات با استفاده از کود پلی‌فسفات کُندرها + اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن دانه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد ردیف در بلال، عملکرد دانه، کود آلی و وزن هزار دانه

مقدمه

کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی باعث ایجاد آلودگی در محیط‌زیست از جمله تخریب فیزیکی خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک و نهایتا صدمات اکولوژیک و افزایش هزینه‌های تولید شده است Moradi *et al.* (2011) یکی از راه‌کارهای رفع این مشکلات، امروزه مصرف انواع کودهای آلی در زمان مناسب با روش استفاده صحیح است Malakouti *et al.*(1987) . اسیدهیومیک با ترکیبات آلی و مغذی حاصل از تجزیه میکروبی، بیولوژیک و شیمیایی هوموس یکی از بهترین کودهای بیولوژیک است Khan *et al.* (2013) . عمدتاً تشکیل کمپلکس بین اسیدهیومیک و یون‌های معدنی باعث با افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی نظیر نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منگنز، روی و آهن، افزایش جذب آب، افزایش محتوای کلروفیل و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود Dolatabadi *et al.* (2014) . در یک بررسی تاثیر اسیدهیومیک روی گیاه ذرت نشان داد که استفاده از اسیدهیومیک می‌تواند اثرات مثبتی را بر عملکرد دانه ذرت و برخی از صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه داشته باشد، که این کارکرد می‌تواند در نتیجه اثرات فیزیولوژیکی آن مانند گسترش بیش‌تر سطح برگ و دوام سطح برگ بالاتر و نتیجتا افزایش طول بلال و تعداد دانه در ردیف باشد. به‌طورکلی کاربرد اسیدهیومیک

می‌تواند سبب کاهش مصرف کودها شیمیایی و باعث کاهش آلودگی محیط زیست شود و همچنین به‌دلیل مصرف کم‌تر این نوع کودها هزینه کم‌تری را در پی خواهد داشت Ghorbani *et al.* (2016).

در دهه‌های اخیر کودهای فسفره با آزادسازی تدریجی یا کُندرها که به کودهای پوشش‌دار نیز معروف‌اند با این هدف تولید شده‌اند که به‌نحوی سرعت تثبیت کودهای فسفره را کنترل و کند نمایند. این نوع کودها از طریق ساخت ترکیبات شیمیایی خاص با ویژگی حلالیت کم، پوشش دادن گرانول‌های کود و یا افزودن باکتری‌ها و مواد حل‌کننده فرم‌های غیرقابل جذب کود، ساخته می‌شوند که این پوشش می‌تواند موادی چون کود پلی‌فسفات کُندرها، اسیدهای آلی، اسیدهیومیک، زئولیت و گوگرد باشد Bubba *et al.*(2010). کودهای کندرها به‌دلایل مختلفی از قبیل افزایش کارآیی و کاهش آب‌شویی عناصر غذایی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش هزینه‌های تولید در کشت گیاهان زراعی توصیه شده است Mohammadi *et al.*(2018) . در نهایت می‌توان چنین بیان نمود که استفاده از اسیدهیومیک و کودهای کندرها علاوه بر افزایش در عملکرد ذرت، می‌تواند نقش به‌سزایی را در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند؛ برهمین اساس این آزمایش با هدف بررسی اثر زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها و ترکیبات هیومیکی بر برخی خصوصیات زراعی ذرت به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان گتوند واقع در استان خوزستان اجرا شد. فاکتور اول زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها از منبع اسپیدر ۹۰ درصد ایکس‌گرین از شرکت بازرگانی سبز گل و ساخت اسپانیا در چهار سطح (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن دانه) و فاکتور دوم زمان مصرف اسیدهیومیک از منبع هایپرهیوم ایکس‌گرین از شرکت بازرگانی سبز گل و ساخت آمریکا در چهار مرحله (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن) بود. کودهای پلی‌فسفات کندرها و اسیدهیومیک به‌ترتیب در هر مرحله به میزان ۱۰ و ۱/۵ لیتر در هکتار مخلوط در آب آبیاری به زمین داده شدند.

هر واحد آزمایشی شامل شش خط کشت به‌طول چهار متر بود. فاصله بوته روی ردیف ۲۰-۱۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر مصرفی، ذرت هیبرید AS71 که رقمی نیمه‌دیرس، با وزن هزار دانه ۳۷۰ گرم و عملکرد دانه ۱۴-۱۶ تن در هکتار بود. عملیات کاشت در نیمه دوم مرداد با میزان تراکم هشت بوته در مترمربع انجام شد. آبیاری به‌صورت نشتی (جوی و پشته) انجام گرفت. پس از رسیدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (در تاریخ ۹۶/۸/۱۰) و پیدا شدن لایه سیاه در محل اتصال دانه به چوب بلال، عملیات برداشت با در نظر گرفتن اثر حاشیه از یک مترمربع انجام شد. تعداد ردیف در هر بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه با استفاده از پنج بلال که به‌طور تصادفی جدا شده بودند، محاسبه گردید. در زمان برداشت، میزان رطوبت دانه‌های هر کرت تعیین و وزن دانه ها بر اساس رطوبت ۱۴ درصد و بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.2) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال خطای یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها × اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برای اثر متقابل نشان داد که در بین سطوح تیمارها بیش‌ترین وزن هزار دانه از ترکیبات تیماری چهار برگی پلی‌فسفات کُندرها با چهار یا هشت برگی اسیدهیومیک و کم‌ترین وزن هزار دانه در کاربرد هر دو ماده در مرحله شیری شدن بلال

به‌دست آمد و طبق نتایج به‌دست آمده تیمار کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفاتکندرها در مرحله چهار برگی نسبت به مرحله شیری شدن بلال، حدوداً ۱۹ درصد وزن هزار دانه را افزایش داد (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر مرحله کاربرد فسفات کُندرها و اسید هیومیک بر برخی صفات عملکردی ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن هزار دانه	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تعداد بلال در بوته	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۲۶ ns	۰/۱۶ *	۰/۰۰۷ *	۰/۰۰۳ ns	۴۶۵۱۱/۹ **
فسفات کُندرها	۳	۳۱۹/۱۳**	۳۷/۹۳**	۰/۲۷۴**	۰/۴۵۷**	۱۴۱۴۵۲۹۵/۲**
اسید هیومیک	۳	۴۲۶/۶۱**	۴۹/۱۷**	۰/۲۸۷**	۰/۱۷۸**	۳۳۳۷۴۵۵۵/۹**
اسید هیومیک× فسفات کُندرها	۹	۸۳/۴۳**	۴/۹۷**	۰/۰۲۶*	۰/۰۵۲**	۵۲۶۹۲۹۶۱/۱**
خطا	۳	۰/۸۴	۰/۲۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۴۷۶۵۳/۰
ضریب تغییرات٪	-	۶/۷	۶/۵۳	۱۱/۸۴	۴/۰۷	۷/۹۷

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

به‌نظر می‌رسد که ذرت در دو ماه اول رشد، بیش‌ترین نیاز را به مواد غذایی دارد Cardwell (1982) و کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها در مراحل ابتدایی رشد می‌تواند با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه، بافت‌های فتوسنتزی را حفظ نماید و در نتیجه وزن هزار دانه را افزایش دهد.

تعداد دانه در ردیف

بررسی جدول (۱) تجزیه واریانس نشان داد که اثر کلیه عوامل آزمایشی بر این صفت معنی‌دار گردید. بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله هشت برگی (۳۸/۶۲ دانه) و کم‌ترین تعداد دانه در ردیف در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد که این تیمار با کلیه تیمارهایی که در آن‌ها کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال انجام گرفت اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). این نتایج بیانگر اثر قوی‌تر اسیدهیومیک نسبت به پلی‌فسفات کندرها است که با تاخیر در کاربرد آن به‌شدت میزان تعداد دانه کاهش می‌یابد. چنین به‌نظر می‌رسد که وجود یک همبستگی مثبت قوی و معنی‌دار بین طول و تعداد ردیف در بلال (2010) Meschi Bahoosh *et al.* باعث شده که کاربرد این دو کود در ابتدای مراحل رشد گیاه از طریق افزایش طول بلال باعث افزایش تعداد دانه در ردیف بلال گردد.

تعداد ردیف در بلال

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر تعداد ردیف دانه در بلال در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۱). نتایج نشان داد که با کاربرد همزمان پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی و اسیدهیومیک در مرحله چهار برگی یا هشت برگی، می‌توان بالاترین تعداد ردیف در بلال را به‌دست آورد اما با تاخیر در کاربرد پلی‌فسفات تنها با کاربرد اسیدهیومیک در مرحله چهاربرگی می‌توان میزان حداکثر تعداد ردیف را به‌دست آورد. کم‌ترین تعداد ردیف در بلال در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد (جدول ۲). Amini *et al.* (2018) در بررسی تأثیر ترکیب کودهای کُندرها و اسیدهیومیک با اوره بر برخی صفات زراعی ذرت گزارش کرد که کاربرد توأم ترکیب کودهای کُندرها و اسیدهیومیک با اوره بر تعداد دانه و ردیف در بلال اثر مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد داشت.

جدول۲. مقایسه میانگین برخی صفات عملکردی ذرت تحت تاثیر مرحله کاربرد فسفات کُندرها و اسید هیومیک

تیمارها		وزن هزار دانه(g)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تعداد بلال در بوته	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)
مرحله کاربرد فسفات کُندرها	مرحله کاربرد اسید هیومیک					
چهار برگی	چهار برگی	۳۷۸/۴۲^{ab}	۳۷/۲۸^{b}	۱۴/۶۰^{a}	۱/۶۷^{a}	۱۱۵۰۵/۹۰^{b}
	هشت برگی	۳۸۱/۱۶^{a}	۳۸/۶۲^{a}	۱۴/۴۶^{a}	۱/۵۶^{b}	۱۲۳۳۹/۵۰^{a}
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۴۱/۳۹^{ef}	۳۴/۴۱^{d}	۱۴/۲۰^{b}	۱/۵۱^{b}	۶۶۸۱/۷۰^{h}
	شیری شدن دانه	۳۳۶/۶۰^{g}	۳۱/۴۹^{g}	۱۴/۱۹^{b}	۱/۵۰^{b}	۶۶۴۲/۶۰^{h}
هشت برگی	چهار برگی	۳۶۶/۷۴^{c}	۳۴/۶۰^{d}	۱۴/۵۰^{a}	۱/۵۰^{b}	۱۰۱۱۱/۲۰^{d}
	هشت برگی	۳۷۵/۳۰^{b}	۳۶/۴۰^{c}	۱۴/۲۱^{b}	۱/۵۵^{b}	۱۰۹۳۳/۷۴^{c}
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۴۱/۶۰^{e}	۳۳/۴۸^{ef}	۱۴/۲۰^{b}	۱/۱۰^{c}	۸۴۳۷/۷۰^{f}
	شیری شدن دانه	۳۴۱/۲۰^{e}	۳۳/۲۸^{f}	۱۴/۱۹^{b}	۱/۱۱^{c}	۶۵۴۲/۵۰^{h}
قبل از ظهور گل تاجی	چهار برگی	۳۴۸/۸۸^{d}	۳۳/۶۱^{e}	۱۴/۱۹^{b}	۱/۱۱^{c}	۹۱۵۸/۳۸^{e}
	هشت برگی	۳۳۹/۳۸^{fg}	۳۳/۵۰^{e}	۱۴/۱۹^{b}	۱/۱۱^{c}	۷۱۴۰/۵۰^{g}
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۳۸/۸۸^{f}	۳۳/۴۸^{ef}	۱۴/۲۰^{b}	۱/۱۱^{c}	۶۷۹۴/۹۰^{h}
	شیری شدن دانه	۳۳۷/۲۸^{fg}	۳۱/۴۹^{g}	۱۴/۰۱^{bc}	۱۱/۱^{c}	۶۴۷۰/۳۰^{hi}
شیری شدن دانه	چهار برگی	۳۴۴/۶۶^{de}	۳۳/۷۰^{e}	۱۴/۱۹^{b}	۱/۵۰^{b}	۹۱۹۷/۳۸^{e}
	هشت برگی	۳۴۱/۱۴^{e}	۳۳/۶۶^{e}	۱۴/۱۹^{b}	۱/۱۳^{c}	۶۵۹۲/۹۰^{h}
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۲۶/۵۰^{h}	۳۱/۴۹^{g}	۱۴/۰۹^{bc}	۱/۱۱^{c}	۶۵۱۳/۴۰^{h}
	شیری شدن دانه	۳۰۵/۳۰^{i}	۳۱/۴۹^{g}	۱۳/۹۳^{c}	۱/۰۸^{c}	۶۴۱۷/۵۰^{hi}

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

تعداد بلال در بوته

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها، اسیدهیومیک و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر تعداد بلال در بوته در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بودند (جدول۱) نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین تعداد بلال در بوته در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله چهار برگی و کم‌ترین تعداد ردیف در بلال در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد؛ همچنین مشخص شد که تعددا بلال مانند تعداد ردیف در بلال حساسیت بالایی به مرحله کاربرد پلی‌فسفات کندرها دارد و با تاخیر در کاربرد آن میزان تعداد بلال به‌شدت کاهش می‌یابد (جدول ۲). افزایش فسفر به خاک خصوصا در مراحل ابتدای رشد گیاه ذرت نه تنها نیاز گیاه به این عنصر را مرتفع می‌سازد بلکه با افزایش جذب عناصری مانند روی، پتاسیم و منیزیم باعث افزایش مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به بخش زایشی گیاه می‌گردد و نتیجتا افزایش تعداد بلال و عملکرد دانه را ایجاد می‌نماید Zeidan (2007)

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). بیش‌ترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله هشت برگی و کم‌ترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد که این تیمار نسبت به کاربرد پلی‌فسفات کندرها در مرحله چهار برگی و کاربرد

اسیدهیومیک در مرحله هشت برگی افت ۴۷ درصدی عملکرد دانه را نشان داد (جدول۲). کاربرد هم‌زمان اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها در مراحل ابتدایی رشد ابتدا وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و تعداد بلال در بوته را افزایش و در نهایت موجب شد عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یابد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهایی با آزادسازی تدریجی، انتقال کاتیونی، به‌ویژه کاتیون‌های فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه را تسهیل کرده و باعث بهبود کارایی استفاده از این منابع در خاک می‌شود .Gabbris and Nokovic (1992). اسیدهیومیک نیز بر واکنش‌های بیوشیمیایی دیواره سلولی، غشای سلول و حتی سیتوپلاسم اثر می‌گذارد؛ این ترکیب، با افزایش جذب عناصر غذایی پُرمصرف و کم‌مصرف در گیاهان سبب افزایش رشد و عملکرد آن‌ها می‌شود Chen and Aviad (1990). در نتیجه کاربرد توأم این کودها در مراحل ابتدایی رشد نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها، علاوه بر وجود فرصت کافی برای اثرگذاری این کودها بر رشد گیاه، نقاط ضعف موجود در هر یک از دو نوع کود اعم از کمبود مواد آلی، وجود محرک‌های مختلف رشد یا تفاوت در محتوی عناصر غذایی را جبران می‌نماید و با تأمین بهتر عناصر غذایی همراه با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب عناصرغذایی، بهبود تولید و افزایش عرضه مواد پرورده به بلال و در نهایت افزایش میزان عملکرد دانه در واحد سطح فراهم می‌آورد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد که با تاخیر در کاربرد کودهای پلی‌فسفات کندرها و اسیدهیومیک کم‌ترین مقادیر اکثر صفات به‌دست آمد و اثر کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کُندرها در مراحل آخر رشد مشابه اثر آن‌ها در مراحل اولیه رشد نبود؛ زیرا ایفای نقش و کارکرد مثبت این مواد جهت رشد و نمو گیاه فرآیندی زمان‌بر است. با کاربرد هم‌زمان کودهای پلی‌فسفات کود کُندرها و اسیدهیومیک به‌خصوص در اوایل رشد به‌دلیل فراهمی مناسب عناصر، مصرف مقدار نهاده کاهش و راندمان افزایش می‌یابد. بنابراین مدیریت مناسب کود به‌ویژه مصرف کودهای پلی‌فسفات کود کُندرها و ترکیبات اسیدهیومیک به‌عنوان راهبردی مناسب جهت حرکت به‌سمت کشاورزی پایدار، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در آینده کشاورزی ضروری خواهد بود.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به جهت مساعدت در اجرای این پژوهش تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

Amini, B., M. Farahbakhsh and M. Kianirad. (2018). Study on the effects of humic acid-urea fertilizers application on some agronomic characteristics of maize (*Zea mays* L). *Applied Soil Research*, 5(2), 31-40.

Bubba, M., C.A. Arias and H. Porix. (2010). Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow cultivated reed beds as measured by the Langmuir adsorption isotherms. *Water Research*, 37, 3390-3400.

Cardwell, V.B. (1982). Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. *Agronomy journal*, 74, 984-990

Chen, Y. and T. Aviad. (1990). Effects of humic substances on plant growth. PP. 161-186. *In:* MacCarthy, P., C.E. Clapp, R.L. Malcolm and P.R. Bloom (Eds.), Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.

Dolatabadi, A., J. Masoud Sinaki, H. Abbaspour and A. Ebadi. (2014). Effect of manure and foliar application of humic acid on morphological and physiological traits of wheat. *Journal of Plant Ecophysiology*, 17(6), 28-38.

Gabbris, L. and J. Nokovic. (1992). Migration of basic cautions in soil profile by effect of fertilization with industrial fertilizer. C. Sci., (1-2-3), 145-153.
Ghorbani, S., H. Khazaei, M. Kafi and M. Bannayan Aval. (2016). Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Agroecology*, *2*(1), 11-118.
Khan, A., A. Gurmani, M. Zameer Khan, M. Hussain, F. Ehsan, M. Akhtar and S. Khan. (2013). Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 35(1), 206-211.
Malakouti, M.J., P. Keshavarz and N. Karimian. (1987). Comprehensive method of diagnosis and optimal fertilizer recommendation for agriculture Stable. Seventh edition with full revision, Markaz PublicationsTarbiat Modares University, Tehran.
Meschi Bahoosh, M., B. Rabiei, H. Abbas Dokht, A. Kafi Ghasemi and H. Jahandideh. (2010). Analysis of Correlation Coefficients between Grain Yield and Yield Components in Maize Hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(2), 215-223.
Mohammadi, L, S. Reezi, A. Mohammadkhani and R. Barzegar. (2018). Effect of slow-release fertilizer and humic acid application on New Guinea impatiens (*Impatiens haawkeri* "Divine Scarlet Red") transplant production quality. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 9(1), 13-23.
Moradi, R., M. Nasiri Mahallati, P. Rezvani Moghaddam, A. Lakzian and A. Nejad Ali. (2011). The effect of biological and organic fertilizers on quality and quantity of essential oil of fennel *(Foeniculum vulgare)*. *Journal of Horticultural Science*, 25(1), 25-33.
Zeidan, M. S. (2007). Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6), 748-752.

Effect of application time of polyphosphate slow release fertilizer and humic acid on quantitative yield of gain corn

Ali Zaheri[1], Alireza Abdali Mashhadi[2], Ahmad Kochekzadeh[2], Amin Lotfi Jalal-Abadi[*3], Abdolreza Siyahpoosh[3]

* Corresponding author: Assistant Professor Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran
Email: aminlotfi@asnrukh.ac.ir

1- MSc. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran
3- Assistant Professor Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

Abstract

In order to effect of application time of polyphosphate slow release fertilizer (PSRF) and humic acid on some agronomic characteristics of corn (Hybrid AS 71), an experiment was carried out with factorial based on randomized complete block design (RCBD), with three replications in Gotvand, during 2017-2018. The first factor included polyphosphate slow release fertilizers application time in four levels (leafy 4, leafy8, before the emergence of tassels, milky grain) and the second factor was humic acid application time at four levels (leafy 4, leafy8, before the emergence of tassels, milky grain). The results of experiment showed significant differences in main effect and interaction of experimental factors on all the studied characteristics. The highest amount of characteristics were used PSRF + humic acid in stages leafy 4 and leafy 8, and the least amount in most characteristics was observed with the application of PSRF + humic acid in the milk grain stage. The results of experiment showed, simultaneous application of PSRF + humic acid, especially, in the early stages of growth.

Key Words: Grain yield, Number of rows per ear, Organic fertilizer, 1000-seed weight

اثر مواد محرک رشد گیاهی و کود شیمیایی بر عملکرد کل و عملکرد بازارپسند گوجه فرنگی

یعقوب حسینی[۱]، حامد حسن‌زاده خانکهدانی[۲]، مریم قریشی[۳]

[۱] دانشیار پژوهشی، بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، شیراز، ایران yaaghoob.hosseini@yahoo.com

[۲، ۳ و ۴] به ترتیب محقق و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان

چکیده

به‌رغم اینکه چند سالی است در کشور از محرکهای رشد استفاده می‌شود، اما، تأثیر آنها بر رشد، عملکرد وکیفیت محصولات کشاورزی و بویژه تغییر در کارایی مصرف کودهای شیمیایی تبین نشده است؛ و چه بسا گاهی اظهارنظرها در مورد تأثیر آنها همراه با افراط و تفریط بوده است. از طرف دیگر عوامل متعددی سبب کمبود بسیاری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق کاهش قابلیت استفاده آنها برای گیاه و هدروی آنها از طریق آبشویی و یا فراریت می‌شوند و همین امر سبب شده تا کشاورزان مقدار زیادی کود وارد خاک نمایند و نتیجه آن آلودگی محیط زیست، کاهش کیفیت محصول و چه بسا کاهش منافع اقتصادی باشد. این پژوهش دربرگیرنده دو فاکتور مواد محرک رشد گیاهی، و مقدار مصرف کودهای شیمیایی بود و در آن تأثیر فاکتورهای آزمایش بر عملکرد کل و عملکرد بازارپسند محصول گوجه‌فرنگی بررسی شد. نتایج نشان داد که اگرچه کود شیمیایی به تنهایی سبب افزایش عملکرد گوجه فرنگی گردید اما کاربرد توأم آن با محرک رشد تأثیر آن بر افزایش عملکرد را ارتقا بخشید. کاربرد کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی توأم با کاربرد محرکهای رشد بیشترین تأثیر بر عملکرد کل و همچنین محصول بازار پسند داشت.

واژگان کلیدی: کود شیمیایی، گوجه‌فرنگی، محرک رشد

مقدمه

کاربرد کودهای شیمیایی روشی نسبتا ارزان و مؤثر برای تأمین عناصر غذایی معدنی برای گیاهان است، اما برخی از ویژگی‌های خاک (که محیط رشد گیاه است) نقش مهمی در قابلیت استفاده از عناصر غذایی توسط گیاه دارد، به‌طوری که برای مثال ویژگی بافت خاک ممکن است در کارایی استفاده از کود تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. اگر خاک دارای بافت درشت باشد کودها اغلب با رواناب از مزرعه شسته می‌شوند، و اگر دارای بافت ریز باشد کود ممکن است به طرق گوناگون همچون شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی غیر قابل استفاده برای گیاهان می‌شوند (Sanchez *et al*, 2001). هر دو این پدیده سبب می‌شوند تا کشاورزان برای جبران هدوری کود از طریق رواناب و یا غیرقابل استفاده شدن برای گیاه، مقدار مصرف کود را افزایش دهند و بیش از آن چیزی که مورد نیاز واقعی گیاه است کود استفاده کنند و این امر سبب آلودگی خاک، آب و یا حتی هوا می‌شود (Vance, 2001). از طرف دیگر، تولید صنعتی کودهای شیمیایی یک فرایند انرژی‌بر است که نقش مؤثری در افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و اثرات گلخانه‌ای دارد (Vance, 2001). در صورتی که به طریقی بتوان مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد و یا کارایی مصرف آنها توسط گیاه را افزایش داد؛ علاوه بر کمک به کاهش آلودگی زیست محیطی و به‌ویژه اراضی کشاورزی، می‌توان انتظار تولید محصول سالم و با کیفیت‌تری را نیز داشت و به دنبال آن سود بیشتری نصیب کشاورز خواهد شد. استفاده از مواد آلی که عناصر غذایی به آنها متصل می‌شوند و پایداری بیشتری پیدا می‌کنند و به همین علت کمتر شسته شده و یا به درون هوا آزاد می‌شوند و یا غیر قابل استفاده برای گیاه می‌شوند، از مهمترین راهکارهاست (King and Torbert, 2007). برای نیل به این هدف، استفاده از کودهای آلی از قبیل کمپوست، لجن و یا کود دامی که در

سیستم‌های کشاورزی در درسترس هستند و انرژی کمی برای تغییر و تبدیل آنها موردنیاز است، توصیه می‌گردد. اما کودهای آلی این خصوصیت یا عیب را دارند که اولا حجم بالایی از آنها مورد نیاز است و ثانیا استفاده از آنها خیلی راحت نیست و برای مثال نمی‌توان آنها را به‌همراه آب آبیاری و یا محلول‌پاشی مصرف نمود .بنابراین نمی‌توانند به سهولت و به شکل محلول در آب عناصر را برای گیاه، وقتی که گیاه به آنها احتیاج دارند، تأمین نمایند. برای تعدیل این خصوصیت یا عیب با کمک تکنولوژی اجزای مؤثر مواد آلی را به صورت‌های مختلف تبدیل کرده‌اند به طوری که برای مثال شکل مایع آنها به‌راحتی در دسترس کشاورز است و تقریبا همان خواص ماده آلی دارد و یا حتی این خواص ارتقا داده شده‌اند (Vessey, 2003). این مواد اغلب فاقد مقدار قابل توجه عناصر غذایی هستند اما استفاده از این مواد به عنوان محرک‌های رشد بر روی برگ، بذر و یا در خاک استفاده می‌شود و گفته شده است از طریق تحریک رشد ریشه، افزایش جذب کارایی ریشه و جمعیت مفید میکروب‌ها باعث افزایش رشد، عملکرد و ارتقا کیفی محصول می‌شوند (Halperh *et al*., 2015). در کشور ما نیز چند سالی است این مواد استفاده می‌شوند اما، تأثیر آنها بر رشد، عملکرد وکیفیت محصولات کشاورزی و بویژه تغییر در کارایی مصرف کودهای شیمیایی تبین نشده است؛ و چه بسا گاهی اظهارنظرها در مورد تأثیر آنها همراه با افراط و تفریط بوده است. از طرف دیگر، اغلب خاک‌های کشاورزی در کشور از مشکلاتی رنج می‌برند. برای مثال، pH خاک‌ها عمدتا بازی بوده و دارای مقدار اهک بالایی می‌باشند و یا در برخی مناطق ممکن است از نظر بافت، خاک ریز بافت و یا برعکس درشت بافت باشد و یا تقریبا همه خاک‌های کشور از کمبود موادآلی رنج می‌برند. همچنین بخش بزرگی از خاکهای کشور در حال شور شدن و محدودیت‌های این چنینی هستند. بدیهی است همه این موارد سبب کمبود بسیاری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق کاهش قابلیت استفاده آنها برای گیاه و هدروی آنها از طریق آبشویی و یا فراریت می‌شوند و همین امر هم سبب شده تا کارایی مصرف کود در کشور قابل قبول نباشد و از طرفی به سبب کارایی پایین مصرف کود، کشاورزان مقدار زیادی کود وارد خاک نمایند و آلودگی محیط زیست و کاهش کیفیت محصول را بدنبال داشته باشد و از طرف دیگر، پول کشاورز نیز برای خرید کودی استفاده شود که عملا از آن بهره‌ای نصیب او نشده است.

تحقیق حاضر در جهت بررسی تأثیر محرکهای رشد و کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی بر عملکرد کل و عملکرد بازارپسند گوجه‌فرنگی می‌باشد و با توجه به اهمیت گوجه فرنگی در سبد مصرف مردم کشور بر روی این محصول انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح اسپلیت پلات با ۳ تکرار به مدت ۲ سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب اجرا شد. انواع محرک‌های رشد مطابق جدول شماره یک به عنوان یک فاکتور فرعی و عناصر غذایی در ۳ سطح شامل: بدون مصرف عناصر غذایی، مصرف براساس ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش حاک به عنوان فاکتور اصلی بود. بنابراین ۲۱ تیمار و ۶۳ کرت آزمایش در طرح وجود داشت. در هر تکرار آزمایش(کرت آزمایشی) سه خط به طول ۵ متر با فاصله ۷۰ سانتی متر از هم در نظر گرفته شد. نشاء ها به فاصله ۵۰ سانتی متر از هم به صورت یک در میان در دو طرف خطوط نوار تیپ کشت شد. آبیاری به صورت نوار تیپ و رقم مورد استفاده رقم متین بود. مصرف عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم براساس آزمایش خاک در تیمارهای مربوطه مطابق مقادیر فوق‌الذکر اعمال شد. تیمار محرک‌های رشد شامل تیمار۱- شاهد، ۲- کاربرد اسید آمینه، ۳- فولویک اسید، ۴- جلبک دریایی، ۵- هیومیک اسید، ۶- (مخلوطی از محرکهای رشد تیمار ۲ تا ۵)، ۷- میکوریزا. تیمارهای ۲ تا ۶ به میزان غلظت ۵ در هزار در دو نوبت شروع گلدهی و اواسط میوه‌دهی استفاده شد و تیمار میکوریزا نیز به مقدار ۵ گرم در زیر نشاء استفاده شد. سایر عملیات داشت از

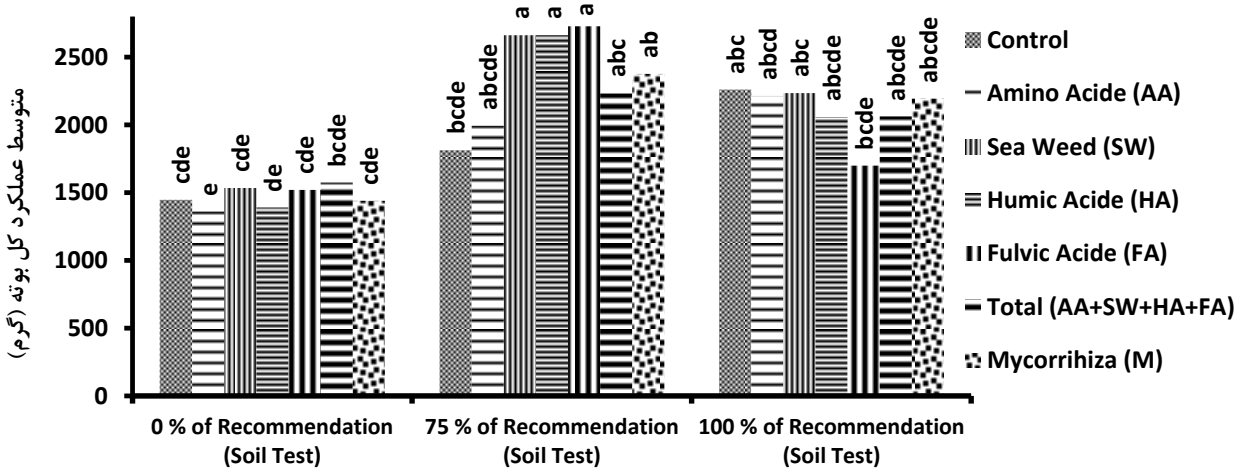
جمله آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای تمامی تیمارها به طور یکسان اعمال شد. . عملکرد میوه در هر چین وزن گردید و وزن محصول بازارپسند هم تعیین گردید. داده‌های بدست آمده با برنامه آماری SAS تجزیه و مقایسه میانگینها با روش LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجریه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر کاربرد کود شیمیایی و مواد محرک رشد بر عملکرد کل و عملکرد بازارپسند نشان داد که هر دو پارامتر تحت‌أثیر معنی‌دار فاکتورهای آزمایش و برهمکنش آنها قرار گرفتند. مقایسه میانگین عملکرد کل بر بوته نشان داد که کاربرد کود شیمیایی سبب افزایش عملکرد بر بوته میوه گوجه فرنگی شده است، به‌طوری که کاربرد عناصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد گردید. بالاترین مقدار عملکرد با کاربرد کودهای عناصر اصلی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی حاصل شد، اگرچه از نظر آماری تفاوتی بین تیمار گفته شده و تیمار کاربرد ۱۰۰درصد توصیه کودی مشاهده نشد. عملکرد بوته به هنگام کاربرد توأم کود شیمیایی و محرکهای رشد دارای افزایشی معنی‌دار بود؛ اما کاربرد ۷۵ درصد توصیه کودی عناصر اصلی همراه با کاربرد محرکهای رشدی از قبیل عصاره جلبک، اسید هیومیک و اسید فولوویک نسبت به تیمار بدون کاربرد محرک سبب بیشترین افزایش معنی‌دار عملکرد بوته گردیدند. شکل ۱ این موضوع را نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل دیده میشود کاربرد محرکهای رشد بدون اضافه کردن کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی نتوانسته است تغییر معنی‌داری در مقدار عملکرد بوته ایجاد نماید. از طرف دیگر، اگرچه کود شیمیایی به تنهایی سبب افزایش عملکرد گوجه فرنگی گردید اما کاربرد توأم آن با محرک رشد تأثیر آن بر افزایش عملکرد را ارتقا بخشید. برای مثال، کاربرد عصاره جلبکبی، هیومیک اسید و فولوویک اسید به همراه کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی به ترتیب سبب افزایش عملکرد به مقدار ۴۷، ۴۷ و ۵۰ درصد نسبت به تیمار بدون استفاده از محرک رشد گردید. کمترین درصد افزایش عملکرد به هنگام کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی، با کاربرد اسید امینه حاصل شد و عملکرد را معادل ۱۰ درصد نسبت به تیمار بدون استفاده از محرک رشد افزایش داد. گفته شده است مواد هیومیکی، تغذیه گیاه را از طریق تأثیر بر فرآیندهای خاک و به‌طور مستقیم تأثیر بر فیزیولوژی گیاه بهبود می‌دهند. سازوکارهایی که فرآیندهای خاک را متأثر می‌کند شامل بهبود ساختمان خاک و بهبود حلالیت عناصر کم‌نیاز در خاک است. اثرات مستقیم روی فیزیولوژی گیاه شامل تغییر در مورفولوژی ریشه، افزایش در فعالیت H^+ ATPase ریشه و افزایش در فعالیت آنزیم‌های جذب نیترات می-باشد (Halpern *et al.*, 2015). در آزمایشی دیگر (Crouch *et al.*, 1990) اثرات یک جلبک دریایی روی رشد، و برخی از عناصر غذایی در گیاه کاهو بررسی شد. گیاهان کاهو دچار تنش تغذیه‌ای در اثر کاربرد جلبک دریایی بهبود رشد پیدا نکردند، اما وقتی جلبک دریایی به همراه غلظت بالای عناصر غذایی در کاهو استفاده شد جذب عناصر غذایی و رشد گیاه به طور مثبتی تحت تأثیر کاربرد جلبک دریایی قرار گرفت. در آزمایش دیگر مشاهده شد که کاربرد اسید هیومیک و PGPR به صورت محلولپاشی باعث افزایش وزن خشک و عملکرد بادام زمینی شد (El-Syed *et. al.*, 2017).

نکته دیگر اینکه، کاربرد برخی از محرک‌های رشد توأم با کاربرد کود شیمیایی به مقدار۷۵ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی نسبت به هنگامی که مقدار ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی استفاده شود، بیشترین عملکرد حاصل شد. با توجه به افزایش چند برابری قیمت کودهای شیمیایی که اخیرا اتفاق افتاده است، استفاده از محرک‌های رشد میتواند ضمن افزایش عملکرد، در کاربرد کودهای شیمیایی صرفه‌جویی شود و سبب

افزایش درآمد کشاورز و تولیدکننده گردد. از طرف دیگر، کاربرد کمتر کودشیمیایی سبب کاهش آلودگی منابع آب و خاک و حتی محصول تولید شده میشود.

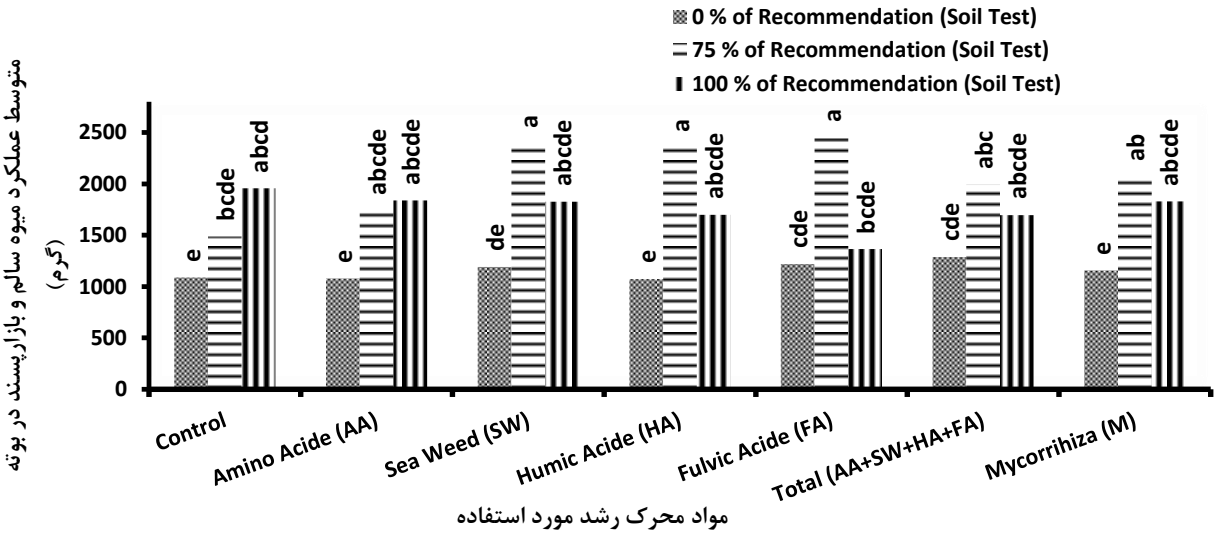


شکل ۱- تأثیر کاربرد کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی غذایی و محرکهای رشد بر عملکرد بوته گوجه فرنگی

متوسط عملکرد میوه سالم (بازارپسند) گوجه‌فرنگی (در بوته)

اگرچه در اغلب موارد، وقتی از عملکرد محصول صحبت میشود عملکرد کل مدنظر است، اما در مورد برخی محصولات مثل گوجه‌فرنگی که اغلب مصرف تازه‌خوری دارد، شاید عملکرد میوه سالم (بازارپسند بودن، رنگ و شکل مناسب و عدم آثار خسارت آفت و بیماری روی میوه و سفتیی میوه) از عملکرد کل برای کشاورز اهمیت بیشتری داشته باشد؛ بویژه وقتی که صنایع تبدیلی در دسترس کشاورز نباشد. بنابراین برای کشاورزان استانهایی مانند هرمزگان که فاقد کارخانجات صنایع تبدیلی هستند عملکرد محصول سالم و بازارپسند، تأثیر بسزایی در فروش و سود کشاورز خواهد داشت. به همین علت در آزمایش حاضر علاوه بر عملکرد کل، عملکرد میوه سالم نیز اندازه‌گیری و اثر فاکتورهای آزمایش بر روی آن بررسی گردید. جدول تجزیه واریانس نشان داد عملکرد سالم و بازارپسند گوجه‌فرنگی تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. مقایسه میانگین عملکرد بازارپسند و سالم تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایش نشان داد که کاربرد کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی موردنیاز گیاه سبب افزایش عملکرد بازارپسند محصول شده است (افزایش ۳۶ و ۷۷ درصدی به ترتیب برای کاربرد کود شیمیایی به مقدار ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک)،که مقدار عملکرد محصول سالم با کاربرد کود شیمیایی به مقدار ۱۰۰درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک دارای تفاوتی معنی‌دار با تیمار شاهد (بدون کاربرد کود شیمیایی) بود (شکل۲). اما، هنگامی که علاوه بر کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی از محرکهای رشد نیز استفاده شد، برای اغلب محرکهای رشد بالاترین عملکرد محصول سالم و بازارپسند با کاربرد کود شیمیایی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک بدست آمد. کاربرد توأم کود شیمیایی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک به همراه هر کدام از محرکهای رشد عصاره جلبکی، اسید هیومیک ، اسید فولویک و همچنین استفاده از قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد محصول نسبت به هنگامی شد که از محرکهای رشد گفته شده، استفاده نگردید (شکل ۲). مقدار افزایش عملکرد برای کاربرد توأم کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی (به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک) و محرکهای رشد اسید آمینه، عصاره جلبک، اسید هیومیک، اسید فولوویک، مجموع چند محرک رشد (شامل اسید

آمینه، عصاره جلبک، اسید هیومیک، اسید فولوویک)، استفاده از قارچ میکوریزا و عصاره جلبکی استخراج شده از منابع جلبکی خلیج فارس به ترتیب ۶۱، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۰۰، ۵۴، ۷۹ و ۳۹ درصد بود. گفتنی است کاربرد کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک، بدون کاربرد محرک رشد، سبب افزایش ۳۶ درصدی عملکرد محصول سالم و بازارپسند گردید. این امر نشان می‌دهد که بدون استثنا، استفاده از محرکهای رشد در مقایسه با عدم مصرف آن همراه با کاربرد کودشیمیایی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی، افزایش عملکرد میوه سالم و بازارپسند را به همراه داشته است؛ اگرچه این افزایش برای هرکدام از محرکهای رشد متفاوت می‌باشد (شکل ۳). محرکهای رشد و بویژه جلبک‌ها با القای تولید فیتوالکسین در گیاه موجب ممعانت از آلوده شدن گیاهان به مسیلیوم قارچها می‌شوند.فیتوالکسین-ها با تحریک تولید تولید آنزیمهای هیدرولیز کننده مانند کیتیناز و گلوکاناز باعث تخریب بافت کیتینی میسیلیوم قارچها و از بین رفتن آنها می شوند(Zhoa *et al.*, 2005). بنابراین از این طریق به تولید محصول سالم و بازارپسند کمک می‌کنند. همچنین ایجاد مقاومت در مقابله با استرس‌های محیطی ناشی از وجود ترکیبات زیست فعالی نظیر سیتوکنین‌ها می‌باشد که این ترکیبات موجب تولید ترکیبات ثانویه‌ای نظیر اگزانتین، آدنین و پورین شده که با مهار کردن رادیکال‌های آزاد موجب مقابله با اثرات استرسی این رادیکال‌ها می‌شوند. گلایسین، بتائین و مانیتول موجود در عصاره‌ها و کودهای جلبکی موجب ایجاد تعادل در فشار اسمزی در شرایط تنش‌های محیطی از قبیل شوری و خشکی و سرمازدگی می‌شوند(Zhoa *et al.*, 2001). کاربرد عصاره جلبک و اسید هیومیک سبب افزایش بازارپسندی بیشتر در غده‌های سیب زمینی بویژه اندازه مناسب غده‌ها شد (Dziugiel and Wadas, 2020).



شکل ۳- تأثیر کاربرد کود شیمیایی حاوی عناصر غذایی اصلی و محرکهای رشد بر عملکرد میوه سالم و بازار پسندگوجه فرنگی

نتیجه‌گیری

راهکارهایی که بتواند مصرف کودهای شیمیایی را کاهش و یا کارایی مصرف آنها توسط گیاه را افزایش دهد؛ علاوه بر کمک به کاهش آلودگی زیست محیطی و به‌ویژه اراضی کشاورزی، می‌توان انتظار تولید محصول سالم و با کیفیت‌تری را نیز داشت و به دنبال آن سود بیشتری نصیب کشاورز خواهد شد. استفاده از محرکهای رشد از مهمترین راهکارهاست، در این پژوهش اگرچه کود شیمیایی به تنهایی سبب افزایش عملکرد گوجه فرنگی گردید اما کاربرد توأم آن با محرک رشد تأثیر آن بر

افزایش عملکرد را ارتقا بخشید. در هرمزگان کاربرد کود شیمیایی حاوی عناصر اصلی به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی توأم با کاربرد محرکهای رشد بیشترین تأثیر بر عملکرد کل و همچنین محصول بازار پسند داشت.

فهرست منابع

1- Crouch, I. J., Beckett, R. P., Van Staden, J. (1990). Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *Journal of Applied Phycology*, 2, 269–272.
2- Dziugiel, T., Wadas, W. (2020). Possibility of increasing early crop potato yield with foliar application of seaweed extracts and humic acids. *Journal of Central European Agriculture*, 21(2), 300-310.
3- El-Syed, F.R., Hoda, A.G., Yassen, M.Y. (2017). Growth, nodulation, yield and mineral tissue content of peanut in response to foliar and coating application of humic acid and plant growth–promoting rhizobacteria. *Journal of Environmental Studies*, 6, 195–202.
4- Halpern, M., Bar-Taly, A., Ofeky, M., Minzy, D., Mullerx, T. Yermiyahu U. (2015). The Use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130, 141-174.
5- King, K.W., Torbert, H. A. (2007). Nitrate and ammonium losses from surface-applied organic and inorganic fertilizers. *Journal of Agricultural Science*,145, 385–393.
6- Sanchez, L., Dıez, J. A., Vallejo, A., Cartagena, M. C. (2001). Denitrification losses from irrigated crops in central Spain. *Soil Biology & Biochemistry*, 33,1201–1209.
7- Vance, C.P.(2001). Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant Physiology*, 127, 390–397.
8- Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant & Soil*, 255, 571-586.
9- Zhao J., Davis, L. C., Verpoorte, R. (2005). Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 23(4), 283–333.
10- Zhao J., Zhu, W., X Hu, V. (2001). Selection of fungal elicitors to increase indole alkaloid accumulation in Catharanthus roseus suspension cell culture. *Enzyme & Microbiol Technology*, 28(7-8)و 666–672.

Effect of plant growth biostimulants and chemical fertilizers on total and marketable yield of tomatoe

Yaaghoob Hosseini[1], Hamed Hassanzadeh Khnehkahdani[2] and Maryam Ghoryshi[3]

[1]Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran. yaaghoob.hosseini@yahoo.com

[2,3] Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Abstract

Despite the fact that growth biostimulants have been used in the country for several years, however, their impact on growth, yield and quality of agricultural products and especially changes in the efficiency of chemical fertilizers has not been explained, and sometimes comments about their impact have been accompanied by exaggeration. On the other hand, many factors cause a lack of many essential nutrients by reducing their avialability for the plant and wasting them through leaching or volatility and farmers apply large amounts of fertilizer to the soil, resulting in environmental pollution, reduced crop quality, and possibly reduced economic benefits. This study included two factors that plant growth biostimulants, and the amount of chemical fertilizers used, in which the effect of experimental factors on total yield and marketable yield of tomato crop was investigated. The results showed that although chemical fertilizer alone increased the yield of tomatoes, but its application with growth biostimulants enhanced its effect on increasing yield. The use of chemical fertilizers containing the main elements in the amount of 75% of the fertilizer recommendation combined with the application of growth biostimulants had the greatest impact on the total yield as well as the marketable product.

Keywords: Chemical fertilizer, growth biostimulants, tomato

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

محور مقاله: ویژگی‌ها، فرآیندها و تنوع زیستی خاک

تغییرات ریزوسفری و تشکیل رایزوشیت: راهبردی موثر در پاسخ به تحمل تنش کم آبی و مقابله با کمبود عناصر غذایی در گیاهان

میثم چراغی[1*] و بابک متشرع‌زاده[2]

[1] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[2] استاد گروه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

برای پایداری کشاورزی و تقویت توان تولید تحت شرایط تنش، دست‌یابی به تکنیک‌هایی هوشمند برای مقابله با تنش‌ها امری ضروری است. تکنیک‌هایی که علیرغم توان عملکردی بالا؛ به تجهیزات و تیمارهای چندان هزینه بری نیاز نداشته باشند. یکی از تکنیک‌هایی که علیرغم توصیه محققین پیشین، کمتر به آن توجه شده است، رایزشیت و پتانسیل آن در کنترل تنش‌های محیطی است. رایزوشیت لایه‌ای از ذرات خاک است که با موسیلاژ و سایر ترشحات میکروبی و گیاهی مخلوط شده و طی یک تناوب خشک و مرطوب در خاک؛ غلافی با استحکام نسبتاً بالا در اطراف ریشه ایجاد می‌کند. نتایج این بررسی نشان داد که ۱. رایزوشیت بخشی از ریزوسفر است که از لحظ ساختاری با آن متفاوت است ۲. تشکیل رایزوشیت و ضخامت آن تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله وجود ریشه‌های مویین، موسیلاژ و تناوب خشک و مرطوب است ۳. تشکیل رایزوشیت به تحمل بیشتر تنش‌های محیطی مخصوصا خشکی و جذب بهتر عناصر غذایی بخصوص فسفر، نیتروژن و روی کمک می‌کند. با توجه به مطالعه انجام شده و تجربه کسب شده از آن، توصیه می‌شود؛ که محققین بر روی جنبه‌های قابل کنترل گیاهان که تولید و استحکام رایزوشیت را بهبود می‌بخشند، بیشتر تمرکز کنند.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، جذب عناصر غذایی، رایزوشیت، ریزوسفر، کشاورزی پایدار

مقدمه

گیاهان تقریباً ۲۵ تا ۶۰ درصد از کربن جذب شده را به‌عنوان تراوشات ریشه‌ای ازجمله پلی‌ساکاریدها، اسیدهای آلی، اسیدهای چرب، پروتئین‌ها و سایر فاکتورهای رشد؛ در خاک آزاد کنند. این ترکیبات کربنی، میکروارگانیسم‌ها را تغذیه کرده و تکثیر آن‌ها را در اطراف ریشه گیاهان بهبود می‌بخشند (Uren, 2007). ترشح موسیلاژهای گیاهی به همراه تراوشات میکروبی باعث تجمع خاکدانه‌ها و تشکیل یک غلاف منسجم در اطراف ریشه می‌شود که به آن رایزوشیت[2] می‌گویند (Liu *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020a). ذرات خاک موجود در رایزوشیت از طریق موسیلاژ، به‌شدت به یکدیگر و به ریشه‌ها متصل می‌شوند (Liu et al., 2019). اعتقاد بر این است که رایزوشیت نقش مهمی در جذب آب و مواد غذایی و کاهش تنش‌های محیطی ایفا می‌کند (Basirat et al., 2019; Wei *et al.*, 2011). تشکیل رایزوشیت مکانیسمی برای بهبود مقاومت در برابر تنش خشکی و محافظت از ریشه در شرایط خشک است (Benard *et al.*, 2016). رایزوشیت دارای اهمیت بالقوه‌ای در مقابله با سایر تنش‌های غیر زیستی، ازجمله؛ کمبود عناصر غذایی مانند

*ایمیل نویسنده مسئول: my.cheraghi@ut.ac.ir

[2] Rhizosheath

فسفر (Haling *et al.*, 2013)، روی (Nambiar, 1976)، نیتروژن (Othman *et al.*, 2004) و تنش‌های مرتبط با اسیدیته (Delhaize *et al.*, 2012) و استحکام خاک (Albalasmeh and Ghzzehei, 2014) است. با توجه به اهمیت مسئله تنش‌ها در کشاورزی و نیاز به ارائه راه‌حل‌های کاربردی برای مقابله با این عوامل محدود کننده، بررسی حاضر به منظور بررسی جنبه‌های مختلف تشکیل رایزشیت و تغییرات ریزوسفری در پاسخ به تحمل تنش خشکی و مقابله با کمبود عناصر غذایی انجام شده است.

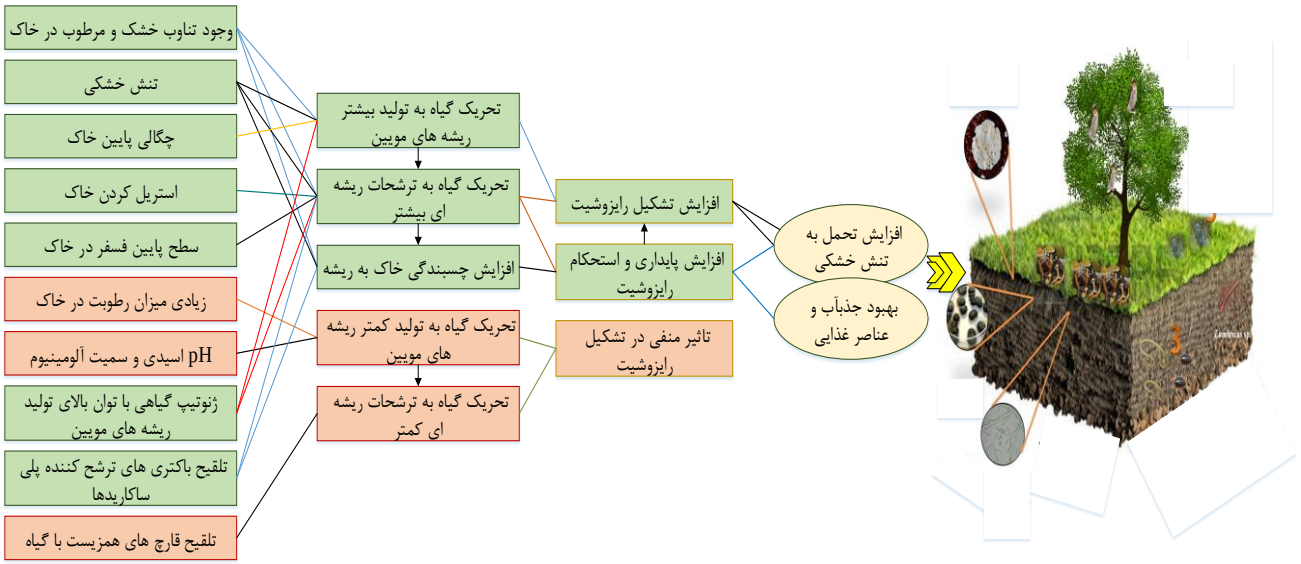
مفهموم رایزوشیت و ریزوسفر

خاک ریزوسفری خاکی است که پس از اینکه سیستم ریشه‌ای با دقت از خاک خارج و به آرامی تکان داده شد؛ به‌صورت چسبیده به ریشه باقی می‌ماند. به‌عبارتی، ریزوسفر اغلب به‌عنوان حجم خاک تحت تأثیر ریشه تعریف می‌شود که با تراوشات ریشه‌ای و میکروبی و وفور میکروارگانیسم‌ها همراه است (Brown *et al.*, 2017). رایزوشیت برای اولین بار به‌عنوان یک غلاف عجیب و غریب، متشکل از ذرات تجمع یافته شن در سطح ریشه تعریف شد (Volkens, 1887)، اما اکنون اغلب آن را به عنوان خاک چسبیده به ریشه؛ پس از برداشت ریشه گیاه از خاک و تکان دادن آن؛ تعریف می‌شود (McCully, 1999; George *et al.*, 2014). بنابراین تمایز بین اصطلاحات رایزوشیت و ریزوسفر در این است که رایزوشیت به خاکی اطلاق می‌شود که ازنظر فیزیکی به سیستم ریشه می‌چسبد، درحالی‌که ریزوسفر به خاک تحت تأثیر ریشه اطلاق می‌شود، به‌گونه‌ای که ریزوسفر گسترده‌تر از رایزوشیت است. Brown و همکاران (۲۰۱۷)، رایزوشیت را به عنوان هر خاکی که به ریشه‌های تازه برداشت شده (پس از شیک با دست) چسبیده باشد، تعریف کردند. آن‌ها بیان کردند که رایزوشیت‌های واقعی خاک‌هایی هستند که بدون شیک دادن یا شستن از ریشه جدا نمی‌شوند.

تشکیل رایزوشیت در گیاهان و عوامل مؤثر بر آن

پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک از عوامل تأثیر گذار در شکل‌گیری رایزوشیت هستند (شکل ۱).تشکیل رایزوشیت به دو عامل خیلی مهم بستگی دارد؛ ریشه‌های مویین وترشح موسیلاژ. ریشه‌های مویین ذرات خاک را در اطراف ریشه محصور می‌کنند و چهارچوب فیزیکی مهمی را برای تشکیل و گسترش رایزوشیت فراهم می‌کنند (Delhaize *et al.*, 2012; George *et al.*, 2014). Brown و همکاران (۲۰۱۷)، با بررسی ۵۸ گونه گیاهی دریافتند که گیاهانی که فاقد ریشه‌های مویین هستند، رایزوشیت تشکیل نمی‌دهند. McCully (۱۹۹۹)، بیان کرد که تراوش موسیلاژ به‌تنهایی برای ایجاد رایزوشیت کافی نیست و رایزوشیت فقط درجاهایی که ریشه‌های مویین وجود داشته باشند؛ تشکیل می‌شود.

Kong و همکاران (۲۰۱۸)، با بررسی رایزوشیت دو گونه چمن دریافتند که رایزوشیت غالباً در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک با وجود تناوب خشک و مرطوب تشکیل می‌شود. باکتری‌های ریزوسفری نیز به دلیل تراوشات فراوان، می‌توانند نقش مهمی در تشکیل رایزوشیت ایفا کنند. Bidondo و همکاران (۲۰۱۲)، مشاهده کردند که تلقیح باکتری باسیلوس وزن مخصوص رایزوشیت را تا شش برابر افزایش می‌دهد درحالی‌که تلقیح قارچ اثر قابل توجهی بر وزن رایزوشیت ندارد. Zhang و همکاران (۲۰۲۰b)، دریافتند که تحت تنش کمبود آب، تلقیح باکتری به طور قابل ملاحظه‌ای در تشکیل رایزوشیت برنج نقش دارد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده می‌توان گفت که تأثیر مثبت باکتری‌ها در تشکیل و استحکام رایزوشیت بیشتر به خاطر ترشح تراوشات میکروبی و همچنین تحریک گیاه به تولید بیشتر تراوشات می‌باشد. اثر منفی قارچ‌های مایکوریز اربسکولار نیز می‌تواند به خاطر تحریک گیاهان به کاهش تشکیل ریشه‌های مویین و کاهش تراوشات آنها باشد که تحقیقات دقیق‌تری برای پی بردن به این پیچیدگی مورد نیاز است.



شکل۱. تأثیر پارامترهای مختلف موثر بر تشکیل و استحکام رایزوشیت؛ تحت شرایط متفاوت آزمایشی (Basirat *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020a).

چگونه رایزوشیت گیاه را در برابر شرایط تنش‌زا ایمن می‌سازد؟

بهبود جذب عناصر غذایی

تشکیل رایزوشیت می‌تواند قابلیت دسترسی گیاهان به آب و عناصر غذایی را مخصوصا تحت تنش خشکی افزایش دهد (جدول۱). وقتی خاک خشک می‌شود؛ درز و شکاف‌هایی که بین ریشه و خاک وجود دارد، از هوا پر شده و باعث کاهش سطح تماس ریشه با خاک مجاور می‌شود. تشکیل رایزوشیت باعث کاهش این درز و شکاف‌ها شده و سطح تماس ریشه با خاک را افزایش می‌دهد (North and Nobei, 1997). این توانایی همراه با توانایی جذب آب بیشتر توسط رایزوشیت، می‌تواند گیاهان را به جذب بیشتر مواد غذایی کمک کند (Basirat *et al.*, 2019). این مکانیسم به ویژه بر جذب عناصری که از طریق جریان توده‌ای جذب می‌شوند (مـثل نیتروژن)، تأثیر بیشتری دارد. در خاک‌های متراکم که رشد ریشه‌های مویین، صفت مهمی برای دستیابی به فسفر و سایر عناصر غذایی خاک است، انتخاب ژنوتیپ‌های با صفات ریشه‌ای قوی و قدرت بالای تشکیل رایزوشیت برای بهبود استفاده از عناصر غذایی حائز اهمیت است (Haling *et al.*, 2013). Wei و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر تشکیل رایزوشیت را بر خاکدانه سازی و قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک گلدان و مزرعه (برای گیاه ذرت) موردبررسی قرار دادند، نتایج کار آن‌ها نشان داد که اندازه ذرات خاک در رایزوشیت به طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند و نیتروژن معدنی و آهن نیز در خاک رایزوشیت به‌طور معنی‌دار بیشتر از نیتروژن توده و ریزوسفر است. این نتیجه نشان داد که تشکیل رایزوشیت به تعدیل اندازه ذرات خاک و در دسترس بودن مواد مغذی کمک می‌کند.

بهبود جذب آب

رایزوشیت حاوی ترکیبی از تراوشات، موسیلاژها و اگزوپلیمرهاست؛ که باعث افزایش راندمان جذب آب توسط ریشه می‌شود (Marasco *et al.*, 2018). مقاومت هیدرولیکی حفره‌های هوای بین خاک و ریشه که در پاسخ به کمبود رطوبت ایجاد می‌شوند زیاد است، حضور رایزوشیت این حفره‌ها را از بین می‌برد و تماس ریشه با خاک و پتانسیل جذب آب را بهبود می‌بخشد (North and Nobel, 1997). Basirat و همکاران (۲۰۱۹)، با تحقیق بر روی ۸ رقم گیاه گندم دریافتند که رقم‌هایی که توان تولید رایزوشیت

بالاتری دارند از طریق حفظ نرخ تعرق، شرایط حاد خشکی را بیشتر تحمل می‌کنند. Brown و همکاران (۲۰۱۷)، بیان کردند که در سیستم‌های کشاورزی رایزوشیت می‌تواند یک راهکار در افزایش مقاومت گیاهان در برابر خشکی باشد. در شرایط تنش خشکی، رهاسازی موسیلاژ به ریزوسفر توسط گیاه و میکروارگانیسم‌های ریزوسفری افزایش می‌یابد و درنتیجه یک رایزوشیت سیلندر مانند در اطراف ریشه‌ها تشکیل می‌شود که خاصیت هیدرولیکی آن با خاک توده متفاوت است و به بهبود نگهداشت آب کمک می‌کند (Ahmed *et al.*, 2016).

جدول ۱. تأثیر رایزوشیت بر جذب عناصر غذایی و حفظ رطوبت در گیاهان زراعی مختلف.

گیاه (منبع)	نوع اثر گذاری	نوع گیاه	پارامتر
Nambiar, 1976	افزایش سرعت و میزان جذب روی (تحت تنش خشکی)	جو	تشکیل رایزوشیت
Basirat *et al.*, 2019	افزایش حفظ آب در اطراف ریشه (تحت تنش خشکی)	گندم	تشکیل رایزوشیت
	بهبود روابط آبی	گندم	طول ریشه و تشکیل رایزوشیت
Othman *et al.*, 2004	افزایش قابلیت دسترسی و جذب نیتروژن توسط گیاه	چمن	تشکیل رایزوشیت و افزایش جرم رایزوشیت
Bergmann *et al.*, 2009	تثبیت و تجمع نیتروژن	چمن	
Haling *et al.*, 2013; Delhaize *et al.*, 2012	تحمل گیاه کمبود آب و سمیت آلومنیوم	گندم و جو	
Haling *et al.*, 2013	کاهش کمبود روی و فسفر	جو	
Haling *et al.*, 2013	افزایش جذب فسفر از خاک‌های دارای چگالی بالا	جو	تشکیل رایزوشیت بزرگ‌تر
George *et al.*, 2014	جذب و تجمع بیشتر فسفر	جو	
Adu *et al.*, 2017	افزایش توان محصولات برای استفاده از منابع خاک	ذرت	تشکیل رایزوشیت و صفات ریشه-ای برتر
Kong *et al.*, 2018	افزایش میزان ته نشست‌های ریشه‌ای	چمن	تشکیل رایزوشیت
Zhang *et al.*, 2020a	بهبود نگهداشت آب خاک در خاک رایزوشیتی	برنج	

نتیجه‌گیری

گیاهان قادرند هم‌زمان چندین استراتژی را برای مقابله با تنش خشکی و کمبود عناصر غذایی به کار بگیرند. تغییرات ریزوسفری و تشکیل رایزوشیت یکی از این راهکارهای مهم می‌باشد. عوامل متعدد خاکی و غیرخاکی به طور مستقیم و غیر مستقیم بر تشکیل رایزوشیت تأثیر دارند. تشکیل رایزوشیت از طریق مکانیسم‌های مختلف به تحمل بیشتر تنش‌های محیطی (مخصوصا خشکی) و جذب بهتر عناصر غذایی بخصوص فسفر، نیتروژن و روی در گیاهان کمک می‌کند اما با این حال سوالات متعددی در این مهم وجود دارد که نیازمند بررسی‌های بیشتر می‌باشد. شکی نیست که ایجاد یک درک دقیق و عمیق از فرآیندهای ریشه‌ای و عملکردهای رایزوشیت و ریزوسفر برای اطمینان از تولید پایدار محصول در آینده ضروری خواهد بود. بنابراین؛ توصیه می‌شود که محققین خاکشناس روی تقویت پارامترهای قابل کنترل که تولید و استحکام رایزوشیت را بهبود می‌بخشند، بیشتر تمرکز کنند.

منابع

Adu, M. O., Asare, P. A., Yawson, D. O., Ackah, F. K., Amoah, K. K., Nyarko, M. A., & Andoh, D. A. (2017). Quantifying variations in Rhizosheath and root system phenotypes of landraces and improved varieties of juvenile maize. *Rhizosphere*, *3*, 29-39.

Ahmed, M. A., Kroener, E., Benard, P., Zarebanadkouki, M., Kaestner, A., & Carminati, A. (2016). Drying of mucilage causes water repellency in the Rhizosphere of maize: measurements and modelling. *Plant and Soil*, *407*(1-2), 161-171.

Albalasmeh, A. A., & Ghezzehei, T. A. (2014). Interplay between soil drying and root exudation in Rhizosheath development. *Plant and Soil*, *374*(1-2), 739-751.

Basirat, M., Mousavi, S. M., Abbaszadeh, S., Ebrahimi, M., & Zarebanadkouki, M. (2019). The Rhizosheath: a potential root trait helping plants to tolerate drought stress. *Plant and Soil*, *445*(1-2), 565-575.

Benard, P., Kroener, E., Vontobel, P., Kaestner, A., & Carminati, A. (2016). Water percolation through the root-soil interface. *Advances in water resources*, *95*, 190-198.

Bidondo, L. F., Bompadre, J., Pergola, M., Silvani, V., Colombo, R., Bracamonte, F., & Godeas, A. (2012). Differential interaction between two Glomus intraradices strains and a phosphate solubilizing bacterium in maize Rhizosphere. *Pedobiologia*, *55*(4), 227-232.

Bergmann, D., Zehfus, M., Zierer, L., Smith, B., & Gabel, M. (2009). Grass rhizosheaths: associated bacterial communities and potential for nitrogen fixation. *Western North American Naturalist*, *69*(1), 105-114.

Brown, L. K., George, T. S., Neugebauer, K., & White, P. J. (2017). The Rhizosheath–a potential trait for future agricultural sustainability occurs in orders throughout the angiosperms. *Plant and Soil*, *418*(1-2), 115-128.

Delhaize, E., James, R. A., & Ryan, P. R. (2012). Aluminium tolerance of root hairs underlies genotypic differences in Rhizosheath size of wheat (Triticum aestivum) grown on acid soil. *New Phytologist*, *195*(3), 609-619.

George, T. S., Brown, L. K., Ramsay, L., White, P. J., Newton, A. C., Bengough, A. G., ... & Thomas, W. T. (2014). Understanding the genetic control and physiological traits associated with Rhizosheath production by barley (H ordeum vulgare). *New Phytologist*, *203*(1), 195-205.

Haling, R. E., Brown, L. K., Bengough, A. G., Young, I. M., Hallett, P. D., White, P. J., & George, T. S. (2013). Root hairs improve root penetration, root–soil contact, and phosphorus acquisition in soils of different strength. *Journal of Experimental Botany*, *64*(12), 3711-3721.

Haling, R. E., Simpson, R. J., Delhaize, E., Hocking, P. J., & Richardson, A. E. (2010). Effect of lime on root growth, morphology and the Rhizosheath of cereal seedlings growing in an acid soil. *Plant and Soil*, *327*(1-2), 199-212.

Kong, D., Wang, J., Yang, F., & Shao, P. (2018). Rhizosheaths stimulate short-term root decomposition in a semiarid grassland. *Science of the Total Environment*, *640*, 1297-1301.

Liu, T. Y., Chen, M. X., Zhang, Y., Zhu, F. Y., Liu, Y. G., Tian, Y., ... & Zhang, J. (2019). Comparative metabolite profiling of two switchgrass ecotypes reveals differences in drought stress responses and Rhizosheath weight. *Planta*, *250*(4), 1355-1369.

Marasco, R., Rolli, E., Fusi, M., Michoud, G., & Daffonchio, D. (2018). Grapevine rootstocks shape underground bacterial microbiome and networking but not potential functionality. *Microbiome*, *6*(1), 3.

McCully, M. E. (1999). Roots in soil: unearthing the complexities of roots and their Rhizospheres. *Annual review of plant biology*, *50*(1), 695-718.

Nambiar, E. K. S. (1976). Uptake of Zn^{65} from dry soil by plants. *Plant and Soil*, 267-271.

North, G. B., & Nobel, P. S. (1997). Drought-induced changes in soil contact and hydraulic conductivity for roots of Opuntia ficus-indica with and without Rhizosheaths. *Plant and Soil*, *191*(2), 249-258.

Othman, A. A., Amer, W. M., Fayez, M., & Hegazi, N. A. (2004). Rhizosheath of Sinai desert plants is a potential repository for associative diazotrophs. *Microbiological Research*, *159*(3), 285-293.

Uren, N. C. (2007). Types, amounts, and possible functions of compounds released into the Rhizosphere by soil-grown plants. *The Rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface*, *2*, 1-21.

Volkens, G. (1887). *Die Flora der aegyptisch-arabischen Wüste: auf Grundlage anatomisch-physiologischer Forschungen*. Gerbrüder Borntraeger (Ed. Eggers).

Wei, M. A., Xue-Xian, L. I., & Chun-Jian, L. I. (2011). Modulation of soil particle size and nutrient availability in the maize Rhizosheath. *Pedosphere*, *21*(4), 483-490.

Zhang, Y., Du, H., Gui, Y., Xu, F., Liu, J., Zhang, J., & Xu, W. (2020a). Moderate water stress in rice induces Rhizosheath formation associated with abscisic acid and auxin responses. *Journal of experimental botany*, *71*(9), 2740-2751.

Zhang, Y., Du, H., Xu, F., Ding, Y., Gui, Y., Zhang, J., & Xu, W. (2020b). Root-Bacteria Associations Boost Rhizosheath Formation in Moderately Dry Soil through Ethylene Responses. *Plant Physiology*, *183*(2), 780-792.

Topic for submission: Soil characteristics, processes and biodiversity

Rhizosphere changes and Rhizosheath formation: An effective strategy in response to water deficit stress and coping with nutrient deficiencies in plants

Cheraghi[1*], M., Motesharezadeh[2], B.

[1] PhD student in department of soil science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

[2] Professor in department of soil science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

Abstract

To achieve sustainable agriculture in the future and strengthen production capacity even under stress, it is necessary to acquire intelligent techniques to deal with these stresses. Techniques that despite high performance; They do not need expensive equipment and treatments. One of these techniques that has received less attention, despite the advice of previous researchers, is Rhizosheath and its potential in controlling environmental stresses. Rhizosheath is a layer of soil particles that mixes with mucilage and other microbial and plant secretions and in a dry and wet cycle in the soil; Forms a pod with relatively high strength around the roots. The results of this study showed that; 1. Rhizosheath is a part of the Rhizosphere that is structurally different from it. 2. The formation of Rhizosheath and its thickness is influenced by various factors such as the presence of root hairs, mucilage and dry and wet rotation 3. The formation of Rhizosheath helps to more tolerance of environmental stresses especially drought and better absorption of nutrients, especially phosphorus, nitrogen and zinc. According to the study and experience gained from it, it is recommended; Researchers need to more focus on controllable aspects of plants (such as genetic traits) that improve Rhizosheath production and strength.

Keywords: Rhizosheath, Drought stress, Nutrient uptake, Sustainable agriculture, Rhizosphere

[*] Corresponding author, Email: my.cheraghi@ut.ac.ir

تأثیر افزودن بیوچار و سرکه چوب بر برخی ویژگی‌های خاک و وضعیت عناصر غذایی یک خاک آهکی پس از برداشت دو رقم گندم (*Triticum Aestivum* L.) تحت تنش آبی

مهدی نجفی قیری [۱] ، احسان بیژن زاده [۲]، عاطفه رضایی [۳]، حسین حیدری [۴]

[۱] دانشیار بخش علوم خاک ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، آدرس الکترونیکی: mnajafighiri@yahoo.com

[۲] دانشیار بخش اگرواکولوژی ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

[۳]دانشجوی دوره کارشناسی ارشد بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

[۴]دانشجوی دوره کارشناسی ارشد بخش تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

چکیده

بیوچار به عنوان یکی ترکیب غنی از کربن می‌تواند سبب بهبود ویژگیهای خاک و قابلیت استفاده عناصر در مناطق خشک گردد. در این پژوهش تأثیر افزودن دو درصد بیوچار گندم و پنبه و سرکه چوب (محصول فرعی تولید بیوچار) بر تغییر ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده عناصر پس از برداشت دو رقم گندم (S9212 و سیروان) تحت آبیاری نرمال و تنش آبی بررسی گردید. پس از کشت گندم در گلدان‌های دو کیلویی و برداشت گیاه، خاک‌های گلدان‌ها هواخشک و الک گردید و ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده عناصر اندازه‌گیری شد. بیوچار گندم EC خاک را بیشتر از بیوچار پنبه افزایش داد (۱/۳ در مقابل ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) اما سرکه چوب تأثیری بر آن نداشت. رقم S9219، EC خاک را در تیمار کاربرد بیوچار گندم نسبت به سیروان به مقدار بیشتری افزایش داد. همه ترکیبات سبب افزایش مقدار فسفر خاک شدند. بیوچارهای گندم و پنبه سبب افزایش پتاسیم خاک به‌ترتیب به ۹۳۰ و ۷۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مس (۰/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شدند. بیوچار پنبه سبب افزایش آهن خاک گردید ولی بیوچار گندم فقط در شرایط تنش آبی مقدار آن را افزایش داد. بیوچارهای گندم و پنبه و سرکه چوب سبب افزایش منگنز و روی قابل استفاده خاک شدند.

واژگان کلیدی: فسفر، پتاسیم، عناصر کم‌مصرف، EC

مقدمه

بیوچار یک ترکیب غنی از کربن بوده که در نتیجه گرماکافت ترکیبات مختلف آلی در شرایط اکسیژن محدود یا بدون اکسیژن تولید می‌شود (Verheijen et al. 2010). کاربرد بیوچار به خاک سبب تغییرات قابل ملاحظه در خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌گردد. از طرفی، بیوچار به دلیل خاصیت نگهداری آب بالا، می‌تواند تأثیرات مهمی بر رشد گیاه در مناطق خشک بگذارد. افزایش در رشد گیاه سویا و غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف با کاربرد بیوچار کودهای دامی اضافه شده به خاک‌های آهکی گزارش شده است (Gavili et al. 2019). Foster و همکاران (۲۰۱۶) نیز با کاربرد بیوچار تولید شده از چوب درختان به خاک تحت کشت ذرت بیان کردند که بیوچار تأثیرات مهمی بر رطوبت خاک، قابلیت استفاده عناصر و فعالیت ریزجانداران خاک در شرایط کمبود رطوبت داشته است.

بقایای گندم و پنبه در منطقه داراب به فراوانی یافت می‌شوند و معمولاً کشاورزان برای از بین بردن بقایا، آنها را در زمین آتش می‌زنند. با توجه به اینکه یکی از مشکلات اساسی خاک‌های مناطق خشک کمبود رطوبت و کمبود ماده آلی خاک است بیوچار تولید شده از بقایای گیاهی می‌تواند علاوه بر بهبود ویژگی‌های مختلف خاک، سبب تغییر در قابلیت استفاده عناصر خاک نیز شود.

سرکه چوب محصول فرعی کارگاه‌های تولید بیوچار و زغال بوده و از متراکم شدن گازهای خروجی از گرماکافت ترکیبات آلی به دست می‌آید (Zheng et al. 2018). این ترکیب داری پ‌هاش اسیدی بوده و جهت اهداف مختلف مانند احیای خاک‌های فرسایش یافته، افزایش رشد گیاه و جذب عناصر، تسریع کمپوست‌سازی و از بین بردن آفات گیاهی به خاک اضافه می‌شود. سرکه چوب به دلیل ماهت اسیدی و وجود اسیدهای آلی در آن می‌تواند سبب انحلال کربنات‌ها و کانی‌ها خاک و کمپلکس کردن عناصر مختلف شود و این می‌تواند روی جذب عناصر به‌وسیله گیاه تأثیر بگذارد.

بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر افزودن بیوچارهای گندم و پنبه و سرکه چوب بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده عناصر پس از کشت دو رقم گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه از اراضی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب (استان فارس) از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری برداشت و پس از هواخشک کردن و الک کردن، جهت آزمایش‌های مختلف به روش‌های معمول (Sparks et al. 2020) به آزمایشگاه منتقل گردید. بقایای گندم و پنبه از مزارع کشاورزی داراب جمع‌آوری و پس از خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت، آسیاب و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. نمونه‌های گیاهی در کوره الکتریکی تحت شرایط اکسیژن محدود در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس به مدت چهار ساعت (افزایش دمای ۵ درجه در دقیقه) حرارت داده شد. بیوچار تولیدی نرم و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد و سپس پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در آب مقطر به نسبت یک به ده پس از یک ساعت تکان دادن اندازه‌گیری گردید. یک گرم از نمونه بیوچار در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی خاکستر و سپس در اسید کلریدریک دو نرمال حل و مقدار پتاسیم به‌روش شعله سنجی (Corning 405 flame photometer, ELE, UK)، فسفر به روش مولیبدات-اسید اسکوربیک و آهن، منگنز، روی و مس به روش اسپکتروفتومتری (AAS; PG 990, PG Instruments Ltd. UK) اندازه‌گیری گردید.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در گلخانه و درون گلدان‌های دو کیلویی انجام شد. تیمارها شامل مواد بهساز خاک (شاهد، دو درصد بیوچار گندم، دو درصد بیوچار پنبه و سرکه چوب با غلظت یک درصد)، تنش آبی (آبیاری نرمال و ۵۰ درصد آبیاری نرمال) و دو رقم گیاهی (گندم رقم‌های S9219 و سیروان) بود. ابتدا بیوچار به خاک اضافه شد و به گلدان‌ها منتقل گردید. سپس ۱۰ بذر گندم کشت و پس از جوانه‌زنی، پنج گیاه باقی ماند. آبیاری نرمال (۵۰ درصد ظرفیت رطوبت زراعی) و تنش آبی (۵۰ درصد آبیاری نرمال) انجام شد. سرکه چوب نیز در سه مرحله (چهار، شش و هشت هفته پس از کشت) به خاک اضافه گردید. پس از ۱۲۰ روز، گیاهان برداشت شدند و خاک گلدان‌ها پس از هواخشک شدن جهت آزمایش‌های مختلف نگهداری شد. پ‌هاش خاک و قابلیت هدایت الکتریکی به‌ترتیب در خمیر و عصاره اشباع (Sparks et al. 1996)، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری با بیکربنات (Olsen 1954)، پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیری خاک با استات آمونیم یک نرمل پ‌هاش ۷ (Helmke and Sparks 1996) و روش شعله‌سنجی (Corning 405, ELE, UK) و آهن، منگنز، روی و مس قابل استفاده (Lindsay and Norvell 1978) با دستگاه اسپکتروفتومتر (AAS; PG 990, PG Instruments Ltd. UK) اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 20.0 انجام شد. برای مقایسه میانگین، ابتدا آنالیز واریانس انجام و سپس از آزمون Tukey HSD post hoc برای تعیین معنی‌داری بین میانگین‌های مختلف استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. خاک مورد مطالعه بر اساس تاکسونومی خاک به‌صورت Coarse-loamy, carbonatic, hyperthermic Typic Haplustepts طبقه‌بندی می‌شود. این خاک شدیداً آهکی و

دارای ماده آلی و شوری کم می‌باشد. خاک مورد مطالعه دارای کمبود نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن می‌باشد که این به دلیل ماده آلی کم و واکنش قلیایی خاک است.

برخی ویژگی‌های بیوچارها و سرکه چوب مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است. بیوچارهای گندم و پنبه دارای پ‌هاش قلیایی و شوری کم بودند. سرکه چوب دارای پ‌هاش اسیدی و قابلیت هدایت الکتریکی بالا بود. مقدار عناصر مختلف در سرکه چوب کمتر از بیوچارهای مورد استفاده بود.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیوشیمیایی و قابلیت استفاده عناصر در خاک مورد استفاده

شن	سیلت	رس	پ‌هاش	EC	CEC	کربنات‌ها	کربن آلی	نیتروژن	قابلیت استفاده عناصر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)					
(٪)	(٪)	(٪)		(dS m^{-1})	(cmol kg^{-1})	(٪)	(٪)	(٪)	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
۳۶	۴۷	۱۷	۷/۵۴	۲/۶	۱۰	۵۲	۰/۵۵	۰/۱۶	۱۴	۱۴۰	۲/۵	۰/۷	۱/۱	۱/۰

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچارها و سرکه چوب مورد استفاده

ماده بهساز	پ‌هاش	EC	کربن	هیدروژن	فسفر	پتاسیم	خاکستر	آهن	منگنز	روی	مس
		(dS m^{-1})	(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
بیوچار گندم	۱۰/۰۴	۰/۴۷	۵۱/۵	۲/۵	۰/۶۶	۳/۸۵	۳۶	۱۵۳	۱۶	۲۳	۷
بیوچار پنبه	۹/۵۴	۰/۲۳	۴۵/۰	۲/۵	۱/۰	۲/۷	۳۸	۱۴۷	۲۳	۱۷	۵
سرکه چوب	۳/۵۴	۵/۱۵	-	-	-	۰/۰۱	-	۴۰	-	۶	۳

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان می‌دهد که مواد بهساز خاک بر ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده همه عناصر تأثیر معنی‌دار داشته است. تنش آبی تأثیری بر ویژگی‌های خاک نداشته اما سبب تغییرات معنی‌دار قابلیت استفاده فسفر، آهن و منگنز خاک شده است. رقم گیاهی فقط بر مقدار فسفر خاک مؤثر بوده است. اثرات متقابل سه فاکتور مورد بررسی نیز بر برخی ویژگی‌های خاک مانند فسفر، آهن و منگنز مؤثر بوده است.

تیمارهای مختلف تأثیری بر پ‌هاش خاک مورد استفاده نداشتند. معمولاً تغییرات پ‌هاش خاک‌های آهکی در نتیجه کاربرد ترکیبات بهساز خاک قابل ملاحظه نمی‌باشد. اگرچه بیوچار به دلیل وجود مقدار بالای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کربنات‌ها و بیکربنات‌ها دارای واکنش قلیایی می‌باشد (Song and Guo 2012) اما قادر به تغییر پ‌هاش هر نوع خاکی به‌خصوص خاک‌های آهکی نیست (Foster et al. 2016; Biederman et al. 2017). قابلیت هدایت الکتریکی خاک با کاربرد بیوچارهای گندم و پنبه افزایش یافت اما سرکه چوب بر آن تأثیر معنی‌داری نداشت. بیوچار گندم مقدار قابلیت هدایت الکتریکی را به‌طور معنی‌داری بیشتر از بیوچار پنبه افزایش داد (۱/۳ در مقابل ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر). رقم S9219 مقدار قابلیت هدایت الکتریکی خاک را در تیمار کاربرد بیوچار گندم نسبت به سیروان به مقدار بیشتری افزایش داد (۱/۳۵ در مقابل ۱/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر). افزایش قابلیت هدایت الکتریکی با کاربرد بیوچار به دلیل وجود املاح مختلف در مواد اولیه بوده که در بیوچار غلیظ‌تر نیز شده است. نتایج مشابهی توسط سایر محققان (Najafi-Ghiri et al. 2021; Boostani et al. 2020) گزارش شده است.

فسفر خاک تحت اثرات متقابل مواد بهساز، تنش آبی و رقم گیاهی قرار گرفت. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که کاربرد بیوچارهای گندم، پنبه و سرکه چوب سبب افزایش مقدار فسفر خاک شاهد شد اما این تأثیر با کاربرد بیوچار پنبه به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر مواد بهساز بود. بیشترین مقدار فسفر (۱۴/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با کاربرد بیوچار پنبه تحت تنش آبی با کاشت رقم سیروان به دست آمد. کمترین مقدار فسفر (۸/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز مربوط به تیمار شاهد تحت تنش آبی و کاشت رقم سیروان بود. تغییر در قابلیت استفاده فسفر با کاربرد بیوچار می‌تواند مربوط به ظرفیت جذب و دفع فسفر و افزایش سطوح خاک با کاربرد بیوچار و فسفر موجود در بیوچار باشد (Gao and DeLuca 2018; Xu et al. 2014; Dari et

al. 2016). بیوچار گندم و پنبه سبب افزایش قابل ملاحظه پتاسیم قابل استفاده خاک به ترتیب به ۹۳۰ و ۷۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد اما سرکه چوب تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت. افزایش قابلیت استفاده پتاسیم خاک با کاربرد بیوچار به دلیل مقدار بالای پتاسیم موجود در بیوچار و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران حل کننده کانی‌های پتاسیم‌دار در خاک می‌باشد (Liu et al. 2017; Boostani and Najafi-Ghiri 2018).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر مواد بهساز، تنش آبی و رقم گیاه و اثرات متقابل آنها بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده عناصر

منبع تغییرات	پ‌هاش	EC	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
مواد بهساز	۰/۰۰۹	۲/۱۵۷**	۳۷/۳**	۱۳۴۶۲۴۶**	۰/۲۷۶**	۲۸/۷**	۰/۰۱۶**	۰/۰۲۲**
تنش آبی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۱/۲**	۴۶۸	۰/۲۳۰**	۱/۶**	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
رقم	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۷/۱**	۲۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
بهساز-تنش	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۳/۸**	۴۱۰۷	۰/۰۶۲**	۰/۴**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
بهساز-رقم	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲**	۰/۲	۱۵۲	۰/۰۴۸*	۱/۲**	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲
تنش-رقم	۰/۰۲۲	۰/۰۰۳	۴/۱*	۳۵۰۲	۰/۰۱۱	۰/۲	۰/۰۰۳	۰/*۰۰۸
بهساز-تنش-رقم	۰/۰۷۰	۰/۰۰۳	۲/۹*	۴۹۴۰	۰/۰۷۴**	۰/۹**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
خطا	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۹	۱۸۲۷	۰/۰۱۵	۰/۱	۰/۰۰۲	/۰۰۱

** و * به‌ترتیب سطح معنی‌داری یک و پنج درصد را نشان می‌دهد.

مقدار آهن قابل استفاده خاک نیز تحت اثرات متقابل مواد بهساز، تنش آبی و رقم قرار گرفت. کاربرد بیوچار پنبه سبب افزایش معنی‌دار مقدار آهن قابل استفاده خاک گردید در حالی‌که بیوچار گندم فقط در شرایط تنش آبی مقدار آهن خاک را افزایش داد و در شرایط آبیاری نرمال تأثیری بر آن نداشت. بیشترین و کمترین مقدار آهن خاک به‌ترتیب با کاربرد بیوچار پنبه در شرایط آبیاری نرمال با کاشت رقم S9219 و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد در شرایط آبیاری نرمال با کاشت رقم S9219 به‌دست آمد. کاربرد بیوچارهای گندم و پنبه و سرکه چوب سبب افزایش قابل ملاحظه مقدار منگنز قابل استفاده خاک شد و مقدار آن را از ۰/۴۵-۰/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد به ۲/۲-۳/۳۴ میلی‌گرم با کاربرد بیوچار گندم، ۲/۸۳-۳/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم با کاربرد بیوچار پنبه و ۳/۶۷-۵/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم با کاربرد سرکه چوب افزایش داد. مقدار روی و مس تحت تأثیر کاربرد مواد بهساز قرار گرفت و تنش آبی و رقم گیاهی بر آن تأثیر معنی‌داری نداشت. بیوچار پنبه و سرکه چوب مقدار روی قابل استفاده خاک را به مقدار بیشتری نسبت به بیوچار گندم افزایش دادند (۰/۳۱ و ۰/۳۲ در مقابل ۰/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم). سرکه چوب بر مقدار مس قابل استفاده خاک اثری نداشت اما بیوچارهای گندم و پنبه مقدار آن را به ۰/۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم کاهش دادند. تغییر در قابلیت استفاده عناصر کم مصرف فلزی با کاربرد بیوچار بستگی به نوع بیوچار و خصوصیات خاک دارد. اگرچه برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بیوچار می‌تواند پ‌هاش خاک را افزایش و در نتیجه بر حلالیت عناصر فلزی اثر بگذارد اما در خاک‌های آهکی به‌دلیل ظرفیت بافری بالای خاک (به دلیل وجود کربنات‌ها) این تغییر قابل ملاحظه نمی‌باشد. به هر حال بیوچار می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، جذب فلزات روی سطوح خود و رهاسازی عوامل کمپلکس کننده سبب افزایش قابلیت استفاده عناصر شود. افزایش قابلیت استفاده روی و کاهش قابلیت استفاده مس در خاک‌های آهکی با کاربرد بیوچار تولید شده از کود دامی و ورمی‌کمپوست گزارش شده است (Boostani et al. 2020). از طرف دیگر عدم تغییر در قابلیت استفاده عناصر کم‌مصرف با کاربرد بیوچار تولید شده از کود گوسفندی نیز گزارش شده است (Najafi-Ghiri et al. 2019).

جدول ۴- تأثیر کاربرد مواد بهساز، تنش آبی و رقم گیاهی بر قابلیت استفاده عناصر کم‌مصرف خاک پس از برداشت گندم

ویژگی	آبیاری	رقم	شاهد	بیوچار گندم	بیوچار پنبه	سرکه چوب

فسفر	تنش	S9219	۸/۲de	۸/۶bcd	۱۲/۶ab	۱۰/۳bcd
		سیروان	۸/۹bcde	۱۰/۷bcd	۱۴/۲a	۱۰/۳bcd
	نرمال	S9219	۸/۴de	۱۰/۲bcd	۱۲/۳ab	۹/۲۰cde
		سیروان	۸/۳de	۱۰/۰bcde	۱۱/۶abc	۹/۰cde
آهن	تنش	S9219	۰/۶۷bcde	۰/۹۵abc	۰/۹۵abc	cde۰/۵۹
		سیروان	۰/۵۶de	۰/۷۷abcde	۰/۹۲abcd	۰/۶۵bcde
	نرمال	S9219	۰/۵۵e	۰/۵۹cde	۰/۹۷a	۰/۶۱bcde
		سیروان	۰/۵۶de	۰/۵۷de	۰/۹۴abc	۰/۵۶e
منگنز	تنش	S9219	۰/۴۵g	۳/۳۴bcd	۲/۸۷cdef	۳/۸۴b
		سیروان	۰/۵۱g	۲/۵۱def	۳/۱۳bcd	۵/۴۳a
	نرمال	S9219	۰/۵۲g	۲/۷۸def	۲/۸۳ef	۳/۹۱b
		سیروان	۰/۴۷g	۲/۲۱f	۳/۲۴bcd	۳/۶۷bc
EC		S9219	۰/۴۱d	۱/۳۵a	۰/۷۹c	۰/۴۰d
		سیروان	۰/۴۰d	۱/۲۴b	۰/۸۳c	۰/۴۱d
پتاسیم			۲۷۸c	۹۳۰a	۷۶۹b	۲۸۴c
روی			۰/۲۷ab	۰/۲۴b	۰/۳۱a	۰/۳۲a
مس			۰/۳۶a	۰/۲۹b	۰/۲۹b	۰/۳۷a

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر عنصر غذایی دارای اختلاف معنی‌دار سطح پنج درصد با آزمون Tukey HSD نمی‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از کاربرد بیوچارهای گندم و پنبه و سرکه چوب به خاک نشان داد که قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌تواند در نتیجه افزودن بیوچارهای مختلف افزایش یابد اما سرکه چوب بر این ویژگی تأثیری ندارد. از طرفی افزایش قابل ملاحظه قابلیت استفاده عناصر مختلف مورد نیاز گیاه در خاک‌های آهکی که اکثراً دارای کمبود فسفر، آهن و روی هستند در نتیجه کاربرد بیوچارهای مختلف و سرکه چوب می‌تواند برای مدیریت حاصلخیزی این خاک‌ها مورد توجه قرار گیرد. با توجه به دو مشکل اصلی خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران شامل کمبود رطوبت و ماده آلی خاک، افزودن مواد بهساز بخصوص انواع مختلف بیوچارها می‌تواند در جهت افزایش ماده آلی خاک و نگهداری رطوبت خاک کمک مؤثری کند.

فهرست منابع

Biederman, L. A., Phelps, J., Ross, B. J., Polzin, M. Harpole, W. S. (2017). Biochar and manure alter few aspects of prairie development: A field test. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236:78-87.

Boostani, H. R., Hardie, A. G., Najafi-Ghiri, M. (2020). Effect of organic residues and their derived biochars on the zinc and copper chemical fractions and some chemical properties of a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51 (13):1725-1735.

Boostani, H. R., Najafi-Ghiri, M. (2018). Effect of application of bio fertilizers, manures and derived biochars on the content of potassium forms of a calcareous soil after harvesting corn *Journal of Water and Soil Conservation*, 24 (6):159-176.

Dari, B., Nair, V. D., Harris, W. G., Nair, P. K. R., Sollenberger, L., Mylavarapu, R. (2016). Relative influence of soil-vs. biochar properties on soil phosphorus retention. *Geoderma*, 280:82-87.

Foster, E. J., Hansen, N., Wallenstein, M., Cotrufo, M. F. (2016). Biochar and manure amendments impact soil nutrients and microbial enzymatic activities in a semi-arid irrigated maize cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233:404-414.

Gao, S., DeLuca, T. H. (2018). Wood biochar impacts soil phosphorus dynamics and microbial communities in organically-managed croplands. *Soil Biology and Biochemistry*, 126:144-150.

Gavili, E., Moosavi, A. A., Zahedifar, M. (2019). Integrated effects of cattle manure-derived biochar and soil moisture conditions on soil chemical characteristics and soybean yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65 (12):1758-1774.

Helmke, P. A., Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. In *Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods*, ed.^eds. D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, L. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston and M. E. Sumner. 551-574. Wisc. USA: Madison.

Lindsay, W. L., Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3):421-428.

Liu, S., Tang, W., Yang, F., Meng, J., Chen, W., Li, X. (2017). Influence of biochar application on potassium-solubilizing Bacillus mucilaginosus as potential biofertilizer. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 47 (1):32-37.

Najafi-Ghiri, M, Boostani, H. R., Hardie, A. G. (2021). Investigation of biochars application on potassium forms and dynamics in a calcareous soil under different moisture conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*. In press

Najafi-Ghiri, M., Razeghizadeh, T., Taghizadeh, N. S., Boostani, h. R. (2019). Effect of sheep manure and its produced vermicompost and biochar on the properties of a calcareous soil after barley harvest. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50 (20):2610-2625.

Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate: United States Department Of Agriculture; Washington.

Song, W., Guo, M. (2012). Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 94:138-145.

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P.A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T., Sumner, M. E. (1996). Methods of soil analysis, part 3. *Chemical methods*:1085-1121.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van der Velde, M., Diafas, I. (2010). Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR 24099:162.

Xu, G., Sun, J., Shao, H., Chang, S. (2014). Biochar had effects on phosphorus sorption and desorption in three soils with differing acidity. *Ecological Engineering*, 62:54-60.

Effect of biochar and wood vinegar application on some soil properties and nutrients availability of a calcareous soils cultivated by two wheat (*Triticum Aestivum* L.) cultivars under water stress

Mahdi Najafi-Ghiri [1], Ehsan Bijanzadeh [2] and Atefeh Rezaie[3], Hossein Heidari[4]

[1] Associate prof. Soil Science Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: mnajafighiri@shirazu.ac.ir

[2] Associate prof. Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran

[3]M Sc. Student, Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran

[4] M Sc. Student, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract

Biochar as a carbon rich compound may improve the soil properties and nutrients availability in arid region. In the current investigation, the effect of 2% wheat and cotton biochars and wood vinegar (as a secondary compound of biochar production) application on the changes of soil properties and nutrients availability after harvesting of two wheat varieties (S9212 and Sirvan) under normal and tension irrigation was studied. After plant cultivation in 2 kg pots and harvesting, the soils were air-dried and sieved and soil properties and nutrients availability were determined. The wheat biochar increased soil EC more than the cotton biochar (1.3 vs. 0.8 dS m^{-1}), but the wood vinegar had no effect on it. The S9212 variety increased soil EC under wheat biochar application more than the Sirvan variety. All amendments increased soil P. The wheat and cotton biochars increased soil K to 930 and 769 mg kg^{-1}, respectively and soil Cu (0.29 mg kg^{-1}). The cotton biochar increased soil Fe, but the wheat biochar increased it under water tension condition. The wheat and cotton biochars and wood vinegar increased the availability of soil Mn and Zn.

Keywords: phosphorus, potassium, micronutrients, EC

پیامد مصرف کود نانو ارومیک روی صفات بیوشیمیایی، جذب برخی عناصر غذایی پر مصرف و عملکرد دو رقم تریتیکاله

فاطمه بهادری[۱]، راضیه ابراهیم نیا[۱]، احسان بیژن زاده[۲]، حمید رضا بوستانی[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

۲-دانشیار گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

۳-دانشیار گروه مرتع و آبخیز داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

نویسنده مسئول: hr.boostani @shirazu.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر مصرف کود نانو ارومیک روی صفات بیوشیمیایی، جذب برخی عناصر غذایی و عملکرد ارقام تریتیکاله، این مطالعه به صورت فاکتوریل و در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ارقام ترتیکاله جوانیلو و سناباد و ۵ سطح کودی ارومیک، بدون کود (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود نانو ارومیک در هکتار باعث افزایش در نیتروژن دانه (۳۲/۸٪)، فسفر دانه (۲۸/۰۵٪)، پتاسیم دانه (۵۵/۳۶٪)، محتوای کلروفیل a (۶۵/۲٪)، کلروفیل b (۴۵/۵۱٪) و عملکرد دانه (۳۸/۰۵٪) نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) شد که باتیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود باعث کاهش ۴۴/۴۱ درصدی در کارایی نیتروژن شد. با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار در عملکرد دانه و دیگر صفات اندازه‌گیری شده بین کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نانو ارومیک در هکتار و برتری رقم سناباد در صفات ارزیابی شده، میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود نانو ارومیک در هکتار و رقم سناباد بعنوان سطح کود و رقم پیشنهادی توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: رقم سناباد، رقم جوانیلو، کارایی نیتروژن، کلروفیل، فسفر دانه

مقدمه

استفاده گسترده از کودهای شیمیایی از طریق تصعید، نیتراتزایی و آبشویی سبب افزایش هزینه نگهداری آب‌ها می‌گردد و مشکلات اساسی محیط زیستی را به دنبال دارد (۳۴). نانو کودها به دلیل وجود نانو غشاها و دو ویژگی سطح ویژه و سطح واکنش کنندگی بالا می‌توانند با رهایش تدریجی عناصر غذایی خود باعث استفاده کارآتری از کود شوند (۵) و جایگزین مناسبی برای استفاده مکرر کودهای شیمیایی مرسوم باشند و بدین ترتیب باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از معضلات زیست محیطی می‌شود (۲۹). باتوجه به اهمیت تریتیکالیه در استفاده دو منظوره از آن و استفاده کمتر از کودهای شیمیایی بدلیل اثرات منفی بر محیط زیست و همچنین تاثیر زیاد نیتروژن بر رشد و نمو گیاهان، کاربرد کود نانو ارومیک در جهت تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین نیل به اهداف کشاورزی پایدار مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۲۰ دقیقه و ارتفاع ۱۱۷۰ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهایی که مورد بررسی قرارگرفتند ۵ سطح کودی نانو اورمیک شامل بدون کود (شاهد)، ۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۰کیلوگرم درهکتار، ۱۵۰کیلوگرم درهکتار و ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار و

همچنین دورقم ترتیکاله شامل رقم جوانیلو و رقم سناباد بودند. کود اورمیک برمبنای مقادیر ذکرشده درسطوح مختلف بصورت تقسیط درسه مرحله طبق دستور شرکت بیوزر(همزمان با کاشت، پنجه‌زنی و ساقه رفتن) همراه با آب آبیاری به‌کار برده شد.

اندازه گیری عناصر پرمصرف

جهت اندازه گیری عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن دانه، بعد از پودر کردن مقداری از دانه های تریتیکاله، یک گرم از آن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد خاکستر و بعد از حل کردن در اسید کلریدریک ۲ نرمال از کاغذ صافی عبور داده و سپس توسط آب مقطر به حجم رسانده شد. در عصاره حاصل غلظت پتاسیم توسط نشر شعله‌ای بوسیله دستگاه فلیم فتومتر (Corning,510UK) و غلظت فسفر از روش رنگ سنجی و بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه گیری شد. نیتروژن کل نیز از روش تیتراسیون بعد از تقطیر با دستگاه کجلدال سنجش شد.

کارایی مصرف نیتروژن

کارایی زراعی مصرف نیتروژن عبارت است از مقدار عملکرد دانهٔ تولیدشده به ازای میزان کود مصرفی در تیمارهای مختلف که از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود (Goodroad and Jellum, 1988):

$$AEN = [(Y_m - Y_0) / N_f] \quad (۱)$$

که در آن AEN :کارایی زراعی مصرف نیتروژن (کیلوگرم دانهٔ افزایش یافته/کیلوگرم کود به کار رفته)، Y_m:عملکرد دانه در کرتهای با کاربرد کود نیتروژن برحسب کیلوگرم در هکتار، Y_0: عملکرد دانه درکرتهای بدون کاربرد کود نیتروژن برحسب کیلوگرم در هکتار و N_f: میزان کود به کار رفته برحسب کیلوگرم در هکتار است.

سنجش محتوای کلروفیل a و b

استخراج و سنجش محتوای کلروفیل a و b مطابق روش آرنون (Arnon, 1967) انجام شد. برای اندازه‌گیری غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی نمونه تر برگ (۰/۵ گرم) با اضافه نمودن تدریجی استون ۸۰ درصد (۱۰ میلی‌لیتر) در داخل یک هاون چینی به‌خوبی ساییده شدند و عصاره بدست آمده در سانتریفیوژ با دور ۶۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه رسوب داده شد. سپس محلول شفاف رویی (۳ میلی‌لیتر) را با استون ۸۰ درصد (۷ میلی‌لیتر) به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب عصاره استخراج شده در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) قرائت شد. در نهایت با استفاده از روابط ۲و۳ محتوای کلروفیل a و b محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll } a = (19.3 \times A\,663 - 0.86 \times A\,645)\, V/100W \quad (۲)$$

$$\text{Chlorophyll } b = (19.3 \times A\,645 - 3/6 \times A663)V/100W \quad (۳)$$

که در این روابط، V حجم محلول صاف شده، A جذب نور در هر طول موج، W وزن‌تر نمونه برحسب گرم می‌باشد. برای کلیه داده های بدست آمده تجزیه واریانس بااستفاده ازنرم افزار آماری SAS انجام شد و مقایسه میانگین اثرات اصلی ومتقابل بااستفاده از آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن، پتاسیم و فسفر دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده کود و رقم در سطح احتمال یک درصد بر نیتروژن، پتاسیم وفسفر دانه معنی‌دار شد (جدول۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، مشاهده شد که با افزایش مقدار کود نانو اورمیک، میزان این سه عنصر در دانه افزایش یافت و واکنش ارقام از لحاظ این صفت متفاوت بود. بیشترین میزان نیتروژن، پتاسیم

وفسفر دانه مربوط به رقم سناباد (جدول ۳) و تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار (جدول ۲) بود که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۲/۸، ۵۵/۳۶ و ۲۸/۰۵ درصد افزایش مشاهده شد که با تیمار ۱۵۰ کیلو کود اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در تریتیکاله

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن دانه(درصد)	فسفر دانه (درصد)	پتاسیم دانه (درصد)	کارآیی مصرف نیتروژن	محتوای کلروفیل *a*	محتوای کلروفیل *b*	عملکرد دانه
رقم	۱	۰/۰۳۵۳**	۴/۹۲۰۷**	۰/۴۴۶۵**	۷۱۹۶/۸۰**	۰/۰۰۹۳^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۱۵/۸۴۱۳**
کود	۴	۰/۳۶۱۱**	۰/۷۹۴**	۱/۱۱۳۴**	۷۹۷/۸۰۳**	۱/۱۶۵۲**	۰/۱۴۹۸**	۱۴/۲۹۷۱**
کود×رقم	۴	۰/۰۰۲۶^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۱۲۰^{ns}	۳۷۵/۸۹۶**	۰/۰۲۴۸^{ns}	۰/۰۰۳۳^{ns}	۰/۶۰۶۸**
خطای آزمایش	۲۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۱۹۵	۰/۰۳۴۱۹	۱۳/۶۵۵	۰/۰۱۱۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۷۵۳
ضریب تغییرات	-	۲/۳۰	۵/۶۱	۹/۹۱	۶/۱۲	۸/۰۱	۶/۰۲	۶/۱۲

*، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی دار

بطور کلی مصرف کود نانو ارومیک باعث گسترش و افزایش حجم سیستم ریشه‌ای و افزایش سطح تماس آن با خاک و رشد گیاه شده و در نتیجه‌ی آن، جذب عناصر، بویژه عناصر پر مصرف افزایش می‌یابد. مطابق با گزارش Sunitha (2006) افزایش جذب عنصر نیتروژن با افزایش مصرف کود، ناشی از قابلیت فراهمی متعادل‌تر نیتروژن در خاک با آبشویی کمتر و در نتیجه جذب بهتر آن توسط گیاه بوده است. افزایش میزان فسفر در گیاه همزمان با افزایش فراهمی نیتروژن می‌تواند به دلیل وجود اثر سینرژیستی بین این دو عنصر در تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه و تغییرات شیمیایی در ریزوسفر خاک و همچنین رابطه مثبت بین جذب عناصر (فسفر و نیتروژن) باشد. همچنین به نظر می‌رسد با کاربرد کود، محیط اطراف ریشه اسیدی شده و باعث کاهش تثبیت عنصر پتاسیم و در نتیجه بهبود جذب این عنصر شده باشد. مشابه نتایج این آزمایش، علیزاده (۲۰۱۰) افزایش میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم در گیاه را با افزایش مصرف کود نیتروژن در گیاه ذرت گزارش کرد.

کارآیی مصرف نیتروژن

طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول (۱) مشخص گردید که برهمکنش رقم و کود بر کارآیی مصرف نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین در شکل (۱) نشان داد که بیشترین میزان کارآیی مصرف نیتروژن مربوط به رقم سناباد در سطح کودی ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که همبن رقم در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود با کاهش ۴۴/۴۱ درصدی در کارایی نیتروژن مواجه شد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی مصرف نیتروژن در اثر افزایش مصرف نیتروژن، هدرروی آن و تصعید یا عدم استفاده مؤثر از آن از عوامل تاثیرگذار بر کارایی نیتروژن می‌تواند ، نوع خاک، نوع گیاه زراعی وعادت رشدی گیاه، نوع کوددهی، زمان مصرف و مقدار کود مصرفی باشند (Dordas, 2017). مطابق با نتایج این تحقیق سایر محققان (ساروی و پیردشتی، ۱۳۹۱) نیز روند کاهشی در کارآیی مصرف نیتروژن را با افزایش کود نیتروژن مصرفی گزارش کرده اند که به طور کلی کارآیی مصرف عناصر غذایی با رفع تدریجی نیاز گیاه کمتر می‌شود و معمولاً بالاترین کارآیی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به‌دست می آید.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ساده کود بر برخی صفات مورد مطالعه

سطوح کودی ارومیک	درصد نیتروژن دانه (٪)	درصد فسفر دانه (٪)	درصد پتاسیم دانه (٪)	محتوای کلروفیل *a* (میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)	محتوای کلروفیل *b* (میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)
شاهد	۱/۱۷۶^{d}	۲/۰۱۸^{c}	۱/۳۰۶^{d}	۰/۵۸۱^{c}	۰/۴۴۳^{c}
۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۴۲۵^{c}	۲/۱۹۶^{b}	۱/۵۶۳^{c}	۱/۲۹۳^{b}	۰/۶۱۶^{b}
۱۰۰کیلوگرم در هکتار	۱/۶۴۵^{b}	۲/۶۵۳^{a}	۱/۸۹۸^{b}	۱/۳۹۱^{b}	۰/۷۷۰^{a}
۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۷۴۱^{a}	۲/۷۹۸^{a}	۲/۲۵۵^{a}	۱/۶۴۱^{a}	۰/۸۰۰^{a}
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۷۵۰^{a}	۲/۸۰۵^{a}	۲/۹۲۶^{a}	۱/۶۷۰^{a}	۰/۸۱۳^{a}

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده رقم بر برخی صفات مورد مطالعه

رقم	درصد نیتروژن دانه (٪)	درصد فسفر دانه (٪)	درصد پتاسیم دانه (٪)
جوانیلو	۱/۵۱^{b}	۲/۰۸^{b}	۱/۷۴^{b}
سناباد	۱/۵۸^{a}	۲/۸۹^{a}	۱/۹۸^{a}

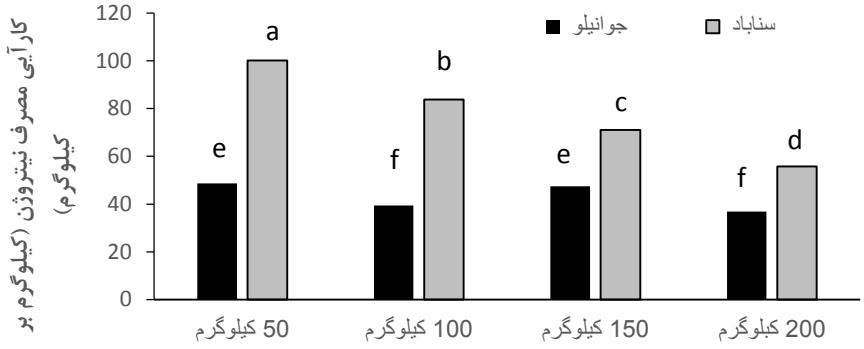
میانگین های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

محتوای کلروفیل *a* و *b*

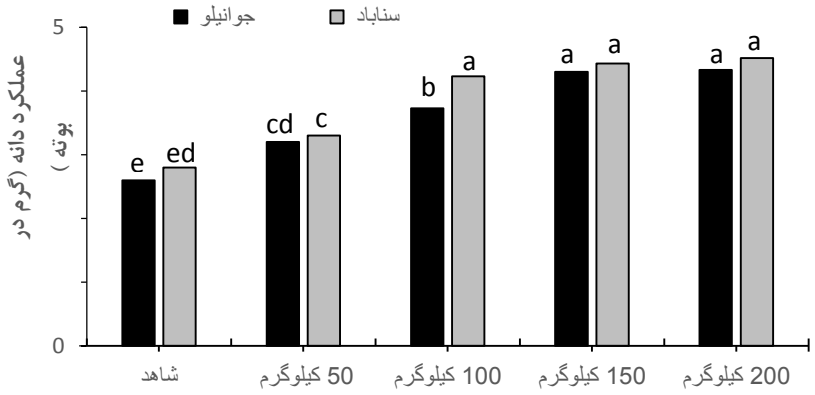
جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار کود بر محتوای کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد است (جدول۱) و نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌دهنده‌ی افزایش محتوای کلروفیل a و b با کاربرد کود ارومیک اسید بود. بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل b مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود می‌باشد که با تیمار ۱۵۰ کیلو اختلاف معنی‌داری به چشم نمی‌آید (جدول ۲). افزایش میزان عنصر نیتروژن در این دو تیمار باعث افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ شده و منجر به تقویت فتوسیستم‌های II و I متشکل از رنگیزه‌های مختلف از جمله کلروفیل شد. در همین راستا ابراهیم نیا و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی اثر چند کود نانو بر روی گندم بالاتر بودن محتوای کلروفیل برگ را در تیمار کابرد کود نانو ارومیک گزارش کردند و دلیل برتری را بالاتر بودن میزان درصد نیتروژن این کود را نسبت به سایر کود های نانو و آزاد سازی کندتر آن در خلال فصل رشد و آبشویی کمتر آن نسبت به سایر کود های نانو و شیمیایی بیان نمودند.

عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول (۱) مشخص گردید که برهمکنش رقم و کود بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین در شکل (۲) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میزان ۴/۵۲ گرم در بوته مربوط به رقم سناباد درکاربرد ۲۰۰ کیلو کود ارومیک بود که نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلو کود در هر دو رقم تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) در رقم سناباد ۳۸/۰۵ درصد افزایش عملکرد مشاهده شد. به نظر می‌رسد فراهم بودن نیتروژن بیشتر برای گیاه در تیمارهای کودی بالاتر باعث تولید مواد پرورده بیشتری شده است (کریمی پاشاکی و همکاران، ۱۳۹۱)، که به نوبه‌خود بر افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه نیز تاثیرگذار است. زارع ابیانه و بیات ورکشی (۱۳۹۴) نشان دادند که استفاده از کود نانو کلاته نیتروژن می تواند عملکرد سیب زمینی را در مقایسه با کود اوره افزایش دهد.



شکل ۱- بر همکنش اثرکود و رقم بر کارآیی مصرف نیتروژن در تریتیکاله (ستون های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند).



شکل ۳- بر همکنش اثرکود و رقم بر عملکرد دانه در تریتیکاله (ستون های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند)

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش رقم سناباد با بهره‌مندی از پتانسیل ژنتیکی مناسب در استفاده بهتر از شرایط و نهاده‌های مصرفی نسبت به رقم جوانیلو، بعنوان رقم پیشنهادی و کاربرد میزان ۱۵۰ کیلوگرم نانو کود ارومیک در هکتار به دلیل عدم اختلاف معنی دار با سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در عملکرد دانه و دیگر صفات ارزیابی شده در این تحقیق، توصیه می‌شود.

فهرست منابع

Alizadeh, O. (2010). Evaluation effect of water stress and nitrogen rate of absorption some macro and micro elements in corn mycorrhizal and non-mycorrhizal. Advances in *Natural and Applied Science*, 4(2), 153-158.

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.

Dordas, C. (2017). Nitrogen nutrition index and leaf chlorophyll concentration and its relationship with nitrogen use efficiency in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 40(8), 1190-1203.

Ebrahimnia, R., Bijanzadeh, E., Behpouri, A, and Naderi. R. (2019). Leaf chlorophyll content and grain protein and yield changes of three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars under nano fertilizer application. *Journal of Crop Ecophysiology*, 12(40), 152-165.

Goodroad, L. and Jellum, M. (1988). Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. *Plant and Soil*, 106, 85-89.

Karimi Pashaki, Sh., Mirhadi. M. J., Shahdi, A. and Rabiee, M. (2012). Application of different levels of nitrogen and phosphorus on morphological characteristics and quantitative and qualitative yield of triticale in Rasht. *Journal of Crop Production under Environmental Stresses*, 4(3), 13-25.

Saravi, S.H. and Pirdashti, H. (2012). Estimation the application of PGPR and PSM on yield and its components of wheat (N80 cultivar) at different levels of N and under green house condition. Iranian, *Journal of Field Crops Research*, 10(4), 681-689. (In Persian).

Sunitha, H. M. (2006). Effect of plant population, nutrition, pinching and growth regulators on plant growth, seed yield and quality of African marigold (*Targetes erecta* L.). M.Sc. (Horticultural) Thesis. University Agriculture Science, Dharwad, India. 120p.

Zareabyaneh, H., and Bayatvarkeshi, M. (2015). Effects of slow-release fertilizers on nitrate leaching, its distribution in soil profile, N-use efficiency, and yield in potato crop. *Environmental Earth Science*, 74(4), 3385-3393.

Consequences of using nano-uromic fertilizer on biochemical traits, uptake of some high nutrient elements and yield of two triticale cultivars

Fatemeh Bahadori[1], Razieh Ebrahimnia[1], Ehsan Bijanzadeh[2], Hamid Reza Boostani[3]

1-M. Sc. Student of Agroecology, Department of Agroecology, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University

2-Associate Professor, Department of Agroecology, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University.

3- Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University.

Corresponding Author: hr.boostani @shirazu.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of nano-uromic fertilizer application on biochemical traits, uptake of some nutrients and yield of triticale cultivars, this study was conducted in factorial and in greenhouse conditions in a completely randomized design with 3 replications in Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, University Shiraz was performed. Experimental treatments included Juanilo and Sanabad cultivars and 5 levels of Uromic fertilizer, without fertilizer (control), 50, 100, 150 and 200 kg / ha. The results showed that the application of 200 kg nano-uric fertilizer per hectare caused an increase in grain nitrogen (32.8%), grain phosphorus (28.05%), grain potassium (55.36%), chlorophyll *a* (65.2%) and chlorophyll *b* content (45.51%) and grain yield (38.05%) were significantly different from the control treatment (without fertilizer) with 150 kg fertilizer. Also, application of 200 kg of fertilizer reduced the efficiency of nitrogen by 44.41%. Due to the lack of significant differences in grain yield and other measured traits between the application of 150 and 200 kg of nano-uromic fertilizer per hectare and the superiority of Sanabad cultivar in the evaluated traits, the amount of 150 kg of nano-uromic fertilizer per hectare and Sanabad cultivar as Fertilizer level and recommended cultivar are recommended.

Keywords: Sanabad cultivar, Juanilo cultivar, Nitrogen efficiency, chlorophyll, grain phosphorus

تاثیر مواد بهساز بر مقدار نیتروژن و پروتئین موجود در دانه گیاه باقلا، در شهرستان دره‌شهر، استان ایلام

محمد زینوند[1] ، افسانه عالی‌نژادیان بیدآبادی[2*]، محمد فیضیان[3]، امیدعلی اکبرپور[4]

۱ – دانشجوی دکتری پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه لرستان (Dr.zeinvand89@gmail.com)

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان (Alinezhadian.a@lu.ac.ir)

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان (Feizian.m@lu.ac.ir)

۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشگاه لرستان (Omidakbarpour@gmail.com)

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تاثیر برخی مواد بهساز بر مقدار نیتروژن و پروتئین موجود در دانه گیاه باقلا رقم شاخ‌بزی، با آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام اجرا شد. پژوهش با هدف بررسی و مقایسه‌ی اثرات دو عامل، انواع مواد بهساز و مقادیر ناهمانند مواد بهساز (بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار و کود شیمیایی به میزان ۱۰۰ درصد نیاز کودی) روی گیاه باقلا انجام گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که کاربرد مواد بهساز باعث افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن دانه باقلا (۱۰ تا ۵۹ درصد) و مقدار پروتئین دانه باقلا (۹ تا ۵۲ درصد) گردید. بیشترین مقدار نیتروژن دانه باقلا (۳/۵ درصد) و پروتئین دانه باقلا (۱۹/۰۲) در تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه و کمترین مقدار نیتروژن باقلا (۲/۲ درصد) و پروتئین دانه باقلا (۱۲/۴۸) در تیمار شاهد به‌دست آمد. بنابراین می‌توان بیان کرد که مصرف مواد بهساز اثرات مفیدی بر رشد کمی و کیفی گیاه باقلا خواهد داشت.

کلمات کلیدی: باقلا، پروتئین، دره‌شهر، مقدار نیتروژن، مواد بهساز.

مقدمه

باقلا (*Vicia faba* L.) یکی از حبوبات عمده در بسیاری از کشورهای جهان به‌شمار می‌رود که به‌صورت دو منظوره در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (موسوی و همکاران، ۲۰۱۰). عملکرد باقلا در جهان ۱۶۵۱/۴ کیلوگرم در هکتار است (فائو، ۲۰۱۳). سطح زیرکشت باقلا در ایران حدود ۳۵ هزار هکتار می‌باشد (مجنون حسینی، ۲۰۰۸). برای دستیابی به حداکثر محصول در گیاه باقلا وجود عناصر غذایی به مقدار لازم و متعادل در محیط پراکنش ریشه این گیاه ضروری است (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۵). کودهای دامی سبب اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه افزایش محصول شده و با تجزیه مواد آلی توسط ریز جانداران و تولید گاز کربنیک در جامعه گیاهی، فتوسنتز، رشد و کارکرد محصول را افزایش می‌دهند (تئودور و همکاران، ۱۹۹۹). به‌طور کلی کود آلی یک منبع عناصر خوراکی مورد نیاز گیاهان می‌باشد که معمولا عناصر آن به آرامی در اثر تجزیه و معدنی شدن در خاک آزاد می‌شود (آلبیاچ و همکاران، ۲۰۰۱). جوانمرد و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی اثر کود مرغی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گندم در شرایط دیم پرداختند. یافته‌های آنها نشان داد که کاربرد تلفیقی عناصر کم‌مصرف و کود آلی باعث افزایش درصد نیتروژن و محتوای پروتئین دانه گردید. به طوری که کاربرد تلفیقی کم‌مصرف‌ها و کود مرغی کارکرد دانه، کارکرد پروتئین، درصد پروتئین و درصد پتاسیم را به‌ترتیب ۴۴/۸۶، ۵۴/۲۴، ۶/۳۸ و درصد نسبت به شاهد افزایش داد. با توجه به فقر خاک‌های اکثر مناطق کشور از نظر مواد آلی و اهمیت کودهای دامی و بقایای محصولات کشاورزی در توان تولیدی خاک، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر برخی مواد بهساز بر مقدار نیتروژن و پروتئین دانه گیاه باقلا رقم شاخ بزی، در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل پاییز، سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام با کاربرد انواع مواد بهساز و مقادیر ناهمانند مواد بهساز (بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار و کود شیمیایی با توجه به آزمون خاک (۳۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم) در سه تکرار اجرا گردید. اراضی دشت ارمو از نظر تقسیمات کشوری جزء استان ایلام و شهرستان دره‌شهر بوده و از لحاظ مختصات جغرافیای بین طول‌های ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۳ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و با متوسط ۶۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع گردیده است. میانگین ماهیانه متوسط دمای روزانه هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد ۲۱/۳ و متوسط دمای حداقل ۱۳/۵ و متوسط دمای حداکثر ۲۹/۲ سانتی گراد است، تبخیر سالیانه حدود ۲۶۵۵ میلی‌متر و میانگین مجموع بارندگی ۴۱۷/۱ میلی‌متر می‌باشد. خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، مزرعه تهیه و به منظور یکنواختی از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد؛ سپس در معرض هوا خشک گردید.کاه و کلش گندم و بقایای یونجه از مزارع شهرستان دره‌شهر تهیه شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ – برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

مشخصات خاک	هدایت الکتریکی	pH	کربن آلی	نیتروژن کل	K	P	Zn	Mn	Fe	Cu	شن	رس	لوم	بافت خاک
واحد	(dS/m)	-	٪		Ppm							٪		-
مقادیر	۱/۹۲	۷/۶۵	۱/۵۲	۰/۱۴۷	۱۶۳	۱۳/۸	۰/۷۸	۹/۷۴	۶/۲۵	۱/۲۳	۲۱	۳۵	۴۴	Clay Loam

به منظور اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه ابتدا غلظت نیتروژن کل موجود در دانه گیاه (از روش کجلدال، Jackson, 1958) اندازه‌گیری شد، پس از ضرب درصد نیتروژن در ضریب ثابت ۸/۲۳ درصد پروتئین دانه باقلا به‌دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین تأثیر مواد بهساز بر مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (کمیت F) اثر مواد بهساز بر مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا

منبع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن دانه	پروتئین دانه
تیمار	۱۰	۱۱۷۱۸/۴**	۱۴۸۱۶/۲**
تکرار	۲	۲۸۴/۴۴**	۳۶۶/۱۹**
خطا	۲۰	-	-

ضریب تغییرات	-	۰/۲۳	۰/۲۰

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا تحت تاثیر تیمارهای مختلف مواد بهساز

تیمار	M2	M4	M6	G5	G10	G15	Y5	Y10	Y15	Ch3	S
نیتروژن دانه	۲/۸۷ f	۲/۹۸ d	۳/۰۸ c	۲/۶۶ g	۲/۵۵ h	۲/۴۳ i	۲/۸۱ e	۲/۹۷ b	۳/۵ a	۲/۴ j	۲/۲ k
پروتئین دانه	۲۲/۹ c	۲۴/۴۹ d	۲۵/۳۴ f	۲۱/۸۶ g	۲۰/۹۸ h	۱۹/۹۹ i	۲۳/۱۵ c	۲۷/۱۷ b	۲۸/۸ a	۱۹/۷۸ j	۱۸/۱۳ k

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

M_2: ۲ تن در هکتار، M_4: ۴ تن در هکتار، M_6 : ۶ تن در هکتار کود مرغی،

G_5: ۵ تن در هکتار، G_{10}: ۱۰ تن در هکتار، G_{15}:۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم،

Y_5: ۵ تن در هکتار، Y_{10}: ۱۰ تن در هکتار، Y_{15}: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه،

Ch_3: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد.

طبق نتایج تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲)، کاربرد مواد بهساز اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا نشان دادند. مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳) نیز نشان می‌دهد که با افزایش مواد بهساز به خاک، مقدار نیتروژن نسبت به تیمار شاهد در همه‌ی تیمارهای دریافت کننده‌ی مواد بهساز افزایش یافته است. به‌طوریکه این روند افزایشی در تمام تیمارها نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. نتایج آزمون میانگین اثر مواد بهساز نشان داد که با افزایش سطوح هر یک از مواد بهساز اندازه نیتروژن دانه باقلا افزایش یافته است به نحوی که بیشترین اندازه نیتروژن دانه در مواد بهساز کودمرغی، بقایای یونجه و کاه و کلش گندم به‌ترتیب در سطوح ۶، ۱۵ و ۱۵ تن در هکتار و کمترین اندازه در سطوح ۲، ۵ و ۵ تن در هکتار حاصل شد و بیشترین میزان نیتروژن دانه باقلا تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه (۳/۵ درصد) و کمترین اندازه در تیمار شاهد (۲/۲۰ درصد) حاصل شد و تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه در برابر شاهد ۵۹/۰۹ درصد نیتروژن دانه را افزایش داده است. همچنین با توجه به مقایسه گروهی تیمارها تیمار بقایای یونجه بیشترین اثر را بر نیتروژن دانه داشته و سپس به‌ترتیب کود مرغی، کاه و کلش گندم، کود شیمیایی بیشترین نشانه‌های مثبت را بر نیتروژن دانه نسبت به شاهد داشته‌اند. همچنین نتایج آزمون میانگین اثر مواد بهساز بر پروتئین دانه باقلا نشان داد که با افزایش سطوح مواد بهساز میزان پروتئین دانه افزایش یافته، در تیمار کود مرغی بیشترین اندازه پروتئین در ۶ تن در هکتار و کمترین اندازه در ۲ تن در هکتار و در بقایای یونجه وکاه و کلش گندم بیشترین اندازه پروتئین دانه در سطح ۱۵ تن در هکتار و کمترین اندازه در ۵ تن در هکتار حاصل شد، همچنین بیشترین پروتئین دانه باقلا در تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه (۲۸/۸ درصد) و کمترین اندازه در تیمار شاهد (۱۸/۱۳ درصد) حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه باعث افزایش ۵۸/۸۵ درصدی پروتئین دانه باقلا نسبت به تیمار شاهد شده است. بر اساس نتایج آزمون میانگین گروهی میان تیمارهای مواد بهساز بر صفت پروتئین دانه باقلا مشخص گردید که بقایای یونجه بیشترین تاثیر را داشته که با دیگر تیمارها از نگاه آماری در سطح احتمال ۱ درصد ناهمانندی معنی‌دار بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده برگرداندن بقایای گیاهی باعث فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش کارکرد گیاه کشاورزی شده و مازاد نیتروژن هم به‌صورت پروتئین در دانه ذخیره شده است که با نتایج نجفی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. نجفی

و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که کاربرد کود دامی باعث افزایش پروتئین خام دانه لوبیا شد. آنها افزایش پروتئین خام دانه را به اثر مثبت کود دامی و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، روی، آهن، مس و دیگر عناصر غذایی نسبت دادند. عابدی و همکاران (Abedi *et al*., 2010) در پژوهشی گزارش دادند که کمپوست اثر معنی‌داری بر پروتئین بذر داشت. تاثیر کمپوست و کود شیمیایی بر پروتئین بذر می‌تواند به دلیل در دسترس بودن بیشتر مواد مغذی باشد.

نتیجه‌گیری

تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک می‌گردد. کاربرد مواد بهساز آلی به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از عناصر غذایی قابل دسترس، سبب افزایش مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا شد. به‌طوریکه از بین این مواد بهساز، بقایای یونجه تأثیر بیشتری نسبت به تیمارهای کود مرغی، کاه و کلش گندم و کود شیمیایی در افزایش مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا گذاشته است. باتوجه به اینکه استفاده از بقایای یونجه اثرات بیشتری بر مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا داشت، بنابراین می‌توان جهت بهبود مقدار نیتروژن و پروتئین دانه باقلا ، کاربرد ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه را پیشنهاد نمود.

منابع

جوانمرد، ع و الف، اسدی دانلو. "اثر کودمرغی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گندم در شرایط دیم". *نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*. جلد یک. شماره یک. ص ۲۶-۱۳. ۱۳۹۵.

عابدی کوپانی، ج. موسوی، ف. و م، رحمانی. "تخمین تبخیر و تعرق از پروفیل خاک در حضور مالچ‌های چوبی، سنگی و تراشه‌های لاستیکی به روش سطح شار صفر". *مجله علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)*، جلد ۳۷. شماره ۱. ۱۳۹۲.

نجفی، ن. مصطفایی، م. دباغ محمدی نسب، ع. و ش، اوستان. "اثر کشت مخلوط و کود دامی بر رشد، عملکرد و غلظت پروتئین ذرت، لوبیا و گاودانه". *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*. جلد ۲۳. شماره ۱. ص۱۱۶-۹۹. ۱۳۹۲.

Albiach, R., R. Canet, F. Pomares and F. Ingelmo. "*Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil*". Environ. Pollu, 76:125-129. 2001.

FAO. 2013. FAOSTAT/ Productiostat/ Crops. Available at Web site http:// faostat. fao.org.Food and Agriculture Organization of the United Nations (verified 5 September 2015).

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. USA. Pp:498.

Theodore, C.H. and R.B.Jackson. "*Interactive effects of water stress and elevated co_2 on growth, photosynthesis, and water use efficiency*". Agron. J, 36:3-31. 1999.

Koocheki, A., and Banayane Avval, M. 1995. Grain Legume Cropping. University Jehad of Mashhad Press. 240P. (In Persin).

Majnun Hussein, N. 2008. Agriculture and Grain Production. Jihad University Tehran Press. 283P.

Mousavi, H., Siyadat, S.A., Moshatty, A., and Gholizdeh, M.R. 2010. Effects of row distance on the yield of beans in Ahvaz region. Journal of plant Sciences Cultivation 2(4):1- 7. (In Persian with English Summary).

Investigation the effect of amendment materials on the amount of nitrogen and protein of grain Bean in Darreh Shahr City, Ilam provinc

Zeinvand[1], M., Alinejadian[*2], A., Feizian[3], M., Akbarpour[4], O.

[1] ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran
[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran
[4] Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of some amendment materials on the amount of nitrogen and protein grain of the horn-goose bean plant, a randomized complete block design experiment, in the crop year 2019-2018, in three replications in a farm in Dasht-e Aramou, Dare Shahr-Ilam province. The aim of this study was to investigate and compare the effects of the two factors, the types of amendment materials and the amount of insoluble matter (alfalfa residues at 5, 10 and 15 ton/ha, straw and wheat straw at 5, 10 and 15 ton/ha, chicken manure at three levels of 2, 4 and 6 ton/ha and fertilizer is 100% fertilizer requirement, on bean plant. The results showed that the use of amendment materials significantly increased the the amount of nitrogen grain (from 10 to 59%) and the amount of protein grain (from 9 to 52%) . The highest the amount of nitrogen grain (3.5%) and the amount of protein grain (19.2%) was obtained in the treatment of 15 tons per hectare alfalfa residues and the lowest the amount of nitrogen grain (2.2%) and the amount of protein grain (12.48%) in control treatment. Therefore, it can be stated that the use of amendment materials, will have beneficial effects on quantitative and qualitative growth of the plant bean.

Keywords: Amendment materials, Amount of nitrogen, Bean, Dare Shahr, Protein.

اثرات مواد اصلاحی بر مقدار فسفر دانه گندم، در دشت ارمو– شهرستان دره شهر، استان ایلام

محمد زینوند[1] ، افسانه عالی‌نژادیان بیدآبادی[2*]، محمد فیضیان[3]، امیدعلی اکبرپور[4]

۱ – دانشجوی دکتری پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه لرستان (Dr.zeinvand89@gmail.com)

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان (Alinezhadian.a@lu.ac.ir)

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان (Feizian.m@lu.ac.ir)

۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشگاه *لرستان* (Omidakbarpour@gmail.com)

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر مواد اصلاحی بر مقدار فسفر دانه گندم رقم سیروان، با آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام اجرا شد. پژوهش با هدف بررسی و مقایسه‌ی اثرات دو عامل، انواع مواد اصلاحی و مقادیر ناهمانند مواد اصلاحی (کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار، بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار و کود شیمیایی به میزان ۱۰۰ درصد نیاز کودی) روی گیاه گندم انجام گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که کاربرد مواد اصلاحی باعث افزایش معنی‌دار مقدار فسفر دانه گندم (۸ تا ۶۵ درصد) گردید. بیشترین مقدار فسفر دانه گندم (۰/۴۳ درصد) در تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی و کمترین مقدار فسفر دانه (۰/۲۶ درصد) در تیمار شاهد به‌دست آمد، همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سطوح مواد اصلاحی، مقدار فسفر دانه گندم افزایش یافته است. بنابراین می‌توان بیان کرد که مصرف مواد اصلاحی به‌صورت بقایای گیاهی و کود مرغی اثرات مفیدی بر مقدار فسفر دانه گندم و عملکرد محصول گندم خواهد داشت.

کلمات کلیدی: دره‌شهر، فسفر دانه، گندم، مواد اصلاحی.

مقدمه

امروزه گندم (*Triticum aestivum* L.) غذای اصلی مردم در بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد به‌طوری که ۲۰ درصد کالری مورد نیاز جهان را تأمین می‌نماید (فائو، ۲۰۱۳). گندم در قرن حاضر یکی از راهبردی‌ترین گیاهان زراعی به حساب می‌آید، به گونه‌ای که با افزایش تولید گندم، کمبود مواد غذایی می‌تواند رفع شود (رامیار، ۱۳۸۹). کودهای دامی سبب اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه افزایش محصول شده و با تجزیه مواد آلی توسط ریز جانداران و تولید گاز کربنیک در جامعه گیاهی، فتوسنتز، رشد و کارکرد محصول را افزایش می‌دهند (تئودور و همکاران، ۱۹۹۹). به‌طور کلی کود آلی یک منبع عناصر خوراکی مورد نیاز گیاهان می‌باشد که معمولا عناصر آن به آرامی در اثر تجزیه و معدنی شدن در خاک آزاد می‌شود (آلبیاچ و همکاران، ۲۰۰۱). برگرداندن مانده‌های گیاهانی که نسبت کربن به نیتروژن پایینی دارند (همانند خانواده بقولات) به دلیل اینکه سرعت تجزیه آن‌ها سریع‌تر انجام می‌شود، عناصر غذایی را برای محصول بعدی زودتر از بقایایی با ترکیبات لیگنینی بالا و نسبت کربن به نیتروژن بیشتر، آزاد می‌کنند (دای‌اگامیه و ترن، ۲۰۰۱). دانه گندم محل ذخیره مواد غذایی همچون پتاسیم و دیگر فراورده‌هایی است که در طول رشد گیاه ساخته شده در محل‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به فقر خاک‌های اکثر مناطق کشور از نظر مواد آلی و اهمیت کودهای دامی و بقایای محصولات کشاورزی در توان تولیدی خاک و عناصر غذایی محصولات، این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر برخی مواد اصلاحی بر مقدار فسفر دانه گندم رقم سیروان، در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل پاییز، سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام با کاربرد انواع مواد اصلاحی و مقادیر ناهمانند مواد اصلاحی (کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار، بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار و کود شیمیایی با توجه به آزمون خاک (۲۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم) در سه تکرار اجرا گردید. اراضی دشت ارمو از نظر تقسیمات کشوری جزء استان ایلام و شهرستان دره‌شهر بوده و از لحاظ مختصات جغرافیای بین طول‌های ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۳ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و با متوسط ۶۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع گردیده است. میانگین ماهیانه متوسط دمای روزانه هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد ۲۱/۳ و متوسط دمای حداقل ۱۳/۵ و متوسط دمای حداکثر ۲۹/۲ سانتی گراد است، تبخیر سالیانه حدود ۲۶۵۵ میلی‌متر و میانگین مجموع بارندگی ۴۱۷/۱ میلی‌متر می‌باشد. خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، مزرعه تهیه و به منظور یکنواختی از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد؛ سپس در معرض هوا خشک گردید.کاه و کلش گندم و بقایای یونجه از مزارع شهرستان دره‌شهر تهیه شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ – برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

مشخصات خاک	هدایت الکتریکی	pH	کربن آلی	نیتروژن کل	K	P	Zn	Mn	Fe	Cu	شن	رس	لوم	بافت خاک
واحد	(dS/m)	–	٪		Ppm							٪		–
مقادیر	۱/۹۲	۷/۶۵	۱/۵۲	۰/۱۴۷	۱۶۳	۱۳/۸	۰/۷۸	۹/۷۴	۶/۲۵	۱/۲۳	۲۱	۳۵	۴۴	Clay Loam

به منظور اندازه‌گیری درصد فسفر دانه گیاه از روش رنگ‌سنجی استفاده گردید و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Techcomp مدل UV7500 (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶) مقدار فسفر دانه گندم به‌دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین تأثیر مواد اصلاحی بر مقدار فسفر دانه گندم در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (کمیت F) اثر مواد اصلاحی بر مقدار فسفر دانه گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	فسفر دانه
بلوک	۲	۴/۲۳*
تیمار	۱۰	۶/۶**
خطا	۲۰	-
ضریب تغییرات	-	۱/۲

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مقدار فسفر دانه گندم تحت تاثیر تیمارهای مختلف مواد اصلاحی

تیمار	M2	M4	M6	G5	G10	G15	Y5	Y10	Y15	Ch3	S
نیتروژن دانه	۰/۳۲ f	۰/۳۷ d	۰/۴۳ a	۰/۳۱ g	۰/۳۵ e	۰/۳۹ c	۰/۳۲ e	۰/۳۷ d	۰/۴۲ b	۰/۲۹ h	۰/۲۶ i

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

M_2: ۲ تن در هکتار، M_4: ۴ تن در هکتار، M_6 : ۶ تن در هکتار کود مرغی،

G_5: ۵ تن در هکتار، G_{10}: ۱۰ تن در هکتار، G_{15}:۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم،

Y_5: ۵ تن در هکتار، Y_{10}: ۱۰ تن در هکتار، Y_{15}: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه،

Ch_3: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد.

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت فسفر دانه گندم نشان داد که میان سطوح مواد اصلاحی در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری حاصل شده است (جدول ۲)، نتایج آزمون میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح مواد اصلاحی فسفر دانه گندم افزایش یافته است، افزایش سطح کود مرغی باعث افزایش فسفر دانه شد و بیشترین مقدار فسفر دانه گندم در تیمار ۶ تن در هکتار و کمترین مقدار در تیمار ۲ تن در هکتار بود همچنین در ماده اصلاحی کاه و کلش گندم و بقایای یونجه نیز افزایش سطح مواد اصلاحی باعث افزایش فسفر دانه شده به‌طوری که بیشترین مقدار فسفر دانه در تیمار ۱۵ تن در هکتار و کمترین مقدار در تیمار ۵ تن در هکتار حاصل شد، بیشترین مقدار فسفر دانه گندم در تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی (۰/۴۳ درصد) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۰/۲۶ درصد) حاصل شد، تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی در برابر تیمار شاهد ۶۵/۳۸ درصد باعث افزایش فسفر دانه گندم شده است. همچنین بر اساس نتایج آزمون میانگین گروهی میان مواد اصلاحی مشخص گردید که کود مرغی بیشترین تاثیر مثبت را در مقابل تیمار شاهد، بر فسفر دانه داشته است. گندم، فسفر را در برابر دیگر کودها سریع‌تر جذب می‌کند و به گیاه در افزایش جذب عناصر غذایی خاک در مراحل مختلف رشد کمک می-کند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۶). افزایش نیتروژن خاک جذب فسفر توسط گیاه را از طریق افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه، همچنین تغییر متابولیسم گیاه و افزایش قابلیت استفاده و حلالیت فسفر افزایش می‌دهد. فسفات‌ها را به دلیل تحرک کمی که در خاک دارند باید به صورت پیش کاشت استفاده نمود که علت این امر جذب سریع بارهای منفی این کود توسط کاتیون‌های خاک می‌باشد. بقایای گیاهی می‌تواند جذب سطحی فسفر را کاهش دهد که در نتیجه آن دسترسی گیاهان به فسفر افزایش می‌یابد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۶) که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر افزایش فسفر دانه مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک می‌گردد. کاربرد مواد اصلاحی آلی به‌ویژه کود مرغی به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از عناصر غذایی قابل دسترس، سبب افزایش مقدار فسفر دانه گندم شد. به‌طوریکه از بین این مواد اصلاحی، کود مرغی تأثیر بیشتری نسبت به تیمارهای بقایای یونجه، کاه و کلش گندم و کود شیمیایی در افزایش مقدار فسفر دانه گندم گذاشته است. باتوجه به اینکه استفاده از کود مرغی اثرات بیشتری بر مقدار فسفر دانه گندم داشت، بنابراین می‌توان جهت افزایش مقدار فسفر دانه گندم ، کاربرد ۶ تن در هکتار کود مرغی را پیشنهاد نمود.

منابع

خوشگفتارمنش، الف. ح. "ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی (چاپ اول)". انتشارات صنعتی اصفهان. ۱۳۸۶.
رامیار، ح. وم، جم نژاد. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر تداخلی جو ناخواسته روی شاخص‌های رشد چند رقم گندم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد هشتم. شماره ۷۵. ص ۸۱-۷۵.
نورمحمدی، ق. ع، سیادت و ع، کاشانی. "*زراعت (غلات)*". انتشارات دانشگاه شهید چمران. ص ۳۲۴-۳۰۸. ۱۳۸۶.
Albiach, R., R. Canet, F. Pomares and F. Ingelmo. "*Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil*". Environ. Pollu, 76:125-129. 2001.
Dayegamiye, A. and T, C. Tran. 2001. Effects of green manures on soil organic matter and wheat yields and N nutrition.Canadian Journal of Soil Science. 24:371-382.
FAO. 2013. FAOSTAT/ Productiostat/ Crops. Available at Web site http:// faostat. fao.org.Food and Agriculture Organization of the United Nations (verified 5 September 2015).
Theodore, C.H. and R.B.Jackson. "*Interactive effects of water stress and elevated co_2 on growth, photosynthesis, and water use efficiency*". Agron. J, 36:3-31. 1999.

Investigation the effect of amendment materials on the amount of phosphorus of grain wheat in Aramou plain, Darreh shahr city, Ilam province.

Zeinvand[1], M., Alinejadian[*2], A., Feizian[3], M., Akbarpour[4], O.
[1] ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran
[4] Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of some amendment materials on the amount of phosphorus of grain wheat plant of cultivar Sierwan, a randomized complete block design experiment, in the crop year 2019-2018, in three replications in a farm in Dasht-e Aramou, Dare Shahr-Ilam province. The aim of this study was to investigate and compare the effects of the two factors, the types of amendment materials and the amount of insoluble matter (straw and wheat straw at 5, 10 and 15 ton/ha, chicken manure at three levels of 2, 4 and 6 ton/ha, alfalfa residues at 5, 10 and 15 ton/ha, and fertilizer is 100% fertilizer requirement, on wheat plant. The results showed that the use of amendment materials significantly increased the the amount of phosphorus of grain (from 8 to 65%). The highest the amount of phosphorus grain (0.43%) was obtained in the treatment of 6 tons per hectare chicken manure and the lowest the amount of phosphorus grain (0.26%) in control treatment, The results also showed that with increasing levels of amendment materials, the amount of phosphorus in wheat grain has increased. Therefore, it can be stated that the use of amendment materials in the form of plant residues and chicken manure, will have beneficial effects on the amount of phosphorus in wheat grains and the yield of wheat.

Keywords: Amendment materials , Dare Shahr, Phosphorus of grain, wheat.

تعیین حد بحرانی روی و بور در برگ پنبه و مطالعه همبستگی عملکرد پنبه با غلظت این عناصر در برگ

محسن سیلسپور

بخش تحقیقات کشت گلخانه ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

mseilsep@yahoo.com

چکیده

پنبه یکی از گیاهان صنعتی با ارزشی است که عملکرد و کیفیت آن آن وابسته به عناصر غذایی از جمله روی و بور است. روش های مختلفی برای ارزیابی وضعیت تغذیه ای در گیاه وجود دارد که تجزیه برگ و دانستن غلظت عنصر مورد نظر در برگ یکی از این روش ها می باشد. برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای یک عنصر غذایی در گیاه، دانستن غلظت بحرانی آن عنصر در برگ ضروری است. به منظور تعیین حد بحرانی روی و بور در برگ پنبه و مطالعه همبستگی عملکرد پنبه با غلظت این عناصر در برگ پنبه، طی پژوهشی یک ساله در مزارع پنبه دشت ورامین، تعداد ۳۲ مزرعه که از نظر مدیریتی یکسان بودند و در سری غالب خاک منطقه(سری ورامین) واقع شده بودند، نمونه برداریری برگ به عمل آمد و با روش های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب تجزیه گردید. در فصل برداشت نیز از تمامی مزارع مورد مطالعه سه نمونه تصادفی برداشت و میانگین عملکرد وش تعیین گردید. سپس با استفاده از روش گرافیکی کیت و نلسون، غلظت بحرانی روی و بور برگ پنبه برای عملکرد نسبی دانه ۹۰ درصد، ۵۶ و ۵۴ میلی-گرم در کیلوگرم تعیین گردید. بنابراین می‌توان استنباط کرد که در غلظت‌های کمتر از این حد، افزودن کود های روی و بور به خاک می‌تواند موجب افزایش عملکرد گیاه شود.

واژگان کلیدی: روش گرافیکی، رگرسیون، وش پنبه

مقدمه

پنبه(*Gossypium hirsutum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات صنعتی است که نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی ایفا می‌نماید و صنایعی چون روغن‌کشی و نساجی به این محصول وابسته‌اند (اته و آرپوز، ۲۰۱۱). یکی از روش های افزایش عملکرد در هکتار محصولات زراعی، تغذیه بهینه گیاه می‌باشد و برای حصول به حداکثر عملکرد، عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف باید به مقدار مکفی در اختیار گیاه باشند (اته و یارپوز، ۲۰۱۱). در بین عناصر غذایی کم‌مصرف، پنبه به کمبود روی به‌شدت حساس است (کاسار و کارکت، ۲۰۰۷). روی در ساخت انواع پروتئین‌ها از جمله کربنیک‌آنهیدراز و سوپراکسیددیسموتاز نقش دارد. کمبود این عنصر باعث کاهش میزان فتوسنتز در گیاه می‌گردد (آسونسا و همکاران، ۲۰۱۳). در خاک های آهکی، از جمله خاک‌های مناطق خشک کشور، روی به فرم‌های غیرمحلول کربنات‌روی و هیدرواکسیدروی در می‌آید و به شدت از حلالیت آن کاسته می‌شود. در چنین شرایطی، افزودن کودهای حاوی روی به خاک برای افزایش عملکرد پنبه ضروری است (کاسار و کاتکات، ۲۰۰۷). بور نیز از جمله عناصر کم‌مصرف است که برای گیاهان عالی ضروری است. بور در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و انتقال این مواد تاثیر دارد (سیدیکی و همکاران، ۲۰۰۷). .نتایج تحقیقات نشان داده است که بور ضروری‌ترین عنصر کم‌مصرف برای پنبه است و برای تولید گرده، گل‌دهی و رشد غوزه حیاتی است (گورموس، ۲۰۰۵.، ریتر و همکاران، ۲۰۱۳). طبق تحقیقات صورت گرفته، در خاک‌های آهکی، قابلت جذب بور به‌شدت کاهش می‌یابد و باعث بروز کمبود بور در گیاه می‌گردد (روچستر، ۲۰۰۷). یکی از روش‌های مشخص نمودن تغذیه بهینه گیاه، تجزیه شیمیایی برگ است. غلظت هر عنصر غذایی در برگ گیاه نشان دهنده وضعیت تغذیه ای گیاه می باشد. با دانستن حد بحرانی و حد کفایت یک عنصر غذایی و مقایسه آن با غلظت آن عنصر غذایی در برگ می توان بیشبود یا کمبود آن عنصر غذایی در گیاه را براورد نمود. محققین معتقدند حد بحرانی غلظت یک عنصر در برگ، غلظتی از عنصر است که در این غلظت، گیاه تنها ۱۰ درصد عملکرد خود را از دست داده است. محققین زیادی از سالیان قبل به ایجاد ارتباط

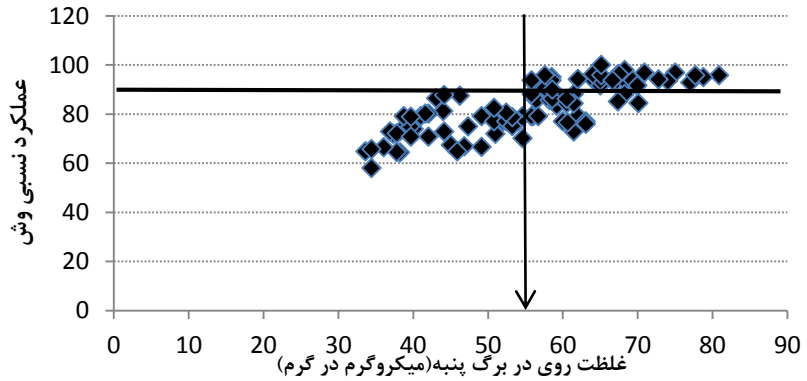
منطقی بین غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد گیاه پرداخته اند (داو و روبرت، ۲۰۱۰). اگرچه اعداد حد بحرانی بور و روی در برگ پنبه در برخی منابع موجود است، اما بهتر است این اعداد در شرایط متفاوت خاک و اقلیم کشور ایران تعیین گردند. این پژوهش با هدف تعیین حد بحرانی بور و روی در برگ پنبه در شرایط خاک های آهکی منطقه ورامین که نماینده بسیاری از خاک-های مناطق خشک کشور است، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

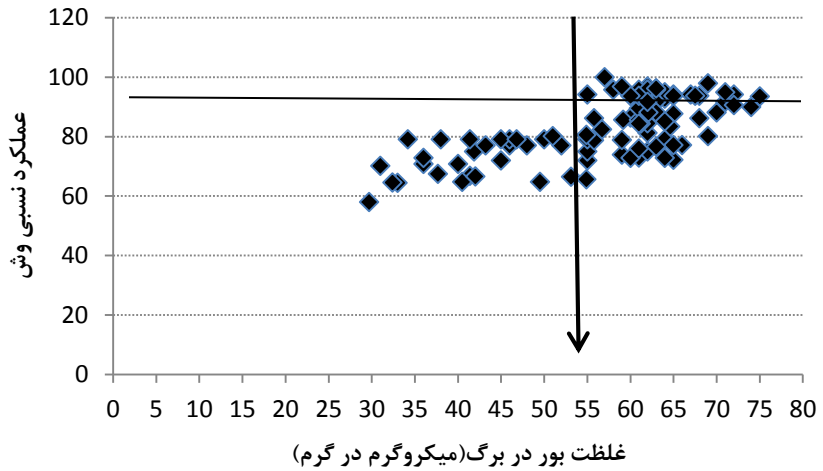
به‌منظور تعیین حد بحرانی عناصر غذایی بور و روی در برگ پنبه، این تحقیق در ۳۲ مزرعه پنبه واقع در دشت ورامین که در سری غالب غالب خاک منطقه(سری ورامین) با ارتفاع میانگین ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار داشتند، در سال زراعی ۹۷-۹۶ انجام شد. بدین منظور، در تمامی مزارع مورد مطالعه، در فصل گل‌دهی پنبه، نمونه برداری از برگ پنبه(جدید ترین برگ تکامل یافته) طبق دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب کشور انجام شد. سپس برگ‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از شستشو با آب مقطر، در آون به مدت ۴۸ ساعت در حرارت ۵۴ درجه سانتی گراد خشک شدند. سپس نمونه ها آسیاب شدند و غلظت بور و نیتروژن با استفاده از روش های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). در فصل برداشت پنبه(اواخر آبان)، در هر مزرعه، سه کادر یک متر مربعی به صورت تصادفی انداخته شد و برداشت و بوته ها کف‌بُر و برای تعیین عملکرد وش و تعداد غوزه مورد استفاده قرار گرفتند. یکی از روشهای تعیین وضعیت عناصر غذایی درگیاه، محاسبه رابطه میان عملکرد نسبی با غلظت عنصر مورد نظر در گیاه، جهت تعیین حد بحرانی میباشد. بدین ترتیب که با قرار دادن تغییرات عملکرد نسبی در محور Y و غلظت عنصر مورد نظر در برگ محور X حد بحرانی عنصر مورد نظر در گیاه محاسبه می گردد. به منظور تعیین حد بحرانی غلظت نیتروژن در برگ کلزا، با استفاده از روش گرافیکی کیت و نلسون (شکل۱)، از نقطه ۹۰ درصد عملکرد نسبی دانه خطی افقی رسم شد. سپس خطی عمود بر این خط رسم شد، به گونه ای که بیشترین نقاط پلات شده در نمودار، در ربع اول و سوم مختصات قرار گیرند. محل تلاقی این خط با محور افقی(غلظت بور یا روی برگ) نشان دهنده غلظت بحرانی روی یا بور در برگ گیاه می باشد که باعث تولید ۹۰ درصد عملکرد نسبی دانه می گردد.

نتایج

به منظور تعیین حد بحرانی غلظت بور و روی در برگ پنبه، با استفاده از روش گرافیکی(شکل ۱)، از نقطه ۹۰ درصد عملکرد نسبی دانه خطی افقی رسم شد تا خط برازش را قطع نماید. سپس از محل تقاطع، خطی عمودی رسم تا محور افقی را قطع نماید. محل تقاطع این خط با محور افقی شکل۱، حد بحرانی غلظت روی برگ است که باعث تولید ۹۰ درصد عملکرد نسبی وش می گردد. در این پژوهش، حد بحرانی روی و بور در برگ در پنبه به ترتیب ۵۶ و ۵۴ میلی گرم در کیلوگرم برگ خشک برآورد گردید (شکل های ۱و ۲).



شکل۱-تعیین غلظت بحرانی روی در برگ پنبه



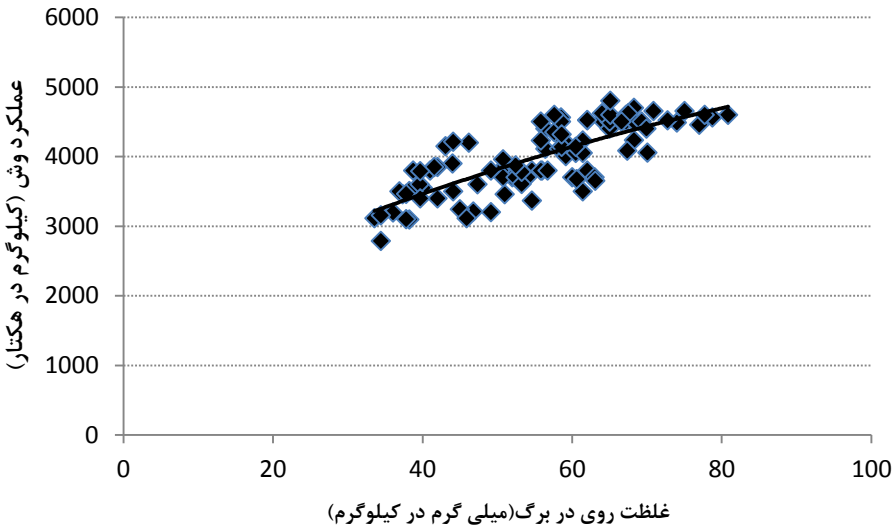
شکل۲-تعیین غلظت بحرانی بور در برگ پنبه

این نتیجه را یافته‌های سایر محققان تائید می‌کند. طی یک تحقیق، حد بحرانی بور و روی در برگ پنبه به ترتیب ۵۵ و ۶۱ میکروگرم در گرم به‌دست آمد (احمد، ۲۰۰۹). طی تحقیق دیگری، حد بحرانی بور در برگ پنبه ۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم هنگام گل‌دهی (رشید و رفیق، ۲۰۰۰) و حد بحرانی روی در برگ پنبه در زمان گل‌دهی نیز ۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (کالری و همکاران، ۲۰۱۷). محققین بر این عقیده هستند که حد بحرانی غلظت یک عنصر در برگ به شرایط آب و هوایی، بافت خاک، واکنش خاک و رقم وابسته است و این موضوع تفاوت ین ارقام گزارش شده توسط محققین مختلف را توجیه می‌کند (نبی و همکاران، ۲۰۰۶).

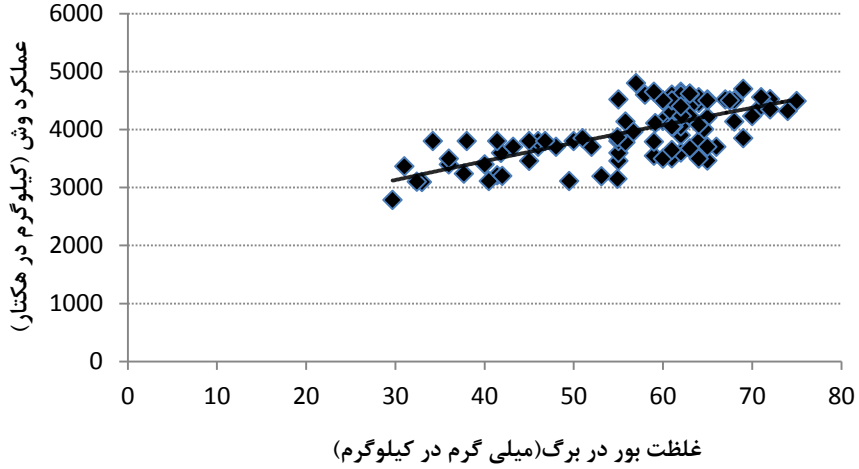
بین غلظت روی برگ پنبه و عملکرد وش پنبه همبستگی معنی دار وجود داشت (شکل ۳) که مدل رگرسیونی آن از رابطه غیر خطی با ضریب تبیین ۰/۶۱ پیروی می کرد (رابطه۱). هم چنین بین غلظت بور برگ پنبه و عملکرد وش پنبه همبستگی معنی دار وجود داشت (شکل ۴) که مدل رگرسیونی آن از رابطه غیر خطی با ضریب تبیین به ترتیب ۰/۴۷ پیروی می کرد (رابطه۲). در این روابط Y عملکرد وش به عنوان متغیر وابسته و X غلظت عنصر غذایی به عنوان متغیر مستقل می باشد.

رابطه۱ $$Y = -0.16X^2 + 50.1X + 1716.5$$

رابطه۲ $$Y = -0.045X^2 + 35.7X + 2100.4$$



شکل۳- همبستگی عملکرد وش پنبه با غلظت روی برگ



شکل۴- همبستگی عملکرد وش پنبه با غلظت بور برگ

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که عملکرد پنبه تحت تاثیر غلظت روی و بور برگ است. غلظت بحرانی روی برگ ۵۶ و برای بور، ۵۴ میلی گرم در کیلوگرم تعیین گردید. بدین معنی که در مزارعی که غلظت روی و بور در برگ پنبه کمتر از این مقدار باشد، مصرف کودهای حاوی روی و بور موجب افزایش عملکرد وش پنبه می گردد.

منابع:

امامی، ع. (۱۳۷۵). شرح روش های تجزیه گیاه. جلد اول. نشریه فنی شماره ۹۸۲ . موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

Ahmed, N. (2009). Establishment soil and plant tissue boron and zinc requirement for cotton in calcareous soils of Pakistan. Ph.D. thesis. University College of agriculture, Bahauddin Zakarya University. Pakistan.

Assunção, A.G.L. Persson, D.P. Husted, S. Schjørring, J.K. Alexander, R.D. and Aarts, M.G.M. (2013). Model of how plants sense zinc deficiency. Metallomics. 5:1110–1116.
Dow, A. I. and Roberts S. (2010). Critical Nutrient Ranges for Crop Diagnosis. Agronomy Journal. Vol. 74 No. 2, p. 401-403

Ete, L and Yarpuz. E. (2011). The effect of zinc application methods on seed cotton yield, lint and seed quality of cotton (Gossypium hirsutum L.) in east Mediterranean region of Turkey. African Journal of Biotechnology Vol. 10(44), pp. 8782-8789

Görmüs, O. (2005). Interactive effect of nitrogen and boron on cotton yield and fiber quality. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 51-59.

Kacar B. and Katkat A.V. (2007). Fertilizers and Technique of Fertilizing. 2nd Press, Nobel Publishing Company, Publication No: 1119, Ankara-Turkey.

Kaleri, A.H., Kalari, A.A Shabana, M. 2017. Effect of Different Levels of Zinc on the Growth and Yield of Cotton (Gossypium hirsutum L) Crop. Journal of Basic and Applied Sciences, 2017, 13, 307-310

Nabi, G., E. Rafique and Salim. M. (2006). Boron nutrition of four sweet pepper cultivars grown in boron-deficient soil. Journal of Plant Nutrition. 29: 717-725.

Rashid, A. and Rafiq. E. (2000). Boron and zinc fertilizer use in cotton: importance and recommendation. PARC, Islamabad.

Reiter, M.S. (2013) Cotton Fertility. In. Herbert et al., editors, Virginia Cotton Production Guide. College of Agriculture and Life Science, Virginia Tech, Blacksburg, VA. pp. 1-4.

Rochester, I. (2007).Nutrient uptake and export from an Australian cotton field. Nutrient Cycling in Agro. Eco. systems, 77: 213–223

Siddiky, M.A., N.K. Halder, K.U. Ahammad, K. Anam and Rafiuddin.M (2007). Response of brinjal to zinc and boron fertilization. International Journal of Sustainable Agricultural Technology 3(3): 40-45.

Determine the critical levels of zinc and boron in cotton leaf and study the correlation of cotton yield with these elements in leaves

Mohsen Seilsepour
Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran

Abstract
Cotton is one of the most valuable industrial plants whose yield and quality depend on nutritional elements such as zinc and boron. There are several methods for assessing the nutritional status in plant, which leaf analysis and knowing the concentration of the element in the leaves is one of these methods. To assess the nutritional status of a nutrient element in a plant, knowing the critical concentration of that element in the leaf is essential. In order to determine the critical level of zinc and boron in cotton leaf and to investigate the correlation of cotton yield with the concentration of these elements, this study was conducted during a one-year research in cotton fields of Varamin plain. For this porpoise, 32 field whit same managements were select. These fields were located in Varamin soil series that it is the dominant soil seri. At flowering stage leaf samples were picked and analyzed for determination of Zn and B concentration. In the harvest season, all fields were harvested and the average yield was determined. Then, by using Kate and Nelson's graphical method, the critical concentration levels of Zn and B were determined for relative yield of 90%. Leaf critical levels for Zn and B were 56 and 54 mg.kg-1, respectiveley. Base on the results, in fields that leaf concentration of Zn or B is below the critical levels, addition Zinc and boron fertilizers in soil can increase plant yield.
Keywords: Graphical method, Regression, Seedcotton

استفاده از شاخص DOP برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی

بصیر عطاردی[1*]، مجید فروهر[2]، مسعود دادیور[3] و مهدی زنگی‌آبادی[2]

۱*- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران Basir.atarodi@gmail.com

۲ و ۳- به ترتیب استادیار و مربی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

چکیده

در پژوهش حاضر، به منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی، نمونه‌های برگ از ۳۰ مزرعه جمع‌آوری و غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از غلظت عناصر غذایی در برگ مزارع با عملکرد نسبی بالا (۱۶ مزرعه)، غلظت مرجع (Cref) برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۴/۶۵، ۰/۳۲ و ۴/۲۸ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۱۹۰/۱۳، ۱۲۳/۸۸، ۳۵/۱۹ و ۱۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. با استفاده از این غلظت‌ها، شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) برای مزارع با عملکرد کم محاسبه شد. همچنین ترتیب نیاز عناصر غذایی (NOPR) و وضعیت تعادل عناصر در این مزارع بررسی شد. بر اساس شاخص‌هایDOP، تمامی مزارع با عملکرد کم (۱۴ مزرعه)، دچار کم‌بود یا بیش‌بود عناصر غذائی بودند. در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۳۶ درصد مزارع دارای شاخص منفی، در حالی که نیتروژن در ۸۰ درصد از مزارع دارای شاخص مثبت بود. در بین عناصر کم‌مصرف، عنصر روی و آهن به ترتیب در ۵۷ و ۳۵ درصد از مزارع بیشترین میزان کم‌بود را نشان داد. در مجموع، می‌توان گفت در مزارع سیب‌زمینی استان خراسان رضوی، پتاسیم و روی بایستی در اولویت برنامه‌های کوددهی قرار گیرد.

واژگان کلیدی: عناصر غذائی، غلظت، کود، DOP

مقدمه

سیب زمینی یکی ازمهم‌ترین محصولات زراعی و از منابع عمده غذایی انسان می‌باشد به طوری که از نظر اهمیت غذایی، بعد از گندم، برنج و ذرت مقام چهارم را دارا می‌باشد (حسن‌پناه و همکاران، ۱۳۹۷). برای دست‌یابی به عملکرد کمی وکیفی مطلوب سیب‌زمینی، وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر غذایی در خاک زراعی ضروری می‌باشد (گودرزی، ۱۳۹۸). با توجه به اینکه برگ اصلی‌ترین و مهم‌ترین محل متابولیسم گیاه می‌باشد تجزیه برگ و تفسیر نتایج آن بر اساس روش‌های استاندارد، می‌تواند اطلاعات خوبی از وضعیت تغذیه گیاه فراهم آورده و برای توصیه کودی مناسب مورد استفاده قرار گیرد (قریشی و همکاران، ۱۳۹۶).

برای تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی برگ گیاهان روش‌های مختلفی وجود دارد . روش‌های غلظت بحرانی و دامنه کفایت عناصر غذایی، علی‌رغم اینکه برای سال‌های تقریبا طولانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی دارای معایب و اشکالاتی نیز می‌باشند (Mourão Filho, 2004)، از جمله اینکه اعداد و ارقامی که در این روش‌ها بدست می‌آیند حاصل آزمایش‌های تک فاکتوری و

غالباً تحت شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی یا گلخانه‌ای می‌باشند. با عنایت به مشکلات و ایرادهای این روش‌ها، روش‌هایی نظیر روش انحراف از درصد بهینه (DOP [1]) مورد توجه قرار گرفته است. در روش انحراف از درصد بهینه، به جای استفاده از غلظت مطلق عناصر غذایی از روابط میان غلظت عنصر و غلظت مرجع (C_{ref} [2]) آن استفاده می‌شود (قریشی و همکاران، ۱۳۹۶). در حال حاضر، این روش به عنوان یکی از به‌روزترین روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگی به کار می‌رود.

فیضی‌زاده و صمدی (۱۳۹۵) در بررسی وضعیت تغذیه‌ای پیاز در ۵۰ مزرعه در استان آذربایجان غربی با استفاده از روش DOP، گزارش کردند که در بین عناصر پرمصرف، کلسیم در ۷۲ درصد و پتاسیم در ۴۷ درصد مزارع و در بین عناصر کم مصرف، مس در ۴۷ درصد مزارع دارای منفی‌ترین شاخص بود. این محققین، ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف را به صورت Ca>K>P>Mg>N و برای عناصر کم‌مصرف به صورت Cu>Mn>B>Fe>Zn گزارش کردند.

زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۹۸) غلظت مرجع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خیار گلخانه‌ای را در استان یزد به ترتیب ۵/۳، ۰/۵۶ و ۳/۴۶ درصد و برای عناصر آهن، مس، روی و منگنز به ترتیب ۸۰/۹، ۱۳/۵۹، ۷۴/۴۵ و ۷۱/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه و گزارش کردند که بیش از ۶۰ درصد گلخانه‌های مورد بررسی، از نظر عناصر نیتروژن ، فسفر و پتاسیم کمبود دارند.

با عنایت به اینکه اطلاعات کافی در خصوص حد بهینه عناصر غذایی و وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی منتشر نشده، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی، تشخیص کمبود و تعیین ترتیب نیاز عناصر غذایی در این محصول، با استفاده از شاخص DOP انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در این پژوهش، مزارع عمده سیب‌زمینی استان خراسان رضوی بود که در محدوده ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی واقع شده است. در پژوهش حاضر، ۳۰ مزرعه سیب‌زمینی از مناطق عمده کشت این محصول در شهرستان‌های فریمان، تربت‌حیدریه و قوچان به منظور ایجاد بانک اطلاعاتی انتخاب شد. در انتخاب این مزارع، سعی شد که مزارعی با دامنه عملکرد متفاوت (عملکرد کم، متوسط تا زیاد) پوشش داده شوند. بر اساس پرسش‌نامه‌هایی که توسط کشاورزان تکمیل شده بود میانگین عملکرد در مزارع مورد مطالعه، ۳۶ تن در هکتار بود که این میزان به عنوان مرز تفکیک مزارع به دو گروه عملکردی در نظر گرفته شد. از این مزارع، مزارع با مدیریت مناسب و عملکرد زیاد (بیشتر از میانگین) جهت تعیین غلظت مرجع انتخاب شدند. بر این اساس، از ۳۰ مزرعه مورد بررسی، ۱۶ مزرعه به عنوان مزرعه مرجع [3] و ۱۴ مزرعه به عنوان غیرمرجع [4] انتخاب شدند. سپس، در هر مزرعه در مراحل اولیه گلدهی – زمانی که حدود ۲۰ درصد گلدهی مزرعه کامل شده بود - یک نمونه مرکب برگ (شامل ۳۰ برگ، از برگ‌های کاملاً توسعه یافته) (مطلبی‌فرد، ۱۳۹۷) تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور آلودگی-زدایی، نمونه‌های برگ ابتدا با آب مقطر، سپس با محلول ۲۰ میلی‌مولار EDTA و مجدداً با آب مقطر شستشو داده شد. پس از خشک شدن رطوبت، نمونه‌ها به پاکت‌های کاغذی منتقل و در آون تهویه‌دار در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته نگهداری تا کاملاً خشک شدند. نمونه‌ها کاملاً آسیاب و پس از عبور از الک ۱۸ مش [5]، از روش هضم خشک [6] برای تهیه

1- Deviation from optimum percentage
۲ - Reference concentration
۳- Reference farms
۴- Non-reference farms
1- Mesh
۶ - Dry ashing

عصاره استفاده شد. غلظت نیتروژن (روش کجلدال)، فسفر (روش رنگ‌سنجی)، پتاسیم (روش نورسنجی شعله‌ای)، آهن، منگنز، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer, 2380) اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵).

برای تعیین شاخص DOP - که بصورت درصد انحراف غلظت یک عنصر غذایی (بر اساس درصد ماده خشک) در مقایسه با مقدار مرجع تعریف می‌شود - از معادله ذیل استفاده شد (تدین‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸؛ قریشی و همکاران، ۱۳۹۶).

$$DOP = \left(\frac{C \times 100}{C_{ref}}\right) _ 100 \qquad (1)$$

در این فرمول، C: غلظت عنصر غذایی مورد مطالعه در یک مزرعه خاص و C_{ref} میانگین غلظت آن عنصر در مزارع مرجع می‌باشد.

مقدار قدر مطلق شاخص DOP، شدت خروج از وضعیت تعادل تغذیه‌ای گیاه را نشان می‌دهد به طوری که شاخص DOP منفی، بیانگر محدودیت و یا کم‌بود عنصر غذایی، شاخص DOP مثبت، نشان دهنده زیاد بودن عنصر غذایی و شاخص DOP صفر، بیانگر وضعیت تعادل عنصر غذ ایی مورد بررسی، نسبت به غلظت مرجع آن عنصر می‌باشد. در مرحله بعد، بر اساس مقدار عددی شاخص DOP عناصر مختلف، می‌توان در خصوص اولویت یا ترتیب نیاز گیاه به هر عنصر اظهار نظر نمود.

نتایج و بحث

الف) غلظت مرجع عناصر

غلظت مرجع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۴/۶۵، ۰/۳۲ و ۴/۲۸ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۱۹۰/۱۳، ۱۲۳/۸۸، ۳۵/۱۹ و ۱۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ۱). Reuter and Robinson (1997) حد بحرانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ سیب‌زمینی به ترتیب ۴/۴، ۰/۲۵ و ۳/۹ درصد گزارش نموده‌اند. گرچه حد بحرانی یک عنصر به عوامل متعددی بستگی دارد، با این وجود بیش‌تر بودن غلظت‌های مرجع حاصل از این پژوهش، در مقایسه با حدود بحرانی ذکر شده، بیان‌گر آن است که مزارع مرجع به درستی انتخاب شده‌اند. در یکی از جدیدترین پژوهش-های منتشر شده، میانگین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ‌های سیب‌زمینی که در اواسط دوره گل‌دهی برداشت شده بودند به ترتیب ۴، ۰/۳ و ۴/۷ درصد گزارش شد (Mugo *et al*. 2020). مطلّبی‌فرد (۱۳۹۷) دامنه مطلوب برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در برگ سیب‌زمینی به ترتیب ۶/۵-۵، ۰/۵۵- ۰/۳۰ و ۶/۵-۴ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۱۵۰-۵۰، ۳۰۰-۵۰، ۵۰-۲۰ و ۲۰-۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمود.

جدول ۱- مقادیر غلظت مرجع عناصر، در مزارع با عملکرد بالاتر از میانگین

N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	٪		mg/kg			
۴٫۶۵	۰٫۳۲	۴٫۲۸	۱۹۰٫۱۳	۱۲۳٫۸۸	۳۵٫۱۹	۱۲٫۴۴

ب) تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی

نتایج بدست آمده در جدول ۲ نشان داد که قدر مطلق شاخص DOP برای تمام عناصر کودی، بیشتر از صفر بود. به عبارت دیگر تمامی مزارع دارای عملکرد کم، از نظر غلظت عناصر مورد مطالعه دارای شاخص منفی (دچار کم‌بود) یا دارای شاخص مثبت (دچار بیش‌بود) بودند و عدم تعادل تغذیه‌ای در آنها وجود داشت. با توجه به اینکه وضعیت عناصرغذایی در برگ تابعی

از میزان قابل جذب این عناصر در خاک می‌باشد، لذا این داده‌ها عدم مدیریت صحیح و کوددهی نامتعادل در مزارع سیب‌زمینی استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.

بر اساس شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۳۶ درصد مزارع مورد بررسی دارای شاخص منفی بود (جدول ۲). در مطالعات متعددی گزارش شده است که نیاز پتاسیمی واریته‌های مختلف سیب‌زمینی از نیاز نیتروژنی و فسفاتی این گیاه بیشتر است (Sandaña *et al*. 2020). به طور متوسط برای تولید ۶۳ تن در هکتار سیب‌زمینی حدود ۲۸۵ کیلوگرم نیتروژن، ۱۲۸ کیلوگرم فسفر و ۳۹۵ کیلوگرم پتاسیم لازم می‌باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). علاوه بر این، کارایی جذب عناصر غذائی مختلف از جمله پتاسیم در سیب‌زمینی، به دلیل دارا بودن ریشه‌های کوچک این گیاه، پائین بوده، از اینرو این گیاه به کود پتاسیمی بیشتری نیاز دارد تا نیاز پتاسیمی خود را مرتفع نماید (Iwama, 2008). با این وجود، در کشاورزی کشور ما -در بسیاری از موارد- این تصوّر اشتباه وجود داشته که خاک‌های ایران به دلیل خشک بودن اقلیم و بافت رسی خاک‌ها نیاز چندانی به کود پتاسیمی ندارد. از طرف دیگر، در سال‌های اخیر توزیع کودهای پتاسیمی در کشور محدود گردیده، و به دلیل گرانی، استقبال کشاورزان به استفاده از آن محدود گردیده است (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، به علت انجام کشت‌های متوالی، مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی از جمله اوره و کودهای فسفاتی و مصرف کم کودهای پتاسیمی، مقدار برداشت پتاسیم از خاک بیشتر از سرعت آزاد سازی این عنصر بوده لذا مجموع این عوامل باعث شده کمبود پتاسیم در بسیاری از مزارع سیب‌زمینی مشاهده شود (جلالی، ۱۳۹۳). این در حالی است که چنانچه پتاسیم به میزان کافی در دسترس گیاهان از جمله سیب‌زمینی قرار داشته باشد گیاه قادر خواهد بود بخش زیادی از نیترات موجود را به پروتئین تبدیل کرده، از تجمع آن در اندام‌ها جلوگیری نماید (فیضی‌زاده و صمدی، ۱۳۹۵)، موضوعی که از نقطه نظر بهداشت و سلامت محصولات کشاورزی دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

بر اساس شاخص مذکور، نیتروژن در ۸۰ درصد از مزارع دارای شاخص مثبت بود (جدول ۲). در دسترس بودن کودهای نیتروژنی از جمله اوره و ارزان بودن آن نسبت به سایر کودها ، باعث گردیده کشاورزان هر ساله مقدار زیادی از این نوع کود را مصرف کرده، موضوعی که مشکلاتی در جذب سایر عناصر غذائی نیز بوجود می‌آورد (فیضی‌زاده و صمدی، ۱۳۹۵).

در بین عناصر کم‌مصرف نیز، عنصر روی در ۹۳ درصد مزارع دارای شاخص منفی و در ۵۷ درصد از مزارع بیشترین کمبود را دارا بود (جدول ۲). روی در ساخت هورمون‌های گیاهی، تشکیل پروتئین‌ها و فعال‌سازی آنزیم‌های گیاهی نقش داشته، می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی، درصد نشاسته آن را نیز افزایش دهد (Miyu *et al*. 2019). کمبود روی در بسیاری از خاک‌ها و بالطبع محصولات تولیدی، به دلایلی از جمله بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری، pH زیاد خاک‌ها و آهکی بودن آنها، مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی و کمبود ماده آلی مشاهده می‌شود (Boostani *et al*. 2019).

بعد از عنصر روی، آهن نیز در ۳۵ درصد از مزارع، دارای منفی‌ترین میزان شاخص (بیشترین میزان کم‌بود) بود (جدول ۲). آهن در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه نقش داشته و کمبود آن در بسیاری از خاک‌های کشاورزی از جمله خاک‌های ایران گزارش شده است (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مطلبی‌فرد، ۱۳۹۷). غلظت بالای بیکربنات در آب‌های آبیاری، آهکی بودن خاک‌ها و انجام آبیاری سنگین، از جمله دلایل اصلی کمبود آهن در گیاهان زراعی از جمله سیب‌زمینی محسوب می‌شود (Shahsavand *et al*. 2020). برخی گزارش‌ها نشان داده که دو عنصر آهن و روی در گیاه سیب‌زمینی بر یکدیگر اثر هم‌افزائی[۱] داشته به طوری که جذب و تجمع آهن در غده سیب‌زمینی، جذب روی را نیز در این گیاه افزایش می‌دهد (Hadi *et al*. 2015).

۱- Synergic effect

جدول ۲- مقادیر غلظت، DOP و NOPR در مزارع با عملکرد کم

شماره مزرعه		N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	غلظت (٪)	۴/۸۷	۰/۲۹	۴/۲۴	۲۴۲	۱۴۴	۲۴	۱۵
۱۸	DOP	۴/۷۳	-۱۰/۴۲	-۰/۹۸	۲۷/۲۸	۱۶/۲۵	-۳۱/۷۹	۲۰/۶۰
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Zn > P > K			
	غلظت (٪)	۵/۲	۰/۳۹	۵/۰۷	۴۹۸	۱۵۸	۳۱	۲۳
۱۹	DOP	۱۱/۸۳	۲۰/۴۶	۱۸/۴۱	۱۶۱/۹۳	۲۷/۵۵	-۱۱/۹۰	۸۴/۹۲
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Zn			
	غلظت (٪)	۵/۷	۰/۴۶	۴/۳۱	۱۷۵	۱۲۳	۳۷	۱۳
۲۰	DOP	۲۲/۵۸	۴۲/۰۸	۰/۶۶	-۷/۹۶	-۰/۷۱	۵/۱۵	۴/۵۲
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Fe > Mn			
	غلظت (٪)	۵/۶۲	۰/۴۸	۴/۶۹	۳۲۷	۸۸	۲۵	۷
۱۱	DOP	۲۰/۸۶	۴۸/۲۶	۹/۵۳	۷۱/۹۹	-۲۸/۹۶	-۲۸/۹۵	-۴۳/۷۲
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Cu > Mn > Zn			
	غلظت (٪)	۳/۸۸	۰/۳۰	۴/۲۴	۱۱۸	۱۲۱	۳۲	۱۳
۲۲	DOP	-۱۶/۵۶	-۷/۳۴	-۰/۹۸	-۳۷/۹۴	-۲/۳۲	-۹/۰۶	۴/۵۲
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Fe > N > Zn >P > Mn > K			
	غلظت (٪)	۵/۵۹	۰/۶۷	۳/۹۴	۳۵۸	۱۳۳	۳۱	۲۴
۱۲	DOP	۲۰/۲	۱۰۶/۹۵	-۷/۹۸	۸۸/۳۰	۷/۷۳	-۱۱/۹۰	۹۲/۹۶
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Zn > K			
	غلظت (٪)	۴/۳۱	۰/۲۷	۴/۸۸	۱۲۵	۱۹۹	۲۹	۲۱
۱۳	DOP	-۷/۳۱	-۱۶/۶۰	۱۳/۹۷	-۳۴/۲۵	۶۰/۶۵	-۱۷/۵۸	۶۸/۸۴
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Fe > Zn > P > N			
	غلظت (٪)	۵/۴۹	۰/۴۴	۴/۱۳	۴۶۴	۱۱۲	۲۸	۱۶
۱۵	DOP	۱۸/۰۶	۳۵/۹۱	-۳/۵۵	۱۴۴/۰۵	-۹/۵۹	-۲۰/۴۳	۲۸/۶۴
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Zn > Mn > K			
	غلظت (٪)	۴/۷۹	۰/۳۹	۴/۶۹	۴۶۵	۱۶۰	۲۴	۱۵
۲۳	DOP	۳/۰۱	۲۰/۴۶	۹/۵۳	۱۴۴/۵۸	۲۹/۱۶	-۳۱/۷۹	۲۰/۶۰
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Zn			
	غلظت (٪)	۵/۵۹	۰/۳۸	۴/۳۵	۱۴۰	۲۲۸	۲۹	۱۶
۲۵	DOP	۲۰/۲۲	۱۷/۳۷	۱/۵۹	-۲۶/۳۶	۸۴/۰۶	-۱۷/۵۸	۲۸/۶۴
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Fe > Zn			
	غلظت (٪)	۵/۲۵	۰/۳۴	۳/۰۴	۱۴۹	۱۳۱	۲۸	۱۵
۸	DOP	۱۰/۱۱	۵/۰۲	-۲۹/۰۰	-۲۱/۶۳	۵/۷۵	-۲۰/۴۳	۲۰/۶۰
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				K > Fe > Zn			
	غلظت (٪)	۴/۴۱	۰/۲۷	۵/۸۴	۲۳۵	۱۱۲	۲۳	۹
۹	DOP	-۵/۱۶	-۱۶/۶۰	۳۶/۳۹	۲۳/۶۰	-۹/۵۹	-۳۴/۶۴	-۲۷/۶۴
	ترتیب نیاز عناصر غذائی				Zn > Cu > P > Mn > N			

ادامه جدول ۲-

	غلظت (٪)	۴/۹۱	۰/۳۱	۵/۲۶	۵۱۵	۱۱۵	۳۲	۱۶
۲۴	DOP	۵/۵۹	-۴/۲۵	۲۲/۸۴	۱۷۰/۸۷	-۷/۱۶	-۹/۰۶	۲۸/۶۴
	ترتیب نیاز عناصر غذائی	Zn > Mn > P						
	غلظت (٪)	۵/۵۸	۰/۴۹	۴/۴۵	۱۲۸	۱۱۶	۱۴	۷
۲۶	DOP	۲۰/۰۰	۵۱/۳۵	۳/۹۳	-۳۲/۶۸	-۶/۳۶	-۶۰/۲۱	-۴۳/۷۲
	ترتیب نیاز عناصر غذائی	Zn > Cu > Fe > Mn						

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد ضریب تغییرات عناصر ریزمغذی در مقایسه با عناصر پرمصرف زیادتر بوده، به عبارتی کودهای حاوی عناصر پرمصرف در مقایسه با عناصر کم‌مصرف به صورت همگن‌تر در مزارع استفاده شده‌اند. بر اساس شاخص DOP، تمامی مزارع مورد بررسی در این پژوهش، از نظر غلظت عناصر مورد بررسی دچار کم‌بود یا بیش‌بود بوده و عدم تعادل تغذیه‌ای در تمامی آنها وجود داشت. ۳۶ درصد از مزارع مورد بررسی، دارای کم‌بود پتاسیم و در مقابل، ۸۰ درصد از این مزارع دارای زیادبود نیتروژن بودند. در بین عناصر کم‌مصرف، روی و در مرحله بعدی، آهن بیشترین میزان کم‌بود را دارا بودند. در مجموع، در مزارع سیب‌زمینی استان، پتاسیم و روی بایستی در اولویت کوددهی قرار گیرد.

فهرست منابع

۱- امامی، ع. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه. نشریه شماره ۹۸۲. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ۹۳ ص.

۲- تدین نژاد، م.، دهقانی، م.، یحیی آبادی، م.، پارسادوست، ف. (۱۳۸۸). بررسی وضعیت تغذیه‌ای خیار سبز گلخانه‌ای توسط روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در گلخانه‌های شهرستان فلاورجان. اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای. دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان. ۸۹-۸۸.

۳- جلالی، ا.ه. (۱۳۹۳). مدیریت کاربرد پتاسیم برای زراعت سیب زمینی در شرایط آب و خاک شور. نشریه مدیریت اراضی. ۲ (۱). ۱-۱۶.

۴- حسن‌پناه، د.، اخوان، ک.، و موسی‌پور گرجی، ا. (۱۳۹۷). آرایش کشت مناسب در آبیاری قطره‌ای (تیپ) برای افزایش عملکرد و کارائی مصرف آب در مزارع تولید سیب‌زمینی بذری. علوم کاربردی سیب‌زمینی ۱(۲). ۲۲-۱۷.

۵- زارع مهرجردی، م.، اخوتیان اردکانی، ا. ر.، دهقانی، ف. (۱۳۹۸). معرفی شاخص DOP و استفاده از آن برای تفسیر نتایج تجزیه برگی خیار گلخانه‌ای. مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای ۲ (۱). ۲۱-۹.

۶- طهرانی، م. م.، بلالی، م. ر.، مشیری، ف.، دریاشناس، ع. م. (۱۳۹۱). توصیه و برآورد کود در ایران : چالش‌ها و راهکارها. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۶ (۲). ۱۴۴-۱۲۳.

۷- فیضی‌زاده، م.، صمدی، ع. (۱۳۹۵). مقایسه روش انحراف از درصد بهینه و روش تلفیقی تشخیص و توصیه برای ارزیابی تعدل تغذیه‌ای پیاز در استان آذربایجان غربی. نشریه دانش آب و خاک ۲۵ (۲). ۲۸۶-۲۷۱.

۸- قریشی، س. ج.، سپهر، ا.، صمدی، ع. (۱۳۹۶). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه (*Citrullus vulgaris*)با روش انحراف از درصد بهینه در منطقه پلدشت استان آذربایجان غربی. تحقیقات کاربردی خاک. ۵ (۲). ۵۱-۴۱.

۹- گودرزی، ف. (۱۳۹۸). افزایش انبارمانی و بهبود ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی با مدیریت کصرف کودهای نیتروژنه. علوم کاربردی سیب‌زمینی ۲(۱). ۳۹-۳۳.

۱۰- مطلبی‌فرد، (۱۳۹۷). مدیریت تغذیه سیب‌زمینی. نشرآموزش کشاورزی. کرج ۴۰ ص.
۱۱- ملکوتی، م.ج.، شهابی، ع. ا.، بازرگان، ک. (۱۳۹۵). پتاسیم در کشاورزی ایران: نقش پتاسیم در تولید محصولات کشاورزی سالم. انتشارات مبلغان. تهران ۳۶۴ ص.

12- Boostani, H. R., Najafi-Ghiri, M., Amin, H., Mirsoleimani, A. (2019). Zinc desorption kinetics from some calcareous soils of orange (*Citrus sinensis* L.) orchards, southern Iran. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65, 20-27.
13- Hadi, M., Taheri, R., Balali, G. (2015). Effects of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers. *Journal of Plant Nutrition*. 38, 202-211.
14- Iwama, K. (2008). Physiology of the potato: new insights into root system and repercussions for crop management. *Potato Research*, 51, 333–353.
15- Miyu, M., Sarma, P., Warade, S., Hazarika B., Debnath P., Ramjan M., Ansari, M. T. (2019). Effect of foliar application of micronutrients on potato (*Solanum tuberosum* L.) cv.“Kufri Joyti” for growth, yield & quality attributes. I*nternational Journal of Chemical Studies*, 7, 4813-4817.
16- Mourão Filho, F. d. (2004). DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Scientia Agricola*, 61, 550-560.
17- Mugo, J. N., Karanja, N. N., Gachene, C. K., Dittert, K., Nyawade, S. O., Schulte-Geldermann, E. (2020). Assessment of soil fertility and potato crop nutrient status in central and eastern high lands of Kenya. *Scientific Reports*, 10, 1-11.
18- Reuter D. J. and Robinson J. B. (1997). Plant analysis: an interpretation manual. CSIRO Publication, Collingwood, Australia. 570 p.
19- Sandaña, P., Orena, S., Rojas, J. S., Kalazich, J., Uribe, M. (2020). Critical value of soil potassium for potato crops in volcanic soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2, 1-7.
20- Shahsavandi, F., Eshghi, S., Gharaghani, A., Ghasemi-Fasaei, R., Jafarinia, M. (2020). Effects of bicarbonate induced iron chlorosis on photosynthesis apparatus in grapevine. *Scientia Horticulturae*, 270, 1-8.

Use of DOP index for evaluating nutritional status of potato in Khorasan Razavi province

Basir Atarodi*[1], Majid Forouhar[2], Masoud Dadivar[2] and Mehdi Zangiabadi[2]
[1, 2] Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

Abstract
In the present study, in order to investigate the nutritional status of potatoes in Khorasan Razavi province, leaf samples were collected from 30 farms and macro and micronutrients concentration in them was measured. Using nutrients concentration in high yielding fields, reference concentration was obtained for N, P and K nutrients 4.65, 0.32 and 4.28 percent respectively. As well as, reference concentration for Fe, Mn, Zn and Cu was 190.13, 123.88, 35.19 and 12.44 mg/kg respectively. Using these concentrations, the DOP index was calculated in low-yielding fields. The order of nutrients requirement and nutritional status of potato were also examined. According to DOP indices, all low-yield farms (14 farms) suffered from a lack or surplus of nutrients. Among macronutrients, potassium had negative indices in 36% of the studied fields while nitrogen had positive indices in 80% of the studied fields. Among micronutrients, zinc and iron showed the highest deficiency in 57% and 35% of the studied fields respectively. Overall, potassium and zinc should be a priority in nutrition management programs in the province's potato fields.
Keywords: Concentration, DOP, Fertilizer, Nutritional nutrients

تاثیر مصرف منابع مختلف پتاسیمی بر جذب و غلظت پتاسیم و روی دانه گندم پائیزه

محمد جعفر ملکوتی[۱]، سیما افرا*[۲]

چکیده

بمنظور بررسی تاثیر مدیریت مصرف منابع پتاسیمی بر جذب و غلظت پتاسیم(K) و روی(Zn) دانه گندم آبی، آزمایشی در دو مزرعه (۱ و ۲) به ترتیب با مقادیر پتاسیم قابل‌دسترس ۱۲۵ و۴۱۲ میلی‌گرم‌برکیلوگرم، در قالب طرح بلوک‌های کامل‌تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار درسال‌زراعی۹۷-۱۳۹۶در ارومیه انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) شاهد (مصرف عناصرپایه برمبنای آزمون خاک به‌جز پتاسیم)؛ (۲) شاهد+ مصرف پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت؛ (۳) شاهد+ مصرف ۵۰٪ پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و۵۰٪ باقیمانده از منبع کلرورپتاسیم؛ (۴) شاهد+ مصرف ۵۰٪ پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰٪ باقیمانده از منبع سولوپتاس؛(۵) شاهد+ مصرف ۵۰٪ پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و۵۰٪ باقیمانده از منبع سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی بودند. نتایج نشان داد در اراضی با میزان پتاسیم قابل‌جذب کمتر از سطح‌بحرانی، مصرف کودهای پتاسیمی اثربخشی معنی‌دار بر غلظت و جذب پتاسیم و روی دانه گندم داشت. در مکان(۲) ، تیمار پنجم در مقایسه با سایر تیمارها، باعث افزایش بیشتر غلظت پتاسیم و روی دانه گندم شد. مصرف تقسیطی پتاسیم، نسبت به مصرف قبل از کاشت، میزان کارایی کودپتاسیمی را افزایش داد. همچنین در مکان(۲)، اعمال مصرف سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی تیمار(۵)، افزایش ۳۳درصدی جذب روی دانه گندم را نسبت به مکان(۱) موجب شد.

کلمات‌کلیدی: جذب پتاسیم و روی، غلظت پتاسیم دانه گندم، غلظت روی دانه گندم، کود سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی

مقدمه

گندم[۳] سهم عمده‌ای در تامین کالری، پروتئین مورد نیاز جامعه و تحکیم زیربنای اقتصادی کشور دارد. تولید ناخالص جهانی گندم ۷۴۹ میلیون تن در سال۲۰۱۶ بوده و ایران با تولید ۱۱میلیون تن در رده پانزدهم تولید جهانی گندم قرار داشت FAO(2016) و استان آذربایجان‌غربی با ۱۱/۷درصد سطح زیرکشت گندم و میزان تولید ۴۰۵۶ کیلوگرم بر هکتار، رتبه چهارم را در کشور دارد، احمدی و همکاران (۱۳۹۵).

پتاسیم (K) و روی (Zn) دو عنصر کلیدی در تولید بهینه گندم در اراضی مزروعی کشور محسوب می‌گردند. در گندم بیش از ۷۰ درصد پتاسیم برداشتی در کاه و کلش تجمع می‌یابد، ملکوتی(۱۳۹۷). بنابـــراین مدیریت بقایای گیاهی در حفظ ذخیره پتاسیم قابل جذب خاک بسیار موثـــر است Laegrid *et al.*(1999) . نگاهی به میزان جذب پتاسیم و روی به ازاء هر تن عملکرد دانه و کلش برای محصول گندم (۵/۹ کیلوگرم K_2O و ۵۰ گرم Zn در دانه و۱۸/۲ کیلوگرم K_2O در کلش) اهمیت این دو عنصر را در تولید بهینه گندم آشکار می‌سازد، اسماعیل زاده مقدم و همکاران (۱۳۹۴). پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون در سیتوپلاسم گیاهی بوده و در داخل سلول‌ها به شکل یونی وجود دارد. این عنصر در گیاه بسیار پویا بوده و در بسیاری از اعمال فیزیولوژیکی گیاه، سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها و فعال‌سازی آنزیم‌ها حضور فعال دارد، Wajiha *et al.*(2011). کمبود آن عملکرد کمی و کیفی را در محصولات زراعی کاهش می‌دهد Pettigrew(2008) . این عنصر جزء ضروری در مراحل اصلی بیوسنتز پروتئین است. کمبود آن منجر به کاهش

[۱] پروفسور محمدجعفر ملکوتی، استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران. ایمیل: mjmalakouti@modares.ac.ir

*[۲] مهندس سیما افرا نویسنده مسئول، دانش آموخته علوم خاک گرایش مدیریت حاصلخیزی و زیست فناوری ، شیمی خاک و تغذیه گیاه – دانشگاه تربیت مدرس تهران. ایمیل : sima.acer@yahoo.com

[3] *Triticum aestivum* L.

مقدار پروتئین گندم می‌شود، Rice(2007) . پتاسیم با تحریک جذب نیترات و انتقال آن درون گیاه در متابولیسم پروتئین دانه گندم نقش دارد Blevins(1985) . علاوه‌بر این، در شرایط کمبود این عنصر جذب و انتقال نیترات در گیاه کاهش می‌یابد (1996) Marschner *et al*. بررسی‌ها نشان داده است که پتاسیم باعث افزایش کارایی آب در اقلیم خشک و حفظ تعـــادل بین کربوهیدرات‌ها و پروتئین گیاه می‌شود (2000)**.**Sweeney *et al*. Alderfasi and Refay(2010) گزارش کردند پتاسیم، میزان تبخیر از سطح برگ‌ها را کاهش داده و کارایی مصرف آب را به‌ویژه در شرایط تنش خشکی به‌دلیل نقش آن در افزایش تعداد پنجه و تکثیر ریشه و در نتیجه جذب آب و موادمغذی افزایش می‌دهد. (2015)*.*Arshadullah *et al* در رابطه با مقایسه منابع پتاسیم (سولفات و نیترات‌پتاسیم) نشان دادند که با مصرف سرک پتاسیم، تعداد پنجه، وزن هزاردانه و میزان عملکرد دانه گندم را ۳۱ درصد افزایش داد ولی تفاوتی بین دو منبع پتاسیم وجود نداشت. در ایران، معمولا مصرف پتاسیم همزمان با کشت گندم صورت می‌گیرد. تحت چنین شرایطی، احتمال تثبیت پتاسیم به‌ویژه در خاک‌های تخلیه از پتاسیم، قوت می‌گیرد. پدیده تثبیت پتاسیم در خاک، بطور معنی‌داری کارائی کودهای پتاسیمی را در تولید محصول کاهش می‌دهد Sparks(2000) . در پدیده تثبیت، پتاسیم قابل استفاده به بخش غیرقابل استفاده منتقل شده و از دسترس ریشه گیاهان خارج می‌شود (2009)**.**Simonsson *et al* . مصرف تقسیطی پتاسیم، موجب افزایش کارایی کود پتاسیم و کاهش هدرروی پتاسیم از طریق آبشویی و تثبیت می‌شود Römheld and Kirkby(2010) و ملکوتی (۱۳۹۷). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که مقدار اندکی از پتاسیم در مرحله استقرار و زمستان‌گذرانی گندم مورد نیاز بوده و بخش عمده آن در مراحل بعدی رشد در بهار جذب گیاه شده و در مرحله گلدهی به حداکثر مقدار خود می‌رسد (2004)*.*Bar-Tal *et al* . در مرحله ساقه‌رفتن، گندم روزانه ۳/۵ تا ۸ کیلوگرم بر هکتار پتاسیم جذب می‌نماید (2014)*.*Moshiri *et al*. همین امر اهمیت مصرف تقسیطی پتاسیم را نمایان می‌سازد. مصرف تقسیطی پتاسیم همچنین می‌تواند جذب نیتروژن را افزایش دهد (2014)*.*Lu *et al* . و همچنین بیان کردند که مصرف تقسیطی پتاسیم موجب، افزایش وزن هزاردانه، عملکرد دانه و افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به مصرف تمامی پتاسیم مورد نیاز گیاه همزمان با کاشت شد. در میان عناصرغذایی کم مصرف، روی **(**Zn**)** مهمترین عنصری است که کمبود آن در خاک‌های آهکی به‌وضوح مشاهده می‌شود. مجیدی و ملکوتی (۱۳۷۵) نشان دادند که با مصرف سولفات‌روی در مزارع گندم آبی، علاوه‌بر افزایش ۵۰۰ کیلوگرمی عملکرد دانه بر هکتار، افزایش دو درصدی پروتئین و غنی‌سازی دانه‌های گندم (حدود سه برابر) را گزارش نمودند. Savaghebi *et al*(2000) در تحقیق به‌منظور بررسی بر هم‌کنش پتاسیم و روی بر غلظت و جذب سایر عناصرغذایی در گندم گزارش دادند که مصرف پتاسیم و روی بطور معنی‌داری موجب افزایش جذب و غلظت عناصر پتاسیم، فسفر، منگنز، آهن و مس در کاه و دانه گردید. همچنین پتاسیم، درصد انتقال روی به دانه را افزایش داد. مصرف بهینه کود بویژه سولفات‌پتاسیم و سولفات‌روی؛ باعث بهبود کیفیت و خوش خوراکی گندم می‌گردد Welch(2003). وجود روی برای فعالیت‌های آنزیمی، تولید هورمون‌های رشد، تلقیح و باروری ضروری است و آهکی بودن خاک‌ها، ماده‌آلی کم و عدم توجه به تغذیه بهینه گیاه، قابلیت استفاده این عنصر را برای گیاه محدود کرده و در نهایت منجر به کاهش کیفیت و میزان تولید محصول می‌گردد (2013)*et al* Abbas . افزایش جذب سایر عناصرغذایی و افزایش عملکرد، با مصرف کود روی در آزمایش (2011)**.***et al* Wajiha مشاهده گردید. افزایش مقدار روی در گیاه به میزان یک میلی‌گرم بر کیلوگرم، در آغاز ساقه‌روی گندم، افزایش عملکرد دانه را بطور متوسط به میزان ۱۹۵ کیلوگرم بر هکتار سبب می‌شود (2013)*.*Gaj *et al* . روی باعث افزایش پروتئین، کربوهیدرات و گلوتن دانه گندم می‌گردد (2013) **.**Keram *et al*. محلولپاشی روی، علاوه‌بر ارتقا ویژگی کمی و کیفی گندم در پر شدن دانه و افزایش عملکرد، در بهبود شاخص امنیت غذایی موثر است. همچنین براساس تحقیقات انجام شده توسط بهرامی (۱۳۹۷) بر روی ذرت و حمیدی (۱۳۹۷) بر روی برنج مصرف تلفیقی روی و پتاسیم افزایش عملکرد گیاه را در مقایسه با مصرف فقط عنصر پتاسیم بطور معنی‌داری افزایش داده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد عنصر روی موجب افزایش کارایی جذب پتاسیم در گیاه و افزایش عملکرد گندم گردید Sparks(2000) . بر این اساس هدف از اجرای این پژوهش بررسی مدیریت مصرف پتاسیم از نظر تاثیر منابع پتاسیم و زمان مصرف آن‌ها در بهبود برخی ویژگی‌های کمی و کیفی دانه گندم و ارتقاء سطح سلامت جامعه و تاثیر مصرف تلفیقی سرک پتاسیم و روی بر گندم پاییزه بود.

مواد و روش

این تحقیق در دو مزرعه (۱) و (۲)، اولی با میزان پتاسیم قابل جذب کمتر از سطح‌بحرانی (K_{ava}=125mg kg^{-1})، و دومی با میزان پتاسیم قابل جذب بیشتر از سطح‌بحرانی (K_{ava}=412mg kg^{-1})، (ملکوتی(۱۳۹۷)) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در استان آذربایجان‌غربی و در شهرستان ارومیه به اجرا گذاشته شد.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش آذربایجان‌غربی، ۹۷-۱۳۹۶.

مکان	pH	EC	Sand	Clay	Tex.	O.C	SP	K_{ava}	P_{ava}	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
		(dS m^{-1})	(%)			(%)		($mg\ kg^{-1}$)							
۱*	8.08	0.86	51	22	SCL	1.37	44	125	2.50	0.81	23.0	11.37	4.62	0.98	21
۲*	7.90	0.92	29	42	C	1.03	51	412	19.8	1.24	8.75	19.95	2.02	1.20	24

آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل **تیمار اول:** شاهد (مصرف عناصر پایه برمبنای نتایج تجزیه خاک بجز پتاسیم)؛ **تیمار دوم:** شاهد + مصرف کل پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت؛ **تیمار سوم:** شاهد + مصرف ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰ درصد باقیمانده از منبع کلرورپتاسیم در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ **تیمار چهارم:** شاهد + مصرف ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰ درصد باقیمانده از منبع سولوپتاس خارجی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ **تیمار پنجم:** شاهد + مصرف ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰ درصد باقیمانده از منبع سولفات پتاسیم محلول ساخت داخل حاوی کلات‌روی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره در دو مرحله. عناصر پایه براساس نتایج تجزیه خاک (شامل ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود اوره قبل کاشت) و سرک اوره ۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار در دو مرحله اولین گره ساقه و ظهور خوشه استفاده گردید. مقدار پتاسیم مصرفی شامل ۱۲۵ کیلوگرم بر هکتار پتاسیم خالص از منابع سولفات‌پتاسیم (۵۰٪ اکسید پتاسیم)، کلرورپتاسیم (۶۰٪ اکسیدپتاسیم)، سولوپتاس (۵۰٪ اکسیدپتاسیم) و سولفات پتاسیم محلول+Zn-EDTA (۵۰٪ اکسید پتاسیم و ۰/۶درصد Zn-EDTA) بودند که مطابق تیمارها مصرف شدند. اندازه کرت‌ها چهار مترمربع و فواصل تکرارها دو متر درنظر گرفته شد. رقم مورد استفاده میهن با تراکم ۵۰۰ بذر بر مترمربع و میزان بذر ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار با استفاده از دستگاه خطی‌کار غلات کشت شد. آبیاری در پنج مرحله، پس از کشت، پنجه‌زدن، تولید اولین و دومین گره ساقه نیز ظهور خوشه انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های مرکب خاک و گیاه تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. مقدار پتاسیم قابل جذب آن‌ها به روش استات آمونیوم اندازه‌گیری شد. هضم گیاه به روش سوزاندن خشک[4] انجام و غلظت پتاسیم در کاه و دانه مطابق روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری غلظت روی به روش جذب اتمی شعله‌ای A.A.S انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسات میانگین تیمارها با استفاده از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

جذب پتاسیم و غلظت آن در دانه و کلش و کل گیاه

نتایج بدست آمده طبق جدول (۲) نشان داد که غلظت پتاسیم دانه و کلش در مزرعه (۲) نسبت به مزرعه (۱) به ترتیب میزان شش و هشت درصد افزایش داشت که مربوط به حاصلخیزی خاک مزرعه (۲) بود. برداشت پتاسیم توسط دانه در مقایسه با کاه بسیار

[4]- Dry Ashing

کمتر است ولی از آنجا که عموما کلش گندم بعد از برداشت به‌منظور مصارف دام و غیره از مزرعه خارج می شود، عدم مصرف کودهای پتاسیمی سبب تخلیه پتاسیم خاک گردیده و این امر سبب بروز کمبود پتاسیم در گیاه و در نهایت کاهش عملکرد آن می‌گردد ملکوتی(۱۳۹۷). بیشترین غلظت و جذب پتاسیم دانه و کلش با مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی (تیمار۵) بدست آمد که می‌تواند به‌دلیل حلالیت زیاد و سهولت جذب پتاسیم محلول این کود و اثرات مثبت پتاسیم و روی موجود در ذرات کودی باشد که نشان از قابلیت جذب متفاوت منابع مختلف کودی تیمارها دارد (جدول ۲). نتایج مشابهی در رابطه با میزان جذب پتاسیم بدست آمد. بطوریکه مقادیر افزایش جذب برای دانه و کلش به ترتیب معادل ۲۱ و ۲۶ درصد بود. با توجه به آزمون خاک در جدول (۱) این اختلاف‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک به‌ویژه از نظر پتاسیم و روی قابل‌جذب خاک دو مزرعه باشد.

جذب روی و غلظت آن در دانه گیاه

با توجه به میزان برداشت ۱۵۰ گرم روی در هر هکتار توسط محصول گندم به ازای تولید ۳ تن دانه و ۳/۵ تن کلش در هر هکتار در طول یک فصل زراعی Havlin *et al.*(2004) و همچنین مشاهده میزان روی خاک در مزرعه های (۱) و(۲)، طبق تجزیه خاک جدول ۱ و قابلیت خاک برای آزادسازی عناصرغذایی و میزان تثبیت عناصرغذایی در خاک‌های زراعی، مصرف هر ساله کودهای ریزمغذی بالاخص روی با توجه به نقش آن در بهبود کیفیت دانه گندم و افزایش سطح سلامت جامعه در اراضی زراعی ضروری بنظر می‌رسد. براساس نتایج بدست آمده مطابق جدول (۲)، غلظت روی دانه در مزرعه (۱) با مصرف کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی، به میزان ۵۶ درصد افزایش نشان داد و این افزایش در مزرعه (۲) در تیمار مشابه ۲۳ درصد بود که این مطلب مبین این نکته است که کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی توانسته است اثربخشی مناسبی در جبران کمبود میزان روی خاک داشته است. در تیمار پنج غلظت روی دانه در هر دو مزرعه، در بهترین کلاس آماری قرار گرفت و اثربخشی روی در مزرعه (۱)که میزان روی خاک کمتر از سطح بحرانی بود، بیشتر از مزرعه (۲) بود. براساس نتایج بدست آمده میزان جذب عنصر روی از خاک برای به حد کفایت رساندن غلظت روی دانه در هر دو مزرعه افزایش داشته که موارد فوق با نتایج سلیمان (۱۳۹۷) در بهبود کیفیت دانه گندم مطابقت دارد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در گندم پاییزه

موقعیت	تیمارها	جذب پتاسیم دانه	جذب پتاسیم کلش	جذب کل پتاسیم	غلظت پتاسیم دانه	غلظت پتاسیم کلش	غلظت روی دانه	جذب روی دانه
مزرعه دو	تیمار ۱	e۱۹/۵۶	g۸۴/۵۴	h۱۰۴/۱	d۰/۳۹	f۱/۱۴	c۲۴/۶۲	c۳/۵۴
	تیمار ۲	d۲۷/۴۹	f۹۹/۷۳	g۱۲۷/۲	cd۰/۴۲	e۱/۲۲	-	-
	تیمار ۳	d۲۸/۳۶	e۱۰۸/۹۱	f۱۳۷/۳	bc۰/۴۶	d۱/۲۷	-	-
	تیمار ۴	c۳۱/۴۳	d۱۱۶/۵۷	e۱۴۷/۹	b۰/۴۹	c۱/۳۴	-	-
	تیمار ۵	b۳۴/۲۷	c۱۲۴/۸۰	cd۱۵۹/۱	b۰/۴۹	a۱/۴۱	a۳۳/۱۱	b۸/۹۷
مزرعه یک	تیمار ۱	c۳۱/۰۳	c۱۲۴/۲۷	de۱۵۵/۳	bc۰/۴۵	d۱/۲۸	b۲۸/۰۳	b ۸/۵۴
	تیمار ۲	bc۳۲/۸۱	b۱۳۲/۸۰	bc۱۶۵/۶	bc۰/۴۶	bc۱/۳۵	-	-
	تیمار ۳	bc۳۳/۶۸	b۱۳۴/۳۸	b۱۶۸/۱	bc۰/۴۷	ab۱/۳۹	-	-
	تیمار ۴	b۳۵/۰۸	b۱۳۸/۵۹	b۱۷۳/۷	b۰/۴۹	a۱/۴۱	-	-
	تیمار ۵	a۳۸/۳۶	a۱۴۵/۹۶	a۱۸۴/۳	a۰/۵۶	a۱/۴۴	a۳۴/۶۶	a۱۶/۵۸

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد کارایی پتاسیم در گیاه بسته به نوع منبع و زمان مصرف آن متغیر بوده و مصرف تقسیطی پتاسیم همزمان با مصرف کود اوره در مراحل تولید اولین گره ساقه و ظهور خوشه نسبت به مصرف یکباره آن در مرحله قبل از کشت ضمن تاثیر معنی‌دار بر جذب پتاسیم، غلظت آن در دانه و کلش گندم را، بطور قابل توجهی افزایش می‌دهد. فراهم بودن شرایط بهینه تغذیه برای گیاه تاثیر کارایی کود تیمار پنجم را در مزرعه (۲) بیشتر نمایان کرد. در بررسی کارایی کودها، براساس نتایج ارائه گردیده، تیمار کودی پنجم نسبت به تیمار توصیه بهینه کودی آزمایشگاه تجزیه خاک (تیمار سوم)، بازخورد مثبت مصرف سرک کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی در افزایش کارایی کود و جذب پتاسیم و روی، تاثیر آن در افزایش غلظت پتاسیم و روی دانه را نمایان کرد. از طرف دیگر در این آزمایش ارجحیت مصرف سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی بر سولفات پتاسیم محلول (سولفات-پتاسیم محلول خارجی) عمدتا به دلیل داشتن روی قابل استفاده در زمان گلدهی بود. نتایج بیانگر این واقعیت است که دو عنصر پتاسیم و روی دارای اثرات متقابل مثبت بوده و همراهی عنصر روی با پتاسیم در مصرف تقسیطی تاثیر بیشتری بر افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول می‌گذارد. از این‌رو، پیشنهاد می‌نماید به منظور افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت، پروتئین دانه، غنی‌سازی دانه با عناصر پتاسیم و روی نیز ارتقاء میزان کارایی پتاسیم در گندم پائیزه، در اراضی مواجه با کمبود پتاسیم نسبت به مصرف سولفات پتاسیم محتوی کلات Zn-EDTA به جای مصرف یکباره سولفات پتاسیم در قبل از کشت اقدام نمود.

قدردانی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمون‌مان شد و تشکر صمیمانه از جناب آقای مهندس حمید حیدری که با راهنمایی‌های بی دریغ‌شان همواره یاری‌بخش من در مراحل تحصیل و زندگی بوده‌اند.

فهرست منابع

۱- احمدی، ک.، قلیزاده، ح ا.، عبادزاده، ح ر.، حاتمی، ف.، فضلی اشتبرق، م.، حسین پور، ر.، کاظمیان، آ .و رفیعی، م.، (۱۳۹۵)، آمارنامه کشاورزی .جلد اول :محصولات زراعی .وزارت جهاد کشاورزی .سال زراعی۱۳۹۴-۱۳۹۳

۲- اسماعیل زاده مقدم، م .امینی، الف .پیرایش فر، ب .خدارحمی، م .مهرور، م .نجفی میرک، ت .نجفیان، گ. یزدان سپاس، الف . اسکندری، الف .روستایی، م .ولیزاده، غ .اسدی رحمانی، ه .خادمی، ز .خاوازی، ک.خوگر، ز .رشیدی، ن .سدری، م .ح .و همکاران. ۱۳۹۴ (راهنمای گندم(کاشت، داشت، برداشت.) نشر آموزش کشاورزی، ۲۲۱ صفحه کرج، ایران.

۳- بهرامی، ب (۱۳۹۷) . بررسی کارایی مصرف تلفیقی کودهای پتاسیمی و روی بر عملکرد و کارایی پتاسیم در دو خاک با میزان پتاسیم متفاوت در استان کرمانشاه پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی .دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس .تهران، ایران.

۴- حمیدی، م. .(۱۳۹۷). بررسی نقش افزایش عملکردی و کارایی کودهای پتاسیمی در دو خاک با سطح پتاسیم متفاوت در استان مازندران .پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی . دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس .تهران، ایران

۵- سلیمان، م (۱۳۹۷) نقش منابع مختلف روی در بهبود کمی کیفی - گندم و افزایش کارایی آن در اراضی استان سلیمانیه عراق . پایان نامه کارشناسی ارشد - گروه خاکشناسی .دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس .تهران،

۶- ملکوتی، م .ج (۱۳۹۷) . مصرف بهینهٔ کود برای تولید محصولات کشاورزی سالم :تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها برای دستیابی به خودکفایی نسبی، امنیت غذایی و افزایش درآمد کشاورزان" .چاپ چهارم با تجدید، نظر کلی ." خانه کشاورز، شماره۱۰۴ ۴۲۴ صفحه، انتشارات مبلغان تهران، ایران .

7 - Abbas, G., Khattak, J.Z.K., Abbas, G., Ishaque, M., Aslam, M., Abbas, Z., Amer, M. and Khokhar, M.B., 2013. Profit maximizing level of potassium fertilizer in wheat production under arid environment. Pak. J. Bot, 45(3), pp.961-965.

8 - Bar-Tal A., Yermiyahu U., Beraud J., Keinan M., Rosenberg R., Zohar D., Rosen V., and Fine P. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *J. Environ .Qual*. 33, 1855-1865.

9 - Blevins, D.G. 1985. Role of potassium in protein metabolism in plants. In: R.D Munson, editor, Potassium in agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, Madison WI. p. 413–424.

10 - FAO, 2016. FAO cereal supply and demand brief. Food and agriculture organization of the United Nations. URL. http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/ (Accessed 16.09.2016).

11 - Gaj, R., Górski, D. and Przybyl, J., 2013. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. Journal of Elementology, 18(1).

12 - Havlin, JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson WL. 2004. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7th eds. Pearson and prentice-Hall Upper Saddle River. New Jersaey, USA.515p.

13 - Keram, K.S., Sharma, B.L., Sharma, G.D. and Thakur, R.K., 2013. Impact of zinc application on its translocation into various plant parts of wheat and its effect on chemical composition and quality of grain. Scientific Research and Essays, 8(45), pp.2218-2226.

14 - Laegrid, M. OC Backman and Kaarstad, O.1999. Agriculture fertilizer and the envoirment. Norskhydro ASA. CABI Publishing, Norway.

15 - Lu, Q., Jia, D., Zhang, Y., Dai, X. and He, M., 2014. Split application of potassium improves yield and end-use quality of winter wheat. Agronomy Journal, 106(4), pp.1411-1419.

16 - Moshiri F., Shahabi A., Keshavarz P., Asadi H., Samavat S. Tehrani,M. et al, 2014. Integrated Management Guidelines for Soil Management and Nutrition of Wheat.

17 - Marschner H., Kirkby E., Cakmak J. (1996). Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo assimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Bott., 47:1255-1263.

18 - Pettigrew, W.T., 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia plantarum, 133(4), pp.670-681.

19 - Römheld, V., Kirkby E.A. 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant Soil 335:155–180.

20 - Savaghebi Gh., Malakouti .M. J., Moez A., 2000. The interaction of potassium and zinc on the concentration and absorption of nutrients in wheat.

21 - Simonsson, M., Hillier, S., and Oborn, I. 2009. Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. *Geoderma*, 151, 109-120.

22 - Sparks, D. L. 2000. Bioavailability of soil potassium, Pp: 38 -52. In M.E. Sumner (ed.) Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.

23 - Sweeney, D.W., G.V. Granada, M.G. Everomey D.A. Whitney, (2000). Phosphorus, Pota Chloride and fungicide effect on wheat yield an rust severity. J. Plant Nutr., 23(9): 1267-1281.

24 - Szczepaniak W. 2004.The response of crops to potassium fertilization . J Elementol., 9(4): 57-66.

25 - Wajiha , A. Mohammad, A, Shaukat, A. Shahid, F. Zahed, M. Umer, R. 2010-2011. Effect of oxognously applied Zn on the growth, yield, chlorophyll contents and nutrient accumulation in wheat Line L-5066 IJCBS, 5(2014):11-15.

26 - Welch RM. 2003. Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health. IFA-FAO Agricultural Conference on Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization. Rome, Italy.

The effect of potassium fertilizers on the uptake and concentration of potassium and zinc in wheat

Abstract:. In order to investigate the effect of different sources of potassium (K) fertilizers management on the uptake and concentration of potassium and zinc in wheat, two experiments were implemented in two fields with lower and higher critical level of K (K_{ava}=125 and K_{ava}= 412mg kg^{-1}) in a randomized complete block design with five treatments and four replications in West Azarbayjan province in 2017-18. Treatments were as follows: T1 = control (use of all essential nutrients based on soil test except K-fertilizer; T2 = T1 + sulfate of potassium(SOP) before planting; T3 = T1 + consumption of 50% K from (SOP) before planting and 50% from morate of potassium(MOP) in two topdressing; T4 = T1 + consumption of 50% K from SOP before planting and 50% from soluble sulfate of potassium(SSOP) in two topdressing; T5 = T1 + consumption of 50% K from SOP before planting and 50% from SSOP+Zn-EDTA in two topdressing periods during the first stem elongation and wheat heading. The results of this study revealed that in the farm with lower available K, K-fertilizers had a significant effect on uptake and concentration of potassium and zinc in wheat. In the farm with higher available K, T5 causes further increase the uptake and concentration of potassium and zinc in wheat. Topdressing of potassium fertilizers, compared to T2 treatment, significantly increased fertilizer use efficiencyi. Also in farm(2), application of fertilizer SSOP+Zn-EDTA caused 33% increase in uptake Zn grain wheat
.

Keywords: Potassium(K) and Zinc(Zn) concentration, Potassium and Zinc uptake, SSOP+Zn-EDTA fertilizer in wheat grain

ارزیابی شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت‌فرنگی گلخانه‌ای تحت سطوح مختلف آبیاری در بسترهای مختلف کشت

شمسی رضایی[۱]، حمید زارع ابیانه[۲*]، حسن ساری‌خانی[۳]، مهدی جوزی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. *نویسنده مسئول: zare@basu.ac.ir

۳-دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر بستر کشت بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت‌فرنگی، آزمایشی در گلخانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور بستر کشت و سطوح آبیاری انجام شد. تیمارهای آبیاری در سه سطح شامل آبیاری کامل، کم‌آبیاری به‌میزان ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی و چهار بستر کشت شامل خاک، کوکوپیت+پرلیت با نسبت‌های حجمی ۷۰+۳۰، ۶۰+۴۰ و ۵۰+۵۰ درصد بود. نتایج نشان داد بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ و کلروفیل کل در تیمارهای بستر کشت به تیمار ۵۰٪ کوکوپیت + ۵۰٪ پرلیت به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۵۲/۳۷ درصد و ۲۵/۷۸ µg/ml و در تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری به‌میزان ۱۰۳۴/۷۷ درصد و ۲۶/۲۲ µg/ml و در اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری با بستر کشت ۵۰٪ کوکوپیت + ۵۰٪ پرلیت به‌میزان ۱۲۹۲/۹۷ درصد و ۳۰/۶۰ µg/ml اختصاص یافت.

واژگان کلیدی: توت فرنگی، شاخص سطح برگ، کشت بدون خاک، کلروفیل.

مقدمه

با توجه به تغییرات کلی آب و هوایی و کمبود آب، کشت گلخانه‌ای راه‌کاری موثر در افزایش بهره‌وری آب و امکان کنترل بهتر پخش و توزیع مواد غذایی برای گیاهان است. بستر کشت خاکی و غیرخاکی بر رشد و تولید محصولات اثرگذار بوده و انتخاب مناسب آن یکی از عوامل موثر در تولید موفق محصولات کشاورزی می‌باشد (Afsharipoor and Roosta, 2010). از جمله ویژگی‌های بستر کشت غیرخاکی ظرفیت نگهداری بالای آب و مواد غذایی، تهویه کافی، زهکشی مناسب، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و عدم تأثیر منفی بر رشد گیاه است (Majdi *et al*., 2012). استفاده از ماده معدنی پرلیت و ماده آلی کوکوپیت جزء بسترهای متداول کشت می‌باشد. پرلیت ماده معدنی فاقد قدرت تبادل کاتیونی و مواد غذایی بوده و کوکوپیت با منشاءآلی از پوسته میوه نارگیل، دارای خلل و فرج بالا، تهویه خوب، ظرفیت نگهداری بالای آب، دوام زیاد و پایداری فیزیکی مناسب است (Ahmed and Gohnson, 2000).

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria ananassa* از خانواده *Rosaceae*، گیاهی دولپه‌ای، چند ساله علفی و مناسب کشت گلخانه‌ای در ایران است که رشد آن بستگی به حفظ تعادل مطلوب تغذیه‌ای در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد (Samimi Akhijahani and khodaei, 2011). مطابق گزارش فائو سطح زیر کشت توت‌فرنگی در دنیا ۲۳۳۰۰ هکتار و میزان تولید آن ۹۲۲۳۰۰۰ تن با میانگین عملکرد ۲۲۴۱۴۲ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2019). سطح زیر کشت توت‌فرنگی در ایران ۵۲۳ هکتار با میانگین عملکرد ۵۴۰۲۶ کیلوگرم در هکتار و تولید کل کشور ۲۸۲۴۷ تن می‌باشد که استان‌های کرمان، البرز و تهران به‌ترتیب بیشترین تولید در کشور را دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). توت‌فرنگی به‌دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای سطحی، سطح برگ زیاد و آب‌دار بودن میوه به حجم آب بالایی نیاز دارد (Klamkowski and Treder, 2006; Martinez- ferri *et al*., 2016).

کمبود آب با تأثیر بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه باعث کاهش فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ و در نهایت عملکرد گیاه می‌شود (Ghaderi *et al*., 2015). بستر کشت باید ضمن داشتن تخلخل مناسب، توانایی فراهم آوردن اکسیژن و رطوبت کافی برای رشد ریشه را بر مبنای ویژگی‌های فیزیکی، قابلیت دسترسی به مواد مغذی و هزینه کمتر داشته باشد.

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت‌فرنگی گلخانه‌ای تحت سطوح مختلف آبیاری در بسترهای مختلف کشت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه پژوهشی دانشگاه بوعلی‌سینای همدان با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی، ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و میانگین ارتفاع ۱۸۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور بستر کشت و سطوح آبیاری در ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. برای بررسی اثر بستر کشت بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت‌فرنگی رقم سابرینا از بستر خاک (شاهد) و سه سطح ترکیبی بستر کوکوپیت و پرلیت با نسبت‌های ۳۰ و ۷۰ درصد، ۴۰ و ۶۰ درصد، ۵۰ و ۵۰ درصد استفاده شد. سطوح آبیاری نیز شامل سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی بود. پارامترهای مورد ارزیابی گیاه توت‌فرنگی نیز شامل شاخص سطح برگ و کلروفیل بود.

برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. کیفیت آب آبیاری مورد استفاده نیز براساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا در کلاس C2S1 بود.

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و مشخصات فیزیکی بسترهای ترکیبی مورد استفاده

بستر	هدایت الکتریکی	اسیدیته	رطوبت ظرفیت زراعی	جرم مخصوص ظاهری	فسفر	پتاسیم	ازت
خاک	dS/m	(-)	(اعشار)	g/cm3	ppm) (	(ppm)	(ppm)
	۲۱/۱۹	۷/۷۴	۰/۱۹	۱/۳۳	۱۳/۳۵	۱۸۹	۰/۱

کوکوپیت +پرلیت	هدایت الکتریکی	اسیدیته	جرم مخصوص		تخلخل کل	رطوبت در ظرفیت زراعی	ظرفیت نگه‌داشت آب
			ظاهری	حقیقی			
	dS/m	(-)	g/cm3	g/cm3	(٪)	(اعشار)	(٪)
٪۷۰+٪۳۰	۰/۸۲	۶/۷۴	۰/۱۵۴	۱/۰۶۹	۸۵/۵	۰/۱۲۱	۵۷/۹۲
٪۶۰+٪۴۰	۰/۹۱	۶/۶۷	۰/۱۵۰	۱/۰۲۲	۸۵/۳	۰/۱۳۰	۶۷/۰۶
٪۵۰+٪۵۰	۱/۰	۶/۶۱	۰/۱۴۵	۰/۹۷	۸۴/۷	۰/۱۳۶	۷۶/۲۰

برای پژوهش حاضر تعداد ۳۶ گلدان به کشت توت‌فرنگی اختصاص یافت. بوته‌های توت‌فرنگی در مرحله سه برگی پس از ضد عفونی با قارچ‌کش رورال یک در هزار در شروع هفته سوم اسفندماه ۱۳۹۶ به گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۸ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر منتقل شدند. در کف تمامی گلدان‌ها یک لایه ۳ سانتی‌متری سنگ‌ریزه و ۴ سوراخ ۵ میلی‌متری جهت تبادل هوا و خروج آب اضافی ایجاد گردید. از دو دسته نمک به‌عنوان کود استوک یک کیلوگرمی A و B، حاوی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف برای رشد گیاه، در بستر کوکوپیت‌پرلیت به‌عنوان محلول غذایی استفاده شد. پی‌اچ محلول غذایی به‌کمک اسید نیتریک ۶۵ درصد در محدوده ۶/۵-۶ تنظیم شد. تیمارهای آبیاری در مرحله ۵ برگی، یعنی شش هفته پس از استقرار نشاءها اعمال گردید. تأمین آب مورد نیاز در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی براساس اختلاف رطوبت هر گلدان نسبت به رطوبت ظرفیت زراعی بود. برای تأمین

مقدار آب در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، مقدار آب آبیاری به‌دست آمده برای تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) را به‌ترتیب در ضریب ۰/۸ و ۰/۶ ضرب و مقدار حاصل در اختیار تیمارهای ذکر شده قرار می‌گرفت.

برای سنجش مقدار کلروفیل موجود از روش پورا (Porra, 2002) و برای سنجش کارتنوئیدها نیز از روش لیختن تالر و ولبورن (Lichtenthaler and Wellburn , 1983) استفاده شد.

$$Chl\ a\ (\mu g/ml) = 12.25A_{663.6} - 2.55A_{646.6} \quad (۱)$$

$$Chl\ b\ (\mu g/ml) = 20.31A_{646.6} - 4.91A_{663.6} \quad (۲)$$

$$Chl\ a + b\ (\mu g/ml) = 17.76A_{646.6} + 7.34A_{663.6} \quad (۳)$$

$$Chl_{x+c}\ (\mu g/ml) = [1000(A_{470}) - 3.27\ (Chl\ a) - 104\ (Chl\ b)]/229 \quad (۴)$$

که در آن‌ها $A_{663.6}$، $A_{646.6}$ و A_{470} به‌ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳/۶، ۶۴۶/۶ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، Chl a مقدار کلروفیل a، Chl b مقدار کلروفیل b، Chl a+b مقدار کلروفیل کل و Chl_{x+c} مقدار کارتنوئیدها (همگی بر حسب µg/ml) می‌باشد.

اندازه‌گیری سطح برگ‌ها در چهار مرحله و هر مرحله به فاصله زمانی ۱۵ الی ۲۰ روز پس از اعمال تنش رطوبتی انجام شد. اندازه گیری سطح برگ‌ها پس از قرارگرفتن آن‌ها در سطح صاف و با معیار قرار دادن خط‌کش ثابت در کنار هر برگ تهیه شد. سپس به‌کمک نرم افزار فتوشاپ، میانگین سطح برگ در هر مرحله از تکرار، مورد محاسبه و پردازش قرار گرفت و از تقسیم مساحت برگ‌های هر بوته به مساحت هر گلدان شاخص سطح برگ محاسبه شد.

در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه آماری میانگین پارامترهای مورد بررسی از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد و پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بستر کشت و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت فرنگی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آبیاری و بستر کشت بر شاخص سطح برگ طی چهار مرحله اندازه گیری، میزان کلروفیل و کارتنوئیدها در فصل رشد توت‌فرنگی

منابع متغیر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ				کارتنوئیدها	کلروفیل		
		T_1	T_2	T_3	T_4	Chl_{x+c}	Chl a+b	Chl b	Chl a
بستر کشت	۳	۴۷۳۵۸۷/۹۴*	۵۵۰۶۸۲/۰۶**	۵۴۵۸۲۷/۹۲**	۳۹۵۶۰۰/۲۶**	۷۶۹/۱۴^{ns}	۷۷/۴۸**	۱/۵۶ ^{ns}	۲۰/۵۲**
آبیاری	۲	۵۹۲۶۰/۲۸^{ns}	۵۱۹۹۶۶/۱۷**	۶۲۶۲۹۹/۶۶**	۶۲۳۶۱۸/۲۷**	۲۴۵/۶۵^{ns}	/۲۵** ۳۲۵	۲۷/۴۸**	۶۲/۸۲**
بستر کشت × آبیاری	۱۱	۱۷۶۵۰۶/۹۲*	۲۶۱۰۴۲/۶۶**	۲۷۹۰۹۵/۴۳**	۲۳۹۲۹۰/۳۱**	۹۷۲/۲۳^{ns}	۸۴/۲۱**	۶/۴۳*	۱۷/۷۳**
خطای آزمایشی	۲۴	۳۶۳۵۴/۹۱	۲۱۶/۱۳	۴۲/۶۹	۱۴/۲۹	۱۳۴۰/۴۲	۱/۲۶	۱/۲۱	۰/۶۸
ضریب تغییر (درصد)	-	۲۰/۹۲	۱/۷۵	۰/۸۶	۰/۵۷	۴۴/۳۵	۵/۱۵	۱۸/۳۹	۵/۳۶

ns: عدم وجود اختلاف معنی دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ، **: اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد، T_1، T_2، T_3 و T_4 به‌ترتیب ۲۵، ۴۵، ۶۵ و ۸۵ روز بعد از اعمال تنش آبی به تیمارها، Chl a: کلروفیل a، Chl b: کلروفیل b، Chl a+b: کلروفیل کل و Chl_{x+c}: کارتنوئیدها.

نتایج تجزیه واریانس جدول (۲) نشان داد اثر تیمارهای آبیاری بر شاخص سطح برگ در مرحله اول اندازه‌گیری اثر غیرمعنی‌دار و در سه مرحله دیگر اندازه‌گیری اثر معنی‌داری داشت. همچنین اثر تیمارهای بستر کشت و اثرات متقابل آن‌ها با تیمارهای آبیاری بر روی صفت شاخص سطح برگ در هر چهار مرحله زمانی اندازه‌گیری معنی‌داری بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای بستر کشت، آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت فرنگی در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای بستر کشت و آبیاری بر شاخص سطح برگ طی چهار مرحله اندازه‌گیری، میزان کلروفیل و کارتنوئیدها در فصل رشد توت‌فرنگی

عامل	تیمار	شاخص سطح برگ (درصد)				کارتنوئیدها (µg/ml)	کلروفیل (µg/ml)		
		T_1	T_2	T_3	T_4	Chl $_{x+c}$	Chl a+b	Chl b	Chl a
بسترکشت	Soil	۵۷۶/۶۱^{b}	۴۷۶/۷۹^{d}	۴۲۴/۲۸^{d}	۳۷۱/۴۲^{d}	۶۸/۵۸^{a}	۱۸/۱۶^{c}	۵/۴۹^{a}	۱۵/۷۵^{b}
	C30+ P70	۱۰۶۱/۸۸^{a}	۹۱۳/۲۹^{b}	۸۰۵/۲۲^{b}	۷۱۲/۴۵^{b}	۸۲/۱۴^{a}	۲۱/۹۲^{b}	۶/۰۱^{a}	۱۶/۶۸^{a}
	C40+ P60	۱۰۵۱/۸۷^{a}	۸۹۷/۱۱^{c}	۷۹۱/۱۷^{c}	۶۹۴/۸۳^{c}	۸۹/۹۲^{a}	۲۰/۸۷^{b}	۶/۵۰^{a}	۱۶/۰۳^{ab}
	C50+ P50	۹۵۸/۷۴^{a}	۱۰۵۲/۷۳^{a}	۱۰۱۷/۳۳^{a}	۸۷۱/۳۰^{a}	۸۷/۹۹^{a}	۲۵/۷۸^{a}	۵/۹۲^{a}	۱۳/۲۲^{c}
سطوح آبیاری	FI	۹۷۵/۶۰^{a}	۱۰۳۴/۷۷^{a}	۹۹۸/۴۹^{a}	۸۸۸/۸۴^{a}	۸۵/۹۶^{a}	۲۶/۲۲^{a}	۷/۶۰^{a}	۱۷/۶۱^{a}
	DI80	۹۲۱/۹۵^{a}	۸۵۲/۹۱^{b}	۷۳۶/۶۰^{b}	۶۶۵/۷۲^{b}	۸۴/۷۴^{a}	۲۳/۲۱^{b}	۵/۷۸^{b}	۱۵/۵۹^{b}
	DI60	۸۳۶/۲۷^{a}	۶۱۹/۵۱^{c}	۵۴۳/۲۹^{c}	۴۳۲/۹۵^{c}	۷۷/۱۱^{a}	۱۶/۰۳^{c}	۴/۴۴^{c}	۱۳/۰۵^{c}
بستر کشت × آبیاری	Soil × FI	۶۸۱/۹۸^{bc}	۶۲۲/۵۴^{i}	۶۳۱/۳۳^{i}	۵۵۷/۶۵^{h}	۶۷/۱۴^{a}	۲۲/۵۲^{d}	۶/۹۳^{ab}	۱۷/۶۹^{ab}
	Soil × DI80	۵۲۹/۷۹^{bc}	۴۶۳/۶۲^{k}	۳۶۷/۲۲^{l}	۳۴۳/۰۸^{l}	۶۶/۸۷^{a}	۲۱/۴۵^{de}	۵/۳۴^{bcd}	۱۵/۴۴^{efg}
	Soil × DI60	۵۱۲/۰۴^{bc}	۳۵۳/۲۲^{l}	۲۷۴/۲۹^{m}	۲۱۳/۵۳^{m}	۷۱/۱۱^{a}	۱۱/۶۲^{g}	۵/۲۹^{bcd}	۱۴/۰۲^{efg}
	C30+ P70 × FI	۹۱۵/۹۰^{ab}	۱۱۴۶/۱۹^{c}	۹۷۹/۶۱^{d}	۸۷۴/۶۰^{d}	۶۳/۹۲^{a}	۲۷/۱۱^{b}	۸/۴۵^{a}	۱۹/۰۶^{a}
	C30+ P70 × DI80	۱۱۱۰/۲۲^{a}	۸۵۰/۹۱^{f}	۷۶۳/۳۴^{e}	۶۷۵/۹۳^{e}	۸۶/۶۴^{a}	۲۲/۸۹^{cd}	۵/۵۹^{bcd}	۱۷/۴۲^{bc}
	C30+ P70 × DI60	۱۱۵۹/۵۱^{a}	۷۴۲/۷۶^{g}	۶۷۲/۷۲^{g}	۵۸۶/۸۳^{g}	۹۵/۸۷^{a}	۱۵/۷۶^{f}	۳/۹۷^{d}	۱۳/۵۴^{fg}
	C40+ P60 × FI	۱۱۱۶/۹۲^{a}	۱۰۷۷/۳۷^{d}	۱۰۸۵/۴۱^{c}	۱۰۱۳/۷۸^{b}	۸۹/۸۹^{a}	۲۴/۶۰^{c}	۸/۳۷^{a}	۱۸/۷۵^{ab}
	C40+ P60 × DI80	۱۰۹۲/۴۷^{a}	۹۱۵/۹۸^{e}	۷۱۳/۵۰^{f}	۶۵۵/۳۷^{f}	۹۵/۸۵^{a}	۲۱/۳۳^{de}	۶/۴۶^{abc}	۱۶/۰۶^{cd}
	C40+ P60 × DI60	۹۴۶/۲۳^{ab}	۶۹۷/۹۸^{h}	۵۷۴/۵۹^{k}	۴۱۵/۳۵^{k}	۸۴/۰۲^{a}	۱۶/۶۷^{f}	۴/۶۷^{c}	۱۳/۲۶^{f}
	C50+ P50 × FI	۱۱۸۷/۵۹^{a}	۱۲۹۲/۹۷^{a}	۱۲۹۷/۶۱^{a}	۱۱۰۹/۳۴^{a}	۱۲۲/۸۹^{a}	۳۰/۶۵^{a}	۶/۶۵^{abc}	۱۴/۹۵^{def}
	C50+ P50 × DI80	۹۵۵/۳۴^{ab}	۱۱۸۱/۱۲^{b}	۱۱۰۲/۸۲^{b}	۹۸۸/۴۹^{c}	۸۳/۶۵^{a}	۲۶/۶۰^{b}	۵/۷۲^{bcd}	۱۳/۳۷^{f}
	C50+ P50 × DI60	۷۲۷/۳۰^{ab}	۶۸۴/۰۸^{h}	۶۵۱/۵۵^{h}	۵۱۶/۰۷^{i}	۵۷/۴۵^{a}	۲۰/۰۸^{e}	۴/۱۱^{d}	۱۱/۳۶^{h}

در هر ستون و عامل، اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد باهم ندارند. T_1، T_2، T_3 و T_4 به‌ترتیب ۲۵، ۴۵، ۶۵ و ۸۵ روز بعد از اعمال تنش آبی به تیمارها، Chl a: کلروفیل a، Chl b: کلروفیل b، Chl a+b: کلروفیل کل و Chl $_{x+c}$: کارتنوئیدها.

براساس نتایج مقایسه میانگین صورت گرفته در جدول (۳) بیشترین میزان شاخص سطح برگ در بین تیمارهای بستر کشت مربوط به تیمار ٪۵۰کوکوپیت+٪۵۰پرلیت در مرحله زمانی دوم به میزان ۱۰۵۲/۳۷ درصد و در بین تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری به میزان ۱۰۳۴/۷۷ درصد و در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری با بستر کشت ٪۵۰کوکوپیت+٪۵۰پرلیت به میزان ۱۲۹۲/۹۷ درصد اختصاص یافت. همچنین کمترین میزان شاخص سطح برگ نیز در بین تیمارهای بستر کشت مربوط به تیمار خاک به‌میزان ۳۷۱/۴۲ درصد در مرحله زمانی چهارم و در بین تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبیاری به میزان ۴۳۲/۹۵ درصد و در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبیاری با بستر کشت خاک به میزان ۲۱۳/۵۳ درصد اختصاص یافت. برگ به عنوان واحد فتوسنتز کننده و تعیین کننده میزان جذب تشعشع توسط گیاه از یک سو و تعرق و تولید ماده خشک از سوی دیگر نقش مهمی را در گیاه ایفا می‌کند. با کاهش سطح برگ، جذب دی‌اکسید کربن کاهش و ضمن کاهش فتوسنتز موجب کاهش رشد می‌گردد (Giné-Bordonaba and Terry, 2016). کاهش تقسیم سلولی در اثر افزایش میزان آبسیسیک اسید، تأمین نشدن آب کافی برای رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش سطح برگ بر اثر تنش خشکی ذکر شده است (Tesfaye *et al.*, 2006). بیشترین تغییرات سطح برگ این آزمایش، مربوط به انتهای دوره رشد بود که در آن بوته‌های تحت تنش، سطح برگ خود را زودتر کاهش دادند. به‌نظر می‌رسد بستر کوکوپیت ٪۵۰ +پرلیت٪۵۰ توانسته است با خنک نگه‌داشتن محیط ریشه و با حفظ رطوبت بیشتر نسبت به سایر بسترها از کاهش بیشتر سطح برگ گیاه توت فرنگی جلوگیری کند علاوه بر این وجود مواد آلی و مناسب بودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر مانند رطوبت، تهویه، پ‌هاش و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر، باعث ایجاد شرایط مناسب برای

جذب آب و نگه‌داری عناصر غذایی در بسترهای بدون خاک، شاخص سطح برگ را در این بسترها نسبت به بستر خاک افزایش داد (Riffat *et al*., 2011). همچنین کمبود آب نیز سبب کاهش تعداد برگ و شاخص سطح برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و پیری زودرس برگ‌ها می‌شود (Abd El-Mageeda and Semida, 2015). در طول تنش خشکی ریشه گیاه با تولید سیگنال‌های هیدرولیکی (پتانسیل آب برگ و آماس) و سیگنال‌های شیمیایی (آبسیزیک اسید) سبب بسته شدن روزنه‌ها در طی تنش می‌شود و با کاهش هدایت روزنه‌ای یا بسته شدن روزنه‌ها سبب کاهش فتوسنتز و رشد گیاه شده و از عوامل ثانویه برای کاهش شاخص سطح برگ به‌شمار می‌رود (Ghaderi et al., 2015).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۲) نشان داد اثر تیمارهای بستر کشت، آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر کلروفیل a (Chl a) و کلروفیل کل (Chl a+b) اثر معنی‌دار و بر مقدار کاراتنوئیدها (Chl_{x+c}) اثر غیر معنی‌دار داشت. همچنین اثر بستر کشت بر کلروفیل b (Chl b) غیرمعنی‌دار و اثر تیمارهای آبیاری و اثرات متقابل تیمارهای بستر کشت و آبیاری بر Chl b معنی‌دار بود.

براساس نتایج مقایسه میانگین صورت گرفته در جدول (۳) بیشترین میزان کلروفیل کل در بین تیمارهای بستر کشت مربوط به تیمار ٪۵۰کوکوپیت+٪۵۰پرلیت به میزان ۲۵/۷۸ µg/ml و در بین تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری به میزان ۲۶/۲۲ µg/ml و در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری با بستر کشت ٪۵۰کوکوپیت+٪۵۰پرلیت به میزان ۳۰/۶۰ µg/ml اختصاص یافت. همچنین کمترین میزان کلروفیل کل و کلروفیل b در بین تیمارهای بستر کشت به‌ترتیب به‌میزان ۱۸/۱۶ و ۵/۴۹ µg/ml به تیمار خاک اختصاص یافت. کمترین میزان کلروفیل کل و کلروفیل b نیز در بین تیمارهای آبیاری به‌ترتیب به‌میزان ۱۶/۰۳ و ۴/۴۴ µg/ml به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبیاری اختصاص یافت. کمترین میزان کلروفیل کل در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبیاری با بستر خاک به میزان ۱۱/۶۲ µg/ml اختصاص داشت. همچنین کمترین میزان کلروفیل b نیز در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبیاری با بستر کشت ٪۳۰کوکوپیت+٪۷۰پرلیت به میزان ۳/۹۷ µg/ml اختصاص یافت. از دلایل کاهش میزان کلروفیل b در بستر ٪۳۰کوکوپیت+٪۷۰پرلیت، قدرت زهکشی بالا و خشک شدن سریع آن نسبت به دیگر بسترها بود. کاهش غلظت کلروفیل ناشی از فعال شدن آنزیم‌های کلروفیلاز و ترکیبات فنولی در اثر افزایش رادیکال‌های آزاد می‌باشد که در شرایط تنش کم‌آبی منجر به تجزیه رنگدانه‌ی کلروفیل در گیاه می‌شود (Aghdam *et al*., 2013). به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی علاوه بر تجزیه کلروفیل در گیاهان، تشکیل کلروفیل جدید نیز با مشکل مواجه می‌شود. ضخامت برگ ممکن است با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، رقم و شرایط محیطی تغییر کند. از نتایج دیگر کاهش فعالیت برگ‌ها با نزدیک شدن به انتهای دوره رشد گیاه توت فرنگی و تأثیر تیمارهای رطوبتی بر پیری زود رس برگ‌ها، زرد شدن برگ‌ها و کاهش غلظت بیشتر کلروفیل است. کلروفیل اساس انجام فتوسنتز بوده و تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل در گیاهان می‌تواند کاهش کارایی فتوسنتز می‌انجامد (Marulanda *et al*., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این پژوهش نشان داد که بسترهای مختلف کشت و سطوح مختلف آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها بر روی میزان شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل گیاه توت فرنگی تاثیر معنی‌داری داشت. بر این اساس مناسب‌ترین بستر کشت و سطح آبیاری به‌ترتیب مربوط به بستر کشت ٪۵۰ کوکوپیت + ٪۵۰ پرلیت و سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری بود. لذا در شرایط مشابه این آزمایش کاربرد این ترکیب بستر کشت توصیه می‌گردد.

فهرست منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه. (۱۳۹۹). آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸. جلد سوم. انتشارات مرکز فناوری و اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ۱۵۶ ص.

Abd El-Mageeda, T.A., Semida, W.M. (2015). Organo mineral fertilizer can mitigate water stress for cucumber production (Cucumis sativus L.). *Agriculture Water Management*, 159, 1-10

Afsharipoor, S., Roosta, H.R. (2010). Effect of different planting beds on growth and development of strawberry in hydroponic and aquaponics cultivation systems. *Plant Ecophysiology*, 2, 61-66.

Aghdam, M.S., Dokhanieh, A.Y., Hassanpour, H., Rezapour Fard, J. (2013). Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (Cornus masL.) fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia Horticulturae*,161,160-164.

Ahmed, A., Gohnson, K. (2000). Growing Australian native edible plants using hydroponic techniques. *Acta Horticulturae*, 511, 225-232.

FAO. 2019. FAOSTAT. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Ghaderi, N., Nourmohammadi, S. Javadi, T. (2015). Morpho-physiological responses of strawberry (Fragaria ananassa) to exogenous salicylic acid application under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 167-178.

Giné-Bordonaba, J., Terry, L.A. (2016). Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (Fragaria x ananassa) fruit and leaves. *Scientia horticulturae*, 199, 63-70

Klamkowski, K., Treder, W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, *71*(4), 159-165.

Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*,11(5), 591-592

Majdi, M., Ahmadizadeh, Y., Ebrahimi, R. (2012). Effect of different substrates on growth indices and yield of green peppers at hydroponic cultivate. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 4 (4), 496-499.

Martinez-Ferri, E., Soria, C., Ariza, M.T., Medina, J.J., Miranda, L., Domíguez, P., Muriel, J. L. (2016). Water relations, growth and physiological response of seven strawberry cultivars (Fragaria× ananassa Duch.) to different water availability. *Agricultural Water Management*, 164, 73-82.

Marulanda, A., Azcón, R., Ruíz-Lozano, J.M., Aroca, R. (2008) Differential effects of a Bacillus megaterium strain on Lactuca sativa plant growth depending on the origin of the arbuscular mycorrhizal fungus coinoculated: physiologic and biochemical traits. *Journal of Plant Growth Regulation*, 27, 10-18.

Porra, R.J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis research*, 73(1-3), 149-156.

Riffat, A., Noreen, F., Misbah, R., Khalid, M.Q., Ishfaq, A.H., Khalid, S.K., Atif, K. (2011). Influence of different growth media on the fruit quality and reproductive growth parameters of strawberry (Fragaria ananassa). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(26), 6224 – 6232.

Samimi Akhijahani, H., Khodaei, J. (2011). Some physical physical properties of strawberry (Kurdistan Variety). *World Applied Sciences Journal*, 13(2), 206-212.

Tesfaye, K., Walker, S., Tsubo, M. (2006). Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European journal of Agronomy*, 25(1), 60-70.

Evaluation of leaf area index and chlorophyll content of greenhouse strawberry under different levels of irrigation in different culture media

Shamsi Rezaei[1], Hamid Zare Abyaneh[2]*, Hassan Sarikhani[3], Mehdi Jovzi[4]

1- Master Graduate, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Al Sina University, Hamedan, Iran.

2- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Al Sina University, Hamedan, Iran. * Corresponding author, Email: zare@basu.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

4- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.

Abstract

In order to investigate the effect of cultivation medium on leaf area index and chlorophyll content of strawberry plant, an experiment was carried out in the greenhouse as a factorial based on a completely randomized design with two factors of cultivation medium and irrigation levels. Irrigation treatments at three levels included complete irrigation, deficit irrigation at 80 and 60% of water requirement and four cultivation media including soil, cocopeat + perlite with volume ratios of 70 + 30, 60 + 40 and 50 + 50%. The results showed that the highest values of leaf area index and total chlorophyll in the cultivation medium treatments were 50% cocopeat + 50% perlite at 1052.37% and 25.78 µg/ml, respectively, and in irrigation treatments at 100% of the irrigation requirement was 1034.77% and 26.22 µg/ml and in the interaction of the studied factors, 100% of the irrigation requirement was allocated with 50% cocopeat + 50% perlite as 1292.97% and 30.60 µg/ml.

Keywords: Chlorophyll, Leaf area index, Soilless cultivation, Strawberry.

زیست فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف تحت تاثیر کاربرد مواد آلی، بیوچار آن‌ها و سطوح زئولیت در یک خاک آهکی پس از کشت کاسنی

حمیدرضا بوستانی[۱]، مهدی نجفی قیری[۱]، علیرضا صالحی فرد[۲]، احمد چراغله[۳]

۱-دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

۲-کارشناس گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

۳-دانشجوی کارشناسی گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

نویسنده مسئول: hr.boostani @shirazu.ac.ir

چکیده

استفاده از کودهای آلی و بیوچار آن‌ها در جهت کاهش استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار رو به گسترش است. هدف از این پژوهش بررسی اثر کاربرد دو نوع کود آلی، بیوچار آن‌ها و سطوح زئولیت بر زیست‌فراهمی برخی عناصر غذایی کم‌مصرف در یک خاک آهکی پس از کشت کاسنی بود. آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه انجام‌شد. فاکتور اول شامل کود آلی در پنج سطح (بدون کاربرد کود آلی (Cl) ، کود گاوی (GM)، کود مرغی (CM) ، بیوچار کود گاوی (GMB) و بیوچار کود مرغی (CMB) هر کدام ۲/۵ درصد وزنی) و فاکتور دوم شامل زئولیت در سه سطح (عدم کاربرد (Z_0)، ۲/۵ درصد وزنی (Z_1) و ۵ درصد وزنی (Z_2)) بود. افزایش سطوح زئولیت از Z_0 به Z_2 سبب کاهش معنی‌دار مقدار روی، آهن، مس و منگنز عصاره‌گیری شده توسط DTPA به ترتیب به میزان ۵/۱ ، ۱۹/۱، ۶/۵ و ۴/۴ درصد شد. در بین تیمارهای آلی بیشترین تاثیر در افزایش مقدار روی، مس و منگنز عصاره‌گیری شده توسط DTPA به ترتیب به میزان ۲/۶۵، ۱/۰۸، ۱/۲۰ برابر نسبت به تیمار شاهد مربوط به کاربرد تیمار CM بود. به طور کلی زغال‌های زیستی تهیه شده در این پژوهش نسبت به کودهای آلی اولیه تاثیر به مراتب کمتری در افزایش زیست‌فراهمی عناصر روی و منگنز داشتند. به نظر می‌رسد که بهترین تیمار مرکب در افزایش زیست‌فراهمی عناصر غذایی آهن، منگنز، مس و روی در خاک تیمار $CM+Z_0$ باشد.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، بیوچار، روی، آهن، کاسنی

مقدمه

عملکرد اغلب گیاهان در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل آهکی بودن، پهاش قلیایی و مقدار ماده آلی پایین، به‌واسطه کمبود عناصر غذایی دارای محدودیت است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). استفاده مداوم از کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد گیاهان علاوه بر دارا بودن هزینه زیاد و صرف انرژی، سبب آلودگی محیط زیست و تخریب خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک می‌شود، درحالی‌که افزودن کودهای آلی مانند کود حیوانی، کمپوست و غیره علاوه بر اینکه نسبتاً ارزان قیمت، دردسترس و دوستدار محیط زیست هستند، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک و در نتیجه سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند (Schnug *et al*. 1996).

سرعت تجزیه مواد آلی افزوده شده به خاک در مناطق خشک و نیمه خشک زیاد بوده، بنابراین کشاورز هر ساله ناگزیر به استفاده مقدار قابل توجهی از کودهای آلی بخصوص انواع کودهای حیوانی است. اخیراً، تبدیل کودهای آلی به بیوچارجهت کاربرد در زمین‌های کشاورزی، به عنوان یک کود آلی جایگزین و با پایداری زیاد، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. بیوچار یا زغال زیستی در واقع یک ترکیب آلی سیاه غنی از کربن است که در شرایط اکسیژن محدود از گرماکافت ضایعات آلی گیاهی یا حیوانی تولید و به عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lehmann 2009). بوستانی و همکاران (۱۳۹۶) با کاربرد کود گوسفندی، کود مرغی، بیوچار کود گوسفندی و بیوچار کود مرغی هر کدام ۲ درصد وزنی

در یک خاک آهکی تحت کشت ذرت به این نتیجه رسیدند که تأثیرکاربرد کودمرغی در افزیش غلظت روی، منگنز و مس قابل استفاده (عصاره‌گیری‌شده توسط DTPA) نسبت به سایر تیمارهای آلی بیشتر بود.

کانی زئولیت دارای عناصری نظیر پتاسیم، کلسیم، سدیم، سیلیسیم، آلومینیوم، منیزیم، آهن و فسفر است که می تواند به عنوان بهترین مکمل غذایی و کود کشاورزی محسوب شده و در بهره برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا نماید (شیرانیراد و همکاران، ۱۳۹۰). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت سبب فزایش فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی در خاک و بهبود رشد گیاه شوند (Polat *et al*. 2004).

با توجه به مطالب بالا، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر کاربرد دو نوع کود آلی، بیوچار آن‌ها و سطوح زئولیت بر زیست‌فراهمی برخی عناصر غذایی کم‌مصرف در یک خاک آهکی پس از کشت کاسنی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه کودهای آلی و تولید بیوچار

کود مرغی و کود گاوی از دامدارای‌ها و مرغداری‌های فعال در شهر زرقان (استان فارس) جمع‌آوری گردید. بیوچارهای کودهای آلی از طریق روش گرماکافت آهسته در شرایط اکسیژن محدود تهیه شد. روش‌کار به‌این‌صورت بود که کودهای آلی مورد نظر پس از هواخشک شدن آسیاب شده و در یک کوره الکتریکی در شرایط اکسیژن محدود (قرار دادن مواد اولیه به صورت کاملاً فشرده در بشر شیشه‌ای و محبوس کردن آن توسط فویل آلومینیومی دو لایه) در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت (۵ درجه سلسیوس افزایش دما در هر دقیقه) حرارت داده شدند. پس از آن، بیوچارهای تولیدی در دمای اتاق به تدریج سرد شدند و قبل از استفاده از الک ۲ میلی‌متری عبور داده‌شدند (Mendez *et al*. 2012). برخی از خصوصیات شیمیایی و تجزیه عنصری کودهای آلی و بیوچار آن‌ها توسط روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.

نمونه برداری خاک و آزمایش گلخانه‌ای

جهت انجام این پژوهش مقدار مناسبی خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری به صورت مرکب از مزارع دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب واقع در ۲۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز واقع در استان فارس برداشته شد. پس از هواخشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. کلاس بافت خاک لومی، پ‌هاش گل اشباع ۷/۸ ، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر، کربنات کلسیم معادل ۴۸/۳ درصد، مقدار ماده آلی ۱/۵ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی ۹/۵ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خاک، روی، مس، منگنز و آهن عصاره‌گیری شده توسط DTPA به ترتیب، ۰/۷، ۱/۳، ۹/۲ و ۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه انجام‌شد. فاکتور اول شامل کود آلی در پنج سطح (بدون کاربرد کود آلی (Cl) ، کود گاوی (GM)، کود مرغی (CM) ، بیوچار کود گاوی (GMB) و بیوچار کود مرغی (CMB) هر کدام ۲/۵ درصد وزنی (معادل ۴۰ تن در هکتار) و فاکتور دوم شامل زئولیت (تهیه شده از معادن سمنان) (جدول ۱) در سه سطح (عدم کاربرد (Z_0)، ۲/۵ درصد وزنی (Z_1) و ۵ درصد وزنی (Z_2) بود. در آغاز طبق طرح آزمایشی تیمارهای آلی به ۲ کیلوگرم خاک افزوده شده و به مدت ۱۵ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در حدود رطوبت مزرعه (۱۷ درصد وزنی تعیین شده توسط دستگاه صفحه فشاری) توسط آب مقطر نگهداری شده و سپس به گلدان‌های پلاستیکی انتقال داده شدند. پس از آن، کشت گیاه به تعداد ۵ بذر کاسنی (*Cichorium intybus* L.) در عمق حدود ۲ سانتی‌متری انجام‌شد. در هفته دوم رشد گیاه در هر گلدان فقط دو بوته نگهداری شد. در طول دوره رشد، رطوبت گلدان‌ها روزانه بصورت وزنی با استفاده از آب مقطر در حدود ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نگهداشته شدند. پس از ۱۰ هفته، گیاهان برداشت شدند. پس از جدا کردن ریشه از خاک، هواخشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، زیست‌فراهمی عناصر آهن، منگنز، مس و روی توسط عصاره‌گیری با محلول DTPA تعیین شد. در عصاره حاصل، غلظت عناصر مذکور به وسیله دستگاه جذب اتمی (AAS; PG 990 PG Instruments Ltd. UK) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- ترکیب عنصری زئولیت مورد استفاده (٪)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	TiO_2	Cl
70.56	8.47	0.59	3.56	2.13	0.27	0.41	0.13	0.77

پردازش اطلاعات

تجزیه‌های آماری داده‌ها، به وسیله نرم افزار MSTATC انجام و میانگین‌های مربوط به اثرهای اصلی هر یک از عامل‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

خصوصیات کودهای آلی و بیوچار آن‌ها

در اثر تبدیل کودهای آلی به بیوچار مقدار پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی به مقدار قابل توجهی افزایش یافت (جدول ۲). افزایش پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در اثر تبدیل کود آلی به زغال‌زیستی می‌تواند در اثر افزایش غلظت اکسیدهای فلزی (کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم)، افزایش مقدار خاکستر و همچنین جدا شدن مواد معدنی از بخش آلی در اثر گرماکافت باشد (Song and Guo, 2012) (جدول ۲). در بین مواد آلی مورد استفاده بیشترین پ‌هاش مربوط به بیوچار کود مرغی (۹/۳) و بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی مربوط به بیوچار کود گاوی (۱۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر) بود. به طور کلی مقدار عناصر غذایی کم مصرف در کود مرغی و بیوچار آن بیشتر از کود گاوی و بیوچار آن بود (جدول ۲). همچنین با تبدیل کودهای آلی به بیوچار غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف به‌طور قابل توجهی افزایش نشان داد (جدول ۲)، که احتمالا در نتیجه کاهش وزن بیوچار و وقوع پدیده غلظت می‌باشد.

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی کودهای آلی و بیوچار حاصل از آن‌ها

	کود گاوی (GM)	بیوچار کود گاوی (GMB)	کود مرغی (CM)	بیوچار کود مرغی (CMB)
پ‌هاش (۱:۱۰)	۷/۶	۸/۷	۶/۸	۹/۳
قابلیت‌هدایت‌الکتریکی (dSm^{-1}) (۱:۱۰)	۸/۴۰	۱۲/۶۰	۳/۱۹	۵/۰۴
آهن ($mg\ kg^{-1}$)	۸۳۱	۱۲۱۱	۱۰۷۸	۱۷۱۳
منگنز ($mg\ kg^{-1}$)	۳۵	۱۱۲	۹۶	۱۵۴
مس ($mg\ kg^{-1}$)	۱۱	۱۳/۵	۱۴	۲۳
روی ($mg\ kg^{-1}$)	۴۳	۵۶	۱۱۶	۱۴۳
نسبت کربن به نیتروژن	۲۶/۶	۴۷/۶	۱۹/۵	۳۱/۲

اثر کاربرد مواد آلی، بیوچار آن‌ها و سطوح زئولیت بر میزان عناصر کم‌مصرف عصاره‌گیری شده توسط DTPA

مقایسه میانگین اثرات اصلی کاربرد تیمارهای آلی نشان داد که کاربرد همه‌ی تیمارهای آلی سبب افزایش معنی‌دار مقدار روی عصاره‌گیری شده توسط DTPA نسبت به تیمار شاهد شد به طوری که بیشترین افزایش مربوط به تیمار CM به میزان ۲/۶۵ برابر بود (شکل ۱). به طور کلی تاثیر کودهای آلی اولیه بر افزایش زیست‌فراهمی روی نسبت به بیوچار حاصل از آن‌ها به طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۱). همچنین افزایش سطوح زئولیت از Z_0 به Z_2 سبب کاهش معنی‌دار مقدار روی

عصاره‌گیری شده توسط DTPA شد درحالی که بین تیمارهای Z_0 و Z_1 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). اثرات برهمکنش تیمارها ی مواد آلی و سطوح زئولیت بر مقدار روی عصاره‌گیری شده توسط DTPA معنی‌دار نبود.



شکل ۱. تاثیر کاربرد مواد آلی و سطوح زئولیت بر مقدار روی عصاره‌گیری شده توسط DTPA (میلی گرم بر کیلوگرم) در یک خاک آهکی پس از برداشت کاسنی

مقایسه میانگین اثرات اصلی کاربرد سطوح زئولیت نشان داد که افزایش سطوح زئولیت از Z_0 به Z_2، مقدار آهن عصاره‌گیری شده توسط DTPA را به طور معنی‌داری کاهش داد (۱۹/۱ درصد) (جدول ۳). همچنین کاربرد همه مواد آلی بجز تیمار CM سبب کاهش معنی‌دار مقدار آهن عصاره‌گیری شده توسط DTPA نسبت به تیمار شاهد شد به طوری که بیشترین کاهش مربوط به کاربرد تیمار GMB به میزان ۳۴ درصد بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که کمترین مقدار آهن عصاره‌گیری شده توسط DTPA در تیمار مرکب $GMB+Z_2$ به مقدار ۳/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد درحالی که بیشترین مقدار آهن عصاره‌گیری شده توسط DTPA در تیمار مرکب $CM+Z_0$ به میزان ۸/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات اصلی کاربرد زئولیت نشان داد که افزایش سطوح زئولیت از Z_0 به Z_2، سبب کاهش معنی‌دار مقدار مس عصاره‌گیری شده توسط DTPA شد (جدول ۳). کاربرد مواد آلی اولیه (CM و GM) سبب افزایش معنی‌دار مقدار مس عصاره‌گیری شده توسط DTPA نسبت به تیمار شاهد شدبه طوری که بیشترین افزایش مربوط به تیمار CM به میزان ۸/۸ درصد شد. این درحالی است که کاربرد زغال‌زیستی آن‌ها سبب کاهش معنی‌دار مقدار مس عصاره‌گیری شده توسط DTPA شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که کمترین مقدار مس عصاره‌گیری شده توسط DTPA در تیمار مرکب $GMB+Z_2$ به میزان ۱/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد درحالی که بیشترین مقدار مس عصاره‌گیری شده توسط DTPA در تیمار مرکب $CM+Z_0$ به میزان ۲/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۳)

افزایش سطوح زئولیت از Z_0 به Z_2، سبب کاهش معنی‌دار مقدار منگنز عصاره‌گیری شده توسط DTPA شد (۴/۴ درصد) (جدول ۳). از طرفی کاربرد همه‌ی تیمارهای آلی سبب افزایش معنی‌دار مقدار منگنز عصاره‌گیری شده توسط DTPA نسبت به تیمار شاهد شد به طوری که بیشترین مقدار افزایش مربوط به تیمار CM به میزان ۲۰/۱ درصد شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار منگنز عصاره‌گیری شده توسط DTPA در تیمار مرکب $CM+Z_0$ به میزان ۱۹/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳-اثر کاربرد مواد آلی، بیوچار آن‌ها و سطوح زئولیت بر مقدار عناصر کم‌مصرف (میلی گرم بر کیلوگرم) عصاره‌گیری شده توسط DTPA در یک خاک آهکی پس از کشت کاسنی

	CL	CM	CMB	GM	GMB	
			آهن			
Z_0	۷/۲۶ b	۸/۰۹ a	۷/۰۱ bc	۸/۳۳ a	۵/۰۹ e	**۷/۱۶ A**
Z_1	۶/۲۳ d	۶/۴۲ d	۶/۵۴ cd	۵/۳۲ e	۴/۹۵ e	**۵/۸۹ B**
Z_2	۷/۰۱ bc	۶/۷۵ b-d	۶/۷۵ b-d	۴/۹۵ e	۳/۴۷ f	**۵/۷۸ B**
	۶/۸۴ AB	**۷/۰۹ A**	**۶/۷۶ B**	**۶/۲۰ C**	**۴/۵۰ D**	
			مس			
Z_0	۱/۸۶ c	۲/۰۵ a	۱/۶۰ e	۲/۰۷ a	۱/۵۹ e	**۱/۸۴ A**
Z_1	۱/۸۳ cd	۲/۰۴ a	۱/۵۶ ef	۱/۸۷ c	۱/۵۱ fg	**۱/۷۶ B**
Z_2	۱/۸۶ c	۱/۹۵ b	۱/۵۰ g	۱/۷۹ d	۱/۴۹ g	**۱/۷۲ B**
	۱/۸۵ C	**۲/۰۱ A**	**۱/۵۵ D**	**۱/۹۱ B**	**۱/۵۳ D**	
			منگنز			
Z_0	۱۵/۲ e	۱۹/۴ a	۱۷/۲ b-d	۱۷/۵ bc	۱۷/۵ bc	**۱۷/۴ A**
Z_1	۱۵/۲ e	۱۷/۷ b	۱۶/۴ d	۱۷/۱ b-d	۱۶/۷ cd	**۱۶/۶ B**
Z_2	۱۵/۰ e	۱۷/۵ bc	۱۷/۱ b-d	۱۶/۸ b-d	۱۶/۶ d	**۱۶/۶ B**
	۱۵/۱ C	**۱۸/۲ A**	**۱۶/۹ B**	**۱۷/۱ B**	**۱۶/۹ B**	

اعداد دارای حروف بزرگ یا کوچک مشترک در هر ردیف یا ستون از نظر آماری در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

افزایش سطوح زئولیت در خاک سبب کاهش زیست‌فراهمی آهن، منگنز، مس و روی در خاک شد . به طور کلی زغال‌های زیستی تهیه شده در این پژوهش نسبت به کودهای آلی اولیه تاثیر به مراتب کمتری در افزایش زیست‌فراهمی عناصر روی و منگنز داشتند. همچنین کاربرد زغال‌های زیستی سبب کاهش زیست‌فراهمی عناصر مس و آهن در خاک شد. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که بهترین تیمار مرکب در افزایش زیست‌فراهمی عناصر غذایی آهن، منگنز، مس و روی در خاک تیمار $CM+Z_0$ باشد. پیشنهاد می‌شود که نتایج این پژوهش در شرایط مزرعه نیز مورد آزمایش و تایید قرار گیرد.

فهرست منابع

بوستانی، ح.ر.، نجفی قیری، م. و صالحی‌فرد، ع. (۱۳۹۶). فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف تحت تأثیرکاربرد بیوچار و قارچ میکوریز آربوسکولار در یک خاک آهکی پس از کشت ذرت. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۶ تا ۸ شهریور ۹۶، اصفهان، ایران.

شیرانیراد، ا.، طاهرخانی، ح.ت.، مرادی اقدم، ا.، نظری گلشن، ا. و اسکندری، ک. (۱۳۹۰). تأثیر مقادیر نیتروژن و زئولیت بر صفات زراعی گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی .اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳(۲). ۱۲۵-۱۳۵.

ملکوتی، م.ج. و همایی، م. (۱۳۸۳). حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه‌حل‌ها. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

Lehmann, J. Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: an introduction. P1-12, In: Lehmann J., and S. Joseph (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London.

Mendez, A., Gomez, A., Paz-Ferreeiro, J. Gasco, G. (2012). Effects of sewage sludge biochar on plant metal availability after application to a Mediterranean soil. *Chemosphere*, 89, 1354-1359.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. Naci Onus, A. (2004). Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *J. Fruit Ornam. Plant Res*. 12, 183-189.

Schnug, E., Oswald, P., Haneklaus, S. (1996). Organic manure management and efficiency: Role of organic fertilizers and their management practices. P259-265, In: Rodriguez-Barrueco, C (Eds), Fertilizers and environment. Kluwer Academic Publishers.

Song, W., Guo M. (2012). Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 94, 138-145.

Bioavailability of some micronutrients as affected by organic materials, their biochars and zeolite levels in a calcareous soil after chicory plant (*Cichorium intybus* L.) cultivation

Hamid Reza Boostani[1], Mahdi Najafi-Ghiri[1], Alireza Salehifard[2], Ahmad Cheraghleh[3]

1-Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University.

2- Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University.

3- Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University.

Corresponding Author: hr.boostani @shirazu.ac.ir

Abstract

The application of organic fertilizers and their biochars to reduce the use of chemical fertilizers in sustainable agriculture is increasing. The goal of this study was to evaluate the effect of two kinds of organic manure, their biochars and zeolite levels application on the bioavailability of some micronutrients in a calcareous soil after chicory plant (*Cichorium intybus* L.) cultivation. An experiment as a completely randomized design was performed with three replications under greenhouse conditions. The first factor consisted of organic fertilizer at 5 levels (without application (Cl), cow manure (GM), chicken manure (CM), cow manure biochar (GMB) and chicken manure biochar (CMB) each at 2.5 %(w/w)) and the second factor was zeolite levels (0 (Z_0), 2.5% (Z_1) and 5% ($Z_{2)}$ (w/w)). The increase of zeolite levels from Z_0 to Z_2, caused a significant decrease in the content of zinc, iron, copper and manganese extracted by DTPA by 5.1, 19.1, 6.5 and 4.4%, respectively. Among the organic treatments, the application of CM had the best effect on increasing the concentration of zinc, copper and manganese extracted by DTPA by 2.65, 1.08 and 1.20 fold, respectively. In general, the biochars prepared in this study had a much lower effect on increasing the bioavailability of zinc and manganese than primary organic fertilizers. It seems that the best combined treatment to increase the bioavailability of iron, manganese, copper and zinc in soil is CM + Z0.

Keywords: Zeolite, biochar, Zinc, Iron, chicory.

ویژگی‌های بیوچارهای تولیدشده از برگ گردو در دماهای بالاتر گرماکافت

پروین کبیری[۱]، حمیدرضا متقیان[۲]، علیرضا حسین‌پور[۳]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، kabirihonor@gmail.com

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، motaghian.h@yahoo.com

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، alirezahosseinpur1347@gmail.com

چکیده

هنگام احتراق یا سوختن ترکیبات آلی، کربن‌های حاصل با اکسیژن موجود در هوا ترکیب شده و مقادیر زیادی CO_2 وارد اتمسفر می‌کنند. مطالعات گزارش کرده‌اند که انتشار اکسید نیتروژن (N_2O) و متان باعث ایجاد گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌شود. یک استراتژی مفید، استفاده از بیوچار در زمین‌های کشاورزی است. بیوچار کربن تثبیت‌شده‌ای است که می‌تواند مقدار زیادی گازهای گلخانه‌ای را برای مدت‌زمان طولانی (قرن‌ها) ذخیره کند و بنابراین مقدار گازهای گلخانه-ای اتمسفر را تنظیم کند. بیوچار می‌تواند میزان انتشار اکسید نیتروژن (N_2O) و متان را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. از آنجا که دمای تهیه بیوچار، تأثیر زیادی بر خصوصیات بیوچار و توان ترسیب کربن دارد، هدف این تحقیق، بررسی ویژگی‌های بیوچارهای تولیدشده از برگ گردو در دماهای مختلف (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس) و تعیین دمای بهینه گرماکافت برای تولید بیوچار می‌باشد.

واژگان کلیدی: برگ گردو، بیوچار، دماهای گرماکافت، طیف‌سنجی مادون قرمز.

مقدمه

واژه بیوچار توسط لهمان و همکاران (۲۰۰۶) مطرح شد (Lehman et al., 2006) و پس از آن، محققین بسیاری تأثیر آن را بر خصوصیات مختلف خاک مورد توجه قرار دادند. بیوچار یک نوع ترکیب آلیِ حاوی کربن است که عمدتاً از بقایای ارزان‌قیمت تحت شرایط کمبود اکسیژن تولید و پتانسیل بالایی در کشاورزی و کاربردهای محیط‌زیستی دارد (Yin et al., 2019). بیوچار، ترکیب آلی حاصل از تجزیه گرمایی زیست‌توده غنی از کربن و تحت شرایط محدودیتِ اکسیژن، دارای رنگی تیره با منافذ ریز فراوان است که می‌تواند به عنوانِ یک جاذب سطحی عمل نموده و نقش مهمی در پاک‌سازیِ آلودگی از محیط همراه با نشان‌دادن تأثیرات مهم دیگری همانند کاهش تغییرات آب و هوایی و افزایش حاصل‌خیزی خاک داشته باشد (Sohi, 2012). تأثیر بیوچار بر حاصل‌خیزی خاک به اثر آهکی آن در خاک‌های اسیدی، تغییر در مقدار یا قابلیت استفاده عناصر غذایی، بهبود ساختمان (Liu et al., 2013) و خصوصیات بیولوژیکی (Lehman et al., 2011) نسبت داده می‌شود. در این تحقیق، تغییرات ویژگی‌های بیوچار تولیدشده از برگ گردو در طی فرآیند گرماکافت در دماهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه بیوچار

برای تهیه بیوچارها، برگ ریخته‌شده پای درخت گردو در پایان فصل تابستان و از باغ‌های شهر سامان استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری و پس از شستشو با آب مقطر، به‌مدت یک هفته متوالی هواخشک شد. پس از آسیاب‌نمودن از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شد.

برای تهیه بیوچارها، ظروف استوانه‌ای فلزی درپوش‌دار مخصوص گرماکافت با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۲/۵۴ سانتی‌متر از بقایای عبوریافته از الک ۱ میلی‌متری پر شد. به منظور برقراری فشار محدود اکسیژن پیرامون بقایای داخل ظروف، چند سوراخ روی دیواره‌های خارجی ظروف تعبیه گردید. سپس درپوش ظروف محکم بسته شده و درکوره الکتریکی که در دماهای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس تنظیم شده بود، به‌مدت ۲ ساعت قرار داده شد. پس از سپری‌شدن این مدت، بیوچارها از کوره خارج و در دسیکاتور قرار داده شد تا عمل سردشدن بیوچارها صورت پذیرد. پس از سردشدن، بیوچارهای تهیه‌شده تا زمان مصرف نگهداری شدند (Song and Guo., 2012).

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچارها

برای تعیین درصد رطوبت وزنی بیوچارها، ۱ گرم از نمونه‌ها وزن و در کروزه به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد. در ادامه، نمونه آون‌خشک شده سرد و وزن آن اندازه‌گیری شد.

به‌منظور اندازه‌گیری درصد ترکیبات فرار، نمونه‌های حاصل از مرحله قبل (کروزه‌ها با درب) به‌مدت ۱۱ دقیقه در دمای ۹۵۰ درجه سلسیوس در کوره حرارت داده شد. پس از سپری‌شدن این مدت، نمونه‌ها را از کوره خارج نموده، پس از سردشدن کروزه‌ها با قرار گرفتن در دسیکاتور، وزن اندازه‌گیری و مقدار ترکیبات فرار آنها محاسبه شد.

درصد خاکستر بیوچارها، با قرار دادن کروزه‌های مرحله قبل (بدون درب) به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۷۵۰ درجه سلسیوس در کوره تعیین شد. به طوریکه پس از گذشت مدت موردنظر، کروزه‌ها از کوره خارج شده و با کاهش دمای آنها به دمای اتاق، با ترازو وزن و درصد کربن تثبیت‌شده با استفاده از معادله (۱) به دست آمد (Ronsse., et al., 2013).

$$\%M_{fc}=\frac{(M_{dry}-M_{vm}-M_{ash})}{M_{dry}-M_{ash}}\times 100 \quad (۱)$$

$\%M_{fc}$ = درصد کربن تثبیت‌شده

M_{dry} = وزن آون‌خشک نمونه

M_{vm} = وزن ترکیبات فرار

M_{ash} = وزن خاکستر

عملکرد بیوچارها با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد (Song and Guo., 2012).

$$\text{عملکرد بیوچارها (٪)} = \frac{\text{وزن بیوچار}}{\text{وزن آون‌خشک ماده خام}}\times ۱۰۰ \quad (۲)$$

ویژگی‌هایی نظیر pH و قابلیت هدایت الکتریکی بقایا و بیوچارها در عصاره یک به ده بقایا و یا بیوچار به آب تعیین شد. ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در pH برابر با ۷ (Sumner and Miller., 1996)، مقادیر کل سرب و روی و سایر فلزات سنگین با استفاده از اسید نیتریک ۴ مولار (Sposito et al., 1982)، عناصر غذایی با روش خاکسترسازی تر (حسین‌پور و متقیان، ۱۳۹۶) تعیین شد. نوع گروه‌های عاملی با استفاده از روش طیف‌سنج مادون قرمز (Fourier-transform infrared reflection spectroscopy; FT-IR)، سطح ویژه با روش BET (Brunauer–Emmett–Teller; BET) (Brunauer et al., 1938)، کربن، نیتروژن، گوگرد، اکسیژن و هیدرژن با دستگاه آنالیزگر CHNSO (Uchimiya et al., 2011) تعیین شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول ۱، pH و EC اصلاح‌کننده‌ها به‌ترتیب در دامنه ۴/۸ تا ۱۰/۴ و ۳/۱۱ تا ۸/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. بر اساس نتایج قبلی بسته به نوع بقایای گیاهی و دمای گرماکافت، بیوچارها دارای pH ۸ تا ۱۲ هستند (Lehmann., 2007). Chan and Xu (2009) نیز pH بیوچار تهیه‌شده از برخی بقایای گیاهی را در دامنه ۶/۲ تا ۹/۶ گزارش کردند.

نتایج جدول ۱ نشان داد که با افزایش دما غلظت عناصر در بیوچار افزایش یافت. Joseph *et al*. (2011) نتیجه گرفتند که وجود مقادیر زیاد عناصر به‌ویژه K^+ در خاکستر بیوچار موجب افزایش هدایت الکتریکی بیوچار شد. Yuan and Xu (2011) با تبدیل انواع بقایای گیاهی به بیوچار بیان کردند که همه بیوچارهای تولیدی pH قلیایی داشتند و بیوچار حاصل از بقایای سویا بیشترین مقدار pH را داشت. آنها دلیل تفاوت pH بیوچارها را در تفاوت مقدار کاتیون‌های بازی آنها بیان کردند. Cantrell *et al*. (2012) بیان کردند که علت افزایش EC با بالا رفتن دمای تهیه بیوچار، افزایش مقدار خاکستر بیوچار در اثر تبخیر مواد فرار و افزایش غلظت عناصر باقیمانده در خاکستر بیوچار بود. بنابراین پژوهشگران در مطالعات متعددی علت افزایش pH بیوچارها با افزایش دما را به آزادشدن عناصر در طی فرایند گرماکافت نسبت دادند (Ahmad et al., 2012; Al-Wabel al., 2014 ,.et al.,2013; Claoston et). در مطالعه Kumar et al. (2018) بیوچار کود حیوانی (۶۲۸ گرم بر کیلوگرم) عناصر معدنی خیلی بیشتری نسبت به بیوچار سبوس (۲۶۶ گرم بر کیلوگرم) داشت، بنابراین pH و EC (pH=۱۰/۳ و EC=۷۹۱۰µmho/cm) بیوچار کود حیوانی از بیوچار سبوس (pH=۸/۳ و EC=۷۶۴ µmho/cm) بیشتر بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اصلاح‌کننده‌ها *

ویژگی	اصلاح‌کننده			
	برگ گردو	بیوچار-۲۰۰	بیوچار-۴۰۰	بیوچار-۶۰۰
pH	۴/۸	۵/۲	۹/۳	۱۰/۴
EC ($dS\ m^{-1}$)	۳/۱۱	۴/۴۲	۵/۶۳	۸/۰۶
CEC ($cmol_+\ kg^{-1}$)	۳۰/۵	۲۸/۵	۲۲/۹	۱۹/۹
سطح ویژه (مترمربع بر گرم)	۲/۲	۳/۳	۴/۰	۹/۲
کربن آلی (درصد)	۴۵/۰	۴۹/۲	۴۸/۰	۵۴/۶
نیتروژن (درصد)	۱/۲۳	۱/۴۶	۱/۲۶	۱/۴۸
هیدروژن (درصد)	۹/۰۳	۵/۰۴	۵/۵۳	۳/۳۰
اکسیژن (درصد)	۲۱/۱۷	۲۰/۰۵	۱۶/۹۹	۱۱/۶۱
روی کل ($mg\ kg^{-1}$)	۱۴/۴	۱۶/۶	۲۳/۰	۴۲/۸
سرب کل ($mg\ kg^{-1}$)	۴/۲	۴/۷	۹/۸	۱۱/۴
آهن کل ($mg\ kg^{-1}$)	۴۴۷	۵۰۰	۹۸۲	۱۲۶۰
منگنز کل ($mg\ kg^{-1}$)	۹۶/۰	۱۱۱	۲۱۰	۲۵۰
مس کل ($mg\ kg^{-1}$)	۴/۲	۴/۷	۸/۰	۱۱/۴
پتاسیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	۶۰۱۴	۶۷۶۶	۱۲۸۰۹	۱۶۸۰۰
فسفر کل ($mg\ kg^{-1}$)	۳۸۰	۴۱۹	۸۳۳	۱۰۹۲
سدیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	۵۳۶	۵۹۳	۱۱۶۵	۱۵۱۰
کلسیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	۱۱۰۰۰	۱۲۰۰۰	۲۲۳۰۰	۳۲۳۰۰
منیزیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	۲۸۰۰	۳۶۰۰	۵۸۰۰	۷۹۰۰
ترکیبات فرار (درصد)	۸۶/۰	۸۳/۰	۶۵/۵	۴۹/۳
کربن تثبیت‌شده (درصد)	۳/۳	۵/۶	۱۷/۶	۳۴/۹
مقدار خاکستر (درصد)	۱۱/۷	۱۲/۱	۲۱/۷	۲۹/۶

عملکرد (درصد)	-	۸۹/۱	۴۷/۰	۳۵/۷

*** اصلاح‌کننده: pH و EC در نسبت ۱ به ۱۰ اصلاح‌کننده به آب.**

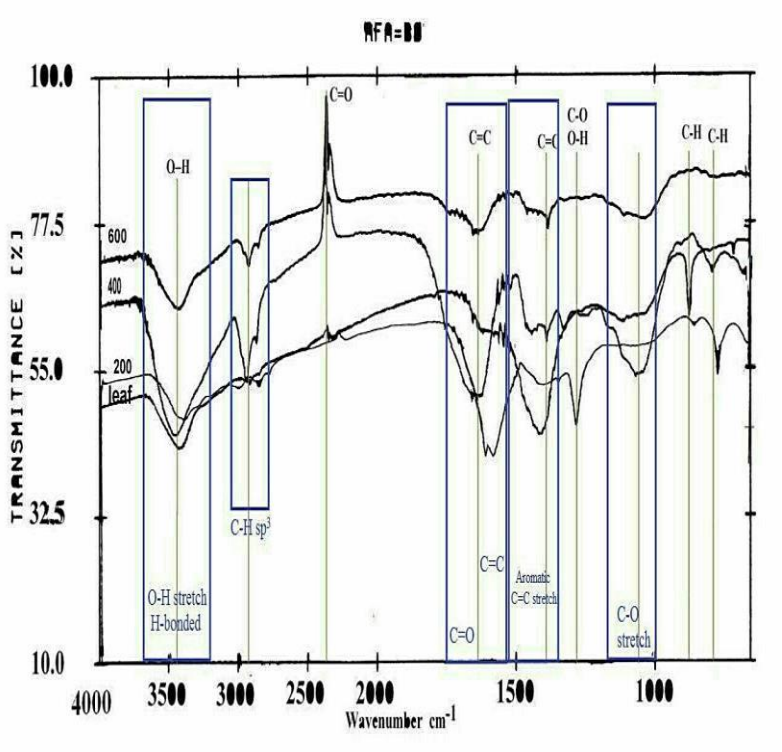
طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه بیوچارها

طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (Fourier-transform infrared; FT-IR) روشی ساده، کم‌هزینه و قابل‌دسترس، جهت تشخیص گونه‌های مولکولی (خصوصاً گونه‌های آلی) از طریق شناسایی گروه‌های عامل آنهاست (Uchimiya, 2014). کاربردهای تجزیه‌ای مبتنی بر روش مادون قرمز، بر پایه جذب یا بازتابش امواج الکترومغناطیسی در ناحیه طیف مادون قرمز می‌باشد. این روش یکی از مهمترین و متداول‌ترین تکنیک‌های طیف‌سنجی جهت شناسایی و اندازه‌گیری گونه‌های مولکولی مختلف است. طیف‌های مادون قرمز اطلاعات زیادی درباره ساختار ترکیب‌های آنالیزشده در اختیار قرار می‌دهند. به عبارت دیگر، این نوع طیف‌سنجی می‌تواند گروه‌های عامل مختلف موجود روی ترکیبات مولکولی را شناسایی و در نتیجه ساختار احتمالی ترکیبات را نشان می‌دهد (Uchimiya et al., 2013).

در مطالعه حاضر گروه‌های عامل موجود در برگ‌گردو و بیوچارهای تهیه‌شده از آن در دماهای مختلف (شکل ۱) مشخص شد. در این نمودارها طیف $2800\text{-}2950 cm^{-1}$ مربوط به C-H گروه‌های عامل آلیفاتیکی است. با افزایش دمای تولید بیوچار کربن نوع آلیفاتیکی کاهش می‌یابند. به گونه‌ای که با افزایش دما از ۴۰۰ به ۶۰۰ درجه سلسیوس، گروه عامل C-H کاهش یافت. طیف $3000\text{-}3700 cm^{-1}$ مربوط به O-H است که با افزایش دمای تولید بیوچار این گروه عامل نیز کاهش می‌یابد. این گروه عامل در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس نسبت به دماهای دیگر کمترین مقدار را داشت. گروه عامل O-H که جزء عناصر تشکیل‌دهنده آب است، در برگ مشاهده می‌شود و با افزایش دمای تولید بیوچار و طی فرایند آبکافت، مقدار آن کاهش می‌یابد و در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس به کمترین مقدار خود می‌رسد. با افزایش دمای تولید بیوچار، به تدریج گونه‌های آروماتیکی (کربن آروماتیکی) ظاهر می‌شوند. بر همین اساس طیف گروه‌های عامل آروماتیکی C=C در محدوده‌های (۱۲۸۰-۱۲۷۰) و (۱۷۵۰-۱۳۰۰) در دماهای بالاتر تولید بیوچار شدت می‌گیرد. به این صورت که گروه عامل C=C با طول موج (۱۷۵۰-۱۶۰۰) در برگ‌گردو مشاهده نمی‌شود. در بیوچار تهیه‌شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس این پیک شدت می‌گیرد و در بیوچار تولیدشده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس شدت پیک افزایش می‌یابد. در بیوچار تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس شدت پیک‌ها کاهش می‌یابند، اما هنوز وجود دارند، زیرا بر اساس اظهارات Bourke et al. (2007) هنگامی‌که دمای تولید بیوچار با توجه به نوع ماده خام مورد استفاده از حدی افزایش پیدا می‌کند، شدت پیوند گروه‌های عامل O-H و گروه‌های آروماتیکی شروع به ناپدیدشدن می‌کنند. در شکل ۱ نیز گروه عامل O-H ($1300 cm^{-1}$) در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس ناپدید شد. بنابراین با توجه به کاهش گروه‌های عامل O-H در دماهای بالاتر تهیه بیوچار و وجود گروه‌های عامل C=C در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس می‌توان گفت که محدوده دمای ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس، دمای مناسبی جهت تولید بیوچار می‌باشد. زیرا در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس گروه‌های عامل وجود دارند، اما شدت آنها کاهش می‌یابد.

Mosa et al. (2017) با بررسی گروه‌های عامل بیوچار تهیه‌شده از ساقه پنبه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت دریافتند که این بیوچار دارای عدد موج $3395/9 cm^{-1}$ مربوط به گروه‌های هیدروکسیل و آمین، $2925/7 cm^{-1}$ نمایانگر گروه عامل C-H، $1713/4 cm^{-1}$ نشان‌دهنده گروه‌های عامل کربونیل و کربوکسیل، $1406/6 cm^{-1}$ مربوط به حلقه‌های آروماتیکی C=C و $1021/9 cm^{-1}$ بیانگر C-O گروه‌های الکلی می‌باشد. Liu and Uchimiya (2015) با بررسی گروه‌های عامل بیوچار تهیه‌شده از پوست بادام در دماهای ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۵۰ و ۸۰۰ درجه سلسیوس مشاهده کردند که با افزایش دمای گرماکافت، در ساختار و ترکیب شیمیایی بیوچار تغییراتی ایجاد می‌گردد که با چشم به سختی مشاهده می-

شوند و این تغییرات را با روش FTIR به راحتی می‌توان تشخیص داد. از این روش در مشاهدات قبلی نیز استفاده شده است (Uchimiya, 2014). با افزایش دمای گرماکافت از ۳۵۰ تا ۵۰۰ درجه سلسیوس برخی پیک‌ها مانند cm^{-1} ۳۲۸۰ (O-H گروه‌های هیدروکسیل)، cm^{-1} ۲۹۲۰ و cm^{-1} ۲۸۴۸ (C-H گروه‌های آلیفاتیکی)، cm^{-1} ۱۷۳۰ (C=O گروه‌های کربوکسیل) و cm^{-1} ۱۰۲۶ (C-O موجود در سلولز، همی‌سلولز و لیگنین) شروع به کاهش می‌کنند. در طول این زمان پیک‌هایی مانند cm^{-1} ۷۰۰ و cm^{-1} ۸۳۲ (C-H تغییر شکل‌یافته آروماتیکی)، cm^{-1} ۱۶۰۰ (C=C های آروماتیکی و C=O های کتونی و کینونی) و cm^{-1} ۱۴۰۰ (C-C حلقه‌های آروماتیکی) به‌تدریج افزایش می‌یابند. در دماهای بالاتر از ۶۵۰ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس، گروه‌های آروماتیکی از بین رفته تا به غالب‌شدن کربن گرافیتی برسند (Bourke et al., 2007).



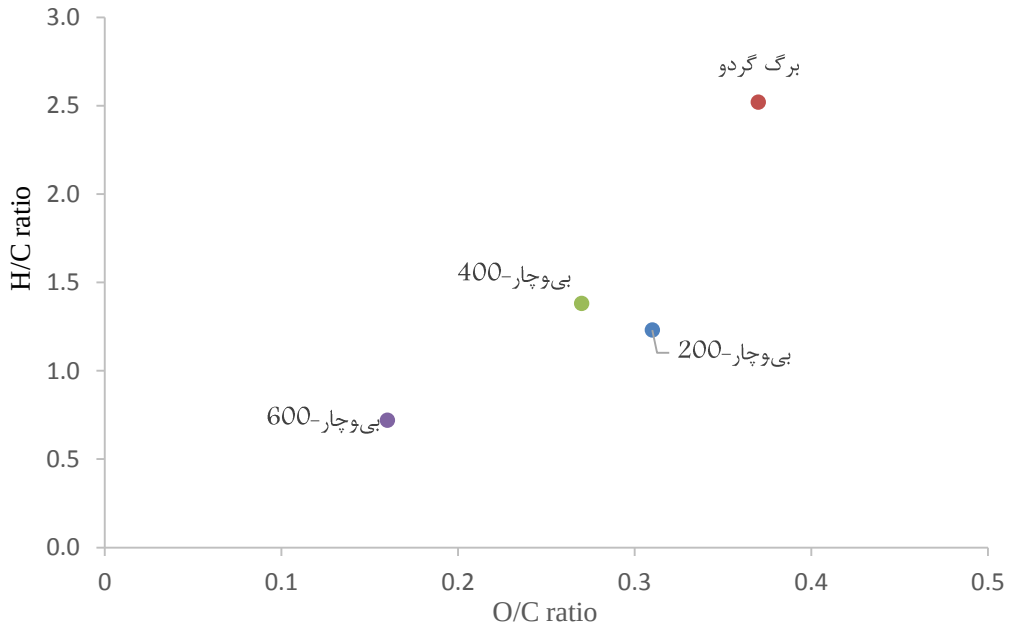
شکل ۱- طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه برگ‌گردو و بیوچارهای تهیه‌شده از آن

برخی ویژگی‌های برگ گردو و بیوچارهای تهیه شده از آن در دماهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. درصد اکسیژن در برگ گردو و بیوچار تهیه‌شده در دماهای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوسر وند نزولی داشت. درصد هیدروژن و نسبت H/C در برگ گردو بیشترین مقدار و در بیوچار تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس کمترین مقدار را داشت. درصد کربن و درصد نیتروژن در برگ گردو کمترین مقدار و در بیوچار تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس بیشترین مقدار را داشت. نسبت O/C نیز از برگ گردو تا بیوچار تهیه شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس روند نزولی داشت. در طول فرایند گرماکافت لیگنین، سلولز، همی‌سلولز، چربی و نشاسته توده گیاهی شکسته و به ترکیبات روغنی نسبتاً جامد و گازهایی همانند منواکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن، متان و هیدروژن تبدیل می‌شود (Suliman et al., 2016). علاوه بر این حذف انتخابی عناصر مختلف (کربن، هیدروژن و اکسیژن) به گازها و دیگر ترکیبات فرار باعث تغییر نسبت‌های O/C و H/C می‌شوند (Brewer et al., 2012). نسبت‌های O/C و H/C بیوچار با خاصیت آروماتیکی، تجزیه زیستی و قطبیت که

خصوصیات بسیار مطلوب برای حذف آلودگی‌ها هستند، رابطه مستقیم دارد (Crombie et al., 2013). برای مثال، نسبت های O/C و H/C در بیوچار تهیه‌شده در دمای بالا کمتر از بیوچار تهیه‌شده در دمای پایین است که نشان‌دهنده افزایش تدریجی خاصیت آروماتیکی و آبگریزی و کاهش قطبیت بیوچار با افزایش دماست (Fryda and Visser; 2015). نمودار وان کرولن (Van Krevelen) (شکل ۲) برای تشخیص حذف انتخابی عناصر در طول واکنش‌های هیدراسیون و کربنی‌شدن بیوچارهای مشتق‌شده از بقایای گیاهی مختلف با مقایسه نسبت‌های اتمی O/C و H/C به طور گسترده استفاده می‌شود. در طول فرایند گرماکافت، نسبت‌های O/C و H/C به خاطر حذف اتم‌های H و O کاهش می‌یابد (Oliveira et al., 2017). و به دنبال آن افزایش خاصیت آروماتیکی و مقدار کربن بیوچار، پتانسیل پایداری بیوچار را افزایش می‌دهد (Windeatt et al., 2014).

جدول ۴-۲- آنالیز برخی عناصر برگ‌گردو و بیوچارهای تهیه‌شده از آن در دماهای مختلف

اصلاح‌کننده	دمای گرماکافت (^{0}C)	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	S	O/C	H/C
برگ گردو		۴۳/۰۵	۹/۰۳	۱/۲۳	۲۱/۱۷	-	۰/۳۷	۲/۵۲
بیوچار	۲۰۰	۴۹/۱۵	۵/۰۴	۱/۴۶	۲۰/۰۵	۱/۸۳	۰/۳۱	۱/۲۳
	۴۰۰	۴۷/۹۸	۵/۵۳	۱/۲۶	۱۶/۹۹		۰/۲۷	۱/۳۸
	۶۰۰	۵۴/۶۳	۳/۳۰	۱/۴۸	۱۱/۶۱		۰/۱۶	۰/۷۲



شکل ۲- نمودار وان کرولن برگ‌گردو و بیوچارهای تهیه‌شده از آن در دماهای مختلف

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاهش CEC، گروه‌های عامل هیدروکسیل، کربن‌های آلیفاتیکی و نسبت‌های O/C و H/C در دماهای بالاتر تهیه بیوچار و همچنین افزایش pH، EC، سطح ویژه، عناصر غذایی، کربن‌های آروماتیکی در

دامنه دمای ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس نشان داد که دامنه دمایی ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس، محدوده مناسبی جهت تولید بیوچار می‌باشد.

منابع

۱. حسین‌پور، علیرضا، و متقیان حمیدرضا (۱۳۹۶). آزمون خاک (مطالعات همبستگی، واسنجی و توصیه‌کودی). دانشگاه شهرکرد. ۳۸۶ صفحه.

2. Ahmad, M., Lee, S. S., Dou, X., Mohan, D., Sung, J. K., Yang, J. E., & Ok, Y. S. (2012). Effects of pyrolysis temperature on soybean stover-and peanut shell-derived biochar properties and TCE adsorption in water. *Bioresource technology*, *118*, 536-544.
3. Al-Wabel, M. I., Al-Omran, A., El-Naggar, A. H., Nadeem, M., & Usman, A. R. (2013). Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes. *Bioresource technology*, *131*, 374-379.
4. Bourke, J., Manley-Harris, M., Fushimi, C., Dowaki, K., Nunoura, T., & Antal, M. J. (2007). Do all carbonized charcoals have the same chemical structure? 2. A model of the chemical structure of carbonized charcoal. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *46*(18), 5954-5967.
5. Brewer, C. E., Hu, Y. Y., Schmidt- Rohr, K., Loynachan, T. E., Laird, D. A., & Brown, R. C. (2012). Extent of pyrolysis impacts on fast pyrolysis biochar properties. *Journal of environmental quality*, *41*(4), 1115-1122.
6. Brunauer, S., Emmett, P. H., & Teller, E. (1938). Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American chemical society*, *60*(2), 309-319.
7. Cantrell, K. B., Hunt, P. G., Uchimiya, M., Novak, J. M., & Ro, K. S. (2012). Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource technology*, *107*, 419-428.
8. Chan K,Y., & Xu, Z. (2009). Biochar for environmental management science and technology. In: Lehmann J. Joseph S. (Eds). Biochar: Nutrient Properties and their Enhancement. Earthscan, London. pp. 67-84.
9. Claoston, N., Samsuri, A. W., Ahmad Husni, M. H., & Mohd Amran, M. S. (2014). Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochars. *Waste Management & Research*, *32*(4), 331-339.
10. Crombie, K., Mašek, O., Sohi, S. P., Brownsort, P., & Cross, A. (2013). The effect of pyrolysis conditions on biochar stability as determined by three methods. *Gcb Bioenergy*, *5*(2), 122-131.
11. Fryda, L., & Visser, R. (2015). Biochar for soil improvement: evaluation of biochar from gasification and slow pyrolysis. *Agriculture*, *5*(4), 1076-1115.
12. Joseph, S. D., Downie, A., Munroe, P., Crosky, A., & Lehmann, J. (2007). Biochar for carbon sequestration, reduction of greenhouse gas emissions and enhancement of soil fertility; a review of the materials science. In *Proceedings of the Australian combustion symposium*, pp. 130-133.
13. Kumar, A., Tsechansky, L., Lew, B., Raveh, E., Frenkel, O., & Graber, E. R. (2018). Biochar alleviates phytotoxicity in Ficus elastica grown in Zn-contaminated soil. *Science of the Total Environment*, *618*, 188-198.
14. Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature*, *447*(7141), 143-144.
15. Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems–a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, *11*(2), 403-427.
16. Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota–a review. *Soil biology and biochemistry*, *43*(9), 1812-1836.
17. Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., ... & Paz-Ferreiro, J. (2013). Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. *Plant and soil*, *373*(1), 583-594.
18. Liu, Y., He, Z., & Uchimiya, M. (2015). Comparison of biochar formation from various agricultural by-products using FTIR spectroscopy. *Modern Applied Science*, *9*(4), 246-253.
19. Mosa, A. A., El-Ghamry, A., Al-Zahrani, H., Selim, E. M., & El-Khateeb, A. (2017). Chemically modified biochar derived from cotton stalks: characterization and assessing its potential for heavy metals removal from wastewater. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, *1*, 33-45.
20. Oliveira, F. R., Patel, A. K., Jaisi, D. P., Adhikari, S., Lu, H., & Khanal, S. K. (2017). Environmental application of biochar: Current status and perspectives. *Bioresource technology*, *246*, 110-122.

21. Ronsse, F., Van Hecke, S., Dickinson, D., & Prins, W. (2013). Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *Gcb Bioenergy*, *5*(2), 104-115.
22. Sohi, S. P. (2012). Carbon storage with benefits. *Science*, *338*(6110), 1034-1035.
23. Song, W., & Guo, M. (2012). Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, *94*, 138-145.
24. Sposito, G., Lund, L. J., & Chang, A. C. (1982). Trace metal chemistry in arid- zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal*, *46*(2), 260-264.
25. Suliman, W., Harsh, J. B., Abu-Lail, N. I., Fortuna, A. M., Dallmeyer, I., & Garcia-Perez, M. (2016). Influence of feedstock source and pyrolysis temperature on biochar bulk and surface properties. *Biomass and Bioenergy*, *84*, 37-48.
26. Sumner, M. E., & Miller, W. P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: Sparks D.L. (ed.) *Methods of Soil Analysis. SSSA. Madison. pp. 1201-1230.*
27. Uchimiya M. 2014. Changes in nutrient content and availability during the slow pyrolysis of animal wastes. In: He Z. and Zhang H. (Eds). *Applied Manure and Nutrient Chemistry for Sustainable Agriculture and Environment Springer*. Amsterdam. Netherlands pp. 53-68.
28. Uchimiya, M., Chang, S., & Klasson, K. T. (2011). Screening biochars for heavy metal retention in soil: role of oxygen functional groups. *Journal of Hazardous Materials*, *190*(1-3), 432-441.
29. Uchimiya, M., Ohno, T., & He, Z. (2013). Pyrolysis temperature-dependent release of dissolved organic carbon from plant, manure, and biorefinery wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *104*, 84-94.
30. Windeatt, J. H., Ross, A. B., Williams, P. T., Forster, P. M., Nahil, M. A., & Singh, S. (2014). Characteristics of biochars from crop residues: potential for carbon sequestration and soil amendment. *Journal of environmental management*, *146*, 189-197.
31. Yin, R., Guo, W., Wang, H., Du, J., Wu, Q., Chang, J. S., & Ren, N. (2019). Singlet oxygen-dominated peroxydisulfate activation by sludge-derived biochar for sulfamethoxazole degradation through a nonradical oxidation pathway: Performance and mechanism. *Chemical Engineering Journal*, *357*, 589-599.
32. Yuan, J. H., & Xu, R. K. (2011). The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic Ultisol. *Soil use and management*, *27*(1), 110-115.

Characterization of biochars from Walnut leaves produced at higher pyrolytic temperatures

P. Kabiri- H.R. Motaghian- A.R. Hosseinpur

Soil Science Dept., Faculty of Agriculture, Shahr-e-Kord University, Shahr-e-Kord, I. R. of Iran

Abstract

During combustion or burning, carbons from organic compounds combine with oxygens in the air and form large quantities of CO_2. Several studies have reported that nitrogen oxide (N_2O) and methane emissions generate greenhouse phenomena and air pollutions. One important strategy is to use biochar in agricultural fields. Biochar presents a stable way of carbon that can store large amounts of greenhouse gases for a long period of time (centuries) and therefore regulate the amount of greenhouse gases in the atmosphere. Biochar can significantly reduce nitrogen oxide (N_2O) and methane emissions. Since the production temperature of biochar has a great effect on the characteristics of biochar and carbon sequestration, the aim of this study was to identify the characteristics of biochar produced at different temperatures (200, 400 and 600 °C) from Walnut leaves and determine the optimum temperature for biochar production.

Keywords: Walnut leaves, biochar, pyrolytic temperatures, infrared spectroscopy.

اثر بیوچار ورمی‌کمپوست بر قابلیت استفاده روی در یک خاک آهکی تیمارشده با سولفات روی

فاطمه محمدی ناوچی نژاد [۱]، علیرضا حسین‌پور [۲]، حمیدرضا متقیان [۳]

۱- کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد: mohammadi1373@yahoo.com

۲ و ۳- به ترتیب استاد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

برای جبران کمبود روی در خاک‌های آهکی از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود. روی حاصل از این کودها به سرعت غیرقابل استفاده می‌شود. در همین راستا کودهای آلی می‌توانند با تأثیر بر اجزاء روی باعث بهبود قابلیت استفاده این عنصر در خاک‌ها گردند. بیوچار حاصل گرماکافت ترکیبات آلی است که می‌تواند مدت زیادی در خاک باقی بماند. اما نحوه تأثیر بیوچارها بر قابلیت استفاده روی در خاک‌های تیمارشده با کود سولفات روی جهت مدیریت صحیح این کودها و کاربرد اصلاح‌کننده‌ها کمتر بررسی شده است. هدف این تحقیق بررسی اثر بیوچار ورمی‌کمپوست بر قابلیت استفاده روی در طی زمان انکوباسیون در خاک آهکی تیمارشده با کود سولفات روی بود. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل فاکتور اول بیوچار ورمی‌کمپوست (دو سطح ۰ و ۱ درصد بیوچار) و فاکتور دوم روی (سه سطح ۰، ۲، ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات روی) با ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌های خاک تیمارشده در دمای ۱± ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۷ درصد به‌مدت ۱۲۰ روز خوابانده شدند. در شروع آزمایش، ۶۰ و ۱۲۰ روز پس از خواباندن نمونه‌ای از هر تیمار برای تعیین قابلیت استفاده روی با روش DTPA-TEA برداشته شد. نتایج نشان داد که در اثر کاربرد بیوچار میانگین روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). اثر بیوچار بر روی قابل استفاده در خاک‌های کود روی داده شده به زمان بستگی نداشت. با گذشت زمان روی قابل استفاده در حضور کود شیمیایی کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). نتایج این تحقیق نشان داد که در اثر کاربرد بیوچار قابلیت استفاده روی افزایش یافت. بنابراین، کاربرد توأم کود شیمیایی روی با بیوچار کودهای آلی سبب افزایش روی قابل استفاده خاک می‌گردد.

واژه های کلیدی: انکوباسیون، قابلیت استفاده، ورمی‌کمپوست،

مقدمه

روی یکی از عناصر کم‌نیاز مورد نیاز گیاه است و برای دسترسی به عملکرد بهینه با کیفیت مطلوب بایستی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار گیرد (ریحانی تبار و همکاران، ۱۳۸۵). یکی از روش‌های رایج در برطرف کردن کمبود عنصر روی برای گیاه استفاده از کودهای شیمیایی است. استفاده از کودهای شیمیایی مشکلاتی به همراه دارد که از مهمترین آنها می‌توان به درصد پایین عناصر کم‌نیاز در این کودها، هزینه به نسبت بالا و کارایی زراعی کم با درجه ناخالصی بالا اشاره نمود (حجتی و همکاران، ۱۳۸۵). از دیگر روش‌های برطرف کردن کمبود روی در خاک، کاربرد کودهای آلی می‌باشد. در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا و از جمله ایران، کمبود ماده آلی خاک، کمبود منابع آلی و ناپایداری آن‌ها در خاک، از مهمترین چالش‌های مطرح در ضعف حاصلخیزی خاک و رشد و عملکرد نامناسب گیاه، محسوب می‌شود

(Lehmann *et al*., 2006). بر همین اساس، در برخی مطالعات اثر مثبت اصلاح‌کننده‌های آلی (لجن فاضلاب، کود دامی و کمپوست پسماند شهری) به همراه کودهای شیمیایی بر بهبود کیفیت گیاهان کشت شده در خاک‌های آهکی اشاره شده است (نجفی و همکاران، ۱۳۹۸). برای بهبود حاصلخیزی خاک‌ها با استفاده از منابع آلی موجود، پایدار کردن مواد آلی از طریق تبدیل آن‌ها به بیوچار که از ماندگاری حداقل ۵۰ تا ۱۰۰ ساله در خاک برخوردار است، می‌تواند به عنوان یک راهبرد اساسی پیشنهاد شود (Lehmann and Stephen, 2009). نتایج تحقیقات نشان داده است که با کاربرد کودهای آلی و شیمیایی به‌صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود و در کاربرد تلفیقی کودهای آلی با کودهای شیمیایی، کود آلی نه تنها عناصر غذایی را به کندی آزاد می‌کند بلکه از تلفات کودهای شیمیایی به واسطهٔ پیوند عناصر غذایی و آزاد کردن تدریجی آنها جلوگیری می‌کند (Asghar *et al*., 2006).

طبق بررسی‌های انجام‌شده تاکنون در پژوهش‌های اندکی به اثر بیوچار بر قابلیت استفاده روی در خاک‌های آهکی پرداخته شده است و در بیشتر مطالعات بر خاک‌های آلوده تمرکز شده است. بنابراین در این تحقیق به بررسی اثر بیوچار تهیه شده از ورمی‌کمپوست بر قابلیت استفاده روی در طی ۱۲۰ روز انکوباسیون پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

این تحقیق در یک نمونه خاک آهکی دارای کمبود روی (کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم) (Malakouti, 2003) برداشته شده از اراضی دانشگاه شهرکرد انجام شد. نمونه جمع‌آوری‌شده هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. ویژگی‌های خاک شامل بافت به روش هیدرومتر (Gee and Bauder, 1986)، pH در سوسپانسیون ۲ به ۱ آب به خاک (Thomas, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۲ به ۱ آب به خاک (Rhoades, 1996)، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sommers,1996)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید هیدروکلریک و تیتراسیون اسید باقیمانده با هیدروکسید سدیم (Leoppert and Suarez, 1996)، ظرفیت تبادل کاتیونی با استات سدیم در pH برابر ۷ (Sumner and Miller, 1996)، روی قابل استفاده با DTPA-TEA (Lindsay and Norvell, 1978) و روی کل در خاک با استفاده از هضم با اسید نیتریک ۴ مولار (Sposito *et al*., 1982) تعیین شد (جدول ۱).

تهیه بیوچار

بیوچار از ورمی‌کمپوست کود گاوی در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۲ ساعت حرارت‌دهی) تهیه و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برخی ویژگی‌های کود شامل pH (Thomas, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی (Rhoades, 1996) در عصاره ۵ به ۱ آب به کود، کربن آلی (Nelson and Sommers,1996)، روی قابل استفاده با DTPA-TEA (Lindsay and Norvell, 1978) و روی کل با استفاده از هضم با اسید نیتریک ۴ مولار (Sposito *et al*., 1982) تعیین شد. برخی ویژگی‌های خاک و بیوچار مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و بیوچار

ویژگی‌ها	واحد	خاک	بیوچار
pH		۸	۹
قابلیت هدایت الکتریکی	$dS\ m^{-1}$	۰/۱۸	۳/۶
گنجایش تبادل کاتیونی	$Cmol\ kg^{-1}$	۱۵/۸۲	-
کربن آلی	%	۰/۳۳	۲۸
شن	%	۱۶	-
سیلت	%	۳۶	-
رس	%	۵۰	-

بافت		رسی	-
کربنات کلسیم معادل	%	۳۴	-
روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA	$mg\ kg^{-1}$	۰/۳۷	۱۱
روی کل	$mg\ kg^{-1}$	۴۸	۱۳۳

تیمارها و انکوباسیون خاک

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل، شامل فاکتور اول بیوچار در دو سطح (۰ و ۱ درصد بیوچار) و فاکتور دوم روی در سه سطح (۰، ۲ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات روی) با سه تکرار انجام گرفت. نمونه‌های خاک تیمارشده به‌مدت ۴ ماه در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد خوابانده شد. برای حفظ رطوبت خاک در حد ۱۷ درصد در طول دوره خوابانیدن، نمونه‌ها وزن و به مقدار مورد نیاز آب مقطر به نمونه‌ها اضافه شد. در شروع آزمایش، ۶۰ و ۱۲۰ روز پس از خواباندن، نمونه‌ای از هر تیمار برای آزمایش‌های تعیین قابلیت استفاده و جزءبندی برداشت شد.

تعیین قابلیت استفاده و جزءبندی روی

قابلیت استفاده روی با روش عصاره‌گیری DTPA-TEA (Lindsay and Norvell, 1978) در شروع آزمایش، ۶۰ و ۱۲۰ روز پس از خوابانیدن تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی فرضیات تجزیه واریانس شامل همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن باقیمانده‌ها اثر عوامل تغییرات (بیوچار، کود شیمیایی و زمان) بر روی قابل استفاده با استفاده از تجزیه واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (repeated measure ANOVA) و مدل جامع خطی (GLM) بررسی شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

$$\mathrm{Eta}^2 = \frac{\text{مجموع مربعات عامل}}{\text{مجموع مربعات خطا} + \text{میانگین مربعات عامل}}$$

نتایج و بحث

روی قابل استفاده

نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی عصاره‌گیری شده با استفاده از DTPA-TEA در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثرات بیوچار، کود شیمیایی و زمان و همچنین اثرات متقابل بیوچار و کود شیمیایی، زمان و کود شیمیایی بر مقدار روی عصاره‌گیری شده با روش DTPA-TEA در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد کود شیمیایی روی بیشترین تأثیر را بر روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA داشت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقادیر روی عصاره‌گیری شده با استفاده از DTPA-TEA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات
بیوچار (B)	۱	۱/۴۲(۰/۹۷)**
کودشیمیایی(F)	۲	۲۳/۲۶(۰/۹۹)**
B×F	۲	۰/۰۵(۰/۷۰)**

خطا	۱۲	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات(%)		۴
زمان (T)	۲	۷/۵۴(۰/۹۸)**
T×B	۲	۰/۰۰۱(۰/۰۰)ns
T×F	۴	۴/۱۸(۰/۹۸)**
T×F×B	۴	۰/۰۱(۰/۱۰)ns
خطا	۲۴	۰/۰۲
ضریب تغییرات(%)		۱۰

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار؛ اعداد داخل پرانتز Eta^2 است.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، اثر متقابل بیوچار و کود شیمیایی، روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA در خاک‌های شاهد و تیمارشده با بیوچار در اثر کاربرد مقادیر مختلف روی افزایش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$). روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA در اثر کاربرد بیوچار در خاک‌های تیمارشده با ۰، ۲ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، به ترتیب ۷۴، ۳۸ و ۱۵ درصد افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) (جدول ۳).

جدول ۳- اثر کاربرد روی و بیوچار بر روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

بیوچار (درصد)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
	۰	۲	۵
۰	۰/۳۷(۰/۰۱)Cb	۱/۰۵(۰/۱۴)Bb	۲/۴۴(۰/۴۴)Ab
۱	۰/۴۷(۰/۰۴)Ca	۱/۴۵(۰/۱۳)Ba	۲/۸۱(۰/۴۶)Aa

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد (SE) هستند.

حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در هر ردیف و حروف کوچک نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و کود شیمیایی نشان داد که در همه زمان‌ها در اثر کاربرد مقادیر مختلف روی از منبع کود شیمیایی، روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA افزایش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$). در سطح ۰، ۲ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA در ۶۰ و ۱۲۰ روز پس از انکوباسیون تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). در خاک شاهد، روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA ۶۰ و ۱۲۰ روز پس از انکوباسیون به ترتیب ۴۳ و ۵۳ درصد نسبت به ابتدای آزمایش افزایش یافت. در سطح ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA پس از ۶۰ و ۱۲۰ روز انکوباسیون به ترتیب ۴۱ و ۴۸ درصد و در سطح ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی به ترتیب ۵۹ و ۶۲ درصد نسبت به ابتدای آزمایش کاهش یافت (جدول ۴). زلفی باوریانی (Zolfi-Bavariani *et al.*, 2016) و خان‌محمدی و همکاران (Khanmohammadi *et al.*, 2017) گزارش کردند که افزودن کودهای آلی به خاک، منجر به افزایش معنی‌دار روی قابل استفاده گردید. در برخی تحقیقات بیان شده است که با گذشت زمان قابلیت استفاده روی کاهش می‌یابد (Zolfi-Bavariani *et al.*, 2016، Ma and Uren, 2006، Jalali and Khanlari, 2008). افزایش مقدار روی قابل جذب خاک در اثر کاربرد کودهای آلی، علاوه بر وجود این عنصر در کودهای آلی به تجزیه مواد آلی کودها، تشکیل اسیدهای آلی و گاز دی‌اکسیدکربن که سبب افزایش اسید کربنیک خاک و در نهایت با کاهش pH خاک می‌تواند بر قابلیت جذب روی اثر بگذارد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۰). با اضافه شدن روی به خاک، روی اضافه شده جذب و به آرامی به داخل منافذ ریز خاک منتشر می‌شود، در نتیجه قابلیت استفاده روی با گذشت زمان کاهش می‌یابد (Ma and Uren, 2006). همچنین با توجه به ساختار سخت بیوچار در خاک و افزایش مقاومت آن به تجزیه انتظار می‌رود کمپلکس‌های ایجاد شده روی با بیوچار پایدارتر و درنتیجه قابلیت استفاده روی کاهش یابد (Namgay *et al.*, 2010).

جدول ۴- اثر کاربرد روی و زمان انکوباسیون بر روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	زمان		
	۱ ساعت	۶۰روز	۱۲۰ روز
۰	۰/۲۸(۰/۰۳)Bc	۰/۴۰(۰/۰۵)Ac	۰/۴۳(۰/۰۶)Ac
۲	۱/۷۸(۰/۰۹)Ab	۱/۰۴(۰/۱۰)Bb	۰/۹۲(۰/۱۰)Bb
۵	۴/۴۲(۰/۱۴)Aa	۱/۷۹(۰/۰۸)Ba	۱/۶۶(۰/۰۹)Ba

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد (SE) هستند. حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در هر ردیف و حروف کوچک نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

نتیجه‌گیری کلی

با وجود مزیت‌های فراوان ورمی‌کمپوست اما برای افزایش ماندگاری آن در خاک‌ها و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای بیوچار آن تهیه شد. نتایج نشان داد با گذشت زمان روی قابل استفاده در حضور کود شیمیایی کاهش یافت. در اثر کاربرد بیوچار میانگین روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA به صورت معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). اثر بیوچار بر روی قابل استفاده به زمان وابسته نبود. نتایج این تحقیق نشان داد که در اثر کاربرد بیوچار اجزاء روی در خاک تیمارشده با سولفات روی تغییر کرده و قابلیت استفاده آن افزایش یافت. بنابراین کاربرد توأم کود روی با بیوچار ورمی‌کمپوست می‌تواند سبب افزایش روی خاک گردد.

منابع

۱. حجتی، س، نوربخش، ف. خاورزی، ک. (۱۳۸۵). تأثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیومس میکروبی خاک، فعالیت آنزیمی و عملکرد گیاه ذرت. . جلد ۱، ۹۲-۸۴.

۲. ریحانی‌تبار، ع، کریمیان، ن. معزاردلان، م. ثواقبی، غ. قنادها، م. (۱۳۸۵). توزیع شکل‌های مختلف روی و ارتباط آن‌ها با ویژگی های خاک در برخی خاک های آهکی استان تهران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۰، ۱۳۵-۱۲۵.

۳. شریفی، م، افیونی، م. خوشگفتارمنش، ا.ح. (۱۳۹۰). اثر کاربرد لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی. بر قابلیت جذب آهن و روی در خاک و جذب آن‌ها توسط ذرت، یونجه و گل جعفری در شرایط گلخانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک). جلد ۱۵، ۱۵۳-۱۴۱.

۴. نجفی، ن، احمدی نژاد، ر. علی اصغر زاد، ن. اوستان، ش. (۱۳۹۸). اثر تلفیق اوره با کود دامی و دو نوع کمپوست (لجن فاضلاب و پسماند شهری) بر عملکرد دانه, برگ و ساقه گندم و غلظت نیتروژن, فسفر و پتاسیم آن ها. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۳۳، ۶۳-۸۱.

5. Asghar, H.N., Ishaq, M., Zahir, Z.A., Khalid, M., and Arshad, M. 2006. Response of radish to integrated use of nitrogen fertilizer and recycled organic waste. Pakistan Journal of Botany 38(3): 691-700.
6. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-412, In: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogy methods. American Society of Agronomy. Madison. WI.
7. Jalali, M., and Khanlari, Z.V. 2008. Effect of aging proesses on fractionation of heavy metals in some calcareous soil of Iran. Geoderma. 143: 26-40.
8. Khanmohammadi, Z., Afyuni M., and Mosaddeghi, M.R. 2017. Effect of sewage sludge and its biochar on chemical properties of two calcareous soils and maize shoot yield. Arch. Agron. Soil Sci. 63: 198-212.
9. Lehmann, J., and Stephen, J. 2009. Biochar for Environmental Management Science and Technology. London. Sterling, VA. 976 p.
10. Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems a review, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11: 403–427.
11. Leoppert, R.H., and D.L. Suarez. I996. Carbonate and gypsum. P 437-447, In: Sparks, D.L. (ed.), Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison, WI.

12. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
13. Ma, Y.B., and Uren, N.C. 2006. Effect of aging on the availability of zinc added to a calcareous clay soil. J. Nutr. Cycling Agro. 76: 11-18.
14. Malakouti, M. J. 2003. The role of zinc in plant growth and enhancing animal and human health. Regional Expert Consultation in Plant, Animal and Human Nutrition: Interaction and Impact. Damascus. Syria.
15. Namgay, T. B., Singh, B. and Singh B. P. 2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.). Soil Res. 48: 638-647.
16. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Carbon, organic carbon, and organic matter. P 961-1010, In: Sparks D.L. (ed), Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison, WI.
17. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. P 417-435, In: Sparks D.L. (ed), Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison, WI.
18. Sposito, G., Lund, L.J., and Chang, A. 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge. I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 260-264.
19. Sumner, M.E., and Miller, P.M. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficient. P 1201-1230, In: Sparks D.L. (ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison, WI.
20. Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks D.L. (ed.), P 475-490, Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison, WI.
21. Zolfi-Bavariani, M., Ronaghi, A., Ghasemi-Fasaei, R., and Yasrebi, J. 2016. Influence of poultry manure–derived biochars on nutrients bioavailability and chemical properties of a calcareous soil. Arch. Agron. Soil Sci. 62: 1578-1591.

.

Effects of Vermicompost -derived Biochar on Availability

of Zn in a Calcareous Soil treated with Zinc Sulfate

F. Mohammadi Navchinejad[1]- A. R. Hosseinpur[2] - H. R. Motaghian[3]

1- M.Sc. of Soil Science and Engineering of Agriculture Faculty, Shahrekord University, Iran: Email: mohammadi1373@yahoo.com

2 and 3- Professor and Associate Professor of Soil Science and Engineering of Agriculture Faculty, Shahrekord University, Iran, respectively.

Abstract

Zinc (Zn) fertilizers are used in calcareous soils because deficiency of Zn. These fertilizes transformed from available to unavailable. Organic fertilizers can improve availability of zinc (Zn) by effect on its fractionation. Biochar is stable organic fertilizer. However, their effect on availability of Zn in soils treated with Zn chemical fertilizers has been less studied. The aim of this research was to investigate effect of vermicompost-derived biochar on availability of Zn in a calcareous soil during the time. This study as a factorial experiment in completely randomized design including the biochar (at two levels 0 and 1% w/w) and the Zn (at three levels 0, 2 and 5 mg kg^{-1} as $ZnSO_4$) was performed with three replications. All treated soils were incubated for 120 days at 22 ± 1 ^{0}C and constant moisture (17 %). Zinc availability (DTPA-TEA) were determined at the beginning of experiment, 60, and 120 days after incubation. Results showed that mean of Zn extracted by DTPA-TEA after biochar application increased significant ($p<0.05$). The effect of biochar on availability of Zn in soils wasnot related to time. Overtime, Zn extracted by DTPA-TEA decreased at presence of Zn ($p<0.05$). The results of this study showed that availability of Zn in the soil treated with Zn after biochar application modified and increased. Therefore, the application of Zn fertilizer with biochar in calcareous soils can be increase Zn extracted by DTPA-TEA (available Zn).

Keywords: Availability, Vermicompost, Incubation.

تحلیل مقایسه ای روند مصرف کود های شیمیایی در ایران و برخی دیگر از کشور های خاورمینه و شمال آفریقا

کامیار امیرحسینی[1]، زهرا حقانی[2] و بابک متشرع زاده[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت حاصلخیزی و زیست فناوری خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. (amirhosseini.k@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت حاصلخیزی و زیست فناوری خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۳- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

چکیده

کودهای شیمیایی نقشی موثر، بین ۳۳ تا ۶۶ درصد، در تولیدات کشاورزی و تامین امنیت غذایی در سراسر دنیا ایفا می کنند. در این تحقیق، داده های مربوط به روند مصرف سه دهه از کودها، در کشور های ایران، عراق و عربستان سعودی (خاورمیانه) و نیز مراکش، الجزایر و مصر (شمال آفریقا)، استخراج و مقایسه شده است. میانگین مصرف سالانه عناصر غذایی در کشور های ایران، الجزایر، عراق، عربستان، مراکش و مصر، برای عنصر نیتروژن، به ترتیب، برابر با ۸۰۲، ۵۰، ۱۸۴/۵، ۱۹۹، ۲۰۶ و ۱۰۷۲ هزار تن، برای فسفر (P_2O_5)، به ترتیب، برابر با ۳۳۶/۵، ۳۸، ۷۳، ۱۲۵، ۱۴۲ و ۱۷۰ هزار تن و برای پتاسیم (K_2O) نیز، به ترتیب، برابر با ۶۶/۵، ۲۴/۵، ۲/۸، ۱۵/۶، ۶۰/۵ و ۴۷ هزار تن، گزارش شده است. نسبت عناصر غذایی $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ در کشور های ایران، الجزایر، عراق، عربستان سعودی، مراکش و مصر، در سال ۲۰۱۸، به ترتیب برابر با ۶-۱۷-۱۰۰، ۳۸-۸۳-۱۰۰، ۳-۳۶-۱۰۰، ۶-۵۴-۱۰۰، ۶۱-۶۳-۱۰۰ و ۶-۲۰-۱۰۰، محاسبه شد. این ارقام، با نسبت های استاندارد در کشور های توسعه یافته (۳۰-۴۰-۱۰۰) و در حال توسعه (۳۴-۳۷-۱۰۰)، فاصله داشته است. میانگین سی ساله سرانه تولید ناخالص داخلی در کشور های نامبرده، به ترتیب، برابر با ۱۱۵۳۸، ۹۸۹۵، ۷۸۹۳، ۴۴۵۰۶، ۵۴۱۷ و ۸۶۱۶ دلار بود. با کاهش سرانه سطح زیر کشت در منطقه و بروز بحرانهایی همچون تغییر اقلیم و تشدید کمبود آب، نتایج ارایه شده در این تحقیق، بر کاربرد متعادل و بهینه نهاده های کودی برای حفظ منابع آب و خاک در کشور، تاکید دارد.

واژگان کلیدی: امنیت غذایی، کود دهی بهینه، کشاورزی پایدار، مدیریت تلفیقی عناصر غذایی، نسبت عناصر غذایی

مقدمه

مطالعه الگوی مصرف کود های شیمیایی در کشور های مختلف، از طریق فراهم آوری اطلاعات و داده های پایه به منظور تصمیم گیری در رابطه با تولیدات کودی و ارزیابی اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف آنها (Motesharezadeh *et al*., 2017a)، نقشی کلیدی را در بهبود سامانه های کودی، ایفا می کند. بر اساس دورنمای کشاورزی برای سال های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۷، که به شکلی مشترک توسط سازمان های خواربار و کشاورزی ملل متحد[1] و همکاری و توسعه اقتصادی[2] در سال ۲۰۱۸ به انتشار رسید، از خاورمیانه به عنوان منطقه ای دشوار برای کشاورزی یاد شد. بر اساس این گزارش، سطح زیر کشت در دو سوم کشور های منطقه کمتر از ۵ درصد از سطح کل اراضی است، این منطقه به عنوان یکی از اصلی ترین نواحی تحت تنش آبی در دنیا شناخته می شود، فرسایش آبی و بادی به همراه مدیریت ناپایدار زراعی موجب کاهش قدرت باروری خاک تا ۳۵ درصد شده و جامعه کشاورزی نیز به

1- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
2- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

علت توزیع نابرابر اراضی، در معرض ریسک های وارده به خرده مالکان قرار گرفته است (OECD-FAO, 2018). در تشابه با روند جهانی افزایش جمعیت، جمعیت خاورمیانه و شمال آفریقا نیز رو به افزایش است. در این رابطه، افزایش جمعیت منطقه از ۳۴۱ میلیون نفر در سال ۲۰۱۵ به ۵۷۱ میلیون نفر در سال ۲۰۵۰ با نرخ رشد ۶۷/۴ درصد پیش بینی شده است (United Nations, 2013). از سوی دیگر، در مقایسه با سایر قسمت های دنیا، این ناحیه در معرض بیشترین اثرات منفی گرمایش جهانی و تغییر اقلیم قرار دارد (Waha *et al*., 2017). مجموعه عوامل پیش گفته، امنیت و سلامت غذایی منطقه را به شدت تهدید می کند.

توسعه سطح زیر کشت در خاورمیانه از طریق تاثیرگذاری شرایط طبیعی محدود شده و افزایش آن از نظر اکولوژیکی و اقتصادی، چندان قابل توجیه نمی باشد (Woertz, 2017). بنابراین، استفاده بهینه از کود های شیمیایی به منظور افزایش توان تولید در واحد سطح، در تامین نیاز غذایی افراد و دستیابی به امنیت غذایی، از اهمیتی کلیدی برخوردار است. در حدود پنجاه سال گذشته، کاربرد کود های شیمیایی باعث افزایش بیش از ۵۵ درصد تولیدات کشاورزی و به ویژه غلات، در کشور های در حال توسعه شده است (FAO, 2006; Bashour *et al*.,2006). از سوی دیگر، استفاده نادرست و بی وریه از کود های شیمیایی در مقیاس جهانی، با اثرات نامطلوب زیست محیطی همراه بوده است (Tilman *et al*., 2001). مهم ترین نگرانی ها در رابطه با مصرف نامتوازن کود های شیمیایی، شامل انتشار گاز های آمونیاک و نیتروز اکسید، آلودگی نیتراتی آب های زیر زمینی، غنی سازی[۳] محیط های آبی در اثر تجمع عنصر غذایی فسفر و نیز ناخالصی های فلزات سنگین در منابع کودی مرسوم می باشد (FAO, 2006).

در مقاله حاضر، روند مصرف کود های شیمیایی در کشور های ایران، الجزایر، عراق، عربستان، مراکش و مصر، در یک بازه سی ساله از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸، مورد مقایسه و بحث قرار گرفته است. در اینجا، سعی بر آن است تا با مشخص کردن الگوی استفاده از نهاده های کودی، نحوه تولیدات کشاورزی و وضعیت امنیت غذایی منطقه، مورد تحلیل قرار گیرد و داده های مستندی برای استفاده پژوهشگران در زمینه های تولیدات کودی، سنجش اثرات زیست محیطی کود ها و نیز تنظیم برنامه های کودی با رعایت اصول نظارت مسئولانه عناصر غذایی[۴]، فراهم آورده شود.

مواد و روش‌ها

بررسی روند تغییرات استفاده از کود های شیمیایی در ایران و کشور هایی مانند عراق، عربستان سعودی، الجزایر، مراکش و نیز مصر، با شفاف سازی قصور احتمالی یا نقاط ضعف، در بهینه سازی برنامه های کودی در دستیابی به اهداف مدیریت تلفیقی عناصر غذایی[۵]، مفید واقع خواهد شد. انتخاب کشور های فوق، بر مبنای تقسیمات منطقه ای درگاه سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد پیرامون کشور های منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا[۶]، با در نظر گرفتن نقش تاثیر گذار و توسعه آنها در بخش کشاورزی صورت گرفته است. در خصوص کشور عراق، صادرات و واردات محصولات کشاورزی بین کشور های ایران و عراق، عامل تعیین کننده در انتخاب این کشور بود. با توجه به اهمیت شناخته شده سیاست جغرافیایی[۷] منطقه (Kahana and Suwaed, 2009)، این چنین مطالعات، علاوه بر امور داخلی و ملی، در مسائل بین المللی نیز حایز اهمیت است. به منظور مطالعه وضعیت مصرف کود ها در کشور های مورد بحث، داده های آماری مربوط به آنها مورد تفسیر قرار گرفت. داده های پایه مورد نیاز، از جمله، میزان مصرف سالانه کود های شیمیایی بر حسب عناصر غذایی مختلف، آمار های گزارش شده در رابطه با سطح زیر کشت و نیز نرخ رشد جمعیت سالانه مربوط به هر کشور در سه دهه گذشته (۱۹۸۹-۲۰۱۸)، از پایگاه داده سازمان خواربار و کشاورزی (FAO)[۸] استخراج شد. لازم به ذکر است، در برخی موارد که آمار های ارایه شده توسط پایگاه داده سازمان FAO، در خصوص برخی از کشور ها و در خصوص بعضی از سال ها کامل نبود، و یا غیر رسمی بودن آمار های موجود در توضیحات مربوط به داده ها ذکر شده

3- Eutrophication
4- Principles of nutrient stewardship
5- Integrated Nutrient Management (INM)
6- Middle East and North Africa (MENA) region
7- Geopolitical
8- FAOSTAT: http://www.fao.org/faostat/en/#home

بود، از پایگاه داده انجمن بین المللی کود[9]، به منظور تکمیل داده ها استفاده بعمل آمده است. با توجه به تاثیر موقعیت اقتصادی بر وضعیت امنیت غذایی در کشور ها، آمار های مربوط به سرانه تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید)[10]، از پایگاه داده بانک جهانی برای بازه سی ساله از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، استخراج و تفسیر شد. به علت قابلیت بالاتر سرانه تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید) در مقایسه استاندارد زندگی بین کشور های متفاوت (Boyle, 2021)، از این معیار پولی بجای تولید ناخالص داخلی اسمی[11]، استفاده شد. پس از انتقال داده ها به فضای نرم افزار Excel، نسبت به محاسبه شاخص هایی همچون (۱) نسبت عناصر غذایی مصرف شده به یکدیگر ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$)، (۲) مقدار کل عناصر غذایی مصرف شده در هر واحد از سطح اراضی تحت کشت، (۳) میزان سرانه سطح زیر کشت و نیز (۴) میانگین تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید)، اقدام شد. چنین معیار هایی، برخی از مهم ترین شاخص های مربوط به ارزیابی امنیت غذایی و بررسی مصرف کود های شیمیایی را تشکیل می دهند(Motesharezadeh and Aledavood, 2006). در پایان، اطلاعات و نسبت های بدست آمده در شش کشور ایران، الجزایر، عراق، عربستان، مراکش و مصر، مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت.

(۱) نسبت عناصر غذایی مختلف به نیتروژن (Motesharezadeh *et al*., 2017b)

$$\text{مقدار مصرف عناصر غذایی (گرم کیلو در هکتار)} = \frac{\text{مجموع مقدار عناصر غذایی مصرف شده در سال (کیلو گرم)}}{\text{مساحت کل اراضی تحت کشت در همان سال (هکتار)}}$$

(۲) مقدار مصرف عناصر غذایی در هر واحد از سطح اراضی تحت کشت (Motesharezadeh *et al*., 2017b)

$$\text{نسبت مصرف عنصر غذایی فسفر به نیتروژن} = \frac{\text{مقدار فسفر مصرفی}}{\text{مقدار نیتروژن مصرفی}} \times 100$$

(۳) سرانه سطح زیر کشت (Motesharehzadeh *et al*., 2017b)

$$\text{سرانه سطح زیر کشت (هکتار به ازای هر نفر)} = \frac{\text{مساحت کل اراضی تحت کشت در یک سال (هکتار)}}{\text{مقدار جمعیت در همان سال (نفر)}}$$

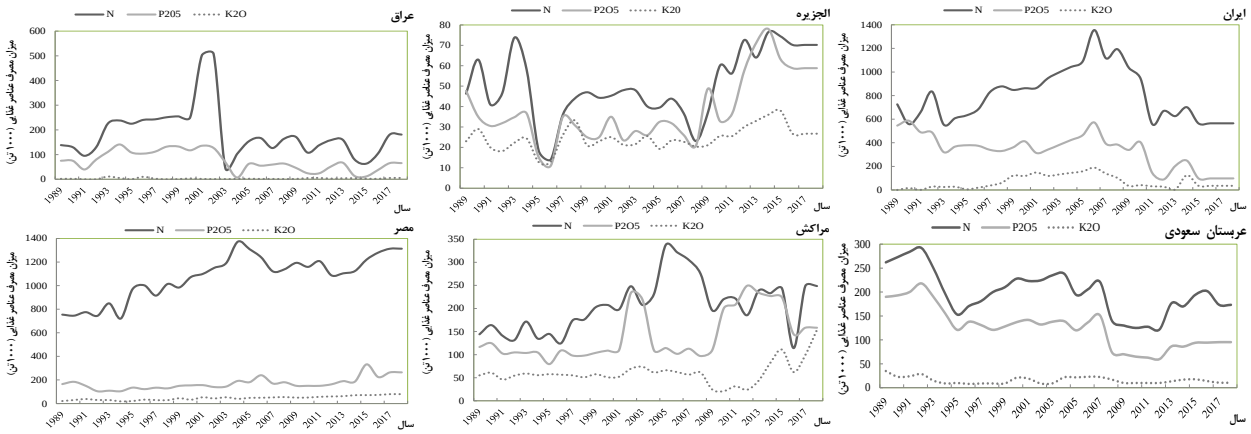
(۴) میانگین تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید)

$$\text{میانگین تولید ناخالص داخلی} = \frac{\text{مجموع تولید ناخالص داخلی در سی سال}}{\text{تعداد سال ها}}$$

نتایج

در تمامی کشور های مورد بحث، عنصر غذایی نیتروژن، در مقادیر بالاتری نسبت به سایر عناصر غذایی به مصرف رسیده است. در کشور ایران، مصرف کود های نیتروژنه، ابتدا با روندی افزایشی، از ۷۲۶ هزار تن در سال ۱۹۸۹ به ۱۳۵۵/۶ هزار تن در سال ۲۰۰۶ رسیده است، و پس از آن، شاهد روندی نزولی تا سال ۲۰۱۸ (۵۶۵ هزار تن نیتروژن در سال) بوده ایم. مصرف این دسته از کود ها، در کشور عراق، به شکل قابل توجهی در سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲، به ۵۰۷ هزار تن در سال افزایش یافته است. این مقدار، به شدت، در سال ۲۰۰۳ به ۴۵ هزار تن در سال کاهش پیدا کرد و پس از آن، روند معقولی را تا سال ۲۰۱۸ طی کرد. نمودار مربوط به کشور الجزایر، با نوسانات زیادی در مصرف کود های حاوی نیتروژن همراه بود. روند کلی مصرف کود های نیتروژنه در عربستان سعودی، نزولی، و در کشور های مراکش و مصر، افزایشی بوده است. روند مصرف عناصر غذایی، در شکل شماره ۱، به نمایش گذاشته شده است.

9- International Fertilizer Association (IFA) at https://www.ifastat.org/
10- Gross Domestic Product (GDP) per capita at Purchasing Power Parity (PPP)
11- Nominal GDP



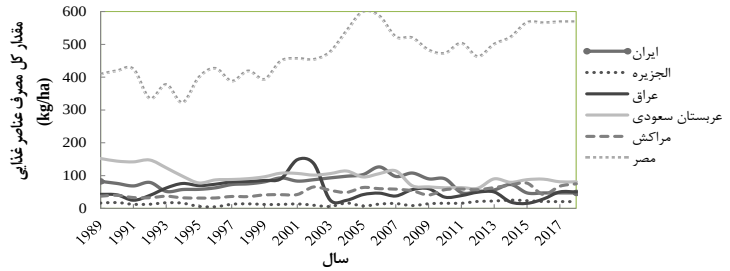
شکل شماره ۱- روند میزان مصرف عناصر غذایی در کشور های ایران، الجزایر، عراق، عربستان سعودی، مراکش و مصر در بازه سی ساله

الگوی مصرف کود های فسفاته از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸، به ترتیب در کشور های ایران و عربستان سعودی، از ۵۴۵/۶ هزار تن به ۹۸ هزار تن و از ۱۹۰ هزار تن به ۹۵ هزار تن در هر سال، روند کاهشی داشته است. روال مصرف عنصر غذایی فسفر در کشور های مراکش و الجزایر، با نوسانات قابل توجهی همراه بوده است. در الجزایر، میزان فسفر مصرفی در سال های ۱۹۸۹، ۲۰۰۹، ۲۰۱۳ و نیز ۲۰۱۴، بیش از مقدار نیروژن مصرف شده بود. بر اساس نمودار ها، روند مصرف کود های فسفاته در کشور های عراق و مصر، در سه دهه ی مورد مطالعه، کمابیش یکنواخت بوده است.

روند مصرف عنصر غذایی پتاسیم در کشور های عراق، عربستان سعودی و مصر، نسبتا یکواخت گزارش شده است. در این خصوص، شاهد ثبات در میزان کم مصرف کود های پتاسه در عراق بوده ایم، و روند مصرف آن در عربستان سعودی و مصر، به ترتیب، دارای کاهش و افزایشی تدریجی بوده است. نمودار مصرف پتاسیم در کشور الجزایر، دارای نوسان و به شکل افزایشی بود. در این کشور، میزان مصرف کود های حاوی پتاسیم، در سال های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۸، بیش از میزان مصرف کود های فسفاته، و در سال های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸، تقریبا با آن برابری داشته است. در رابطه با کشور ایران، سال ۱۹۹۷ را می توان نقطه آغاز یک دوره افزایشی در مصرف کود های پتاسه در این کشور دانست، که تا سال ۲۰۰۸ نیز ادامه یافت. پس از آن، مصرف کود های پتاسیم در ایران، رکودی دوره ای را تجربه کرد، تا در نهایت، میزان آن در سال های آخر بازه تحت مطالعه، مجددا افزایش یافته است. مصرف کود های تامین کننده پتاسیم در کشور مراکش، در طی سی سال اخیر، افزایش یافته است.

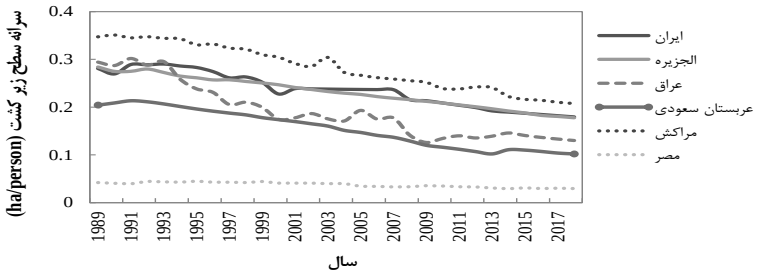
کشور های ایران و مصر، اصلی ترین مصرف کننده های کود های شیمیایی، در مقایسه با سایر کشور ها می باشند. در سه دهه اخیر، میانگین میزان مصرف سالانه عنصر غذایی نیتروژن در کشور های مورد مطالعه، به ترتیب کاهشی زیر بوده است: مصر ۱۰۷۲ هزار تن، ایران ۸۰۲ هزار تن، مراکش ۲۰۶ هزار تن، عربستان سعودی ۱۹۹ هزار تن، عراق ۱۸۴/۵ هزار تن و الجزایر ۵۰ هزار تن. با توجه به نمودار ها، نوسانات متعددی در رابطه با مصرف عناصر غذایی $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$، در ۳۰ سال مورد مطالعه رخ داده است. در کشور مصر، میزان مصرف کود های پتاسه و فسفاته بسیار کمتر از میزان مصرف کود های نیتروژنه بود. در این کشور، نسبت عناصر غذایی مختلف از ۳-۲۲-۱۰۰ در سال ۱۹۸۹ به ۶-۲۰-۱۰۰ در سال ۲۰۱۸، تغییر یافت. در کشور های الجزایر و عربستان سعودی، روال تغییر نسبت عناصر غذایی، نزولی گزارش شده است. در مراکش، نسبت عناصر از ۳۸-۸۱-۱۰۰ در سال ۱۹۸۹ به ۶۱-۶۳-۱۰۰ در سال ۲۰۱۸، تغییر پیدا کرده است. در کشور عراق نیز، نسبت عناصر غذایی که در سال ۱۹۸۹ برابر با ۱/۳-۵۴-۱۰۰ بود، به ۳-۳۶-۱۰۰ در سال ۲۰۱۸ رسید. نسبت نامتعادل ۰/۰۳-۷۵-۱۰۰ برای کشورمان در سال ۱۹۸۹، به حدود ۶-۱۷-۱۰۰ در سال ۲۰۱۸ رسیده است.

در شکل شماره ۲، مجموع مقدار عناصر غذایی مصرف شده در هر واحد از سطح اراضی تحت کشت، برای هر کدام از کشور ها، بررسی شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، بالاترین میزان مصرف عناصر غذایی، درکشور مصر مشاهده می شود. روند افزایشی مصرف کود های نیتروژنه، فسفاته و پتاسه در این کشور در شکل شماره ۱، با اطلاعات نمایش داده شده در شکل شماره ۲، هم خوانی دارد.



شکل شماره ۲- مقدار کل عناصر غذایی مصرف شده در هر واحد از سطح اراضی تحت کشت (بر حسب

نتایج حاصل از مطالعات، حاکی از کاهش سرانه سطح زیر کشت در هر شش کشور بود. همانطور که در شکل شماره ۳ مشخص شده است، کشور مصر، در بازه سی ساله از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸، با نرخ رشد جمعیت نزدیک به ۸۰ درصد، کمترین میزان سطح زیر کشت به ازای هر نفر را دارا است. کاهش بیش از ۵۵ درصد در سرانه سطح زیر کشت، در کشور عراق، تولیدات کشاورزی بومی در این کشور را به شدت تهدید کرده و نیز بر وابستگی آن به واردات مواد غذایی خواهد افزود.



شکل شماره ۳- روند تغییرات سرانه سطح زیر کشت (بر حسب هکتار به ازای هر نفر)

به منظور بررسی دقیق تر وضعیت امنیت غذایی در منطقه، میانگین سرانه تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید)، برای هرکدام از کشور های مورد مطالعه، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، محاسبه و مقایسه شد. بر اساس اطلاعات جدول شماره ۱، بیشترین سرانه تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید) با ارزشی بالغ بر ۴۴ هزار دلار، متعلق به کشور عربستان سعودی بود.

جدول شماره ۱- میانگین سرانه تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید) از ۱۹۹۰-۲۰۱۹ (بر حسب ارزش دلار بین المللی در سال ۲۰۱۷)

	کشور					
	ایران	الجزایر	عراق	عربستان سعودی	مراکش	مصر
تولید ناخالص داخلی (برابری قدرت خرید)	۱۱۵۳۸	۹۸۹۵	۷۸۹۳	۴۴۵۰۶	۵۴۱۷	۸۶۱۶

بحث

مجموعه خصوصیات طبیعی، اقلیمی و سیاسی منحصر به فرد خاورمیانه و شمال آفریقا، اولین اصل تامین سلامت عمومی ساکنان آن، یعنی امنیت غذایی را (Motesharezadeh *et al*., 2017b)، به مخاطره انداخته است. امنیت غذایی، در قالب دسترسی تمام مدت جمیع مردم به غذای کافی، برای یک زندگی فعال و سالم تعریف می شود (The World Bank, 1986). به عبارت دیگر، خانوار ها زمانی از امنیت غذایی برخوردار خواهند بود، که در طول مدت هر سال، به مقدار کافی و تمامی مواد خوراکی متنوع مورد

نیاز اعضایشان جهت داشتن زندگی سالم، دسترسی داشته باشند (OECD-FAO, 2018). طبق گزارش دورنمای کشاورزی سازمان FAO (2018)، کشور های خاورمیانه از دیدگاه امنیت غذایی، به دو دسته تحت تنش و بدون تنش تقسیم می شوند. بر اساس این گزارش، کشور ایران از جمله کشور های بدون تنش با نمایه فراگیری سوء تغذیه[12] حدود ۵ درصد، و کشور عراق با نمایه فرارگیری سوء تغذیه برابر با ۲۷/۸ درصد در سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶، یکی از مهمترین کشور ها از دیدگاه مقوله تنش در منطقه از نظر امنیت غذایی محسوب می شوند. با عنایت به آنکه کشور عراق، به عنوان بزرگترین واردکننده محصولات کشاورزی ایران، ۴۱/۵ درصد از کل صادرات صنایع غذایی و محصولات کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده است (دنیای اقتصاد، ۱۳۹۸)، رعایت اصول نظارت مسئولانه عناصر غذایی و استفاده بهینه از کود های شیمیایی، در کنار یاری جهت دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار (Motesharezadeh and Aledavood, 2006)، با حفظ کیفیت استاندارد محصولات صادراتی، بر رونق بخش کشاورزی کشورمان نیز اثر گذار خواهد بود.

بررسی روند مصرف کود های شیمیایی، حکایت از توجه کم کشور های منطقه به رعایت تعادل بین عناصر غذایی در برنامه های کودی دارد. مقادیر گزارش شده در خصوص نسبت عناصر غذایی برای کشور های تحت مطالعه، با نسبت های استاندارد در کشور های توسعه یافته و در حال توسعه، که به ترتیب، برابر با ۳۰-۴۰-۱۰۰ و ۳۴-۳۷-۱۰۰ می باشد (Motesharezadeh *et al*., 2017b)، فاصله دارد. بر اساس نظر Baybordi *et al*. (2000)، اصلی ترین دلیل عدم استفاده متعادل از کود های شیمیایی در ایران به عدم هماهنگی بین مقادیر کود های مصرفی با نیاز گیاهان باز می گردد. به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر، مبنی بر نوسانات فراوان و عدم تعادل در استفاده از کود های شیمیایی در کشور های مورد بررسی در خاورمیانه و شمال آفریقا، با نتایج بدست آمده توسط محمودی و متشرع زاده (۱۳۹۱)، Motesharezadeh *et al*. (2017a) و Guler (2006) در رابطه با کشور های در حال توسعه، هم سو بوده است.

دو عامل سطح زیر کشت و جمعیت، تا حد زیادی، نحوه مدیریت مصرف کود های شیمیایی توسط کشور های مختلف را توضیح می دهند (Motesharezadeh *et al*., 2017a). کشور مصر با بیش از ۱۰۰ میلیون نفر، پرجمعیت ترین کشور در بین شش کشور مورد مقایسه است. از طرف دیگر، کمترین میزان سرانه اراضی تحت کشت، متعلق به کشور مصر است. بنابراین، مشاهده حداکثر میزان مصرف عناصر غذایی در هر واحد از اراضی کشاورزی در کشور مصر، امری مورد انتظار می باشد. بررسی میزان بالای مصرف عناصر غذایی در کشور ایران نیز، که دومین کشور پرجمعیت در گروه کشور های مورد بررسی به شمار می آید، و از طرف دیگر، همراه با کشور مصر، جزء دو قدرت برتر کشاورزی خاورمیانه محسوب می شود (OECD-FAO, 2018)، تا حدودی، قابل توجیه است.

سهم کشاورزی در ارزش افزوده تولیدات ناخالص داخلی خاورمیانه محدود می باشد، و استحصال ذخایر آب جهت تغذیه این بخش نیز، معمولا، به گونه ای ناپایدار صورت گرفته است (Babar and Mirgani, 2014). سازمان FAO، رشد سالانه ۱/۶ درصدی در سرانه تولید ناخالص داخلی این منطقه را ضعیف به شمار آورده است، و ارزش پایین تولیدات کشاورزی در هر واحد از سطح اراضی کشاورزی را، به مساحت زیاد اختصاص داده شده به محصولات مناطق معتدله با عملکرد پایین و نیز قابلیت تولید پایین مراتع بیابانی نسبت داده است (OECD-FAO, 2018). در این راستا، تلاش ها جهت پایش علمی تغذیه محصولات باغی و افزایش تولید میوه و سبزیجات، که در مقایسه با غلات، آب کمتری مصرف می کنند و از ارزش اقتصادی بالاتری نیز برخوردار هستند (OECD-FAO, 2018)، در شکوفایی اقتصادی کشور های منطقه، اثربخش خواهد بود.

استفاده بی رویه از نهاده های شیمیایی و کاربرد نادرست سامانه های خاکورزی، با تضعیف بیولوژی خاک، موجب اختلال در چرخه های طبیعی عناصر غذایی و جریان انرژی در زیست بوم کشاورزی شده، و با تخریب خاک های زراعی، کاهش ارزش اراضی را به همراه خواهد داشت. تخریب اراضی، عامل ایجاد اختلال در تولیدات کشاورزی بومی شده و می تواند عامل مهاجرت جوامع روستایی به شهرها و اشتغال اجباری آنها در خارج از مزرعه شود (OECD-FAO, 2018; Waha *et al*., 2017). عدم رعایت

12- Prevalence of Undernourshiment (PoU) indicator

مصرف متعادل کود های شیمیایی، امنیت غذایی کشور های خاورمیانه را، به ویژه در رابطه با عناصر غذایی کم مصرف مانند آهن و نیز ویتامین ها، به خطر انداخته است (Woertz, 2017). پیش بینی های صورت گرفته در رابطه با تاثیر گرمایش جهانی بر افزایش دما و کاهش بارندگی در خاورمیانه (Bucchignani *et al*,. 2018)، باعث تشدید محدودیت های مربوط به کمبود آب (Woertz, 2017) و تخلیه بیشتر آبخوان هایی خواهد شد که منطقه به شدت به آنها وابسته است (The World Bank, 2018). این امر، بر اهمیت به کارگیری راهکار های تطبیقی توسط کشور های خاورمیانه (Luomi, 2012) و مدیریت صحیح آب در مزرعه به عنوان کلیدی ترین رویکرد آن (OECD-FAO, 2018)، تاکید دارد. در این رابطه، برنامه های مناسب کودی، به شکلی مستقیم، موجب افزایش راندمان مصرف آب می شوند (Nimah, 1996).

نتیجه گیری

در این مقاله، سعی بر آن بود تا با تفسیر روند مصرف کود های شیمیایی در ایران و مقایسه آن با برخی دیگر از کشور های خاورمیانه و شمال آفریقا، چگونگی تولیدات کشاورزی در آنها را تحلیل کرده، و بر زمینه های نیازمند توجه در رابطه با تامین امنیت غذایی منطقه تاکید کنیم. در این راستا، رعایت اصول کود دهی متعادل، در دستیابی به نسبت های عناصر غذایی استاندارد منطقه ای و جهانی، امری ضروری است. کشور های ایران و مصر، به عنوان بزرگترین تولید کننده های منطقه، بیشترین میزان مصرف کود های شیمیایی را به خود اختصاص داده اند. با توجه به روند نزولی سرانه سطح زیر کشت در تمامی کشور های منطقه، و پیش بینی ها در خصوص افزایش سهم ایران در تولیدات کشاورزی منطقه تا سال ۲۰۲۷، از ۳۲ درصد به ۳۵ درصد (OECD-FAO, 2018)، توجه بیشتر به مفاهیم مدیریت تلفیقی عناصر غذایی، اجتناب ناپذیر است. نتایج ارایه شده در مطالعه حاضر، در تصمیم گیری های آگاهانه و علمی در خصوص استفاده از کود های شیمیایی در کشور، مفید خواهد بود.

فهرست منابع

دنیای اقتصاد. (۱۳۹۸). مشتریان محصولات غذایی ایران. روزنامه دنیای اقتصاد، تهران، شماره روزنامه ۴۵۸۱، شماره خبر ۳۵۱۴۱۱۷.

محمودی، س. و متشرع زاده، ب. (۱۳۹۱). مصرف کودهای شیمیایی در ایران، ترکیه و پاکستان طی دوره پنج ساله ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹. چهارمین کنگره علوم ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج.

Babar, Z., Mirgani, S. (eds.). (2014). Food Security in the Middle East, (London: Hurst).

Bashour, I., Nimah, M., Yanni, S. (2006). Water availability and fertilizer use in the middle east. 12th International Annual Fertilizer Conference, Cairo, Egypt.

Baybordi, M., Malakouti, M. J., Amirmokri, H., Naficy, N. (2000). Chemical Fertilizer Consumption Trend. *In production and optimized consumption of chemical fertilizers in Iran towards sustainable agriculture*. *Nashre Amozesh Keshavarzi Publication*, Karaj, Iran. Pp. 25-33.

Boyle, M. J. (2021). What is Purchasing Power Parity (PPP)?. Investopedia. Retrieved from https://www.investopedia.com/updates/purchasing-power-parity-ppp

Bucchignani, E., Mercogliano, P., Panitz, H. J, Montesarchio, M. (2018). Climate change projections for the Middle East–North Africa domain with COSMO-CLM at different spatial resolutions. *Advances in Climate Change Research*, Volume 9, Issue 1, Pages 66-80.

FAO. (2006). Near East: fertilizer use manual. Rome, Italy, ISBN 978-92-5-105657-8.

OECD-FAO. (2018). Agricultural Outlook 2018-2027: special focus on Middle East and North Africa. Rome, Italy, ISBN 978-92-5-1-130501-0.

Guler, S. (2006). Development on fertilizer consumption of the world. *Turkish Journal ofAgriculture and Forestry*, 21(2), 243–248.

Kahana, E., Suwaed, M. (2009). Historical Dictionary of Middle Eastern Intelligence. Wayback Machine Scarecrow Press, Maryland, USA, ISBN 978-0-8108-6302-6.

Luomi, M. (2012). The Gulf Monarchies and Climate Change : Abu Dhabi and Qatar in an Era of Natural Unsustainability. Hurst & Company, London.
Motesharezadeh, B., Aledavood, S. M. (2006). Study of chemical fertilizer consumption in Iran and the world. *Keshavarzi and Sanat Magazine*, 80,9–13.
Motesharezadeh, B., Etesami, H., Bagheri-Novair, S., Amirmokri, H. (2017a). Fertilizer consumption trend in developing countries vs. developed countries. *Environmental monitoring and assessment*, *189*(3), 103.
Motesharezadeh, B., Valizadeh-Rad, K., Dadrasnia, A., Amir-Mokri, H. (2017b). Trend of fertilizer application during the last three decades (Case study: America, Australia, Iran and Malaysia). *Journal of Plant Nutrition*, *40*(4), 532-542.
Nimah, N. M. (1996). Fertigation/Chemigation methods as a tool for controlling adverse environmental effects. FAO Regional Workshop on Fertilizer Use for Sustainable, Amman, Jordan 4-6.
The World Bank. (1986). World development report 1986. Oxford: The Office of the Publisher, the World Bank.
The World Bank. (2018). Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa. MENA Development Report, World Bank, Washington, D.C.
Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., et al. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science, 292,281–284.
United Nations. (2013). World population prospects. The 2012 revision, vol I: Comprehensive tables, New York.
Waha, K., Krummenauer, L., Adams, S., Aich, V., Baarsch, F., Coumou, D., et al. (2017). Climate change impacts in the Middle East and Northern Africa (MENA) region and their implications for vulnerable population groups. *Regional Environmental Change*, *17*(6), 1623-1638.
Woertz, E. (2017). Agriculture and Development in the Wake of the Arab Spring. In *Combining Economic and Political Development* (pp. 144-169). Brill Nijhoff.

Comparative Analysis of Fertilizer Consumption Trends in Iran and Other Countries of the Middle East and North Africa (MENA) Region

Kamyar Amirhosseini[1], Zahra Haghani[2] and Babak Motesharezadeh[3]
1- MSc student, Soil Fertility Management and Soil Biotechnology, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultual Engineering and Technology, University of Tehran. Iran. (amirhosseini.k@ut.ac.ir)
2- MSc student, Soil Fertility Management and Soil Biotechnology, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultual Engineering and Technology, University of Tehran. Iran.
3- Professor of Soil Science, Department of Soil Science, Faculty of Agricultual Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract
Chemical fertilizers play effective roles in agricultural production and maintaining food security across the globe. The following paper endeavors to shine a light on trends of fertilizer consumption in countries of Iran, Algeria, Iraq, Saudi Arabia, Morocco, and Egypt. For this reason, fertilizer consumption data of the past three decades related to the countries of interest were extracted, compared, and analyzed. The average annual consumption of plant nutrients in Iran, Algeria, Iraq, Saudi Arabia, Morocco, and Egypt, were 802, 50, 184.5, 199, 206, and 1072 thousand tonnes for element Nitrogen, 336.5, 38, 73, 125, 142, and 170 thousand tonnes for Phosphorus (P2O5), and 66.5, 24.5, 2.8, 15.6, 60.5, and 47 thousand tonnes for Potassium (K2O), respectively. Ratios of plant nutrients in Iran, Algeria, Iraq, Saudi Arabia, Morocco, and Egypt were found to be 100-17-6, 100-83-38, 100-36-3, 100-54-6, 100-63-61, and 100-20-6, respectively, in the year 2018. In this regard, the application of chemical fertilizers in the region has generally been inconsiderate to a balanced ratio of nutrients and significantly differed from the standard nutrient ratios established in developed (100-40-30) and developing countries (100-37-34). The thirty-year average of annual gross domestic product in purchasing power parity per capita in the above-mentioned countries were 11538, 9895, 7893, 44506, 5417, and 8616 dollars, respectively. A decrease in the amount of arable land per capita coupled with detrimental effects of climate change which exacerbate the already severe water shortage in the region, calls for the implementation of adaptive strategies and a greater reliance on sound scientific principles regarding the nutrition of

crops. Results of the following study will prove useful in the balanced application of chemical fertilizers and conservation of water and soil resources.

Keywords: Food security, Balanced fertilization, Sustainable agriculture, Integrated Nutrient Management (INM), Nutrients ratio

تاثیر کودهای حیوانی و شیمیایی در عملکرد گندم و لوبیا در کرت‌های ثابت

اکبر همتی[1]

۱-عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران a.hemati@areeo.ac.ir

چکیده

با توجه به کمبود مواد آلی خاک‌ها و نقش مهم این مواد در عملکرد محصول، اقدام به اجرای آزمایش تحقیقی ترویجی در کرت‌های ثابت طی سال‌های ۹۷ و ۹۸ در شمال استان فارس گردید. در این آزمایش تیمارهای، ۲۰ تن کود حیوانی پوسیده گوسفندی همراه با ۷۵ درصد کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک(T_1)، ۲۰ تن کود حیوانی پوسیده گوسفندی همراه با ۵۰ درصد کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک(T_2) و مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک(T_3) وجود داشت. در سال اول نتایج نشان داد تیمار اول(T_1) با عملکرد ۳۵۰۰ کیلوگرم دانه لوبیا در هکتار بیشترین مقدار عملکرد را داشت. این مقدار عملکرد نسبت به تیمار شاهد(T_3) ۴۳درصد افزایش داشت. مقدار عملکرد دانه لوبیا در تیمارهای دوم و سوم به ترتیب برابر ۲۷۰۰ و ۲۴۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. در سال دوم نیز بیشترین عملکرد دانه گندم به مقدار ۵۵۰۰ کیلوگرم در تیمار اول(T_1) بود. عملکرد در تیمارهای دوم و سوم نیز به‌ترتیب برابر ۴۸۰۰ و ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد کودهای حیوانی، کربن آلی، فسفر و پتاسیم خاک را افزایش داده و تاثیری در اسیدیته، شوری و بافت خاک نداشتند. از نظر اقتصادی نیز، مصرف کودهای حیوانی (تیمارهای T_1وT_2)نسبت به کودهای شیمیایی(T_3) دارای مزیت اقتصادی بود همچنین تیمار T_1 نسبت به تیمار T_2 از بازده ناخالص بیشتری برخوردار بود.

واژگان کلیدی: عملکرد، کودهای حیوانی و شیمیایی،گندم، لوبیا

مقدمه

سالانه به‌طور متوسط ۱۱۰ هزار هکتار لوبیا وبیش از پنج میلیون هکتار گندم در کشور کشت می‌شود که این دو محصول ۵۰ درصد سطح زیر کشت کل محصولات زراعی رابه خود اختصاص داده‌اند(احمدی و همکاران،۱۳۹۸). نظر به اهمیت ماده آلی در تولید محصولات کشاورزی، بهره‌گیری از عوامل بومی افزایش دهنده ماده آلی خاک ضروری است. ماده آلی خاک یک شاخص کلیدی کیفیت خاک بوده و بر باروری و شرایط فیزیکی خاک تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد (Komatsuzaki and Ohta,2007). ماده آلی خاک‌ها، به‌خصوص در مناطق مدیترانه‌ای به‌دلیل آب و هوای گرم و کشت و کار متراکم که شدت پوسیدگی آن را افزایش داده به‌شدت در حال تخلیه شدن است(Montemurro, 2007). درعین حال گزارش شده که در مقابل ساخته شدن ماده آلی خاک در مقایسه با کاهش آن فرآیندی بسیار کند و پیچیده‌تر است(Van-Camp et al., 2004). کاهش بارندگی و افزایش دما منجر به از دست رفتن پوشش گیاهی و چرخهٔ عناصر غذایی و ذخیرهٔ کربن آلی خاک شده و باعث انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای و تخریب اراضی می‌شود(Durán and Rodríguez, 2008).

استفاده از کودهای حیوانی می‌تواند باعث افزایش ماده آلی خاک در اراضی زراعی شود. در یک آزمایش با افزایش کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کود دامی به میزان ۲۲/۵ تن در هکتار در تناوب کشت برنج- جو در کرت های ثابت، ترسیب کربن پس از ۲۳ سال بررسی و مشاهده شد که ذخیره کربن آلی خاک که ۴۱/۲ تن در هکتار بوده با کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم توام با کود دامی، ۱۶ درصد افزایش داشته است(Wan et al, 2015).

کودهای حیوانی علاوه بر فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاهان(Madrid, 2007)، اثرات مثبتی بربهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارند (Mkhabela, 2012). گزارش شده مصرف ۲۰ تن کود دامی همراه با ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد کشاورزی در هکتار منجر به حداکثر عملکرد دانه گندم به مقدار ۵۲۴۹ کیلوگرم در هکتار و کاهش اسیدیته از۷/۵۳ به ۷/۳۰ و جرم مخصوص ظاهری از۱/۴۹ به ۱/۲۶ گرم بر سانتی مترمکعب و کربن آلی از ۱/۰۵ به ۱/۴۹ درصد شده است(جلیلی، ۱۳۹۶). همچنین گزارش شده که مصرف ۴۰ تن کود حیوانی علاوه بر کاهش ۵۰ درصدی مصرف کودهای شیمیایی باعث

افزایش عملکرد معنی داری در گندم شده است(داوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۳). گزارش شده مصرف ۲۰ تا ۶۰ تن کود گاوی باعث افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین لوبیا چیتی شده است(نجفی و همکاران، ۱۳۹۲).

با توجه به کاهش ماده آلی خاک‌های شمال استان فارس و وفور تولید کودهای حیوانی در منطقه، هدف از این آزمایش بررسی تاثیر استفاده از کودهای حیوانی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد در زراعت‌های لوبیا و گندم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه یکی از کشاورزان در پلات های ثابت طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا گردید. یک مزرعه سه هکتاری به سه قطعه مساوی تقسیم شد. در قطعه اول(تیمار اول) پس از شخم و دیسک ۲۰ تن کود حیوانی مخلوط گاو و گوسفند همراه با۷۵٪ درصد کود های شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک مصرف شد. در قطعه دوم ۲۰ تن کود حیوانی همراه با ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک مصرف گردید. درقطعه سوم بدون مصرف کودهای حیوانی، صرفاً از کود های شیمیایی بر اساس آزمون خاک استفاده شد(تیمار شاهد). تمام عملیات تهیه بستر، کاشت، داشت و برداشت به‌صورت یکسان در هر سه تیمار اجرا گردید. به منظور تعیین اثرات باقیمانده کودهای حیوانی ، قبل از کاشت و بعد از برداشت از هر تیمار یک نمونه خاک گرفته شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری گردید. در زمان برداشت، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت اندازه گیری شد.

به منظور تجزیه و تحلیل اقتصادی، از تکنیک بودجه بندی جزئی[1]ومعیار بازده ناخالص(GM)[2] که با کنار گذاشتن هزینه‌های مشترک بین تیمارها، از درآمدها و هزینه‌های متغیر بین تیمارها برای تجزیه و تحلیل بهره می‌گیرد، استفاده شد (سلطانی و نجفی، ۱۳۸۵).

نتایج و بحث

نتایج سال اول:

همان‌طور که در جدول یک مشاهده می‌شود خاک محل آزمایش غیر شور با مواد آلی کم و نسبتاً قلیایی و بافت آن لوم است. مقادیر فسفر و پتاسیم آن کمتر از حد بحرانی است. حد بحرانی فسفر و پتاسیم در زراعت لوبیا به‌ترتیب برابر ۱۳ و ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است(خودشناس ۱۳۸۶).

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل و بعد از اجرای آزمایش

	عمق سانتیمتر	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر	کربن آلی درصد	فسفرقابل جذب میلی گرم در کیلوگرم	پتاسیم قابل جذب میلی گرم در کیلوگرم	شن درصد	لای درصد	رس درصد
قبل از آزمایش	۳۰-۰	۷/۷	۲/۹	۰/۵۱	۵	۱۸۰	۴۶	۳۲/۸	۲۱/۲
بعد از آزمایش	۳۰-۰	۷/۷	۲/۸	۱/۱۷	۶/۸	۳۶۴	۴۹/۲	۲۹/۶	۲۱/۲

تاثیر تیمارهای آزمایش در شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد زیستی لوبیا

نتایج تاثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی لوبیا در سال اول در جدول دو ارایه شده است. همان طور که مشاهده می شود بیشترین مقدار عملکرد دانه به مقدار ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۲۰ تن کود حیوانی همراه با ۷۵ درصد عناصر غذایی پرمصرف بر اساس آزمون خاک به دست آمده است. با کاهش مصرف کودهای شیمیایی از ۷۵ درصد به ۵۰ درصد، عملکرد تولید دانه از ۳۵۰۰ به ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته

[1] Partial Budjeting
[2] Gross Margin

است. کمترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار کودهای شیمیایی(تیمار شاهد) به مقدار ۲۴۵۰ کیلوگرم دانه در هکتار بود. نتایج عملکرد زیستی نیز حاکی از تاثیر مثبت تیمارکودهای شیمیایی(T3) در عملکرد زیستی نسبت به تیمارهای کودهای حیوانی(T1 و T2) بود. نتایج این آزمایش نشان داد در حالی که کودهای حیوانی(تیمارهای وT1 وT2) بیشتر عملکرد دانه را افزایش داده‌اند، تیمار کودهای شیمیایی(T3) بیشتر منجر به افزایش عملکرد زیستی شده‌اند(جدول۲). یافته های بسیاری از پژوهشگران مؤید این حقیقت است که حضور کودهای حیوانی توام با کودهای شیمیایی در نظام‌های مختلف کشاورزی پایدار می‌تواند با ایجاد یک بستر مناسب و پیامد آن دسترسی مطلوب گیاه به عناصر غذایی، موجب بهبود رشد و افزایش بیوماس گیاه گردند(Sharma, 2002). در همین راستا گزارش شده که کودهای شیمیایی عملکرد اقتصادی را بیش از عملکرد زیستی افزایش داده لذا همین امر باعث افزایش شاخص برداشت شده است(حسین طلایی و امینی، ۱۳۹۱).

بر اساس این نتایج می توان توصیه نمود با مصرف ۲۰ تن کود حیوانی و ۷۵ درصد کودهای شیمایی پرمصرف بر اساس آزمون خاک در هر هکتار در زراعت لوبیا، ضمن کاهش ۲۵ درصدی مصرف کودهای شیمیایی حداکثر عملکرد حاصل خواهد گردید. همان‌طور که در جدول دو مشاهده می‌شود بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمارهای کود حیوانی و کمترین مقدار در تیمار کود شیمیایی است. افزایش شاخص برداشت در تیمارهای کود حیوانی مبین افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی است. علت افزایش شاخص برداشت را در تیمار کود حیوانی به جذب بهتر عناصر غذایی تعمیم داده اند. زیرا گیاه با جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ می تواند از تشعشع خورشیدی بهتر استفاده نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه ارسال نماید و در نتیجه نسبت دانه به ماده خشک کل را افزایش دهد.

جدول۲- تاثیر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد اندازه گیری در سال اول(لوبیا)

تیمار	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه(گرم)	عملکردزیستی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
کودحیوانی+ NPK٪۷۵	۱۸/۲	۳۸	۵۵۰۰	۳۵۰۰	۶۳
کود حیوانی+ NPK ٪۵۰	۱۱/۴	۴۱/۸۶	۷۱۰۰	۲۷۰۰	۵۰
شاهد(NPK 100%)	۷/۹	۳۳/۸۶	۷۳۵۰	۲۴۵۰	۳۴

تاثیر تیمارهای آزمایش در وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته لوبیا

نتایج نشان داد بیشترین وزن صد دانه به مقدار حدود ۴۲ گرم در تیمار دوم و کمترین مقدار وزن صد دانه در تیمار سوم (شاهد) حاصل شده است(جدول۲). بنابراین یکی از دلایل مهم افزایش عملکرد تولید دانه به‌واسطه کودهای حیوانی تاثیر این کودها در افزایش وزن صد دانه می باشد. بیشترین تعداد غلاف در بوته به تعداد ۱۸ عدد نیز در تیمار اول بود. کود دامی با حفظ آب محیط مناسبی را برای فعالیت باکتری‌ها و جذب کودهای شیمیایی فراهم می‌کند. با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به‌علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، میتواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزار دانه را بهبود ببخشد (Jahan et al, 2013).

نتایج سال دوم:

تاثیر تیمارهای آزمایش در وزن هزار دانه گندم

همان طور که در جدول سه مشاهده می‌شود تاثیر تیمارهای کود حیوانی در وزن هزار دانه بیشتر از شاهد بود. در بین تیمارهای کود حیوانی نیز تیمار اول یعنی مصرف ۲۰ تن کود حیوانی همراه با ۷۵ درصد کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک بیشترین وزن هزار دانه به مقدار ۵۲/۸ گرم داشت.

جدول۳ – تاثیر تیمارهای آزمایش در عملکرد و برخی از اجزای عملکرد گندم در سال دوم

تیمار	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه(گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
کود حیوانی+ ٪۷۵ NPK	۴۸/۲	۵۲/۸	۵۵۰۰
کود حیوانی+ ٪۵۰ NPK	۴۲/۷	۴۶/۰	۴۸۰۰
شاهد(100%NPK)	۳۸/۲	۴۴/۸	۴۱۰۰

تاثیر تیمارهای آزمایش در عملکرد دانه گندم

مقدار عملکرد دانه گندم در تیمارهای اول تا سوم آزمایش بترتیب برابر ۵۵۰۰، ۴۸۰۰ و ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود(جدول۳). همان طور که مشاهده می‌شود مصرف کودهای حیوانی باعث افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد (تیمارسوم) شده‌اند. این افزایش عملکرد برای تیماراول ۳۴ درصد و برای تیمار دوم نیز ۱۷ درصد بود. تیمار اول نیز نسبت به تیمار دوم ۱۴/۵ درصد افزایش عملکردانه داشت. بر اساس نتایج این آزمایش یکی از دلایل افزایش عملکرد ، افزایش تعداد و وزن دانه گندم با مصرف کودهای حیوانی نسبت به کودهای شیمیایی بود(جدول۳).

تاثیر تیمارهای آزمایش در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

اگرچه استفاده از کودهای شیمیایی ظاهراً سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، لیکن هزینه‌های زیاد مصرف این کودها، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک نگران کننده است. استفاده از کودهای آلی از مصرف کودهای شیمیایی می‌کاهد و در نهایت، دستیابی به کشاورزی پایدار را هموار کرده و باعث افزایش تولید محصولات زراعی و باغی، بهبود کیفیت آنها و نیز برطرف کردن نیازهای جهانی و تقاضای روزافزون غذا می‌گردد. علاوه بر این، با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، کاربرد ترکیبات آلی نظیر کودهای حیوانی عامل مدیریتی مهم و مؤثر بر کیفیت خاک و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و باروری خاک به حساب می‌آید(Smith,2002).

تاثیر تیمارهای آزمایش در تغییرات کربن آلی خاک

همان‌طور که در جداول یک و چهار مشاهده می‌شودطی دو سال آزمایش مقدار کربن خاک از ۰/۵۱ به ۱/۱۷ درصد افزایش یافته است. بیشترین مقدار کربن خاک به میزان ۱/۱۷ درصد مربوط به تیمار مصرف ۲۰ تن کود دامی همراه با ۷۵ درصد کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک بود و کمترین مقدار کربن خاک نیز برابر ۰/۲۱ درصد متعلق به تیمار مصرف کودهای شیمیایی بود. مقدار کربن خاک در تیمار دوم(۲۰ تن کود دامی همراه با ۵۰ درصد کودهای شیمیایی) به مقدار ۰/۶۰ درصد بود که بیشتر از تیمار سوم ولی کمتر از تیمار اول بود. همان طور که در جدول چهار مشاهده می‌شود تاثیر کودهای دامی در افزایش کربن آلی خاک بیشتر از مصرف مجزای کودهای شیمیایی است. در همین راستا گزارش شده که مصرف کود های دامی به تنهایی و یا توام با کودهای شیمیایی باعث افزایش کربن آلی خاک در تناوب های مختلف شده است(میرزا شاهی و بازرگان، ۱۳۹۴و ۸ Singh and Singh,2007). البته هرچه مقدار مصرف کودهای حیوانی بیشتر باشد تاثیر آن در عملکرد محصول و خصوصیات خاک از جمله کربن بیشتر خواهد بود(Angin and Yaganoglu, 2011).

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که تغییر در کربن آلی خاک‌ها با تغییرات ساختار خاک و یا ثبات آن در ارتباط است. به عبارت دیگر هر گونه تغییر در خصوصیات فیزیکی و یا شیمیایی خاک باعث تغییر در کربن آلی خاک می‌شود(شیدای کرکج و همکاران، ۱۳۹۶، Bicheldey & Latushkina, 2010).

جدول۴- تاثیر تیمارهای آزمایش در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

تیمارهای آزمایش	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	کلاس بافت خاک
کودحیوانی+ %۷۵NPK	۷/۷	۲/۵	۱/۱۷	۶/۸	۳۶۴	Loam
کودحیوانی+ %۵۰NPK	۷/۷	۲/۸	۰/۶۰	۶/۶	۳۵۴	Sandy Clay Loam
٪۱۰۰ NPK	۷/۸	۱/۹	۰/۲۱	۶/۵	۳۵۱	Loam

نتایج ارزیابی اقتصادی تیمارهای آزمایش

در این پروژه هزینه تهیه کود های حیوانی و شیمیایی و هزینه توزیع کودها با دستگاه سانترفیوژ به عنوان هزینه متغیر بین تیمارها در نظر گرفته شـده اسـت. علاوه بر آن، به دلیل این تغییر مدیریتی در عملیات زراعی، درآمدهای تیمارها با یکدیگر متفاوت می‌باشند. مجموعه این موارد، تغییر در بازده ناخالص تیمارهای مورد مطالعه را در پی‌دارد. بر اسـاس اطلاعات جدول (۵)، تیمار اول، بیشـترین هزینه را در بین تیمارهای مورد مطالعه به خود اختصـاص داده اسـت. از طرف دیگر، این تیمار سطح درآمدی بالاتری را نسبت به سایر تیمارها داشته است. بر این اساس، تیمار یاد شـده دارای بازده ناخالص بیشـتری در بین تیمارها می‌باشـد. به طوری که نرخ تغییرات آن نسبت به تیمار شاهد در سال اول نزدیک به ۴۳ درصد گردیده است. لازم به ذکر است که تیمار دوم نیز نسبت به تیمار شاهد از بازده ناخالص بیشـتری برخوردار اسـت و اسـتفاده از کود حیوانی توأم با کود شیمیایی موجب افزایش ۱۰/۱۸ درصد بازده ناخالص شده است.

توجه به این نکته ضـروری است که در سال دوم به دلیل تغییر در عملکرد محصول، درآمد کل و به تبع آن بازده ناخالص، مقدار و نرخ تغییرات این بازده نیز دچار تغییر گردیده اسـت. اما، رتبه بندی تیمارهای مورد مطالعه کماکان به قوت خود باقی اسـت. در مجموع دو سال ارزیابی اقتصادی اثرات تیمارها نشان داد که رتبه بندی تیمارها همانند سال های اول و دوم آزمایش می باشد. بر این اساس ، تیمار اول، بیشترین هزینه را در بین تیمارهای مورد مطالعه به خود اختصـاص داده است. از طرف دیگر، این تیمار سطح درآمدی بالاتری را نسبت به سایر تیمارها داشته است. لذا، تیمار یاد شـده دارای بازده ناخالص بیشـتری در بین تیمارها می‌باشـد. به طوری که نرخ تغییرات آن نسبت به تیمار شاهد ۴۱/۵۲ درصد گردیده است. لازم به ذکر است که تیمار دوم نیز نسبت به تیمار شاهد از بازده ناخالص بیشتری برخوردار است و استفاده از کود حیوانی توأم با کود شیمیایی موجب افزایش ۱۱/۲۹ درصد بازده ناخالص شده است. بر این اسـاس، در یک جمع بندی کلی از نظر اقتصـادی، سـطح مناسـب مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در استفاده توأم با کودهای حیوانی، کاهش مصرف ۲۵ درصدی آنها می‌باشد.

جدول۵: وضعیت درآمدها و هزینه های متغیر بین تیمارهای مورد مطالعه در سال های اول و دوم آزمایش

	تیمار	سال	هزینه کود شیمیایی (هزاررریال در هکتار)	هزینه کود حیوانی (هزاررریال در هکتار)	هزینه کودپاشی حیوانی با دستگاه سانترفیوژ (هزاررریال در هکتار)	کل هزینه متغیر بین تیمارها (هزاررریال در هکتار)	درآمد کل (هزاررریال در هکتار)	بازده ناخالص (هزاررریال در هکتار)	تغییرات بازده ناخالص (هزاررریال در هکتار)	نرخ تغییرات (درصد)	رتبه در سال
۱	کودحیوانی+ ٪۷۵ NPK	سال اول	۳۷۵۰	۲۴۰۰	۷۰۰	۶۸۵۰	۵۲۵۰۰۰	۵۱۸۱۵۰	۱۵۵۶۵۰	۴۲/۹۴	۱
۲	کود حیوانی+ ٪۵۰ NPK		۲۵۰۰	۲۴۰۰	۷۰۰	۵۶۰۰	۴۰۵۰۰۰	۳۹۹۴۰۰	۳۶۹۰۰	۱۰/۱۸	۲
۳	٪۱۰۰ NPK		۵۰۰۰	۰	۰	۵۰۰۰	۳۶۷۵۰۰	۳۶۲۵۰۰	۰	۰	۳

۱	کود حیوانی+ ٪۷۵ NPK		۳۷۵۰	۲۴۰۰	۷۰۰	۶۸۵۰	۹۳۵۰۰	۸۶۶۵۰	۲۱۹۵۰	۳۳/۹۳	۱
۲	کود حیوانی+ ٪۵۰ NPK	سال دوم	۲۵۰۰	۲۴۰۰	۷۰۰	۵۶۰۰	۸۱۶۰۰	۷۶۰۰۰	۱۱۳۰۰	۱۷/۴۷	۲
۳	٪۱۰۰ NPK		۵۰۰۰	۰	۰	۵۰۰۰	۶۹۷۰۰	۶۴۷۰۰	۰	۰	۳

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشـان داد در تیمار اول که ۲۰ تن کود حیوانی پوسـیده توام با ۷۵ درصـد کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک در هکتار اسـتفاده شـده بود، در سال اول باعث افزایش ۴۳درصدی عملکرد لوبیا(۳۵۰۰ کیلوگرم) نسبت به تیمار سـوم(شاهد= ۲۴۵۰ کیلوگرم) شده است و در سال دوم نیز افزایش ۳۴ درصدی گندم(۵۵۰۰ کیلوگرم در برابر ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) شـده اسـت. نتایج این آزمایش نشـان داد، کودهای شیمیایی با افزایش رشد رویشی گیاه، عملکرد زیستی را افزایش داده، در حالی که کودهای حیوانی عملکرد دانه(عملکرد اقتصادی) را افزایش داده‌اند. کودهای حیوانی علاوه بر افزایش عملکرد، موجب بهبود خصـوصـیات فیزیکی و شـیمیایی خاک مانند کربن آلی، فسـفر و پتاسیم قابل جذب نیز شده‌اند. با توجه به بافت سـبک و مواد آلی کم خاک های شـمال اسـتان فارس و کمبود آب ، برای حصول عملکرد سه تن لوبیا و شش تن گندم در هر هکتار مصـرف ۲۰ تن کود دامی پوسـیده همراه با ۷۵ درصـدکودهای شـیمیایی بر اسـاس آزمون خاک در هر هکتار توصـیه می‌گردد.

فهرست منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، عبدشـــاه، ه.، کاظمی آ. و رفیعی م. (۱۳۹۸). آمارنامه کشـــاورزی، محصـــولات زراعی. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول، ۱۲۴ص.

-جلیلی، ف. (۱۳۹۶). اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد گندم و برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۷ شماره ۳ صفحه۲۰۹ - ۱۹۹ .

-حسـین طلایی، ق.، امینی دهقی م. (۱۳۹۳). تأثیر کودهای زیسـتی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی زیره سـبز(*Cuminum cyminum* L.) . دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۳۰ ، شماره ۶، صفحه ۹۴۲-۹۳۲.

- خودشـناس،م. ع. و دادیور، م. (۱۳۸۶). بررسـی وضـعیت پراکنش فسـفر خاکهای زیر کشـت لوبیا در استان مرکزی، دومین همایش ملی حبوبات ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران. ۱۵-۱۴آذر.تهران.ص۳۹.

-داوری نژاد، غ.ح.، حق نیا، غ.ح. و لکزیان، ا. (۱۳۸۳). تاثیر کودهای دامی و کمپوست غنی شده بر عملکرد گندم، مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد۱۸ شماره۱.

-سلطانی،غ.ر. و نجفی س.ب. (۱۳۸۵). اقتصاد کشاورزی. ویرایش سوم. چاپ اول. مرکز نشر دانشگاهی. تهران.

-شیدای کرکج، ا.، سپهری، ع.، بارانیف ح. و معتمدی، ج. (۱۳۹۶). ارتباط ذخیره کربن آلی خاک با برخی ویژگیهای خاک در مراتع آذربایجان شرقی، نشریهٔ علمی پژوهشی مرتع، سال یازدهم، شمارهٔ دوم، صفحات ۱۳۸-۱۲۵.

-نجفی، ن.، مصـطفایی, م.، دباغ محمدی نسـب، ع. و اوسـتان، ش. (۱۳۹۲). اثر کشـت مخلوط و کود دامی بر رشد، عملکرد و غلظت پروتئین ذرت، لوبیا و گاودانه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، دوره ۲۳ شماره۱.

-میرزاشاهی، ک و بازرگان، ک. (۱۳۹۴). مدیریت ماده آلی خاک، نشریه فنی ۵۳۵، موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۹ص.

- Bicheldey, T.K. and Latushkina, E. (2010). Biogass emission prognosis at the landfills. Int. J. Environ. Sci. Tech., 7(4): 623-628.

-Durán Zuazo, V.H. and Rodríguez Pleguezuelo, C.R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review, Agron. Sustain. Dev., 28: 65–86.

-Jahan, M., Aryaee, M., Amiri, M.B. and Ehyaee, H.R. (2013). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of Lathyrus sp. and Persian clover (Trifolium resopinatum L.). J. Agroec. 1 (5): 1-15.

-Komatsuzaki, M. and Ohta, H. (2007). Soil management practices for sustainable agro-ecosystems, Sustain. Sci., 2: 103–120.

-Madrid, F., Lopez, R. and Cabera,F. (2007). Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming condition. J Agric Ecosystem Environ 119: 249-256.

-Mkhabela, T.S. (2012). Areview of the use of manure in small-scale crop production system in South Africathin. Journal of plant Nutrition, 29: 1157-1158.

-Montemurro, F., Maiorana, M., Convertini, G. and Ferri, D. (2007). Alternative sugar beet production using shallow tillage and municipal solid waste fertilizer, Agron. Sustain. Dev., 27: 129–137.

-Sharma, A.K. (2002). Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407p.

-Singh, R. and Singh M. (2007). Effect of organic manures and fertilizers on organic matter and nutrients status of the soil. Agronomy and Soil Science, 53(5), 519-528.

-Smith, P. (2002). Organic matter modelling. In: Lal, R. ed. Encyclopedia of Soil Science Marcel Dekker, Inc., New York, New York, USA.

-Van-Camp, L., Bujarrabal, B.,. Gentile, A.R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal,C. and Selvaradjou,S.K. (2004). Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection, EUR 21319 EN/3, 872 p., Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

-Wang, YN., Xu, M., Li, ZH., Lou, Y., Chen, Y., Wu, CH. and Wang, ZH. (2015). 23-year manure and fertilizer application increases soil organic carbon sequestration of a rice–barley cropping system. Biol Fertil Soils. DOI 10.1007/s00374-015-1007-2.

اثر خاک‌ورزی و نیتروژن بر عملکرد و شاخص تغذیه نیتروژن گندم در یک خاک آهکی

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش عملکرد و شاخص تغذیه نیتروژن در گندم به افزایش سطوح نیتروژن و روش‌های خاک‌ورزی، پژوهشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۵ به‌صورت کرت‌های دو بار خُرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زرقان، استان فارس اجرا گردید. فاکتور اصلی خاک‌ورزی با سه روش شخم رایج، کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی، فاکتور فرعی شامل بقایای ذرت (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) با دو سطح حذف و حفظ ۳۰ درصد بقایا و فاکتور فرعی-فرعی شامل مقادیر نیتروژن خالص در چهار سطح صفر، ۱۰۱، ۱۵۲ و ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود اوره) بود. نتایج نشان داد عملکرد دانه گندم (۵۲۶۶ کیلوگرم در هکتار) با افزایش نیتروژن از ۱۰۱ به ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار در سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای ذرت افزایش یافت. در مقابل، کاربرد مقادیر بیشتر و کمتر از ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب باعث افزایش و کاهش شاخص تغذیه نیتروژن نسبت به یک شد. به‌طور کلی، جایگزین کردن روش کم خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج در شرایط نگهداری بقایای ذرت و کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند موجب بهبود شاخص تغذیه نیتروژن و حفظ پتانسیل عملکرد دانه گندم در تناوب با ذرت گردد.

واژگان کلیدی: حفظ بقایا، عملکرد گندم، شاخص تغذیه نیتروژن، کم خاک‌ورزی.

مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به تمایل کشاورزان به‌ویژه مناطق جنوبی کشور مانند استان فارس، اتخاذ و بکارگیری سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی شامل کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی در مقابل خاک‌ورزی رایج به عنوان سازوکاری موثر برای حفظ پتانسیل عملکرد دانه از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در کشت ممتد گندم و یا تناوب گندم-ذرت با افزایش همراه بوده است (Mirzavand, 2019). در رابطه با تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد در شرایط مختلف، گزارش‌های متفاوتی شامل تاثیر مثبت (Jalali and Sfandiari, 2016)، منفی و عدم تاثیر (Małecka *et al*., 2015) وجود دارد. به عبارت دیگر، پاسخ عملکردی محصول به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی تابع نوع محصول، شرایط آب و هوایی منطقه و سامانه کشت (دیم یا آبی) می‌باشد. با توجه به محدودیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که در مناطق جنوبی کشور تحت عملیات خاک‌ورزی رایج و کاهش ماده آلی خاک تشدید شده است، استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه را جهت حفظ پتانسیل عملکرد گیاه زراعی اجتناب ناپذیر می‌کند (Rial-Lovera *et al*., 2016). تعیین و پایش شاخص تغذیه نیتروژن روشی موثر در تشخیص زمان و مقدار مناسب کاربرد نیتروژن مورد نیاز گیاه در مزرعه است. این شاخص که براساس خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه می‌باشد، از غلظت واقعی نیتروژن به غلظت نیتروژن بحرانی (حداقل غلظت نیتروژن مورد نیاز گیاه جهت حداکثر رشد و نمو) محاسبه می‌شود. در صورتی که این شاخص نزدیک به یک باشد، نشان دهنده این است که گیاه برای رشد حداکثر، با کمبود نیتروژن مواجه نیست. در حالی‌که مقادیر بیشتر از یک معرف مصرف بیش از حد و کمتر از یک معرف کمبود نیتروژن در گیاه است (Moeinirad *et al*., 2019). در ایران تحقیقات اندکی در زمینه ارزیابی مدیریت نیتروژن در مزارع گندم با استفاده از شاخص تغذیه نیتروژن به‌ویژه در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی صورت گرفته است. هدف از این پژوهش بررسی اثرات روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و شاخص تغذیه نیتروژن در گندم در زرقان استان فارس بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۷) در مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان، فارس، در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی رایج (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و تراز کردن به وسیله‌ی ترازکننده کششی)، کم خاک‌ورزی (یک بار استفاده از خاک‌ورز مرکب متشکل از پنجه غازی و روتاری) و بی خاک‌ورزی (بدون هیچ‌گونه عملیات شخم یا خاک‌ورزی)، مدیریت بقایای گیاهی ذرت در دو سطح (حفظ و حذف تمام بقایای ذرت از سطح خاک) به عنوان فاکتور فرعی و مقادیر نیتروژن (صفر، ۱۰۱، ۱۵۲ و ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی-فرعی بود. نیتروژن مورد نیاز گندم از منبع کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) تامین شد. بافت خاک مزرعه از نوع لُوم رُس سیلتی بود که میزان نیتروژن خاک قبل از اعمال تیمارها ۰/۰۷ درصد تعیین شد. برای کشت گندم (رقم چمران) از خطی کار کشت مستقیم (بذرکار-کودکار اسفوجیا، ۱۷ ردیفه، عرض کار سه متر و شیار بازکن دیسکی) و برای کشت ذرت (هیبرید سیگل کراس ۷۰۴) از ردیف کار کشت مستقیم (ردیفکار برتینی، پنج ردیفه و با عرض کار سه متر) استفاده گردید. ابعاد هر کرت فرعی ۲۰×۶ متر با فاصله دو متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. در زمان برداشت، بوته‌های گندم از مساحت دو مترمربع به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای با دست بریده و برداشت شدند. نمونه‌های گیاهی برداشت شده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. ویژگی‌های مورد مطالعه شامل عملکرد دانه و شاخص تغذیه نیتروژن[1] در گندم بود. بدین منظور غلظت نیتروژن دانه و شاخساره به روش کلجدال تعیین شد. نیتروژن کل گندم از مجموع نیتروژن در قسمت‌های دانه و شاخساره گندم با توجه به غلظت نیتروژن و وزن خشک گیاه محاسبه گردید. از رابطه زیر جهت تعیین شاخص تغذیه نیتروژن استفاده شد (Justes *et al*., 1994).

$$NNI = \frac{Nms}{\mathrm{Nc}} \qquad (۱)$$

در اینجا NNI شاخص تغذیه نیتروژن، Nms غلظت نیتروژن گیاه در مرحله گلدهی و Nc غلظت بحرانی نیتروژن می‌باشد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد و جهت رسم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. بررسی داده‌های دما و بارندگی در طول دو سال زراعی نشان داد در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ میانگین دمای هوا نسبت به سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۳/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بود و در همین سال میزان بارندگی حدود ۱/۸ برابر با افزایش همراه بود که می‌تواند منجر به تغییراتی در میزان عملکرد دانه و شاخص تغذیه نیتروژن در گندم بگذارد و از این‌رو مقایسه میانگین‌ها برای هر سال زراعی جداگانه انجام شد.

[1] Nitrogen Nutrition Index; NNI

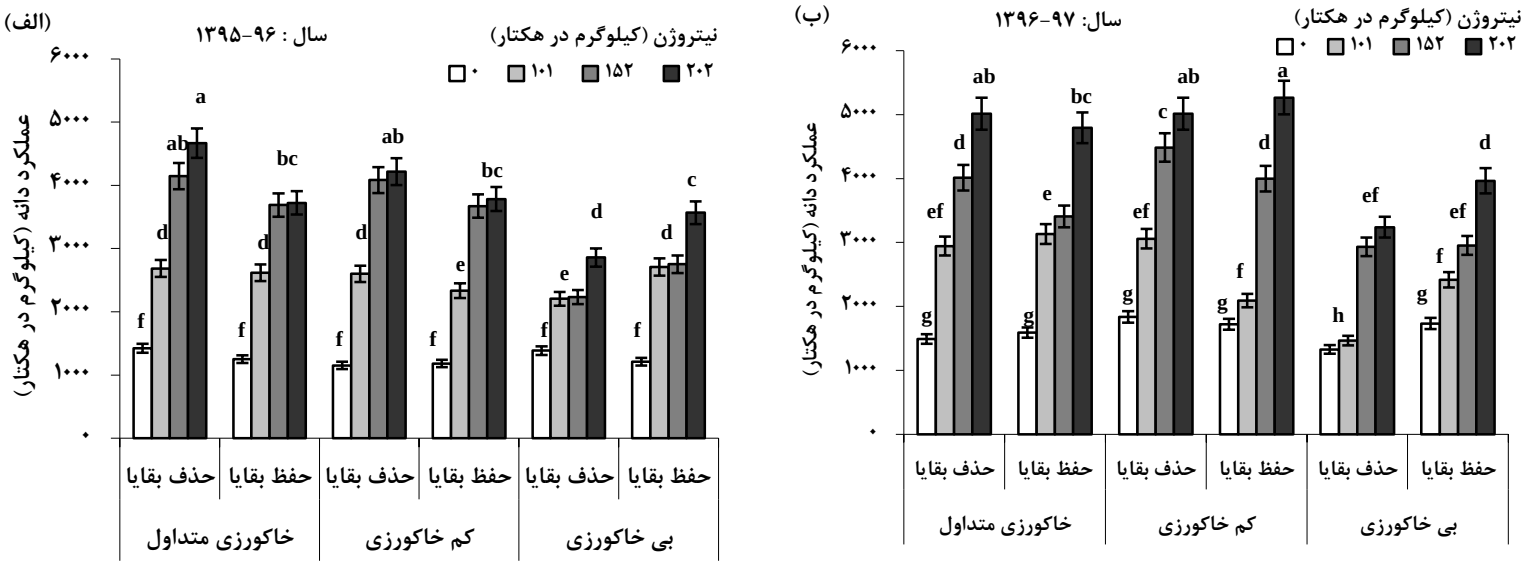
نتایج و بحث

در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیشترین عملکرد دانه گندم (۴۶۶۷ کیلوگرم در هکتار) در سامانه خاک‌ورزی رایج با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حذف بقایا به دست آمد که نسبت به کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی به ترتیب ۱۰/۶۷ و ۶۳/۲۶ درصد بیشتر بود. در شرایط کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، انجام عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا منجر به کاهش ۱۰/۲۷ درصدی عملکرد دانه گندم شد (شکل ۱ الف). در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷، بیشترین عملکرد دانه گندم (۵۲۶۶ کیلوگرم در هکتار) در سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که نسبت به حذف بقایا پنج درصد بیشتر بود. در شرایط کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین عملکرد دانه گندم (۴۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) در سامانه کم خاک‌ورزی و حذف بقایا به دست آمد (شکل ۱ ب). براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، کاهش دفعات شخم و باقی گذاشتن بقایای گیاهی نقشی موثر در بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک دارد و این امر به تدریج منجر به افزایش ماده آلی و کاهش تبخیر آب از سطح خاک می‌گردد. بنابراین، با افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حتی زیستی در محیط خاک، شرایط رشد و نمو گیاه زراعی بهبود می‌یابد و به دنبال آن عملکرد محصول افزایش خواهد یافت (Romero-Perezgrovas *et al*., 2014). علیجانی و همکاران (Alijani *et al*., 2011) گزارش کردند که نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک اغلب موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد، اما در برخی شرایط، به دلایل مختلفی چون کمبود ادوات مناسب و ناکافی بودن دانش کشاورزان در مدیریت بقایا، موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شود. هم‌چنین، کاهش استقرار و رشد اولیه گیاهچه، تاخیر در استقرار و تغییر خصوصیات فیزیکی خاک از عوامل کاهش عملکرد در سامانه بی خاک‌ورزی گزارش شده است (Mohammadi *et al*., 2009).

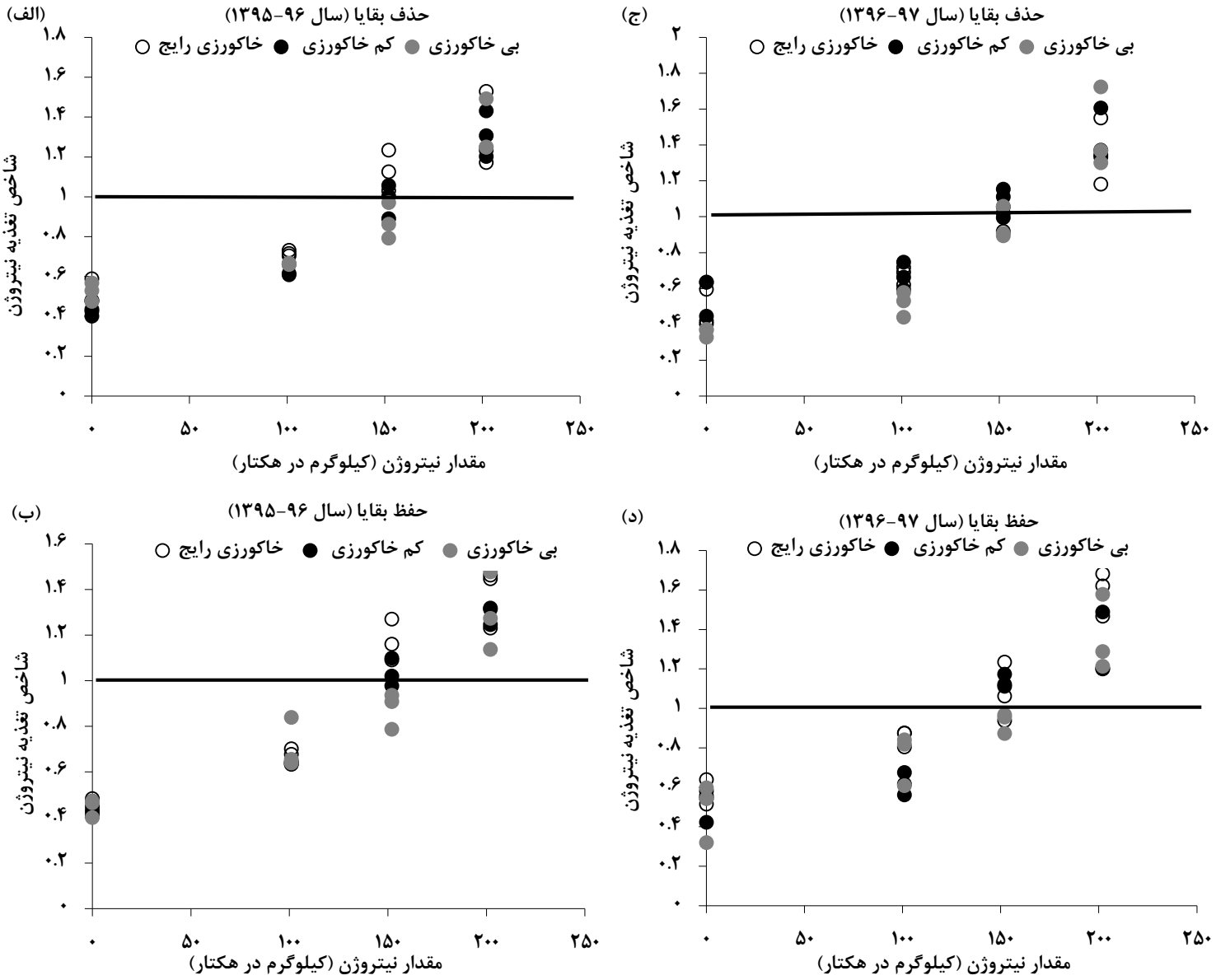
در هر دو سال زراعی، شاخص تغذیه نیتروژن گندم با کاربرد نیتروژن بیشتر همواره افزایش یافت. هم‌چنین، مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن در سال زراعی دوم به مراتب بیشتر از سال زراعی اول بود. در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، شاخص تغذیه نیتروژن گندم برابر عدد یک (۰/۹۸ در شرایط حذف بقایا (شکل ۲ الف) و ۱/۰۳ در شرایط حفظ بقایا (شکل ۲ ب) با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سامانه کم خاک‌ورزی حاصل شد. در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، شاخص تغذیه نیتروژن برابر عدد یک (۰/۹۹) در سامانه کم خاک‌ورزی و در شرایط حذف بقایا (شکل ۲ ج) و سپس در سامانه بی خاک‌ورزی و حفظ بقایا (۰/۹۵) زمانی به دست آمد که ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شد (شکل ۲ د). کاربرد مقادیر بیشتر و کمتر از ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب باعث افزایش و کاهش شاخص تغذیه نیتروژن نسبت به عدد یک شد. در مطالعه حاضر، مقادیر میانگین شاخص تغذیه نیتروژن که به مقدار یک نزدیک‌تر بود در شرایط حفظ بقایا در سامانه خاک-ورزی حفاظتی به ویژه کم خاک‌ورزی با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که نشان دهنده فاصله ناچیزی بین وضعیت واقعی (موجود) تغذیه نیتروژن گندم و وضعیت مطلوب تغذیه نیتروژنی می‌باشد که با نتایج سایر پژوهش‌ها هم‌خوانی داشت (Zhao *et al*., 2017). این در حالی است که با مصرف بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص تغذیه نیتروژن در تمام سامانه‌های خاک‌ورزی بیشتر از یک شد که این موضوع حاکی از مصرف تجملی کود در مزرعه بود که با نتایج پژوهش معینی‌راد و همکاران (Moeinirad *et al*., 2019) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد جایگزین کردن سامانه خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه کم خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج در شرایط نگهداری بقایای ذرت و کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند موجب بهبود شاخص تغذیه نیتروژن و حفظ پتانسیل عملکرد دانه گندم در تناوب با ذرت در مناطق خشک و نیمه خشک ایران گردد.



شکل۱- اثر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه گندم در تناوب گندم-ذرت در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل ۴- اثر روش‌های خاکورزی و مقادیر نیتروژن بر شاخص تغذیه نیتروژن گندم در مقایسه حذف بقایا در سال زراعی ۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

منابع

Alijani, Kh., Bahrani, M.J., Kazemeini, S.A.R. (2011). Effect of tillage methods and corn residue on growth, yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3), 113-122. (In Persian).

Jalali, A.H., Sfandiari, H. (2016). Effect of tillage systems and crop rotations on wheat yield. *Journal of Plant Productions*, 39(2), 43-56. (In Persian).

Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Machet, J.M., Thelier-Huche, L. (1994). Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany*, 74, 397-407.

Małecka, I., Blecharczyk, A., Sawinska, Z., Swędrzyńska, D., Piechota, T. (2015). Winter wheat yield and soil properties response to long-term non-inversion tillage. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 1571-1584.

Mirzavand, J. (2019). Soil organic matter changes and crop yield in conservation and conventional tillage systems under wheat-corn rotation in Zarghan region (Fars Province, Iran). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(2), 121-133. (In Persian).

Moeinirad, A., Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S. (2019). Study of nitrogen nutrition index, seedling index, concentration nitrogen and wheat yield in different nutritional regimens. *Journal of Plant Ecophysiology*, 11, 163-177. (In Persian).

Mohammadi, Kh., Nabi-Allahi, K., Aghaalikhani, M., Khoormali, F. (2009). Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rain-fed wheat. *Journal of Plant Production*, 16(4), 77-91. (In Persian).

Rial-Lovera, K., Davies, W.P., Cannon, N.D., Conway, J.S. (2016). Influence of tillage systems and nitrogen management on grain yield, grain protein and nitrogen-use efficiency in UK spring wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 154(8), 1437-1452.

Romero-Perezgrovas, R., Verhulst, N., Delarosa, D., Hernandez, V., Maertens, M., Deckers, J., Govaerts, B. (2014). Effects of tillage and crop residue management on corn yields and net returns in the Central Mexican Highlands under drought conditions. *Soil Science Society of China*, 24: 476-486.

Zhao, B., Ata-Ul-Karim, S.T., Liu, Z., Xiao, J., Liu, Z., Qin, A. (2017). Development of a critical nitrogen dilution curve based on leaf dry matter for summer maize. *Field Crops Research*, 208, 60-68.

Effect of Tillage and Nitrogen on Yield and Nitrogen Nutrition Index of Wheat in a Calcareous Soil

Abstract

Field experiment was conducted in 2015 in Zarghan, Fars province to evaluate the effects of tillage methods and nitrogen (N) rates on wheat yield response and nitrogen nutrition index (NNI) based on split split-plot with three replications. Treatments were, tillage (Conventional tillage, CT; Reduced tillage, RT; No Tillage, NT) as main plots, with and without corn residue (at 30% residue retained and removed) as sub plots, and pure N rates (0, 101, 152, and 202 kg N ha^{-1} from Urea source) as sub sub-plots. Results showed that the wheat yields (5266 kg ha^{-1}) were tended to be increased with increasing N rates from 101 to 202 kg N ha^{-1} under RT with corn residue retention. In contrast, NNI values <1, around 1, >1 were recorded at <152, 152, >152 kg ha^{-1} of N applied, respectively. Our research has shown that replacing RT with CT method with corn residue retention and 152 kg N ha^{-1} can greatly improve NNI and protect wheat grain yield under wheat- and corn in a rotation.

Keywords: Nitrogen Nutrition Index, Residue Retention, Reduced Tillage, Wheat yield.

ارزیابی خطر فلزات سنگین گرد و غبار اتمسفری منطقه صنعتی اراک با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو

عباس طاعتی[1*]، محمد حسن صالحی[1]، جهانگرد محمدی[1]، رضا مهاجر[2]

۱-گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲-گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور. تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: taatyabbas@yahoo.com

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی خطر فلزات سنگین گرد و غبار اتمسفری منطقه صنعتی اراک با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو انجام شد. خطر سلامتی غیر سرطانی فلزات سنگین برای کودکان و بزرگسالان با استفاده از شاخص خطر غیر سرطانی (HQ) و شاخص خطر تجمعی غیر سرطانی (HI) محاسبه شد. به منظور تعیین متغیرهای مهم در ارزیابی خطر، آنالیز حساسیت انجام شد. نتایج نشان داد که میانگین و صدک ۹۵ شاخص خطر تجمعی غیر سرطانی (HI) برای کودکان به ترتیب ۸/۱۴ و ۱۸/۴ به دست آمد که بیشتر از سطح ایمن (HI=۱) است و نشان‌دهنده اثرات بیماری‌های غیر سرطانی بر اکثر جمعیت کودکان منطقه مورد مطالعه است. میانگین شاخص HI بزرگسالان کمتر از یک (۰/۷۵) و برای صدک ۹۵، ۱/۷۱ به دست آمد که بیان کننده خطر بالقوه برای سلامتی است. مقایسه مقادیر به دست آمده از رویکرد قطعی (deterministic approach) نشان داد مقدار HI بالاتر از مقادیر شبیه‌سازی مونت کارلو (monte carlo simulation) است که این بیش برآورد ممکن است به دلیل عدم قطعیت باشد. آنالیز حساسیت نشان داد که مدت زمان قرار گرفتن در معرض فلزات (ED) با ۸۳٪ مهمترین فاکتور ورودی است که در ارزیابی خطر مؤثر است.

کلمات کلیدی: شاخص خطر غیر سرطانی، آنالیز حساسیت، سطح ایمن، رویکرد قطعی

مقدمه

یکی از پدیده‌های مهم در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، گرد و غبار می‌باشد که از جمله مهم‌ترین مسائل زیست محیطی در این مناطق محسوب می‌شود. گرد و غبار منبع اصلی و سینک ذرات اتمسفری است و اغلب حاوی دامنه وسیعی از مواد شیمیایی، فلزات سنگین، ترکیبات آلی و معدنی است. از آن‌جایی که گرد و غبار به عنوان حامل فلزات سنگین در اتمسفر عمل می‌کند، فرونشست اتمسفری نیز یکی از منابع اصلی و مهم فلزات سنگین به اکوسیستم‌های خاکی و به ویژه خاک‌های کشاورزی محسوب می‌گردد (Chen et al. 2014; Soriano et al. 2012). اگرچه فرآیندهای طبیعی می توانند تعدادی از آلاینده های زیست محیطی را وارد اتمسفر کنند اما مقادیر قابل توجهی از آلاینده ها توسط فعالیت‌های انسانی مانند معدن کاری، فعالیت های صنعتی، فعالیت‌های کشاورزی، جاده‌های خاکی، فعالیت‌های ساختمانی، احتراق سوخت‌های فسیلی و تعلیق مجدد خاک‌های آلوده تولید می‌شوند که تهدیدی برای سلامتی انسان و محیط زیست است. فلزات موجود در گرد و غبار می‌توانند مستقیماً از طریق تنفس وارد بدن انسان شوند در بافت چربی انسان و اندام های داخلی انباشته شوند، و به دلیل سمی بودن و عدم تجزیه پذیری، باعث ایجاد خطر برای سلامتی انسان شود (Qing et al. 2015). شبیه‌سازی مونت کارلو یکی از رایج‌ترین روش‌هایی است که برای آنالیز عدم‌قطعیت ارزیابی خطر غیر سرطان‌زایی و سرطان‌زایی سلامتی انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. و به طور گسترده‌ای درپژوهش‌های مختلف استفاده شده است. این تکنیک، روش کمی را برای تخمین توزیع احتمال برای قرارگرفتن در معرض خطرات و اعتبار مدل فراهم می‌کند و اطلاعات بیشتری را برای تصمیم‌گیران محیط زیست ارائه می‌دهد. این روش در پژوهش‌های مختلف استفاده شده است. به عنوان مثال: Tong et al. (2018) شبیه‌سازی مونت کارلو را برای ارزیابی خطر گرد و غبار ساختمانی شهر پکن به کار بردند. پنج منطقه مسکونی بلند مرتبه بر اساس پروژه‌های مسکونی بلند مرتبه و چرخه‌های طولانی ساخت و ساز انتخاب شد. نتایج نشان داد خطر سلامتی برای کارگران فقط در یک منطقه بیشتر از حد قابل قبول بود. آنالیز حساسیت نشان داد

که میانگین زمان قرار گرفتن در معرض گرد و غبار (AT) و مدت زمان قرار گرفتن (ED) تأثیر بیشتری در ارزیابی خطر سلامتی دارند. Karimian et al. (2021) از تکنیک مونت کارلو برای ارزیابی خطر خاک‌های آلوده به فلزات سنگین محل دفن زباله در تهران استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که شاخص غیر سرطانی برای کودکان ۶/۵ برابر بیشتر از بزرگسالان بود. مقدار افزایش سرطان در طول زندگی بزرگسالان ($۱/۴ \times ۱۰^{-۴}$) بیشتر از کودکان ($۱/۲ \times ۱۰^{-۴}$) به دست آمد.

با توجه به اینکه شهر اراک یکی از قطب‌های اصلی صنعتی کشور و جزء هشت شهر آلوده ایران است (انصاری و جمشیدی، ۱۳۹۷). تاکنون مطالعه‌ای در مورد ارزیابی خطر فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری این منطقه انجام نشده است. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی خطر فلزات سنگین گرد و غبار اتمسفری منطقه صنعتی اراک، واقع در استان مرکزی با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی اطراف مجموعه صنایع پالایشگاه امام خمینی (ره)، پتروشیمی، نیروگاه حرارتی برق و معدن سرب و روی عمارت در منطقه شازند است که در محدوده‌ی طول‌های جغرافیایی ۴۹ ° ۲۲′ تا ۴۹ °۳۷′ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۳° ۵۰′ تا ۳۴° ۰۳′ شمالی قرار دارد. به منظور تهیه نمونه گرد و غبار اتمسفری و مطالعه غلظت فلزات سنگین، بر روی ۳۸ پشت‌بام ساختمان‌های یک طبقه (دارای ارتفاع حدود ۳ متر از سطح زمین) با پراکنش مکانی مناسب، تله‌های نمونه‌گیری گرد و غبار اتمسفری نصب شد. این تله‌ها از صفحات شیشه‌ای مربعی شکل با ابعاد ۱ × ۱ متر و یک مش پلاستیکی با منافذ ۲ × ۲ میلی‌متر تشکیل شده بود. نمونه‌های گرد و غبار در یک بازه زمانی ۸۰ روزه (۷ تیر تا ۲۵ شهریور ۱۳۹۷) جمع‌آوری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و آماده‌سازی آن‌ها، غلظت کل فلزات سنگین به روش هضم با اسید نیتریک ۴ نرمال عصاره‌گیری و مقادیر مس، کادمیم سرب، نیکل، روی و کبالت توسط دستگاه جذب اتمی، آرسنیک توسط دستگاه ICP-OES قرائت شد. غلظت جیوه نیز به به طور مستقیم توسط دستگاه AMA 254 تعیین شد.

ارزیابی مواجهه و خطر بیماری‌های غیر سرطانی

مردم معمولاً از سه طریق بلع، استنشاق و تماس پوستی در معرض فلزات سنگین در گرد و غبار قرار می‌گیرند. این سه روش در معرض قرار گرفتن غالباً برای ارزیابی خطر افراد ساکن در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواجهه با فلزات سنگین به وسیله جذب روزانه فلزات (ADD) ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$) و با استفاده از معادلات (۳-۱) محاسبه شد (USEPA, 2001):

$$ADD_{ingest} = [(C_i \times IngR \times CF \times EF \times ED)/(BW \times AT_{noncarc})] \quad (۱)$$

$$ADD_{inhale} = [(C_i \times InhR \times EF \times ED)/(PEF \times BW \times AT_{noncarc})] \quad (۲)$$

$$ADD_{dermal} = [(C_i \times SA \times CF \times AF \times ABS \times EF \times ED)/(BW \times AT_{noncarc})] \quad (۳)$$

که در آن ADD_{ingest}، ADD_{inhale} و ADD_{dermal} به ترتیب مقدار میانگین جذب روزانه فلزات (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی است. C غلظت فلزات در گرد و غبار (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، IngR و InhR به ترتیب نرخ بلع (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و تنفس گرد و غبار (متر مکعب در روز)، CF فاکتور تبدیل، EF فراوانی قرار گرفتن در معرض فلزات (روز در سال)، ED مدت زمان قرار گرفتن در معرض فلزات (روز)، PEF فاکتور انتشار ذرات (متر مکعب بر کیلوگرم)، BW میانگین وزن بدن (کیلوگرم) و AT مدت زمان قرار گیری در معرض هر مقدار از فلزات به طور میانگین (روز)، SA ناحیه‌ای از پوست که با گرد و غبار در تماس است (سانتی‌متر مربع)، AF ضریب چسبندگی گرد و غبار (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع) و ABS فاکتور جذب سطحی پوست است.پس از اینکه میانگین جذب روزانه فلزات (ADD) هر مسیر محاسبه شد، برای ارزیابی خطر غیر سرطان‌زایی برای هر فلز از شاخص خطر (HQ) طبق معادله (۴) محاسبه شد:

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (۴)$$

که در آن RfD نشان‌دهنده مقدار مرجع (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) است و به عنوان تخمینی از قرار گرفتن روزانه انسان در مسیرهایی است که در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرد. با توجه به ارزیابی خطر کل فلزات سنگین، مقادیر محاسبه شده HQ برای فلزات سنگین جمع شد و به عنوان شاخص خطر تجمعی غیر سرطانی (HI) بیان گردید. سپس HI با استفاده از معادله ۵ محاسبه گردید.

$$HI = \sum HQ = HQ_{ingest} + HQ_{inhale} + HQ_{dermal} \quad (۵)$$

اگر HI <۱ (سطح ایمن) باشد، فرد در معرض احتمال تأثیر نامطلوب و نگران کننده‌ای قرار نمی‌گیرد، در مقابل HI > ۱ ، احتمال تأثیرات بیماری‌های غیر سرطانی با افزایش مقدار HI افزایش می‌یابد. در این مطالعه برای شبیه‌سازی از نرم افزار Crystal Ball 11 انجام شد. به منظور اطمینان از نتایج معتبر ۱۰۰۰۰ تکرار در نظر گرفته شد. همچنین برای انتخاب پارامترهایی که بیشترین تأثیر را در ارزیابی خطر داشتند از آنالیز حساسیت استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های آماری غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین مقادیر غلظت فلزات سنگین به لحاظ ترتیب به صورت Zn > Pb > Ni > As > Cu > Co > Cd > Hg بود. ۱۰۰ ٪ نمونه‌های گرد و غبار برای فلزات Cd، Zn و As غلظتی بیشتر از مقدار زمینه دارند. در مورد فلزات Ni و Hg هیچ نمونه‌ای بالاتر از مقدار زمینه نبود. به علت وجود صنایع پالایشگاه، پتروشیمی و نیروگاه حرارتی و انتشار گازهای خروجی از این صنایع و همچنین معدن سرب و روی از عوامل ایجاد آلودگی این فلزات به اتمسفر بوده و باعث رسوب در سطح خاک شده و در نهایت با انتقال به زنجیره غذایی تهدیدی برای سلامت انسان و اکوسیستم‌های اطراف است Doabi et al. (2017) با بررسی فلزات سنگین در گرد و غباراتمسفری استان کرمانشاه، میانگین غلظت فلزات Zn، Cu، Ni و Cr را بالاتر از مقدار زمینه به دست آوردند.

جدول۱- برخی خصوصیات آماری غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار منطقه مورد مطالعه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

	Co	Hg	As	Zn	Ni	Cu	Pb	Cd
میانگین	۸/۵	۰/۰۶	۴۰	۲۶۴/۴	۴۹/۸	۱۹	۶۶/۶	۱
حداقل	۳/۱	۰/۰۱	۹/۲	۷۹/۸	۲۸/۱	۸/۵	۲۰/۲	۰/۵
حداکثر	۱۵/۷	۰/۱۸	۶۰	۱۱۴۰/۶	۶۸/۳	۳۴/۶	۳۰۹/۱	۲/۷
درصد نمونه‌های بیشتر از زمینه	۸	-	۱۰۰	۱۰۰	-	۱۰	۸۴	۱۰۰

ارزیابی خطرپذیری سلامت فلزات سنگین

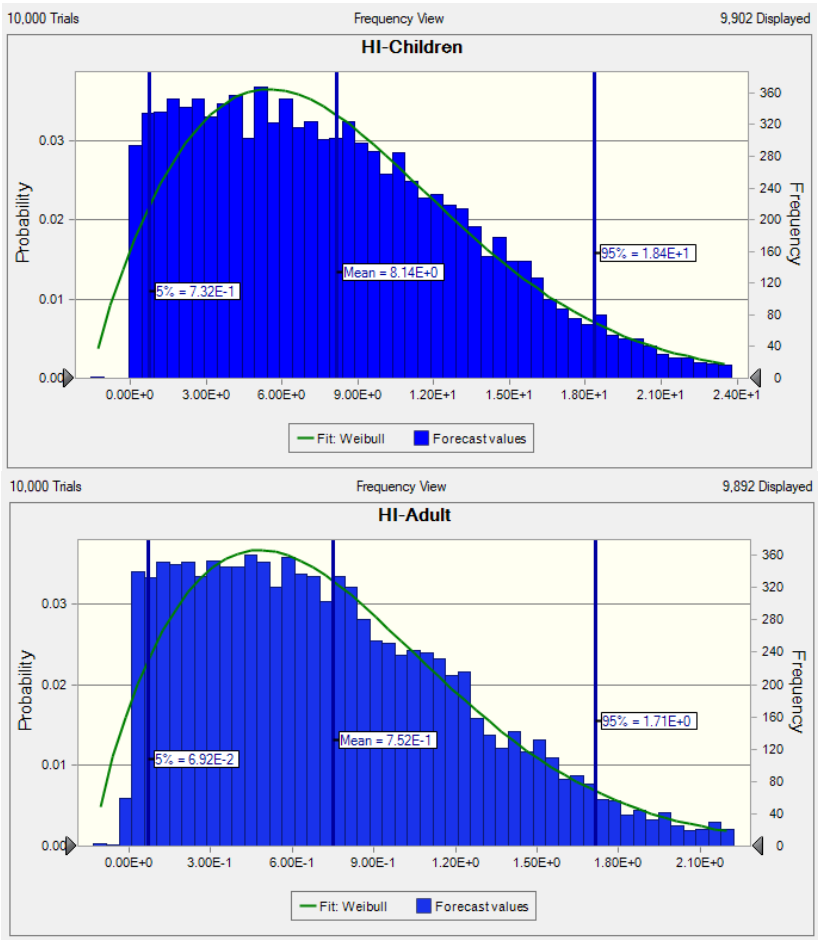
شاخص خطر غیر سرطانی (HQ) برای فلزات در هر دو گروه سنی (کودکان و بزرگسالان) از سه مسیر بلع، تنفس و تماس پوستی و همچنین شاخص خطر تجمعی غیر سرطانی (HI) در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار HQ برای کودکان و بزرگسالان به صورت استنشاق < تماس پوستی < بلع بود که مشابه مطالعات مرادی باصری و همکاران (۱۳۹۷) و Cui et al. (2020) است. میانگین HI نیز برای هر دو گروه سنی به ترتیب به صورت As > Pb > Ni > Cd > Zn > Cu > Co > Hg بود. مقدار HI محاسبه شده بر اساس رویکرد قطعی (deterministic approach) برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۱۸/۹ و ۱/۷۴ به دست آمد، با توجه به اینکه مقدار HI > ۱ است، نشان‌دهنده اثرات سوء سلامتی بر انسان است که باید مورد توجه قرار بگیرد (Taati et al. 2021).

با توجه به رویکرد احتمالی با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو (monte carlo simulation)، میانگین، صدک ۵ و ۹۵ توزیع HI برای کودکان و بزرگسالان در شکل ۱ نشان داده شده است. میانگین مقدار HI محاسبه شده با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۸/۱۴ و ۰/۷۵ بود. مقدار HI برای کودکان ۱۱ برابر بیشتر از بزرگسالان است، که بیانگر این است که کودکان به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیک و ویژگی‌های رفتاری خاص بیشتر در معرض خطرات فلزات سنگین قرار دارند. مقادیر به دست آمده از رویکرد قطعی بالاتر از مقادیر شبیه‌سازی مونت کارلو به دست آمد که این بیش برآورد ممکن است به دلیل

عدم قطعیت نسبت داده شود (Giri eta al. 2020). Hue et al. (2016) با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو، ارزیابی خطر فلزات سنگین در خاک‌های یک منطقه در حال توسعه کشور چین را مورد بررسی قرار دادند و مقدار HI را برای کودکان و بزرگسالان بر اساس رویکرد شبیه‌سازی کمتر از رویکرد قطعی به دست آوردند. در صدک ۹۵ مقدار HI برای بزرگسالان بیشتر از یک به دست آمد که نشان می‌دهد ۵ ٪ از بزرگسالان در معرض خطرات غیر سرطانی قرار دارند.

جدول۲- شاخص خطر غیر سرطانی (HQ) فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار منطقه مورد مطالعه (رویکرد قطعی)

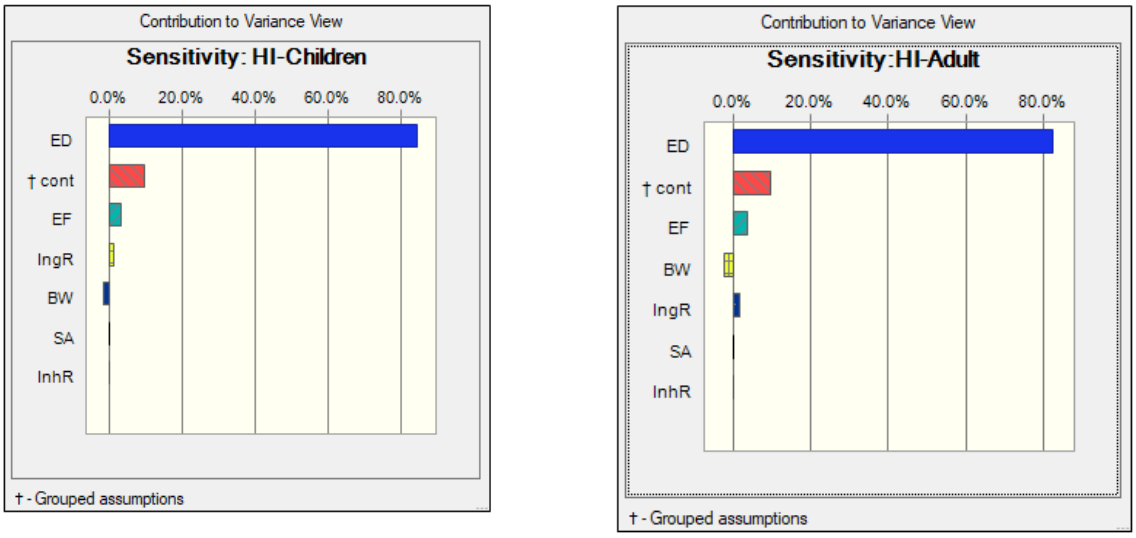
فلزات	HQ بلع		HQ تنفس		HQ جذب پوستی		HI	
	کودکان	بزرگسالان	کودکان	بزرگسالان	کودکان	بزرگسالان	کودکان	بزرگسالان
Cd	$۱/۲ \times ۱۰^{-۲}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۲}$	$۳/۶ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۸ \times ۱۰^{-۷}$	$۳/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۱ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۲}$	$۱/۷ \times ۱۰^{-۳}$
Pb	۱/۷۲	$۱/۲ \times ۱۰^{-۱}$	$۶/۸ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۴ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۶/۴ \times ۱۰^{-۴}$	۱/۷۳	$۱/۲ \times ۱۰^{-۱}$
Cu	۶×۱۰^{-۳}	$۵/۷ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۷ \times ۱۰^{-۷}$	$۸/۴ \times ۱۰^{-۸}$	$۴/۸ \times ۱۰^{-۵}$	۸×۱۰^{-۶}	$۶/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۸ \times ۱۰^{-۴}$
Ni	$۳/۱ \times ۱۰^{-۲}$	$۲/۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۸/۶ \times ۱۰^{-۷}$	$۴/۳ \times ۱۰^{-۷}$	$۲/۷ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۷ \times ۱۰^{-۵}$	$۳/۲ \times ۱۰^{-۲}$	۳×۱۰^{-۳}
Zn	$۱/۱ \times ۱۰^{-۲}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۳/۱ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۲}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۳}$
As	۱۷/۰۸	۱/۶	$۴/۸ \times ۱۰^{-۸}$	$۲/۴ \times ۱۰^{-۸}$	$۹/۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۳}$	۱۷/۱	۱/۶
Hg	$۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۴ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۵ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۷}$	$۶/۱ \times ۱۰^{-۶}$	۱×۱۰^{-۶}	$۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۴ \times ۱۰^{-۴}$
Co	$۵/۴ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۴ \times ۱۰^{-۳}$	۵ $\times ۱۰^{-۴}$	$۲/۶ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۵}$	$۲/۷ \times ۱۰^{-۶}$	$۵/۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۷/۷ \times ۱۰^{-۴}$
							HI=۱۸/۹	**HI=۱/۷۴**



شکل۱- توزیع تجمعی شاخص خطر تجمعی غیر سرطانی (HI) فلزات سنگین گرد و غبار برای کودکان و بزرگسالان

آنالیز حساسیت

نتایج آنالیز حساسیت ارزیابی خطر غیر سرطانی در شکل ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که مدت زمان قرار گرفتن در معرض فلزات (ED) با ۸۳٪ به عنوان فاکتور اصلی تأثیر گذار بر خطر سلامتی برای هر دو گروه سنی جمعیت است،که مطابق با مطالعه Karimian et al. (2021) است. غلظت فلزات (C) نیز به عنوان دومین فاکتور با ۱۰٪ در ارزیابی خطر نقش دارد. بنابر این ED پارامتری است که باید مورد بررسی قرار گیرد تا موجب افزایش دقت نتایج ارزیابی خطر شود.



شکل۲- آنالیز حساسیت خطر غیر سرطانی برای کودکان و بزرگسالان

نتیجه‌گیری

مطالعه ارزیابی خطر فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری منطقه صنعتی اراک با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو نشان داد که میانگین و صدک ۹۵ شاخص خطر تجمعی غیر سرطانی (HI) برای کودکان به ترتیب ۸/۱۴ و ۱۸/۴ به دست آمد که نشان‌دهنده اثرات سوء فلزات سنگین بر اکثر جمعیت کودکان منطقه مورد مطالعه است. در مورد بزرگسالان در صدک ۹۵ مقدار HI بیشتر از یک (۱/۷۱) به دست آمد که نشان می‌دهد ۵٪ از بزرگسالان در معرض خطرات بالای غیر سرطانی قرار دارند. مقایسه مقادیر به دست آمده از رویکرد قطعی نشان داد که مقدار HI بالاتر از مقادیر شبیه‌سازی مونت کارلو به دست آمد که این بیش برآورد ممکن است به دلیل عدم قطعیت که ناشی از عدم آگاهی، کمبود داده و تنوع ذاتی در سیستم‌های زیست محیطی است، نسبت داده شود آنالیز حساسیت نشان داد که مدت زمان قرار گرفتن در معرض فلزات (ED) مهمترین فاکتوری است که در ارزیابی خطر مؤثر است. شبیه‌سازی مونت کارلو اطلاعات فراوانی را برای قرارگرفتن در معرض خطرات و اعتبار مدل فراهم می‌کند و می‌تواند برای مدیریت خطر استفاده شود.

منابع

انصاری، ا. جمشیدی، ر. (۱۳۹۷). شناسایی چشمه ها و ردیابی مسیرهای ورود توفان های گرد و غبار از منابع داخلی به کلان شهر اراک با استفاده از مدل HYSPLIT . علوم محیطی، ۱۶ (۱)،۱۱۰-۱۰۱.

مرادی باصری، م. کمانی، ح. اشرفی، د. بذرافشان، ا. مصطفی‌پور، ف. (۱۳۹۷). ارزیابی ریسک غیرسرطان زایی فلزات سنگین جیوه و مس در گرد و غبار سطحی خیابان های شهر زاهدان. سلامت و محیط زیست، ۱۱ (۳)، ۴۰۲-۳۹۱.

Chen, H., Lu, X., Li, L.Y. (2014). Spatial distribution and risk assessment of metals in dust based on samples from nursery and primary schools of Xi'an, China. *Atmospheric Environment*, 88,.172-182.

Cui , X., Wang, X., Liu, B. (2020). The characteristics of heavy metal pollution in surface dust in Tangshan, a heavily industrialized city in North China, and an assessment of associated health risks. *Journal of Geochemical Exploration*, 210:106432.

Doabi, S.A, Afyuni, M., Karami, M. (2017). Multivariate statistical analysis of heavy metals contamination in atmospheric dust of Kermanshah province, western Iran, during the spring and summer 2013. *Journal of Geochemical Exploration,* 180:61–70.

Giri, S., Singh, A. K., Mahato, M. K. (2020). Monte Carlo simulation-based probabilistic health risk assessment of metals in groundwater via ingestion pathway in the mining areas of Singhbhum copper belt, India. *International journal of environmental health research*, *30*(4), 447-460.

Hu, W., Huang, B., He, Y., Kalkhajeh, Y. K. (2016). Assessment of potential health risk of heavy metals in soils from a rapidly developing region of China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, *22*(1), 211-225.

Karimian, S., Shekoohiyan, S., Moussavi, G. (2021). Health and ecological risk assessment and simulation of heavy metal-contaminated soil of Tehran landfill. *RSC Advances*, 11(14), 8080-8095.

Qing, X., Yutong, Z., Shenggao, L, (2015) Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and environmental safety,* 120: 377–385.

Soriano, A., Pallarés, S., Pardo, F., Vicente, A., Sanfeliu, T., Bech, J. (2012) Deposition of heavy metals from particulate settleable matter in soils of an industrialised area. *Journal of Geochemical Exploration,* 113: 36–44.

Taati, A., Salehi, M. H., Mohammadi, J., Mohajer, R., Díez, S. (2021). Human health risk assessment of arsenic and trace metals in atmospheric dust of Arak industrial area, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.

Tong, R., Cheng, M., Zhang, L., Liu, M., Yang, X., Li, X., Yin, W. (2018). The construction dust-induced occupational health risk using Monte-Carlo simulation. *Journal of cleaner production*, 184, 598-608.

USEPA. 2001. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, USA ([OSWER9355.4–24]).

Human health risk assessment of heavy metals in atmospheric dust of Arak industrial area using Monte-Carlo simulation

Abbas Taati[1*], Mohammad Hassan Salehi[1], Jahangard Mohammadi[1], Reza Mohajer[2]

1- Soil Scienceand Engineering Department, College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2- Department of Agriculture, Payame Noor Tehran University, Tehran, Iran

*Corresponding Author: taatyabbas@yahoo.com

Abstract

The aim of this study was conducted to assess the human health risk to heavy metals in atmospheric dust of Arak industrial area using Monte-Carlo simulation. The noncarcinogenic health risk of heavy metals to the children and adult was estimated by hazard quotients (HQ) and hazard index (HI) calculation. Sensitivity analysis was performed to determine the important variables in risk assessment. The results showed that the mean and 95th percentile of non-cancerous hazard index (HI) for children were 8.14 and 18.4, respectively, which is higher than the safe level (HI = 1), indicating the effects of non-cancerous diseases on the majority of the population children of the study area. The mean of the HI for adult was less than one (0.75) and for the 95th percentile was 1.71, indicating a potential health risk. Comparison of the values obtained from the deterministic approach showed that the HI value was higher than those from monte carlo simulation values. This might be attributed to the overestimation of the risk due to the uncertainty. Sensitivity analysis showed that the exposure duration (ED) with 83% is the most important input factor that is effective in risk assessment.

Keywords: hazard quotients, Sensitivity analysis, safe level, deterministic approach

تاثیر انحلال آهک بر انتخابگری و پارامترهای ترمودینامیکی تبادل پتاسیم–کلسیم در سیستم تبادلی دوتایی

نرجس بابائی کسمائی [۱]، * مریم خلیلی راد [۲]، محمود فاضلی سنگانی [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

(E-mail: m_khalilirad@guilan.ac.ir)

چکیده

در این مطالعه تاثیر انحلال آهک بر انتخابگری پتاسیم-کلسیم در یک خاک با مینرالوژی غالب ایلایت بررسی شد. آزمایش در قدرت یونی ۰/۱ مولار و با استفاده از محلول‌هایی با اجزای هم ارز پتاسیم ($\tilde{E}_K$) و کلسیم ($\tilde{E}_{Ca}$) بین ۰ و ۱ انجام شد. سپس همدمای تبادل با استفاده از داده‌های تبادلی رسم و پارامترهای ترمودینامیکی تبادل محاسبه شد. بررسی همدمای تبادل پتاسیم-کلسیم با همدمای عدم ترجیح نشان داد که در خاک مورد مطالعه تا $\tilde{E}_K \simeq$ ۰/۸، پتاسیم نسبت به کلسیم و سپس در $\tilde{E}_K$ های بالاتر کلسیم به پتاسیم ترجیح داده می‌شود. همدمای تبادل کلسیم در شرایطی که اثر انحلال آهک بر مقدار کلسیم تبادلی نادیده گرفته شد، بالاتر از همدمای اصلاح شده قرار گرفت که این امر حاکی از افزایش ترجیح برای کلسیم در این شرایط است. همچنین، ثابت تعادل (K_{ex}) در شرایط اصلاح نشده بیشتر از شرایط اصلاح شده و تغییرات انرژی آزاد استاندارد واکنش (ΔG°_{ex}) کمتر بود که تایید می‌نماید که در صورت عدم توجه به اصلاح انحلال آهک، ترجیح خاک برای کلسیم نسبت به پتاسیم بیشتر از آنچه که در واقع هست برآورد می‌گردد. نتایج حاصل از این مطالعه اهمیت توجه به انحلال کانی‌های حاوی کلسیم مانند آهک را در مطالعات تبادلی نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: ایلایت، آهک، تبادل دوتایی، ثابت تعادل ترمودینامیکی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها توانایی نگهداری یون‌ها بر روی سطوح کلوئیدی و تبادل آن‌ها با فاز محلول است. از نظر کاربردی، ظرفیت تبادل یونی خاک از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا تعیین کننده ظرفیت خاک برای نگهداری یون‌ها به شکلی است که برای گیاه قابل جذب بوده و در عین حال در معرض آبشویی در پروفیل خاک قرار نمی‌گیرد Sparks (2003). تمامی گونه‌های معدنی و آلی هیدراته که به شکل کاتیونی در محلول خاک حضور دارند می‌توانند در واکنش‌های تبادل کاتیونی شرکت نمایند Essington (2004). این فرآیند معمولاً سریع، تحت کنترل پخش، برگشت‌پذیر و استوکیومتری بوده و در بسیاری از موارد سطح تبادلگر، یک یون را تا اندازه‌ای بیش از سایر یون‌ها ترجیح می‌دهد. ویژگی‌های کاتیون مانند ظرفیت، شعاع هیدراته، انرژی نسبی هیدراسیون و همچنین مینرالوژی جز رس انتخابگری یون‌ها توسط خاک را تعیین می‌کنند Sposito (2008).

در مناطق خشک و نیمه خشک، کلسیم کاتیون عمده‌ای است که مکان‌های تبادلی خاک را اشغال می‌نماید. هنگامی‌که کودهای پتاسیمی در این مناطق به خاک اضافه می‌شود، غلظت این دو عنصر در فاز محلول توسط فرایند تبادل پتاسیم-کلسیم کنترل می‌شود. در نتیجه، بررسی تبادل پتاسیم-کلسیم در درک پویایی پتاسیم در خاک و قابلیت دسترسی آن برای گیاه دارای اهمیت ویژه‌ای است. در مطالعات متعددی به بررسی تبادل پتاسیم-کلسیم پرداخته شده است. در بسیاری از این مطالعات ترجیح پتاسیم نسبت به کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم توسط خاک و اجزای آن نشان داده شده است Agbenin and Yakubu(2006). Yakubu and Agbenin(2010). Jalalil *et al*.(2020). در بسیاری از مطالعات تبادلی که در آن‌ها تبادل پتاسیم-کلسیم مورد مطالعه قرار گرفته است، تاثیر انحلال کانی‌های کلسیم‌دار خاک مانند آهک و گچ نادیده گرفته شده است. این در حالی است که این کانی‌ها در خاک‌های مناطق خشک فراوان بوده و انحلال آن‌ها در حین انجام مطالعات تبادلی می‌تواند با تاثیر بر مقدار کلسیم تبادلی، نتایج حاصل از این گونه مطالعات را تحت تاثیر قرار دهد. بررسی‌ها

نشان داده است که در صورت نادیده گرفتن اثر هوادیدگی و انحلال این کانی‌ها، مقدار کلسیم تبادلی بین ۳۰ تا ۵۰۰ درصد در خاک‌های گچی و ۳ تا ۲۰ درصد در خاک‌های آهکی بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌گردد Amrhein and Suarez(1990). توفیقی و خلیلی‌راد (۱۳۹۶) نیز طی مطالعه تبادل پتاسیم-کلسیم در رس ایلایت بیان کردند که انحلال آهک می‌تواند اثر قابل توجهی بر مقدار کلسیم تبادلی داشته باشد. در عین حال در برخی از مطالعات تبادلی نیز قبل از انجام آزمایش، آهک به روش‌های شیمیایی حذف می‌گردد که این امر نیز می‌تواند بر ساختار خاک و رس‌ها اثرات مخربی را بر جای بگذارد. با توجه به مطالب ذکر شده، در مطالعه حاضر اثر انحلال آهک بر تبادل پتاسیم-کلسیم در یک خاک آهکی با مینرالوژی غالب ایلایت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری یک خاک آهکی جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند درصد جرمی رطوبت اشباع، بافت، *pH*، قابلیت هدایت الکتریکی (*EC*)، درصد کربن آلی، درصد کربنات کلسیم معادل و تعدادی از کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول در عصاره اشباع خاک به روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. پیش از شروع آزمایش تبادلی پتاسیم-کلسیم، نمونه‌های خاک ابتدا با کلسیم هم یون شدند. این کار از طریق سه بار شستشوی نمونه خاک با کلرید کلسیم نیم مولار صورت گرفت. همچنین محلول‌هایی که دارای اجزای هم‌ارز متفاوت پتاسیم و کلسیم بودند در قدرت یونی ۰/۱ مولار و با استفاده از نمک‌های کلرید پتاسیم و کلسیم تهیه شدند به طوری‌که جز هم ارز پتاسیم در محلول‌های تهیه شده بین ۰ و ۱ تغییر می‌کرد. سپس ۱/۵ گرم از خاک هم یون شده، در لوله‌های سانتریفیوژ ریخته شد و به آن مقدار مشخصی از هر یک از محلول‌های تهیه شده افزوده شد و نمونه‌های خاک به مدت ۱۵ دقیقه تکان و سپس در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و محلول زلال رویی دور ریخته شد. این کار ۴ بار تکرار و محلول رویی در بار آخر جمع‌آوری و نگهداری شد (محلول تعادلی). در مرحله بعد برای تعیین کاتیون‌های موجود در فاز تبادلی از محلول یک مولار نیترات سدیم استفاده شد و نمونه‌های خاک سه بار با ۳۳ میلی‌لیتر از این محلول شسته شدند و هر بار پس از تکان دادن و سانتریفیوژ، محلول رویی در بالن ۱۰۰ میلی‌لیتر جمع‌آوری (محلول تبادلی) و به حجم رسانده شد Sparks (2003). در محلول‌های تعادلی و تبادلی غلظت پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی، کلر، کربنات و بی‌کربنات با استفاده از روش تیتراسیون Loeppert and Suarez(1996) اندازه‌گیری شد. همدمای تبادلی پتاسیم و کلسیم رسم و با همدمای عدم ترجیح ($\Delta\mathring{G}=0$) مقایسه شد Sposito (2008). پس از انجام آزمایش تبادلی، برای رسم همدماهای تبادلی ابتدا غلظت پتاسیم [KX] و کلسیم [CaX_2] در فاز تبادلی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن انحلال آهک محاسبه شد Amrhein and Suarez(1990). در شرایطی که اثر انحلال آهک بر مقدار کاتیون‌های تبادلی در نظر گرفته شد از روابط زیر استفاده شد.

$$KX=TK - (TCl+C_{SO4^{2-}} + C_{HCO3^{-}})\,\tilde{E}_K \quad (۱)$$

$$CaX = TCa - (TCl+C_{SO4^{2-}}+C_{HCO3^{-}})\,\tilde{E}_{Ca} - Ca_{Calcite} \quad (۲)$$

$$Ca_{Calcite}(mmol_c/kg) = T_{HCO3^{-}} - C_{HCO3^{-}} \quad (۳)$$

$$Ca_{Gypsum}\,(mmol_c/kg) = T_{SO4^{2-}} - C_{SO4^{2-}} \quad (۴)$$

$$C_{HCO3^{-}}\,(mmol_c/kg) = [HCO_3^{-}]\,TCl / [Cl^{-}] \quad (۵)$$

$$C_{SO4^{2-}}\,(mmol_c/kg) = [SO_4^{2-}]\,TCl / [Cl^{-}] \quad (۶)$$

در این روابط TK، TCa، TCl و $T_{HCO3^{-}}$ به ترتیب مقدار کل پتاسیم، کلسیم و کلر و بی‌کربنات موجود در بالن حاوی محلول تبادلی بر حسب $mmol_c/kg$، $[Cl^{-}]$ و $[HCO_3^{-}]$ به ترتیب غلظت یون‌های کلر و بی‌کربنات در محلول تعادلی بر حسب $mmol_c/L$ می‌باشند. $\tilde{E}_K$ و $\tilde{E}_{Ca}$ به ترتیب جزء هم‌ارز پتاسیم و کلسیم در فاز محلول و $Ca_{Calcite}$ و Ca_{Gypsum} به ترتیب کلسیم ناشی از انحلال آهک می‌باشد.

همچنین برای تعیین میزان تاثیر انحلال آهک بر غلظت کاتیون‌های تبادلی، محاسبات در شرایطی که اثر انحلال آهک بر مقدار کاتیون‌های تبادلی نادیده گرفته شد نیز انجام گرفت. در این حالت برای محاسبه غلظت پتاسیم و کلسیم در فاز تبادلی از روابط زیر استفاده شد:

$$KX = TK - (TCl^{-})\,\tilde{E}_K \quad (۷)$$

$$CaX = TCa - (TCl^{-})\,\tilde{E}_{Ca} \quad (۸)$$

جز هم‌ارز پتاسیم و کلسیم در فاز محلول و تبادلی پس از محاسبه غلظت پتاسیم و کلسیم تبادلی و نیز اندازه‌گیری غلظت پتاسیم و کلسیم در فاز محلول با استفاده از روابط زیر و در دو حالت با و بدون درنظر گرفتن انحلال آهک محاسبه شد:

$$\tilde{E}_K = \frac{[K]}{[Ca]+[K]} \qquad \tilde{E}_{Ca} = \frac{[Ca]}{[Ca]+[K]} \quad (۹)$$

$$E_K = \frac{[KX]}{[CaX_2]+[KX]} \qquad ECa = \frac{[CaX_2]}{[CaX_2]+[KX]} \quad (۱۰)$$

سپس همدمای تبادلی پتاسیم و کلسیم رسم و با همدمای عدم ترجیح ($\Delta\mathring{G}=0$) مقایسه شد Sposito (2008).

برای محاسبه ثابت تعادل ترمودینامیکی ابتدا ضریب انتخابگری ونسلو (K_V)، برای واکنش تبادلی $Ca^{2+}_{(aq)}+2KX_{(ex)}\rightarrow CaX_{2(ex)}+2K^{+}_{(aq)}$ و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد Essington (2004).

$$K_V = \frac{N_{Ca}(K^{+})^2}{N_K^2(Ca^{2+})} \quad (۱۱)$$

در این رابطه N_K و N_{Ca} به ترتیب جز مولی پتاسیم و کلسیم در فاز تبادلی و (K^{+}) و (Ca^{2+}) بیانگر فعالیت یون‌های پتاسیم و کلسیم در فاز محلول می‌باشند. برای محاسبه ضرایب فعالیت پتاسیم و کلسیم در فاز محلول از معادله دیویس استفاده شد.

سپس ثابت تعادل ترمودینامیکی (K_{ex}) با استفاده از رابطه زیر و با محاسبه سطح زیر منحنی نمودار lnK_V در مقابل E_{Ca} محاسبه شد Essington (2004):

$$\ln K_{ex} = \int_0^1 \ln K_V \, dE_{Ca} \quad (۱۲)$$

تغییرات انرژی آزاد استاندارد گیبس ($\Delta G°_{ex}$) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\Delta G^{\circ}_{ex} = -RT\ln K_{ex} \quad (۱۳)$$

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود خاک مورد مطالعه آهکی، دارای درصد کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی پایین است.

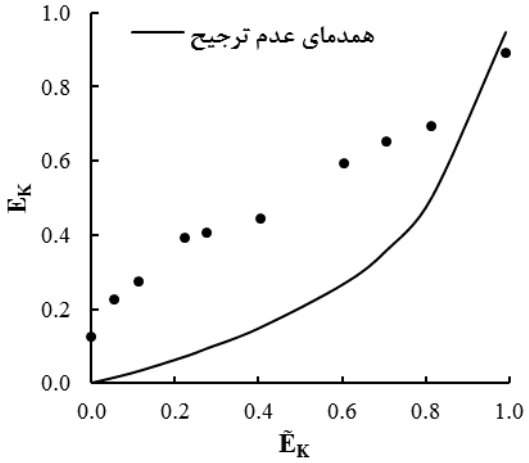
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

pH	EC[۱] (dS/m)	CEC[۲](cmol$_c$/kg)	CCE[۳] (%)	OC (%)[۴]	بافت خاک
۸/۲۵	۲/۱۱	۱۰/۹۱	۱۰/۷۸	۰/۹۰	لوم سیلتی

۱- قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، ۲- ظرفیت تبادل کاتیونی، ۳- درصد کربنات کلسیم معادل، ۴- درصد کربن آلی

در شکل ۱ همدماهای جذب پتاسیم و کلسیم نسبت به همدمای عدم ترجیح ($\Delta\mathring{G}=0$) نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تا $\tilde{E}_K \simeq$ ۰/۸، پتاسیم نسبت به کلسیم توسط خاک ترجیح داده شده است و سپس در $\tilde{E}_K$ های بالاتر، خاک کلسیم را به پتاسیم ترجیح می‌دهد. ترجیح پتاسیم به کلسیم توسط خاک نیز در مطالعات گذشته گزارش شده است. برخی از محققین این ترجیح را به وجود ایلایت به عنوان رس غالب در خاک‌های مورد مطالعه نسبت داده‌اند Jalali et al.(2020) در پژوهش حاضر نیز رس غالب خاک از نوع ایلایت می‌باشد. در ایلایت مکان‌های تبادلی متفاوتی وجود دارد. از جمله این مکان‌ها می‌توان به مکان‌های سطحی با ترجیح معمولی برای پتاسیم، مکان‌های لبه‌ای بین لایه‌ای با ترجیح زیاد برای پتاسیم و

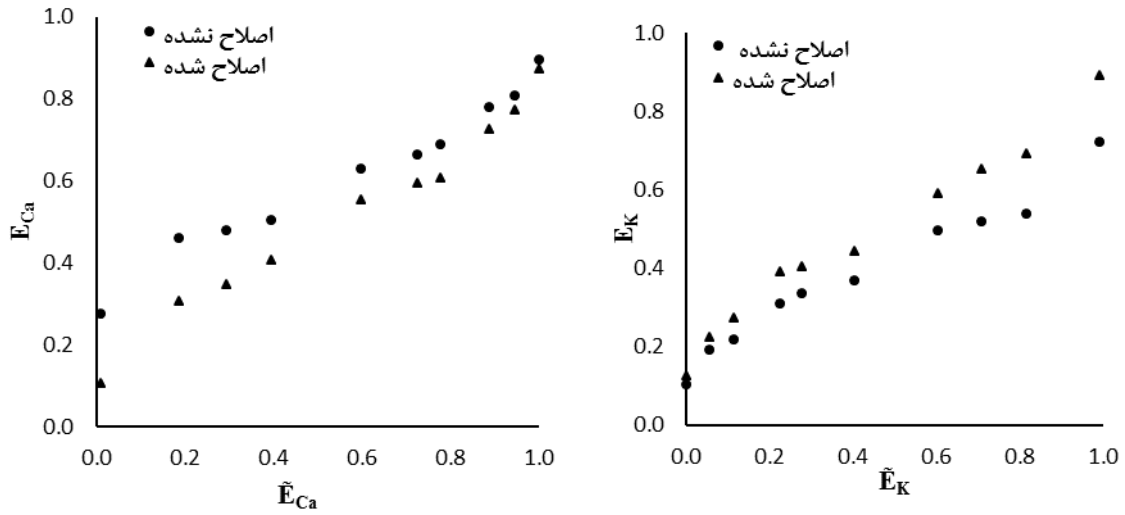
مکان‌های بین لایه‌ای دور از لبه‌ها با انرژی پیوندی بالا یا مکان‌های تثبیت کننده پتاسیم اشاره کرد. بررسی‌ها نشان داده است که یون‌های پتاسیم نگه داشته شده در سطوح قاعده‌ای و لبه‌ها معمولا با سایر کاتیون‌ها قابل تبادل هستند در حالی‌که انتخابگری مکان‌های لبه‌ای بین لایه‌ای برای پتاسیم به مراتب بیشتر است. ترجیح پتاسیم به کلسیم در $\tilde{E}_K \leq$ ۰/۸ را می‌توان به وجود این مکان‌ها در خاک مورد مطالعه نسبت داد.



شکل ۱- مقایسه همدمای تبادل پتاسیم – کلسیم با همدمای عدم ترجیح

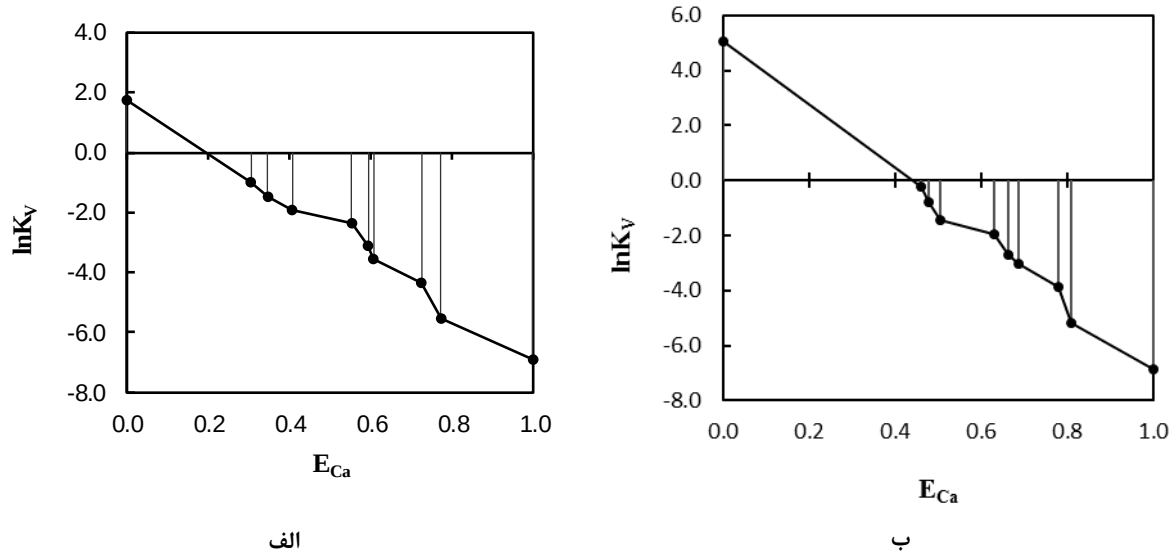
در شکل ۲- الف تاثیر انحلال آهک بر همدمای جذب کلسیم نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در شرایطی که انحلال آهک و تاثیر آن بر مقدار کلسیم تبادلی نادیده گرفته می‌شود، همدمای جذب کلسیم بالاتر از همدمای اصلاح شده قرار می‌گیرد که این امر به معنی ترجیح بیشتر کلسیم در این شرایط است. به عبارت دیگر چنانچه تاثیر انحلال آهک بر مقدار کلسیم تبادلی نادیده گرفته شود ترجیح کلسیم نسبت به کاتیون یا کاتیون‌های دیگر به اشتباه بیشتر از آنچه هست نشان داده خواهد شد. نتایج مشابهی توسط Amrhein and Suarez(1990) برای تبادل *Na-Ca* گزارش شده است. توفیقی و خلیلی‌راد (۱۳۹۶) نیز طی مطالعه تبادل *K-Ca* در رس جدا شده از خاک ایلایتی خطای ناشی از عدم تصحیح اثر انحلال آهک بر مقدار کلسیم تبادلی را بین ۳۱ تا ۷۷ درصد گزارش کردند. در این مطالعه خطای ناشی از نادیده گرفتن انحلال آهک بر مقدار کلسیم تبادلی حدود ۴۵ درصد برآورد شد. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده به نظر می‌رسد عدم توجه به این موضوع می‌تواند بر نتایج مطالعات تبادلی در خاک موثر باشد. شکل ۲- ب نیز نشان می‌دهد که همدمای جذب پتاسیم در شرایط نادیده گرفتن انحلال آهک پایین‌تر از همدمای جذب پتاسیم بعد از اصلاح قرار می‌گیرد که این امر حاکی از کاهش ترجیح پتاسیم نسبت به کلسیم در این شرایط است.

مقادیر K_{ex} با محاسبه سطح زیر منحنی E_{Ca} در مقابل lnK_V در دو حالت اصلاح شده و نشده تعیین شد (شکل ۳). مقادیر K_{ex} و نیز تغییرات انرژی آزاد استاندارد گیبس ($\Delta G°_{ex}$) واکنش تبادلی در خاک قبل و بعد از اصلاح در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقادیر K_{ex} محاسبه شده در هر دو حالت، کوچک‌تر از ۱ و مقادیر ΔG°_{ex} مثبت بود که این امر بیانگر آن است که خاک K^+ را به Ca^{2+} ترجیح می‌دهد. به عبارت دیگر مجموعه واکنشگرهای ($Ca^{2+}_{(aq)}+2KX_{(ex)}$) واکنش تبادلی، نسبت به محصولات آن ($CaX_{2(ex)}+2K^+_{(aq)}$) پایدارتر می‌باشند. با این حال، در شرایطی که اثر انحلال آهک بر مقدار کلسیم تبادلی نادیده گرفته شده است، مقادیر K_{ex} بیشتر از حالت اصلاح شده و ΔG°_{ex} کمتر بود. این امر حاکی از آن است که در صورت عدم اصلاح اثر انحلال کانی‌های کلسیم‌دار خاک بر مقدار کلسیم تبادلی، ترجیح کلی برای پتاسیم توسط خاک به اشتباه کمتر از مقدار واقعی و ترجیح کلسیم بیشتر از آنچه که در واقع هست برآورد می‌گردد.



الف ب

شکل ۲- (الف) اثرات اصلاح خطای حاصل از انحلال کربنات کلسیم بر همدمای جذب کلسیم، (ب) اثرات اصلاح خطای حاصل از انحلال کربنات کلسیم بر همدمای جذب پتاسیم



الف ب

شکل ۳- رابطه بین E_{Ca} و $\ln K_V$ الف) اصلاح شده ب) اصلاح نشده

جدول ۲- مقادیر K_{ex} و ΔG°_{ex} محاسبه شده در شرایط اصلاح شده و نشده در خاک اولیه و تیمار شده

	K_{ex}		ΔG°_{ex} (kJ/mol)	
	اصلاح شده	اصلاح نشده	اصلاح شده	اصلاح نشده
خاک	۰/۰۷۲	۰/۴۱۶	۶/۵۱	۲/۱۸

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که چنانچه تبادل پتاسیم-کلسیم در خاک‌های آهکی مورد بررسی قرار می‌گیرد باید انحلال آهک و تاثیر آن بر مقدار کلسیم تبادلی مورد توجه قرار گیرد زیرا در صورت عدم توجه به آن، میزان انتخابگری کاتیون‌ها توسط

خاک و پارامترهای ترمودینامیکی تبادل به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر قرار می‌گیرند و ترجیح کلسیم بیشتر از مقدار واقعی و در مقابل ترجیح پتاسیم توسط خاک کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌گردد.

فهرست منابع

توفیقی، ح، خلیلی راد، م. (۱۳۹۶). تبادل دوگانه K-Ca توسط یک رس جدا شده از خاک با مینرالوژی غالب ایلایت (میکا): ۱- اثر تخلیه-فروریزش رس ایلایت (میکا) بر انتخابگری K-Ca. نشریه آب و خاک تحقیقات ایران. ۴۸ (۱).۱۶۳-۱۴۹.

Agbenin, J. O., Yakubu, S. (2006). Potassium-calcium and potassium-magnesium exchange equilibria in an acid savanna soil from northern Nigeria. *Geoderma*, 136, 542–554.

Amrhein, C., Suarez, D. L. (1990). Procedure for determining sodium-calcium selectivity in calcareous and gypsiferous soils. *Soil Science Society of America Journal*, 54, 999-1007.

Essington M. E. (2004). *Soil and water chemistry: an integrative approach*. CRC Press, Boca Raton. FL, USA.

Jalali, M., Mohammadi Arian, T., Ranjbar, F. (2020). Selectivity coefficients of K, Na, Ca, and Mg in binary exchange systems in some calcareous soils. *Environmental Monitoring and Assessment*,192, 80.

Loeppert R. H. and Suarez D. L. (1996) Carbonate and gypsum. In D. L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis. (pp. 437-474). Soil Science Society of America, Madison: WI.

Sparks D. L. (2003). *Environmental soil chemistry* (2nd ed.). Academic Press. New York.

Sposito G. (2008). *The Chemistry of Soils* (2nd ed.). Oxford University Press. New York.

Yakubu, S., Agbenin, J. O. (2010). Heterovalentcation exchange in two savanna soils of different lithogenic origin as described by the Rothmund–Kornfeld model. *Geoderma.*

Effect of calcium carbonate dissolution on selectivity and thermodynamic parameters of K-Ca in binary exchange system in soil

[1]Narjes Babaei Kasmaei , [2*]Maryam Khalili Rad, [2]Mahmood Fazeli Sangani

1M. S student, Soil Science Department, Faculty of agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran

2 Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran

Email (m_khalilirad@guilan.ac.ir)

Abstract

In this study, the effect of lime dissolution on potassium-calcium selectivity in a soil with predominant illite mineralogy was investigated. The experiment was performed at an ionic strength of 0.1 M using solutions contain equivalent fractions of potassium ($\tilde{E}_K$) and calcium ($\tilde{E}_{Ca}$) between 0 and 1. Then the exchange isotherm was drawn using exchange data and the thermodynamic parameters of exchange were calculated. Comparison of potassium-calcium exchange with non-preference isotherm showed that potassium is preferred over calcium by soil up to $\tilde{E}_K \simeq 0.8$ and then in higher $\tilde{E}_K$ calcium over potassium. When the effect of lime dissolution on the amount of exchangeable calcium was ignored, the calcium exchange isotherm was located above the modified isotherm, indicating an increase in preference for calcium under these conditions. Also, the equilibrium constant (K_{ex}) in the unmodified conditions was higher than the modified conditions and the standard free energy changes ($\Delta G^{\circ} ex$) were lower, which confirms that if the correction of lime dissolution is ignored, the soil preference for calcium over potassium is estimated more than what it really is. The results of this study show the importance of paying attention to the dissolution of calcium-containing minerals such as lime in exchange studies.

Keywords: Illite, Lime, Binary exchange, Equilibrium constant

مروری بر وضعیت میکروپلاستیک ها و جوامع پریفایتیک در اراضی غرقاب

کامیار امیرحسینی[۱]، زهرا حقانی[۲] و حسینعلی علیخانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
(amirhosseini.k@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

چکیده

در این مقاله، با استناد به کلیدی ترین یافته های پژوهش های علمی سالیان اخیر، وضعیت میکروپلاستیک ها در محیط های طبیعی، به عنوان یکی از فراگیر ترین آلودگی های زیست محیطی، مورد بحث قرار گرفته است. از طرف دیگر، تاثیرپذیری و اثر گذاری لایه های زیستی پریفایتیک بر میکروپلاستیک ها، مورد تحلیل واقع شده است. کاربرد گسترده لجن فاضلاب و استفاده از مالچ های پلاستیکی، باعث ورود مقادیر قابل توجهی از میکروپلاستیک ها به اراضی کشاورزی و شالیزار ها شده است. با انتقال یافتن به داخل توده خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات پلاستیکی، باعث بروز اختلال در فعالیت های طبیعی موجودات زنده خاکزی و نیز به خطر افتادن سلامت زیست بوم های غرقاب می شود. مقاومت بالای جوامع پریفایتیک در برابر انواع تغییرات فیزیکی و شیمیایی در محیط خارجی، امکان استفاده آنها از ذرات پلاستیکی به عنوان بستر های رشد را فراهم می سازد. پریفایتون، به گونه ای سازگار با محیط زیست، نقش موثری در پالایش زیستی میکروپلاستیک ها در اراضی غرقاب آلوده ایفا می کند. امید است مقاله حاضر، با مشخص کردن خلاء های پژوهشی، در تحقیقات آتی پیرامون لایه های زیستی پریفایتیک و نیز تصمیم گیری پیرامون مدیریت صحیح میکروپلاستیک ها در شالیزار ها و اراضی غرقاب در کشور، مفید باشد.

واژگان کلیدی: آلودگی محیط زیست، پریفایتون، زیست پالایی، شالیزار، سلامت زیست بوم

مقدمه

اراضی غرقاب، در فراهم آوری خدمات ارزشمندی همچون بهبود تصفیه طبیعی زیست بوم[۱] و نیز تولید خوراک، نقش مهمی ایفا می کنند (Zhang *et al.*, 2017). به طور مثال، شالیزار ها، به عنوان یکی از گسترده ترین اراضی غرقاب مصنوعی، مسئولیت تولید غذا برای بیش از نیمی از جمعیت جهان را بر عهده دارند (Wu *et al.*, 2018). در برخی از موارد، بکارگیری روش های مدیریتی نادرست مانند استفاده نامتعادل از کود های شیمیایی، موجب بروز مسائل زیست محیطی و نیز تخریب شالیزار ها شده است (علیخانی و همکاران، ۱۴۰۰). بر این اساس، مطالعه فرایند های موثر بر سلامت زیست بوم اراضی غرقاب و توجه به نظام های طبیعی حاکم بر آنها، در بهبود رشد گیاهان، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و نیز نیل به اهداف گفتمان کشاورزی پایدار، حایز اهمیت خواهد بود.

بر اساس تعریف ارایه شده توسط Wetzel (1983)، پریفایتون، به جامعه پیچیده ای از ریزجانداران شامل جلبک ها، باکتری، قارچ ها، پروتوزوئر ها، متازوآ و نیز بقایای آلی و معدنی اطلاق می گردد، که در اکوسیستم های غرقاب، به انواع بستر های زنده، غیر زنده، آلی و یا غیر آلی، متصل می شوند. شالیزار ها قادر هستند تا از طریق تامین نور، آب، دما و عناصر غذایی، محیط مناسبی را جهت تشکیل و رشد پریفایتون فراهم آورند. پریفایتون ها به عنوان مخازن موقت عناصر غذایی، منابع غذا و انرژی، بخش جدایی ناپذیری از زیست بوم های غرقاب را تشکیل می دهند (علیخانی و همکاران، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، حساسیت پریفایتون به تغییرات محیطی و غلظت آلاینده های آلی و غیر آلی، باعث شده است تا از آنها به عنوان نشانگر های زیستی[۲] در

1- Ecosystem self-purification
2- Bioindicators

شناسایی آلاینده ها و تعیین درجه آلودگی در اکوسیستم های غرقاب استفاده شود (Miao *et al*., 2019a؛ Faheem *et al*., 2020). در این رابطه، جوامع پریفایتیک، از قابلیت تغییر و تبدیل و استفاده از انواع آلاینده ها مانند فلزات سنگین، زباله های دارویی، آلاینده های آلی پایدار و مواد پلاستیکی، برخوردار هستند(Faheem *et al*., 2020).

تولید جهانی پلاستیک در ۵۰ سال گذشته، با نرخ رشد سالانه ۸/۷ درصد، برابر با ۹/۱ میلیارد تن بوده است (Geyer *et al*., 2017). در این راستا، تولید انبوه و مدیریت ناکارآمد، آلودگی مواد پلاستیکی را به یک مساله بحرانی در محیط زیست تبدیل ساخته است (He *et al*., 2018). میکروپلاستیک ها، که ذرات پلاستیکی با اندازه کمتر از ۵ میلی متر را شامل می شود، می توانند به دو صورت یا شکل اولیه (یعنی، قطعات پلاستیکی تولید شده در ابعاد کوچک با اهداف صنعتی) و ثانویه (ریز پلاستیک های ناشی از تجزیه و تخریب طبیعی زباله های پلاستیکی در اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی)، در محیط زیست تجمع یابند. در اراضی غرقاب طبیعی و مصنوعی، میکروپلاستیک ها، بستر های نوینی برای کلنیزاسیون ریزجانداران با قابلیت تشکیل لایه های زیستی[۳]، فراهم می آورند (Miao *et al*., 2019b). در این شرایط، چنانچه لایه های زیستی شکل گرفته بر روی میکروپلاستیک ها، آشیانه[۴] احتمالی ریزجانداران توانا در تجزیه زیستی باشد، مطالعه این لایه های زیستی، از ارزش های پژوهشی بالایی برخوردار خواهد بود (Parrish and Fahrenfeld, 2019).

در مقاله پیش رو، سعی بر آن است تا با تکیه بر روش تحقیق سندی و ارایه کلیدی ترین یافته های پژوهشی و علمی سالیان اخیر، مشکل میکروپلاستیک ها در طبیعت، به عنوان فراگیر ترین نوع از آلودگی های زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد. از طرف دیگر، چگونگی تاثیر پذیری و نیز اثر گذاری جوامع پریفایتیک بر ریز پلاستیک ها، تحلیل خواهد شد. مطالعه حاضر، از طریق مشخص کردن خلاء های پژوهشی، نقش مهمی در تحقیقات آتی پیرامون لایه های زیستی پریفایتیک، تصمیم گیری پیرامون مدیریت صحیح میکروپلاستیک ها و یافتن ارتباط بین آنها در شالیزار ها و اراضی غرقاب در کشور، خواهد داشت.

تهدید میکروپلاستیک ها بر سلامت زیست بوم خاک

در این قسمت، اصلی ترین منابع آلودگی ریز پلاستیک ها و عوامل موثر در ورود ذرات پلاستیکی به اراضی تحت کشت و انتقال آنها به داخل توده خاک، مورد بحث واقع شده است. در ادامه همچنین، به اهمیت مطالعه اثرگذاری و برهمکنش بین لایه های زیستی و میکروپلاستیک ها، به عنوان مهمترین جنبه این آلودگی زیست محیطی، پرداخته شده است.

ورود میکروپلاستیک ها به اراضی زراعی و انتقال آنها به لایه های زیرین خاک

ورود میکروپلاسیک ها به داخل زیست بوم خاک در ابتدا، با قرار گرفتن آنها بر روی سطح خاک صورت می پذیرد (Rillig *et al*., 2017a). در این راستا، از جمله منابع ورود ریز پلاستیک ها به خاک های کشاورزی شامل کاربرد لجن فاضلاب به منظور افزایش قدرت باروری خاک، استفاه از مالچ های پلاستیکی جهت کنترل دما و میزان رطوبت در اطراف محیط ریشه، استفاده از آب های آلوده جهت آبیاری اراضی، رواناب جاری شده در خیابان ها و نیز رسوبات اتمسفری می شود (Boots *et al*., 2019؛ Machado *et al*., 2018؛ He *et al*., 2018). پس از قرار گرفتن میکروپلاستیک ها در سطح خاک، این ذرات از طریق پاره ای از فرایند های فیزیکی و زیستی، به داخل توده خاک راه می یابند. ماکروپور[۵] های ایجاد شده در خاک پس از برداشت محصول و پوسیدن ریشه های آنها، دالان های حفاری شده توسط کرم های خاکی، بلع ریز پلاستیک ها توسط موجودات زنده خاکزی و دفع آنها در لایه های عمیق تر خاک، ترک های ایجاد شده در پروفیل خاک در اثر دوره های تر و خشک و نیز عملیات مدیریتی همچون خاکورزی از جمله عوامل بسیار مهم نفوذ میکروپلاستیک ها به خاک محسوب می شوند (Rillig *et al*., 2017a).

3- Biofilms
4- Niche
5- Macropore

ریسک های اکولوژیک میکروپلاستیک ها بر موجودات زنده خاکزی

نتایج مطالعات مختلف، حاکی از تاثیر سوء میکروپلاستیک ها بر انواع گونه های جانوری، گیاهان و نیز ریز جانداران، در زیست بوم خاک بوده است. مطالعات صورت گرفته بر روی کرم های خاکی، افزایش مرگ و میر، کاهش رشد و نیز کاهش وزن کرم ها را در حضور میکروپلاستیک ها گزارش کرده اند (Lwanga *et al*., 2016). بلع میکروپلاستیک ها موجب افزایش احتمال گرفتگی و خراشیدگی لوله گوارش در کرم های خاکی شده و کاهش فراهمی و جذب عناصر غذایی، کاهش فعالیت، کاهش رشد و در نهایت، مرگ آنها را به همراه خواهد داشت (Boots *et al*., 2019، Lwanga *et al*., 2016). پژوهش های صورت گرفته پیرامون اثر میکروپلاستیک ها بر سایر ارگانسیم ها در بوم نظام های خاکی، بیانگر تغییر در ترکیب میکروبی دستگاه گوارش پادمان و کاهش رشد و تولید مثل در آنها (Zhu *et al*., 2018)، کاهش تعداد کنه ها (Lin *et al*., 2020)، کاهش تعداد نماتد ها و همچنین، بروز سمیت عصبی و تنش اکسیداتیو، اختلالات حرکتی، کاهش طول عمر و قابلیت بقا و نیز کاهش اندازه بدن، در آنها بوده است (Lei *et al*., 2018). نتایج برخی از مطالعات، با اشاره به جذب و تجمع میکروپلاستیک ها در مخمر و قارچ های رشته ای، امکان تجمع زیستی ریز پلاستیک ها و انتقال یافتن آنها را به سطوح مختلف شبکه غذایی، محتمل برشمرده است (He *et al*., 2018). در پژوهشی که توسط Machado و همکاران (2018) صورت گرفت، تاثیر میکروپلاستیک ها بر پاره ای از خصوصیات فیزیکی محیط خاک، همچون افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش وزن مخصوص ظاهری، به عنوان عوامل موثر در بروز تغییرات اساسی در فعالیت میکروبی خاک معرفی شد. در این مطالعه که نتایج مشابهی با دیگر پژوهش های مرتبط با این زمینه داشت، حضور میکروپلاستیک ها در خاک، با افزایش فعالیت آنزیمی در خاک همراه بود (Lin *et al*., 2020؛ Machado *et al*., 2018).

واکنش گیاه در برابر میکروپلاستیک ها، تا حد زیادی، به اندازه و غلظت آنها در محیط رشد گیاه وابسته است (De Silva *et al*., 2021). به عنوان مثال، ورود نانوپلاستیک ها به داخل ریشه ها و مسدود شدن منافذ دیواره سلولی از طریق آنها و یا مسدود شدن منافذ موجود بر روی دانه ها توسط ذرات میکروپلاستیکی، با بروز اختلال در ارتباطات بین سلولی و نیز کاهش نرخ جوانه زنی و رشد ریشه در گیاهان خشکی زی همراه بوده است (De Silva *et al*., 2021؛ Bosker *et al*., 2019). از سوی دیگر، اثر منفی ترکیبات حاصل از تجزیه مواد پلاستیکی بر کاهش جوانه زنی، کاهش زیست توده ریشه ها، کاهش رشد و ارتفاع، کاهش وزن خشک، تغییر در ترکیب عنصری بافت ها، تغییر در روابط همزیستی ریشه، کاهش توان گیاه در فاز زایشی و نیز تاخیر در پنجه زنی، در گیاهان گندم، کاهو، گوجه فرنگی و پیاز، نیز مشاهده شده است (Machado *et al*., 2019؛ Qi *et al*., 2018؛ Martin-Closas *et al*., 2014).

جایگاه لایه های زیستی در پالایش میکروپلاستیک ها

در سال های اخیر، مجموعه ای از روش های فیزیکی-شیمیایی همچون تسریع فرایند تجزیه در حضور نور مرئی[6]، استفاده از نانو فنر های کربنی فعال شده[7]، کاربرد نانو ساختار های سبز در تجزیه نوری[8] و نیز تخریب حرارتی[9]، جهت تجزیه و تخریب میکروپلاستیک ها، پیشنهاد شده است. با وجود این، کاربرد روش های پیش گفته، به علت هزینه های بالا، استفاده از مواد شیمیایی و نیز قابلیت بکارگیری آنها، تنها در برخی از پلی مر های اختصاصی، با محدودیت های عملیاتی همراه بوده است (Shabbir *et al*., 2020). در این رابطه، استفاده از روش های بیوتکنولوژی در تجزیه زیستی میکروپلاستیک ها، به عنوان یکی از چالش ها در دستیابی به اهداف توسعه پایدار و کنترل آلودگی های زیست محیطی معرفی شده است (Liu *et al*., 2021). شناخت بهتر ترکیب میکروبی لایه های زیستی میکروپلاستیک ها و عوامل موثر بر رشد آنها، در ارایه دانش ضروری پیرامون چگونگی

6- Visible light photocatalysis
7- Functionalized carbon nano-springs
8- Green photocatalysis
9- Thermal degradation

تجزیه این بستر های پلاستیکی و نیز تاثیر آنها بر زنجیره غذایی خاک، حایز اهمیت است (Parrish and Fahrenfeld, 2019؛ Ogonowski *et al*., 2018).

لازم به ذکر است که میکروپلاستیک ها حامل انواعی از ترکیبات بیگانه در سامانه های زیستی[10] و سمی می باشند، که طی فرایند تجزیه، در محیط آزاد می شود (Shabbir *et al*., 2020). از طرف دیگر، میکروپلاستیک ها و لایه های زیستی آنها، به عنوان ناقل ها و آشیانه انواع گونه های بیماری زا گیاهی و نیز انسانی، شناخته شده است (Wu *et al*., 2019). بنابراین، تهدید لایه های زیستی میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان و محیط زیست و از طریف دیگر، کمبود اطلاعات پژوهشی در این زمینه، از جمله دیگر دلایل ضرورت مطالعه و تحقیق پیرامون این جوامع زیستی است.

اثر متقابل میکروپلاستیک ها و جوامع پریفایتیک

در این بخش از مقاله، توسعه لایه های زیستی پریفایتیک بر روی میکروپلاستیک ها و فرایند تجزیه ذرات پلاستیکی توسط آنها شرح داده شده است. در ادامه همچنین، اثرات میکروپلاستیک ها بر خصوصیات ساختاری و کارکردی جوامع پریفایتیک، مورد بحث قرار گرفته است.

استقرار پریفایتون بر روی بستر های پلاستیکی

گرایش پریفایتون به تنظیم فرایند های داخلی جامعه زیستی و نیز ایستادگی آن در برابر انواع آلاینده های پیچیده، موجب تطبیق و سازگاری سریع آن با شرایط محیطی و توسعه لایه زیستی، در طی تنها چندین دقیقه تا چندین ساعت می شود (Shabbir *et al*., 2020؛ Parrish and Fahrenfeld, 2019). با گذشت چندین ثانیه پس از ورود میکروپلاستیک ها به اراضی غرقاب، لایه پیش نیازی از الکترولیت ها و درشت مولکول های محلول[11]، اطراف ذرات پلاستیکی را می پوشاند (Rummel *et al*., 2017). این لایه به عنوان پیش شرط، با ایجاد مانعی در برابر خصوصیات ذاتی فیزیکی و شمیایی میکروپلاستیک ها، استقرار ریزجانداران را بر روی آنها، تسهیل می سازد. در مرحله بعدی تشکیل لایه زیستی، ترشح مواد پلی مری برون سلولی[12] با فراهم آوری بستری چسبناک، موجب اتصال سلول ها با سطح ذرات پلاستیکی می شود. در ادامه، کلنی هایی با قطر ۱۰ هزار تا بیش از ۱۰۰ هزار میکرون، از تکثیر سلول های جذب شده، ایجاد می گردد. ساختار سه بعدی جامعه زیستی، به تدریج، با افزایش تجمع مواد پلی مری و تولید مثل ریزجاندران شکل می گیرد. سلول های الحاق شده در این ساختار سه بعدی، از مقاومت بالایی در برابر تنش های مکانیکی، برخوردار هستند. با وجود این، جدا شدن برخی از سلول ها از برخی نقاط لایه زیستی، موجب پراکندگی آنها در توده آب و احتمال جذب شدن مجدد آنها بر روی سطوح موجود دیگر می شود (Renner and Weibel, 2011).

پالایش زیستی میکروپلاستیک ها توسط جوامع پریفایتیک

مطالعات پیرامون اثر مقابل میکروپلاستیک ها و جوامع پریفیاتیک، به عنوان یکی از جدید ترین زمینه های تحقیق در رابطه با تجزیه زیستی میکروپلاستیک ها (Gubelit and Grossart, 2020)، شناخته شده و با خلاء های پژوهشی متعدد همراه است. بررسی ها، حاکی از حضور میکروپلاستیک ها در شبکه های در هم تنیده پریفایتیک (Boyero *et al*., 2020) و نیز قابلیت جوامع پریفایتونی در پالایش زیستی این آلاینده ها بوده است (Faheem *et al*., 2020). به نظر می رسد حذف آلاینده ها توسط جوامع پریفایتیک، از طریق سه سازوکار اصلی شامل: جذب زیستی[13]، تجمع زیستی[14] و نیز تجزیه زیستی[15] صورت می پذیرد. در مراحل

10- Xenobiotics
11- Conditioning layer
12- Extracellular polymeric substances (EPS)
13- Biosorption
14- Bioaccumulation
15- Biodegradation

اولیه تجزیه زیستی میکروپلاستیک ها توسط پریفایتون، واکنش های اکسید و احیا، موجب شکسته شدن پیوند های کربن-کربن، تشکیل ساختار ها با پیوند های دوگانه و نیز ایجاد گروه های کربونیل، الکلی و فنلی، بر روی میکروپلاستیک ها می شود (Faheem *et al*., 2020). در ادامه، آزادسازی آنزیم های برون سلولی توسط ریزجانداران استقرار یافته بر روی میکروپلاستیک، باعث تولید زنجیره های کوتاهی از اولیگومر ها، دایمر ها و نیز مونومر ها می شود، که در نهایت، با عبور از غشا های سلولی، این ترکیبات به عنوان منبعی از کربن، مورد استفاده سلول ها قرار می گیرند. ترکیبات جذب شده توسط سلول ها، از طریق فرایند معدنی سازی، به ترکیباتی همچون دی اکسید کربن، آب و یا متان، تغییر می یابند (Rummel *et al*., 2017). به عنوان مثال، در تحقیق صورت گرفته توسط Shabbir و همکاران (2020)، استفاده از پرفایتون به عنوان رویکردی مبتکرانه در کنترل آلاینده های پلاستیکی، موجب تجزیه مکروپلاستیک های پلی پروپیلن (به مقدار ۱۸/۰۲ درصد)، پلی اتیلن (به مقدار ۱۴/۰۲ درصد) و پلی‌اتیلن ترفتالات (به مقدار ۱۹/۷۲ درصد) شده است. از منظری دیگر، به دام افتادن و تجمع میکروپلاستیک ها در پریفایتون، که با افزایش وزن آنها در لایه های زیستی همراه است، به عنوان سازوکاری نوین در تسخیر و بازیابی میکروپلاستیک ها از محیط های آلوده، موجب تسهیل در جداسازی و افزایش کارایی مخازن ته نشینی[۱۶] و یا فیلتر ها می شود (Liu *et al*., 2021).

در اکثریت قریب به اتفاق مطالعات متمرکز بر ارزیابی قابلیت پریفایتون در تشکیل لایه زیستی بر روی میکروپلاستیک ها و یا بررسی اثر متقابل جوامع پریفایتیک و میکروپلاستیک ها، از میکروپلاستیک های خام و خریداری شده از شرکت های تجاری، استفاده بعمل آمده است. این در حالیست که میکروپلاستیک های آزاد شده در محیط های طبیعی، از خصوصیات متمایز (مانند ناهمگنی در اندازه، شکل و جنس) و لایه های زیستی منحصر به فرد (به عنوان آشیانه برای جوامع میکروبی بیماری زا و غیر بیماری زا) برخوردار هستند (Parrish and Fahrenfeld, 2019؛ Rummel *et al*., 2017). این امر، بر رفتار میکروپلاستیک ها در محیط های طبیعی و نیز پاسخ لایه های زیستی موجود بر روی آنها در رویاروی با جوامع میکروبی جدید، تاثیر گذار خواهد بود.

تاثیرپذیری جوامع پریفایتیک از میکروپلاستیک ها

ریز پلاستیک ها، به عنوان زیستگاهی نوین برای رشد پریفایتون، موجب تغییر در ساختار جوامع زیستی و نیز تغییر در فرایند های میکروبی صورت گرفته در لایه های زیستی می شوند. این امر، بر کارکرد های اکوسیستمی ریزجانداران در اراضی غرقاب، موثر خواهد بود (Miao *et al*., 2019b). در این رابطه، میکروپلاستیک ها، با اعمال یک فشار انتخابی بر ساختار میکروبی، در اغلب موارد، موجب کاهش فراوانی و تنوع زیستی در لایه های زیستی شده اند. تغییر در ساختار میکروبی، غالبا، با افزایش نسبی گونه های مقاوم به آلاینده و یا افزایش فراوانی انواع توانا در تجزیه زیستی پلی مر های پلاستیکی همراه بوده است (Li *et al*., 2019). تغییر در فرایند های متابولیکی جوامع پریفایتیک در حضور میکروپلاستیک ها، بر توانایی آنها در تسخیر عناصر غذایی از محیط موثر است. به عنوان مثال، می توان به افزایش متابولیسم اسید های آمینه، کوفاکتور ها و نیز ویتامین ها، توسط ریزجانداران در لایه های زیستی استقرار یافته بر روی میکروپلاستیک ها اشاره داشت (Miao *et al*., 2019b). علاوه بر میکروپلاستیک ها، نانوپلاستیک ها نیز از پتانسیل بالایی در مختل کردن کارکرد های اکولوژیک جوامع پریفایتیک در اراضی غرقاب برخوردار هستند. در این رابطه، نتایج بدست آمده از مطالعات، حاکی از تاثیر نانوپلاستیک ها بر کاهش میزان رنگیزه فتوسنتزی کلروفیل a و کاهش فعالیت آنزیم های بتا-گلوکوسیداز و لوسین آمینو پپتیداز در پریفایتون بوده است (Miao *et al*., 2019a). عوامل پیش گفته، بیانگر نقش موثر آلودگی ریز پلاستیک ها در بروز اختلال در فرایند تثبیت کربن و چرخه عناصر غذایی در اکوسیستم های غرقاب می باشد.

نتیجه گیری

اهمیت شالیزار ها در تولید غذا، ضرورت مطالعات پیرامون عوامل موثر بر سلامت آنها را توجیه می نماید. استفاده از لجن فاضلاب، مالچ های پلاستیکی و آب های آلوده، موجب ورود میکروپلاستیک ها به اراضی کشاورزی و شالیزار ها شده است. با ورود به داخل

16- Sedimentation tanks

زیست بوم خاک، میکروپلاستیک ها، سلامت موجودات زنده را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش پارامتر های رشد در گیاهان می شوند. ایستادگی پریفایتون در برابر انواع آلاینده های پیچیده، امکان استفاده آنها را از میکروپلاستیک ها به عنوان بستر های رشد، فراهم می سازد. به این ترتیب، فعالیت متابولیکی جوامع پریفایتیک، با تجزیه و معدنی شدن میکروپلاستیک ها همراه خواهد بود. در این مطالعه، بر ضرورت انجام پژوهش های علمی پیرامون شناخت عمیق تر روابط متقابل جوامع پریفایتیک و میکروپلاستیک ها تاکید شده است. مطالعاتی از این دست، در پیش بینی دقیق تر سرنوشت میکروپلاستیک ها در اراضی غرقاب، نقش مهمی ایفا می کند. در اکثر مطالعات پیرامون برهمکنش ها بین لایه های زیستی و میکروپلاستیک ها، از میکروپلاستیک های خام و خریداری شده استفاده بعمل آمده است. در این رابطه، پیشنهاد می شود تا در طراحی روش های آزمایشگاهی مطالعه میکروپلاستیک ها، خصوصیات منحصر به فرد ذرات پلاستیکی در محیط های طبیعی و تفاوت قابل توجه آنها با میکروپلاستیک های خام و تجاری در نظر گرفته شود. این امر، در دستیابی به اطلاعات صحیح و ارتباط نزدیک تر مطالعات بوم شناختی با شرایط طبیعی حاکم در اکوسیستم های غرقاب، حایز اهمیت است. در پایان می توان گفت که استفاده از طبیعت پویای لایه های زیستی پریفایتیک، به عنوان رویکردی نوین و دوستدار محیط زیست، از پتانسیلی عظیم در زیست پالایی اراضی غرقاب آلوده به میکروپلاستیک ها برخوردار است.

منابع

علیخانی، ح.، امامی، س.، اعتصامی، ح. ۱۴۰۰. پریفایتون و نقش کلیدی آن در شالیزار ها و سلامت محیط زیست. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۲.

Boots, B., Russell, C. W., & Green, D. S. (2019). Effects of microplastics in soil ecosystems: above and below ground. *Environmental science & technology*, *53*(19), 11496-11506.

Bosker, T., Bouwman, L. J., Brun, N. R., Behrens, P., & Vijver, M. G. (2019). Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant Lepidium sativum. *Chemosphere*, *226*, 774-781.

Boyero, L., López-Rojo, N., Bosch, J., Alonso, A., Correa-Araneda, F., & Pérez, J. (2020). Microplastics impair amphibian survival, body condition and function. *Chemosphere*, *244*, 125500.

De Silva, Y. S. K., Rajagopalan, U. M., & Kadono, H. (2021). Microplastics on the growth of plants and seed germination in aquatic and terrestrial ecosystems. *Global Journal of Environmental Science and Management*.

Faheem, M., Shabbir, S., Zhao, J., G Kerr, P., Ali, S., Sultana, N., & Jia, Z. (2020). Multifunctional Periphytic Biofilms: Polyethylene Degradation and Cd2+ and Pb2+ Bioremediation under High Methane Scenario. *International journal of molecular sciences*, *21*(15), 5331.

R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, Production, use, and fate of all plastics ever made, Sci. Adv. 3 (2017), e1700782.

Gubelit, Y. I., & Grossart, H. P. (2020). New Methods, New Concepts: What Can Be Applied to Freshwater Periphyton?. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 1275.

He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *109*, 163-172.

Lei, L., Liu, M., Song, Y., Lu, S., Hu, J., Cao, C., ... & He, D. (2018). Polystyrene (nano) microplastics cause size-dependent neurotoxicity, oxidative damage and other adverse effects in Caenorhabditis elegans. *Environmental Science: Nano*, *5*(8), 2009-2020.

Li, Y., Zhang, P., Wang, L., Wang, C., Zhang, W., Zhang, H., ... & Li, W. (2019). Microstructure, bacterial community and metabolic prediction of multi-species biofilms following exposure to di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP). *Chemosphere*, *237*, 124382.

Lin, D., Yang, G., Dou, P., Qian, S., Zhao, L., Yang, Y., & Fanin, N. (2020). Microplastics negatively affect soil fauna but stimulate microbial activity: insights from a field-based microplastic addition experiment. *Proceedings of the Royal Society B*, *287*(1934), 20201268.

Liu, S. Y., Leung, M. M. L., Fang, J. K. H., & Chua, S. L. (2021). Engineering a microbial 'trap and release'mechanism for microplastics removal. *Chemical Engineering Journal*, *404*, 127079.

Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., Van Der Ploeg, M., ... & Geissen, V. (2016). Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental science & technology*, *50*(5), 2685-2691.

de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J. B., Faltin, E., ... & Rillig, M. C. (2019). Microplastics can change soil properties and affect plant performance. *Environmental science & technology*, *53*(10), 6044-6052.

de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental science & technology*, *52*(17), 9656-9665.

Martin-Closas, L., Botet, R., & Pelacho, A. M. (2014). An in vitro crop plant ecotoxicity test for agricultural bioplastic constituents. *Polymer degradation and stability*, *108*, 250-256.

Miao, L., Hou, J., You, G., Liu, Z., Liu, S., Li, T., ... & Qu, H. (2019a). Acute effects of nanoplastics and microplastics on periphytic biofilms depending on particle size, concentration and surface modification. *Environmental Pollution*, *255*, 113300.

Miao, L., Wang, P., Hou, J., Yao, Y., Liu, Z., Liu, S., & Li, T. (2019b). Distinct community structure and microbial functions of biofilms colonizing microplastics. *Science of the Total Environment*, *650*, 2395-2402.

Ogonowski, M., Motiei, A., Ininbergs, K., Hell, E., Gerdes, Z., Udekwu, K. I., ... & Gorokhova, E. (2018). Evidence for selective bacterial community structuring on microplastics. *Environmental microbiology*, *20*(8), 2796-2808.

Parrish, K., & Fahrenfeld, N. L. (2019). Microplastic biofilm in fresh-and wastewater as a function of microparticle type and size class. *Environmental Science: Water Research & Technology*, *5*(3), 495-505.

Qi, Y., Yang, X., Pelaez, A. M., Lwanga, E. H., Beriot, N., Gertsen, H., ... & Geissen, V. (2018). Macro-and micro-plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (Triticum aestivum) growth. *Science of the Total Environment*, *645*, 1048-1056.

Renner, L. D., & Weibel, D. B. (2011). Physicochemical regulation of biofilm formation. *MRS bulletin*, *36*(5), 347-355.

Rillig, M. C., Ingraffia, R., & de Souza Machado, A. A. (2017). Microplastic incorporation into soil in agroecosystems. *Frontiers in plant science*, *8*, 1805.

Rummel, C. D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., & Schmitt-Jansen, M. (2017). Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment. *Environmental Science & Technology Letters*, *4*(7), 258-267.

Shabbir, S., Faheem, M., Ali, N., Kerr, P. G., Wang, L. F., Kuppusamy, S., & Li, Y. (2020). Periphytic biofilm: An innovative approach for biodegradation of microplastics. *Science of the Total Environment*, *717*, 137064.

Wetzel R. (eds.). (1983) Periphyton of Freshwater ecosystems. Proceedings of the First 776 International Workshop on Periphyton of Freshwater Ecosystems held in Vaxjo, Sweden, 14-17 777 September 1982. Kluwer. 346 pp.

Wu, X., Pan, J., Li, M., Li, Y., Bartlam, M., & Wang, Y. (2019). Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm. *Water research*, *165*, 114979.

Wu, Y., Liu, J., & Rene, E. R. (2018). Periphytic biofilms: a promising nutrient utilization regulator in wetlands. *Bioresource technology*, *248*, 44-48.

Zhang, B., Shi, Y.-t., Liu, J.-h., Xu, J., Xie, G.-d. 2017. Economic values and dominant providers of key ecosystem services of wetlands in Beijing, China. Ecol. Indicators 77, 48-58.

Zhu, D., Chen, Q. L., An, X. L., Yang, X. R., Christie, P., Ke, X., ... & Zhu, Y. G. (2018). Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut microbiota and alters their isotopic composition. *Soil Biology and Biochemistry*, *116*, 302-310.

Status of microplastics and periphytic communities in wetlands: A review

Kamyar Amirhosseini[1], Zahra Haghani[2] and Hossein Ali Alikhani[3]

1- MSc student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultual Engineering and Technology, University of Tehran. Iran. (amirhosseini.k@ut.ac.ir)

2- MSc student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultual Engineering and Technology, University of Tehran. Iran.

3- Full Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultual Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

The following review aims to shine a light on the status of microplastics as one of the most prevailing forms of environmental pollution and presents key findings of the latest related scientific research. Moreover, the paper endeavors to critically evaluate the interaction formed between microplastics and periphytic communities. Broad applications of sewage sludge and uncontrolled usage of plastic mulches allow for a considerable amount of microplastics to build up in agricultural soils and paddy fields. Following incorporation into the soil, specific physical and chemical characteristics of microplastics interfere with the normal functioning of soil biota and represent a threat to ecosystem health. The resilience and proclivity of periphytic biofilm to withstand environmental alterations provide them with the capacity to use microplastics as growth surfaces. Hence, periphyton presents an environmentally friendly approach for effective bioremediation of contaminated wetlands. Through the identification of research gaps, the present article will prove useful in future research regarding periphytic biofilms and also in managerial decision-making regarding the handling of microplastics issue in paddy fields and wetlands.

Keywords: Environmental pollution, Periphyton, Bioremediation, Paddy fields, Ecosystem health

ارزیابی شاخص خطر کبالت در اثر مصرف سبزیجات کشت شده در تیمارهای مختلف لجن فاضلاب

مرضیه غنام[1*]، امیر بستانی[2]

[1] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

[2] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی خطر کبالت بر سلامت انسان نسبت به بیماری‌های غیرسرطانی از طریق مصرف سبزیجات رشد یافته در خاکهای تیمار شده با سطوح مختلف لجن فاضلاب در شرایط گلخانهای انجام گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح لجن فاضلاب (صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد) و هشت نوع سبزیجات برگی (اسفناج، تربچه، پیازچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه) بود. با افزایش سطح لجن فاضلاب، شاخص متوسط جذب روزانه (ADD) و احتمال خطر (HQ) در هردو گروه سنی کودکان و بزرگسالان افزایش یافت ($P\leq0.0001$). نتایج نشان داد در تیمار ۴/۵ درصد لجن فاضلاب نسبت به تیمار شاهد، برای هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان شاخص خطر ۲ برابر افزایش داشت. بیشترین و کمترین شاخص خطر به ترتیب متعلق به گیاه پیازچه و مرزه بود. به‌طورکلی، برای هر دو گروه سنی خطر بالقوه ایجاد بیماری‌های غیرسرطانی وجود داشت و کودکان بیش از سه برابر بزرگسالان در معرض این خطر بودند.

واژگان کلیدی: سبزیجات برگی، شاخص خطر، فلزات سنگین، لجن فاضلاب

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت و رشد کلان‌شهرها و کمبود منابع آب، هر روز اهمیت تصفیه فاضلاب بیشتر و بیشتر می‌شود. از آنجا که وقتی فاضلاب تصفیه می‌شود تا این منبع به محیط زیست برگردانده شود، محصول جانبی نیمه جامد غنی از موادآلی به نام لجن فاضلاب تولید شده که حجم زیادی داشته و چگونگی دفع یا استفاده سودمندانه از آن به گونه‌ای که خطری سلامت و بهداشت عمومی را تهدید نکند، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (ترابیان و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به اینکه این ماده منبع غنی از عناصر ریزمغذی، نیتروژن و فسفر برای گیاه می‌باشد، به‌عنوان یک کود آلی ارزان قیمت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. به‌رغم جنبه‌های مفید لجن فاضلاب به عنوان کودآلی، ممکن است به‌دلیل سطح بالای فلزات سنگین، کاربرد آن به‌ویژه در مقادیر زیاد در کشاورزی تبعات مضرّی در پِی داشته باشد. چرا که این امر باعث انباشته شدن بیش از حد فلزات سنگین در خاک می‌شود (خانمیری و همکاران، ۱۳۹۰). اگرچه برخی از فلزات سنگین در مقادیر ناچیز برای رشد گیاه لازم‌اند، ولی غلظت کمی بیشتر از حد آستانه آن‌ها می‌تواند برای حیات گیاهی و جانوری خطرساز باشد (Salehipour Baversad et al., 2014). برای مثال، کبالت یک عنصر اساسی برای بدن انسان و عضو تشکیل دهنده لازم ویتامین B12 (هیدروکسی کوبالامین) است (Elinder et al., 1986). حداقل توصیه شده مصرف روزانه هیدروکسی کوبالامین در بزرگسالان ۳ میکروگرم در روز است، که برابر با ۰/۰۱۲ میکروگرم کبالت می‌باشد

* ایمیل نویسنده مسئول: marzie.ghannam@gmail.com

(Stabler et al., 2004). به هرحال مقادیر زیاد کبالت برای ارگانیسم‌های بدن مضر است. سمیت کبالت باعث عوارض جانبی ریوی (Wehner et al., 1977) و سرطان‌زایی (Heath., 1955) می‌شود. داده‌های موجود در منابع نشان می‌دهد که کبالت می‌تواند برای بسیاری از انواع سلول‌ها از جمله سلول‌های عصبی باعث سمیت سلول (Wang et al., 2000 – Yang et al., 2004) شود (به نقل از Karovic et al., 2007). در دهه‌های اخیر، آبیاری با فاضلاب و استفاده کود لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی منجر به افزایش سطح آلودگی ناشی از فلزات سنگین شده است، از این‌رو لازم است توجه ویژه‌ای به تولید محصول و مصرف محصولات کاشته شده در چنین مناطقی داشته باشیم (Moradi et al., 2016). ذخیره‌سازی فلزات سنگین در بخش‌های خوراکی محصولات غذایی منبع مهمی از آلاینده‌ها در زنجیره غذایی انسان است زیرا سبزیجات فلزات را از خاک، هوا و آب جذب می کنند (Flores-Magdaleno et al., 2011; Chiroma et al., 2014 به نقل از Rehman et al.,1996). میزان انباشت این فلزات در برگ سبزیجات بیشتر از قسمت‌های دیگر گزارش شده است و از آنجا که سبزیجات در رژیم غذایی روزانه انسان‌ها طرفدار زیادی دارند و با توجه به تازه‌خوری این محصولات، اثرات زیان‌بار این فلزات تهدید جدی برای مصرف کنندگان محسوب می‌شود. امروزه با توجه به برخی فاکتورها از جمله غلظت ماده آلاینده، مقدار مصرف در طول زمان، سن فرد مصرف کننده، وزن بدن و نظایر آن و نیز استفاده از برخی روابط و شیوه‌های ارائه شده توسط سازمان‌های معتبر بین‌المللی می‌توان تا حدود زیادی میزان خطر ناشی از مصرف محصولات آلوده را برآورد و در جهت کاهش این‌گونه خطرات، توصیه‌ها و هشدارهایی را به مصرف کنندگان ارائه نمود (Salehipour Baversad et al., 2014). به منظور بررسی خطرات ناشی از فلزات سنگین جذب شده در گیاهان و تاثیر آن بر سلامت انسان، محققین به محاسبه شاخص‌های سلامتی مانند؛ مقدار متوسط جذب روزانه فلزات سنگین (ADD) و شاخص خطر بروز بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) پرداختند (Rastegarimehr et al., 2017)، (Hu et al., 2017). طی پژوهشی که در استان جیانگسو چین به منظور ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در خاک انجام شد، مقدار متوسط مصرف روزانه (ADD) برای بزرگسالان و کودکان از طریق استنشاق، تماس پوستی و خوراک (مستقیم و غیر مستقیم) محاسبه و از هر سه طریق منجر به بروز خطرات بالقوه شد (Jiang et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگر، بررسی آلودگی ۵ فلز سنگین و ارزیابی خطر سلامت انسان در برنج و خاک آن، در نزدیکی سه منطقه معدن در چین انجام گرفت. در این پژوهش مقدار شاخص خطر برای هر ۵ فلزسنگین در برنج بالابود، که نشان دهنده خطر بالقوه غیرسرطان‌زا می‌باشد (Fan et al., 2017). پژوهش حاضر با هدف بررسی مقدار جذب روزانه و شاخص خطر بیماری‌های غیرسرطانی فلز کبالت در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران، در سال ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا در آمد. خاک مورد مطالعه از حاشیه نهر فیروزآبادی استان تهران با مختصات جغرافیایی ″۳۶/۲ ′۳۲ °۳۵ عرض شمالی و ″۰۸/۴ ′۳۰ °۵۱ طول شرقی جمع‌آوری شد. لجن فاضلاب استفاده شده از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران تهیه گردید. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح لجن فاضلاب (صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد) و هشت نوع سبزیجات برگی (اسفناج، تربچه، پیازچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه) بود. طبق محاسبات انجام شده مقدار لجن فاضلاب در درصدهای مورد نظر به صورت دستی با خاک مخلوط گشته و مجموعا در هر گلدان ۳ کیلوگرم خاک همراه با مقدار مورد نظر از لجن فاضلاب، ریخته شد. با کامل شدن دوره رشد گیاهان، بخش هوایی بوته‌ها از فاصله یک سانتیمتری سطح خاک قطع و در پاکت کاغذی گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شدند. هضم گیاه به روش هضم تر در مخلوط اسید سولفوریک و پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد انجام گرفت

(Rechcigl, J. E. and G. G. Payne. 1990). غلظت فلزات سنگین گیاه به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Analytic jena contra AA300 قرائت شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel و تجزیه آمـاری بـا نـرم افزار SAS انجام گردید. در نهایت، متوسط دریافت روزانه فلزسنگین[2] (Chen et al., 2015)، (عبدی و همکاران،۱۳۹۴)، (Esteghamati et al., 2012)، و احتمال خطر[3] (HQ) فلز کبالت از طریق معادلات زیر محاسبه شد.

$$ADD_{ingestion}=C_c\times\frac{IngR\times EF\times ED}{BW\times AT\times 10^6} \quad (۱)$$

IR_{ing}: میزان مصرف خوراکی ($mg.kg^{-1}$)، (Abdi et al., 1394). ED: تعداد سال‌های مصرف (years). EF: مقدار مصرف در سال ($days.years^{-1}$)، (Esteghamati et al., 2012). BW: وزن بدن (kg)، (Davtalabnezam et al., 1395). AT: ۳۶۵ × ED، (USEPA, 2000). C_c: غلظت فلز در بخش خوراکی گیاه ($mg.kg^{-1}$).

$$HQ=\frac{ADD}{RfD} \quad (۲)$$

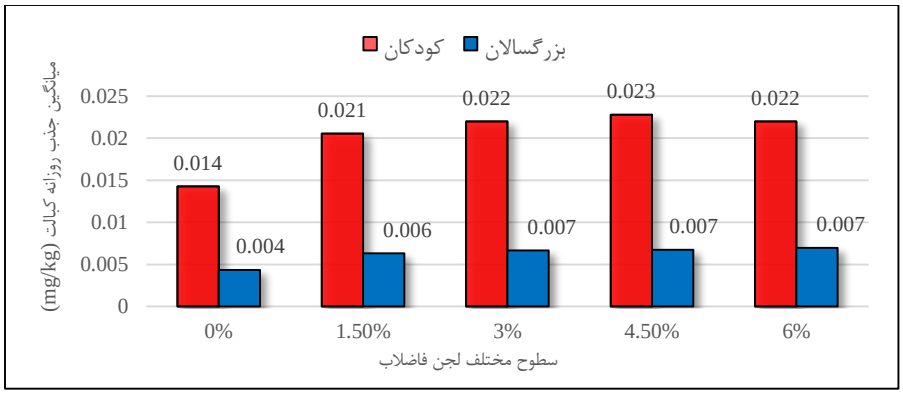
مقدار دوز مجاز (RfD[4]) برای هر عنصر مقدار مشخصی است. این مقدار با آزمایش بر روی حیوانات به دست آمده و نشان دهنده حداکثر غلظتی از عنصر است که برای موجودات مشکلی ایجاد نکرده است و واحد آن ($mg.kg^{-1}.day^{-1}$) می‌باشد و مقدار آن برای فلز کبالت به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ۰/۰۰۰۳ میلی‌گرم در روز است (USEPA, 2000) و (Salehipour Baversad et al., 2014). مقادیر $HQ < 1$ نشان دهنده شرایط ایمن و عدم بروز بیماری، و $HQ > 1$ نشان دهنده احتمال قوی بروز بیماری غیر سرطانی است (Fan et al., 2017).

نتایج و بحث

خاک مورد مطالعه آهکی، دارای بافت لومی‌شنی با مقدار ماده آلی کم و شوری زیاد بود. مقدار کبالت کل خاک اولیه قبل از اعمال تیمار mg/kg^{-1} ۴/۵۱ محاسبه شد. مقدار کبالت کل موجود در لجن فاضلاب مورد مطالعه نیز mg/kg^{-1} ۱/۱۷۵ محاسبه گردید که بسیار کمتر از حد استاندارد کبالت کل لجن فاضلاب (mg/kg^{-1} ۲۵) محاسبه گردید. اگرچه غلظت عناصر موجود در لجن فاضلاب کمتر از مقادیر استاندارد بود اما استفاده دراز مدت از این ترکیب در خاک، با توجه به این موضوع که فلزات سنگین نه از بین می‌روند و نه شسته می‌شوند، باعث بالا رفتن غلظت عنصر در خاک شده و مقدمات آلودگی خاک، گیاه و در نتیجه آلودگی زنجیره غذایی را فراهم می‌آورد (پناهپور و همکاران، ۱۳۸۷).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح لجن فاضلاب و نوع گیاه، بر میانگین جذب روزانه و احتمال خطر کبالت در کودکان و بزرگسالان، معنی‌دار بود ($P<0.0001$) (داده‌های مربوط به تجزیه واریانس ارائه نشده است). شکل (۱) مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر میانگین جذب روزانه کبالت را نشان می‌دهد. با افزایش سطح لجن فاضلاب در خاک، مقدار دریافت روزانه کبالت نیز افزایش یافت که این میزان بسیار بیشتر از حد مجاز دریافت روزانه کبالت بود.

[2] Average daily doses (ADD)
[3] Hazard quotient
[4] Oral Reference Dose



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر متوسط جذب روزانه کبالت

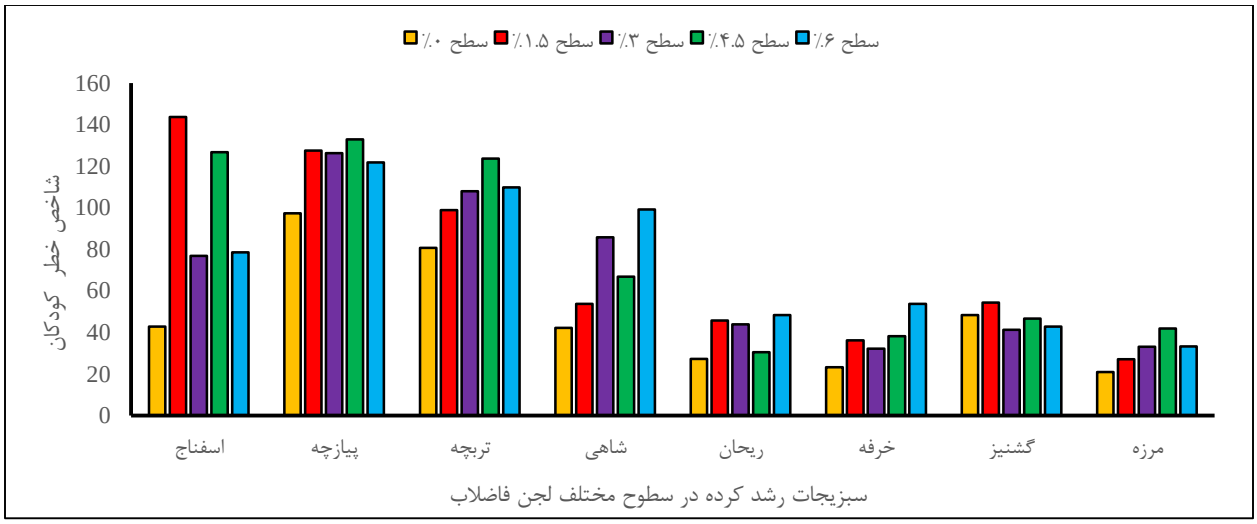
مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر احتمال خطر در جدول (۱) نشان داده شد. با توجه به حدود استاندارد تعیین شده برای این شاخص، تمامی سطوح لجن فاضلاب دارای خطر بالقوه بودند. بیشترین مقدار احتمال خطر متعلق به تیمار ۶ درصد لجن فاضلاب بود. میزان خطر در این تیمار نسبت به تیمار شاهد، برای هر دو گروه سنی ۵۸/۷ درصد افزایش نشان داد. همچنین احتمال خطر برای کودکان در مقایسه با بزرگسالان ۲۲۹/۸ درصد بالاتر بود. بالا بودن میزان احتمال خطر در تیمار شاهد به علت آلوده بودن خاک اولیه می‌باشد. زیرا همانطور که گفته شد خاک مورد مطالعه از حاشیه نهر فیروزآبادی تهیه گردید. در پژوهشی در شهر مبارکه و زرین‌شهر اصفهان، غلظت چهار فلز در خاک‌های اطراف شرکت فولادسازی در سه گیاه پیاز، گندم و برنج بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار متوسط جذب روزانه (ADD) برای سرب، نیکل و کادمیوم در محدوده سمیت قرار داشت و مقادیر شاخص خطر بیماری‌های غیر سرطان‌زا برای مصرف هر سه محصول کشاورزی بالاتر از ۱ و در محدوده خطر بالقوه محاسبه شد (Moradi et al., 2016).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر احتمال خطر کبالت در کودکان و بزرگسالان

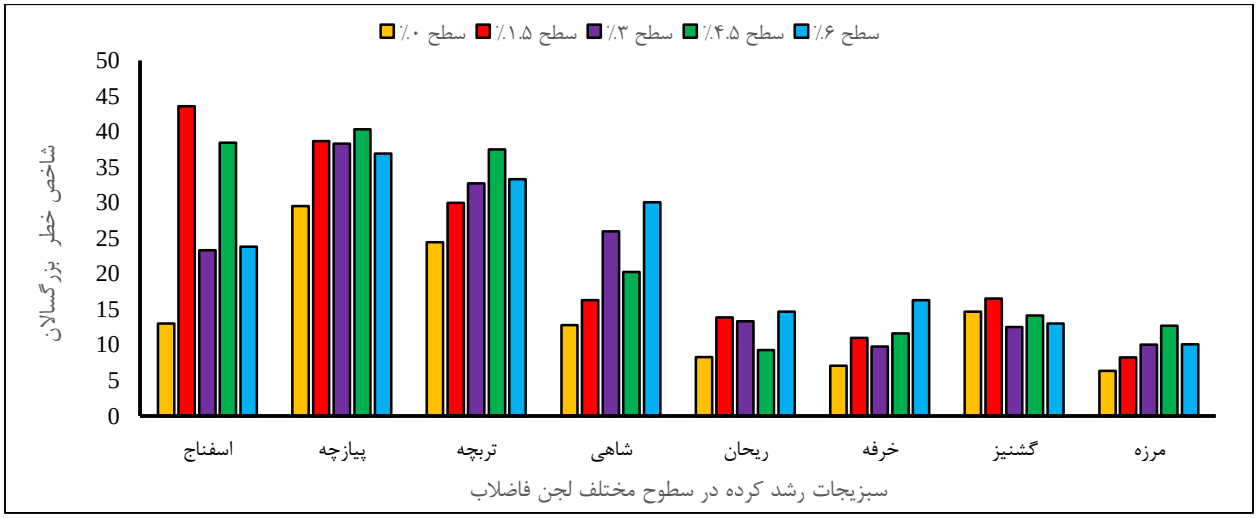
سطوح لجن فاضلاب	تعداد نمونه	احتمال خطر	
		کودکان	بزرگسالان
شاهد	۲۴	۴۷/۸۴ ^{b}	۱۴/۵۰ ^{b}
٪۱/۵	۲۴	۶۸/۳۷ ^{ab}	۲۰/۷۳ ^{ab}
٪۳	۲۴	۷۳/۴۰ ^{a}	۲۲/۲۵ ^{a}
٪۴/۵	۲۴	۷۳/۴۳ ^{a}	۲۲/۲۶ ^{a}
٪۶	۲۴	۷۵/۹۳ ^{a}	۲۳/۰۲ ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

شکل (۲) و (۳) به ترتیب، نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر کبالت در کودکان و بزرگسالان می‌باشد. بیشترین میزان خطر برای کودکان و بزرگسالان در تیمار ۱/۵ درصد لجن فاضلاب در گیاه اسفناج و کمترین میزان در تیمار شاهد در گیاه مرزه مشاهده شد. بر اساس حدود استاندارد تعیین شده برای شاخص خطر، در تمامی گیاهان برای هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان خطر بالقوه وجود داشت. به‌طورکلی بیشترین میزان خطر در گیاه پیازچه و تربچه محاسبه شد.



شکل ۲. اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر کبالت در کودکان



شکل ۳. اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر کبالت در بزرگسالان

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب در خاک کشاورزی (به خصوص در سطوح بالا) موجب افزایش جذب روزانه فلزات سنگین توسط انسان شد که بسیار بیشتر از حد مجاز مصرف روزانه کبالت بود. در اثر جذب بیشتر فلزات سنگین، درصد ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی به خصوص برای کودکان، افزایش یافت. به‌طوری‌که، میزان خطر سرطان‌زایی در تیمار ۶ درصد لجن فاضلاب نسبت به تیمار شاهد، برای کودکان و بزرگسالان ۵۸/۷ درصد بیشتر بود. همچنین بیشترین مقدار شاخص خطر برای سبزی پیازچه و تربچه و کمترین مقدار آن برای سبزی مرزه محاسبه گردید. با این حال، درصد شاخص خطر برای مرزه نیز بالاتر از حدود استاندارد بود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد برای کشت محصولاتی که تازه‌خوری داشته و در سبد مصرف روزانه انسان قرار دارند (مانند سبزیجات) از سطوح پایین لجن فاضلاب بعنوان کود استفاده گردد.

فهرست منابع

پناهپور، ا.، افیونی، م.، همایی، م. و هودجی، م. (۲۰۰۸). حرکت کادمیم، کروم و کبالت در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب و نمک این فلزات و جذب آن توسط سبزیجات در منطقه شرق اصفهان. مجله آب و فاضلاب، ۱۹، ۹-۱۷.

ترابیان، ع.، مومنی‌فراهانی، ل.، شانوازلو، ا. (۱۳۹۱). تصفیه لجن فاضلاب، دانشگاه تهران، (ترجمه).

خانمیری، ن. ح.، مجد، ک. ه.، اصغری، ش.، اوستان، ش. و بهجو، ف. ک. (۱۳۹۰). اثر لجن بیولوژیک. مجتمع پتروشیمی تبریز بر غلظت برخی فلزات سنگین در خاک و گیاه جو بهاره در شرایط گلخانهای. علوم و فنون کشت های گلخانه ای, ۹۲-۸۳.

ABDI, F., ATARODI, Z., MIRMIRAN, P. & ESTEKI, T. (2015). Surveying Global and Iranian Food Consumption Patterns: A Review of the Literature. Journal of Fasa University of Medical Sciences, 5, 159-167.

CHEN, H., TENG, Y., LU, S., WANG, Y. & WANG, J. (2015). Contamination features and health risk of soil heavy metals in China. Science of the Total Environment, 512-513, 143-153.

CHIROMA, T. M., EBEWELE, R. O. & HYMORE, F. (2014). Comparative assessment of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey water used for irrigation in Yola and Kano.

DAVTALABNEZAM, S., SHAKERI, A. & REZAEE, M. (2017). Contamination, Source Apportionment and Health Risk Assessment of Potentially Toxic Elements in Soil of Park-e-Shahr and Park-e-Laleh, Tehran City. Kharazmi Journal of Earth Sciences, 2, 209-226.

ELINDER, C., FRIBERG L. Cobalt. In: Friberg L, Nordberg G, Voulk V, editors. Handbook on the toxicology of metals. Amsterdam: Elsevier; (1986). p. 211–32.

ESTEGHAMATI, A., NOSHAD, S., NAZERI, A., KHALILZADEH, O., KHALILI, M. & NAKHJAVANI, M. (2012). Patterns of fruit and vegetable consumption among Iranian adults: a SuRFNCD-2007 study. Br J Nutr, 108**,** 177-81.

FAN, Y., ZHU, T., LI, M., HE, J. & HUANG, R. (2017). Heavy Metal Contamination in Soil and Brown Rice and Human Health Risk Assessment near Three Mining Areas in Central China. Journal of Healthcare Engineering, 2017, 4124302.

HEATH J. C. (1956). The production of malignant tumours by cobalt in the rat. British journal of cancer, 10(4), 668–673.

HU, B., JIA, X., HU, J., XU, D., XIA, F. & LI, Y. (2017). Assessment of Heavy Metal Pollution and Health Risks in the Soil-Plant-Human System in the Yangtze River Delta, China. Int J Environ Res Public Health, 14.

JIANG, Y., CHAO, S., LIU, J., YANG, Y., CHEN, Y., ZHANG, A. & CAO, H. (2017). Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. Chemosphere, 168, 1658-1668.

KAROVIC, O., TONAZZINI, I., REBOLA, N., EDSTROM, E., LOVDAHL, C., FREDHOLM, B. B., & DARE, E. (2007). Toxic effects of cobalt in primary cultures of mouse astrocytes. Similarities with hypoxia and role of HIF-1alpha. Biochemical pharmacology, 73(5), 694–708.

MORADI, A., HONARJOO, N., NAJAFI, P. & FALLAHZADE, J. (2016). A human health risk assessment of soil and crops contaminated by heavy metals in industrial regions, central Iran. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22, 153-167.

RASTEGARI MEHR, M., KESHAVARZI, B., MOORE, F., SHARIFI, R., LAHIJANZADEH, A. & KERMANI, M. |(2017). Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran. Journal of African Earth Sciences, 132, 16-26.

RECHCIGL, J. E. & PAYNE, G. (1990a). Comparison Of a Microwave Digestion System to Other Digestion Methods for Plant Tissue Analysis.

RECHCIGL, J. E. & PAYNE, G. G. (1990b). Comparison of a microwave digestion system to other digestion methods for plant tissue analysis. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 21**,** 2209-2218.

REHMAN, Z. U., KHAN, S., SHAH, M. T., BRUSSEAU, M. L., KHAN, S. A. & MAINHAGU, J. (2017). Transfer of Heavy Metals from Soils to Vegetables and Associated Human Health Risk in Selected Sites in Pakistan. Pedosphere.

SALEHIPOUR BAVERSAD, M., GHORBANI, H., AFYUNI, M. & KHEIRABADI, H. (2014). The Potential Risk Assessment of Heavy Metals on Human Health in Some Agricultural Products in Isfahan Province. Journal of Water and Soil Science, 18, 71-81.

STABLER, S. P., & ALLEN, R. H. (2004). Vitamin B12 deficiency as a worldwide problem. Annual review of nutrition, 24, 299–326.

USEPA. (2000). Supplementary guidance for conducting health risk assessment of chemical mixtures, Risk Assessment Forum Technical Panel.

WANG, G., HAZRA, T. K., MITRA, S., LEE, H. M., & ENGLANDER, E. W. (2000). Mitochondrial DNA damage and a hypoxic response are induced by CoCl(2) in rat neuronal PC12 cells. Nucleic acids research, 28(10), 2135–2140.

WEHNR, A. P., BUSCH, R. H., OLSON, R. J., & CRAIG, D. K. (1977). Chronic inhalation of cobalt oxide and cigarette smoke by hamsters. American Industrial Hygiene Association journal, 38(7), 338–346.

YANG, S. J., PYEN, J., LEE, I., LEE, H., KIM, Y., & KIM, T. (2004). Cobalt chloride-induced apoptosis and extracellular signal-regulated protein kinase 1/2 activation in rat C6 glioma cells. Journal of biochemistry and molecular biology, 37(4), 480–486.

Evaluation of cobalt risk index due to consumption of vegetables grown in different treatments of sewage sludge

Ghannam*[1], M., Bostani[2], A.

[1] Graduated from the Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran
[2] Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran

Abstract

This study was carrid out to evaluate the risk of cobalt on human health against non-cancerous diseases through the consumption of vegetables grown in soils treated with different levels of sewage sludge in greenhouse conditions. The experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three replications. Treatments included 5 levels of sewage sludge (0, 1/5, 3, 4, 5 and 6%) and eight types of leafy vegetables (Spinach, Scallion, Radish, Garden cress, Basil, Pearl, Coriander and Savory). The results showed that with increasing the level of sewage sludge, the average daily doses index (ADD) and the Hazard quotient (HQ) increased in both age children and adults groups ($P \leq 0.0001$). The result showed that in the treatment of 4.5% of sewage sludge compared to the control, the Hazard quotient increased twice for both age of children and adult groups. The highest and lowest Hazard quotient belonged to radish and savory respectively. In overal, there was a potential risk of developing non-cancerous diseases for both age groups, and children were more than three times more likely than adults to be at risk.

Keywords: Leafy vegetables, Hazard index, Heavy metals, Sewage sludge.

* Corresponding author, Email: marzie.ghannam@gmail.com

بررسی آزمایشگاهی تأثیر کانی زئولیت بر رشد رده سلول سرطانی اپی‌تلیال ریه انسانی (A549)

فریبا نعمتی شمس آباد[۱]، محمد حسن صالحی[۲]، طوبی غضنفری[۳]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران
nemati.fariba@gmail.com

۲- استاد پیدایش و رده بندی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران

۳- استاد ایمونولوژی، مرکز تحقیقات تنظیم پاسخ‌های ایمنی، دانشگاه شاهد، ایران

چکیده

ترکیبات تهیه‌شده با کانی‌های رسی به دلیل هم‌افزایی‌هایی که بین ویژگی‌های زیست دارویی و فن‌آوری آن وجود دارد، موردتوجه بسیاری قرار دارند. در این میان کانی زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولایت) به‌عنوان یک نشانگر زیستی در شناسایی و اندازه‌گیری سریع و دقیق سلول‌های سرطانی و به‌عنوان داروی کمکی در درمان سلول‌های سرطانی مورداستفاده قرارگرفته است. این مطالعه برای نخستین بار در کشور اثرات این کانی را بر رشد سرطان شایع ریه (A549) در محیط آزمایشگاهی موردمطالعه قرار می‌دهد. در این راستا کلینوپتیلولایت در اندازه ذره ۲۵۰ مش و کوچکتر از آن پس از استریل شدن به‌وسیله اشعه گاما در غلظت‌های ۵۰، ۱۰، ۵، ۱، ۰/۵، ۰/۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر، بر روی رده سلول سرطانی A549 موردبررسی قرار گرفت. سلول‌ها به مدت ۴۸ ساعت در چاهک‌های کشت سلول در معرض غلظت‌های مختلف رس قرار گرفتند و سمیت سلول از طریق آزمون MTT محاسبه شد. مقدار IC_{50} بر اساس نتایج MTT حدود ۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر تعیین گردید. نتایج این پژوهش نشان داد کانی کلینوپتیلولایت طبیعی مطالعه شده دارای اثر بازدارندگی برای رده سلول‌های سرطانی اپی‌تلیال ریه (A549) بوده و این اثرات با کاهش غلظت رس کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: آزمون MTT، رده سلولی A549، زئولیت، IC_{50}.

مقدمه

کانی‌ها نیمی از حجم اکثر خاک‌ها را به خود اختصاص می‌دهند(Dixon *et al*., 2002) . رس‌های سلیکاتی و کانی‌های رسی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ویژه برای بسیاری از کاربردهای پزشکی مناسب هستند. ویژگی‌هایی مانند سطح ویژه و ظرفیت جذب بالا، خواص رئولوژیکی، فعالیت شیمیایی کم و سمیت کم یا عدم سمیت برای بیمار آن‌ها را برای کاربرد در ترکیبات دارویی مناسب می‌گرداند (Carretero, 2002). ترکیبات تهیه‌شده با کانی‌های رسی به دلیل هم‌افزایی‌هایی که بین ویژگی‌های زیست دارویی و فن‌آوری آن وجود دارد، موردتوجه بسیاری قرار دارند (Nones *et al*., 2015).

زئولیت نمونه‌ای ازکانی های پرکاربرد در این زمینه است. در ساختار زئولیت تتراهیدرون‌ها به‌گونه‌ای آرایش یافته‌اند که ایجاد حفره یا منفذهایی با اندازه ثابت در داخل کریستال می‌کنند. وجود این منفذها باعث ایجاد گنجایش تبادل کاتیونی بالا، سهولت ورود و خروج کاتیون‌های کوچک و محبوس شدن کاتیون‌های بزرگ‌تر است. کلینوپتیلولیت نوعی زئولیت است که دارای بیشترین فراوانی در دنیا (Boettinger and Ming, 2002) و معادن کشور (نعمتی و همکاران،۱۳۹۷) هست. گنجایش تبادل کاتیونی کلینوپتیلولیت در حدود ۲۲۰ سانتی مول بار بر کیلوگرم و مشابه با برخی از انواع فیلوسیلیکات‌ها می‌باشد.

زئولیت به‌عنوان یک نشانگر زیستی در شناسایی و اندازه‌گیری سریع و دقیق سلول‌های سرطانی باقابلیت چسبندگی زیاد از طریق ایزوسیانات، یک بستر امیدوارکننده برای تشخیص فرمولاسیون درمانی معرفی گردید (Greco *et al*., 2015). همچنین مشخص‌شده است که نانو ذرات زئولیت از طریق مسیری متفاوت (تا حدودی نامشخص) به‌آسانی در مدت ۲۴ ساعت وارد سلول‌های سرطانی می‌شوند ~~(درونی می‌شوند)~~ (Li *et al*., 2003). زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولیت) به‌عنوان یک داروی کمکی بالقوه در درمان سرطان در موش‌ها و سگ‌هایی که از انواع مختلفی از تومور رنج می‌برند منجر به بهبود وضعیت سلامت کلی، طول عمر و کاهش اندازه تومورها شد (Pavelić *et al*., 2001). نتایج دیگر در مورد کاربرد کلینوپتیلولیت طبیعی به‌عنوان ماده ضد سرطان توسط Zarcovic

و همکاران (۲۰۰۳) به اثبات رسیده است. همچنین اثر زئولیت بر رده‌های سلولی سرطان پانکراس و دهانه رحم با استفاده از آزمون زنده ماندن سلولی از طریق آزمایش MTT اندازه‌گیری شد (Ghazi *et al*., 2012).

دراین‌بین جایگاه خالی پژوهشگران حوزه علوم خاک به‌رغم شناخت کامل‌تر از ویژگی‌ها و ساختار رس‌ها کاملاً مشهود است. انجام مطالعات بین‌رشته‌ای (interdisciplinary) و چند رشته‌ای (Mutidiciplinary) این امکان را فراهم می‌سازد تا با بهره‌گیری از تخصص‌های مختلف، مطالعات دقیق‌تر و کاربردی در این زمینه صورت پذیرد.

در ایران به دلیل افزایش عوامل سرطان‌زا از قبیل شهرنشینی، پیری جمعیت و آلودگی‌های مختلف زیست‌محیطی، برنامه‌های کنترل سرطان ازجمله برنامه‌های اصلی کنترل بیماری‌های غیر واگیر (NCDS) به شمار می‌رود (Rouhollahi *et al*., 2014). از بین انواع سرطان‌ها سرطان اپی‌تلیوم ریه در کشور فراگیر است؛ بنابراین، توسعه روش‌های تشخیصی درمانی مؤثر و قابل‌اعتماد برای آن‌ها ضروری است. با توجه به دسترسی آسان منابع خدادادی این رس در کشور، ارزان بودن و از طرفی زیست سازگاری در جهت کاربردهای پزشکی، انتظار می‌رود نتایج این تحقیق بتواند تحولی در درمان و کنترل این بیماری مهلک ایجاد نماید و افق جدیدی درزمینه کاربردی کردن هرچه بیشتر علم خاکشناسی، ارزآوری در راستای کمک به اقتصاد مقاومتی و نیز کاهش آلام و هزینه‌های بیماران در پی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

زئولیت طبیعی منطقه سمنان تهیه‌شده از شرکت معدنی زمین کاو با خلوص بیش از ۹۵ درصد در سایز ذره ۲۵۰ مش و کوچکتر از آن استفاده گردید. همچنین رده‌ی سلولی سرطانی A549 از بانک سلولی انستیتو پاستور ایران تهیه گردید. رده‌ی سلولی سرطان اپی‌تلیال ریه (A549) مشتق شده از بافت سرطانی ریه است.

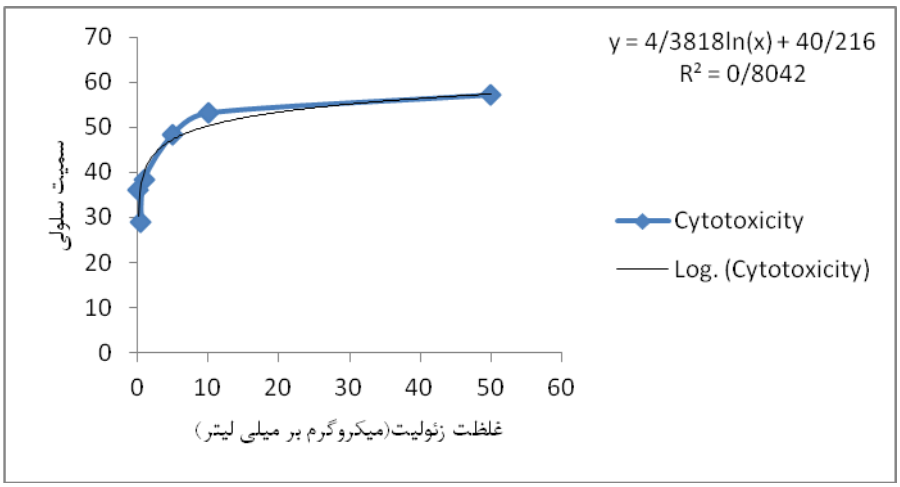
برای اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) زئولیت به دلیل ساختار خاص و غربالی آن ابتدا CEC خارجی (غیر زئولیتی) و سپس CEC داخلی زئولیت اندازه‌گیری می‌گردد (Ming and Dixon,1987). به‌منظور استریل کردن رس از پرتودهی اشعه گاما استفاده شد. فرآیند استریل سازی توسط دستگاه گاما سل ۲۲۰ (Gammacell 220) انجام گردید. غربالگری تأثیر رس بر روی سلول‌های سرطانی در شرایط آزمایشگاهی بر روی رده سلولی سرطانی اپی‌تلیال ریه (A549) انجام شد.

جهت تعیین غلظت بازدارندگی نیمه حداکثری (۵۰٪) (IC50) و پوشش دامنه‌ی غلظت‌های متفاوت کانی رسی زئولیت در ۶ غلظت ۵۰، ۱۰، ۵، ۱، ۰/۵، ۰/۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر موردبررسی قرار گرفت. سلول‌ها به مدت ۴۸ ساعت در چاهک‌های کشت سلول در معرض غلظت‌های مختلف رس قرار گرفتند. تمام آزمایش‌ها توسط ۳ تکرار انجام گردید. جهت تعیین آزمون سمیت سلول از آزمون MTT استفاده گردید (Ghazanfari *et al*., 2011). مقدار IC_{50} (غلظتی که در آن ۵۰ درصد سلول‌ها از بین رفته و ۵۰ درصد آن‌ها زنده می‌مانند) بر اساس نتایج MTT محاسبه گردید.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل ویژگی های زئولیت مورد استفاده وزن مخصوص ظاهری را ۰/۹-۱/۵gr /Cm^3 و جذب آب را ۴۰ درصد حجمی نشان میدهد. گنجایش تبادل کاتیونی خارجی زئولیت، ۱۵۲/۲ میلی‌مول بار بر کیلوگرم و گنجایش تبادل کاتیونی داخلی آن، ۱۶۳/۰۴ سانتی مول بار بر کیلوگرم خاک می‌باشد.

تیمار سلول‌های A549 با غلظت‌های مختلف کانی رسی زئولیت طی مدت ۴۸ ساعت انجام شد. پس از ترسیم نمودار و به کمک فرمول بهترین خط، میزان IC50 کانی رسی زئولیت در دوره زمانی ۴۸ ساعت به دست آمد (شکل ۱).

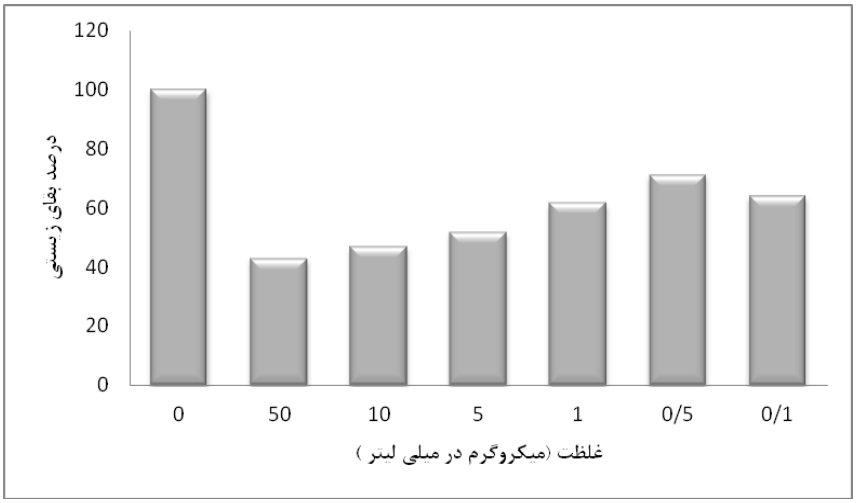


شکل ۱- نمودار IC50 در تیمار زئولیت بر رده سلولی A549

در این پژوهش کشندگی ۵۰ درصدی سلول‌های A549 در غلظت حدود ۹/۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر بوده و کشندگی حداکثری در غلظت ۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر می‌باشد. این غلظت‌ها بسیار پایین‌تر از نتایج مشابه بوده و نشان‌دهنده تأثیر احتمالی بیشتر زئولیت مورداستفاده در این تحقیق می‌باشد. نتایج Ghazi و همکاران در بررسی اثر زئولیت بر رده‌های سلولی سرطان پانکراس و دهانه رحم نشان داد که زئولیت با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بیشترین مهار تکثیر سلولی و کاهش در زنده ماندن سلولی رده‌های سلولی سرطانی کشت‌شده در محیط را نشان می‌دهد (Ghazi *et al*., 2012). درنتیجه اثربخشی رس بستگی به نوع رس داشته و برای هرکدام از انواع زئولیت متفاوت می‌باشد.

سلول‌های سرطانی تحت تأثیر زئولیت در غلظت‌های مختلف تفاوت‌های بارز و وابسته به غلظت رس نشان دادند، به‌طوری‌که به‌تدریج و با افزایش غلظت تغییر شکل سلولی بسیار واضح‌تر بود. مهار رشد سلولی به‌طور دسته‌جمعی یا منفرد به‌صورت مورفولوژی ستاره‌ای شکل، تحلیل رفتگی، تغییر شکل و خورد شدن هسته مشخص بود. این تغییرات از ویژگی‌های نهایی مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول (آپوپتوزیس) احتمالی است.

بررسی میزان بقاء سلولی با استفاده از روش MTT بر روی رده سلولی سرطان اپی‌تلیال ریه (A549) نشان داد که میزان توان‌زیستی این سلول‌ها به‌صورت وابسته به غلظت کاهش می‌یابد. شکل ۲ نتایج تأثیر کاهش غلظت بر زنده‌مانی سلولی را نشان می‌دهد. کلیه غلظت‌ها در سطح آماری ۰/۰۰۱ در مقایسه با سلول های شاهد معنی دار می باشد.



شکل ۲- درصد بقای سلول‌های A549 در برابر غلظت‌های مختلف زئولیت در مدت‌زمان ۴۸ ساعت؛ نتایج به‌صورت درصد بقا در مقایسه با نمونه ی کنترل گزارش‌شده است ($p<۰/۰۰۱$).

نتایج نشان می‌دهد در تمام غلظت‌های اعمال‌شده زئولیت اثر کشندگی بر سلول‌های سرطانی داشته و میزان بقای سلول‌ها در گروه‌های تیمار شده نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق Katic و همکاران 2014) در بررسی اثر کلینوپتیلولیت بر روی محیط سلول و درنتیجه اثرات آن بر سلول‌های توموری در شرایط آزمایشگاهی،Pavelić و همکاران (2001) در استفاده از کلینوپتیلولیت به‌عنوان داروی کمکی در درمان سرطان Ghazi و همکاران (2012) در بررسی اثر زئولیت بر رده‌های سلولی سرطان پانکراس و دهانه رحم و Subhapriya وGomathipriya (2018) در بررسی اثر ضد توموری کلینوپتیلولایت بر سرطان سینه مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

اثرات و تغییراتی که ترکیبات مختلف مانند داروها و رس‌ها بر سلول‌ها در فضای کنترل‌شده و قابل‌بررسی کشت سلولی ایجاد می‌نمایند درک بسیار عمیق‌تری از فرآیندها و فعل‌وانفعالات داخل سلولی طی را ممکن می‌سازد که می‌تواند به ارتقاء روش‌های درمانی منجر گردد. امروزه ترکیبات با منشأ طبیعی به علت فراوانی، عوارض جانبی کم و تداخلات دارویی اندک توجه داروسازان و پزشکان را به‌منظور سنتز داروهای نوین و درمان بیماری‌ها جلب کرده اند. نتایج این پژوهش نشان داد کانی کلینوپتیلولایت طبیعی مطالعه شده دارای اثر بازدارندگی برای رده سلول‌های سرطانی اپی‌تلیال ریه (A549) بوده و این اثرات به غلظت رس وابسته است. مکانیسم اثر برسلول از طریق سنجش مسیرهای سلولی نیاز به بررسی بیشتر دارد.

منابع

۱. نعمتی شمس آباد، ف.، ترابی گل سفیدی، ح. و ناجی، ا.م (۱۳۹۷). مقایسه راندمان جذب و رهاسازی نیترات توسط میکرو-زئولیت های کلینوپتیلولیت ایرانی و خارجی اصلاح شده با سورفکتانت کاتیونی هگزادسیل‌تری‌متیل‌آمونیم. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۲۴:۱۷۲-۱۵۷.

2. Boettinger, J.L., and Ming, D.W. (2002). Zeolite. In J. B. Dixon and D. G. Schulze (ed.) Soil mineralogy with environmental application. *Soil Science Society of America*, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 586-610.
3. Carretero, M.I. (2002). Clay Minerals and their beneficial effects upon human health: A review. *Applied Clay Science*. 21: 155–163.
4. Dixon, J., Amonette, J., Bleam, W., and Schulze, D. (2002). Soil mineralogy with environment application. *Soil Science Society of America*. 866p.
5. Greco, A., Maggini, L., De Cola, L., De Marco, R., and Gentilucci, L. (2015). Diagnostic implementation of fast and selective integrin-mediated adhesion of cancer cells on functionalized zeolite L monolayers. *Bioconjugate chemistry*, 26(9): 1873-1878.
6. Ghazi, N. A., Hussain, K. I. A., Malek, N. A. N. N., and Hamdan, S. (2012). The effects of zeolite X and Y on cancer cell lines. *Journal of Science and Technology*. 4(1): 33-40.
7. Ghazanfari, T., Yaraee, R., Rahmati, B., Hakimzadeh, H., Shams, J. and Jalali Nadoushan, M.R. (2011). In vitro cytotoxic effect of garlic extract on malignant and nonmalignant cell lines. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*. 33(4): 603–608.
8. Katic, M., Bosnjak, B., Gall-Troselj, K., Dikic, I., and Pavelic, K. (2006). A clinoptilolite effect on cell media and the consequent effects on tumor cells in vitro. *Frontiers in Bioscience*, *11*(2), 1722-1732.
9. Li, Z. (2003). Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release.*Microporous and Mesoporous Materials*.61: 181-188.

10. Ming, D., and Dixon, J. B. (1987). Quantitative determination of clinoptilolite in soil by a cation exchange capacity method. *Clay and Clay Minerals*. 32(6): 463-468.
11. Nones, J., Gracher Riella, H., Trentin, A.G. and Nones, J. (2015). Effects of bentonite on different cell types: A brief review. *Applied Clay Science*. 105: 225–230.
12. Pavelić, K., Hadžija, M., Bedrica, L., Pavelić, J., Đikić, I., Katić, M., and Križanac, Š. (2001). Natural zeolite clinoptilolite: new adjuvant in anticancer therapy. *Journal of Molecular Medicine*. 78(12): 708-720.
13. Rouhollahi, M.R., Mohagheghi, M.A., Mohammadrezai, N., Ghiasvand, R., Ghanbari Motlagh, A., Harirchi, I. and Zendehdel, K. (2014). Situation analysis of the national comprehensive cancer control program.in the I. R. Of Iran; assessment and recommendations based on the IAEA imPACT mission. *Archives of Iranian Medicine*. 17 (4): 222–231.
14. Subhapriya, S., and Gomathipriya, P. (2018). Induction of apoptotic effects of anti-proliferative zeolite X from coal fly ash on cervical cancer (HeLa) cell lines. *Molecular Biology Reports*. 45(5): 1077-1087.
15. Zarcovic, N., Zarcovic, K., Kralj, M., Borovic, S., Sabolovic, S., Blazi, M. P. and Pavelic, K. (2003). Anticancer and antioxidative effects of micronized zeolite clinoptilolite. *Anticancer Research*. 23(2): 1589-1596.

In-vitro studying the effect of zeolite on the growth of A549 lung cancer cell lines

Fariba Nemati Shamsabad[1],Mohammad Hassan Salehi[2], Tooba Ghazanfari[3]
1- College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2- College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
3-Immunoregulation Research Center, Shahed University, Tehran, Iran

Abstract

Compounds prepared with clay minerals are of great interest due to the synergies between their biomedical properties and their technology. Natural zeolite (clinoptilolite) has been used as a biomarker in the rapid and accurate identification and measurement of cancer cells and as an adjunct in the treatment of cancer cells. This is the first in the country to in vitro study of the effects of this mineral on the growth of lung cancer cell line(A549). In this regard, clinoptilolite with a particle size of 250 mesh and smaller was examined on A549 cancer cell line after sterilization by gamma rays at concentrations of 50, 10, 5, 1, 0.5, 0.1 µg / ml. Cells were exposed to different concentrations of clay for 48 hours in cell culture wells and cell toxicity was calculated by MTT assay. The IC50 value was determined to be about 9 µg / ml based on MTT results. The results of this study showed that the studied natural clinoptilolite mineral has an inhibitory effect on lung epithelial cancer cell line (A549) and these effects decrease with decreasing clay concentration.

Keywords: MTT assay, A549 cell line, zeolite, IC50.

مطالعه اثر رطوبت و آنکوباسیون خاک در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بر اکسایش گوگرد و قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک غیر آهکی

نصرت اله منتجبی

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی nmontajabi@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر رطوبت و مدت زمان آنکوباسیون بر مقدار و سرعت اکسایش گوگرد و قابلیت جذب عناصر غذایی خاک، تحقیقی به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات در زمان در قالب بلوکهای کامل تصادفی شامل دو سطح رطوبتی ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و چهار سطح گوگرد عنصری ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بر روی یک خاک شالیزاری اجرا شد. خاک‌ها در دمای ۲۵°C نگهداری شدند و در ۶ دوره ۳۰،۶۰،۹۰، ۱۲۰،۱۸۰و۲۷۰ روز نمونه‌برداری شد. در هر نمونه pH، EC، فسفر، آهن، منگنز و روی قابل جذب، سولفات محلول و سرعت اکسایش گوگرد اندازه گیری شد. نتایج نشان داد اثر اصلی گوگرد و اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر فسفر قابل جذب و اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون بر منگنز قابل جذب خاک معنی‌دار نبود ولی بقیه اثرات اصلی و متقابل رطوبت، مدت آنکوباسیون و سطوح گوگرد بر تمام صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی‌دار داشت. مقادیر EC، SO_4^{2-} محلول، P، Fe، Zn قابل جذب و سرعت اکسایش گوگرد در رطوبت ۹۰ ٪ و pH محلول خاک در رطوبت ۶۰ ٪ بیشتر بود. مصرف گوگرد pH را کاهش و EC، Fe، Zn، Mn و SO_4^{2-} را افزایش داد ولی بر فسفر قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان منگنز قابل جذب و سرعت اکسایش گوگرد در دوره ۳۰ روز، آهن قابل جذب در دوره ۶۰ روز، روی و فسفر قابل جذب در دوره ۹۰ روز و سولفات محلول در دوره ۱۲۰ روز حاصل شد. بالاترین سرعت اکسایش گوگرد در اولین دوره آنکوباسیون و بیشترین سولفات محلول در دوره ۱۲۰ روز اتفاق افتاد. بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که گوگرد و رطوبت، موجب کاهش pH و افزایش EC، Fe، P، Zn، SO_4^{2-} و سرعت اکسایش گوگرد (K) شده است.

واژگان کلیدی: پهاش، درجه حرارت، رطوبت، گوگرد، مدت آنکوباسیون

مقدمه

در خاکهای قلیایی و آهکی به سبب pH بالا و غلظت زیاد یون Ca، جذب بعضی عناصر غذایی از قبیل فسفر، آهن و روی که قابلیت دسترسی آنها به pH وابسته است، کم شده است (Heidarzadeh و همکاران، ۲۰۱۲). پهاش، هدایت الکتریکی و عناصر غذایی از ویژگی‌های مهم خاک هستند که بر رشد گیاه و کیفیت محصول موثرند. اکسایش گوگرد باعث کاهش pH محیط ریشه شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می دهد. درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسیداسیون گوگرد هستند و اثر درجه حرارت بیشتر از رطوبت است. پتانسیل رطوبتی بهینه برای اکسیداسیون گوگرد با نوع خاک متفاوت است که ناشی از اختلاف درجه تهویه در بافت‌های مختلف است و مقدار اکسیداسیون گوگرد با پتانسیل رطوبتی دارای یک رابطه سهمی مانند است (Janzen و Bettany، ۱۹۸۷). درجه حرارت ۳۶°C و رطوبت۶۰ درصد منافذ خاک برای اکسیداسیون گوگرد عنصری در خاک‌های اسیدی، خنثی و قلیائی شمال غرب هند پیشنهاد شد (Aulakh و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ Jaggi و همکاران، ۲۰۰۴). مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک حاصل از اکسایش آن، باعث کاهش pH خاک و افزایش تامین سولفات، فسفر و عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه، عملکرد، مقدار کلروفیل و تشکیل گره در ریشه‌ها می‌شود (EL-Kholy و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ansori و Gholami ، ۲۰۱۵).

بررسی اثر سطوح ۰، ۱ و ۲ تن در هکتار گوگرد از دو منبع گوگرد عنصری و جیپسوم در یک خاک رسی با ۰/۳ در صد کربنات کلسیم در رطوبت ظرفیت زراعی و دمای ۲۵°C به مدت ۸ هفته نشان داد که اثرات اصلی و متقابل زمان آنکوباسیون، منابع گوگرد و سطوح گوگرد بر pH و EC معنی‌دار بود. با مصرف گوگرد عنصری بطور مستمر pH کاهش و EC و Mn قابل جذب افزایش داشت. با مصرف ۲ تن در هکتار گوگرد، سولفات محلول۲۰ برابر شاهد شد و با زمان یک افزایش خطی داشت (Turanو همکاران، ۲۰۱۳). با افزایش مصرف گوگرد، کاهش pH بیشتر شد و گوگرد مصرفی تا ۰/۲۵ gS/kg Soil بر غلظت آهن، روی و آلومینیم قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. مصرف ۱gS/kg Soil با کاهش pH از ۷/۳ به ۴/۸۶ مقدار آهن و منگنز قابل جذب را افزایش داد (با افزایش مصرف گوگرد، کاهش pH بیشتر شد و گوگرد مصرفی تا ۰/۲۵ gS/kg Soil بر غلظت آهن، روی و آلومینیم قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. مصرف ۱gS/kg Soil با کاهش pH از ۷/۳ به ۴/۸۶ مقدار آهن و منگنز قابل جذب را افزایش داد (Karimizarchi و همکاران، ۲۰۱۴).

مطالعه اثر دو سطح ۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم گوگرد عنصری بر کیلوگرم خاک در سه رزیم رطوبتی ۴۰، ۶۰ و۱۲۰ درصد فضای منافذ خاک و سه دمای ۱۲، ۲۴ و ۳۶°C در خاک‌های اسیدی، خنثی و قلیائی با ۰/۷، ۱/۶ و ۳/۸ درصد آهک در دوره‌های آنکوباسیون ۰، ۱۴، ۲۸ و ۴۲ روز نشان داد که مصرف گوگرد در تمام رژیم‌های رطوبتی تغییری در روند پ‌هاش خاک‌های اسیدی و خنثی نداد اما در خاک‌های قلیائی در شرایط هوازی پ‌هاش خاک کاهش یافت. در شرایط غرقابی و دمای ۳۶°C ، تجمع فسفر قابل جذب حداکثر بود (Jaggi و همکاران، ۲۰۰۴). در تحقیقی دلایل کاهش سرعت اکسایش گوگرد با افزایش زمان آنکوباسیون، خصوصیات خاک، دما و اندازه ذرات گوگرد اعلام شد (Slaton و همکاران، ۲۰۰۱).

با توجه به وجود خاک‌های با ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی متفاوت در مناطق مختلف کشور، انجام این تحقیق با هدف مطالعه هم زمان اثر رطوبت، دما و مدت آنکوباسیون بر سرعت و مقدار اکسایش گوگرد و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک ضرورت داشت تا بتوانیم مناسب ترین زمان مصرف گوگرد را به منظور تعیین افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک معین کنیم.

مواد و روش‌ها

یک نمونه خاک از افق A شالیزارهای گیلان از عمق ۲۰ سانتیمتری سطحی تهیه شد و معادل ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به آن اضافه شد. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک با روش‌های استاندارد مورد استفاده موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو سطح رطوبتی ۶۰ درصد (M_1) و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (M_2) و چهار سطح گوگرد (S_0=۰، S_1=۵۰۰، S_2= ۱۰۰۰ و S_3= ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار اجرا شد. گوگرد آسیاب شده از الک ۰/۱cm و باقیمانده آن از الک ۰/۰۵cm عبور داده شد.

آزمایش با دو رژیم رطوبتی ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و چهار سطح گوگرد (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار تیمار شد. خاک به چهار قسمت تقسیم شد و به هر قسمت یکی از سطوح گوگرد و ۲ در صد وزن گوگرد، باکتری *Thiobacillus neapolitanous* اضافه و با گوگرد مخلوط شد. در هر گرم مایه تلقیح باکتری، 10^8 CFU/g باکتری وجود داشت. از خاک دارای هر سطح گوگرد تعداد ۶ ویال ۷۰۰ گرمی تهیه شد. رطوبت ۳ ویال ۶۰ درصد و سه ویال دیگر برابر۹۰ درصد ظرفیت زراعی تنظیم شد. خاک داخل ظرف‌ها فشرده شد تا وزن مخصوص ۱/۵ گرم بر سانتی مکعب ایجاد گردد. خاک‌ها داخل آون ۲۵°C نگهداری شدند و در ۶ نوبت (T1=۳۰، T2=۶۰، T3=۹۰، T4=۱۲۰، T5=۱۸۰ و T6=۲۷۰ روز) از خاک داخل هر ظرف نمونه‌برداری شد. هر دو یا سه روز، رطوبت خاک‌ها به روش وزنی کنترل و کمبود رطوبتی آنها تامین می شد. در هر نوبت نمونه گیری، ۱۱۰ گرم خاک از هر ویال برداشت شد. از هر نمونه، ۱۰ گرم خاک مرطوب داخل یک لوله پلاستیکی ریخته شد و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد (نسبت خاک به آب ۱ به ۲/۵) و با دستگاه شیکر، تکان داده شده و سپس سانتریفیوژ شد. در محلول رویی، pH و EC اندازه‌گیری شد. بقیه خاک را خشک کرده و غلظت عناصر فسفر، آهن، منگنز و روی قابل جذب و سولفات محلول آن اندازه‌گیری شد. pH و EC خاک‌های نمونه‌گیری شده در هر ۶ نوبت اندازه‌گیری شد ولی مقادیر فسفر، آهن، روی، و

منگنز قابل جذب، سولفات محلول و سرعت اکسایش گوگرد در نمونه‌های تهیه شده در چهار دوره آنکوباسیون ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز اندازه‌گیری شد. تعداد باکتری‌های تیوباسیلوس در تیمارهای با رطوبت ۹۰ در صد ظرفیت‌زراعی و سطح گوگرد ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در همه نمونه‌گیری‌ها به روش پلیت کانت شمارش شد.

میزان اکسیداسیون گوگرد عنصری در طی زمان‌های مختلف آنکوباسیون بوسیله معادله زیر محاسبه شد Janzen and Bettay (,1987a).

$$K= (1-(1-m/m_o)^{1/3} z\ Do/2t)$$

K میزان اکسیداسیون ($\mu g\ S^{\circ}\ Cm^{-2}\ day^{-1}$)، m جرم گوگرد اکسید شده (µg) (از طریق افزایش غلظت گوگرد قابل عصاره‌گیری با ۱۵٪ کلرور کلسیم در خاک تیمار شده نسبت به تیمار نشده در همان زمان محاسبه می‌شود). m_o، جرم گوگرد عنصری (µg) در زمان اولیه هر دوره آنکوباسیون، Z دانستیه گوگرد(μgCm^{-3} ۱۰۶ × ۲/۰۷)، t زمان آنکوباسیون (day) و D_o قطر ذرات گوگرد (Cm) در شروع هر دوره آنکوباسیون که در این آزمایش ۰/۰۷۵ Cm است. تجزیه و تحلیل های آماری با نرم افزار SAS، و مقایسه میانگین ها به روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جداول (۱) و (۲) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی غیر آهکی با ماده آلی مناسب و بافت سنگین بود. این خاک از شالیزارهای فومن در استان گیلان تهیه شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

pH	EC $\mu S\ cm^{-1}$	FC %	PWP	TNV $mgkg^{-1}$	OC	P	Fe	Mn	Zn	SO_4^{2-}	بافت
۷/۲۷	۱۲۸۰	۳۶/۵	۲۴/۹۸	۱	۱/۹	۲۲/۸	۴۷/۵	۱۵/۲	۱/۰	۸۴۷	رسی سیلتی

جدول۲- برخی خصوصیات بیولوژیکی خاک مورد مطالعه قبل از آزمایش

جمعیت باکتریهای هتروتروف (تعداد در گرم خاک)	جمعیت باکتریهای اتوتروف (تعداد در گرم خاک)	مقدار کربن آلی میکروبی (میکروگرم بر گرم خاک)
۱/۶×۱۰۴	۰	۱۹۶

طبق جدول تجزیه واریانس، به استثنای اثر اصلی گوگرد و اثرات متقابل رطوبت و گوگرد و گوگرد و زمان آنکوباسیون بر میزان فسفر قابل جذب خاک و اثر اصلی رطوبت و اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون بر منگنز قابل جذب خاک، بقیه اثرات اصلی و متقابل رطوبت، مدت آنکوباسیون و سطوح گوگرد بر تمام صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی‌دار داشت. در رطوبت ۹۰ در صد ظرفیت زراعی خاک مقادیر EC، SO_4^{2-} محلول، P، Fe و Zn قابل جذب و سرعت اکسایش گوگرد بیشتر بود و در رطوبت ۶۰ در صد ، pH محلول خاک بیشتر بود. مصرف گوگرد pH را کاهش و EC، Fe، Zn، Mn قابل جذب و SO_4^{2-} محلول را افزایش داد ولی بر فسفر قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان آهن و منگنز قابل جذب در دوره ۶۰ روز، روی و فسفر در دوره ۹۰ روز و بیشترین سولفات محلول در دوره آنکوباسیون ۱۲۰ روز حاصل شد. بالاترین سرعت اکسایش گوگرد در طی دوره آنکوباسیون ۳۰ روز اول اتفاق افتاد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر متغیرهای آزمایش بر ویژگیهای اندازه‌گیری شده خاک

منبع تغییر	(DF)	میانگین مربعات							
		K	Mn	Zn	Fe	P	SO_4	EC	pH
رطوبت	1	199**	11.52^{ns}	3.76**	7541**	12.24**	2214775**	26217**	0.23**
گوگرد	3-(3)-[2]	8.83**	56.94**	17.00**	807**	2.94^{ns}	16945526**	283851**	0.66**
زمان	5-(3)-[3]	1812**	106**	99.98**	6597**	45.21**	814477**	427047**	1.89**
رطوبت *گوگرد	3-(3)-[2]	15.42**	48.80**	7.97**	21.20**	1.53^{ns}	377505**	5812**	0.12**
رطوبت *زمان	5-(3)-[3]	19.19**	11.88^{ns}	3.61**	3098**	6.36**	195421**	18239**	0.03**
گوگرد *زمان	15-(9)-[6]	15.62**	27.87**	18.11**	578**	1.44^{ns}	221937**	89674**	0.08**
خطا	96-(64)-48]	0.6146	5.29	0.82	39.61	1.18	5041	892	0.0035
CV	-	5.32	11.66	24.15	9.05	3.5	6.88	5.69	0.7484

اعداد داخل کروشه و پرانتز به ترتیب درجه آزادی سرعت اکسایش گوگرد و دیگر خصوصیات اندازه گیری شده خاک به غیر از pH و EC هستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح رطوبت و گوگرد بر صفات اندازه گیری شده خاک

متغیر		pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسایش گوگرد(K)
			$\mu S\ cm^{-1}$	mg/kg					$\mu gCm^{-2}\ day^{-1}$
سطح رطوبت	٪ ۶۰FC	۷/۹۱a	۵۱۲b	۳۰/۶۰b	۶۰/۶۶b	۳/۵۴b	۲۰/۰۶a	۸۸۰b	۱۳/۰۸b
	٪ ۹۰FC	۷/۸۳b	۵۳۹a	۳۱/۳۱a	۷۸/۳۹a	۳/۹۴a	۱۹/۳۶a	۱۱۸۳a	۱۶/۴۰a
سطح گوگرد	S_0	۸/۰۴ a	۴۳۱d	۳۱/۳۹ a	۶۸/۵۴b	۳/۱۸b	۱۸/۰۸c	۱۶۴d	-
	S_1	۷/۸۸ b	۴۹۸c	۳۰/۵۴ b	۷۳/۶۷a	۴/۲۱a	۲۰/۱۰b	۶۵۲c	۱۴/۹۱a
	S_2	۷/۸۴ c	۵۳۱b	۳۰/۸۷ ab	۷۴/۱۸a	۴/۶۷a	۲۱/۶۶a	۱۱۸۴b	۱۵/۲۵a
	S_3	۷/۷۱ d	۶۴۳a	۳۱/۰۲ ab	۶۱/۷۱c	۲/۸۹b	۱۹/۰۱bc	۲۱۲۶a	۱۴/۰۷b

در هر ستون میانگین های هر متغیر با داشتن حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ در صد به روش دانکن می باشند.

گزارش‌ها نشان می‌دهد که با تامین رطوبت فعالیت میکرو ارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد زیاد شده و با افزایش گوگرد مصرفی، اکسایش آن زیادتر شده و با تولید اسید سولفوریک باعث کاهش بیشتر pH محلول خاک شده است (Karimi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Turan و همکاران، ۲۰۱۳).

در طی اکسایش گوگرد، اسید سولفوریک تولیدی با کربنات کلسیم خاک آهکی واکنش می‌دهد و گچ تولید می‌شود که محلولتر از کربنات کلسیم است و EC را زیاد می‌کند(Slaton، ۱۹۹۸).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده خاک تحت تاثیر دما و مدت آنکوباسیون

دما	مدت(روز)	صفت	pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسیداسیون (K)
				$\mu S\ cm^{-1}$			$mgkg^{-1}$			$\mu g\ cm^{-2}\ day^{-1}$
۲۵°C		T1	۸/۳۳a	۳۴۶f	۳۰/۱۷c	۷۵/۲۴b	۱/۳۶d	۲۱/۷۷a	۱۰۸۳b	۲۹/۷۴a
		T2	۸/۰۷b	۴۵۴e	۲۹/۸۷c	۹۰/۰۴a	۲/۹۸c	۲۱/۰۵a	۸۰۶c	۱۰/۶۴b
		T3	۷/۸۱c	۴۹۶d	۳۲/۹۱a	۵۲/۷۳d	۶/۱۳a	۱۷/۱۴c	۱۰۲۶b	۹/۹۱c
		T4	۷/۷۴d	۵۴۳c	۳۰/۸۸b	۶۰/۰۹c	۴/۴۹b	۱۸/۸۹b	۱۲۵۷a	۸/۶۷d
		T5	۷/۶۴e	۵۶۷b	–	–	–	–	–	-
		T6	۷/۶۰f	۷۴۶a	–	–	–	–	–	-

در هر ستون میانگین های هر متغیر با داشتن حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ در صد به روش دانکن می باشند.

جدول ۶ - مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تیمارهای اثر متقابل رطوبت و سطوح گوگرد

تیمار	صفت	pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسیداسیون گوگرد (k)
			$\mu S\ Cm^{-1}$			$mgkg^{-1}$			$\mu gCm^{-2}\ day^{-1}$
M1S0		8.11a	662a	30.79	60.22d	3.63b	17.73c	120h	-
M1S1		7.97b	540c	30.05	56.41d	3.50b	19.86b	573f	14.16c
M1S2		7.86c	526c	30.55	60.2d	4.02b	21.15a	1025d	13.21d
M1S3		7.68f	428e	31.00	65.81c	3.02c	21.48a	1801b	11.86e
M2S0		7.95b	624b	31.98	76.86b	2.73c	18.42b	209g	-
M2S1		7.80d	522c	31.04	90.92a	4.93a	20.35a	730e	15.65b
M2S2		7.82d	470d	31.19	88.16a	5.32a	22.16a	1343c	17.29a
M2S3		7.74e	432e	31.03	57.6d	2.76c	16.52c	2452a	16.27b

جدول ۷ - مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تیمارهای اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون خاک

تیمار	صفت	pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسیداسیون گوگرد (k)
			$\mu S\ Cm^{-1}$			$mgkg^{-1}$			$\mu gCm^{-2}\ day^{-1}$
M1T1		8.37a	356e	29.52d	62.70c	1.20e	21.86a	785e	26.99b
M1T2		8.15c	465d	29.66d	66.71c	2.62d	20.65a	631f	8.53e
M1T3		7.81f	498c	33.21a	52.82e	6.45a	17.56b	881d	8.45e
M1T4		7.57i	491c	30.01c	60.41d	3.90c	20.16a	1222b	8.34e
M1T5		7.68g	512c	-					
M1T6		7.86e	511c	-					
M2T1		8.30b	336e	30.82c	87.78b	1.53e	21.67a	1291a	32.49a
M2T2		7.99d	443d	30.07c	113.36a	3.34c	21.45a	980c	12.76c
M2T3		7.68g	494c	32.62a	52.63e	5.81a	16.72b	1171b	11.36d
M2T4		7.62h	702a	31.74b	59.77d	5.08b	17.62b	1292a	9.00e

M2T5	7.61h	621b	-
M2T6	7.77f	637b	-

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که با افزایش رطوبت، pH محلول خاک کاهش پیدا کرد ولی سولفات محلول و P، Fe و Zn قابل جذب و سرعت اکسیداسیون گوگرد افزایش داشت و گوگرد قابل جذب تغییر معنی دار نداشت. با افزایش رطوبت، شرایط احیایی ایجاد شده و فرم احیایی آهن، روی و منگنز تولید می‌شوند که حلالیت بیشتری دارند ولی در مورد منگنز چون مقدار فسفر قابل جذب خاک زیاد است، با منگنز ترکیب کم محلول فسفات منگنز ایجاد می‌شود و منگنز قابل جذب کاهش پیدا کرده است. مقدار اکسایش گوگرد در پتانسیل رطوبتی نزدیک به ظرفیت زراعی به سرعت افزایش می‌یابد و ماکزیمم است. نتایج نشان داد که درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسایش گوگرد بودند. مصرف گوگرد باعث کاهش pH و افزایش عناصر غذایی قابل جذب خاک از جمله SO_4^{2-} شد. اکسایش گوگرد باعث کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف می شود (بشارتی، ۱۳۷۷). افزایش مصرف گوگرد تا۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین غلظت SO_4^{2-} و کمترین pH را داشت. با افزایش گوگرد از ۱ تن به ۲ تن در هکتار، مقدار عناصر Fe، Mn و Zn کاهش یافت. افزایش دوره آنکوباسیون باعث افزایش عناصر غذایی قابل جذب نسبت به مقدار اولیه شد و بیشترین مقدار قابل جذب عناصر Mn، Fe، Zn، P و SO_4^{2-} به ترتیب پس از مدت آنکوباسیون ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۹۰ و ۱۲۰روز حاصل شد و کمترین میزان pH مربوط به مدت آنکوباسیون ۲۷۰ روز بود. تیمارهای ترکیبی M2S1 و M2S2 حداکثر آهن، روی و منگنز قابل جذب را داشتند و بین آنها تفاوت معنی دار وجود نداشت که نشان می‌دهد رطوبت موجب افزایش مقدار عناصر قابل جذب شده است. ماکزیمم سولفات محلول را تیمار M2S3 داشت و حد اکثر سرعت اکسایش گوگرد از تیمار ترکیبی M2S2 حاصل شد. بنابرین تیمار M2S2 (۱تن در هکتار گوگرد و رطوبت ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) بهترین تیمار قابل توصیه است. بررسی اثرات متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون نشان داد که تیمار M2T2 (رطوبت ۹۰ در صد ظرفیت زراعی و مدت خواباندن ۶۰ روز) بیشترین مقدار آهن و تیمار M1T3 (رطوبت ۶۰ در صد ظرفیت زراعی و مدت خواباندن ۹۰ روز) بیشترین مقدار روی قابل جذب خاک را دارد. بنابرین برای تاثیر گذاری بیشتر گوگرد عنصری مصرفی، تامین رطوبت و ماده آلی و اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم های خاک اهمیت بسزایی دارد و لازم است تهویه و رطوبت مناسب برای فعالیت میکروارگانیسمهای اکسید کننده گوگرد خاک مهیا شود و میتوان با دقت در زمان مصرف گوگرد عنصری، به مقدار زیادی در مصرف کودهای شیمیایی صرفه جویی کرد.

منابع:

Ansori A. and Gholami A.2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with thiobacillus and mycorrhiza on an alkaline soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46, 2111-2126.

Aulakh M.S., Jaggi R.C. and Sharma R. 2002. Mineralization-immobilization of soil organic Sulfur and oxidation of elemental Sulfur in subtropical soils under flooded and nonflooded conditions. Biology and Fertility of Soils, 35:197–203.

El-Kholy A., Ali O., El-Sikhry E. and Mohamed A. 2013. Effect of sulphur application on the availability of some nutrients in Egyptian soils. Egyptian Journal of Soil Science, 53(3): 361-377.

Heydarnezhad F., Shahinrokhsar P., Shokri Vahed H. and Besharati H. 2012. Influence of elemental sulfur and sulfur oxidizing bacteria on Some nutrient deficiency in calcareous soils. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4-12: 735-739.

Jaggi, R. C., Aulakh, M. S., and Sharma, R. 2004. Impacts of elemental S applied under various temperature and moisture regimes on pH and available P in acidic, neutral and alkaline soils. Biology and Fertility of soils. 41, 52-58.

Janzen, H., and Bettany, J. 1987a. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil science. 144, 81-89.

Janzen H. H. and Bettany J. R. 1987b. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Science, 144: 81–89.

Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M.Y. and Radziah, O. (2014a). Incorporation and transformations of elemental Sulphur in high pH Soils of Malaysia. International Journal of Soil Science. 9(3): 133-141.

Slaton N.A., Norman R.J. and Gilmour J. T. (2001). Oxidation rates of commercial elemental Sulfur products applied to an alkaline silt loam from Arkansas. Soil Science of American Journal. 65:239-243.

Turan M. A., Taban S., Katkat A. V. and Kucukyumuk Z. (2013). The evaluation of the elemental Sulfur and Gypsum effect on Soil pH, EC , SO4- S and available Mn content. Journal of food, Agriculture & Environment. 11(1): 572-575.

Study the effect of moisture and soil incubation in 25°C on Sulfur Oxidation and nutrients availability in non calcareous Soil

Nosratolah Montajabi*

Assistant Prof., Soil and water Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension organization, Esfahan, Iran.

Abstract

In order to Investigation of the moisture, temperature and Soil incubation period on quantity and rate of Sulfur Oxidation and nutrients availability, was conducted a factorial splite plot experiment with statistical compelately randomized Blocks design. Effect of two moisture levels [%60FC(M1) and %90FC(M2)], two temperature levels (25°C and 36°C), incubation period and four sulfur levels (S0=0, S1=500, S2=1000 and S3=2000kg/ha) were investigated on a paddy soil of Gilan. In the first experiment, Soils were incubated at 25°C for 6 periods (30, 60, 90, 120, 180 and 270 days) and in the second, soils were incubated at 36°C for 3 periods (14, 28 and 42 days). pH, EC, available P, Fe, zn, Mn, soluble SO_4^{2-} and Sulfur Oxidation rate were measured. The main effect of sulfur amounts and their interaction with moisture was not significant on available P and Sulfur Oxidation rate. Also moisture and incubation period interaction was not significant on Mn but main and interaction effects of variables were significant on the others measured attributes. Increasing of moisture, increased the amounts of EC, solution SO_4^{2-}, P, Fe, Zn and decreased pH and available Mn. Sulfur application increased EC, solution SO_4^{2-}, the availability of Fe, Zn and Mn and caused by decrement in pH but did not have significant effect on available Phosphure. Maximum concentration of Fe, Mn and Zn observed by application of 1000 kg/ha which maximum amount of SO_4^{2-} accrued with 2000 kg/ha sulfu. Maximum of available Fe and Mn were occurred on 60 incubation days, P and Zn on 90 incubation days. Maximum Sulfur Oxidatin rate was occured after 14 incubation days in 36°C. Totally, Sulfur application and moisture decreased pH and caused increasing in EC, SO_4^{2-} and available Fe, Zn and Mn.

Keywords: Incubation Period, Moisture, pH, Sulfur, Temperature

* Corresponding author, Email: nmontajabi@yahoo.com

بررسی کارایی حلال‌ها در استخراج هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک در یک خاک لوم شنی آلوده به نفت خام

هانیه جعفری وفا[۱]، احمدعلی پوربابایی[۱]*، حسینعلی علیخانی[۱]، نجمه یزدانفر[۲]

۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران و پست الکترونیکی (pourbabaei@ut.ac.ir)

۲- پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی جهاد دانشگاهی

چکیده

صنعت نفت در کنار مزایایی که برای اقتصاد کشور داشته، آلودگی بسیاری نیز به بخش‌های مختلف محیط زیست از جمله خاک تحمیل کرده است. نفت خام حاوی ترکیبات سمی و سرطانزا از جمله هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک (PAHs) است که تاثیرات نامطلوبی بر سلامت موجودات زنده از جمله انسان بر جای می‌گذارد. به همین دلیل پاکسازی خاک‌های آلوده به نفت مورد توجه جامعه جهانی قرار گرفته است. پروژه‌های پاکسازی خاک آلوده نیاز به آنالیز شیمیایی مداوم دارد تا برآورد مناسبی از روند پاکسازی ارائه دهد. روش‌های مختلفی برای آنالیز شیمیایی و نظارت بر چنین پروژه‌هایی وجود دارد که روش‌های استخراج بر پایه حلال از رایج‌ترین و کم هزینه‌ترین آنها به شمار می‌رود. انتخاب حلال مناسب یک عامل بسیار مهم در دقت و صحت نتایج حاصل از این روش به شمار می‌رود. از آنجایی که خصوصیات خاک بر میزان توانایی حلال در استخراج آلاینده موثر است، بنابراین تعیین کاراترین حلال در هر خاک ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس در این پژوهش تلاش شد تا کاراترین حلال برای استخراج PAHs در یک خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام انتخاب شود. نتایج نشان داد که حلال دی‌کلرومتان و مخلوط دی‌کلرومتان و استون با نسبت ۱:۱ کاراترین حلال در استخراج PAHs بودند.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، استخراج بر پایه حلال، سوکسله، دی‌کلرومتان.

مقدمه

اولین چاه نفتی ایران در سال ۱۹۰۸ در مسجد سلیمان حفر شد که اولین چاه نفتی خاورمیانه نیز به شمار می‌رود (OPEC, 2018). در طی این سال‌ها صنعت نفت اثرات سوء بسیاری به محیط زیست تحمیل نموده است. استخراج، انتقال، پالایش، ترکیدن لوله‌ها و نشت مواد نفتی در حین جا به جایی، سبب آلوده شدن خاک‌ها به مواد نفتی شده و کشورهای تولیدکننده این محصول را در دهه‌های اخیر با مشکلات محیط زیستی بسیاری مواجه ساخته است (Vicent et al., 2013). آلودگی نفتی در خاک می‌تواند از طریق بخارهای متصاعد شده به اتمسفر، تماس مستقیم با آن و آلودگی‌های ثانویه‌ی منابع آبی، بر گیاهان، حیوانات و زندگی انسان اثر سوء برجای بگذارد (Chen et al., 2020).

ترکیبات نفتی معمولا شامل آلیفاتیک‌ها، آروماتیک‌ها، رزین و آسفالتن است و درجات متفاوتی از سمیت را برای موجودات زنده دارند (Imam et al., 2019). برخی از این ترکیبات همچون هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک (PAHs) به علت سمی و سرطان‌زا بودن و همچنین ماندگاری بالا در محیط‌زیست، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Istrate et al., 2018). با توجه به ویژگی‌های اولیه نفت استخراج‌شده، PAHs می‌توانند بین ۱۳ تا ۴۳ درصد از نفت خام را تشکیل دهند (Ojinnaka et al., 2016). تا کنون بیش از ۱۰۰ نوع مختلف از PAHs در هوا، خاک، مواد غذایی و آب یافت شده است (ATSDR, 2012) و سمیت یکسانی ندارند. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا از میان این ترکیبات، شانزده PAHs را به عنوان مواد خطرناک شناسایی نموده و در دو دسته سرطان‌زا و سمی جای داده است. این گروه از PAHs دارای ۲ تا ۶ حلقه هستند و به عنوان شاخص آلودگی یک محیط مطرح می‌باشند (Skupinska et al., 2004). PAHs به دلیل داشتن ماهیت لیپوفیلیک به آسانی توسط موجودات زنده جذب شده و وارد

زنجیره غذایی می‌شوند (Imam et al., 2019). بنابراین پاکسازی این مواد از محیط‌زیست به منظور حفظ سلامت موجودات زنده از اهمیت زیادی برخوردار است و در این راستا تلاش‌های بسیاری از سوی جامعه جهانی صورت گرفته است.

مطالعات پالایش خاک‌های آلوده به PAHs چه در آزمایشگاه و چه در عرصه نیازمند یک روش تجزیه‌ای مناسب است تا میزان این ترکیبات را در مراحل مختلف پالایش تعیین کند (Imam et al., 2019). اغلب، روش استخراج ترکیبات آلاینده را متناسب با شرایط و امکانات موجود تعیین می‌کنند. روش‌های استخراج بر پایه حلال مانند روش استخراج سوکسله (Soxhlet) جزء ساده‌ترین روش‌های استخراج هیدروکربن‌ها به شمار می‌روند که علیرغم زمانبر بودن و مصرف بالای حلال، به دلیل ارائه نتایج قابل قبول در مقایسه با سایر روش‌ها، هنوز هم پژوهشگران به طور گسترده از آن استفاده می‌کنند (Imam et al., 2019; Lau et al., 2010).

انتخاب حلال مناسب یک متغیر بسیار مهم در کارایی این روش در استخراج PAHs به شمار می‌رود (Imam et al., 2019). ترکیب ذرات خاک بر میزان کارایی حلال در استخراج PAHs تاثیر می‌گذارد به طوری که استخراج این ترکیبات از خاک‌های رسی به طرز چشمگیری سخت‌تر است (Lau et al., 2010). در محیط چندفازی خاک PAHs جذب سطح ذرات رس شده و واجذب پایینی دارد (Gong et al., 2010; Speight & Arjoon, 2012). از طرفی اگر زمان زیادی از آلوده شدن خاک به PAHs بگذرد، این ترکیبات در منافذ میکرو ترسیب شده و جداسازی آنها دشوارتر می‌شود (Lau et al., 2010). بنابراین دشواری استخراج PAHs در یک خاک متأثر از آلودگی قدیمی بیشتر خواهد بود. بر این اساس تعیین حلال مناسب برای هر خاک آلوده به نفت خام ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف این پژوهش بررسی حلال‌های مختلف و انتخاب کاراترین حلال در استخراج PAHs از خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی خاک‌های آلوده اطراف بخش حفاری نفت شهرستان اهواز واقع در استان خوزستان انجام شد. نمونه‌برداری از خاک‌های دپو شده متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام (بیش از هفتاد سال آلودگی) در عرض و طول جغرافیایی N ″۲۷ ′۲۲ °۳۱ و E ″۰۱ ′۴۲ °۴۸ انجام گرفت. نمونه‌ها پس از هواخشک شدن از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. سپس تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل بافت (Gee & Bauder, 1986)، هدایت الکتریکی (Rhoads, 1996)، pH (Thomas, 1996)، کربن آلی کل (Nelson & Sommers, 1996)، و هیدروکربن‌های کل نفت (Adesodun & Mbagwu, 2008; Song et al., 2002). اندازه-گیری شدند.

سه حلال هگزان، دی‌کلرومتان و استون به صورت خالص و در ترکیب با هم به صورت هگزان، هگزان:استون، دی‌کلرومتان، دی‌کلرومتان:استون و هگزان:دی‌کلرومتان با نسبت یک به یک و در سه تکرار برای انتخاب مناسبت‌ترین حلال در فرآیند استخراج PAHs از خاک انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری میزان PAHs ابتدا ۱۰ گرم خاک به انگشتدانه سلولزی متخلخل (فیلتر مخصوص سوکسله) منتقل شد و در استخراج‌کننده سوکسله قرار گرفت. سپس ۱۲۰ میلی‌لیتر از حلال مدنظر در بالن ته‌گرد ریخته و به استخراج‌کننده دستگاه سوکسله متصل شد. فرآیند استخراج به مدت ۲۴ ساعت به طول انجامید. پس از اتمام فرآیند استخراج، عصاره‌ی موجود در بالن ته‌گرد توسط دستگاه روتاری تبخیر شد تا به حجم دو میلی‌لیتر رسید. در نهایت با دستگاه GC-MS میزان غلظت ۱۶ ترکیب PAHs در عصاره تلغیظ‌شده سنجیده شد (Teng et al., 2010). در نهایت نتایج به دست آمده به صورت آزمون t یکطرفه بررسی و حلال کاراتر انتخاب شد.

نتایج و بحث

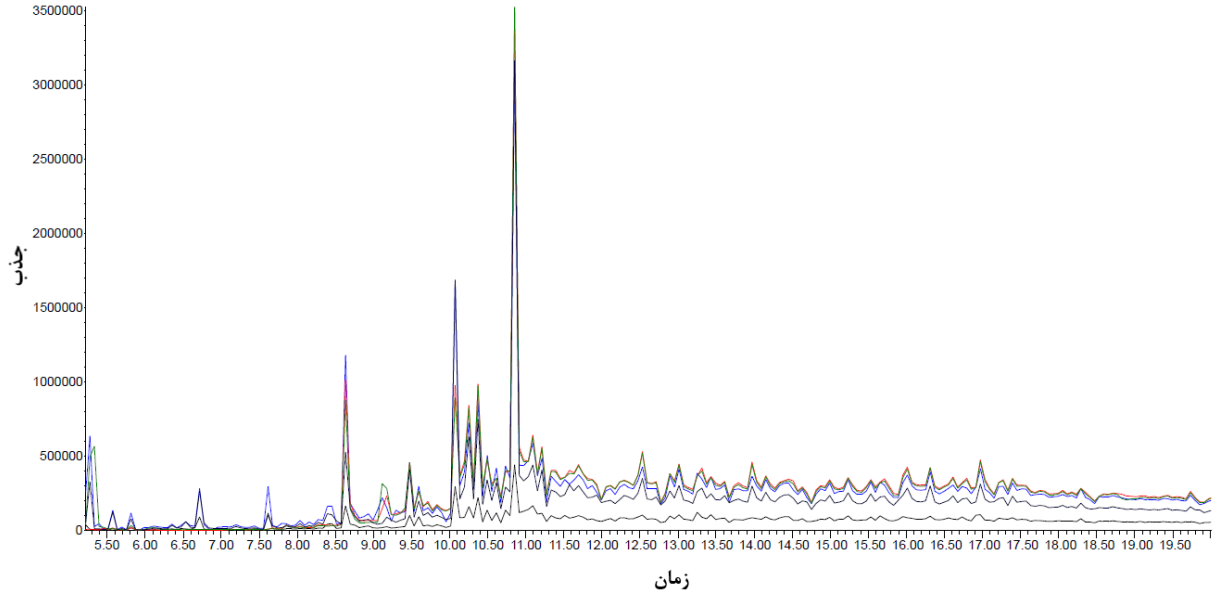
خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم شنی (Sandy loam) و ۸/۷۷ درصد کربن آلی کل بود. هیدروکربن‌های کل نفت در این خاک ۸/۴ درصد، هدایت الکتریکی ۸۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و pH ۷/۵۲ بود. سطح بالای آلودگی نفتی و قدمت زیاد آن به دلیل جذب بر سطوح ذرات می‌تواند استخراج هیدروکربن‌ها به ویژه PAHs را دچار مشکل کند. ماهیت آبگریز PAHs جذب قوی آنها بر ذرات

خاک یا رسوبات را امکان پذیر می‌کند (Alcántara et al., 2009). این ترکیبات یکی از مهم‌ترین گروه‌های هیدروکربنی هستند که شانزده ترکیب آن به دلیل اثرات جهش‌زا، سرطان‌زا، و سمی در فهرست آلاینده‌های مهم سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا قرار گرفته‌اند (Haleyur et al., 2016).

روش استخراج بر پایه حلال و به کمک دستگاه سوکسله برای طیف وسیعی از هیدروکربن‌ها به کار رفته است. برای PAHs بیشترین میزان استخراج از خاک به کمک سوکسله بدست آمده است (Imam et al., 2019). هیدروکربن‌ها ترکیبات پایدار و آبگریزی هستند که به راحتی در حلال‌های غیرقطبی حل می‌شوند. بنابراین در روش‌های استخراج بر پایه حلال می‌توان از حلال‌های غیرقطبی استفاده کرد (Imam et al., 2019). قطبیت حلال با توجه به قطبیت PAHs در تعیین میزان کارایی حلال نقش دارد (Lau et al., 2010). برای PAHs پایدار حلال‌هایی با قطبیت متوسط مانند بنزن، دی‌کلرومتان، تولوئن یا مخلوط آنها مناسب است (Imam et al., 2019). در این مطالعه نیز از حلال‌های دی‌کلرومتان، هگزان، استون و مخلوطی از آنها برای استخراج PAHs از خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خاک استفاده شد.

نتایج آنالیز دستگاهی (شکل ۱) عصاره های به دست آمده از حلال‌های مختلف نشان داد که دی‌کلرومتان، مخلوط دی‌کلرومتان: استون (۱:۱) و همچنین هگزان: استون (۱:۱) بیشترین توانایی را در استخراج PAHs از خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام داشتند (جدول ۲). بر اساس آزمون t یک طرفه تفاوت معنی داری بین این سه عصاره وجود نداشت ($p>0/05$).

در پژوهشی که بر روی خاک‌های هوازده و پیر انجام شد، کارایی چند حلال مانند هگزان، دی‌کلرومتان، استون: هگزان (۱: ۱)، استون: دی‌کلرومتان (۱: ۱) و کلروفرم: متانول (۲: ۱) برای استخراج PAHs بررسی شد. در این پژوهش حلال‌های استون: هگزان (۱: ۱) و کلروفرم: متانول (۲: ۱) بیشترین توانایی را در استخراج این ترکیبات از خود نشان دادند. با توجه به سمیت بیشتر کلروفرم: متانول (۲: ۱)، استون: هگزان (۱: ۱) به عنوان حلال مناسب انتخاب شد (Haleyur et al., 2016). در پژوهشی دیگر از دی‌کرومتان و هگزان: استون (۱:۱) برای استخراج PAHs استفاده شد که با توجه به نتایج، دی‌کلرومتان کارایی اندکی نسبت به حلال هگزان: استون (۱:۱) برای استخراج این ترکیبات از خاک داشت (Lau et al., 2010).



شکل ۱. طیف دستگاه GC-MS مربوط به حلال‌های مختلف برای استخراج PAHs در یک خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام.

نتایج آنالیز دستگاهی نشان داد که این خاک حاوی سه ترکیب PAHs شامل آسنفتن، نفتالن و بیفنیل بود که از میان آنها بیفنیل سمیت کمتری داشته و جز فهرست آلاینده‌های مهم سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا نیست. مقایسه این سه عصاره بدون

میزان بیفنیل استخراج شده نشان داد که دو عصاره دی‌کلرومتان و دی‌کلرومتان: استون (۱:۱) اختلاف معنی‌داری با حلال هگزان: استون (۱:۱) دارد ($p<۰/۰۵$). بنابراین می‌توان با در نظر گرفتن این موضوع دو حلال دی‌کلرومتان و دی‌کلرومتان: استون (۱:۱) را برای استخراج این ترکیبات از خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام پیشنهاد داد.

جدول ۲. کارایی حلال‌ها در استخراج غلظت هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک در یک خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام ($mg.kg^{-1}soil$)

ترکیب	هگزان	هگزان:استون	دی‌کلرومتان	دی‌کلرومتان:استون	هگزان:دی‌کلرومتان
آسنفتن	۹۹	۱۷۵	۲۰۰	۲۰۰	۱۵۰
نفتالن	۲۵	۴۵	۴۰	۴۰	۱۵
بیفنیل	۵۰	۹۰	۵۵	۵۵	۸۵
جمع	۱۷۴	۳۱۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۵۰

نتیجه‌گیری

برای پایش و نظارت بر روند بازسازی خاک و برآورد دقیق از نتایج نیاز به انتخاب روش مناسب برای استخراج آلاینده ها است. در روش های استخراج بر پایه حلال انتخاب حلال مناسب از اهمیت بسیاری برخوردار است چرا که کارایی آن به ویژگی‌های خاک، نوع و غلظت آلاینده مرتبط است. در خاک مورد مطالعه سه حلال دی کلرومتان، مخلوط دی کلرومتان: استون و همچنین هگزان: استون (۱:۱) بیشترین توانایی را در استخراج هیدروکربن های پلی آروماتیک از خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام داشتند. اما با بررسی نوع PAHs استخراج شده و در نظر گرفتن میزان سمیت آن ها، دو حلال دی کلرومتان و دی کلرومتان: استون (۱:۱) برای استخراج PAHs در یک خاک متأثر از آلودگی قدیمی نفت خام پیشنهاد می‌شوند.

فهرست منابع

Adesodun, J. K., & Mbagwu, J. S. C. (2008). Biodegradation of waste-lubricating petroleum oil in a tropical alfisol as mediated by animal droppings. *Bioresource Technology*, *99*(13), 5659–5665. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.10.031

Alcántara, M. T., Gómez, J., Pazos, M., & Sanromán, M. A. (2009). PAHs soil decontamination in two steps: Desorption and electrochemical treatment. *Journal of Hazardous Materials*, *166*(1), 462–468. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.11.050

ATSDR. (2012). *Case Studies in Environmental Medicine Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=13&po=3

Chen, C., Zhang, X., Chen, J., Chen, F., Li, J., Chen, Y., Hou, H., & Shi, F. (2020). Assessment of site contaminated soil remediation based on an input output life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, *263*, 121422. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121422

Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-Size analysis. In A. Klute (Ed.), *Method of soil analysis, part 1* (pp. 383–411). American Society of Agronomy/Soil Science Society of America.

Gong, Z., Wang, X., Tu, Y., Wu, J., Sun, Y., & Li, P. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbon removal from contaminated soils using fatty acid methyl esters. *Chemosphere*, *79*(2), 138–143. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.01.037

Haleyur, N., Shahsavari, E., Mansur, A. A., Koshlaf, E., Morrison, P. D., Osborn, A. M., & Ball, A. S. (2016). Comparison of rapid solvent extraction systems for the GC-MS/MS characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in aged, contaminated soil. *MethodsX*, *3*, 364–370. https://doi.org/10.1016/j.mex.2016.04.007

Imam, A., Suman, S. K., Ghosh, D., & Kanaujia, P. K. (2019). Analytical approaches used in monitoring the bioremediation of hydrocarbons in petroleum-contaminated soil and sludge. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 118, pp. 50–64). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.023

Istrate, I. A., Cocârţă, D. M., Wu, Z., & Stoian, M. A. (2018). Minimizing the health risks from hydrocarbon contaminated soils by using electric field-based treatment for soil remediation. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(1). https://doi.org/10.3390/su10010253

Lau, E. V., Gan, S., & Ng, H. K. (2010). Extraction Techniques for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils. *International Journal of Analytical Chemistry*, *2010*, 1–9. https://doi.org/10.1155/2010/398381

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods* (pp. 961–1010). Soil Science Society of American and American Society of Agronomy.
Ojinnaka, C. M., Ajienka, J. A., Abayeh, O. J., Osuji, L. C., & Duru, R. U. (2016). Formulation of best-fit hydrophile/lipophile balance-dielectric permittivity demulsifiers for treatment of crude oil emulsions. *Egyptian Journal of Petroleum*, *25*(4), 565–574. https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.12.005
OPEC. (2018). *Iran facts and figures*. Annual Statistical Bulletin. https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/163.htm
Rhoads, J. D. (1996). Electrical conductivity and total dissolved solids. In D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, & M. . Sumner (Eds.), *Methods of soil analysis Part 3* (pp. 417–435). Soil Science Society of American and American Society of Agronomy.
Skupinska, K., Misiewicz, I., & Kasprzycka-Guttman, T. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbons: physicochemical properties, environmental appearance and impact on living organisms. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, *61*(3), 233–240.
Song, Y. F., Jing, X., Fleischmann, S., & Wilke, B. M. (2002). Comparative study of extraction methods for the determination of PAHs from contaminated soils and sediments. *Chemosphere*, *48*(9), 993–1001. https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00180-7
Speight, J. G., & Arjoon, K. K. (2012). *Bioremediation of Petroleum and Petroleum Products*. John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1002/9781118528471
Teng, Y., Luo, Y., Sun, M., Liu, Z., Li, Z., & Christie, P. (2010). Effect of bioaugmentation by Paracoccus sp. strain HPD-2 on the soil microbial community and removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from an aged contaminated soil. *Bioresource Technology*, *101*(10), 3437–3443. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.088
Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods* (pp. 475–490). Soil Science Society of American and American Society of Agronomy.
Vicent, T., Caminal, G., Eljarrat, E., & Barceló, D. (Eds.). (2013). *Emerging Organic Contaminants in Sludges* (Vol. 24). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35609-4

Solvents efficiency evaluation in the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in crude oil contaminated soil with sandy loam texture

Hanye Jafari Vafa [a], Ahmad Ali Pourbabaee [a, *], Hossein Ali Alikhani [a], Najmeh Yazdanfar [b]
a Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran
b Iranian Institute of R&D in Chemical Industries, Tehran, Iran (ACECR)
Corresponding athour: pourbabaei@ut.ac.ir

Abstract
Besides its benefits to the country's economy, the oil industry has also imposed plenty of pollution on various environmental regions, including soil. Crude oil contains toxic and carcinogenic compounds, such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), which adversely affect humans' and living organisms' health. For this reason, remediation of oil-contaminated soils has attracted the attention of the international community. Contaminated soil remediation projects require continuous chemical analysis to provide a decent estimate of the remediation process. There are various methods for chemical analysis and monitoring of such projects, that solvent-based extraction methods are the most common and cost-effective. Choosing the appropriate solvent is a critical factor in the Accuracy and precision of the results arising from this method. Since the soil properties impress the solvent efficiency in contaminants extraction, it is necessary to determine the most efficient solvent in each soil. Therefore, in this study, an attempt was made to select the most efficient solvent for extracting PAHs in an old-polluted soil by crude oil. The results showed that dichloromethane and a 1: 1 ratio dichloromethane and acetone were the most efficient solvents in the PAHs extraction.

Keywords: Soil pollution, Solvent-based extraction, Soxhlet, Dichloromethane.

طراحی حسگر رنگ‌سنجی بر پایه نانوذرات پلاسمونی جهت تشخیص و اندازه‌گیری نیترات در محلول خاک

مرضیه سپهوند[۱]، فروغ قاسمی[۲]*، حسین میرسیدحسینی[۳]*

[۱]دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، گروه علوم خاک، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲]عضو هیئت علمی بخش نانوتکنولوژی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، forough.ghasemi@abrii.ac.ir

[۳]عضو هیئت علمی گروه علوم خاک، دانشگاه تهران، کرج، ایران، mirseyed@ut.ac.ir

چکیده

امروزه به دلیل اثرات نامطلوب زیست محیطی و تهدیدات زنجیره غذایی ناشی از استفاده بی‌رویه از ترکیبات نیتراته، کنترل دقیق، سریع و اقتصادی نیترات حائز اهمیت است. روش‌های آزمایشگاهی موجود علی‌رغم حساسیت بالا به دلیل مشکلاتی چون زمانبر بودن، نیاز به تجهیزات گران قیمت و کارشناسان آموزش دیده چندان رضایت‌بخش نیستند. با توجه به پتانسیل بالای نانوذرات پلاسمونی به ویژه نانوذرات طلا در طراحی حسگرهای رنگ‌سنجی، در این مطالعه روشی رنگ‌سنجی بر اساس نانوذرات طلا برای اندازه‌گیری غیرمستقیم نیترات ارائه شده است. در این روش نیترات به طور غیر مستقیم و پس از کاهش به نیتریت (توسط پودر روی) اندازه‌گیری می‌شود. اساس روش، خوردگی نانو ذرات کروی طلا در حضور نیتریت در دمای محیط است. تغییر اندازه نانوذرات پلاسمونی در اثر خوردگی با تولید سیگنال‌های قابل اندازه‌گیری، از جمله تغییرات طیفی و رنگی، همراه است که به حضور و غلظت نیترات ارتباط داده می‌شود. محدوده خطی به دست آمده برای نیترات ۱/۲ تا ۳/۵ میلی‌مولار (R^2=۰/۹۹۶) با حد تشخیص ۹۶/۲ میکرومولار است. علاوه بر این، حسگر طراحی شده توانایی اندازه‌گیری نیترات در نمونه‌های محیطی از جمله محلول خاک را با دقت بالا دارد.

واژگان کلیدی: نیترات، نانوذرات طلا، حسگر رنگ‌سنجی، تشخیص کیفی، تشخیص کمی.

مقدمه

با افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا، استفاده بی‌رویه و ناآگاهانه از ترکیبات شیمیایی نیز افزایش یافته که این خود تهدیدی جدی برای محیط زیست، سلامت انسان و سایر موجودات زنده به شمار می‌رود. نیترات از جمله مهمترین ترکیبات حاوی نیتروژن است که به طور گسترده در محصولات کشاورزی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. غلظت بالای نیترات عمدتاً مربوط به مصرف بیش از حد کودهای آلی / شیمیایی و شسته شدن آن‌ها از خاک به آب‌های سطحی و زیرزمینی است. تصفیه نامناسب پساب‌های صنعتی، فاضلاب‌های تصفیه نشده شهری و خانگی و مواد افزودنی غذایی از دیگر عواملی است که می‌تواند غلظت نیترات را در محیط افزایش دهد (Korostynska et al, 2012; Pastén-Zapata et al, 2014). تجمع نیترات در خاک بسته به میزان تشکیل، انتقال و انتشار آن متفاوت است. این ترکیب بسته به ویژگی‌های خاک و فعالیت‌های کشاورزی مانند کوددهی آمونیوم، اسیدیته خاک یا آب، محتوای ماده آلی، دما و رطوبت در خاک و آب زهکشی تجمع می‌یابد (Van cleemput & Samater, 1995). بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده، حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی ۴۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (EPA, 2018; WHO, 2017).

به طور کلی نیترات به عنوان یک ماده سمی برای انسان تلقی نمی‌شود بلکه کاهش آن به نیتریت عامل اثرات زیان آور برای انسان و دیگر موجودات زنده شناخته شده است. نقش نیتریت به عنوان پیش ماده ترکیبات نیتروزآمین در ایجاد بیماری های مزمن مانند سرطان های دستگاه گوارش کاملاً اثبات شده است (Speijers & Van den Brandt, 2003; Hernández- Ramírez et al, 2009). علاوه بر این، مطالعات زیادی مبنی بر حساسیت و بروز متهموگلوبینمیای ناشی از نیتریت به خصوص در زنان باردار و نوزادان کمتر از سه ماه انجام شده است (Knobeloch et al, 2000; Manassaram et al, 2010; Titov & Petrenko, 2005). این مشکلات به طور گسترده ای به رسمیت شناخته شده و به عنوان یک نتیجه، نظارت بر تمام گونه‌های نیتروژنی در چارچوب‌های قانونی با هدف کنترل سطح آن‌ها در محیط و محصولات غذایی در اکثر کشورهای صنعتی تحمیل شده است. بنابراین با توجه به موارد گفته شده، نظارت بر سرنوشت زیست محیطی نیترات اهمیت فزاینده ای پیدا کرده است و با توجه به لزوم تشخیص و ارزیابی سریع غلظت آنیون نیترات، توسعه روش‌هایی که قادر به اندازه‌گیری درجای این آنالیت باشد، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در حال حاضر روش‌های مبتنی بر رنگ‌سنجی به دلیل قابلیت تشخیص با چشم غیرمسلح، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این بین، سنجش گریس به عنوان متداول ترین روش اسپکتروفتومتری به منظور تشخیص رنگ‌سنجی نیتریت و نیترات استفاده می‌شود که بر پایه معرف‌های شیمیایی بوده و شامل یک روش اتصال دی‌آزو می‌باشد. این روش معمولاً حساسیت پایین دارد و تحت تأثیر تداخلات یونی قرار می‌گیرد. برای اصلاح این روش چندین تکنیک وجود دارد، با این‌حال این تکنیک‌ها به کاربرد تجهیزات مدرن و گران قیمت متکی هستند (Wang et al, 2017; Sun et al, 2003).

در سال‌های اخیر روش‌های فراوانی جهت اندازه‌گیری آنالیت‌های مختلف با استفاده از خواص گوناگون نانوذرات پلاسمونی ارائه شده است، در این میان روش‌های رنگ‌سنجی مبتنی بر نانوذرات به علت ارزان بودن، امکان استفاده از چشم غیرمسلح به عنوان آشکارساز و امکان ساخت سامانه‌های قابل حمل به شدت مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند (Kelly, 2003). مهمترین ویژگی متمایزکننده نانوذرات طلا از سایر نانو مواد، خصوصیات نوری منحصر به فرد آن‌ها می‌باشد که از پدیده‌ای فیزیکی به نام تشدید پلاسمون سطح موضعی (LSPR) نشأت می‌گیرد (Mayer & Hafner, 2011). فرکانس LSPR به خصوصیات نانوذرات پلاسمونی از جمله شکل، اندازه، ترکیب نانوذرات و همچنین ضریب دی‌الکتریک محیط بستگی دارد (Kelly, 2003). هرگونه تغییر در محیط این ذرات فرکانس SPR را تغییر می‌دهد که می‌تواند به عنوان یک سیگنال تشخیصی استفاده شود (Hsu et al 2018).

در این مطالعه، یک حسگر رنگ‌سنجی برای تشخیص غیرمستقیم نیترات (پس از کاهش به نیتریت توسط پودر روی) بر اساس خوردگی نانوذرات کروی طلا در دمای اتاق طراحی شد. در میان اشکال مختلف نانوذرات طلا، از نانوذرات کروی به دلیل امکان سنتز آسان در مدت زمان کوتاه و عدم نیاز به پرسنل آموزش دیده استفاده شد. به جای دما، از ترکیب تیول‌دار غیرسمی استفاده شد که کمپلکس‌های کاتیونی با یون‌های طلا تشکیل می‌دهد و در نتیجه سرعت خوردگی را افزایش می‌دهد.

مواد و روش‌ها

مواد

کلرید طلا ($HAuCl_4$)، بافرگلایسین- اسیدکلریدریک (Glycine- HCl)، تیواوره ($SC(NH_2)_2$)، ستیل تری‌متیل آمونیم برومید (CTAB)، سدیم بوروهیدرید ($NaBH_4$)، اسید اسکوربیک (AA)، نیترات نقره ($AgNO_3$)، ۵- بروموسالسیلیک اسید (5-BrSA)، سولفانیل آمید ($C_6H_8N_2O_2S$) ، ان-۱- نفتیل اتیلن دی‌آمین دی‌هیدروکلراید (NED, $C_{12}H_{16}Cl_2N_2$) ، نیتریت سدیم ($NaNO_2$)، نیترات سدیم ($NaNO_3$)، هیدروکلریک اسید (HCl) و پودر روی (Zn-powder) از شرکت سیگما خریداری شدند. برای تهیه تمام محلول‌ها نیز از آب دیونیزه استفاده شد.

دستگاه‌ها و نرم افزارها

مورفولوژی نانوذرات سنتز شده توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM, PHILIPS MC 10 TH microscope and operated at 100 kV) مورد بررسی قرار گرفت. طیف‌های جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis (Lambda, PerkinElmer, USA) در

محدوده ۴۰۰ نانومتر تا ۷۰۰ نانومتر اسکن شدند. برای تعیین غلظت نیترات در نمونه‌های واقعی از کروماتوگرافی یونی (Metrohm, 850 professional IC) استفاده شد. برای آنالیز داده‌ها نیز از نرم افزارهای اکسل (Excel) و اریجین (Origin) استفاده شد.

سنتز نانوذرات کروی طلا

نانوذرات کروی طلا به روش واسطه هسته طی سه مرحله سنتز شدند (Jana et al, 2001). (۱) برای تهیه محلول هسته اولیه، ۰/۱۲۵ میلی‌لیتر $HAuCl_4$ (۰/۰۱ مول بر لیتر) به ۵ میلی لیتر CTAB (۰/۱ مول بر لیتر) اضافه شد. سپس، ۰/۳ میلی لیتر $NaBH_4$ تازه تهیه شده با محلول تحت هم‌زدن شدید مخلوط شد. (۲) برای تهیه محلول هسته ثانویه، ۰/۱۶۷ میلی‌لیتر $HAuCl_4$ به ۱۵ میلی لیتر محلول CTAB اضافه شد. سپس، ۰/۱ میلی لیتر AA با محلول مخلوط شد. در ادامه، ۵ میلی‌لیتر از محلول هسته اولیه اضافه و نانوذرات با ابعاد ۱۰ نانومتر سنتز شدند. (۳) برای تهیه نانوذرات با ابعاد ۲۵ نانومتر، ۰/۵ میلی‌لیتر $HAuCl_4$ به ۴۵ میلی‌لیتر محلول CTAB اضافه شد. سپس، ۰/۲۵ میلی لیتر AA با محلول مخلوط شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از محلول هسته ثانویه اضافه و نانوذرات با رنگ قرمز مایل به بنفش سنتز شدند.

اندازه‌گیری نیترات

نیترات با استفاده از پودر روی شسته شده با اسید به نیتریت احیاء شد (Chiu et al, 2020). برای اندازه‌گیری نیترات، غلظت‌های مختلف محلول نیترات کاهش‌یافته به مخلوطی حاوی ۴۰۰ میکرولیتر نانوذرات سنتز شده، CTAB (۰/۲ مولار)، بافر Glycine- HCl (۵۰ میلی مولار) و تیواوره (۲ میلی مولار) اضافه شد. پس از ۳۰ دقیقه، طیف‌های جذبی با استفاده از یک طیف سنج UV-Vis اسکن شدند.

مطالعه نمونه واقعی

تعداد ۵ نمونه خاک از مزرعه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران جمع آوری شد. پس از هوا خشک شدن و کوبیدن از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. برای تهیه گل‌های اشباع از ۳۵۰ گرم خاک هوا خشک شده استفاده و عصاره‌های گل اشباع برای اندازه‌گیری نیترات جمع‌آوری شدند (Kargas et al, 2018).

سنجش گریس

۰/۱۲۵ گرم سولفانیل آمید در ۲۵ میلی‌لیتر محلول HCl ۲/۴ مول بر لیتر و ۰/۰۷۵ گرم NED در ۲۵ میلی لیتر محلول HCl ۰/۱۲ مول بر لیتر حل شد. محلول استاندارد نیترات با حجم ۲۰۰ میکرولیتر به همراه آب دیونیزه به یک سل ۵ میلی‌لیتری اضافه شد تا حجم کل آن ۴/۵ میلی‌لیتر باشد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر سولفانیل آمید اضافه و مخلوط شد. در ادامه، ۱۰۰ میکرولیتر NED اضافه و سپس کل مخلوط با آب دیونیزه به حجم ۵ میلی لیتر رسانده شد. پس از ۲۰ دقیقه، شدت جذب محلول ها در ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Sparks et al, 2020).

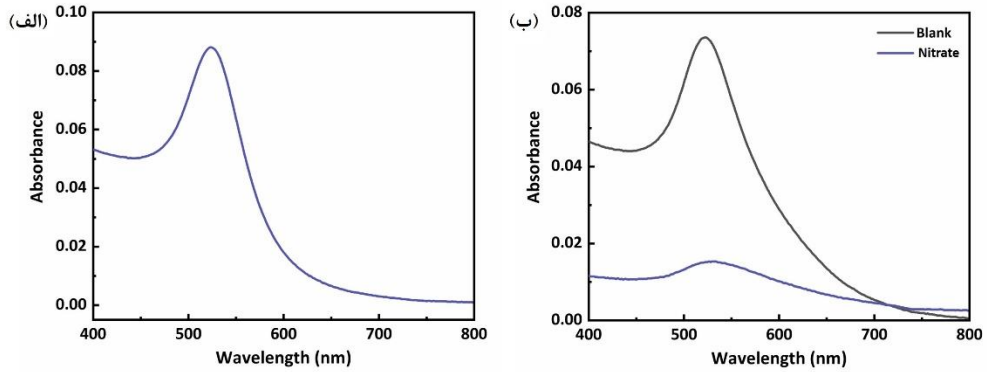
نتایج و بحث

طیف جذبی نانوذرات سنتز شده قبل و بعد از خوردگی

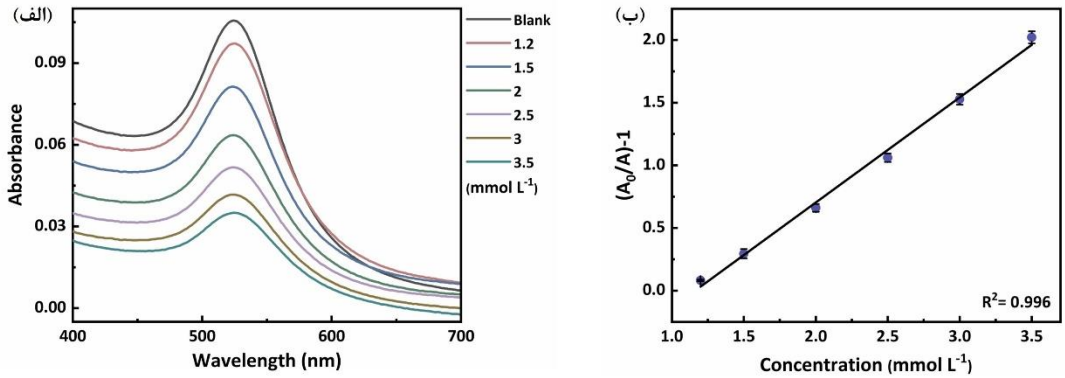
شکل ۱- الف طیف جذبی نانوذرات سنتز شده را نشان می‌دهد که دارای یک پیک جذبی در ۵۲۲ نانومتر می‌باشند. بعد از اضافه شدن نیترات کاهش‌یافته به حسگر تشخیصی، خوردگی نانوذرات اتفاق افتاده و با کوچک شدن سایز نانوذرات تغییراتی در طیف و رنگ محلول تشخیص رخ می‌دهد. در شکل ۱- ب طیف جذبی نانو ذرات در حضور نیترات نشان داده شده است. در اثر خوردگی شدت پیک جذبی کاهش یافته و رنگ محلول از صورتی به صورتی کمرنگ و در نهایت بی‌رنگ تغییر می‌کند.

منحنی کالیبراسیون نیترات

شکل ۲ منحنی کالیبراسیون برای یون نیترات را نشان می‌دهد. با افزایش غلظت نیترات، شدت پیک جذب LSPR کاهش می‌یابد (شکل ۲- الف). با توجه به منحنی کالیبراسیون نشان داده شده در شکل ۲- ب، یک رابطه خطی خوب در محدوده ۱/۲ تا ۳/۵ میلی‌مول بر لیتر (با ضریب همبستگی ۰/۹۹۶) بین غلظت نیترات و پاسخ جذبی $[(A_0 / A) -1]$ مشاهده و حد تشخیص نیز ۹۶/۲ میکرومول بر لیتر محاسبه شد.



شکل ۱- الف)طیف جذبی نانو ذرات سنتز شده، ب) طیف جذبی نانو ذرات سنتز شده در حضور نیترات



شکل ۲- الف) طیف جذبی محلول تشخیص در حضور غلظت‌های مختلف نیترات، ب) ارتباط خطی بین غلظت‌های مختلف نیترات و پاسخ‌های جذبی

تشخیص نیترات در نمونه‌های واقعی

به منظور بررسی بیشتر عملکرد حسگر توسعه یافته در تشخیص نیترات، پاسخ حسگر نسبت به نمونه‌های خاک آزمایش شد. جدول ۱ خلاصه ای از نتایج نیترات شامل درصد ریکاوری و مقایسه با روش گریس به عنوان یک روش استاندارد را نشان می‌دهد. مقادیر ریکاوری در محدوده ۱۰۰/۵-۹۷/۵٪ بود که در مقایسه با نتایج آزمون گریس رضایت بخش است. انحراف معیار استاندارد (RSD) در همه موارد زیر ۱/۶ درصد بود. با توجه به نتایج بدست آمده، حسگر توسعه یافته قابلیت تشخیص نیترات در نمونه‌های محیطی پیچیده از جمله محلول‌های خاک را دارد.

نتیجه‌گیری

به طور خلاصه، در این تحقیق یک روش رنگ‌سنجی برای سنجش غیرمستقیم نیترات بر اساس خوردگی نانوذرات کروی طلا ارائه داده شد. به جای استفاده از دما، از یک ترکیب حاوی تیول برای تسریع خوردگی نانوذرات کروی استفاده شد. حسگر توسعه یافته

در شرایط مطلوب انتخاب‌پذیری و حساسیت بالایی را نسبت به یون‌های نیترات نشان داد. علاوه بر این، کاربرد عملی حسگر طراحی شده برای تشخیص ساده و دقیق نیترات با آزمایش نمونه‌های خاک مورد تأیید واقع شد.

جدول۱- اندازه‌گیری نیترات در نمونه‌های خاک با استفاده از حسگر توسعه یافته، غلظت های اولیه توسط کروماتوگرافی یونی تعیین شد.

Sample	Initial concentration (μmol L^{-1})	Spiked (mmol L^{-1})	Method	Found (mmol L^{-1})	Recovery (%)
Soil (tomato)	0.529	2.0	This work Griess	1.95 1.98	97.5 99.0
Soil (pepper)	0.211	2.0	This work Griess	1.99 1.98	99.5 99.0
Soil (onion)	0.129	2.0	This work Griess	1.99 1.98	99.5 99.0
Soil (apple)	0.905	2.0	This work Griess	1.99 1.98	99.4 99.0
Soil (maize)	0.461	2.0	This work Griess	2.01 1.98	100.5 99.0

فهرست منابع

1. Chiu, Y. T., Lin, C. H., Lee, J., & Lin, K. Y. A. (2020). Reduction of nitrate to nitrite in water by acid-washed zero-valent zinc. Separation Science and Technology, 55(4), 761-770.

2. EPA U. (2018). edition of the drinking water standards and health advisories Tables, Ed. EPA 822-F-18-001. Washington, DC: United States Environmental Protection.
3. Hernández- Ramírez, R. U., Galván- Portillo, M. V., Ward, M. H., Agudo, A., González, C. A., Oñate- Ocaña, L. F., ... & López- Carrillo, L. (2009). Dietary intake of polyphenols, nitrate and nitrite and gastric cancer risk in Mexico City. International Journal of Cancer, 125(6), 1424-1430.
4. Hsu, S. W., Rodarte, A. L., Som, M., Arya, G., & Tao, A. R. (2018). Colloidal plasmonic nanocomposites: from fabrication to optical function. Chemical reviews, 118(6), 3100-3120.
5. Jana, N. R., Gearheart, L., & Murphy, C. J. (2001). Seeding growth for size control of 5− 40 nm diameter gold nanoparticles. Langmuir, 17(22), 6782-6786.
6. Kargas, G., Chatzigiakoumis, I., Kollias, A., Spiliotis, D., Massas, I., & Kerkides, P. (2018). Soil salinity assessment using saturated paste and mass soil: Water 1: 1 and 1: 5 ratios extracts. Water, 10(11), 1589.

7. Kelly, K. L., Coronado, E., Zhao, L. L., & Schatz, G. C. (2003). The optical properties of metal nanoparticles: the influence of size, shape, and dielectric environment.
8. Knobeloch, L., Salna, B., Hogan, A., Postle, J., & Anderson, H. (2000). Blue babies and nitrate-contaminated well water. Environmental health perspectives, 108(7), 675-678.
9. Korostynska, O., Mason, A., & Al-Shamma'a, A. (2012). Monitoring of nitrates and phosphates in waste water: current technologies and further challenges. International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems, 5(1).
10. Manassaram, D. M., Backer, L. C., Messing, R., Fleming, L. E., Luke, B., & Monteilh, C. P. (2010). Nitrates in drinking water and methemoglobin levels in pregnancy: a longitudinal study. Environmental Health, 9(1), 1-12.
11. Mayer, K. M., & Hafner, J. H. (2011). Localized surface plasmon resonance sensors. Chemical reviews, 111(6), 3828-3857.

12. Pastén-Zapata, E., Ledesma-Ruiz, R., Harter, T., Ramírez, A. I., & Mahlknecht, J. (2014). Assessment of sources and fate of nitrate in shallow groundwater of an agricultural area by using a multi-tracer approach. Science of the Total Environment, 470, 855-864.
13. Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (Eds.). (2020). Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods (Vol. 14). John Wiley & Sons.

14. Speijers, G., & Van den Brandt, P. A. (2003). Nitrite and potential endogenous formation of N-nitroso compounds; safety evaluation of certain food additives, JECFA. WHO food additives series, 50, 49-74.

15. Sun, J., Zhang, X., Broderick, M., & Fein, H. (2003). Measurement of nitric oxide production in biological systems by using Griess reaction assay. Sensors, 3(8), 276-284.

16.Titov, V. Y., & Petrenko, Y. M. (2005). Proposed mechanism of nitrite-induced methemoglobinemia. Biochemistry (Moscow), 70(4), 473-483.

17. Van Cleemput, O., & Samater, A. H. (1995). Nitrite in soils: accumulation and role in the formation of gaseous N compounds. Fertilizer research, 45(1), 81-89.

18. Wang, Q. H., Yu, L. J., Liu, Y., Lin, L., Lu, R. G., Zhu, J. P., ... & Lu, Z. L. (2017). Methods for the detection and determination of nitrite and nitrate: A review. Talanta, 165, 709-720.

19. WHO, (2017). guidelines for drinking water quality: first addendum to the fourth edition. Journal- American Water Works Association, 109(7), 44-51.

Design of colorimetric sensor based on plasmonic nanoparticles for detection and measurement of nitrate in soil solution

Marzieh Sepahvand[1], Forough Ghasemi[2]*, Hossein Mir seyed Hosseini[3]*

[1]PhD student in Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2]Faculty member of Department of Nanotechnology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, forough.ghasemi@abrii.ac.ir
[3]Faculty member of Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, mirseyed@ut.ac.ir

Abstract

Due to the adverse environmental effects and food chain threats caused by the improper use of nitrate compounds, accurate, rapid, and economical control of nitrate is of great importance. Despite their high sensitivity, available laboratory methods are not satisfactory because of being time-consuming, the need for expensive equipment and trained experts. Due to the high potential of plasmonic nanoparticles, especially gold nanoparticles, in the design of colorimetric sensors, in this study, a colorimetric method based on gold nanoparticles is presented for the detection of nitrate. Nitrate is measured indirectly after reduction to nitrite (by zinc powder). The basis of the method is the etching of gold nanoparticles in the presence of nitrite at ambient temperature. Changes in the size of plasmonic nanoparticles after etching process is associated with the appearance of measurable signals, including spectral and color changes, which are related to the presence and concentration of nitrate. The linear range obtained from the calibration curve is 1.2 to 3.5 mmol L^{-1} ($R^2 = 0.996$) with a detection limit of 96.2 µmol L^{-1}. In addition, the designed sensor has the ability to measure nitrate in environmental samples, including soil solution with high accuracy.

Keywords: Nitrate, Gold nanoparticles, Colorimetric sensor, Qualitative detection, Quantitative detection.

اثر کاربرد بیوچار بر فرکشن‌ها و آلایندگی کادمیوم

سیروس صادقی[۱]، مجتبی نور آئین[۲]، سیامک زواره[۲]، شادی عشقی خونیق[۳]

۱- استادیار دانشگاه مراغه، دانشگاه مراغه، sirossadeghi@gmail.com

۲- دانشیار دانشگاه مراغه، دانشگاه مراغه

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه مراغه

چکیده

بیوچار ماده غنی ازکربن، تخلخل، سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و گروه‌های عامل سطحی می‌باشد و به‌دلیل بهبود حاصلخیزی خاک، غیرمتحرک کردن آلودگی‌ها و ترسیب کربن مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی با هدف بررسی تأثیر بیوچار در تثبیت کادمیوم خاک با تغییر فرکشن‌های کادمیوم انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرحج کاملا تصادفی کادمیوم در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با بیوچار تهیه شده از درخت بید در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ درصد) و ۳ تکرار انجام شد. جهت آلوده‌سازی خاک از نمک سولفات کادمیوم استفاده گردید، بیوچار در سه سطح مختلف به هر کدام از ترکیبات تیماری آلوده شده با کادمیوم اضافه و در زمان چهار هفته به صورت جداگانه مقدار فرکشن‌های مختلف کادمیوم (تبادلی، کربناتی، اکسیدی، آلی و باقیمانده) به ترتیب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که با اضافه کردن بیوچار به خاک، کادمیوم از شکل ناپایدار (مانند شکل‌های قابل تبادل) به شکل‌های پایدار (کربناتی، اکسیدهای آهن ومنگنز و باقیمانده) تغییر شکل می‌دهند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که افزودن بیوچار به خاک منجر به کاهش فراهمی عنصر کادمیوم در خاک‌های آلوده شده و این عنصر از دسترس گیاه خارج می‌شود.

واژگان کلیدی: آلودگی، اصلاح خاک، پتانسل عناصر سمی، تثبیت عناصر سمی، فلزات سنگین،

مقدمه

گسترش روزافزون شهرها، رشد سریع شهرنشینی و انقلاب صنعتی باعث ایجاد اثرات فراوان زیست محیطی در داخل و اطراف شهرها گردیده است. محیط زیست به عنوان احاطه کننده موقعیت، در معرض ارگانیسم یا گروهی از ارگانیسم‌ها قرار می‌گیردکه بر رشد، توسعه و بقای موجودات تأثیر می‌گذارد (1995) Athar and vahora. شهرسازی و صنعتی‌سازی بدون توجه به ملزومات محیط زیست به ویژه درکشورهای درحال توسعه اغلب منجر به آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین می‌شود (2014) ,.Abdelhafez et al. فلزات سنگین، توانایی آلایندگی قابل توجهی در محیط زیست دارند وسمیت آنها باعث افزایش مشکلات زیستی، تکاملی، تغذیه‌ای می‌شوند. اصطلاح "فلزات سنگین" به هر عنصر فلزی اشاره دارد که دارای تراکم نسبتاً بالا بوده و حتی در غلظت‌های کم باعث ایجاد سمیت می‌شوند (2004) ,Lenntech. به طور کلی، ویژگی‌های خاک از قبیل مقدار ماده آلی، نوع رس، واکنش اکسیداسیون و احیا، مقدار کلرید، اسیدیته و شوری خاک، گونه‌های گیاهی و کودها به عنوان فاکتورهای اصلی مؤثر بر غلظت فلزات سنگین در نظر گرفته می‌شوند (2000) ,.Weggler et al. استراتژی‌های مختلف مدیریتی مانند استفاده از اصلاحات ارگانیک و غیر آلی برای کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان استفاده شده است (2015) ,.Adrees et al. روش‌های فیزیکی و شیمیایی سنتی جهت اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین که شامل حفاری و دفن، جداسازی حرارتی فلزات، سوزاندن، شستوش و و انجماد می‌باشند، روش‌هایی هستند که اغلب گران بوده و معمولاً سبب آسیب غیرقابل برگشت به ساختمان موجودات زنده و حاصلخیزی خاک می‌شوند (2010) ,.Alkorta et al. استفاده از اصلاحات ارگانیکی به دلیل بالا بودن قابلیت تجزیه زیستی آنها، بهبود خواص خاک و هزینه بهره‌وری سودمند است (2016) ,.Rizwan et al. افزودن مواد آلی به خاک آلوده، قرن‌ها مورد استفاده قرارگرفته است که باعث بهبود باروری خاک، افزایش تخلخل، کاهش دسترسی گیاهان به فلزات سنگین می‌شود (1981) ,Williamson and Johnson. اخیراً، ترکیبات آلی مختلف مانند بیوچار[1] (BC)، کودهای مزرعه[2] (FM)، کمپوست[3] (Cmp) به راحتی در دسترس خاک‌های آلوده به فلزات سنگین هستند (2014) ,.Ahmad et al.؛ (2016) ,.Yousef et al. به تازگی گزارش شده است که بیوچار (زغال زیستی) حاصل گرما کافت ضایعات آلی در شرایط اکسیژن محدود را می‌توان به عنوان یک ماده اصلاح کننده پایدار در خاک در نظر گرفت که نه تنها سبب ترسیب کربن درخاک می‌شود، بلکه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را بهبود می‌بخشد (2013) ,.Ibrahim et al. گروه‌های عاملی سطحی و مکان‌های جذب سطحی در بیوچار می‌توانند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده وتشکیل کمپلکس‌ها را با فلزات سنگین کاتیونی افزایش دهند (2014) Paz-ferreiro et al. مطالعات نشان می‌دهند که ترکیبات آلی می‌توانند غلظت فلزات در گیاهان را از طریق مکانیسم‌های مختلفی از قبیل عدم تحرک فلز در خاک و بهبود وضعیت باروری خاک کاهش دهند. بنابراین، استفاده از اصلاحات ارگانیک ممکن است یک گزینه مناسب برای کشت خاک‌های آلوده باشد (2016) ,.Mosa et al.؛ (2016) ,.Shen et al.

ایجاد ویژگی‌هایی مفید و موثر در اثر حضور بیوچار می‌تواند توجیهی برای حضور بیوچار در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین باشد. برخی تحقیقات توان بالقوه بیوچار را برای بازسازی خاک آلوده به فلزات سنگین نشان داده است (2011) ,.Fellet et al.؛ (2013) ,Abbas and Abdelhafez. بیوچار کادمیوم موجود درخاک را ازدسترس گیاه خارج می‌نماید. بنابراین با توجه به اثرات مضر عناصر سنگین به ویژه کادمیوم بر روی خاک و موجودات با این آزمایش، استفاده از بیوچار و تاثیر مثبت آن بر روی خاک‌های آلوده به کادمیوم وجلوگیری از جذب کادمیوم توسط گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

[1] Biochar
[2] Field Manure
[3] Compost

آزمایشات این پژوهش در آزمایشگاه پژوهشی شیمی و بیولوژیکی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه مراغه انجام شد. برای انجام آزمایش، نمونه خاکی ازشهرستان عجبشیر با موقعیت جغرافیاییف طول شرقی ۴۵ درجه و ۵۶ دقیقه و ۴۱/۷ ثانیه وعرض شمالی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه واقع دراستان آذربایجان شرقی با ارتفاع ۱۵۴۰ متر از سطح تراز دریا، با این هدف که کادمیوم قابل استخراج کمتر از ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک خشک (1994) ,McBride ودارای بافت (لومی) انتخاب گردید.

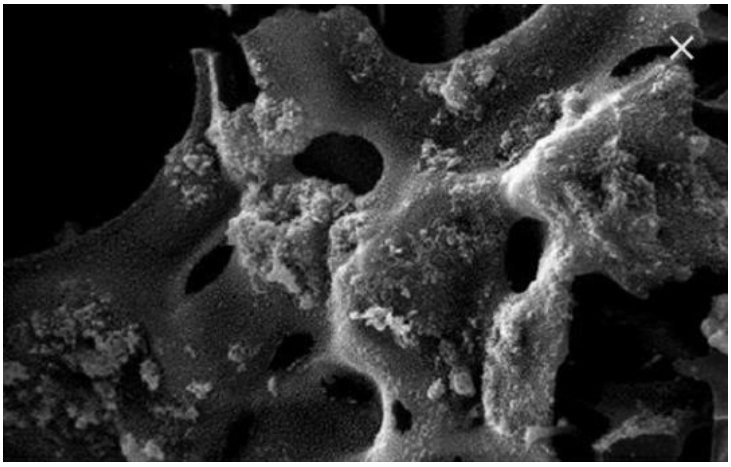
بافت خاک به روش هیدرومتری (2002) ,Gee and Or، کربنات کلسیم معادل (CCE) به‌روش تیتراسیون (1986) ,Klute، کربن آلی به روش والکلی اند بلک (1982) ,Nelson and Sommers، pH در سوسپانسیون ۱:۲/۵ خاک و آب مقطر (1982) ,McLean، EC در عصاره گل اشباع (1996) ,Rhoades، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش باور (1954) ,Bower، پتاسیم قابل جذب باروش استات آمونیوم یک نرمال (1982) ,.Knudsen et al و آهن، روی و کادمیوم قابل جذب باروش عصاره‌گیری با DTPA (1978) ,Lindsay and Norvell اندازه‌گیری شدند.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایهٔ طرح تصادفی با دو فاکتور: فاکتور فلز سنگین کادمیوم از منبع سولفات کادمیوم شامل غلظت‌های کادمیوم در سه سطح صفر، ۶ و ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (1978) ,.Davis et al؛ (1986) ,.Burton et al و فاکتور بیوچار در سه سطح صفر، ۲/۵ و ۵ درصد در زمان چهار هفته پس از افزودن تیمارهای بیوچار صورت گرفت عمادی و بهمنیار، (۱۳۹۶). این آزمایش در سه تکرار به مرحلهٔ اجرا گذارده شد.

جهت آلوده‌سازی خاک با عنصر کادمیوم، سه نمونه جداگانه از خاک مورد آزمایش را درون سه ظرف بزرگ و درب‌دار به صورت جداگانه ریخته شد.جهت آلوده‌سازی از منبع سولفات کادمیوم ($CdSO_4.8H_2O$) به صورت محلول مصرف شد تاجی و گلچین، (۱۳۸۹). پس از آلوده سازی خاک‌ها با کادمیوم داخل ظروف پلی اتیلنی از خاک‌های انتخاب شده (که از غربال ۲ میلی‌متر عبور داده شده و آغشته به کادمیوم شده‌اند بسته به تیمارهای انتخاب شده) پر شدند و سپس بیوچار در سه سطح صفر، ۲/۵ و ۵ درصد به هر کدام از ظروف در سه تکرار اضافه و هم زده شدند. در نهایت در دو مرحله، دو هفته و چهار هفته به طور جداگانه میزان کادمیوم استخراج شده در پنج فرکشن اندازه‌گیری و قرائت گردید. در این زمان نیز چرخه خشک و مرطوب شدن را بر روی هر کدام از خاک‌های درون ظروف پلی اتیلینی اعمال گردید.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی بیوچار

%N	%S	%O	نسبت‌های اتمیک		
			C/N	H/C	O/C
۳/۵۳	۰/۶۲	۴۶/۹۲	۱۴/۴۸	۱/۵۷	۰/۸۱



شکل ۱- شمای میکروسکوپی از ساختار بیوچار

غلظت کادمیوم در گونه‌ها و فرکشن‌های مختلف یونی بر اساس متد ارائه شده توسط تیسر اندازه‌گیری شدند (1979) ,.Tessier et al.

در پایان، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین‌ها باآزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج و یک درصد انجام ونتایج تفسیر شدند. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ آورده شده است.

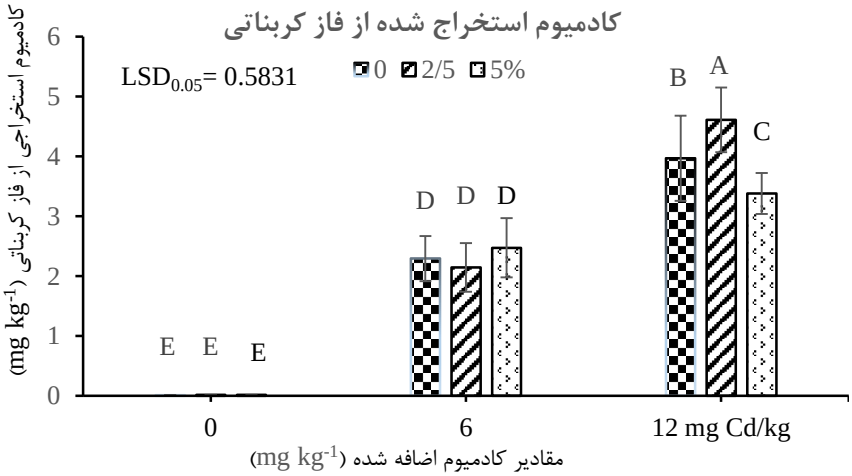
جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

کلاس بافت خاک	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪	آهک ٪	کربن آلی ٪	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmolc/kg)	pH
لومی	۴۴	۳۷	۱۹	۱۹/۵	۵/۲	۰/۵۱۶	۸/۲

ادامه جدول ۲

هدایت الکتریکی ds/m	پتاسیم تبادلی mg/kg	روی mg/kg	کادمیوم mg/kg	آهن mg/kg
۸۶۹	۱۳۳۰۵	۰/۲۹۹۶	۰/۰۰۶۵	۰/۹۳۶۸

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اثر متقابل کادمیوم، بیوچار بر مقادیرکادمیوم استخراجی از دو فاز تبادلی و مواد آلی معنادار نبود ولی در سه فاز کربناتی، آهن و منگنز و فاز بقیمانده در سطح یک درصد معنادار بود. شکل ۲ نمودار مقایسه میانگین کادمیوم استخراجی از فاز کربناتی برای اثرات متقابل کادمیوم، بیوچار را نشان می‌دهد.

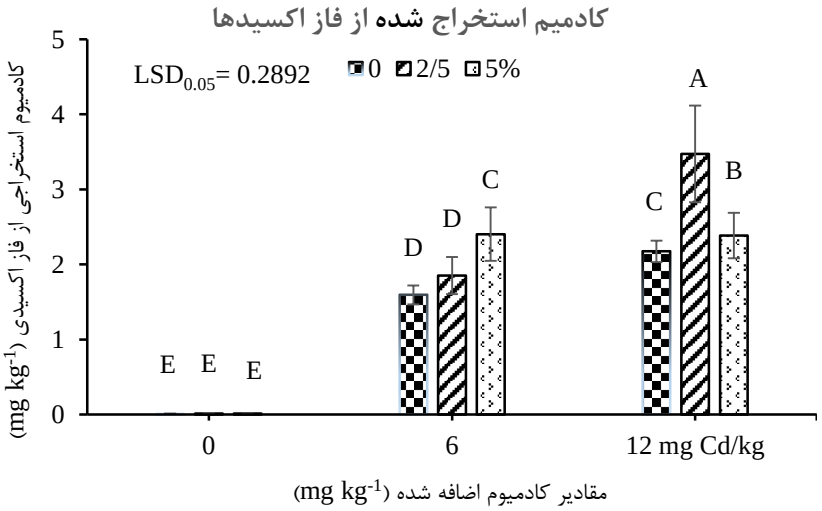


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل کادمیوم، بیوچار بر مقادیر کادمیوم استخراجی از فاز کربناتی

با افزایش سطح کادمیوم در تیمارها از ۶ میلی‌گرم به ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، میزان کادمیوم استخراجی از فاز کربناتی افزایش یافته است که این امر باعث کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم توسط گیاه با وجود افزایش میزان کادمیوم را نشان می‌دهد. اما با افزایش درصد بیوچار در سطح ۱۲ میلی‌گرم کادمیوم، ابتدا افزایش میزان کادمیوم استخراج را در ۲/۵ درصد بیوچار مشاهده و سپس کاهش کادمیوم استخراجی در سطح ۵ درصد بیوچار نسبت به شاهد مشاهده می‌گردد که این امر بیانگر تاثیر بهتر بیوچار در سطح ۲/۵ درصد بر تثبیت کادمیوم در فاز کربناتی را بیان می‌نماید. تیمارهای مربوط به سطح ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک کادمیوم در تمامی سطوح بیوچار در یک گروه آماری قرار گرفته و با هم اختلاف معنادار نداشتند. نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات حمزه نژاد و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد که این پژوهش به منظور بررسی تأثیر چهار سطح بیوچار بقایای هرس درخت سیب بر شکل‌های شیمیایی عناصر کادمیوم، سرب، مس و روی در خاک آلوده انجام گرفت، نتایج این محققان نشان داد که کاربرد بیوچارموجب کاهش

معنادار عناصر در فازهای تبادلی وکربناتی و افزایش معنادار عناصر در فاز آلی واکسیدهای آهن و منگنز نسبت به خاک شاهد گردید. صفاری و همکاران (Saffari et al., (2015 ازنسبت‌های ۲ و ۵ درصد بیوچـار سـبوس بـرنج بـرای تثبیـت کادمیم در خاک استفاده نمودند و مشاهده کردندکه افزودن بیوچـار منجـر بـه کـاهش معنـاداری در شـاخص تحـرک کادمیم نسبت به تیمار شاهد گردید.شکل‌های کربناتی به راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند و موجب آلـودگی آب‌هـای زیرزمینی و خاک می‌شوند (Aderyano, (2001. به نظر می رسـد کـه افـزودن تیمـار کـادمیم باعـث افـزایش کـادمیم استخراج شده از این بخش (تبادلی و کربناتی) می‌شود اما افزایش سطوح تیماری بیوچار باعث کاهش آن می‌شـود، کـه بیانگر کاهش مقدار فلز متحرک با افزایش درصد بیوچار است. عناصر افزوده شده به خاک، با افزودن بیوچار به خاک، از شکل ناپایدار (مانند شکل‌های قابل تبادل و کربناتی) به شکل‌های پایدار تغییر شکل می‌دهند.

شکل ۳ اثر متقابل کادمیوم و بیوچار بر مقادیر کادمیوم استخراج شده از فاز اکسیدهای آهن و منگنز را نشان می‌دهد.

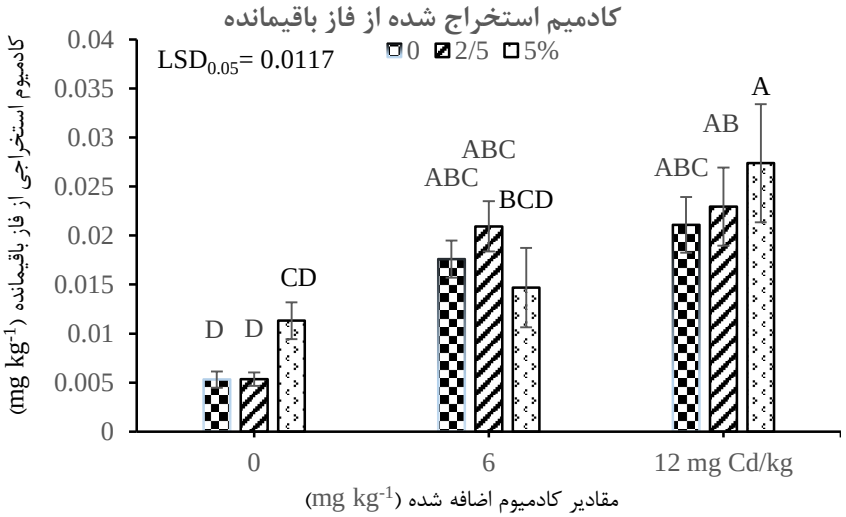


شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل کادمیوم، بیوچار بر مقادیر کادمیوم استخراجی از فاز اکسیدهای آهن و منگنز

در تیمارهای سطح ۶ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک با افزایش سطوح بیوچار مقادیر کادمیوم استخراجی افزایش یافته در حالی که در تیمارهای ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با افزایش سطوح بیوچار ابتدا مقادیر کادمیوم استخراجی در این بخش افزایش سپس کاهش می‌یابد. در اینجا بهترین تیمار که بیشترین مقدار کادمیوم استخراجی را شامل می‌گردد همان ترکیب تیماری ۱۲ میلی‌گرم کادمیوم و ۲/۵ درصد بیوچار می‌باشد که این حالت در فاز کربناتی نیز مشاهده گردید. در تیمارهای کادمیوم در سطح ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مقدار کادمیوم استخراج شده از فاز اکسیدهای آهن و منگنز نسبت به کادمیوم در سطح ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشتر شده است و در خود تیمارها سطح ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز در ۲/۵ درصد بیوچار مقدار کادمیوم استخراجی از فاز اکسیدهای آهن و منگنز بیشتر است که این امر باعث کاهش مقدار کادمیوم از دسترس گیاه می‌گردد. در تیمارهای کادمیوم در سطح ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم با افزایش مقدار بیوچار مقدار کادمیوم استخراجی از فاز اکسیدی نیز افزایش می‌یابد، که با تحقیقات حمزه نژاده و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد، نتایج این محققان نشان داد که کاربرد بیوچارموجب افزایش معنادار عناصر در اکسیدهای آهن و منگنز نسبت به خاک شاهد گردید همچنین نتایج این پژوهش با نتایج (Ahmad et al., (2014 و (Sun et al., (2015 مطابقت دارد که بیوچار سبب افزایش مقدار کادمیوم استخراج شده از فاز اکسیدی می‌شود.

شکل ۴ اثر متقابل کادمیوم و بیوچار بر مقادیر کادمیوم استخراج شده از فاز باقیمانده را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در نمودار نسبت به نمودارهای قبل در این است که تفاوت تیمارها در سطح صفر کادمیوم با سایر سطوح تیماری کادمیوم در فاز باقیمانده نسبت به سایر فازها کمتر می‌باشد به‌طوری که میزان کادمیوم جذبی در فاز باقیمانده در دو سطح ۶ و ۱۲ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک کمترین مقادیر را در بین فازهای مختلف جذبی به خود اختصاص

داده‌اند. در تیمارهای عدم کاربرد کادمیوم با افزایش سطح بیوچار مقادیر کادمیوم استخراجی در بخش باقیمانده افزایش می‌یابد، اما در سطح ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک کادمیوم با افزایش سطوح بیوچار مقادیر کادمیوم استخراجی ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد همچنین در تیمار ۱۲ میلی‌گرم برکیلوگرم کادمیوم با افزایش سطوح بیوچار مقادیر کادمیوم استخراجی افزایش می‌یابد به‌طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم و ۵ درصد بیوچار به دست آمد. آنتونیادیس و آلووی (Antoniadis and Alloway, (2002 نیز درمطالعات خود در مورد اثر لجن فاضلاب بر دسترسی عناصر سنگین به این نتیجه رسیدند که مواد آلی با جذب عناصر به روی سطوح خود مانع تثبیت این فلزات توسط رس‌ها و حرکت آن به فاز باقیمانده می‌شوند.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل کادمیوم، بیوچار بر مقادیر کادمیوم استخراجی از فاز باقیمانده

در فاز باقیمانده با افزایش سطوح تیماری کادمیوم، بیوچار مقادیر کادمیوم استخراجی در این بخش افزایش می‌یابد. افزایش بخش پیوند با ماده آلی، نشانگر تشکیل کمپلکس‌های کادمیوم با گروه‌های عاملی آلی در سطح بیوچار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در مقایسه کلی بین اثرات متقابل کادمیوم، بیوچار می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش مقدار کادمیوم تثبیت کادمیوم در فازهای تثبیت کننده افزایش چشمگیری مشاهده می‌گردد به استثناء فاز تبادلی که این امر بیانگر این است که با افزایش مقدار کادمیوم فازهای خاکی در جهت کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم برای گیاه عمل می‌نمایند.

افزودن بیوچار به خاک، منجر به تغییر شکل عناصر از اشکال ناپایدار (شکل‌های قابل تبادل) به شکل‌های پایدار (شکل‌های پیوند خورده با اکسیدهای آهن و منگنز و شکل آلی) و در نتیجه کاهش تحرک فلزات در خاک می‌شود. همچنین افزودن بیوچار به خاک، منجر به کاهش تحرک عناصر سنگین همچون کادمیوم در خاک آلوده در کوتاه مدت می‌شود. همچنین با توجه به تحرک کادمیوم در بخش‌های تبادلی و کربنات کادمیوم از بخش های تبادلی و کربناتی کاسته شده در نتیجه در بخش‌های آلی و باقیمانده افزایش می‌یابد. همچنین بخش باقیمانده نه تنها برای گیاهان بلکه برای میکروارگانیسم‌ها قابل دسترسی نیست.

فهرست منابع

۱- تاجی، ه. و گلچین، الف. (۱۳۸۹). بررسی سطوح مختلف کادمیوم و گوگرد بر عملکرد وغلظت کادمیوم و برخی عناصر کم مصرف در برگ وریشه ذرت (*Zea Mays* L.) در شرایط گلخانه‌ای. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۴، ۳۲-۲۳.

۲- حمزه نژاد، ر.، سپهر، الف.، صمدی، ع.، رسولی صدقیانی، م. ح.، و خداوردیلو، ح. (۱۳۹۷). تاثیر بیوچار بقایای هرس درخت سیب بر شکل‌های شیمیایی، شاخص تحرک (MF) و شاخص توزیع کاهش یافته (IR) عناصر سنگین در یک خاک آلوده. *دانش آب و خاک*، ۲۸(۳)، ۷۸-۶۵.

۳- عمادی، س. م.، و بهمنیار، م. ع. (۱۳۹۶). تأثیر نانو آهن صفر ظرفیتی در کاهش مقدار قابل جذب برخی عناصر سنگین در سه خاک با خصوصیات متفاوت. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۴۸(۴)، ۸۰۹-۷۹۹.

4- Abbas, M. H. H., and Abdelhafez, A. A. (2013). Role of EDTA in arsenic mobilization and its uptake by maize grown on an As-polluted soil. *Chemosphere*, 90, 588-594.

5- Abdelhafez, A. A., Li, J., and Abbas, M. H. H. (2014). Feasibility of biochar manufactured from organic wastes on the stabilization of heavy metals in a metal smelter contaminated soil. *Chemosphere*, 117, 66–71.

6- Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Qayyum, M. F., and Irshad, M. K. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 119, 186–197.

7- Adriano, D. C. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments*. Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metal. (2th ed). Springer Verlag, New York, 879 p.

8- Ahmad, M., Rajapaksha, A. U., Lim, J. E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S. S., and Ok, Y. S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. *Chemosphere*, 99, 19-33.

9- Alkorta, I., Becerril, J. M., and Garbisu, C. (2010). Phytostabilization of metal contaminated soils. *Reviews on environmental Health*, .25(2), 135-146.

10- Athar, M., & Vahora, S. B. (1995). *Heavy Metals and Environment.* New Age Interational (P) Limeted, Publishers. New Delhi. 180 p.

11- Bower, C. A., Reitemeier, R. F. and Fireman, M. (1954). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, 73(4), 251-261.

12- Burton, K. W., King, J. B., and Morgan. E. (1986). Chlorophyll as an indicator of the upper critical tissue concentration of cadmium in plants. *Water, Air, and Soil Pollute*, 27, 147-154.

13- Davis, R. D., Beckett, P. H. T. and Wollan, E. (1978). Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. *Plant and Soil*, 49, 395-408.

14- Fellet, G., Marchiol, L., Delle Vedove, G., and Peressotti, A. (2011). Application of biochar on mine tailings: effects and perspectives for land reclamation. *Chemosphere*, 83(9), 1262-1267.

15- Gee, G. W., & Or, D. (2002). Particle size analysis. In J. H. Dana & C.G. Topp (Eds), *Methods of soil analysis*. (Part 4, pp 255-293). ASA and SSSA, Madison, WI.

16- Ibrahim, H. M., Al-Wabel, M. I., Usman, A. R. A., and Al-Omran, A. (2013). Effect of conocarpous biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. *Soil Science*, 178(4), 165-173.

17- Klute, A. (1986). Water retention: laboratory method. In A. Klute (Eds). *Methods of Soil Analysis*. (Part, 1, pp 635-660). ASA and SSSA, Madison, WI.

18- Knudsen, D., Peterson G. A., and Pratt. P. F. (1982). Lithium, Sodium and potassium. In A. L. Page (Eds), *Methods of Soil Analysis*. (Part 2, pp 225-246). ASA and SSSA, Madison, WI.

19- Lenntech Water Treatment and Air Purification (2004). *Water Treatment*, Published by Lenntech, Rotterdamseweg, Netherlands (www.excelwater.com/thp/filters/Water-Purification.htm).

20- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42(3), 421- 428.

21- McBride, M. B. (1994). *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press. New York. p 441.

22- McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In A. L. Page (Eds). *Methods of soil analysis*. (Part 2, pp 199-224). ASA and SSSA, Madison, WI.

23- Mosa, A., El-Banna, M. F., and Gao, B. (2016). Biochar filters reduced the toxic effects of nickel on tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) grown in nutrient film technique hydroponic system. *Chemosphere*, 149, 254–262.

24- Nelson, D. W., and Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In A. L. Page (Eds). *Methods of Soil Analysis*. (Part 2, pp 539-579). ASA and SSSA, Madison, WI.

25- Paz-Ferreiro, J., Lu, H., Fu, S., Mendez, A., and Gasco, G. (2014). Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review. *Solid Earth Sciences*, 5, 65-75.

26- Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Hlmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, and M. E. Sumner (Eds). *Methods of soil analysis*. (Part 3, pp 417-435). ASA and SSSA, Madison, WI.

27- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Rizvi, H., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F., Qayyum, M. F., Hafeez, F., and Ok, Y.S. (2016). Cadmium stress in rice: toxic effects, tolerance mechanisms and management: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 17859-17879.

28- Saffari, M., Karimian, N., Ronaghi, A., Yasrebi, J., and Ghasemi-Fasaei, R. (2015). Immobilization of cadmium in a Cd-spiked soil by different Kinds of amendments. *Journal of Chemical Health Risks*, 5(3), 221-233.

29- Shen, Z., Som, A. M., Wang, F., Jin, F., McMillan, O., and Al-Tabbaa, A. (2016). Long-term impact of biochar on the immobilization of nickel (II) and zinc (II) and the revegetation of a contaminated site. *Science of the Total Environment*, 542, 771–776.

30- Tessier, A., Campbell, P. G. C., and Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51(7), 844-851.

31- Weggler-Beaton, K., McLaughlin, M. J., and Graham, R. D. (2000). Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. *Australian Journal of Soil Research*, 38, 37-45.

32- Williamson, A., and Johnson, M.S. (1981). Reclamation of metalliferous mine wastes. In: *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*, pp 185–212.

33- Yousaf, B., Liu, G., Wang, R., Zia-ur-Rehman, M., Rizwan, M. S., Imtiaz, M., Murtaza, G., and Shakoor, A. (2016). Investigating the potential influence of biochar and traditional organic amendments on the bioavailability and transfer of Cd in the soil– plant system. *Environmental Earth Sciences*, 75, 374–384.

The effect of biochar application on fractions and cadmium pollution

Siros Sadeghi, Mojtaba NorAein, Siamak Zavareh, Shadi Eshghi Khoniagh

Abstract

Biochar is a material rich in carbon, porosity, specific surface area and high cation exchange capacity and surfactant groups, and has been considered by many researchers due to improved soil fertility, immobilization of contaminants and carbon sequestration. This study was performed in vitro with the aim of investigating the effect of biochar on soil cadmium stabilization by changing cadmium fractions. The experiment was performed as a factorial experiment in a completely randomized cadmium design at three levels (zero, 6 and 12 mg kg^{-1} with biochar prepared from willow tree at three levels (zero, 1 and 2 percent) and 3 replicates. Cadmium sulfate salt was used, biochar was added to each of the cadmium-contaminated treatment compounds at three different levels and the amount of different cadmium fractions (exchangeable, carbonate, oxide, organic and residual) were measured separately for four weeks, respectively The results showed that by adding biochar to the soil, cadmium changes from unstable form (such as exchangeable forms) to stable forms (carbonate, iron and manganese oxides and residues). Finally, it can be concluded that adding biochar to soil leads to Decreased availability of cadmium in contaminated soils and this element is removed from the plant.

Keywords: heavy metals, pollution, soil regeneration, stabilization of toxic elements, toxic elements potential

رفع آلودگی آرسنیک از محلول و خاک بوسیله سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای

محمدعلی شیری آذر[۲]، ابراهیم سپهر*[۱]، رامین ملکی[۴]، حبیب خداوردی لو[۳]، فرخ اسدزاده[۳]، بهنام دولتی[۳]

۱ عضو هیئت‌علمی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، e.sepehr@urmia.ac.ir

۲ دانشجوی دوره دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳ عضو هیئت‌علمی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴ دپارتمان تحقیقاتی کروماتوگرافی جهاد دانشگاهی ایران، واحد آذربایجان غربی

چکیده

موضوع این مطالعه بررسی ظرفیت جذب آرسنیک از محلول و خاک بوسیله سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای می‌باشد. از روش هم‌رسوبی برای سنتز سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای استفاده شد. برای مطالعه ایزوترم جذب آرسنیک، از آزمایشات ناپیوسته استفاده شد. نتایج آنالیز XRD وجود پیک‌های مربوط به گروه کانی‌های هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای را در ترکیب سپیولیت اصلاح شده تأیید کرد. مدل جذبی فروندلیچ قابلیت بالایی برای توصیف ایزوترم جذب آرسنیک توسط سپیولیت و سپیولیت اصلاح شده نشان داد. اصلاح سطحی سپیولیت با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای حداکثر ظرفیت جذب آرسنیک را ۶/۱ برابر در مقایسه با سپیولیت خام افزایش داد. سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای توانایی قابل قبولی برای کاهش آرسنیک جذب شده به صورت غیراختصاصی در خاک نشان داد. نهایتاً، اصلاح سطحی سپیولیت با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای با پایه کاتیونی آهن و منیزیم می‌تواند به عنوان یک جاذب غیر سمی برای جذب آرسنیک از محلول و خاک مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ایزوترم، فروندلیچ، هم‌رسوبی، هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای

مقدمه

آرسنیک یکی از شناخته شده ترین آلاینده‌ها است که به طور گسترده در هوا، آب و خاک پخش شده و در حتی در غلظت های کم، حیات موجودات زنده را تهدید می کند. آرسنیک به طور طبیعی و به صورت ناهمگن در پوسته زمین با غلظت متوسط ۲ تا ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم توزیع شده است. غلظت طبیعی آرسنیک در خاک در دامنه ۱ تا ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با غلظت متوسط ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (Sarkar and Paul., 2016). آرسنیک به شکل آلی و معدنی می‌تواند در محیط حضور داشته باشد که آرسنات گونه غالب آرسنیک معدنی در محیط‌های هوازی است. فرآیندهای طبیعی مانند فوران آتشفشانی و هوازدگی کانی‌های حاوی آرسنیک در کنار فعالیت‌های انسانی از قبیل معدنکاری و صنعت چوب مهمترین منابع آزادسازی آرسنیک به محیط زیست هستند. آلودگی منابع خاک و آب به آرسنیک در اکثر کشورهای دنیا از جمله ایران گزارش شده است (Hamidian et al., 2019). قرار گرفتن انسان در معرض آرسنیک عمدتا از طریق مصرف آب شرب و مواد غذایی حاصل از آبیاری با آب آلوده به آرسنیک می باشد. از سال ۱۹۹۳ سازمان جهانی بهداشت غلظت مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی را ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر اعلام کرده است (Sarkar and Paul., 2016). تهیه آب آشامیدنی عاری از آرسنیک با استفاده از روش‌های کارا در مناطق کمتر توسعه یافته که با مشکل آلودگی آرسنیک مواجه هستند ضروری است.

روش‌های حذف آرسنیک از محیط‌های آبی اغلب مبنای فیزیکوشیمیایی دارد که می‌توان به روش‌های انعقاد – رسوب، جذب، تعویض یونی، فیلتر غشایی و اسمز معکوس اشاره کرد. علاوه بر روش‌های فیزیکوشیمیایی از تکنولوژی‌های بیولوژیکی مانند گیاه پالایی، فیلتر بیولوژیکی و احیای میکروبی برای رفع آلودگی آرسنیک از آب استفاده می شود (Sarkar and Paul., 2016). روش‌های شیمیایی برای رفع آلودگی آرسنیک در خاک‌های آلوده در کنار روش‌های فیزیکی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند که عمدتا از دو طریق نامتحرک سازی و شستشوی خاک با استفاده از مواد شیمیایی را شامل می شوند. در مکانسیم نامتحرک سازی آرسنیک موجود در فاز محلول خاک جذب مواد اصلاح کننده می‌شود که با توزیع دوباره آرسنیک در فاز محلول و جامد از تحرک آرسنیک در خاک کاسته می شود.

فرایند جذب هنوز به‌عنوان یک روش کارآمد و کم‌هزینه و عدم تولید فضولات سمی برای جذب آرسنیک از خاک‌ها یا فاضلاب‌ها در نظر گرفته می‌شود. سهولت کاربرد، قیمت پایین، پایداری بالا، فراوانی، ظرفیت جذب قابل قبول از ویژگی های یک جاذب خوب است. از مهم‌ترین جاذب‌های آرسنیک می‌توان به اکسیدهای آهن، کانی‌های رس و بیوجاذب‌ها اشاره کرد. هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای شامل ورقه‌های بروسایتی شکل با بار مثبت هستند که با وارد شدن آنیون‌ها در ناحیه آبدار بین لایه‌ای خنثی‌شده‌اند. رغبت زیادی به استفاده از هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای برای حذف آلاینده‌های آنیونی از محلول‌های آبی به دلیل سطح ویژه و ظرفیت تبادل آنیونی بالا و فضای بین لایه‌ای قابل‌انعطاف آنها وجود دارد (Nhat Ha et al., 2016). اخلال در سیستم فیلتراسیون و هم‌آوری ذرات هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای از معایب استفاده پودری از آنها برای حذف آلاینده‌ها می‌باشد. سپیولیت یک نوع کانی سیلیکاتی تری اکتاهدرال و آبدار است که به علت جایگزینی سیلسیم در لایه تتراهدرال با آلومینیوم موجب ایجاد بار منفی در کانی شده و قابلیت جذب کاتیون‌ها را دارد. ناپیوستگی صفحات بیرونی باعث ایجاد تعداد قابل توجهی گروه های عاملی سیلانول (Si-OH) در سطح این کانی و ایجاد ساختار تونلی شده است (Ansanay–Alex *et* al., 2012). ظرفیت سپیولیت برای جذب آلاینده‌های اکسی‌آنیونی مثل آرسنات به علت وجود بارهای منفی در سطح و کم بودن ظرفیت تبادل آنیونی ناچیز می‌باشد. اصلاح سپیولیت به عنوان نگه‌دارنده با ترکیباتی که ظرفیت جذب بالای آرسنات نظیر هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای می‌تواند ظرفیت جذب آرسنات توسط سپیولیت و قابلیت استفاده از این ترکیب در سیستم‌های پیوسته تصفیه آب را افزایش دهد.

مواد و روش‌ها

سپیولیت خام و مواد شیمیایی شامل کلرید آهن شش آبه ($FeCl_3.6H_2O$)، کلرید منیزیم ($MgCl_2.6H_2O$)، نیترات سدیم ($NaNO_3$) و آرسنات سدیم ($Na_2HAsO_4.7H_2O$) ساخت مرک و سیگما آلدریچ برای انجام این تحقیق تهیه شد. برای تولید کامپوزیت سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای، سپیولیت خام از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد. سپس مقدار ۱۰ گرم از سپیولیت خام به ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول حاوی فلزات ۰/۰۲ مول آهن و ۰/۰۴ مول منیزیم اضافه گردید و با محلول NaOH یک مولار pH ترکیب به ۱۰ رسانده شد و بعد از به هم زدن با همزن الکتریکی به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و در نهایت ترکیب بدست آمده با آب مقطر شستشو داده شد (Zhang et al., 2013). در مرحله نهایی کامپوزیت‌های سنتز شده در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس خشک گردید. بعد از عبور دادن از الک ۰/۵ میلی‌متری جاذب مورد نظر در ظروف پلاستیکی برای انجام آزمایش‌ها نگهداری شد.

برای آزمایش‌های ایزوترم به ۳۰ میلی‌گرم از جاذب‌های سپیولیت خام و اصلاح شده، محلول آرسنات با قدرت یونی ۰/۰۱ مولار نیترات سدیم و pH برابر ۷ با دامنه غلظت ۱ تا ۲۵ میلی‌گرم آرسنیک در لیتر در دمای محیط (۱۹ درجه سلسیوس) اضافه گردید. بعد از ۱۶ ساعت به هم زدن با سرعت ۱۰۰rpm، نمونه‌ها سانتریفوژ شده و بعد از فیلتراسیون، غلظت آرسنیک در محلول با استفاده از دستگاه جذب اتمی به روش کوره گرافیتی تعیین گردید. مدل‌های جذبی فروندلیچ، لانگمویر، تمکین و دوبینین-رادوشکویچ به داده‌های تجربی ایزوترم برازش داده شدند. شکل ریاضی و غیرخطی مدل‌های ایزوترمی در معادله‌های ۱ تا ۴ آورده شده است (Foo and Hameed., 2010).

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (۱)$$

$$q_e = \frac{q_{max} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (۲)$$

$$q_e = B_T \ln(A_T C_e) \quad (۳)$$

$$q_e = q_s \exp(-k_{DR} \varepsilon^2) \quad (۴)$$

در معادله‌های بالا q_e وزن جذب‌شونده در واحد جذب‌کننده برحسب mg/g، q_{max} بیشترین مقدار جذب برحسب mg/g، C_e غلظت تعادلی جذب‌شونده در محلول برحسب mg/L، K_L ثابت لانگمویر برحسب L/mg، که قدرت اتصال جذب‌شونده به جاذب را نشان می‌دهد، K_F و n ضرایب معادله فروندلیچ که به ترتیب نمایانگر ظرفیت و شدت جذب هستند. A_T بر حسب (L/g) و B_T ضرایب معادله تمکین می‌باشند. B_T از معادله ۱۰ محاسبه می‌شود.

$$B_T = \frac{RT}{b_T} \qquad (۵)$$

R ثابت جهانی گازها (ژول بر مول بر کلوین) و T دمای مطلق بر حسب K می‌باشد.

ε و K_{DR} بر حسب (mol^2/kJ^2) ثابت‌های مدل دوبینین-رادوشکویچ هستند. ε از معادله ۱۱ بدست می‌آید.

$$\varepsilon = RTln(1 + \frac{1}{C_e}) \qquad (۶)$$

مقدار آرسنات جذب شده بر روی جاذب‌ها (q) از رابطه زیر محاسبه شد.

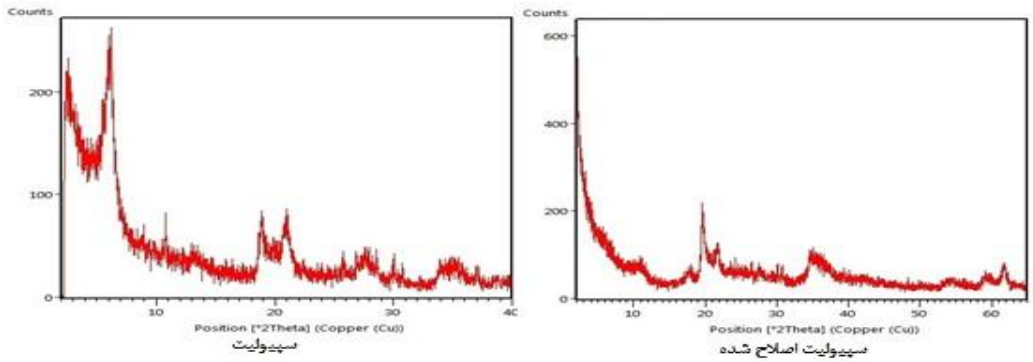
$$q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{M} \qquad (۷)$$

C_0 (mg/L) و C_e (mg/L)، V (L) و M (g) به ترتیب غلظت اولیه، غلظت تعادلی آرسنات در محلول، حجم محلول و جرم جاذب می‌باشند.

جهت بررسی اثر سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای به مقدار ۲ درصد وزنی به خاک آلوده به آرسنیک در حالت هواخشک اضافه گردید. نمونه مورد نظر به مدت ۳ ماه در حالت رطوبتی ظرفیت زراعی در آزمایشگاه نگهداری شد و در پایان عصاره گیری متوالی به روش Wenzel et al.(2001) انجام شد.

نتایج و بحث

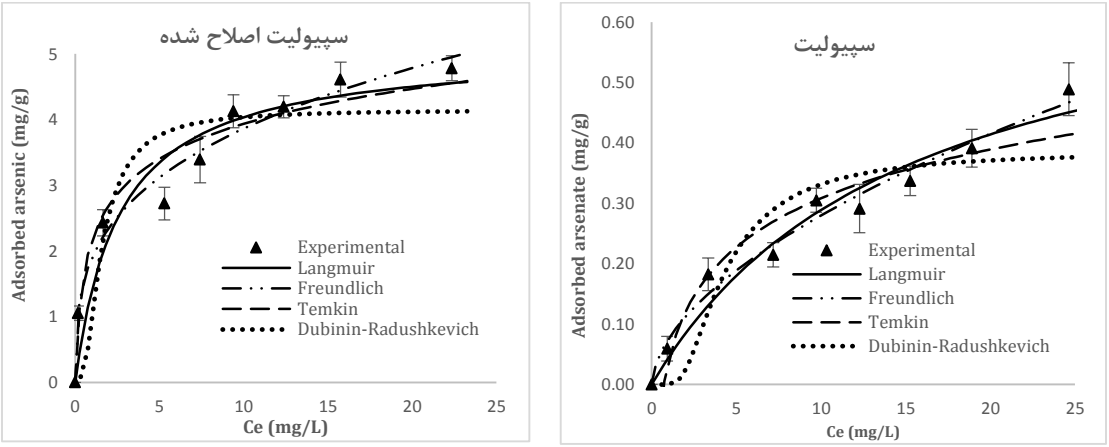
تجزیه XRD برای بررسی بلورهای غیر آلی موجود در ساختار سپیولیت و سپیولیت اصلاح شده انجام شد. طبق شکل ۱ پیک‌های شاخص برای سپیولیت معمولی $2\theta = 5.62$، $2\theta = 2.64$ و $2\theta = 20.88$ و برای سپیولیت اصلاح شده هیدروکسید دوگانه لایه‌ای 2θ = 19.67، $2\theta = 21.59$ و $2\theta = 34.62$ مشاهده شد. الگوی XRD نمونه سپیولیت اصلاح شده با الگوی XRD کانی‌های گروه هیدروتالسیت تطبیق داشت (Goh et al., 2008).



شکل ۱. الگوی XRD برای سپیولیت معمولی و اصلاح شده

برای بررسی رفتار جذبی آلاینده‌ها از آزمایشات ایزوترم استفاده می‌شود. سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای نسبت به سپیولیت معمولی ظرفیت بیشتری برای جذب آرسنیک نشان داد (شکل ۲). نتایج نشان دادکه با افزایش غلظت اولیه، جذب تا مرحله اشباع افزایش می‌یابد. در حالی‌که، جاذب‌ها تمایل بیشتری برای جذب در غلظت‌های کم دارند. شیب غلظت بالا، و در نتیجه

غلبه بر مقاومت در برابر انتقال آلاینده از محلول به سطح جاذب، همچنین بالا رفتن فرکانس برخورد آلاینده با سایت‌های جذبی موجود در سطح جاذب باعث بالا رفتن جذب در غلظت‌های بالاتر می‌شود (Manirethan et al., 2020).



شکل ۲. شبیه‌سازی جذب آرسنات توسط سپیولیت معمولی و اصلاح شده با مدل های مختلف جذبی

یکی از مهمترین دلایل افزایش ظرفیت جذب آرسنیک توسط سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای، وجود بارهای مثبت در سطح هیدروکسید دوگانه لایه‌ای و به تبع آن بالا بودن ظرفیت تبادل آنیونی برای هیدروکسید دوگانه لایه‌ای است که یون‌های آرسنیک را با آنیون‌های بین لایه‌ای میزبان جایگزین می‌کند. نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر محققان برای بهبود ظرفیت جذب آرسنیک توسط سپیولیت اصلاح شده هم‌راستا بود. اصلاح سپیولیت با ۲- آمینومتیل پیریدین ظرفیت جذب آرسنیک را از محلول آبی ۵۶/۴۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Guerra et al., 2010). داده‌های تجربی جذب به خوبی به مدل فروندلیچ برازش شدند (ضریب تبیین بالاتر). جذب آرسنیک به صورت چندلایه‌ای و ناهمگن در سطح جاذب محتمل‌ترین نوع جذب در این تحقیق می‌تواند باشد. پارامترهای مربوط به مدل‌های مختلف جذبی به همراه ضریب تبیین و خطای استاندارد برای جاذب‌های سپیولیت معمولی و اصلاح شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. پارامترها، ضریب تبیین و خطای استاندارد مدل‌های ایزوترمی

مدل جذبی	جاذب	پارامتر			
		K_L	q_{max}	R^2	SE
لانگمویر	سپیولیت	۰/۰۷	۰/۸۳	۰/۹۷	۰/۰۳۲
	سپیولیت اصلاح شده	۰/۳۹	۵/۰۸	۰/۹۴	۰/۴۶
		K_F	1/n	R^2	SE
فروندلیچ	سپیولیت	۰/۰۹	۰/۵۹	۰/۹۸	۰/۰۲
	سپیولیت اصلاح شده	۱/۹	۰/۳۱	۰/۹۸	۰/۲۵
		b_T	A_T	R^2	SE
تمکین	سپیولیت	۱۹۰۴۵	۱/۶۴	۰/۹۳	۰/۰۴۸
	سپیولیت اصلاح شده	۳۱۳۵	۱۶/۶	۰/۹۵	۰/۳۶
		q_s	K_{DR}	R^2	SE
دوبینین-رادوشکویچ	سپیولیت	۰/۴۶	۳/۴۵	۰/۸۸	۰/۰۷۳
	سپیولیت اصلاح شده	۴/۱۵	۰/۵	۰/۸۸	۰/۶۹

تاثیر سپیولیت اصلاح شده برای تثبیت آرسنیک در خاک آلوده با کاهش آرسنیک جذب شده به صورت غیراختصاصی و افزایش آرسنیک جذب شده به صورت اختصاصی همراه بود (جدول ۲). با توجه به اینکه بخش تبادلی (غیراختصاصی) آرسنک قابلیت تحرک و زیست فراهمی بالایی دارد، کاهش بخش تبادلی می‌تواند روند آبشویی و جذب آرسنیک توسط گیاهان را کاهش دهد. زیست فراهمی آرسنیک در خاک با کاربرد بیوچار اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای با پایه کاتیونی آلومینیوم و روی در دو خاک به طور قابل توجهی کاهش یافته، در حالی که بیوچار اصلاح نشده تأثیر کمی بر زیست فراهمی آرسنیک داشته است. این کاهش زیست فراهمی با کاهش غلظت آرسنیک در گیاه همراه بوده است. افزودن بیوچار اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای آلومینیوم و روی به مقدار ۲ درصد به خاک آهکی و قرمز باعث افزایش طول ریشه و ساقه گیاه (۵ برابر نسبت به گروه کنترل) شده است (Gao et al., 2020).

جدول ۲. آرسنیک استخراج شده از عصاره‌گیری متوالی در خاک شاهد و تیمار شده با سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای

جزء آرسنیک	شاهد	تیمار شده با سپولیت اصلاح شده
	mg/g	
جذب غیراختصاصی	۲/۰۹	۱/۰۶
جذب اختصاصی	۵۶/۲۸	۶۰/۸۸
جذب‌شده به اکسیدهای آهن و آلومینیوم بی‌شکل و کریستال ضعیف	۲۰۶/۶۸	۲۰۷/۱۹
جذب‌شده به اکسیدهای آهن و آلومینیوم کریستال قوی	۷۱۲/۵	۷۰۴/۲۲
بخش باقیمانده	۹۲۶/۵۶	۹۱۰/۴۴
آرسنیک کل	۱۹۰۴/۱۱	۱۸۸۳/۷۸

نتیجه‌گیری

اصلاح سپیولیت با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای حاوی کاتیون های فلزی آهن و منیزیم کارایی و ظرفیت جذب آرسنیک را از محلول آبی نسبت به سپیولیت اصلاح نشده به‌طور چشمگیری افزایش داد. نتایج بدست آمده از آزمایش‌های پیمانه‌ای نشان داد که حداکثر ظرفیت جذب آرسنیک برای سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای ۵/۰۸ میلی‌گرم برگرم بدست آمد، در حالی که برای سپیولیت اصلاح نشده حداکثر مقدار جذب آرسنیک ۰/۸۳ میلی‌گرم برگرم بدست آمد. مدل ایزوترمی فروندلیچ توانایی خوبی برای شبیه‌سازی ایزوترم جذب آرسنیک توسط سپیولیت معمولی و سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای نشان داد. سپیولیت اصلاح شده با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای مقدار آرسنیک جذب شده به صورت غیر اختصاصی که قابلیت بالایی بری تحرک و آبشویی دارد را نسبت به تیمار شاهد از ۲/۰۹ به ۱/۰۶ میلی‌گرم بر گیلوگرم کاهش داد. با توجه به پایین بودن قیمت سپیولیت خام در مقایسه با سایر جاذب‌های صنعتی، اصلاح سپیولیت با هیدروکسید دوگانه لایه‌ای می‌تواند جاذب خوبی برای حذف آرسنیک از محلول‌های آبی در نظر گرفته شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد

فهرست منابع

Ansanay–Alex, S., Lomenech, C., Hurel, C., & Marmier, N. (2012). Adsorption of nickel and arsenic from aqueous solution on natural sepiolite. *International journal of nanotechnology*, *9*(3-7), 204-215.

Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2010). Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical engineering journal*, *156*(1), 2-10.

Gao, X., Peng, Y., Guo, L., Wang, Q., Guan, C. Y., Yang, F., & Chen, Q. (2020). Arsenic adsorption on layered double hydroxides biochars and their amended red and calcareous soils. *Journal of Environmental Management*, *271*, 111045.

Goh, K. H., Lim, T. T., & Dong, Z. (2008). Application of layered double hydroxides for removal of oxyanions: a review. *Water research*, *42*(6-7), 1343-1368.

Guerra, D. L., Batista, A. C., Viana, R. R., & Airoldi, C. (2010). Adsorption of arsenic ions on Brazilian sepiolite: effect of contact time, pH, concentration, and calorimetric investigation. *Journal of colloid and interface science*, *346*(1), 178-187.

Hamidian, A. H., Razeghi, N., Zhang, Y., & Yang, M. (2019). Spatial distribution of arsenic in groundwater of Iran, a review. *Journal of Geochemical Exploration*, *201*, 88-98.

Manirethan, V., Raval, K., & Balakrishnan, R. M. (2020). Adsorptive removal of trivalent and pentavalent arsenic from aqueous solutions using iron and copper impregnated melanin extracted from the marine bacterium Pseudomonas stutzeri. *Environmental Pollution*, *257*, 113576.

Nhat Ha, H. N., Kim Phuong, N. T., Boi An, T., Mai Tho, N. T., Ngoc Thang, T., Quang Minh, B., & Van Du, C. (2016). Arsenate removal by layered double hydroxides embedded into spherical polymer beads: Batch and column studies. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, *51*(5), 403-413.

Sarkar, A., & Paul, B. (2016). The global menace of arsenic and its conventional remediation-A critical review. *Chemosphere*, *158*, 37-49.

Wenzel, W. W., Kirchbaumer, N., Prohaska, T., Stingeder, G., Lombi, E., & Adriano, D. C. (2001). Arsenic fractionation in soils using an improved sequential extraction procedure. *Analytica chimica acta*, *436*(2), 309-323.

Zhang, M., Gao, B., Yao, Y., & Inyang, M. (2013). Phosphate removal ability of biochar/MgAl-LDH ultra-fine composites prepared by liquid-phase deposition. *Chemosphere*, *92*(8), 1042-1047.

Arsenic decontamination from soil and water by LDH-modified sepiolite

M.A. Shiriazar[2], E. Sepehr*[1], R. Maleki[4], H. Khodaverdiloo[3], F. Asadzadeh[3], B. Dovlati[3],

1- Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran; e.sepehr@urmia.ac.ir

2- PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran.

3- Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran

4- Research Department of Chromatography, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Urmia Branch.

Abstract

The subject of this study is to investigate the arsenate sorption capacity by sepiolite modified using layered double hydroxides (LDH-sepiolite) from solution and aesenic-polluted soil. The co-precipitation method was used for LDH-sepiolite synthetizes. Batch systems were used to assess the sorption isotherms. XRD analysis confirmed the presence of peaks related to the LDH mineral group in the composition of modified sepiolite. Surface modification of the sepiolite by LDH increased the maximum arsenic sorption capacity by 6.1 times compared to unmodified sepiolite. The Freundlich model showed the high ability to describe the isotherms of arsenate sorption by sepiolite and LDH-sepiolite. LDH-modified sepiolite showed an acceptable ability to reduce nonspecific arsenic fraction of soil. Finally, modification of the sepiolite surface with iron and magnesium layered double hydroxides can be used as a non-toxic and efficient sorbent to decontamination of arsenic from soil and aqueous solutions.

Key words: Isotherm, Freundlich, Co-precipitation, Layered double hydroxides

بررسی کاربرد بن چار استخوان گاوی بر رفتار نیکل در یک خاک آهکی

محبوب صفاری[۱]، سلیمه سدری زاده بمی[۲]

۱- استایار گروه پژوهشی محیط زیست، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان؛ mahboobsaffari@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

چکیده

در تحقیق حاضر، از استخوان خام گاوی و بن چار حاصل از آن جهت تثبیت نیکل در یک خاک آهکی استفاده گردید. بر اساس نتایج، بن چار تولیدی، دارای سطح ویژه ۱۰۰ برابری، سطح متخلخل تر و گروههای عامل هیدروکسی آپاتایت بیشتری نسبت به استوان خام بود. بن چار تولید شده، با توجه به سطح ویژه بیشتر (جذب فیزیکی) و وجود گروههای عامل هیدروکسی آپاتایت (دارای کلسیم)، سبب تثبیت بیشتر نیکل از طریق فرایند تبادل کاتیونی و کاهش شکل‌های متحرک نیکل (تبادلی و کربناتی) شد. با توجه به نتایج، بن چار قابلیت تثبیت بالایی از نیکل در خاک دارد که پیشنهاد می‌شود با فعال سازی بیشتر گروههای عامل از طرق فرایندهای پوششی، بتوان تثبیت بیشتری از نیکل را در خاک‌های آلوده به این عنصر شاهد باشیم.

واژگان کلیدی: نیکل، تثبیت، بن چار، خاک آهکی، استخوان خام گاوی

مقدمه

امروزه یکی از مسائل زیست محیطی خاک‌های تحت کشت، آلوده شدن به فلزات سنگین می‌باشد. متاسفانه به دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانه‌های مختلف، میزان ورود این فلزات به خاک رو به افزایش است. این عناصر به دلیل سمیت برای ریز جانداران خاک، گیاهان و در نهایت انسان، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. بنابراین آگاهی از رفتار شیمیایی، پاکسازی و خنثی‌سازی آلاینده‌های گوناگون در زیست بوم‌های متفاوت امری ضروری می‌باشد (Huang et al., 2019). نیکل، به عنوان یکی از عناصر سنگین، قادر به جایگزینی در آنزیم های حاوی فلز و ایجاد اختلال در مسیرهای متابولیکی موجودات زنده می‌باشد، که میزان آن در حالت طبیعی خاک، به حدود ۰/۰۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، می‌باشد. افزایش این میزان با وجود صنعتی شدن جوامع بشری، سبب مخاطرات فراوانی برای موجودات زنده می‌شود. ماندگاری این فلز در خاک زیاد بوده و در صورت ازدیاد باعث آلودگی خاک و به تبع آن سبب مسمومیت گیاهان و جانوران خواهد شد. مطالعات نشان داده است که نیکل، علی‌رغم سمیت برای دستگاه تنفسی و سیستم ایمنی جانداران و تأثیر منفی که بر روی رشد جنین انسان دارد، عنصری ضروری برای پستانداران به شمار می‌آید. مطالعات وسیعی در جهت کاهش تحرک و قابلیت دسترسی نیکل در خاک به‌وسیله ثبیت کننده های مختلفی از جمله ترکیبات آلی و پلیمری انجام گرفته است (Rathor et al., 2014). کاهش تحرک نیکل از طریق تشکیل باندهای شیمیایی و ایجاد ترکیبات پایدار در نتیجه استفاده از تثبیت کننده های آلی انجام می‌گیرد. از طرف دیگر استفاده از بهسازهای غیرآلی از طریق تبادل یونی، تشکیل کمپلکس سطحی و اثرات متقابل هیدروفوبیک و الکترواستاتیک، سبب کاهش تحرک نیکل در خاک می‌شوند. روش تثبیت و پایدارسازی در محیط خاک، یکی از روش‌های پالایش شیمیایی عناصر سنگین در خاک می‌باشد که در این روش آلاینده ها تثبیت شده و بصورت محصور در حالت جامد که آلودگی کمتری برای محیط زیست داشته باشند، در می‌آیند. به عبارت دیگر، هدف اصلی از تثبیت عناصر کاهش محتوای کلی عناصرآلوده کننده نمی‌باشد، بلکه این روش کمک می‌کند تا غلظت بخش سمی عناصر یا ترکیباتی را که قابلیت بالای تحرک و قابل دسترس بودن را دارند پایین بیاورد. امروزه استفاده از مواد کربونیزه شده‌ای از جمله بیوچار (زغال زیستی)، هیدورچار (ناشی از فرایند هیدروترمال) و بن چار (زغال استخوان) به عنوان اصلاح کننده‌های آلی خاک‌ها رو به افزایش است.

بن چار یکی از مهمترین جاذب ها در صنعت تصفیه شکر برای از بین بردن رنگ از محلول قند ها می‌باشد که از استخوان حیوانات ناشی از کلسیناسیون نسبی و یا گرماکافت مواد مغذی صنعت گوشت تولید می‌شود، که عمدتاً از هیدروکسی آپاتیت و کربن تشکیل می‌شود (Sternitzke et al., 2012). بیش از ۶۰ درصد از فرآیند حذف فلزات سنگین به برهمکنش با بخش غیر آلی (کربنات کلسیم) بن چارنسبت داده می‌شود (Mendoza-Castillo et al., 2015). تغییرات رفتار عناصر سنگین در خاک، از طرق مختلفی از جمله بررسی شکل قابل دسترس عنصر، استفاده از بخش قابل جذب توسط گیاهان، روش TCLP، بررسی سینتیک رهاسازی یا واجذبی عناصر و یا بررسی شکل های شیمیایی عنصر، قابل ارزیابی می‌باشد (Saffari et al., 2020). در بررسی شکل‌های شیمیایی عناصر سنگین، با استفاده از روش عصاره گیری دنباله ای، هر عنصر به شکل هایی تقسیم می شود که کاهش شکل های تبادلی و محلول و افزایش شکل های باقیمانده، نشان از اثر بخشی مثبت ماده تثبیت کننده در خاک، بر عنصر سنگین دارد.

در پژوهش حاضر تلاش خواهد شد، از استخوان خام گاو به منظور تولید بن چار استفاده و پس از بررسی ویژگی های آن‌ها، به اثر بخشی استخوان خام و بن چار حاصل از آن بر رفتار نیکل (شکل شیمیایی) در یک خاک آهکی آلوده به این عنصر پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ابتدا استخوان خام ساق پای گاو (raw cow leg bones) پس از خشک شدن در محیط اتاق، به منظور حذف چربی ها، پروتئین ها و مواد ناخالص روی استخوان، سه مرتبه با آب داغ به مدت ۱۰ دقیقه شستشو و سپس در آون در دمای ۱۱۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. استخوان ها، به ذرات کوچک (۰/۵ تا ۱ سانتی متر) خرد شده و به درون راکتور ساخت بیوچار منتقل شدند. دمای ساخت بن چار، ۵۰۰ درجه سلسیوس و مدت زمان ماند در حضور گاز نیتروژن (۵ لیتر در درقیقه، به مدت ۵ دقیقه)، ۴ ساعت بود. استخوان خام و بن چار تولیدی هر دو در داخل آسیاب، به ذرات کوچک با اندازه ۱۰-۲۰ میکرومتر خرد شدند. سپس به منظور بررسی ساختار شیمیایی ترکیب تولید شده، از دستگاه‌های اندازه گیری سطح ویژه (BET)، FTIR و میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی استفاده شد. به منظور اثر بخشی استخوان خام و بن چار تولید شده از آن، آزمایشی به صورت فاکتوریل (نوع بهساز و درصد کاربرد) در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. یک نمونه خاک سطحی از دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان تهیه شده و پس از عبور از الک دو میلی متری با عنصر نیکل آلوده (۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در نهایت نمونه خاک آلوده، در سطوح مختلف ۰، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی از بهساز استخوان خام و بن چار حاصل از آن تیمار شد. نمونه ها به مدت ۳ ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری و پس از گذشت ۳ ماه نمونه ها خشک و مورد بررسی شکل‌های شیمیایی قرار گرفتند. بررسی شکل‌های شیمیایی نیکل با استفاده از روش عصاره‌گیری دنباله ای Singh et al. (1988) انجام گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

خصوصیت	مقدار	خصوصیت	مقدار
پهاش	۷/۴۵	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m-1)	۷/۸۳
کربنات کلسیم معادل (٪)	۲۶/۰۹	ماده آلی (٪)	۰/۴۴
شن (٪)	۴۴	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol (+) kg-1)	۹/۵
رس (٪)	۱۲	نیکل کل (mg kg-1)	۴۸
بافت خاک	لوم	نیکل عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg-1)	۱/۵

نتایج و بحث

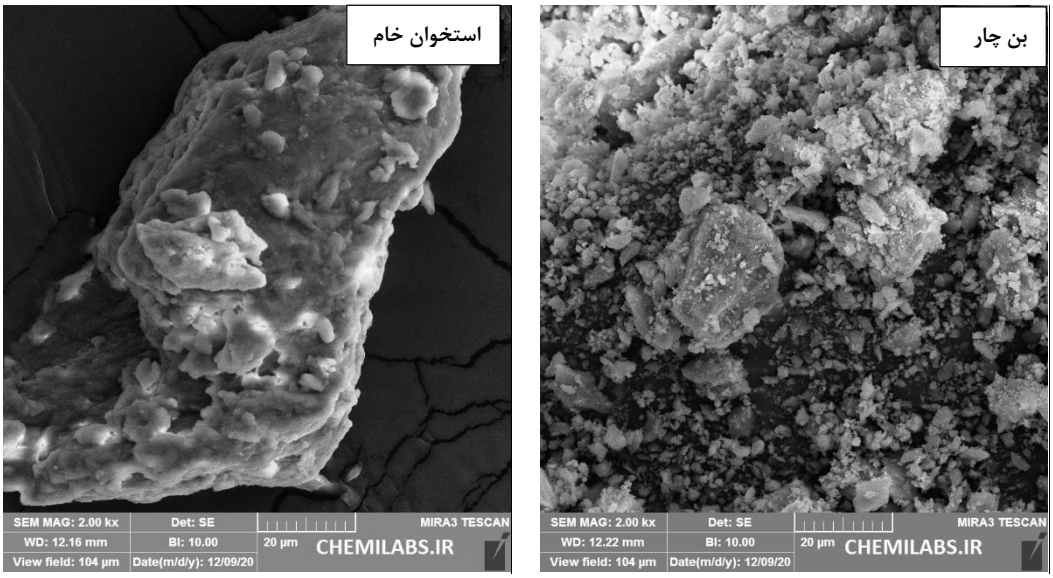
به منظور بررسی سطح ویژه بن چار تولیدی، در مقایسه با نمونه خام آن، آنالیز BET انجام گرفت (جدول۲). بررسی BET جاذب‌های مورد مطالعه نشان داد که مقادیر مساحت سطح ویژه، حجم تخلخل کل و قطر تخلخل متوسط به ترتیب در استخوان

خام ۰/۹۶ مترمربع بر گرم ۰/۰۰۱ ســـانتیمتر مکعب بر گرم و ۶/۴۹ نانومتر بود، در حالی که این مقادیر به ترتیب در بن چار ۹۵/۹ مترمربع بر گرم، ۰/۲۳۶ سانتیمتر مکعب بر گرم و ۹/۸۶ نانومتر بود.

جدول۲- بررسی مقادیر سطح ویژه، حجم تخلخل و اندازه تخلخل در استخوان خام و بن چار حاصل از آن

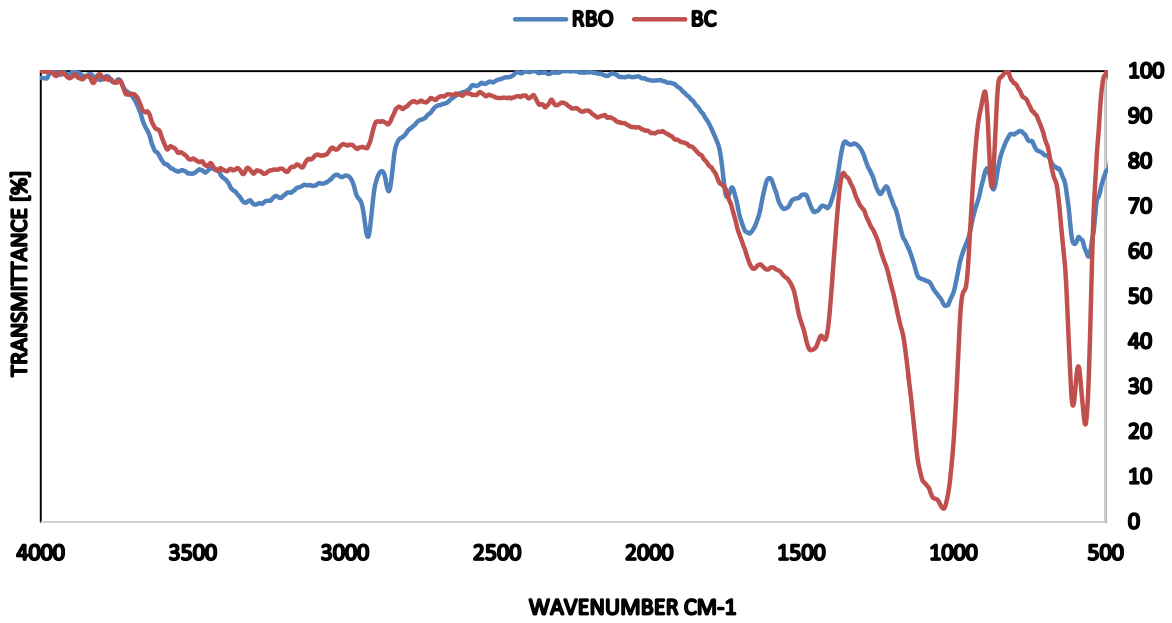
نوع جاذب	BET	Pore Volume	Pore diameter (nm)
استخوان خام	۰/۹۶	۰/۰۰۱	۶/۴۹
بن چار	۹۵/۹	۰/۲۳۶	۹/۸۶

به منظور بررسی ساختار بن چار تشکیل شده حاصل از فرایند پیرولیسیس، SEM نمونه های استخوان خام و بن چار حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱، مورفولوژی نمونه های های استخوان خام و بن چار حاصل از آن را نشان می دهد. بر اساس نتایج، ایجاد فرایند پیرولیسیس سبب از بین رفتن مورفولوژی نسبتا منظم سطح استخوان خام شده است که در نتیجه آن یک ساختار جمع شده از بن چار قابل مشاهده است. به عبارت دیگر، بن چار دارای اجزای بدون هندسه تعریف شده کوچکتر، ساختار بی نظمی و سطح خشن تری (در واحد سطح) نسبت به استخوان خام بود.



شکل ۱- تصاویر استخراجی از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی استخوان خام و بن چار حاصل از آن

به منظور شناسایی کیفی گروههای عامل ماده تولیدی در این مطالعه، طیفی سنجی FTIR استخوان خام و بن چار حاصل از آن انجام گرفت (شکل ۲). بررسی طیفی FTIR نمونه های استخوان خام و بن چار حاصل از آن نشان داد که ایجاد فرایند پیرولیسیس سبب افزایش شدت طول موج های ۵۶۶، ۶۱۰، ۱۰۳۵، ۱۶۲۰ و ۱۴۵۰ cm^{-1} شده است که این باندها مسئول ساختارهیدروکسی آپاتایت می‌باشند. در طرف مقابل، ایجاد فرایند پیرولیسیس سبب حذف گروههای عامل با ساختار ارتعاشی در طول موج های ۲۸۶۰-۲۹۳۰ cm^{-1} (نشان از وجود گروههای عامل C-H stretching)، ۱۷۴۳ cm^{-1} (گروه عامل C=O stretching)، ۱۵۵۶ cm^{-1} (گروه عامل C=C stretching) و ۸۱۲ cm^{-1} (گروه $CO3^{2-}$) شد. تغییرات طیفی گروه کربنات (CO_3^{2-}) (۸۷۳cm^{-1}) در هر دو نمونه یکسان و تغییرات خاصی نشان نداد. طیف های بدست امده در بن چار تولیدی، مطابق با یافته های سایر محققان از بررسی گروههای عامل بن چار بود (Shahid et al., 2019; Jia et al., 2018). به طور کلی، طیف سنجی FTIR نشان داد که پیرولیسیس سبب غنی شدگی گروههای عامل فسفات و کاهش گروههای عامل کربن دار در نمونه بن چار نسبت به نمونه خام شده است.



شکل۲- طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه استخوان خام (RBO) و بن چار حاصل از آن (BC)

مقادیر نسبی شکل‌های شیمیایی نیکل در خاک‌های مورد مطالعه (C: خاک شاهد بدون اعمال بهساز، RBO1.5 و RBO3: به ترتیب خاک‌های تیمار شده با استخوان خام در سطوح ۱/۵ و ۳٪، BC1.5 و BC3: به ترتیب خاک‌های تیمار شده با بن چار در سطوح ۱/۵ و ۳٪) نشان می‌دهد که در نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد، شکل باقیمانده بیشترین سهم از شکل‌های شیمیایی نیکل را به خود اختصاص داده است (شکل ۳). (با توجه به محدودیت تعداد صفحات، از بیان جدول ANOVA و مقایسه میانگین صرفه نظر گردید، هرچند که نتایج آمار نشان از اثرات معنی دار بهسازها و سطوح کاربردی آن ها در سطح ۱ درصد ار آزمون دانکن داشت).

همانطور که شکل ۳، مشاهده می‌شود، شکل‌های باقیمانده، کربناتی، شکل متصل به اکسیدهای آهن بی شکل، شکل تبادلی، شکل متصل به اکسیدهای منگنز، شکل آلی، شکل متصل به اکسیدهای آهن کریستالی به ترتیب بیشترین به کمترین شکلهای شیمیایی نیکل را در نمونه شاهد به خود اختصاص داده‌اند.

با توجه به تغییرات به وجود آمده، استخوان خام سبب افزایش نسبی شکل تبادلی و کربناتی و کاهش سایر شکل هایی شیمیایی نیکل شد. در طرف مقابل، کاربرد بن چار به نحو محسوسی سبب کاهش شکل تبادلی و کربناتی، و افزایش سایر شکل های نیکل شد. ساختار غیر آلی بن چار نقش مهمی در جذب یون های کاتیونی دارد. بر اساس گزارش ها، قسمت غیرآلی بن چار، علاوه بر توانایی بالای جذب کاتیون ها، توانایی تبادل یونی قابل قبول در بین کاتیون های فلز و کلسیم دارد. در مطالعه Corami et al. (2008) و Mendoza-Castillo et al. (2015)، با بررسی میزان انتشار کلسیم قبل و بعد از فرآیند جذب برخی از کاتیونهای توسط بن چار، نشان دادند که تبادل یونی مکانیسم اصلی در جذب فلزات سنگین است. سطوح بالاتر کلسیم (نتایج حاصل ازEDX که در این مقاله آورده نشده است) در ساختار بن چار در مقایسه با استخوان خام، نشان دهنده وجود سایت های تبادل بیشتر و در نتیجه مقادیر جذب نیکل بالاتر در مطالعه حاضر است. جایگزینی یک عنصر با کلسیم هنگامی رخ می دهد که عنصر دارای شعاع یونی کوچکتر از شعاع یون کلسیم (۱/۷ آنگستروم) باشد. طبق معادله زیر ، تبادل کلسیم با نیکل صورت می گیرد (■ نشان از سطح بن چار دارد)

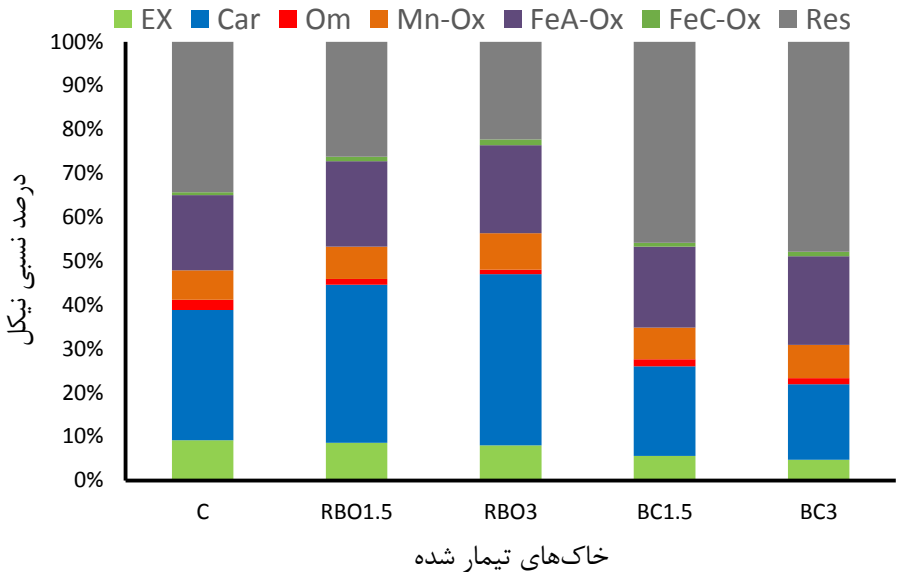
$$\blacksquare Ca^{2+}(s) + Ni^{2+}(aq) = \blacksquare Ni^{2+}(s) + Ca^{2+}(aq)$$

همچنین ، به دلیل ساختار هیدروکسی آپاتیت در بن چار ، واکنش زیر نیز امکان پذیر است.

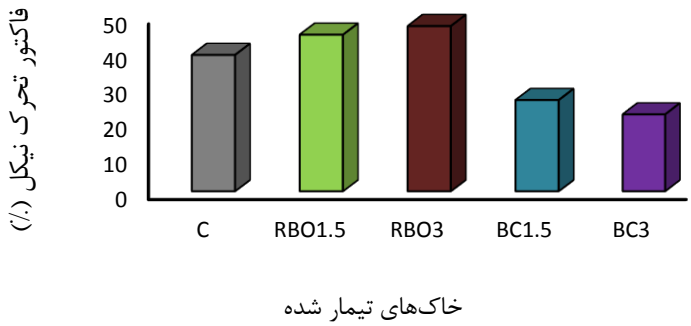
$$\blacksquare OH + Ni^{2+} = \blacksquare O - Ni^{+} + H^{+}$$

با توجه به شعاع یونی کم نیکل (۱/۲۴ آنگستروم) در مقایسه با کلسیم، این عنصر می تواند به راحتی جایگزین کلسیم در بن چار شود. علاوه بر این، با توجه به سطح ویژه بسیار بالاتر بن چار در مقایسه با استخوان خام، جذب فیزیکی نیکل همراه با تبادل یونی باعث افزایش جذب نیکل در خاک تیمار شده با بن چار در مقایسه با شاهد و خاک تیمار شده با استخوان شده است..

بررسی فاکتور تحرک (مجموع دو شکل تبادلی و کربناتی بر مجموع شکل‌های شیمیایی عنصر) نیکل در خاکهای تیمار شده (شکل ۴) نشان می‌دهد که بیشترین فاکتور تحرک مربوط به خاک تیمار شده با استخوان خام می‌باشد. در طرف مقابل، خاکهای تیمار شده با بن چار کمترین فاکتور تحرک را دارا بودند.



شکل ۳- مقدار نسبی شکل‌های شیمیایی نیکل در نمونه خاک‌های تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف



شکل۴- فاکتور تحرک نیکل در نمونه خاک‌های تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به مقایسه کاربرد استخوان خام و بن چار حاصل از آن بر بررسی شکل‌های شیمیایی نیکل در یک خاک آهکی پرداخته شد. بر اساس نتایج، بن چار، توانست به نحو ملموسی سبب کاهش فاکتور تحرک نیکل در خاک گردد و سبب کاهش شکل تبادلی و کربناتی نیکل گردد. بن چار با توجه به پدیده تبادل کاتیونی و جذب فیزیکی توانست به نحو قابل قبولی سبب تثبیت نیکل در خاک شود.

فهرست منابع

Corami, A., Mignardi, S., & Ferrini, V. (2008). Cadmium removal from single-and multi-metal (Cd+ Pb+ Zn+ Cu) solutions by sorption on hydroxyapatite. *Journal of Colloid and Interface Science*, *317*(2), 402-408.

Huang, Y., Wang, L., Wang, W., Li, T., He, Z., & Yang, X. (2019). Current status of agricultural soil pollution by heavy metals in China: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, *651*, 3034-3042.

Jia, P., Tan, H., Liu, K., & Gao, W. (2018). Synthesis, characterization and photocatalytic property of novel ZnO/bone char composite. *Materials Research Bulletin*, *102*, 45-50.

Mendoza-Castillo, D. I., Bonilla-Petriciolet, A., & Jáuregui-Rincón, J. (2015). On the importance of surface chemistry and composition of bone char for the sorption of heavy metals from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*, *54*(6), 1651-1662.

Rathor, G., Chopra, N., & Adhikari, T. (2014). Nickel as a pollutant and its management. *International Research Journal of Environmental Sciences*, *3*(10), 94-98.

Saffari, M., Vahidi, H., & Moosavirad, S. M. (2020). Effects of pristine and engineered biochars of pistachio-shell residues on cadmium behavior in a cadmium-spiked calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *66*(7), 942-956.

Shahid, M. K., Kim, J. Y., & Choi, Y. G. (2019). Synthesis of bone char from cattle bones and its application for fluoride removal from the contaminated water. *Groundwater for Sustainable Development*, *8*, 324-331.

Singh, J. P., Karwasra, S. P. S., & Singh, M. (1988). Distribution and forms of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils of India. *Soil Science*, *146*(5), 359-366.

Sternitzke, V., Kaegi, R., Audinot, J. N., Lewin, E., Hering, J. G., & Johnson, C. A. (2012). Uptake of fluoride from aqueous solution on nano-sized hydroxyapatite: examination of a fluoridated surface layer. *Environmental science & technology*, *46*(2), 802-809.

Investigation of cowe bone char application on nickel behavior in a calcareous soil

Mahboub Saffari[1], Salimeh Sedri zadeh bami[2]

[1]Department of Environment, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

[2]Department of Soil Science, Valiasr University, Rafsanjan, Iran

Abstract

In the present study, raw cowe bone and its bone char were used to stabilize nickel (Ni) in a calcareous soil. According to the results, the bone char had a specific surface area of 100 times, a more porous surface and more hydroxyapatite functional groups than the raw bone. Due to the higher specific surface area (physical adsorption) and the presence of hydroxyapatite (calcium-containing) functional groups, the produced bond stabilized Ni further through the cation exchange process and reduced the mobile forms of Ni (exchangeable and carbonate forms). According to the results, bone char has a high ability to stabilize Ni in the soil, which suggests that by activating more functional groups through coating processes, we can see more stabilization of Ni in soil contaminated.

Keywords: Nickel, Stabilization, Bone char, Calcareous soil, Raw cow bone

بررسی کاربرد هیدروچار میوه سرو بر رفتار نیکل در یک خاک آهکی

محبوب صفاری[۱]، سلیمه سدری زاده بمی[۲]

۱- استایار گروه پژوهشی محیط زیست، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان؛ mahboobsaffari@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

چکیده

در تحقیق حاضر، از میوه سرو خام و هیدروچار حاصل از آن جهت تثبیت نیکل در یک خاک آهکی استفاده گردید. بر اساس نتایج، هیدروچار حاصل از میوه سرو، دارای سطح ویژه سه برابری، سطح متخلخل تر و گروههای عامل اکسیژن دار بیشتری نسبت به میوه سرو خام بود. هیدروچار تولید شده، با توجه به سطح ویژه بیشتر (جذب فیزیکی) و وجود گروههای عامل اکسیژن دار، سبب تثبیت بیشتر نیکل و کاهش شکل‌های متحرک نیکل (تبادلی و کربناتی) شد. وجود گروههای عامل اسیدی و پ هاش پایین میوه سرو، بر خلاف هیدروچار، سبب افزایش تحرک نیکل خاک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. با توجه به نتایج، فرایند کربناسیون هیدروترمال سبب بهبود خصوصیات جذبی نیکل توسط میوه سرو در محیط خاک شد، هرچند که به نظر می‌رسد انجام فرایندهای فعال سازی بر هیدروچار، بتواند سبب بهبود کارایی ثبیت نیکل شود.

واژگان کلیدی: نیکل، تثبیت، هیدروچار، خاک آهکی، میوه سرو

مقدمه

وجود عناصر سنگین در خاک، بر خلاف آلاینده های آلی، همیشگی بوده و این دسته از آلاینده ها غیرقابل تجزیه می‌باشند. در پاکسازی آلاینده های غیرآلی، به جز استفاده از روش های پرهزینه و غیرآسانی مانند الکتروکینتیک، شستشو و .... که برای زمین‌های با ارزش اقتصادی بالا استفاده می‌شوند، نمی‌توان به سادگی آلاینده را از محیط خاک حذف نمود. امروزه، استفاده از روش تثبیت یا غیرمتحرک سازی، یکی از روش‌های ساده و ارزان قیمت فرایند پاکسازی شیمیایی خاک از عناصر سنگین می‌باشد، که طی آن خاک در معرض یک عامل بهساز قرار گرفته و طی آن اجزای متحرک عنصر، به اجزای با تحرک کمتر تبدیل می‌شود. در فرایند تثبیت سازی عناصر، بهسازهای مختلفی در خاک به کار برده می‌شود که بر اساس فرایندهای مختلفی همچون تشکیل کمپلکس سطحی، رسوب، جذب فیزیکی و سطحی و یا فرایندهای اکسیداسیون احیا می‌توانند سبب تغییر تحرک عناصر سنگین شوند (Saffari et al., 2016). امروزه محققان در تلاش می باشند تا بتوانند جاذب هایی ارزان با خصلت دوستار محیط زیست در فرایندهای تثبیت عناصر سنگین به کار ببردند. بیوچار، یکی از این دسته مواد می باشد که پتانسیل بالایی در تثبیت عناصر سنگین از خود نشان داده است، اما تولید نسبتا هزینه بر این ماده به واسطه دمای بالای تولید آن سبب شده است که فرایند فعال سازی دیگری به نام کربن سازی هیدروترمال در معرض توجه محققان قرار گیرد. در فرایند کربن سازی هیدروترمال، ترکیبی به نام هیدروچار ساخته می شود. هیدروچار، از حرارت دادن بیومس آلی یا حیوانی در یک محیط سربسته، تحت‌فشار ۱۰ تا ۳۰ بار و در حضور یک مایع (آب) و در دمایی بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس، تولید می‌شود. افزایش گروه‌های عامل مختلف از جمله، کربوکسیل، هیدروکسیل، سولفات، فسفات و آمینی در ساختار کربوهیدرات‌ها و ترکیبات فنلی مواد لیگنوسلولزی می‌تواند با یون‌های فلزی پیوند تشکیل داده و منجر به تثبیت آلاینده‌ها در محیط خاک و یا حذف آلاینده در محیط آبی می شود(Saha et al., 2019). تغییرات رفتار عناصر سنگین در خاک، از طرق مختلفی از جمله بررسی شکل قابل دسترس عنصر، استفاده از بخش قابل جذب توسط گیاهان، روش TCLP، بررسی سینتیک رهاسازی یا واجذبی عناصر و یا بررسی شکل های شیمیایی عنصر، قابل ارزیابی می‌باشد (Saffari et al., 2020). در بررسی شکل‌های شیمیایی عناصر سنگین، با استفاده از روش عصاره گیری دنباله ای، هر عنصر به شکل هایی تقسیم می شود که کاهش

شکل های تبادلی و محلول و افزایش شکل های باقیمانده، نشان از اثر بخشی مثبت ماده تثبیت کننده در خاک، بر عنصر سنگین دارد.

در پژوهش حاضر تلاش خواهد شد، از میوه سرو (به عنوان یک منبع آلی از ضایعات کشاورزی) به منظور تولید هیدروچار استفاده و پس از بررسی ویژگی های آن‌ها، به اثر بخشی ماده خام میوه سرو و هیدروچار حاصل از آن بر رفتار نیکل (شکل شیمیایی) در یک خاک آهکی آلوده به این عنصر پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

در ابتدای پژوهش، به منظور ساخت هیدروچار، میوه سرو آسیاب شده (۰/۵ تا ۱ میلی متر) و به یک راکتور هیدروترمال اضافه شد (به نحوی که ۱ اینچ فاضله درب اتوکلاو و ماده فاصله بود) و آب به میزان مشخص (۵۰ گرم به ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر) اضافه و برای مدت ۴ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس، هیدروچار تولید و سپس با کاغذ صافی جداسازی شده و ۱ ساعت در آب معمولی خیسانده و ۱۰ دقیقه با آب مقطر شسته شده تا مواد تصعیدی از آن خارج شود. در نهایت برای زمان ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند. سپس به منظور بررسی ساختار شیمیایی ترکیب تولید شده، از دستگاه‌های CHNS آنالایزر، FTIR، اندازه گیری سطح ویژه (BET) و میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی استفاده شد.

به منظور اثر بخشی میوه سرو خام و هیدروچار تولید شده از آن، آزمایشی به صورت فاکتوریل (نوع بهساز و درصد کاربرد) در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. یک نمونه خاک سطحی از دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان تهیه شده و پس از عبور از الک دو میلی متری با عنصر نیکل آلوده (۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در نهایت نمونه خاک آلوده، در سطوح مختلف ۰، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی از بهساز میوه سرو و هیدروچار حاصل از آن تیمار شد. نمونه ها به مدت ۳ ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری و پس از گذشت ۳ ماه نمونه ها خشک و مورد بررسی شکل‌های شیمیایی قرار گرفتند. بررسی شکل‌های شیمیایی نیکل با استفاده از روش عصاره‌گیری دنباله ای Singh et al. (1988) انجام گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

خصوصیت	مقدار	خصوصیت	مقدار
پهاش	۷/۴۵	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m-1)	۷/۸۳
کربنات کلسیم معادل (٪)	۲۶/۰۹	ماده آلی (٪)	۰/۴۴
شن (٪)	۴۴	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol (+) kg-1)	۹/۵
رس (٪)	۱۲	نیکل کل (mg kg-1)	۴۸
بافت خاک	لوم	نیکل عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg-1)	۱/۵

نتایج و بحث

آنالیز عنصری میوه سرو خام (به صورت خشبی) و هیدروچار حاصل از آن، شامل میزان عناصر هیدروژن، کربن، نیتروژن وگوگرد، در جدول ۲ ارایه شده است. اعمال فرایند هیدروترمال بر میوه سرو خام سبب افزایش کربن و کاهش هیدروژن، نتیروژن و گوگرد شده است. افزایش و کاهش میزان کربن و هیدروژن در نمونه هیدروچار را می توان به ترتیب به فرایندهای کربناسیون و از بین رفتن گروههای عامل حاوی هیدروژن دار در طی فرایند هیدروترمال، ارتباط داد.

جدول ۲- آنالیز عنصری میوه سرو خام و هیدروچار حاصل از آن

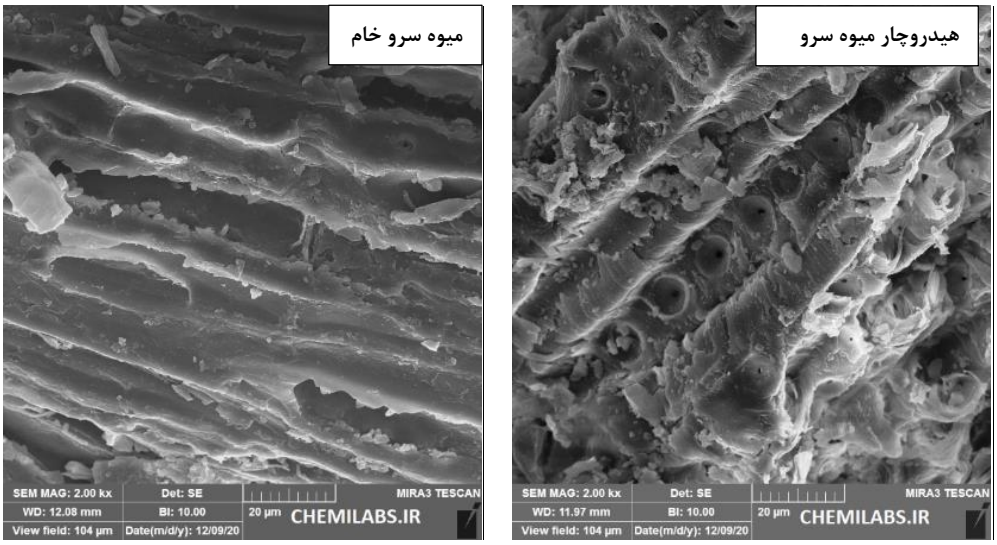
نوع جاذب	N(%)	C(%)	S(%)	H(%)	H/C
میوه سرو خام	۲/۴۴	۴۶/۳۲	۰/۹۲	۶/۰۹	۰/۱۳
هیدورچار میوه سرو	۱/۷۶	۴۸/۸۱	۰/۴۵۷	۵/۹۳	۰/۱۲

به منظور بررسی سطح ویژه هیدورچار میوه سرو، در مقایسه با نمونه خام آن، آنالیز BET نشان داد (جدول۳)، که با اعمال فرایند هیدروترمال، سطح ویژه هیدروچار در حدود ۳ برابر (۲/۵۴) افزایش یافته است، که این انتظار وجود داشت که افزایش بیشتری حاصل شود. بررسی منابع نشان می‌دهد، در ترکیبات آلی با بافت خشبی، تغییرات به وجود آمده در اثر اعمال فرایند کربنویزه خشک و مرطوب نسبت به بافت‌های غیر خشبی، بسیار کمتر است.

جدول۳- بررسی مقادیر سطح ویژه، حجم تخلخل و اندازه تخلخل در میوه سرو و هیدروچار حاصل از آن

نوع جاذب	BET	Pore Volume	Pore diameter (nm)
میوه سرو خام	۱/۲۶	۰/۰۰۲	۷/۸۷
هیدروچار میوه سرو	۲/۳۱	۰/۰۰۶	۱۰/۹۷

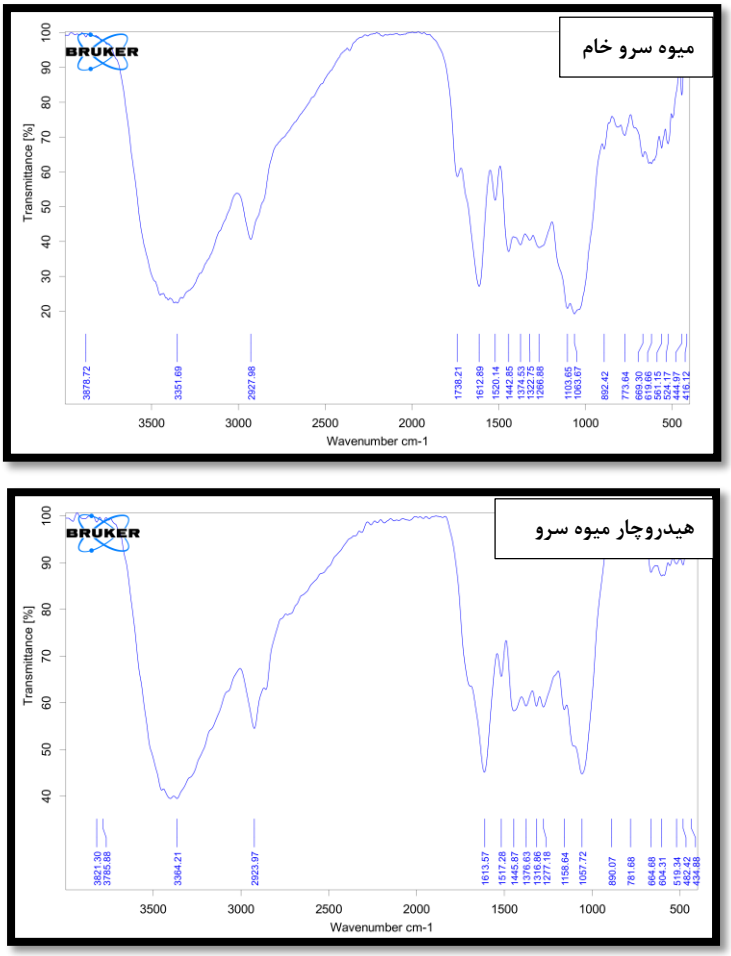
در این تحقیق به منظور بررسی ساختار هیدورچار تشکیل شده حاصل از فرایند هیدروترمال، SEM نمونه های خام میوه سرو و هیدروچار حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر SEM (شکل ۱) نشان می‌دهد که هیدروچار حاصل دارای منافذ و خلل و فرج بیشتری در واحد سطح نسبت به میوه خام سرو می‌باشد. سطح میوه سرو در حالت غیر هیدروچار، صاف با منافذ کوچک است که ایجاد فرایند هیدروترمال سبب ایجاد خلل و فرج طولی در آن می‌شود که نشان دهنده پیرولیسیس در دمای پایین است. وجود سطح اسفنجی بیشتر در سطح هیدوچار می‌تواند نشان از وجود سایت‌های جذبی بیشتر برای آلاینده‌ها باشد.



شکل ۱- تصاویر استخراجی از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی میوه سرو خام و هیدروچار حاصل از آن

به منظور شناسایی کیفی گروههای عامل ماده تولیدی در این مطالعه، طیفی سنجی FTIR ماده خام و هیدروچار حاصل از آن انجام گرفت (شکل ۲). بر اساس نتایج، هیدروچار تولید شده از نظر گروه های عامل تولیدی، مشابه میوه سرو خام است و تغییرات در آن

بسیار کم می باشد. پیک های ۳۳۶۴ و ۲۹۲۳ cm^{-1}، که به ترتیب نشان دهنده O-H stretching vibration و C-H stretching vibration می‌باشند، در نمونه هیدروچار پیک‌های ضعیف‌تری نسبت به نمونه خام نشان دادند، که می‌تواند به دلیل فرآیندهای deoxygenation و dehydration باشد. Cao et al (2011) در مطالعه و شناسایی گروههای عملکردی بیوچار و هیدروچار تولید شده از کود خوک نشان داد که بیوچار دارای گروههای آروماتیک در سطح خود می‌باشد، در حالی که در هیدروچار، بخشهای آلکیل (alkyl) به عنوان گروههای عامل غالب در سطح هیدروچار معرفی می شوند.



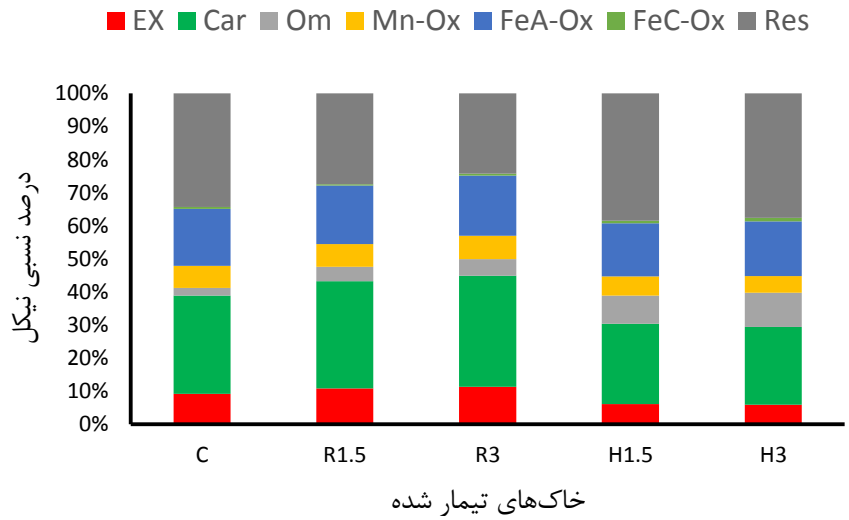
شکل۲- طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه میوه سرو خام و هیدروچار حاصل از آن

مقادیر نسبی شکل‌های شیمیایی نیکل در خاک‌های مورد مطالعه (C: خاک شاهد بدون اعمال بهساز، R1.5 و R3: به ترتیب خاک‌های تیمار شده با میوه سرو خام در سطوح ۱/۵ و ۳٪، H1.5 و H3: به ترتیب خاک‌های تیمار شده با هیدروچار سرو در سطوح ۱/۵ و ۳٪) نشان می‌دهد که در نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد، شکل باقیمانده (به استثنا نمونه های تیمار شده با میوه سرو خام) بیشترین سهم از شکل‌های شیمیایی نیکل را به خود اختصاص داده است (شکل ۳). (با توجه به محدودیت تعداد صفحات، از بیان جدول ANOVA و مقایسه میانگین صرفه نظر گردید، هرچند که نتایج آمار نشان از اثرات معنی دار بهسازها و سطوح کاربردی آن ها در سطح ۱ درصد ار آزمون دانکن داشت).

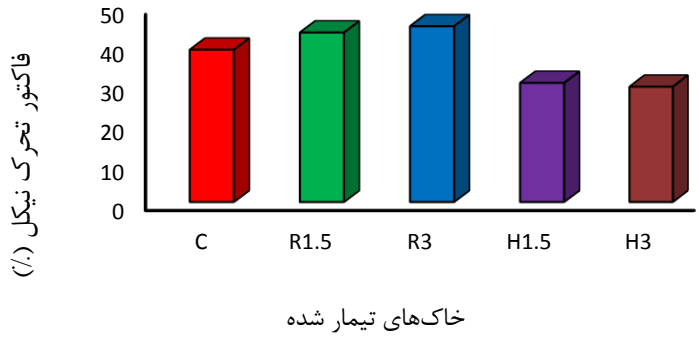
همانطور که ملاحظه می‌شود شکل‌های باقیمانده، کربناتی، شکل متصل به اکسیدهای آهن بی شکل، شکل تبادلی، شکل متصل به اکسیدهای منگنز، شکل آلی، شکل متصل به اکسیدهای آهن کریستالی به ترتیب بیشترین به کمترین شکلهای شیمیایی نیکل را در نمونه شاهد به خود اختصاص داده‌اند.

با توجه به تغییرات به وجود آمده، میوه سرو خام سبب افزایش نسبی شکل تبادلی و کربناتی و کاهش سایر شکل هایی شیمیایی نیکل شد. در طرف مقابل، کاربرد هیدروچار به نحو محسوسی سبب کاهش شکل تبادلی و کربناتی، و افزایش سایر شکل های نیکل شد. هیدروچار با وجود گروههای عامل اکسیژن دار نسبت به نمونه میوه سرو خام، از طریق جذب شیمیایی و همچنین با توجه به سطح ویژه بیشتر نسبت به میوه سرو خام سبب تثبیت نیکل در خاک شده است.

بررسی فاکتور تحرک (مجموع دو شکل تبادلی و کربناتی بر مجموع شکل‌های شیمیایی عنصر) نیکل در خاکهای تیمار شده (شکل ۴) نشان می‌دهد که بیشترین فاکتور تحرک مربوط به خاک تیمار شده با نمونه میوه سرو خام می‌باشد. در طرف مقابل، خاکهای تیمار شده با هیدروچار کمترین فاکتور تحرک را دارا بودند.



شکل ۳- مقدار نسبی شکل‌های شیمیایی نیکل در نمونه خاک‌های تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف



شکل۴- فاکتور تحرک نیکل در نمونه خاک‌های تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به مقایسه کاربرد میوه سرو خام و هیدروچار حاصل از آن بر بررسی شکل های شیمیایی نیکل در یک خاک آهکی پرداخته شد. بر اساس نتایج، هیدروچار بافت خشبی میوه سرو، توانست به نحو ملموسی سبب کاهش فاکتور تحرک نیکل در خاک گردد و سبب کاهش شکل تبادلی و کربناتی نیکل گردد. با توجه به سطح ویژه پایین ایجاد شده در هیدروچار میوه سرو، پیشنهاد می گردد که فرایندهای فعال سازی مختلفی (جهت افزایش سطح ویژه و تغییر گروههای عامل) از جمله استفاده از پوشش های مختلف از جمله کیتوسان و نانوذارات مختلف، می‌تواند سبب بهبود خصوصیات تثبیتی هیدروچار در خاک شود.

فهرست منابع

Cao, X., Ro, K. S., Chappell, M., Li, Y., & Mao, J. (2011). Chemical structures of swine-manure chars produced under different carbonization conditions investigated by advanced solid-state 13C nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. *Energy & Fuels*, *25*(1), 388-397.

Saffari, M., Karimian, N., Ronaghi, A., Yasrebi, J., & Ghasemi-Fasaei, R. (2016). Stabilization of lead as affected by various amendments and incubation time in a calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *62*(3), 317-337.

Saffari, M., Vahidi, H., & Moosavirad, S. M. (2020). Effects of pristine and engineered biochars of pistachio-shell residues on cadmium behavior in a cadmium-spiked calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *66*(7), 942-956.

Saha, N., Saba, A., & Reza, M. T. (2019). Effect of hydrothermal carbonization temperature on pH, dissociation constants, and acidic functional groups on hydrochar from cellulose and wood. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 137, 138-145.

Singh, J. P., Karwasra, S. P. S., & Singh, M. (1988). Distribution and forms of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils of India. *Soil Science*, *146*(5), 359-366.

Investigation of cypress cones hydrochar application on nickel behavior in a calcareous soil

Mahboub Saffari[1], Salimeh Sedri zadeh bami[2]

[1]Department of Environment, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

[2]Department of Soil Science, Valiasr University, Rafsanjan, Iran

Abstract

In the present study, cypress cones and its hydrochar were used to stabilize nickel (Ni) in a calcareous soil. According to the results, hydrochar from cypress cones had three times specific surface area, more porous surface and more oxygenated functional groups than cypress cones. The produced hydrochar, due to the higher specific surface area (physical adsorption) and the presence of oxygenated functional groups, caused more stabilization of Ni and reduced mobile forms of Ni (exchangeable and carbonate forms). The presence of acidic functional groups and low pH of cypress cones, in contrast to hydrochar, increased soil Ni mobility compared to the control sample. According to the results, the hydrothermal carbonation process improved the adsorption properties of Ni by cypress cones in the soil environment, although it seems that activation processes on hydrochar can improve the the stabilzition of Ni.

Keywords: Nickel, Stabilization, Hydrochar, Calcareous soil, cypress cones

تأثیر لئوناردیت بر رفتار جذبی فسفر در یک خاک آهکی

شهریار پاشاپور[۱]، ابراهیم سپهر[۲]، ندا مرادی[۳*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

*نویسنده مسئول: n.moradi@scu.ac.ir

چکیده

لئوناردیت (*Leonardite*) به‌سبب داشتن منشأ اسید هیومیک و فولویک و نیز دارا بودن گروه‌های عاملی کمپلکس کننده، یکی از مواد موثر در بازیابی فسفر باقیمانده در خاک‌های آهکی می‌باشد. بنابراین به منظور بررسی لئوناردیت بر رفتار جذبی فسفر، آزمایشی به‌صورت انکوباسیون در سه تکرار اجرا گردید. جهت اجرای آزمایش یک نمونه خاک زراعی سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر) با مقدار فسفر قابل استفاده پایین انتخاب شد. سپس نمونه خاک با مقدار ۲ درصد لئوناردیت مخلوط و تیمارها به‌مدت دو هفته در دمای ثابت ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌شدند. در پایان دوره انکوباسیون جذب فسفر اندازه‌گیری گردیدند. سپس داده‌های حاصل از آزمایش جذب با معادلات لانگمـویر، فرونـدلیچ و تمکـین برازش داده شدند. نتایج نشان داد پارامترهای جذب با کاربرد لئوناردیت به طور قابل توجهی کاهش یافت. لئوناردیت حداکثر جذب تک‌لایه‌ای (q_{max}) را در مقایسه با نمونـه شـاهد ۱۴ درصد کـاهش داد. حداکثر ظرفیت بافری (MBC) و ظرفیت بافری تعادلی (EBC) نیز بعد از افزودن لئوناردیت به ترتیب ۱۹ و ۵۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از لئوناردیت سبب کاهش جذب فسفر در خاک آهکی شد که می‌تواند سبب افزایش فراهمی فسفر و در مقیاس وسیع باعث کاهش استفاده از کودهای شیمیایی گردد.

واژگان کلیدی: جذب فسفر، فسفر قابل استفاده، لئوناردیت، معادلات جذب.

مقدمه

فسفر، بعد از نیتروژن، مهمترین عنصر غذایی محدودکنندهٔ تولید محصول در بسیاری از نقاط جهان است و یک عنصر غذایی ضروری گیاه می‌باشد (Marschner 2012). اما رفع کمبود فسفر با کوددهی، به دلیل واکنش‌های پیچیدهٔ فسفر با خاک، مستلزم مصرف فسفر به میزان خیلی زیادتر از نیاز گیاه است. بنابراین، همهٔ فسفری که از طریق کوددهی به خاک اضافه می‌شود برای گیاهان قابل استفاده نیست (Chepkwony *et al*. 2001). از مهمترین ویژگی خاک‌های آهکی پایین بودن فراهمی زیستی برخی از عناصر غذایی از جمله فسفر است که عمـدتاً ناشـی از pH نسبتاً بالای این خاک‌ها می‌باشد. به همین دلیل سالیانه مقادیر زیادی کودهای شیمیایی حاوی فسـفر در ایـن خـاک‌هـا مصرف می‌شود که علاوه بر افزایش هزینه تولیـد، عـدم تعـادل بین عناصر غذایی و مشکلات زیست محیطـی را ممکـن اسـت ایجاد کند. دو سازوکار برای تثبیت فسفات در خاک ارائه شده است که شامل ۱) جذب فسفات بر سطوح کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن و آلومینیوم و ۲) تشکیل رسوبات فسفات (مانند فسفاتهای کلسیم، آهن، آلومینیوم) است (Schneider and Haderlein 2016). عوامل مختلفی نظیر میزان کربن آلی، pH، بافت، درصد کربنات کلسیم، درصد کلسیم و منیزیم تبادلی، و قدرت یونی محلول بر فرایندهای جذب و رسوب فسفات در خاک مؤثرند (Bubba *et al*. 2003). اصلاح کامل خاک‌های شدیداً آهکی میسر نیست، ولی در صورت شناخت مشکل می‌توان با بکارگیری بعضی از روش‌ها تا حدی آثار سوء ناشی از زیادی آهک در خاک را کاهش داد. Whale *et al*. (2002)، گزارش کردند استفادهٔ درازمدت از مواد آلی باعث نگهداری فسفر با پیوندهای کم‌انرژی‌تر می‌شود و از این جهت قابلیت دسترسی آن را برای گیاه افزایش می‌دهد. مواد آلی و اسیدهای آلی حاصل از تجزیهٔ آن سطوح کربنات کلسیم را اشغال و از تشکیل رسوب هیدروکسی آپاتیت جلوگیری می‌کنند.

لئوناردیت ماده پیچیده‌ای است که عمدتاً از کربن ساخته شده است (۵۵ درصد وزنی). لئوناردیت بدلیل دارا بودن مقادیر بالای هومیک اسید (بین ۳۰-۸۰٪) ممکن است به عنوان ماده اصلاح کننده خاک استفاده شود (Akinremi *et al*. 2000). مولکول‌های اسیدهای آلی مثل هومیک اسید با تغییر بار سطحی سطوح خاک و با توجه به برخی تاثیرات فضایی این مولکول‌ها که دارای ساختار فضایی گسترده‌ای هستند سبب مسدود شدن مکان‌های سطحی و کاهش تثبیت فسفر می‌گردند (Simeoni *et al*. 2003). Leaver and Russell (1957)، در مطالعه خاک‌های اکسی‌سول تانزانیا که دارای مواد هومیکی از جمله هومیک و فلوویک اسید بودند، ۲۷ تا ۶۳ درصد کاهش جذب فسفر توسط خاک را گزارش کردند. یکی از روشهای بررسی وضعیت فسفر در خاک مطالعه جذب آن و تفسیر نتایج با معادلات همدماهای جذب می‌باشد (Wang *et al*. 2013). مقادیر زیاد کربنات کلسیم و کم بودن مقدار ماده آلی به خصوص در خاک‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور سبب شده است که سالیانه مقادیر زیادی کودهای فسفره در این مناطق مصرف شود. با توجه به نقشی که ماده آلی نظیر لئوناردیت در افزایش فراهمی فسفر دارد هدف از اجرای این پژوهش بررسی میزان تأثیر لئوناردیت در کاهش جذب فسفر در خاک و تأمین فسفر مورد نیاز گیاه بود.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این مطالعه از بین ۱۲ نمونه خاک مرکب، یک نمونه خاک غیرزراعی با مقدار پایین فسفر قابل‌جذب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از محوطه دانشگاه ارومیه انتخاب و بعد از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی ویژگی-های فیزیکوشیمیایی مانند بافت خاک به روش هیدرومتری، pH در سوسپانسیون ۱:۵ خاک و آب، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و فسفر قابل‌استفاده (Olsen-P) با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند.

جهت بررسی تأثیر لئوناردیت بر جذب فسفر خاک، ابتدا به ۵۰۰ گرم از نمونه خاک هواخشک شده، مقدار ۲ درصد لئوناردیت اضافه گردید. پس از مخلوط شدن، نمونه در ظروف پلی اتیلنی ریخته شد و رطوبت نمونه با افزودن آب مقطر به صورت اسپری به رطوبت ظرفیت زراعی رسانده شد. برای جلوگیری از اتلاف رطوبت در دوره انکوباسیون دهانه ظروف پلی اتیلنی بوسیله درپوش پلاستیکی بسته شدند و در روی درپوش‌ها جهت انجام تبادلات گازی، ۴ منفذ ریز یکنواخت تعبیه شد. تیمارها به مدت دو هفته در شرایط کنترل شده در دمای ۱± ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. در طول مدت انکوباسیون ظروف توزین شدند تا اگر وزن آن-ها کم شده باشد، به‌وسیله آب مقطر جبران گردد. پس از پایان ۲ دو هفته نمونه‌ها هوا خشک شده و آزمایش جذب فسفر در تیمارهای مورد آزمایش انجام گردیدند (برای تعیین مقدار لئوناردیت و زمان انکوباسیون پیش آزمایش انجام شده است).

به منظور انجام آزمایش جذب مقدار ۲/۵ گرم از خاک تیمارها را در لوله‌های آزمایش ریخته و ۲۵ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم ۰/۰۵ مولار حاوی غلظت‌های فسفر ۰تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر (از منبع KH_2PO_4) بر روی نمونه‌ها ریخته و سوسپانسیون‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد شیک شدند تا به تعادل برسد. در نهایت غلظت فسفر در عصاره حاصل با استفاده از روش رنگ سنجی مولیبدات آمونیوم (Murphy and Riley 1962) و با دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۸۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و از تفاوت غلظت اولیه و نهایی، مقدار جذب فسفر تعیین گردید. سپس نتایج آزمایش جذب بر روی معادلات لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برازش داده شد (جدول ۱). داده‌های آزمایشی با روش بهینه سازی حداقل مربعات بر مدل‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برازش غیر خطی داده شدند. از ضریب رگرسیونی (R^2) برای پی بردن به نحوه برازش مدل‌های مورد استفاده استفاده گردید. برای برازش بهتر با مدل مورد نظر، مقدار ضریب رگرسیونی باید به یک نزدیک‌تر باشد. برای برازش بهتر بین نتایج حاصل از آزمایش و تخمین شده توسط مدل از اشتباه استاندارد (SE) نیز استفاده گردید.

جدول۱- مدل‌های جذب مورد استفاده در مطالعه

مدل	معادله	پارامترها
فروندلیچ	$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$	K_F: ثابت معادله فروندلیچ ($mg^{1-1/n}\ L^{1/n}\ g^{-1}$)، n : پارامتر شدت جذب

لانگمویر	$q_e = q_{max}\frac{K_L C_e}{(1+K_L C_e)}$	q_{max}: حداکثر ظرفیت جذب توسط جاذب ($mg\ g^{-1}$)، K_L : ثابت تعادل معادله ($L\ mg^{-1}$)،
تمکین	$q_e = B\ lnK_T + BLnC_e$	B: ظرفیت جذب، K_T: شدت جذب

همچنین ظرفیت بافری حداکثر (MBC)، که از حاصلضرب شدت و حداکثر مقدار جذب محاسبه شد عبارت است از شیب حداکثر معادلهٔ لانگمویر و ظرفیت بافری استاندارد (SBC)، شیب همدماهای جذب در غلظت ۰/۳ میلی‌گرم فسفر در لیتر است (Holford 1997). ظرفیت بافری تعادلی (EBC)، شیب معادله فروندلیچ در غلظت تعادلی فسفر خاک می‌باشد. نیاز استاندارد فسفر (SPR)، مقدار فسفر جذب شده به‌وسیله خاک در غلظت ۰/۳ میلی‌گرم فسفر در لیتر محلول خاک از همدماهای جذب لانگمویر و فروندلیچ و تمکین استخراج شد (Holford 1997).

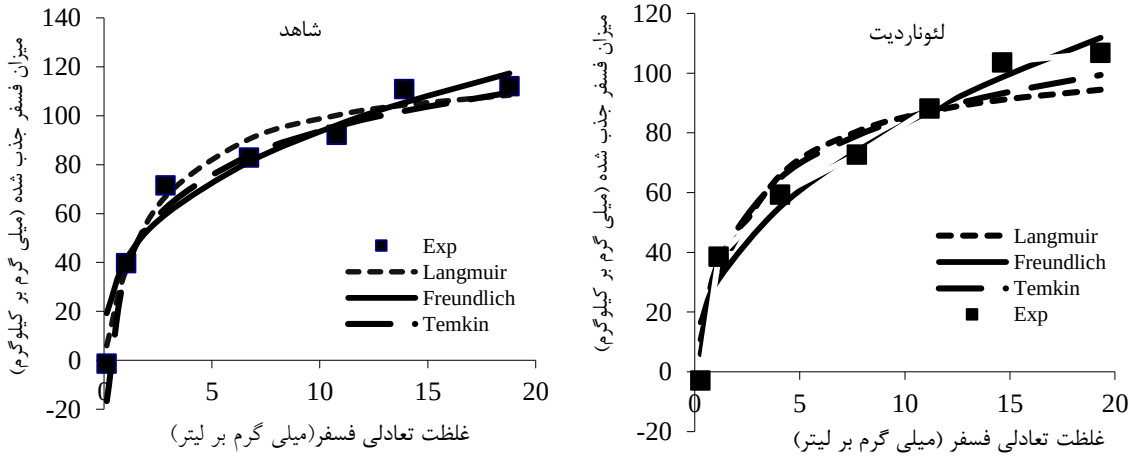
نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم‌رسی، pH قلیایی و کربنات کلسیم معادل ۱۶ درصد بود. غلظت فسفر قابل استفاده در خاک ۹/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که این مقدار کمتر از حدبحرانی فسفر در خاک است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

فسفر قابل استفاده	کربن آلی	کربنات کلسیم	pH	شن	سیلت	رس	کلاس بافت
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	درصد			درصد			
۹/۸۱	۱/۹۷	۱۶	۸/۰۹	۳۰/۹	۳۳/۹	۳۵/۲	لوم رسی

همدمای جذب چگونگی فعل و انفعال بین جاذب و جسم جذب‌شونده را توضیح می‌دهند. منحنی همدماهای جذب سطحی در خاک مورد مطالعه نشان داده که جذب فسفر در حضور لئوناردیت کاهش یافت. چون اصلاح کننده‌های آلی و اسیدهای آلی باعث مسدود شدن مکان‌های جذب سطحی و کاهش تثبیت فسفر در خاک می‌شوند. Moradi *et al.* (2012)، نیز بیان کردند که اسیدهای آلی (اسید سیتریک، اگزالیک و مالیک) با وزن مولکولی کم سبب کاهش جذب فسفر توسط ذرات خاک می‌شوند. نتایج حاصل از آزمایش‌های جذب برای خاک شاهد و لئوناردیت بر روی معادلات جذب لانگمویر، فرونـدلیچ و تمکـین برازش داده شد (شکل ۱). نتایج نشان داد که با کاربرد لئوناردیت میزان جذب فسفر در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت.



شکل۱- تاثیر لئوناردیت بر جذب فسفر در خاک

نتایج حاصل از بررسی ضرایب تبیین (R^2) معادله‌های لانگمویر (۰/۹۰-۰/۹۷)، فروندلیچ (۰/۹۳-۰/۹۴) و تمکین (۰/۹۵-۰/۹۶) و همچنین خطای استاندارد برآورد (SE) نشان داد که این مدل‌ها واکنش جذب فسفر را به خوبی توصیف می‌کنند (جدول ۳). بنابراین می‌توان از هر سه معادله برای توصیف ویژگی‌های جذب فسفر خاک استفاده کرد. مقدار q_{max} (حداکثر مقدار جذب تک-لایه‌ای) با کاربرد لئوناردیت، ۱۲/۳۱ درصد کاهش یافت (جدول ۳) که این کاهش می‌تواند به دلیل بلوکه شدن مکان‌های جذب فسفر در اثر افزودن لئوناردیت باشد. ضریب دیگر معادله لانگمویر K_L است که بیانگر انرژی جذب فسفر توسط خاک است، با کاربرد لئوناردیت از ۰/۴۳ به ۰/۳۹ کاهش یافت. کاهش K_L می‌تواند به این علت باشد که افزودن لئوناردیت باعث می‌شود فسفر با پیوندهای کم انرژی‌تری نگهداری شود و قابلیت استفاده‌ی آن افزایش پیدا کند. این نتایج مشابه با مطالعه Moradi *et al.* (2012) است که بیان کردند افزودن اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین (اسید سیتریک، مالیک و اگزالیک) در خاک سبب کاهش انرژی جذب (K_L) گردید.

جدول ۳- تاثیر لئوناردیت بر پارامترهای مدل‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین

مدل ایزوترمی	ضرایب ثابت مدل	شاهد	لئوناردیت
لانگمویر	q_{max} (mg g^{-1})	۱۲۱/۸۳	۱۰۶/۸۳
	K_L (L mg^{-1})	۰/۴۳	۰/۳۹
	R^2	۰/۹۷	۰/۹۰
	SE	۷/۱۹	۱۱/۲۲
فروندلیچ	K_F ($mg^{1-1/n}$ $L^{1/n}$ g^{-1})	۴۰/۹۴	۲۹/۲۰
	1/n	۰/۳۶	۰/۴۵
	R^2	۰/۹۴	۰/۹۳
	SE	۱۱/۳۱	۱۰/۰۲
تمکین	B	۳۶/۰۰	۳۳/۷۶
	K_T (L mg^{-1})	۲۵/۰۲	۲۲/۱۷
	R^2	۰/۹۶	۰/۹۵
	SE	۹/۳۵	۷/۹۳

همچنین نتایج نشان داد که کاربرد لئوناردیت بر پارامترهای معادله فروندلیچ نیز تاثیرگذار بود (جدول ۳). پارامتر K_F که نشان-دهنده ظرفیت جذب می‌باشد با کاربرد لئوناردیت در خاک از ۴۱ در تیمار شاهد به ۲۹رسید که سبب کاهش ۲۹/۲۶ درصدی ظرفیت جذب فسفر در خاک‌های تیمار شده با لئوناردیت بود (جدول ۲). پارامتر 1/n که بیانگر شدت جذب فلز می‌باشد از ۰/۳۶ در تیمار شاهد به ۰/۴۵ در تیمار لئوناردیت رسید. کاهش مقدار K_F مدل فروندلیچ در تیمار لئوناردیت نشان دهنده کاهش تمایل خاک به جذب یون‌های فسفر است که در نتیجه سبب می‌شود مقدار بیشتری از فسفر وارد فاز محلول شود. پارامتر n معادله فروندلیچ نیز یا کاربرد لئوناردیت در خاک کاهش یافت که بیانگر کاهش تمایل خاک به جذب فسفر در خاک تیمار شده با لئوناردیت است. سپهر و زبردست (۱۳۹۲) در بررسی تاثیر اسید هومیک بر پارامترهای جذب نشان دادند که مصرف اسید هومیک در خاک سبب کاهش ضرایب n و K_f معادله فروندلیچ می‌گردد. همچنین پارامترهای مدل تمکین B (ظرفیت جذب) و K_T (شدت جذب) بعد از اضافه کردن لئوناردیت در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۶ و ۱۱/۳۹ درصد کاهش یافتند (جدول ۳).

نتایج مطالعه نشان داد که افزودن لئوناردیت سبب کاهش حداکثر ظرفیت بافری (MBC)، ظرفیت بافری استاندارد (SBC) و ظرفیت بافری تعادلی (EBC) گردید (جدول ۴)، که این نتایج با نتایج تحقیقات دیگر مطابقت دارد (Moradi *et al.* 2012؛ سپهر و زبردست، ۱۳۹۲). MBC در تیمار لئوناردیت نسبت به تیمار شاهد ۱۹ درصد کاهش یافت. SBC_L (شیب معادله لانگمویر در غلظت تعادلی استاندارد)، SBC_F (شیب معادله ،فروندلیچ در غلظت تعادلی استاندارد)، SBC_T (شیب معادله تمکین در غلظت تعادلی استاندارد)، با کاربرد لئوناردیت کاهش یافت (جدول ۳). کاهش SBC به معنی کاهش جذب فسفر در نتیجهٔ بلوکه شدن مکان‌های

جذب به وسیلهٔ ترکیب آلی است که با نتایج سپهر و زبردست (۱۳۹۲) مطابقت دارد. پارامتر EBC نیز بعد از افزودن لئوناردیت ۵۴/۱۴ درصدکاهش یافت.

جدول ۴- تاثیر لئوناردیت بر روی ظرفیت بافری حداکثر (MBC)، ظرفیت بافری استاندارد (SBC) و ظرفیت بافری تعادلی (EBC)

تیمارها	MBC	SBC_L	SBC_F	SBC_T	EBC
	(لیتر بر کیلوگرم)				
خاک شاهد	۵۲/۱۷	۷۱/۸۴	۷۴/۱۹	۸۳/۴۱	۱۵۵/۵
خاک + لئوناردیت	۴۲/۱۱	۶۹/۶۴	۶۴/۵۰	۷۳/۹۰	۷۱/۳۵

اما بر اساس مطالعات انجام شده توسط Samadi (2003)، غلظت ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر را به عنوان مناسب‌ترین غلظت برای خاک‌های آهکی شمال غرب ایران گزارش کرده است. مقدار این شاخص به شدت تحت تاثیر میزان رس، آهک و ظرفیت بافری خاک می‌باشد خاکهای با درصد رس و آهک بالاتر، به منظور نگهداری غلظت فسفر محلول در یک حد مطلوب برا تغذیه گیاه نیاز به افزودن فسفر بیشتری به ازای واحد وزن خاک دارند. محاسبه شاخص استاندارد فسفر براساس آن و با استفاده از مدل‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین صورت گرفت و به طور کلی ملاحظه شد که SPR_L، SPR_F و SPR_T با افزودن لئوناردیت به ترتیب ۳۹/۶۱، ۵۵/۴۱ و ۱۰/۲۷ درصد کاهش یافت (جدول ۵). کاهش نیاز استاندارد فسفر (SPR) در اثر افزودن لئوناردیت به معنی افزایش فسفر قابل استفاده گیاه و کاهش نیاز به کوددهی می‌باشد.

جدول ۵- تاثیر لئوناردیت بر روی نیاز استاندار فسفر(SPR)

تیمارها	SPR_L	SPR_F	SPR_T
	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
خاک شاهد	۲۶/۴۳	۳۲/۱۶	۱۳/۴۴
خاک+ لئوناردیت	۱۵/۹۶	۱۴/۳۴	۱۲/۰۶

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد لئوناردیت در خاک آهکی باعث کاهش جذب فسفر در خاک گردید. در نتیجه افزودن لئوناردیت، کاهش در مقادیر نیاز استاندارد فسفر، حداکثر ظرفیت بافری خاک، ظرفیت بافری تعادلی و ظرفیت بافری استاندارد مشاهده گردید. بنابراین کاربرد ترکیبات آلی نظیر لئوناردیت و مواد هومیکی از طریق رقابت بر سر مکان‌های جذب، می‌تواند تثبیت فسفر را در خاک کاهش دهد. در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از لئوناردیت به عنوان یک اصلاح کننده آلی در خاک می‌توانند یک راهکار ارزان و کارآمد در بهبود تغذیه فسفر در گیاهان باشد. اما برای تعمیم این یافته‌ها نیاز به انجام مطالعات بلندمدت در شرایط گلخانه و مزرعه است.

فهرست منابع

سپهر، ا. زبردست، ر. (۱۳۹۲). تأثیر اسید هومیک بر رفتار جذبی فسفر در یک خاک آهکی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۷(۴). ۷۳۱-۷۲۰.

Akinremi, O.O., Janzen, H.H., Lemke, R.L., Larney, F.J. (2000). Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(3), 437-443.

Bubba, M., Arias, C. A., Brix, H. (2003). Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds as measured by the Langmuir isotherm. *Water research*, 37(14), 3390-3400.

Chepkwony, C. K., Haynes, R. J., Swift, R. S., Harrison. R. (2001). Mineralization of soil organic P induced by drying and rewetting as a source of plant-available P in limed and unlimed samples of an acid soil. *Plant and Soil*, 234(1), 83-90.

Leaver, J.P., Russell, E.W. (1957). The reaction between phosphate and phosphate-fixing soils. *Journal of Soil Science*, 8(1), 113-126.
Holford, I.C.R. (1997). Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Soil Research*, 35(2), 227-240.
Marschner, P. (2012). Marchners mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
Moradi, N., Sadaghiani, M. H. R., Sepehr, E., Mandoulakani, B. (2012). Effects of low molecular- weight organic acids on phosphorus sorption characteristics in some calcareous soils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36,459-468.
Murphy, J.A.M.E.S., Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica acta*, 27, 31-36.
Samadi, A. (2003). Predicting phosphate fertilizer requirement using sorption isotherms in selected calcareous soils of western Azarbaijan province, Iran. *Communications in soil science and plant analysis*, 34(19-20), 2885-2899.
Schneider, F., Haderlein, S.B. (2016). Potential effects of biochar on the availability of phosphorus -mechanistic insights. *Geoderma*, 277, 83–90.
Simeoni, M. A., Batts, B. D., McRae, C. (2003). Effect of groundwater fulvic acid on the adsorption of arsenate by ferrihydrite and gibbsite. *Applied Geochemistry*, 18(10), 1507-1515.
Wang, X., Liu, F., Tan, W., Feng, X., Sparks, D. L. (2013). Characteristics of phosphate adsorption – desorption onto ferrihydrite: comparison with well-crystalline Fe (hydr) oxides. *Journal of Soil Science*, 178(1), 1-11.
Whalen, J. K., Chang. C. (2002). Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(7-8), 1011-1026.

Effect of Leonardite on phosphorus sorption behavior in a calcareous soil

Shahriya Pashapour[1],Ebrahim Sepehr[2], Neda Moradi [3*]
1- MSc student of Soil Science, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author's Email: n.moradi@scu.ac.ir

Abstract
Leonardite is one of the effective substances in recovering residual phosphorus (P) in calcareous soils due to its humic and fulvic acid origin and also contains complexing groups. In order to study the application of Leonardite on the absorption behavior, incubation experiment was conducted in three replications. A surface soil sample (0-30 cm) with a low phosphorus content was selected for testing. Then soil samples with 2% Leonardite mixture and treatments were placed in constant temperature at constant temperature of 25 ± 1 °C for two weeks. At the end of incubation, phosphorus sorption was determined. Also, the data obtained from the absorption test were fitted with Langmuir, Freundlich and Temkin equations. The results showed that the sorption parameters were decreased significantly with the application of leonardite. Leonardite reduced the maximum single-shot absorption (q_{max}) by 14% compared with the control sample. The maximum buffering capacity (MBC) and equilibrium buffering capacity (EBC) were reduced by 19 and 54%, respectively, after adding Leonardite. In general, the results of this study indicate that the use of Leonardite decreases phosphorus sorption in soil, which can increase the P availability and reduce the use of chemical fertilizers on a large scale.

Keywords: Available-P, Leonardite, Phosphorus sorption, Sorption equations.

بررسی کاربرد بیوچار میوه سرو بر رفتار نیکل در یک خاک آهکی

محبوب صفاری[۱]، سلیمه سدری زاده بمی[۲]

۱- استایار گروه پژوهشی محیط زیست، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان؛ mahboobsaffari@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

چکیده

در پژوهش حاضر، از میوه سرو خام و بیوچار حاصل از آن جهت تثبیت نیکل در یک خاک آهکی استفاده گردید. بر اساس نتایج، بیوچار حاصل از میوه سرو، دارای سطح ویژه دو برابری، سطح متخلخل تر و گروههای عامل بازی و آروماتیک بیشتری نسبت به میوه سرو خام بود. بیوچار تولید شده، با توجه به سطح ویژه بیشتر (جذب فیزیکی) و وجود عوامل تبادلی بیشتر و گروههای عامل بازی، سبب تثبیت بیشتر نیکل و کاهش شکل‌های متحرک نیکل (تبادلی و کربناتی) شد. وجود گروههای عامل اسیدی و پ هاش پایین میوه سرو، بر خلاف بیوچار، سبب افزایش تحرک نیکل خاک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. با توجه به نتایج، فرایند آتشکافت سبب بهبود خصوصیات جذبی میوه سرو در محیط خاک به منظور تثبیت نیکل شد، هرچند که به نظر می‌رسد انجام فرایندهای فعال سازی بر بیوچار، بتواند سبب بهبود کارایی ثبیت نیکل شود.

واژگان کلیدی: نیکل، تثبیت، بیوچار، خاک آهکی، میوه سرو

مقدمه

آلودگی خاک به عناصر سنگین، یکی از مهمترین چالش های زیست محیطی امروزه جوامع بشری محسوب می‌شود که عدم توجه به آن، خطرات مهلکی را برای سلامت بشریت در بر دارد. امروزه روش‌های مختلفی از جمله فرایندهای فیزیکی (استخراج سازی، ترکیب کردن و ...)، شیمیایی (شستشو، الکتروکینتیک، تثبیت سازی) و بیولوژیکی (گیاه پالایی، زیست پالایی و ...) به منظور رفع این نوع از آلودگی‌ها در خاک به کار برده می‌شود، که با توجه به معایب و محاسن هر کدام از این روش‌ها، استفاده از روش تثبیت، یکی از روش‌های ارزان، ساده، سریع و جامع می باشد که در آن از یک عامل تثبیت کننده به منظور کاهش تحرک عناصر سنگین استفاده می‌شود (Saffari et al., 2020). در تحقیقات گذشته، تثبیت کننده‌های مختلفی به منظور تثبیت عناصر سنگین در خاک به کار برده شده است که کاربرد تثبیت کننده های ارزان از بقایای کشاورزی در سال‌های اخیر، فزونی یافته است. بیوچار به عنوان یکی از موادتثبیت کننده عناصر سنگین محسوب می شود که طی فرایند آتشکافت (پیرولیسیس)، بیوماس گیاهی یا جانوری در شرایط بی هوازی یا عاری از اکسیژن در یک دما و زمان مشخص، تولید می شود (Saffari et al., 2020). استفاده از بیوچار با بافت غیرخشبی در مطالعات گوناگون، نشان از اثربخشی این نوع از بیوچار در تثبیت عناصر سنگین داشته است. استفاده از بافت های چوبی خشبی، به منظور تولید بیوچار، با توجه به تغییرات کم در سطح ویژه و گروههای عامل، با استقبال کمی در تثبیت و حذف عناصر سنگین، همراه بوده است، که البته با توجه به انجام برخی تحقیقات جدید، این نظریه در حال تغییر می باشد.

تغییرات رفتار عناصر سنگین در خاک، از طرق مختلفی از جمله بررسی شکل قابل دسترس عنصر، استفاده از بخش قابل جذب توسط گیاهان، روش TCLP، بررسی سینتیک رهاسازی یا واجذبی عناصر و یا بررسی شکل های شیمیایی عنصر، قابل ارزیابی می‌باشد (Saffari et al., 2020). در بررسی شکل‌های شیمیایی عناصر سنگین، با استفاده از روش عصاره گیری دنباله ای، هر عنصر به شکل هایی تقسیم می شود که کاهش شکل های تبادلی و محلول و افزایش شکل های باقیمانده، نشان از اثر بخشی مثبت ماده تثبیت کننده در خاک، بر عنصر سنگین دارد.

در پژوهش حاضر تلاش خواهد شد، از میوه سرو (به عنوان یک منبع آلی از ضایعات کشاورزی) به منظور تولید بیوچار استفاده و پس از بررسی ویژگی های آن‌ها، به اثر بخشی ماده خام میوه سرو و بیوچار حاصل از آن بر رفتار نیکل (شکل شیمیایی) در یک خاک آهکی آلوده به این عنصر پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

در ابتدای پژوهش، به منظور تولید بیوچار میوه سرو، نمونه‌های جمع آوری شده آلی (میوه درخت سرو)، به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌ها در درون راکتور در دمای معین (۵۰۰ درجه سلسیوس) به مدت زمان ۴ ساعت تحت شرایط بی هوازی و نیمه هوازی (در حضور گاز نیتروژن) تبدیل به بیوچار شد. سپس به منظور بررسی ساختار شیمیایی ترکیب تولید شده، از دستگاه‌های CHNS آنالایزر، اندازه گیری سطح ویژه (BET)، FTIR، و میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی استفاده شد.

به منظور اثر بخشی میوه سرو خام و بیوچار تولید شده از آن، آزمایشی به صورت فاکتوریل (نوع بهساز و درصد کاربرد) در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. یک نمونه خاک سطحی از دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان تهیه شده و پس از عبور از الک دو میلی متری با عنصر نیکل آلوده (۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در نهایت نمونه خاک آلوده، در سطوح مختلف ۰، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی از بهساز میوه سرو و بیوچار حاصل از آن تیمار شد. نمونه ها به مدت ۳ ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری و پس از گذشت ۳ ماه نمونه ها خشک و مورد بررسی شکل‌های شیمیایی قرار گرفتند. بررسی شکل‌های شیمیایی نیکل با استفاده از روش عصاره‌گیری انجام گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده Singh et al. (1988)دنباله ای شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

خصوصیت	مقدار	خصوصیت	مقدار
پهاش	۷/۴۵	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m-1)	۷/۸۳
کربنات کلسیم معادل (٪)	۲۶/۰۹	ماده آلی (٪)	۰/۴۴
شن (٪)	۴۴	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol (+) kg-1)	۹/۵
رس (٪)	۱۲	نیکل کل (mg kg-1)	۴۸
بافت خاک	لوم	نیکل عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg-1)	۱/۵

نتایج و بحث

تجزیه عنصری میوه سرو خام و بیوچار حاصل از آن، شامل میزان عناصر هیدروژن، کربن، نیتروژن وگوگرد، در جدول ۲ ارایه شده است. اعمال فرایند آتشکافت بر میوه سرو خام سبب افزایش کربن و کاهش هیدروژن، نتیروژن و گوگرد شده است. افزایش و کاهش میزان کربن و هیدروژن در نمونه بیوچار را می توان به ترتیب به فرایندهای کربناسیون و از بین رفتن گروههای عامل حاوی هیدروژن، ارتباط داد. EBC (The European Biochar Certificate)، ماده ای را به عنوان بیوچار می‌نامد که حداقل دارای ۵۰ درصد کربن و حداکثر نسبت هیدروژن به کربن در حدود ۰/۷ باشد. بر طبق نتایج بدست آمده بیوچار تولیدی دارای ۶۴/۵۸ درصد کربن و نسبت هیدروژن به کربن آن ۰/۰۶ بدست آمد که تایید کننده تولید مناسب از بیوچار در پژوهش حاضر دارد.

جدول ۲- آنالیز عنصری میوه سرو خام و بیوچار حاصل از آن

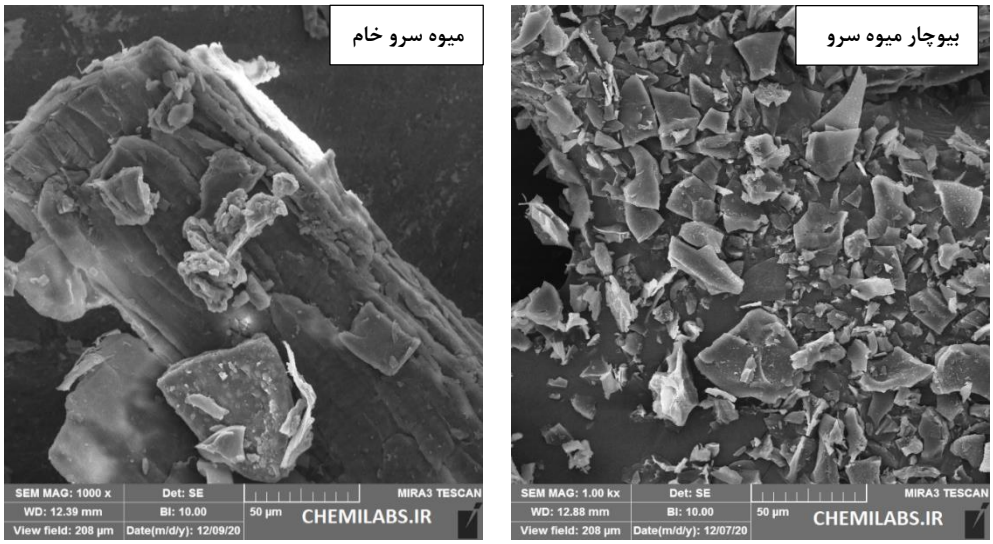
نوع جاذب	N(%)	C(%)	S(%)	H(%)	H/C
میوه سرو خام	**۲/۴۴**	**۴۶/۳۲**	**۰/۹۲**	**۶/۰۹**	**۰/۱۳**
بیوچار میوه سرو	**۲/۱۹**	**۶۴/۵۸**	**۰/۸۱**	**۴/۴۲**	**۰/۰۶**

به منظور بررسی سطح ویژه بیوچار میوه سرو، در مقایسه با نمونه خام آن، آنالیز BET نشان داد (جدول ۳)، که با اعمال فرایند آتشکافت، سطح ویژه بیوچار در حدود ۲ برابر (۱/۸) افزایش یافته است، که این انتظار وجود داشت که افزایش بیشتری حاصل شود. بررسی منابع نشان می‌دهد، در ترکیبات آلی با بافت خشبی، تغییرات به وجود آمده در اثر فرایند کربنویزه کردن نسبت به بافت‌های غیر خشبی، بسیار کمتر است.

جدول۳- بررسی مقادیر سطح ویژه، حجم تخلخل و اندازه تخلخل در میوه سرو و بیوچار حاصل از آن

نوع جاذب	BET	Pore Volume	Pore diameter (nm)
میوه سرو خام	۱/۲۶	۰/۰۰۲	۷/۸۷
بیوچار میوه سرو	۲/۳۱	۰/۰۰۶	۱۰/۹۷

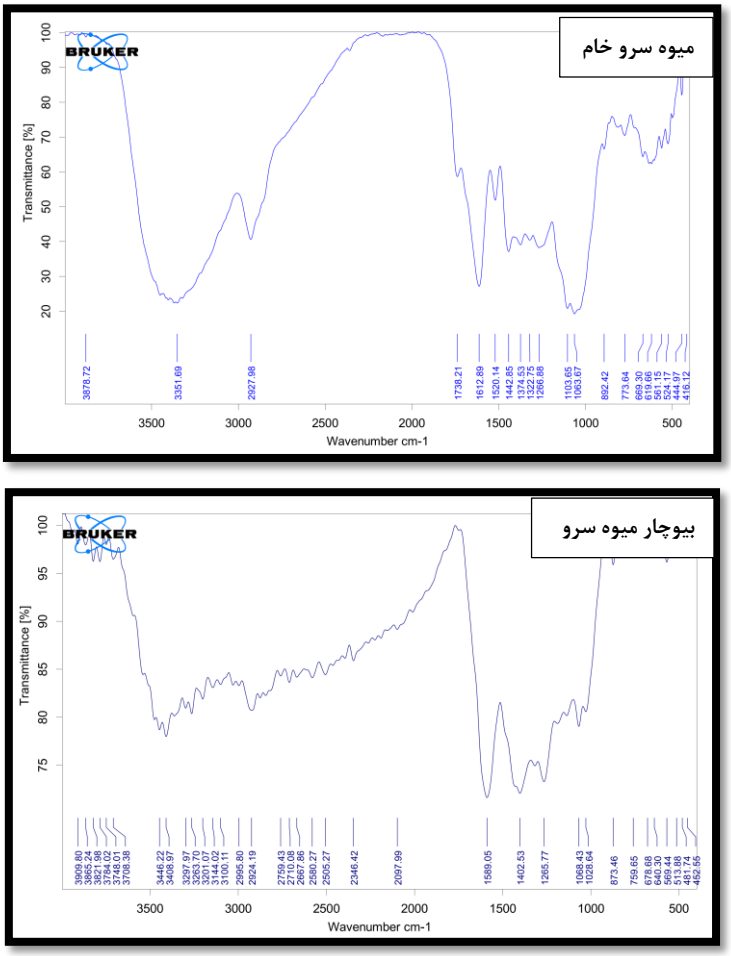
به منظور بررسی ساختار بیوچار تشکیل شده حاصل از فرایند پیرولیسیس، SEM نمونه های خام میوه سرو و بیوچار حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر SEM (شکل ۱) نشان می‌دهد که بیوچار حاصل دارای منافذ و خلل و فرج بیشتری در واحد سطح نسبت به میوه خام سرو می‌باشد. Xu et al. (2014) گزارش کردند که بیوچار بدست آمده از کاه گندم، دارای سطوح ناهگن و ناصاف و حفره دار می‌باشد که این ساختمان در مساحت سطح داخلی و توانایی جذب اهمیت بالایی دارد.



شکل ۱- تصاویر استخراجی از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی میوه سرو خام و بیوچار حاصل از آن

به منظور شناسایی کیفی گروههای عامل ماده تولیدی در این مطالعه، طیفی سنجی FTIR ماده خام و بیوچار حاصل از آن انجام گرفت (شکل ۲). نتایج بدست آمده نشان از تغییرات ملموس در طیف‌های ایجاد شده در نمونه‌های مورد مطالعه دارد. انجام فرایند پیرولیسیس سبب کاهش شدت پیک دو طیف باندی ۳۳۵۱ cm^{-1} (۳۲۰۰ تا ۳۵۰۰) و ۲۹۲۷ cm^{-1} (۲۸۲۰ تا ۲۹۸۰) شده بود که این طیف ها به ترتیب نشان از وجود گروههای عاملی هیدروکسیل و آلیفاتیک (CH کششی) دارند. Sharma et al. (2004) نیز به نتایج مشابه ای دست پیدا کردند، که دلیل آن را فرایندهای دمتوکسلیشن، دهیدراتاسیون، و دمتیلیشن لیگنین بیان کردند. همچنین بر طبق نتایج، اعمال فرایند پیرولیسیس سبب ناپدید شدن باند ۱۶۱۲ cm^{-1} شده بود، که این طیف نشان از وجود گروه C-N دارد، که دلیل آن را می‌توان به تصعید شکل‌های نیتروژن در بیوچارهای تولیدی، بیان کرد. وجود و عدم وجود پیک ۱۵۸۹ cm^{-1} به ترتیب در بیوچار و میوه سرو خام، نشان از وجود گروههای آروماتیک C=O و C=C کششی دارد. باند بدست آمده در

۱۰۶۳ cm^{-1} در نمونه میوه سـرو خام، که نشـان از گروههای C-O کربوهیدارت ها دارد، که در اثر فرایند پیرولیسیس ناپدید شده اسـت. مقایسـه گروه‌های عامل موجود در بیوچار و همچنین در R میوه سـرو خام نشـان داد که فرایند پیرولیسـیس سبب افزایش گروههای عاملی همچون باندهای کربوکسیلیک و آروماتیک (C=O) شده است.

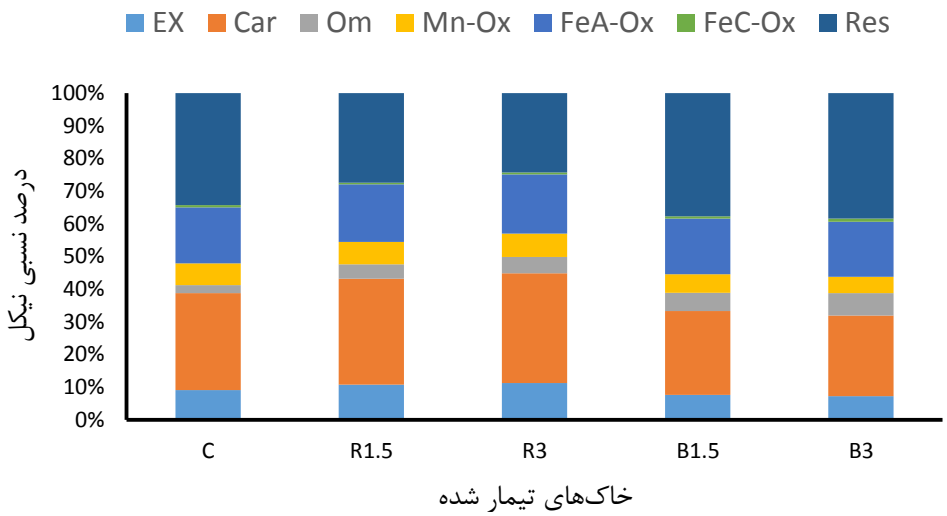


شکل۲- طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه میوه سرو خام و بیوچار حاصل از آن

مقادیر نسبی شکل‌های شیمیایی نیکل در خاک‌های مورد مطالعه (C: خاک شاهد بدون اعمال بهساز، R1.5 و R3: به ترتیب خاک‌های تیمار شده با میوه سرو خام در سطوح ۱/۵ و ۳٪، B1.5 و B3: به ترتیب خاک‌های تیمار شده با بیوچار سرو خام در سطوح ۱/۵ و ۳٪) نشان می‌دهد که در نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد، شکل باقیمانده بیشترین سهم از شکل‌های شیمیایی نیکل را به خود اختصاص داده است (شکل ۳). (با توجه به محدودیت تعداد صفحات، از بیان جدول ANOVA و مقایسه میانگین صرفه نظر گردید، هرچند که نتایج آمار نشان از اثرات معنی دار بهسازها و سطوح کاربردی آن ها در سطح ۱ درصد ار آزمون دانکن داشت)

همانطور که ملاحظه می‌شود شکل‌های باقیمانده، کربناتی، شکل متصل به اکسیدهای آهن بی شکل، شکل تبادلی، شکل متصل به اکسیدهای منگنز، شکل آلی، شکل متصل به اکسیدهای آهن کریستالی به ترتیب بیشترین به کمترین شکلهای شیمیایی نیکل را در نمونه شاهد به خود اختصاص داده‌اند.

در بین شکلهای شیمیایی عناصر سنگین، شکل تبادلی می‌تواند به عنوان عامل تعیین کننده در افزایش خطرات زیست محیطی ناشی از آبشویی عناصر سنگین معرفی شود. بنابراین کاهش در میزان شکل تبادلی می‌تواند به عنوان راهکاری موثر در کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از نشر عناصر سنگین معرفی شود. کاربرد نمونه های بیوچار، به طور محسوسی سبب کاهش شکل تبادلی در نمونه خاک‌های مورد مطالعه شده است. اما در طرف مقابل، کاربرد میوه سرو خام، نه تنها سبب کاهش شکل تبادلی نیکل نگردید، بلکه سبب افزایش تحرک این شکل از نیکل گردید. بررسی فاکتور تحرک نیکل در هر نمونه خاک با استفاده از مقادیر شکلهای شیمیایی نیکل می‌تواند نشان دهنده اثرات مثبت و یا منفی بهسازهای مورد مطالعه در این پژوهش باشد. پژوهشگران با بررسی آنکه دو شکل شیمیایی تبادلی و کربناتی بیشترین شکل آبشویی و تحرک از عناصر را دارا می باشند، فرمولی با نام فاکتور تحرک ارایه نمودند که از درصد مجموع دو شکل تبادلی و کربناتی بر مجموع شکل‌های شیمیایی عنصر محاسبه می گردد. درصد فاکتور تحرک محاسبه شده نیکل در خاکهای تیمار شده (شکل ۴) نشان می‌دهد که بیشترین فاکتور تحرک مربوط به خاک تیمار شده با نمونه میوه سرو خام می‌باشد. در طرف مقابل، خاکهای تیمار شده با بیوچار کمترین فاکتور تحرک را دارا بودند. Ehsan و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر کاربرد بیوچار حاصل از پوست درختان نخل (تولید شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس و زمان ماند ۱ ساعت)، در سطوح وزنی مختلف (۰/۵، ۱ و ۲٪)، در یک خاک لوم شنی قلیایی آلوده شده به ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیکل، نشان دادند که نیکل محلول در آب و نیکل استخراجی بوسیله نیترات آمونیوم در خاکهای تیمار شده با بیوچار به طور معنی داری کم‌تر از نمونه شاهد می باشند.



شکل ۳- مقدار نسبی شکل‌های شیمیایی نیکل در نمونه خاک‌های تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف

در پژوهش حاضر میوه سرو خام، با توجه به وجود گروههای آلیفاتیک از یک سو و بیوچار حاصل از آن، با توجه به گروه آروماتیک از سوی دیگر اثرات متفاوتی بر میزان تحرک نیکل در خاک داشتند. بر اساس اندازه گیری مقادیر پ هاش نمونه میوه سرو خام (۶/۴۱) و بیوچار حاصل از آن (۹/۱۲)، مشخص می باشد که تجمع کاتیون های قلیایی از جمله کلسیم و منیزیم نسبت به میوه سرو خام بیشتر بوده که می‌تواند سبب تبادل کاتیونی با نیکل گردد، که به عنوان فرایند جذب شیمیایی نیکل می‌تواند معرفی شود. از طرفی گروههای عامل موجود در بیوچار با توجه به خصلت بازی (مانند گروه کربونیل)، سبب ایجاد پیوند قویتر (پدیده رسوب با عوامل بازی) نسبت به گروههای عامل اسیدی میوه سرو شده اند. همچنین بررسی سطح ویژه بیوچار نیز نشان از برتری بیشتر در جذب فیزیکی نیکل نسبت به میوه سرو داشت.



شکل۴- فاکتور تحرک نیکل در نمونه خاک‌های تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به مقایسه کاربرد میوه سرو خام و بیوچار حاصل از آن بر بررسی شکل های شیمیایی نیکل در یک خاک آهکی پرداخته شد. بر اساس نتایج، بیوچار بافت خشبی میوه سرو، توانست به نحو ملموسی سبب کاهش فاکتور تحرک نیکل در خاک گردد. با توجه به سطح ویژه پایین ایجاد شده در بیوچار میوه سرو، پیشنهاد می گردد که فرایندهای فعال سازی مختلفی (جهت افزایش سطح ویژه و تغییر گروههای عامل) از جمله اسیدی یا بازی کردن نمونه بیوچار، میتواند سبب بهبود تثبیت نیکل در خاک شود.

فهرست منابع

Ehsan, M., Barakat, M. A., Husein, D. Z., & Ismail, S. M. (2014). Immobilization of Ni and Cd in soil by biochar derived from unfertilized dates. *Water, Air, & Soil Pollution*, *225*(11), 1-10.

Saffari, M., Vahidi, H., & Moosavirad, S. M. (2020). Effects of pristine and engineered biochars of pistachio-shell residues on cadmium behavior in a cadmium-spiked calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *66*(7), 942-956.

Sharma, R. K., Wooten, J. B., Baliga, V. L., Lin, X., Chan, W. G., & Hajaligol, M. R. (2004). Characterization of chars from pyrolysis of lignin. *Fuel*, *83*(11-12), 1469-1482.

Singh, J. P., Karwasra, S. P. S., & Singh, M. (1988). Distribution and forms of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils of India. *Soil Science*, *146*(5), 359-366.

Investigation of cypress cones biochar application on nickel behavior in a calcareous soil

Mahboub Saffari[1], Salimeh Sedri zadeh bami[2]

[1]Department of Environment, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

[2]Department of Soil Science, Valiasr University, Rafsanjan, Iran

Abstract

In the present study, cypress cones and its biochar were used to stabilize nickel (Ni) in a calcareous soil. According to the results, biochar obtained from cypress cones had twice the specific surface area, more porous surface and more alkaline and aromatic functional groups than raw cypress cones. The produced biochar, due to the higher specific surface area (physical adsorption) and the presence of more exchange agents and base functional groups, caused more stabilization of Ni and reduced mobile forms of Ni (exchangeable and carbonate forms). The presence of acidic functional groups and low pH of cypress cones, unlike biochar, increased the mobility of Ni compared to the control sample. According to the results, the pyrolisis process improved the adsorption properties of cypress cones in the soil environment, although it seems that activation processes on biochar can improve the stabilzition of Ni.

Keywords: Nickel, Stabilization, Biochar, Calcareous soil, cypress cones

بررسی جذب سطحی عناصر آهن و مس توسط اسید هومیک خاک

مرجان انوشا[1]- اکبر فرقانی[2]

[1]دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
marjananoosha1992@gmail.com
[2]دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

فرآیندهای جذب بر حلالیت عناصر در محلول خاک و در دسترس‌بودن آن‌ها برای گیاهان نقش تعیین‌کننده ایفا می-کنند. اسیدهومیک بخش مهم آلی خاک بوده که دارای توانایی جذب فلزات می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی جذب سطحی عناصر آهن و مس بر سطح اسیدهومیک و تعیین پارامترهای آن‌ها با استفاده از همدماهای جذب می‌باشد. نمونه‌برداری از مناطق جنگلی شمال ایران انجام گرفت. اسیدهومیک موجود در خاک‌ها با استفاده از سود ۰/۵ مولار و اسید کلریدریک ۶ مولار استخراج و سپس خالص‌سازی شد. برای تهیه همدمای جذبی اسید هومیک، با استفاده از ترکیب $FeSO_4$ و ترکیب $CuSO_4$ محلول‌هایی با غلظت ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر در محلول زمینه $CaNO_3$ ۰/۰۱ مولار تهیه شد و به اسیدهومیک اضافه گردید. نمونه‌ها به‌مدت ۱۲ ساعت در pH=۵ و دمای ۲۵ درجه سلسیوس تکان داده شدند، سپس سانتریفیوژ و مایع رویی از کاغذ صافی عبور داده و غلظت عناصر آهن و مس توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد. داده‌های آزمایشی بر سه مدل همدمای لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برازش داده شدند. برازش داده‌ها با توجه به معیارهای ارزیابی R^2 و RMSE نشان می‌دهد که مدل فروندلیچ جذب عناصر آهن و مس را به خوبی توصیف می‌کند. با بررسی تمایل اسیدهومیک به جذب عناصر مشخص شد که جذب مس بیش از جذب آهن می‌باشد.

واژگان کلیدی: استخراج اسید هومیک، زمان تعادل، مدل فروندلیچ، همدمای جذب

مقدمه

عناصر غذایی بر اساس مقدار مورد نیاز گیاه، به دو دسته عناصر کم مصرف و پرمصرف تقسیم می‌شوند. در میان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، عناصر کم مصرف هر چند در مقادیر کم مورد نیاز می‌باشند اما فقدان آن‌ها می‌تواند مسائل جدی در تولید محصول و سلامتی انسان‌ها و حیوانات ایجاد کند (Gupta et al., 2008). توزیع عناصر غذایی بین فاز جامد و محلول خاک یکی از عوامل مؤثر در قابلیت دسترسی آن‌ها برای گیاه است. جذب سطحی از هدر رفتن سریع عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از محلول خاک در اثر آبیاری و یا آبشویی جلوگیری نموده و هنگامی که غلظت عنصر در محلول خاک کاهش می‌یابد، خاک عنصر مورد نیاز را آزاد کرده و دراختیار گیاه قرار می‌دهد (Korte et al., 1976).

یکی از عوامل مؤثر بر جذب و واجذب عناصر حضور مواد آلی در خاک می‌باشند و این مواد به دو گروه هومیک (۸۰-۶۰ درصد مواد آلی) و غیرهومیک (۳۰-۲۰ درصد مواد آلی) تقسیم می‌شوند (Richardson and Vepraskas, 2001). در این میان اسید هومیک جزء اصلی مواد هومیکی می‌باشد که نقش مهمی در وضعیت خاک و رشد گیاهان ایفا می-کند. این اسید یک کلوئید آلی است که دارای گروه‌های شیمیایی فعال مانند کربوکسیل‌ها، هیدروکسیل‌های فنول و واحدهای آروماتیکی می‌باشد که از تجزیه بیولوژیکی مواد آلی بقایای گیاهان و سایر جانداران به وجود می‌آید. این اسید آلی از نظر فیزیکی ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد و ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد و از نظر شیمیایی به‌عنوان ترکیبی که عناصر غذایی را برای استفاده گیاهان جذب و نگهداری می‌کند، عمل می‌نماید. به گونه‌ای که طی چندین ساله گذشته توجه زیادی به اثر اسید هومیک بر روی جذب و حلالیت عناصری همچون مس، سرب، جیوه، لانتانیدها و ... شده است (Gungor and Bekbolet, 2010).

واکنش‌های مربوط به جذب عناصر از فاز محلول روی سطح جامد، کنترل کننده‌ی غلظت یون‌های عناصر و کمپلکس آن‌ها در محلول خاک بوده و بنابراین اثر مهمی بر تحرک این عناصر و جذب آنها توسط گیاه دارند (چرم و عبدالهی، ۱۳۸۶). مطالعه واکنش‌های تعادلی همدمای جذب، امکان برآورد ظرفیت مواد برای جذب مولکول‌های متفاوت را برای محققان فراهم می‌نماید. همدمای جذب سطحی، جذب یا آزاد شدن گازها، یون‌ها و یا مولکول‌ها را به وسیله سطح

جذب کننده در دما و pH ثابت به صورت کمی نشان می‌دهند و پارامترهای آن‌ها بیانگر خصوصیات جذب سطحی جاذب می‌باشد (Chabani et al., 2006). تحلیل نتایج آزمایش‌های همدمای جذب با هدف برازش مدل‌های مختلف همدمای جذب، گامی مؤثر در تفسیر دقیق نتایج برای طراحی فرآیندها و متعاقب آن افزودن به اطلاعات موجود در مکانیسم جذب است. باید توجه داشت که مطالعات تعادلی، حالت نهایی واکنش‌ها را نشان می‌دهند ولی نمی‌توانند سرعت واکنش‌ها را تفسیر کنند (Scheidegger et al., 1996). هدف از این تحقیق استخراج اسید هومیک خاک، مطالعه جذب سطحی فلزات بر سطح اسید هومیک و تعیین پارامترهای جذب سطحی آن‌ها با استفاده از همدماهای جذب است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: در این پژوهش نمونه خاک سطحی (۲۰ -۰ سانتی‌متر) از اراضی زیر پوشش جنگل‌های پهن‌برگ شهرستان ماسال واقع در استان گیلان (48°59′18.09″E; 37°18′28.93″N) برداشت شد.

استخراج اسید هومیک: ۱۰ گرم خاک با ۵۰ میلی‌لیتر محلول سود ۰/۱ مولار به مدت ۲۴ ساعت تکان داده شد و سپس ۱۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی مجدداً سانتریفیوژ شد تا از حذف کامل رس-های کلوئیدی اطمینان حاصل گردد. پس از رسوب جامدات معلق، محلول رویی جدا و به آن HCl اضافه شد تا pH آن به ۲ کاهش یابد. سوسپانسیون به مدت ۱۰ دقیقه با همان دور سانتریفیوژ و رسوب (اسید هومیک) از محلول رویی (اسید فولویک) جدا شد. در مرحله خالص‌سازی، اسید هومیک خام به‌دست‌آمده با سود ۰/۱ مولار حل شده و سانتریفیوژ شد. بخش محلول تا رسیدن به pH=۲ اسیدی شد. پس از اسیدی شدن، رسوب از محلول به‌وسیله سانتریفیوژ کردن به‌مدت ۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه جدا شد. برای کاهش درصد خاکستر و سیلیس اسید هومیک، به رسوب محلول ۰/۱ مولار HCl + ۰/۳ مولار HF اضافه و پس از تکان دادن و سانتریفیوژ مخلوط HCl وHF دور ریخته شد. رسوب اسید هومیک به‌طور کامل با آب مقطر شسته، سانتریفیوژ و آب شستشو دور ریخته شد (Tan, 2003).

برای تعیین مقدار گروه‌های عاملی، اسید هومیک از رزین تبادل کاتیونی عبور داده شد تا از اشباع شدن همه‌ی سایت-های تبادلی اسید هومیک از یون هیدروژن اطمینان حاصل شود. برای تهیه اسیدیته کل، ۸۰ میلی‌گرم اسید هومیک پودری وزن و ۲۰ میلی‌لیتر هیدروکسید باریم ۰/۱ مولار به آن اضافه شد. هوای داخل ظرف توسط گاز نیتروژن جایگزین شد. برای تهیه نمونه شاهد همه مراحل فوق به استثنای افزودن اسید هومیک، انجام گرفت. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت تکان داده شد. سپس محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد. مواد باقی‌مانده روی کاغذ صافی با آب مقطر عاری از دی‌اکسید کربن شستشو داده شد. در نهایت، محلول زیر کاغذ صافی به وسیله HCl استاندارد ۰/۵ مولار تا رسیدن pH به ۸/۴ تیتر شد و مقدار اسیدیته کل از رابطه زیر محاسبه شد (Swift, 1996):

$$\text{اسیدیته کل } (\text{mmol/g}) = \frac{\left(V_{\text{شاهد}} - V_{\text{نمونه}}\right) \times M_{\text{اسید}}}{W_{\text{نمونه}}} \qquad (۱)$$

به منظور تهیه گروه‌های کربوکسیلی، به ۸۰ میلی‌گرم اسید هومیک پودر اشباع از هیدروژن ۱۰ میلی‌لیتر استات کلسیم ۰/۵ مولار و ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر عاری از دی‌اکسید کربن اضافه شد بقیه مراحل مانند تعیین اسیدیته کل بود با این تفاوت که در مرحله نهایی محلول زیر کاغذ صافی به وسیله NaOH استاندارد ۰/۱ مولار تا رسیدن pH به ۹/۸ تیتر شد و مقدار گروه‌های کربوکسیل مطابق رابطه زیر محاسبه شد (Swift, 1996):

$$\text{گروه کربوکسیلی } (\text{mmol/g}) = \frac{\left(V_{\text{شاهد}} - V_{\text{نمونه}}\right) \times M_{\text{باز}}}{W_{\text{نمونه}}} \qquad (۲)$$

$V_{\text{نمونه}}$، $V_{\text{شاهد}}$، $M_{\text{اسید}}$، $M_{\text{باز}}$ و $W_{\text{نمونه}}$، به ترتیب معادل حجم اسید یا باز استاندارد مصرفی برای نمونه، حجم اسید یا باز استاندارد مصرفی برای شاهد، مولاریته اسید کلریدریک استاندارد، مولاریته سود استاندارد و جرم اسید هومیک خشک می‌باشند. مقدار گروه‌های هیدروکسیل فنولی از تفاوت مقدار گروه‌های کربوکسیلی و اسیدیته کل نیز محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری نسبت‌های اسپکتروفتومتری E_4/E_6 ۳ میلی‌گرم از اسید هومیک در ۱۰میلی‌لیتر $NaHCO_3$ ۰/۰۵ مولار حل شد و برای رسیدن به تعادل به‌مدت ۴ ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری شد. سپس برای تعیین نسبت-

های اسپکتروفتومتری میزان جذب در طول موج‌های ۴۶۵ و ۶۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Campitelli et al., 2006).

هوموفیکاسیون (هوموسی شدن) مواد آلی به‌عنوان یک شاخص مناسب برای ارزیابی پایداری مواد آلی در نظر گرفته شده است. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Amir et al., 2008):

$$HI=(HA/OC)\times100 \quad (۳)$$

در این معادله HA مقدار اسید هومیک، OC مقدار کربن آلی بر و HI شاخص هومیفیکاسیون برحسب درصد می‌باشند.

آزمایش‌های همدمای جذب: در تعیین زمان برقراری تعادل جذب، به لوله‌های حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم اسیدهومیک استخراج شده از خاک ۲۵ میلی‌لیتر محلول زمینه ۰/۰۱ مولار کلسیم نیترات که حاوی غلظت ۱۰ میلی‌گرم مس در لیتر از منبع سولفات مس بود اضافه شد. لوله‌ها در زمان‌های ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت تا حصول حالت تعادل در دمای ۲۵°C در شیکر بطور متناوب تکان داده و سپس سانتریفیوژ شد. مایع رویی از کاغذ صافی گذرانده و غلظت مس در عصاره‌ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت و مقدار عنصر جذب شده از رابطه ۴ بدست آمد. بدین ترتیب زمان واکنش اسید هومیک با مس تعیین شد که در مورد سایر یون‌های دو ظرفیتی نیز صدق می‌کند (Jackman and King, 1986).

$$q_e = \frac{(C_i-C_e)\times V}{m} \quad (۴)$$

q_e، C_i، C_e، V و m به ترتیب معادل مقدار ماده جذب شده بر حسب میلی‌گرم برگرم، غلظت اولیه مس برحسب میلی‌گرم بر لیتر، غلظت تعادلی مس برحسب میلی‌گرم بر لیتر، حجم محلول برحسب لیتر و جرم اسید هومیک برحسب گرم است.

برای تهیه همدمای جذبی اسید هومیک، با استفاده از ترکیب سولفات آهن محلول‌هایی با غلظت ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم آهن بر لیتر و نیز با استفاده از ترکیب سولفات مس، محلول‌هایی با غلظت‌های مذکور در محلول زمینه نیترات کلسیم ۰/۰۱ مولار (برای ثابت نگه داشتن قدرت یونی) تهیه شد و به ۲۵۰ گرم اسید هومیک اضافه گردید. نمونه‌ها ۱۲ ساعت (بر اساس آزمایش‌های مرحله قبل) در pH=۵ و دمای ۲۵°C در شیکر انکوباتور تکان داده شدند، سپس نمونه‌ها سانتریفیوژ و مایع رویی از کاغذ صافی عبورداده شدند(Qi et al., 2017). غلظت عنصر در محلول رویی به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری و مقدار عنصر جذب شده طبق رابطه ۴ محاسبه شد و معادلات همدما برازش داده شد.

نتایج و بحث

با استخراج اسید هومیک از خاک برخی ویژگی‌های آن مورد آزمایش، تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های اسید هومیک استخراج شده

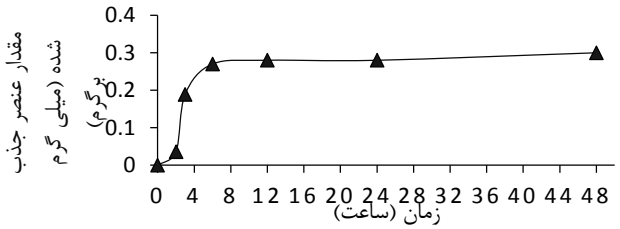
مقدار اسید هومیک (mg/gsoil)	گروه COOH (mmol/g)	گروه OH فنلی (mmol/g)	اسیدیته کل (mmol/g)	نسبت E_4/E_6	کربن آلی (٪)	شاخص هوموفیکاسیون
۴/۹۵	۲/۵۷	۲/۸۷	۵/۶۲	۵/۹۳	۴/۶۸	۱۰/۵۷

کیفیت اسید هومیک را با توجه به شاخص‌هایی مانند اسیدیته کل، گروه‌های هیدروکسیل فنلی، کربوکسیلی و ... ارزیابی می‌کنند. هرچه این نسبت‌ها بیشتر باشد در واقع اسید هومیک استخراج شده دارای واکنش پذیری بالاتری می‌باشند. که در این صورت عملکرد بالاتری برای رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه دارد. عزیزی و جعفری صیادی (۱۳۸۴) گزارش کردند مقدار اسیدهای هومیکی به طور نسبی کم و به طور عمومی بین ۱۶/۸۱۸-۰/۵۶۳ میلی‌گرم بر گرم خاک بوده و مقدار این اسید در پژوهش حاضر ۴/۹۵ میلی‌گرم بر گرم خاک است.

میزان گروه کربوکسیلی (۴۵ ٪ اسیدیته کل) کمتر از میزان هیدروکسیل فنولی (۵۵ ٪ اسیدیته کل) است. گروه‌های فنولی در مراحل اولیه تجزیه مواد هومیکی به وفور یافت می‌شوند (Yong and Mourato, 1988). با توجه به ورود مداوم مواد آلی به خاک (ریزش برگ‌ها) و پایین بودن دمای خاک در بخشی از سال می‌توان بیان کرد حداقل بخش قابل توجهی از مواد آلی این خاک‌ها در مراحل اولیه یا میانی هوموسی‌شدن قرار دارند و نسبت گروه‌های OH فنولی به

گروه‌های کربوکسیلی در اسید هومیک استخراج شده از آن بالاست. اسید هومیک مورد آزمایش دارای نسبت E_4/E_6 بالایی (۵/۹۳) می‌باشد که نشان‌دهنده پایین بودن درجه پلی‌مریزاسیون و هوموسی شدن مواد آلی و کم بودن پایداری مواد هوموسی می‌باشد؛ زیرا در خاک سطحی سرعت تجزیه و تعداد ترکیبات آلیفاتیک زیاد است. تغییرات هومیفیکاسیون و ثبات ماده آلی در خاک معمولاً توسط نسبت‌هایی که شاخص‌های ثبات (به عنوان معیارهای کیفیت برای محصول نهایی) نامیده می‌شود ارزیابی می‌گردد (Sanchez-Monedero et al., 1999). لذا طبق پارامترهای بررسی‌شده، این خاک از شاخص هوموفیکاسیون پایینی برخوردار است، احتمالاً کاهش شاخص هوموفیکاسیون می‌تواند به علت درجه اکسیداسیون بالا و وجود ترکیبات دارای فعالیت شیمیایی زیاد در ساختار این ماده باشد که سبب کاهش پایداری و درجه اشباعیت این منبع می‌شود (Amir et al., 2008).

شکل ۱ تأثیر زمان تماس بر مقدار جذب عنصر توسط اسید هومیک استخراج شده از خاک را نشان می‌دهد. با افزایش زمان تماس، مقدار جذب Cu^{+2} از محلول افزایش می‌یابد. در زمان‌های اولیه شدت جذب بالا بوده سپس با گذشت زمان تغییرات آهسته می‌شوند تا سرانجام به یک مقدار ثابت می‌رسد که به آن زمان تعادل گویند. با توجه به نتایج آزمایش، جذب Cu^{+2} بر اسید هومیک پس از مدت‌زمان ۱۲ ساعت به تعادل رسید.



شکل ۱- تغییرات زمانی جذب فلز مس بر اسید هومیک خاک

همدماهای جذب: همدمای جذب سطحی نشاندهنده مقدار جذب شونده توسط جاذب در غلظت‌های تعادلی متفاوت است. معادلات فروندلیچ، لانگمویر و تمکین از متداولترین مدل‌ها برای مطالعه رفتار جذب‌شونده بر سطح جاذب هستند.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L b} + \frac{C_e}{b} \quad (۵)$$

$$\text{Log}\, q_e = \text{Log}\, K_f + \frac{1}{n}\text{Log}\, C_e \quad (۶)$$

$$q_e = k_1 \text{Ln} C_e + k_2 \quad (۷)$$

در این معادلات C_e غلظت تعادلی نهایی ماده جذب شونده بعد از برقراری تعادل برحسب (mg/g)، q_e غلظت ماده جذب شونده در فاز جامد برحسب (mg/g)، K_L ثابت لانگمویر برحسب (L/mg)، b حداکثر جذب تک لایه‌ای برحسب (mg/L)، K_f فاکتور ظرفیت فروندلیچ، و n شدت فروندلیچ، K_1 ثابت تمکین، K_2 ثابت پیوند (حداکثر انرژی پیوند) می‌باشند (Chabani et al., 2009).

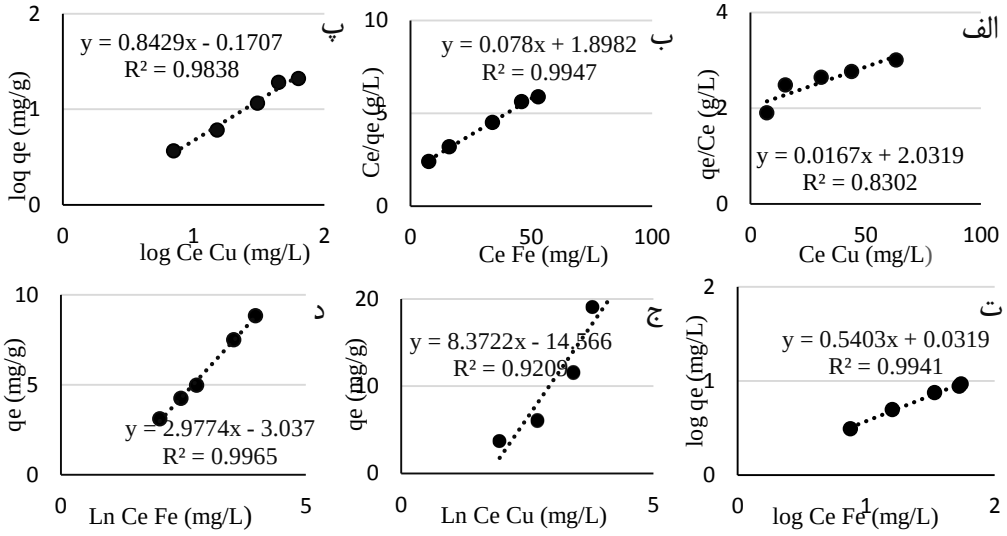
نتایج آزمایش‌های همدمای جذب: مقدار جذب عناصر به‌دست‌آمده از رابطه ۴ توسط مدل‌های همدمای جذب برازش داده شدند و پارامترهای هر مدل همراه با ضرایب تشخیص (R^2) آن‌ها از شکل ۲ به دست آمدند. مقدار R^2 در هر سه مدل نشاندهنده دقت بالای برازش است. اما نمی‌توان تنها ملاک انتخاب همدمای مناسب را R^2 بالا در نظر گرفت. طبق رابطه ۸ جهت بررسی نکویی برازش، علاوه بر R^2 مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) نیز مد نظر قرار گرفته است.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(q_{e,exp} - q_{e,cal})^2}{N}} \quad (۸)$$

$q_{e,exp}$، $q_{e,cal}$ و N به‌ترتیب مقدار ظرفیت تعادلی جذب اندازه‌گیری شده، محاسباتی و مجموع تعداد اندازه‌گیری-هاست.

مدل‌هایی که R^2 و RMSE پایین داشته باشند دقت بالایی داشته و جذب فلز توسط اسیدهومیک را بهتر توصیف می-کنند (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۲). طبق جدول ۲ در بررسی مدل همدمای جذب مناسب برای جذب عنصر مس، مدل فروندلیچ بالاترین ضریب تشخیص (۰/۹۸) را داشته درحالیکه در مورد جذب عنصر آهن ضریب تشخیص هر سه مدل

یکسان بوده ولی کم‌ترین مجذور میانگین مربعات خطا (۰/۰۱) متعلق به مدل فروندلیچ است. مطالعات قبلی نیز نشان دادند که جذب مس با همدماهای لانگمویر و فروندلیچ در هر دو خاک اسیدی و قلیایی مطابقت دارد (Gasemi-Fasaei, 2013). طبق گزارش رسولی صدقیانی و همکاران (۱۳۹۳) برازش مدل‌های مختلف همدمای جذب بر نتایج آزمایش نشان داد که در خاک‌های اسیدی مدل فروندلیچ بهتر از مدل لانگمویر خصوصیات جذب آهن را توصیف نمود. پارامتر b در همدمای جذب لانگمویر حداکثر جذب سطحی یون‌ها بر روی سطوح جاذب را نشان می‌دهد و پارامتر K_L به‌عنوان نمایه‌ای برای توصیف انرژی پیوندی جذب سطحی و معیاری از ثابت توزیع یون فلزی (قدرت اتصال یا تشکیل کمپلکس سطحی) دو فاز جامد و مایع است گاهی ممکن است همانند تحقیق انجام شده b به‌دست آمده از معادله لانگمویر با K_L که نشان‌دهنده کارایی جذب است، همسو نباشد. زیرا بزرگتر (کوچکتر) بودن b می‌تواند به علت وفور مکان‌های جذب موجود در واحد جرم جاذب باشد و باعث جذب تعداد زیادی یون، بر سطح شود، در حالی‌که اتصال این یون‌ها به سطح می‌تواند ضعیف باشد و باعث کوچک (بزرگ) شدن K_L گردد (سنگابی و همکاران،۱۳۹۴). برای مقایسه بهتر جذب عناصر با یکدیگر و درک این مطلب که جذب کدامیک از عناصر توسط اسید هومیک بیشتر صورت می‌گیرد می‌توان از پارامتر b مدل لانگمویر که نشاندهنده حداکثر جذب می‌باشد، استفاده کرد.



شکل ۲- برازش مدل‌های همدمای جذب بر اسید هومیک. الف و ب) مدل لانگمویر. پ و ت) مدل فروندلیچ. ج و د) مدل تمکین.

جدول ۲- پارامترهای مدل‌های همدما و اطلاعات آماری مربوط به برازش معادلات بر نتایج آزمایش

	مدل لانگمویر				مدل فروندلیچ				مدل تمکین			
	b (mg/g)	K_l (L/mg)	R^2	RMSE	1/n	K_f	R^2	RMSE	K_1	K_2	R^2	RMSE
مس	۵۹/۸۸	۰/۰۱	۰/۸۳	۰/۱۷	۰/۸۴	۱/۸۴	۰/۹۸	۰/۰۴	۸/۳۷	۱۴/۵۶	۰/۹۲	۱/۱۹
آهن	۱۲/۸۲	۰/۰۴	۰/۹۹	۰/۰۵	۰/۵۴	۱/۰۷	۰/۹۹	۰/۰۱	۲/۹۷	۳/۰۳	۰/۹۹	۰/۱۳

حداکثر جذب یا ظرفیت جذب مس (۵۹/۸۸ mg/g) توسط اسید هومیک بیشتر از جذب آهن (۱۲/۸۲ mg/g) بود. در نتیجه با توجه به پارامتر تخمینی مدل لانگمویر در ارتباط با حداکثر جذب فلزات، روند جذب فلزات در این تحقیق با مجموعه lrving-Wiliams فلزات دو ظرفیتی مطابقت داشت. جذب یون‌های فلزی بر مواد هومیک براساس این مجموعه به صورت Cu>Ni>Co>Zn>Fe>Mn می‌باشد (El-Eswed and Khalili, 2006). همچنین در پژوهشی دیگر در بررسی جذب این فلزات بر روی اسید هومیک چنین نتیجه‌ای حاصل شد که از میان یون‌های فلزی استفاده شده، مس قوی‌ترین توان رقابتی برای مکان‌های پیوند مواد آلی داشت و ۵۳/۴۳ درصد کل فلزات جذب شده بر روی اسید هومیک را تشکیل می‌داد (Rashid, 1979). پارامترهای به‌دست‌آمده از مدل‌های مختلف اطلاعات مهمی درباره مکانیسم جذب، ویژگی‌ها و کشش سطح جاذب ارائه می‌دهد. مقدار 1/n (به عنوان معیار سنجش شدت جذب) بین ۰

تا ۱ نشاندهنده جذب مطلوب و ناهمگنی می‌باشد. بنابراین طبق پژوهش انجام‌شده، جذب عناصر مس و آهن توسط اسید هومیک از مطلوبیت خوبی برخوردارند. ظرفیت جذب سطحی (میزان نگهداری شده) براساس پارامتر K_f معادله فروندلیچ برای مس و آهن به ترتیب ۱/۸۴ و ۱/۰۷ می‌باشد. بنابراین ظرفیت جذب سطحی و تمایل پیوندی اسید هومیک به یون‌های مس بیشتر بوده است. پارامتر K_2 تمکین نشاندهنده حداکثر انرژی پیونده بوده که برای فلز مس بیشتر از آهن است.

نتیجه گیری کلی

بررسی اثر زمان تماس اسید هومیک با محلول‌های یون فلزی نشان داد که با افزایش زمان تماس اسید هومیک با یون‌ها به دلیل امکان تماس بیشتر جذب شونده با جاذب، مقدار جذب افزایش یافته تا این‌که در یک زمان مشخص ثابت شد.

ضریب تشخیص مدل‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین قابل قبول و نزدیک به هم هستند. علاوه بر این ضریب، مجذور میانگین مربعات خطا در تعیین بهترین مدل توصیف کننده جذب نقش دارد. براساس این معیارهای ارزیابی، مدل فروندلیچ برای پیش بینی رفتار جذب دو عنصر مس و آهن توسط اسید هومیک انتخاب و معرفی شد. مدل‌های لانگمویر و تمکین به ترتیب در مکان‌های بعدی قرار دارند. جذب سطحی عناصر بر اسید هومیک استخراج شده با یک ثابت جذب صورت نمی گیرد، به عبارت دیگر، سطح اسید هومیک خاک به‌عنوان سطح جذب‌کننده، عناصر را با شدت و انرژی یکسان جذب نمی‌کند. به‌طوری که ثابتهای مربوط به جذب سطحی عنصر مس بیشتر از آهن است.

منابع

اسد سنگابی، ف. سنگی، م.ر. باقری، ب. (۱۳۹۴). مطالعه پارامترهای ترمودینامیکی جذب یونهای فلزی سرب، مس و کادمیم توسط جاذبهای گیاهی. نشریه علمی پژوهشی امیرکبیر - مهندسی عمران و محیط زیست. ۴۷ (۳) ۹-۱۶.

بهرامی، م. برومند نسب، س. کشکولی، ح. ع. فرخیان فیروزی، الف. بابایی، ع. الف. (۱۳۹۲). حذف کادمیم از محلول‌های آبی با استفاده از نانو ذرات مگنتیت اصلاح شده. مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران. ۶ (۲) ۲۲۱-۲۳۲.

چرم، م. عبدالهی، ف. (۱۳۸۶). مطالعه ویژگی‌های جذب سطحی عناصر منگنز و روی در خاک‌های کشت و صنعت نیشکر (امام خمینی (ره) و هفت تپه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۸: ۶۰-۵۹۳.

رسولی صدقیانی، ح. دره قایدی، ب. خداوردیلو، ح. مرادی، ن. (۱۳۹۳). تاثیر اسیدهای آلی بر جذب و تثبیت آهن در خاک‌های آهکی و اسیدی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۵: ۷۸-۷۲.

عزیزی، پ. جعفری صیادی، ع. ر. (۱۳۸۴). مواد هوموسی. انتشارات دانشگاه گیلان.

Amir, S., Benlboukht, F., Cancian, N., Winterton, P., Hafidi, M. (2008). Physico-chemical analysis of tannery solid waste and structural characterization of its isolated humic acids after composting. Journal of Hazard. Mater 160, 448–455.

Busato, J.G., Lima, LS., Aguiar, N.O., Canellas, L.P., Olivares, F.L. (2012). Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. Bioresource Technology, 110, 390-395.

Campitelli, P. A., Velasco, M. I., Ceppi, S. B. (2006). Chemical and physicochemical characteristics of humic acids extracted from compost, soil and amended soil. Talanta, 69,1234-1239.

Chabani, M, Amrane, A., Bensmaili, A. (2006). Kinetic modelling of the adsorption of nitrates by ion exchange resin. Chemical Engineering Journal, 125, 111-117.

Chabani, M., Amrane, A., Bensmaili, A. (2009). Equilibrium sorption isotherms for nitrate on resin Amberlite IRA-400. Journal of Hazardous Materials, 165, 27-33.

El-Eswed, B., Khalili, F. (2006). Adsorption of Cu(II) and Ni(II) on solid humic acid from the Azraq area Jordan. Journal of Colloid and Interface Science, 299, 497-503.

Gee, G.W., Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. p. 383-411. In A. klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. SSSA, Madison, Wisconsin.

Ghasemi-Fasaei, R., Alavi, F., Zibaei, Z., Basiri, N., Kazemi, R. (2013). Investigation of single and bi-solute retention isotherms of copper and lead in acidic and alkaline soils. International Journal of Agriculture and Crop Science, 5(6), 627-631.

Gungor, E. B. O., Bekbolet, M. (2010). Zinc relese by humic and fluvic acid as influenced by pH, complexation and DOC sorption. Geoderma, 159, 131-138.

Gupta, U.C., Kening, W.U., Siyuan, L. (2008). Micronutrients in soils, crops and livestok. Earth Science Frontiers, 15(5), 110-125.

Jackman, A., King, T. N. (1986). The kinetics of ion exchange on natural sediments. Water Resources Research, 22 (12), 1664-1672.
Korte, N. E. et al. (1976). Trace elements movement in soils: Influence of soil physical and chemical properties. Soil Science, 122, 350-358.
Page, A.L., Miller, H., keeny, D.R. (1982). Method of soil analysis. part 2.chemical and microbial properties, ASA and SSSA, madison, Wisconsin, USA.
Qi, Y., Zhu, J., Fu, Q., Hu, Ho., Huang, Q. (2017). Sorption of Cu by humic acid from the decomposition of rice straw in the absence and presence of clay minerals. Journal of Environmental Management, 200, 304-311.
Rashid, M. A. (1979). Absorption of metals on sedimentary and peat humic acid. Chemical geology, 13, 115-123.
Richardson, J.L., Vepraskas, M.J. (2001).Wetland Soils Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification. LEWIS/CRC, NewYork.
Sanchez-Monedero, M.A., Roig, A., Cegarra, J., Bernal, M. P. (1999). Relationships between water soluble carbohydrate and phenol fractions and the humifcation indices of different organic wastes during composting. Bioresource Technology, 70,193-201.
Scheidegger, A.M., Fendrof, M., Sparks, D.L. (1996). Mechanisms of nickel sorption on pyrophylite: Macroscopic and microscopic approaches. Soil Science Society of America Journal, 60, 1763- 1772.
Swift, R.S. (1996). Organic matter characterization. In D. L. Sparks et al. (ed.), Methods of Soil Analysis: Part 3. Chemical Methods, SSSA Book Series 5.SSSA, Madison, WI, 1018- 1020.
Tan, K.H. (2003). Humic matter in soil and the environment. Principles and controversies, Marcel Dekker, New York, USA.
Yong, R.N., Mourato, D. (1988). Extraction and characterization of organics from two champlain sea subsurface soils. Canadian Geotechnical Journal, 25, 599-607.

Study of Adsorption of Copper and Iron Elements by Soil Humic Acid

Marjan Anoosha[1] – Akbar Forghani[2]
[1]M.Sc Graduate, Department of Soil Science, Faculty of Agricultueral Sciences, University of Guilan
[2]Associate Professor Department of Soil Science, Faculty of Agricultueral Sciences, University of Guilan

The adsorption processes play a determinative role in the solubility of elements in the soil solution and, therefore, bioavailability for plants. Humic acid forms the important organic part of the soil and has the ability to adsorb metals. The purpose of this research was to study the adsorption of elements on the surface of humic acid and determine their adsorption parameters using adsorbed isotherms. Sampling was done from forest areas of northern Iran. The humic acid in the soils was extracted and purified by using 0.1 M NaOH and 6 M HCl. To prepare the humic acid adsorption isotherm, the composition of $FeSO_4$ and the composition of $CuSO_4$, and solutions with concentrations of 10, 20, 40, 60 and 80 mg/L in 0.01M CaNO3 background solution were prepared and added to 250 g of humic acid. The samples were shaken for 12 hours at pH=5 and 25 °C in shaker, then the samples were centrifuged and the supernatants were passed through filter paper and Read by atomic absorption spectrophotometer. The experimental data were fitted to three models of Langmuir, Freundlich, and Tampkin. The accuracy of data fitting on these models based on the (R^2) and (RMSE) evaluation criteria shows that the Freundlich model describes the absorption of copper and iron elements well. The absorption of copper by humic acid is higher than iron absorption.

Keywords: Adsorption isotherm, Equilibrium time, Extraction of humic acid, Freundlich model

تاثیر زمان آلودگی بر فراهمی و جذب نیکل در کشت گیاه ذرت

معصومه فرامرزی‌طهرابند[1]، علی خانمیرزائی‌فرد*[1]، شکوفه رضائی عمروآبادی[1]

[1] گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

*alikhanmirzai@yahoo.com

چکیده

در تحقیق حاضر سینتیک فراهمی و جذب عنصر نیکل ورودی به خاک در یک آزمایش گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش۵۶ نمونه‌ی خاک ۲ کیلوگرمی که به‌ترتیب در زمان‌های ۵، ۱۵، ۴۵، ۶۵، ۷۵، ۱۰۰، ۱۳۰، ۱۷۰ و ۲۱۰ روز قبل از کشت به‌میزان ۲۰۰ میلی‌گرم نیکل در کیلوگرم خاک آلوده شده بود، در دو سطح صفر و دو کیلوگرم بر هکتار از مایه تلقیح باکتری سودوموناس تحت کشت ذرت قرار گرفت. بعد از گذشت ۶۰ روز از کشت، گیاهان برداشت و غلظت نیکل در اندام گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل مرتبه سوم با ضریب تعیین ۰/۸۸ و خطاهای استاندارد ۰/۰۰۰۳ ۰بهترین مدل بیان کننده روند و سرعت کاهش فراهمی نیکل قابل عصاره‌گیری در این خاک بود. ضرایب‌سینتیکی حاکی از آن بود که سرعت کاهش فراهمی نیکل در مدل مرتبه سوم با ثابت ۸۳/۴۵ برابر با ۰/۰۰۰۰۰۱۳ $[(mg\ Ni\ kg^{-1})^{-2}$ $d^{-2}]$ می‌باشد در حالیکه سرعت کاهش فراهمی نیکل در تیمار دارای کود بیولوژیک ۰/۰۰۰۰۰۲ $[(mg\ Ni\ kg^{-1})^{-2}\ d^{-2}]$ اندازه‌گیری شد. بین میزان غلظت نیکل در ریشه و میزان عصاره‌گیری شده با DTPA همبستگی بهتری (R^2=۰/۸) در مقایسه با این مقادیر در اندام‌های هوایی (R^2=۰/۵۶) گیاه ذرت کشت شده در خاک آلوده، وجود داشت.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، ضرایب سینتیکی، کشت گلخانه‌ای، نیکل

مقدمه

یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی، که امروزه به آن توجه ویژه‌ای شده است، تجمع فلزات سنگین مانند کادمیوم، نیکل، سرب و ... در خاک‌های کشاورزی و آلوده شدن مواد¬غذایی می¬باشد. این عناصر در خاک تحرک کمی داشته به نحوی که حداکثر در ۳۰ سانتی¬متری سطح خاک باقی می¬مانند (McLaughhlin, 2001). تجمع آنها در خاک می¬تواند موجب کاهش فعالیت و تنوع میکروبی، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش یا از بین رفتن محصول و حتی صدمه به سلامتی انسان و حیوانات از طریق ورود در زنجیره غذایی گردد. جذب فلزات سنگین بوسیله گیاه در اراضی کشاورزی یکی از روش¬های عمده و غیر مستقیم ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان است. بنابراین یکی از دلایل اصلی مواجهه انسان با فلزات سنگین مسیر خاک- محصول- غذا (Soil-crop-food) است (Fu and Zhou, 2008). سیستم خاک بین فاز جامد و محلول حالت شبه تعادلی وجود دارد و به طور ایده¬آل بهترین روش اندازه¬گیری قابلیت دسترسی عناصر روشی است که در این حالت شبه تعادلی خاک ایجاد اختلال نکند. به دلیل سادگی، معمول¬ترین روش مورد استفاده برای پیش¬بینی مقدار قابل جذب عناصر، عصاره¬گیری و استفاده از عصاره¬گیرهای شیمیایی است اما تاکنون یک عصاره¬گیر جهانی قابل قبول برای عناصر غذایی در همه خاک¬ها و گیاهان ارائه نشده است. عموماً عصاره¬گیرهای ارائه شده برای عناصر در سه بخش خلاصه می¬شوند: ۱) نمک¬های یونی با توان جایگزینی کم مانند: کلرید منیزیم، کلرید کلسیم، نیترات آمونیوم و غیره ۲) محلول¬های رقیق از اسیدهای ضعیف تا قوی ۳) عوامل کلات کننده مانند DTPA و EDTA. نمک‌ها قادر به رهاسازی عناصر به شکل تبادلی هستند که اغلب به عنوان بخش زیست فراهم شناخته می¬شوند. اما بدیهی است که شکل قابل جذب عناصر صرفاً محدود به بخش تبادلی نمی¬شود. یک ایراد اساسی به عصاره¬گیرها اعم از اسیدها یا عوامل کلات‌کننده علاوه بر تغییر شرایط خاک، نسبت خاک به محلول است که با شرایط طبیعی اختلاف زیادی دارد و ممکن

است منجر به آزادسازی بیشتر عناصر شود (McLaughhlin, 2001). فلز در این حالت با گذشت زمان از شکل‌های با حلالیت بالا به شکل‌های با حلالیت کم تبدیل می¬شود که این پدیده تثبیت نام دارد. مطالعات زیادی بر روی فلزاتی که به خاک اضافه می¬شود انجام شده و دیده شده که فلز از شکل محلول و تبادلی به شکل‌هایی مثل کربناتی و همراه با اکسیدها تبدیل می شوند (Mann and Ritchie, 1994; Lu *et al*. 2005). مطالعات زیادی نقش میکروارگانیسم ها را در رهاسازی عناصر غذایی تثبیت شده در خاک از طریق آزادسازی متابولیت‌ها، تغییر در pH، تولید اسیدها و غیره تایید کرده است. چنانچه این مطلب درست باشد با توجه به ماهیت شیمیایی مشابه فلزات سنگین مثل کادمیوم و عناصرغذایی همچون روی و آهن، در خاک‌های آلوده استفاده از کودهای بیولوژیک و میکروارگانیسم ممکن است باعث افزایش فراهمی فلزات سنگین و خطر آلودگی بیشتر شود.

مطالعات تغییرات فراهمی زیستی عناصر ورودی به محیط خاک، معمولا در محیط آزمایشگاهی، در بازه‌های زمانی مشخص و با استفاده از عصاره‌گیرهای شیمیایی انجام می‌گیرد. با وجود اینکه پژوهش‌های زیادی بر روی رفتار شیمیایی فلزات سنگین در خاک صورت گرفته است، ولی پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثر زمان آلوده‌سازی بر زیست فراهمی این فلزات در حضور گیاهان در خاک اندک است. در این آزمایشات زمان ورود عنصر یکسان و فراهمی زیستی آن در بازه‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی الگوی زمانی تغییرات زیست فراهمی نیکل بعد از اضافه شدن به خاک و تاثیر مایه تلقیح سودوموناس بر این الگو و نیز مقایسه الگوهای بدست آمده با میزان غلظت نیکل جذب شده در گیاه ذرت کشت شده به¬عنوان شاخص فراهمی این عنصر درخاک بود.

مواد و روش‌ها

پس از اندازه‌گیری غلظت برخی عناصر غذایی در چندین نمونه خاک، خاک مناسب از نظر تناسب عناصر غذایی برای کشت ذرت و اجرای آزمایش، انتخاب و مقادیر کافی خاک تهیه گردید. خاک مورد استفاده یک خاک زراعی غیرگچی و غیرشور از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری با بافت رسی‌لومی بود. خاک مورد نظر بعد از هوا خشک شدن، کوبیده و از الک ۵ میلی‌متری گذرانده شد تا به صورت یکنواخت در آید. سپس خاک‌ها در گلدان‌های پلاستیکی ۲ کیلوگرمی قرار داده شدند. به منظور بررسی تأثیر زمان آلودگی بر جذب نیکل در خاک توسط گیاه ذرت، آلوده‌سازی گلدانها در زمان‌های ۵، ۱۵، ۴۵، ۶۵، ۷۵، ۱۰۰، ۱۳۰، ۱۷۰ و ۲۱۰روز قبل از کاشت انجام شد. به این ترتیب که ۶ گلدان در هر زمان با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آلوده و تا زمان کشت نگهداری شدند. پس از آماده شدن گلدان‌ها تعداد ۵ بذر از گیاه ذرت در گلدان مورد نظر به صورت یکنواخت کاشته و هر ۳ تا ۴ روز آبیاری انجام شد. جهت بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک دو سطح صفر و دو کیلوگرم بر هکتار از مایه تلقیح باکتری سودوموناس نیز در نظر گرفته شد، به طوریکه از ۶ گلدان خاک مربوط به هر زمان سه گلدان سطح صفر و سه گلدان سطح دو کیلوگرم بر هکتار از مایه تلقیح باکتری سودوموناس دریافت نمودند. در طول مراحل رشد به طور مکرر از گلدان‌ها بازدید وگیاهان نامرغوب از نظر رشد تنک شد و برای یکسانی شرایط جذب گیاه، حاشیه گلدان‌ها هم حذف گردید. بعد از گذشت۶۰ روز که گیاهان به رشد مناسب رسیدند، با دقت کافی با ریشه کامل از خاک برداشت شدند. ریشه‌ها از ساقه جدا و بعد از آماده‌سازی، غلظت نیکل در بافت‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. همچنین در اوایل دوره رشد گیاهان، از خاک گلدان¬ها نمونه‌برداری و نیکل قابل عصاره‌گیری با DTPA اندازه‌گیری شد (Lindsay and Norvell, 1978). اطلاعات به‌دست آمده توسط نرم‌افزارهای آماری تجزیه و تحلیل گردید.

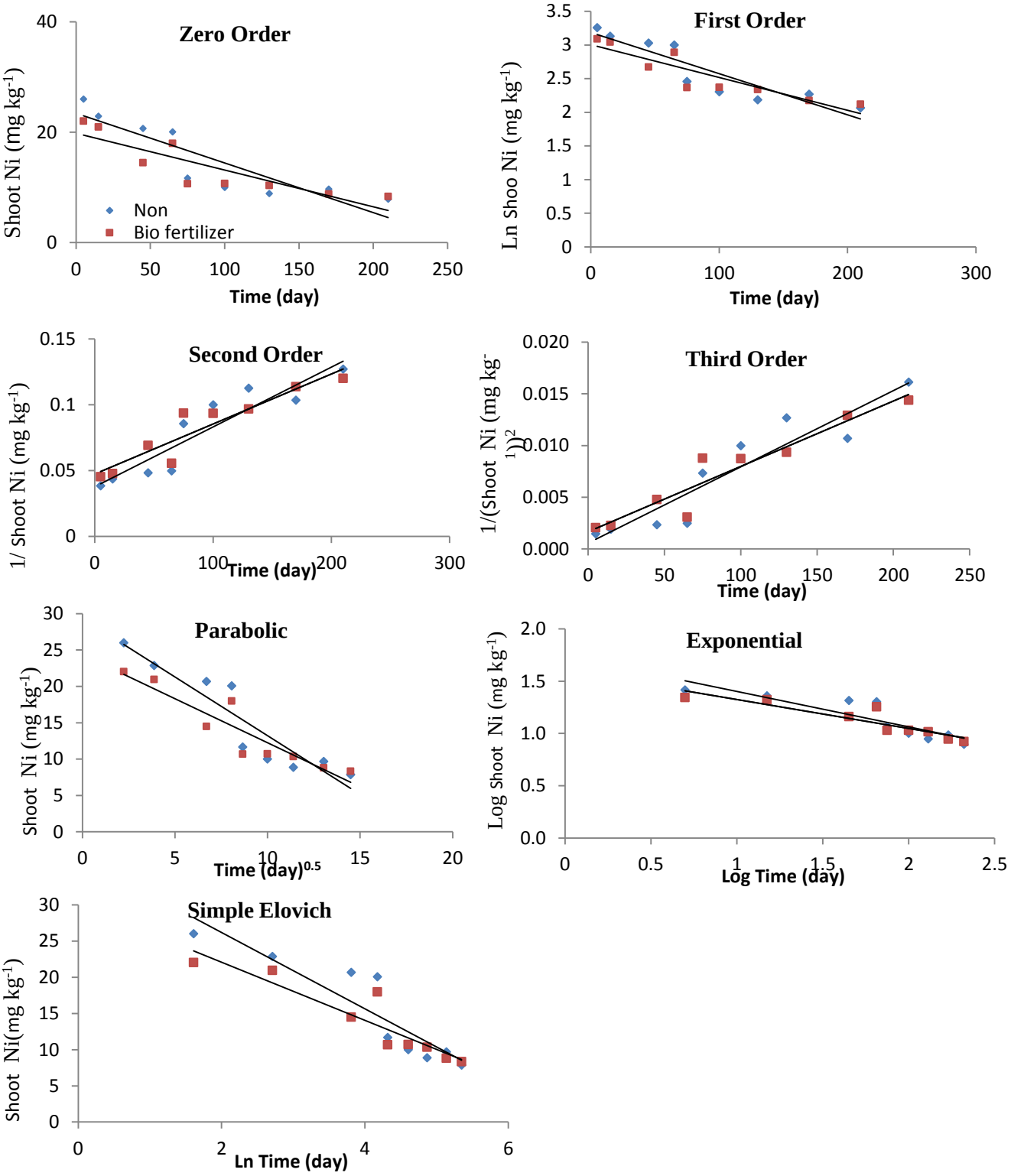
نتایج و بحث

مقادیر ضریب تعیین و خطاهای استاندارد مدل‌های سینتیکی برازش داده شده بر میزان نیکل استخراج شده توسط DTPA از خاک‌ها بعد از گذشت زمان‌های مختلف از آلودگی در جدول ۱ آورده شده است. از بین معادلات برازش شده مدل‌های مرتبه سوم با ضریب تعیین ۰/۸۵ و خطاهای استاندارد بترتیب ۰/۰۰۰۳ ۳ بهترین مدل بیان کننده روند و سرعت تثبیت نیکل در خاک بود. روند تغییر فراهمی نیکل در طول زمان در خاک تحت تاثیر مایه تلقیح هم روند مشابهی را دنبال کرد. در این خاک مدل سوم با ضریب تعیین ۰/۹۶ و خطاهای استاندارد بترتیب ۰/۰۰۰۰۲ بهترین مدل بیان کننده روند تغییرات فراهمی نیکل با زمان معرفی گردید. ضرایب سینتیکی حاکی از آن است که سرعت کاهش فراهمی نیکل در مدل مرتبه سوم با ثابت ۸۳/۴۵ برابر با ۰/۰۰۰۰۰۱۳ [$(mg\ Ni\ kg^{-1})^{-2}\ d^{-2}$] می‌باشد در حالی‌که سرعت کاهش فراهمی نیکل در تیمار دارای کود بیولوژیک ۰/۰۰۰۰۰۲ [$(mg\ Ni\ kg^{-1})^{-2}\ d^{-2}$] اندازه‌گیری شد.

نتایج همستگی بین غلظت نیکل قابل عصاره‌گیری با DTPA در زمان‌های مختلف آلودگی و نیز غلظت نیکل جذب شده در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه ذرت نشان داد که بین غلظت نیکل ریشه و جزء قابل عصاره با DTPA همبستگی کاملا معنی-دار (R^2=۰/۸) بود، درحالی‌که این همبستگی در مورد غلظت نیکل در اندام‌های هوایی ذرت معنی‌دار نبوده و همبستگی بالایی را نشان نداد (R^2=۰/۵۶). مدل مرتبه اول با (R^2=۰/۸۲) و خطای استاندارد ۰/۰۰۹۱ بهترین مدل توضیح دهنده سینتیک جذب نیکل در خاک‌های با زمان آلودگی متفاوت بود.

جدول ۱- ضریب تعیین و خطاهای استاندارد مدل‌های سینتیکی برازش داده شده بر میزان نیکل استخراج شده توسط DTPA از خاک‌ها بعد از گذشت زمان‌های مختلف آلودگی

نوع سینتیکی	مدل	ضرایب تعیین		ضرایب سینیتیکی		
		بدون مایه تلقیح	بدون مایه تلقیح		بدون مایه تلقیح	بدون مایه تلقیح
مرتبه صفر	R^2	۰/۷۹	۲۳/۴۳	q_0	۲۳/۴۳	۲۳/۴۳
	SE	۶/۸۴	-۰/۰۸۹	K_0	-۰/۰۸۹	-۰/۰۸۹
مرتبه اول	R^2	۰/۸۲	۲۳/۹۴	q_0	۲۳/۹۴	۲۳/۹۴
	SE	۰/۰۹۱	-۰/۰۰۶۱	K_1	-۰/۰۰۶۱	-۰/۰۰۶۱
مرتبه دوم	R^2	۰/۸۵	۲۶/۵۶	q_0	۲۶/۵۶	۲۶/۵۶
	SE	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴۵	K_2	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۴۵
مرتبه سوم	R^2	۰/۸۸	۴۲/۳۹	q_0	۴۲/۳۹	۴۲/۳۹
	SE	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۷	K_3	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۷
پارابولیک	R^2	۰/۹۵	۲۹/۳۶	q_0	۲۹/۳۶	۲۹/۳۶
	SE	۵/۰۲	-۱/۶۱	K_p	-۱/۶۱	-۱/۶۱
نمایی	R^2	۰/۹۰	۵۵/۰۶	a	۵۵/۰۶	۵۵/۰۶
	SE	۰/۰۲۹	-۰/۳۳۹	b	-۰/۳۳۹	-۰/۳۳۹
ایلوویچ	R^2	۰/۹۲	-۷/۴۹۹	$Ln\alpha\beta s$	-۷/۴۹۹	-۷/۴۹۹
	SE	۴/۲۷	-۰/۲۴۹	βs	-۰/۲۴۹	-۰/۲۴۹



شکل ۱- مدل‌های سینتیکی برازش داده شده بر فراهمی زیستی نیکل در اندام هوایی ذرت کشت شده در خاک‌های با زمان آلودگی متفاوت

نتیجه‌گیری

بین میزان غلظت نیکل در ریشه و میزان عصاره‌گیری شده با DTPA همبستگی بهتری در مقایسه با این مقادیر در اندام-های هوایی گیاه ذرت کشت شده در خاک آلوده شده وجود داشت. به نظر می‌رسد محدودیت در انتقال نیکل جذب ریشه شده مانع ایجاد همبستگی بالایی با شاخص فراهمی زیستی که از طریق به‌کارگیری عصاره‌گیرهای شیمیایی بدست آمده است، گردیده است. با وجود مطالعات زیاد در خصوص رفتار نیکل ورودی به خاک‌های آهکی که در کشور انجام گرفته است، این مطالعه سینتیکی تا حدودی الگوهای خطی را نسبت به الگوهای نمایی نشان داد.

فهرست منابع

1- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q. (2008). High levels of heavy metals in rice from a typical e-Waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*, 71, 1269-1275.

2- Lindsay, W. L., Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.

3- Lu, A., Zhang, S., Shan, XQ. (2005). Time effect on the fractionation of heavy metals in soils. *Geoderma*, 125, 225-234.

4- Mann, S. S., Ritchie, G. S. P. (1994). Changes in the forms of cadmium with time in some western Australian soils. *Australian Journal of Soil Research*, 32, 241-250.

5- McLaughhlin, M. J. (2001). Ageing of metals in soils changes bioavailability. *Environmental Risk Assessment*, 4, 1 -6.

Time effect on soil and plant availability of nickel in corn cultivation

Faramarzi[1], M., Khanmirzaei Fard[1*], A., Rezaei, Sh[1]

[1] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

*alikhanmirzai@yahoo.com

Abstract

At the present study the time-dependent bioavailability and plant uptake of added nickel (Ni) assessed in a greenhouse study. Fifthy four soil samples (in 2 kg plots) were contaminated to 200 mg kg^{-1} soil with Ni in 5, 15, 45, 65, 75, 100, 130, 170 and 210 days before cultivation (six plots for each time). Corn plants were cultivated in 2 kg contaminated pots then inoculated with *pseudomonas sp* in two level(0 and 2 kg ha^{-1}). Plants were harvested 60 days after planning, root and shoot were separated, dried, digested and Ni concentrations were determined by ICP instrument. The results revealed that third ordered kinetics equation well fitted (R^2= 0.8, SE= 0.00003) with observed data. The availability of soil Ni at third ordered equation were decreased in the rate of 0.0000013 [(mg Cd $kg^{-1})^{-2}$ d^{-2}] in the studied soil. Soil available Ni in terms of DTPA-extractable was positively correlated with root Ni concentration in cultivated corn plants.

Keywords: Greenhouse, Kinetics coefficients, Nickel, Soil contamination

تأثیر واحدهای لندفرم بر منشاء و توزیع شکل‌های قابل استخراج اکسید آهن، مطالعه موردی، شهرستان رستم، استان فارس

ابوالفضل آزادی[۱]، سیروس شاکری[۲]، غلامرضا زارعیان [۳]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران،a.azadi@areeo.ac.ir

۲- گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران،

چکیده

در پژوهش حاضر تاثیر واحدهای لندفرم بر توزیع شکل‌های مختلف آهن در برخی اراضی شهرستان ممسنی واقع درجنوب غرب استان فارس مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور تعداد چهار خاکرخ در دو واحد لندفرم دشت آبرفتی دامنه‌ای و اراضی پست در منطقه مذکور حفر، تشریح و نمونه‌برداری شد. چهار فرم آهن شامل آهن کل(Fe_t)، اکسیدهای آهن آزاد(Fe_d)، آهن غیربلورین(Fe_o) و قابل استخراج با DTPA اندازه‌گیری شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که واحد لندفرم دشت دامنه ای دارای مقادیر اکسیدهای آهن بلوری بیشتر و اکسیدهای آهن غیرمتبلور و پیوند یافته به مواد آلی کمتری نسبت به اراضی واحد اراضی پست دارند. همچنین در این تحقیق برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید و همبستگی بین شکلهای مختلف آهن با آنها بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان مواد آلی و درصد رس مهمترین عوامل مؤثر بر فراوانی و اشکال مختلف آهن در نیمرخ‌های مورد مطالعه هستند. و درنهایت می‌توان نتیجه گیری کرد با توجه به ارتباط سن خاک با شکل‌های مختلف آهن، خاکهای لندفرم دشت دامنه ای در مقایسه با اراضی پست از درجه تکامل بیشتری برخوردارند.

واژگان کلیدی: اکسیدهای آهن آزاد، آهن غیربلورین، مواد آلی

مقدمه

آهن یکی از عناصر کم مصرف ضروری برای گیاه است. شکل‌های مختلف عناصر خاک از نظر واکنش‌پذیری و زیست فراهمی به‌طور چشم‌گیری با یکدیگر متفاوتند. قابلیت استفاده آهن برای گیاهان نه فقط بوسیله میزان آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بلکه توسط شکل‌های مختلف آهن، پ هاش خاک و سایر عوامل تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مقدار آهن در محلول خاک در مقایسه با کل آهن بسیار کم است. امروزه توزیع، تحرک و زیست دسترسی عناصر در محیط به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرارگرفته و مشخص شده که تنها وابسته به غلظت کل آنها نیست بلکه به فاز جامدی که با آنها پیوند یافته نیز مرتبط است(Filgueiras *et al.*, 2002). فازهای مختلفی از آهن در خاک وجود دارند که از جمله آنها میتوان به آهن موجود در کانیهای سیلیکاتی اولیه، رسها و اکسی-هیدروکسیدهای آهن با درجه تبلور متفاوت و آهن پیوند شده با مواد آلی اشاره نمود. اکسی‌هیدروکسیدهای آهن در دامنه‌ای از ترکیبات بی‌شکل تا بلورین وجود دارند. اکسیدهای آهن غیربلورین توسط اگزالات آمونیوم اسیدی و کل ترکیبات آهن پدوژنیک توسط سیترات -دی تیونات -بیکربنات استخراج می‌شوند. تفاضل این دو شکل آهن و همچنین نسبت آنها در بررسی تشکیل و تکامل خاکها مورد استفاده قرار می‌گیرند(Fiedler and Sommer. 2004). از طرفی آهن یکی از اجزاء ضروری خاک می‌باشد که به شکل‌های مختلف از جمله ذرات مجزا یا توأم با سطوح دیگر کانی‌ها ظاهر می‌گردد. از این رو، مقدار و توزیع اکسیدهای آهن قابل‌استخراج در خاکرخ‌ها ممکن است به عنوان نشانگرهای مرحله و درجه تکامل خاک عمل نمایند(Mahaney and Fahey, 1988). توزیع و شکل‌های اکسیدهای آهن ابزار مناسبی برای تشخیص فرآیندهای پدوژنیک و میزان توسعه خاک می‌باشد که

بخشی از آهن آزاد برای شناسایی انواع خاک و جداسازی افق‌های خاک استفاده می‌گردد(Mc Keague et al., 1971). در طول هوادیدگی مواد مادری آهن‌دار، آهن آزاد شده و در خاک به صورت اکسیدها یا هیدروکسیدهای آهن متبلور یا به طور ضعیف متبلور مجدداً رسوب می‌کند. از مقایسه درصد آهن آزاد در تعیین سن نسبی خاک‌ها استفاده می‌شود(Alexander, 1974). توزیع شکلهای مختلف آهن در خاک برای درک خواص فیزیکوشیمیایی خاک حائز اهمیت می‌باشد. رضاپور و همکاران(۲۰۱۰) توزیع شکل‌های اکسیدهای آهن در خاک‌های آهکی چهار واحد لندفرم (دشت دامنه‌ای ، فلات ، دشت آبرفتی رودخانه‌ای و دشت آبرفتی-ثقلی) در شمال‌غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در واحد لندفرم فلات، خاکها از شرایط پویاتری نسبت به دیگر واحدها برخوردارند که این امر به دلیل شرایط پایدارتر ژئومرفولوژیک و سرعت بالای هوادیدگی درجا(با توجه به مقدار رس) بوده و بیشترین مقدار Fed و کمترین مقدار Feo/Fed نیز این نکته را تأیید کرده است. وحیدی و همکاران(۱۳۹۱) در بررسی تأثیر دو واحد لندفرم بر منشاء و توزیع شکل‌های قابل استخراج اکسید آهن در برخی خاک‌های جنوب شهرستان اهربه این نتیجه رسیدند که خاکهای واقع در واحد تپه در مقایسه با دشت های دامنه ای از درجه تکامل بیشتری برخوردارند و این نتایج با نوع واحد از لحاظ ژئومرفولوژیک، درصد رس، عمق سالوم و مقدار نسبی رس کائولینیت مطابقت دارند. بنابراین با توجه به این‌که اطلاعات کمی درباره درجه تکامل خاک در راستای فرآیندهای خاکساز آهن در خاک‌های استان فارس وجود دارد، این تحقیق، با هدف مطالعه توزیع شکل‌های مختلف آهن در بین اجزای مختلف خاک و روابط این اجزای فلزی با برخی ویژگی‌های خاک در دو واحد لندفرم دشت دامنه ای و اراضی پست انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه

منطقه مورد بررسی بخشی از شهرستان رستم می‌باشد که در ۱۷۰ کیلومتری شمال غرب شیراز قرار گرفته است. دشت مطالعه شده به مساحت حدود ۲۰هزار هکتار بین ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمال ی و طول ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۲ درجه شرقی واقع گردیده است. میانگین بارندگی سالیانه منطقه حدود ۶۰۰ میلی متر و میانگین دمای سا لیانه ۲۱/۲ درجه سلسیوس می باشد. رژیم های رطوبتی و حرارتی خاک های منطقه به ترتیب یوستیک هایپرترمیک می‌باشد. محصولات عمده منطقه گندم، برنج و سیفی‌جات است. از نظر زمین‌شناسی ارتفاعات این منطقه متعلق به اواخر دوران سوم زمین‌شناسی است و ساختار زمین‌شناسی بیشتر از سازندها ی آهکی تشکیل شده است. سازندها ی زمین‌شناسی موجود در این منطقه عبارتند از: سروک (آهکی)، آهکی آسماری، پابده گورپی، گچساران و رازک.

آنالیزهای آزمایشگاهی

حفر خاکرخ‌ها و نمونه برداری از فیزیوگرافی‌های عمده منطقه شامل دشت آبرفتی، دشت دامنه‌ای و رسوبات واریزه‌ای انجام شد. بر این اساس، تعدادی خاکرخ حفر و سپس چهار خاکرخ شاهد انتخاب، تشریح و نمونه برداری شد. نمونه های خاک جمع آوری شده پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلیمتری عبور و سپس شکلهای مختلف آهن به صورت زیر تعیین شد: شکل قابل استفاده آهن با DTPA (Lindsay and Norvel,1978)(Fe_{ex}) ، ترکیبات بی‌شکل و آلی آهن (Fe_o) بوسیله آمونیوم اگزالات اسیدی (McKeague and Day . 1966)، اکسیدهای آهن آزاد (آهن پدوژنیک) (Fe_d) با سیترات-بی‌کربنات-دی‌تیونات(CBD) (Mn_d) (Mehra and Jackson . 1960)، و آهن شبه کل (Fe_t و Mn_t) بوسیله اسید نیتریک ۴ نرمال (Sposito et al., 1982)، عصاره‌گیری و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

پراکنش شکل‌های مختلف آهن در خاک تا حد زیادی بستگی به نوع مواد مادری، شرایط اقلیمی، فرآیندهای خاکسازی، چرخه های زیستی، نوسانات فصلی سفره آب زیرزمینی، پتانسیل اکسایش و احیاء ، مواد آلی و برهمکنش با سایر عناصر غذایی دارد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

مورد مطالعه، بیانگر این موضوع است که خاک‌های لندفرم اراضی پست با توجه به میزان آبشویی بیشتر و تجمع بیشتر روان‌آب مقادیر رس بیشتر و درصد آهک کمتری را نسبت خاک‌های‌دشت دامنه‌ای می‌باشد. همچنین دامنه تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن آلی در خاک‌های اراضی پست نسبت به واحد دشت دامنه ای بیشتر می‌باشد، به عبارتی در واحد اراضی پست به دلیل شرایط احیایی شدید و تجمع زیاد موادآلی مقدار CEC نسبت به واحدهای دیگر بیشتر است. دلیل آن هوادیدگی و آبشویی در این خاک‌ها می‌تواند باشد که نشان‌دهنده تحول خاک‌های این واحد است(Zhang and Gong. 2003).

جدول۱. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در دو لندفرم مورد مطالعه

لندفرم		رس	سیلت	شن	کربن آلی	گچ	آهک	پهاش	شوری	CEC
		درصد							$dS.m^{-1}$	$100gr^{-1}.Meq$
دشت دامنه ای	کمینه	۳۲/۹	۳۳/۲	۶/۶	۲/۱۲	۰/۵۴	۵۶	۷/۷۲	۰/۳۴	۱۵/۱
	بیشینه	۶۰/۲	۴۹/۹	۲۳/۳	۹/۶۳	۰/۵۹	۶۵/۵	۸/۳	۱/۱۸	۱۷/۸
	میانگین	۴۳/۶	۴۲/۹	۱۳/۵	۳/۸	۰/۶	۶۰/۵	۸/۱	۰/۸	۱۵/۷
اراضی پست	کمینه	۳۲/۹	۲۰/۶	۶/۶	۱/۳۵	۰/۴۸	۵۳/۷	۷/۰	۰/۳۴	۱۵/۱
	بیشینه	۶۱/۸	۴۹/۹	۳۶/۵	۱۵/۹	۱/۱	۶۵/۵	۸/۳	۲/۲	۱۹/۲
	میانگین	۴۷/۲	۳۹/۸	۱۳/۴	۵/۱	۰/۶	۵۸/۹	۷/۹	۰/۹	۱۶/۸

جدول ۲ . شکل های مختلف آهن و نسبت میان آن ها در خاک های مورد مطالعه.

شماره خاکرخ	عمق (cm)	لندفرم	شکل‌های مختلف آهن					نسبت میان شکل‌های مختلف آهن			
			Fe_{ex} (mg kg^{-1})	Fe_d (g kg^{-1})	Fe_o (g kg^{-1})	Fe_t (g kg^{-1})	Fe_{cry} (g kg^{-1})	Fe_o/Fe_d	Fe_d/Fe_t	$(Fe_d-Fe_o)/Fe_t$	$Fe_d/clay$
۱	۰-۲۵	دشت دامنه ای	۱۳/۸	۴/۲۱	۱/۸۵	۸/۵۳	۲/۳۶	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۰۱
	۲۵-۵۵		۹/۲۱	۴/۶	۱/۰۳	۷/۸۹	۳/۵۷	۰/۲۲	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۰۱۴
	۵۵-۸۵		۵/۱	۶/۲۳	۰/۹۵	۹/۲۸	۵/۲۸	۰/۱۵	۰/۶۷	۰/۵۷	۰/۰۱۵
	۸۵-۱۲۵		۴/۱۶	۶/۷۵	۱/۰۲	۹/۸۴	۵/۷۴	۰/۱۵	۰/۶۹	۰/۵۸	۰/۰۱۱
۲	۰-۲۵		۱۱/۱۷	۵/۸۱	۲/۱۱	۱۰/۰۶	۳/۷۱	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۳۷	۰/۰۱۴
	۲۵-۵۵		۹/۷	۶/۲۱	۱/۲۱	۹/۴۷	۵	۰/۱۹	۰/۶۶	۰/۵۳	۰/۰۱۵
	۵۵-۹۵		۶/۴۴	۶/۲۵	۱/۹۴	۹/۷۲	۴/۳۲	۰/۳۱	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۰۱۴
	۹۵-۱۳۰		۴/۷۶	۶/۱۹	۱/۹۲	۹/۶۹	۴/۲۷	۰/۳۱	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۰۱۳
	میانگین		۸/۰۴	۵/۱۸	۱/۵۰	۹/۳۱	۴/۲۸	۰/۲۷	۰/۶۲	۰/۴۶	۰/۰۱
۳	۰-۲۰	اراضی پست	۱۸/۵	۲/۹۵	۲/۸۵	۹/۷۶	۰/۱	۰/۹۷	۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۰۶
	۲۰-۵۵		۱۴/۹۴	۳/۱۵	۱/۷۴	۸/۱۷	۱/۴۲	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۱۷	۰/۰۰۵
	۵۵-۹۵		۹/۱۴	۴/۲	۱/۴۱	۸/۱۹	۲/۸	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۳۴	۰/۰۰۷
	۹۵-۱۳۵		۷/۴۳	۴/۷۸	۱/۳۸	۸/۷۷	۳/۴	۰/۲۹	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۰۱۱
٤	۰-۲۵		۱۹/۳۹	۴/۱۱	۳/۵۲	۱۱/۴۴	۰/۵۸	۰/۸۶	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۰۰۹
	۲۵-۵۰		۱۱/۹۹	۴/۴	۲/۸۲	۹/۷۹	۱/۵۸	۰/۶۴	۰/۴۵	۰/۱۶	۰/۰۰۹
	۵۰-۸۰		۶/۲۲	۴/۸۴	۱/۹	۱۰/۰۶	۲/۹۳	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۲۹	۰/۰۱
	۸۰-۱۳۵		۹/۹۱	۴/۹۵	۱/۹۵	۹/۱۹	۳/۰۱	۰/۳۹	۰/۵۴	۰/۳۳	۰/۰۱۱
	میانگین		۱۲/۱۹	۴/۱۷	۲/۲۰	۹/۴۲	۱/۹۹	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۲۲	۰/۰۱

نتایج این تحقیق نشان داد که بین مقدار ماده آلی و مقدار آهن قابل استفاده و آهن بی‌شکل یک رابطه همبستگی مثبت وجود داشت(جدول ۳) چرا که مطابق با نتایج ارائه شده در جدول ۳ مقدار آهن قابل استخراج با اگزالات آمونیوم در افق‌های سطحی حاوی مواد آلی زیاد، بیشتر از افق‌های تحتانی بوده و با افزایش عمق کاهش یافت. که از دلایل آن می‌توان به امکان هوادیدگی بیشتر در سطح و تشدید فرایندهای اکسیداسیون و احیاء و وجود ماده آلی زیاد اشاره نمود که فعالیت میکروارگانیسم های بی‌هوازی در حضور ماده آلی زیاد مانع تبلور آهن بی شکل شده و حفاظت و پایداری آن را با تشکیل پیوندهای قوی سبب می‌شود(Kogel-Knabner et al,2010). مقدار آهن قابل استفاده در افق های سطحی بیشتر از افق‌های تحتانی بود که از دلایل عمده آن می‌توان به احیاء آهن فریک به آهن فرو در حضور مقدار کافی مواد آلی اشاره کرد که با نتایج زو و همکاران(Zou et al . 2009) مطابقت دارد.

بین FeDTPA و آهن آزاد(Fe_o) همبستگی بالایی(**۰/۷۲۷) وجود دارد که با نتایج گیگر و لوپرت(۱۹۸۶) مطابقت دارد. مقدار آهن آزاد در اراضی دشت دامنه ای به مراتب بیشتر از اراضی پست و است که مقایسه میانگین(جدول ۲) نیز اختلاف معنی‌دار را نشان داد به نظر می‌رسد حضور آب زیرزمینی و نوسان آن در اراضی پست باعث کاهش هوادیدگی و تحول در این خاکها شده است. رضاپور و همکاران(۲۰۱۰) نیز در مطالعه خود مقدار آهن آزاد را در واحد فلات به دلیل هوادیدگی بیشتر گزارش کرده اند. Zhang and Gong (2003) مقدارFe_d را در اراضی بالادست مرتفع نسبت به اراضی پست زیاد گزارش نموده و دلیل آن را پایین بودن سطح آب زیرزمینی و هوادیدگی بیشتر در اراضی مرتفع دانسته‌اند. و همچنین با توجه به ظرفیت تبادل کاتیونی نسبتاً پایین ناشی از جوان بودن خاکها، همبستگی بین ظرفیت تبادل کاتیونی با شکلهای مختلف آهن مشاهده نگردید، وحیدی و همکاران(۱۳۹۱) در مطالعه خود در خاکهای جنوب شهرستان اهر نتیجه مشابهی را گزارش کردند.

جدول۳. ضرایب همبسگی پیرسون بین شکل‌های مختلف آهن و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌ها

	Fe_{ex}	Fe_d	Fe_o	Fe_t	Fe_{cry}	Clay	Silt	Sand	pH	EC	CEC	OC	CCE
Fe_{ex}	۱												
Fe_d	-۰/۳۹۱	۱											
Fe_o	۰/۷۲۷**	-۰/۱۲۲	۱										
Fet	۰/۱۷۸	۰/۲۴۳	۰/۶۴۴**	۱									
Fe_{cry}	-۰/۸۷۷**	۰/۴۴۳	-۰/۷۸۶**	-۰/۱۱۶	۱								
Clay	-۰/۰۱۴	-۰/۲۹۱	-۰/۰۰۴	-۰/۰۸۰	-۰/۱۲۲	۱							
Silt	۰/۱۹۸	۰/۲۳۷	۰/۳۷۱	۰/۴۵۷	-۰/۰۱۴	-۰/۵۷۹*	۱						
Sand	-۰/۱۹۶	۰/۰۶۵	-۰/۳۹۳	-۰/۴۰۴	۰/۱۴۹	-۰/۴۸۴	-۰/۴۳۳	۱					
pH	-۰/۸۵۰**	۰/۴۳۰	-۰/۶۹۲**	-۰/۱۷۵	۰/۸۳۰**	-۰/۲۶۸	۰/۰۱۷	۰/۲۷۹	۱				
EC	۰/۵۴۴*	-۰/۳۰۰	۰/۵۳۱*	۰/۴۸۱	-۰/۵۲۶*	۰/۰۱۸	-۰/۰۵۷	۰/۰۴۱	-۰/۴۷۸	۱			
CEC	۰/۸۴۰**	-۰/۳۱۴	۰/۷۷۱**	۰/۲۸۷	-۰/۸۶۳**	۰/۳۲۸	۰/۰۸۶	-۰/۴۵۵	-۰/۸۴۳**	۰/۵۴۱*	۱		
OC	۰/۷۷۴**	-۰/۱۲۷	۰/۷۹۸**	۰/۶۳۶**	-۰/۶۱۷*	-۰/۱۱۳	۰/۴۱۷	-۰/۳۲۴	-۰/۶۴۰**	۰/۷۰۰**	۰/۷۵۹**	۱	
CCE	-۰/۵۶۶*	۰/۲۹۶	-۰/۱۸۰	۰/۱۰۲	۰/۴۹۲	-۰/۲۹۵	۰/۴۴۰	-۰/۱۴۴	۰/۶۴۶**	-۰/۴۹۹*	-۰/۶۲۵**	-۰/۴۰۳	۱

مقادیر مطلق ترکیبات آهن علاوه بر فرآیندهای خاکسازی تابع ماده مادری نیز می‌باشد لذا شاخص‌های Fe_d-Fe_o، (درجه بلوری شدن اکسیدهای آهن)، Fe_o/Fe_d(نسبت آهن بی شکل به آهن آزاد)، (Fed-Feo)/Fet (نسبت آهن بلوری) برای مقایسه تکامل خاک‌ها به کار می‌رود. شاخص Fe_d-Fe_o نشان دهنده میزان اکسیدهای آهن بلوری می‌باشد و هر چه این اختلاف بیشتر باشد دلالت بر هوادیدگی بیشتر و تکامل خاک دارد. که اختلاف معنی داری در واحدهای مختلف لندفرم نشان داد. مقدار میانگین این پارامتر در واحد دشت دامنه‌ای بیشتر از اراضی پست بوده که دلالت بر تحول خاک در واحد دشت دامنه‌ای دارد. نسبتFe_o/Fe_d نشان‌دهنده سهم ترکیبات بی‌شکل آهن پدوژنیک می‌باشد. مقدار آن در سطوح جوان (با تکامل کم)، زیاد بوده و با افزایش تکامل خاک کاهش می‌یابد. در خاک های مورد مطالعه روند نسبت Fe_o/Fe_d از سطح به عمق خاک کاهشی شده است. این مطلب حاکی از هوادیدگی و تحول بیشتر در افق‌های سطحی است. مقدار این نسبت در اراضی پست بیشتر است. و دلالت بر مقادیر کم اکسیدهای آهن بلوری داشته و به تبع آن تحول کم این خاک‌ها دارد این وضعیت می‌تواند به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در خاک‌های این واحدها باشد، واحدهای مختلف لندفرم نشان می‌دهد که خاک واحدهای اراضی دشت دامنه‌ای در مقایسه با خاک‌های واحدهای اراضی پست از تحول بیشتری برخوردار می‌باشند که این مسأله ناشی از تفاوت در سطح آب زیرزمینی و نوسان آن است. نسبت (Fed- Feo)/Fet نشان‌دهنده نسبت آهن بلوری به آهن کل می‌باشد که در خاک‌های متحول بیشتر از خاک‌های جوان باشد. که این نسبت در واحد دشت دامنه ای بیشتر از واحد اراضی پست بوده و نشان دهنده تحول و تکامل خاک‌های واقع در این واحدها می‌باشد که با نتایج زانگ و گانگ مطابقت دارد(Zhang and Gong. 2003). سید محمدی و همکاران(۱۳۹۵)در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که قضاوت در مورد تکامل خاک‌ها بر اساس توزیع شکلهای مختلف آهن، درک بهتری از روند تحول خاک‌ها و شرایط خاکسازی حاکم بر آنها را ارائه می‌دهد که با یافته های مطابقت دارد. بطوریکه در تحقیق حاضر واحد اراضی پست به علت داشتن شرایط بهترخاک (از جنبه عمق و افق های موجود) شاید تا حدودی متکامل‌تر از واحد دشت دامنه ای می‌باشد، اما اگر بررسی بر مبنای توزیع شکل‌های مختلف آهن در خاک باشد کاملاً روشن می‌شود که عمیق بودن خاک در واحد اراضی پست به دلیل تکامل یافتگی آن نبوده بلکه دلیل آن مساعد نبودن شرایط برای پیشرفت فرایندهای خاک‌ساختی می‌باشد و واحد لندفرم دشت دامنه‌ای به لحاظ هوادیدگی بیشتر و وقوع فرایندهای خاک ساختی متکامل‌تر است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که مواد آلی و توزیع رس در خاکهای مطالعه شده بیشترین تأثیر را بر روی توزیع آهن در خاکهای مورد مطالعه دارند. شکل متبلور آهن در واحد لندفرم دشت دامنه ای بیشتر از اراضی پست است که می‌تواند تکامل بیشتر واحد لندفرم دشت دامنه‌ای را نسبت به واحد اراضی پست نشان دهد. همچنین نتایج بیانگر این موضوع است که که قضاوت در مورد تکامل خاک‌ها بر اساس توزیع شکلهای مختلف آهن، درک بهتری از روند تحول خاک‌ها و شرایط خاکسازی حاکم بر آنها را ارائه می‌دهد. بطوریکه در تحقیق حاضر هر چند واحد اراضی پست به علت داشتن شرایط بهترخاک (از جنبه عمق و افق های موجود) متکامل‌تر از واحد دشت دامنه ای می‌باشد، اما اگر بررسی بر مبنای توزیع شکل‌های مختلف آهن در خاک باشد کاملاً روشن می‌شود که عمیق بودن خاک در واحد اراضی پست به دلیل تکامل یافتگی آن نبوده بلکه دلیل آن مساعد نبودن شرایط برای پیشرفت فرایندهای خاک‌ساختی می‌باشد و واحد لندفرم دشت دامنه ای به لحاظ هوادیدگی بیشتر و وقوع فرایندهای خاک ساختی متکامل‌تر است.

فهرست منابع

وحیدی، م.ج.، جعفرزاده، ع.ه.، اوستان، ش. و شهبازی، ف. (۱۳۹۱). تأثیر دو واحد فیزیوگرافی بر منشاء و توزیع شکل‌های قابل استخراج اکسید آهن در برخی خاک‌های جنوب شهرستان اهر. *دانش آب و خاک*. ۲۲(۲)، ۱۲۱-۱۳۵.

سیدمحمدی،ج .، اسماعیل نژاد، ل.، رمضانپور، ح. و افتخاری، ک. (۱۳۹۵). تحلیل وضعیت اکسایش- کاهش و روند تحول خاک‌های شالیزار در یک توپوسکوئنس. آب و خاک. ۳۲(۲)، ۴۸۴-۴۹۶.

Alexander, E.B. (1974). Extractable iron in relation to soil age on terraces along the Trukee river, Nevada. *Soil Science Society American Journal*. 38,121-124.

Fiedler, S., and Sommer, M. (2004). Water and Redox Conditions in Wetland Soils-Their Influence on Pedogenic Oxides and Morphology. *Soil Science Society American Journal*. 68,335-326.

Filgueiras A.V., Lavilla I., and Bendicho C. 2002. Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples. *Journal of Environmental Monitoring*, 4 (6), 823-857.

Geiger,S.C., and Loeppert, R.H.(1986). Correlation of DTPA extractable Fe with indigenous soil properties of selected soils.*Journal of plant nutration*.9:229-240

Kogel-Knabner, I., Amelung, W., Cao, Z., Fiedler, S., Frenzel, P., Jahn, R., Kalbitz, K., Kölbl, A., and Schlote, M. (2010). Biogeochemistry of paddy soils. *Geoderma*, 157, 1-14.

Lindsay, W.L. and Norvel, W.A. (1978).Development of a DTPA Soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society American Journal*. 42 (3), 421–428.

Mahaney, W.C and Fahey, B.D.(1988). Extractable Fe and Al in late Pleistocene and Holocene paleosols in Niwot Ridge, Colorado Front Range. *Catena*, 15, 17-26.

Mc Keague, J.A., Brydon, J.E and Miles, N.M.(1971). Differentiation of forms of extractable iron and aluminum in soils. *Soil Science Society American Journal* .35, 33-38.

Mehra O.P. and Jackson M.L. (1960). Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite citrate system with sodium bicarbonate. *Clays Clay Minerals*. 7, 317-327.

Rezapour, S., Jafarzadeh, A.A., Samadi, A. and Oustan, S.(2010). Distribution of iron oxides forms on atransect of calcareous soils, northwest of Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 56,165-182.

Sposito, G., Lund, L.J. and Chang, A.C. (1982).Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Science Society American Journal*. 46, 260-264.

Zhang, G.L., and Gong, Z.T. (2003). Pedogenic evolution of paddy soils in different soil landscapes. *Geoderma*, 115,15-29.

Zou, Y., Lu, X., and Jiang, M. (2009). Dynamics of dissolved iron under pedohydrological regime caused by pulsed rainfall events in wetland soils. *Geoderma*, 150, 46–53.

The effect of landform units on the origin and distribution of extractable forms of iron oxide, case study: Rostam County, Fars province

Abolfazl Azadi[1]* ,Sirous Shakeri[2], Gholamreza zareian[3]

[1]Assistant Professor ,Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran. a.azadi@areeo.ac.ir

[2]Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

[3]Assistant Professor ,Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

Abstract

In the present study, the effect of landform units on the distribution of different forms of iron in some lands of Mamasani city located in the southwest of Fars province was investigated. For this purpose, four pedons were dug, described and sampled in two landform units of alluvial piedmont plain and lowlands in the mentioned area For this purpose, four forms of iron including total iron (Fet), free iron oxides (Fed), non-crystalline iron (Feo) and extractable with DTPA were measured. The results showed that the piedmont plain landform unit has higher amounts of crystalline iron oxides and less non crystalline iron oxides and bonded to organic matter than the lowland land forms. Also in this study, some physical and chemical properties of soil were measured by standard methods and the correlation between different forms of iron with them was investigated. The results showed that the amount of organic matter and the percentage of clay are the most important factors affecting the abundance and different forms of iron in the studied profiles. Finally, it can be concluded that due to the relationship between soil age and different forms of iron, piedmont landforms have a higher degree of development compared to lowlands.

Keywords: Free iron oxides, non-crystalline iron, organic matter

رفتار جذب سرب در خاک و هیومین مستخرج از آن

زهرا شاطراحمدی[۲]، محسن فرحبخش[۱]

۱- عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران (mfbakhsh@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران (zarzar_a91@yahoo.com)

چکیده

هیومین بخشی از مواد هیومیک است که می‌تواند در جذب عناصر سنگین در محیط زیست نقش به‌سزایی داشته باشد. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه رفتار جذبی سرب در خاک و هیومین مستخرج از همان خاک بود. استخراج هیومین از خاک و خالص‌سازی آن به روش انجمن بین‌المللی مواد هیومیکی (IHSS) انجام شد. آزمایش هم‌دمای جذب در محلول کلسیم کلرید ۰/۰۱ مولار و در هشت غلظت سرب (۳۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام گرفت. از روش‌های FTIR و SEM برای شناسایی گروه‌های عاملی و ویژگی‌های سطحی هیومین استفاده شد. برازش داده‌های جذب سرب با معادلات جذب سطحی در هیومین و خاک با مدل لانگ مویر نسبت به مدل فروندلیچ بهتری داشت. حداکثر جذب سرب براساس مدل لانگ‌مویر در هیومین و خاک به‌ترتیب برابر با ۱۱۴/۹۴ و ۸۹/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار جذب بیشتر سرب در هیومین می‌تواند ناشی از گروه‌های عامل اکسیژن‌دار موجود در ساختار آن نظیر کربوکسیل، OH فنولی و کربونیل باشد.

واژه‌های کلیدی: سرب، فروندلیچ، لانگ‌مویر، هم‌دما، هیومین

مقدمه

آلودگی خاک‌ها با عناصر سنگین از مهم‌ترین مشکلات اکوسیستم‌های جهان است (Cang et al.(2004. انباشت عناصر سنگین در خاک از طریق ورود به چرخه‌ی غذایی اثرات نامناسبی بر میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و در نهایت حیوانات و سلامت انسان دارد. روش‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و مهندسی برای اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته است. مواد آلی در دسترس بودن عناصر سنگین را بسته به ماهیت این عناصر در انواع خاک‌ها می‌تواند تغییر دهد .Walker et al (2003) و توانایی کاهش غلظت‌های موجود عناصر سنگین در خاک را دارد. اصلاح کننده‌های آلی می‌توانند در جذب و نگه‌داری فلزات سنگین در خاک نقش داشته باشند .Bernal et al (2007). مواد هیومیک یک طبقه کلی از مواد زیستی موجود در محیط خاکی و آبی هستند. این مواد از نظر زیستی بسیار مهم بوده و به عنوان یکی از مخازن اصلی کربن آلی در چرخه جهانی کربن عمل می‌کنند و علاوه بر این، یکی از عوامل مهم تاثیر گذار بر فعالیت فلزات سنگین می‌باشند Stevenson (1994).

در این پژوهش هم‌دمای جذب سطحی سرب در یک خاک دارای کربن آلی زیاد و هیومین مستخرج از آن خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک مورد استفاده در این تحقیق از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری جنگل خیرودکنار در استان مازندران جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایش‌های اولیه شامل pH گل اشباع، EC عصاره اشباع و درصد رطوبت اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، درصد کربنات کلسیم معادل، بافت خاک به روش‌های استاندارد انجام شد .Sparks D.L. et al (2006). هیومین خاک به روش انجمن بین‌المللی مواد هیومیک استخراج شد .Jesus et al (2011) و نمونه خالص شده در دستگاه فریز درایر خشک گردید.

آزمایش‌های هم‌دمای جذب سطحی سرب در خاک و هیومین استخراج شده از آن، پس از تعیین زمان لازم برای به تعادل رسیدن در خاک و هیومین، در دمای ثابت ۰/۲°C ± ۲۵ و در غلظت‌های۳۰، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر سرب در

محلول زمینه ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم در شیکر رفت و برگشتی با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه انجام شد. غلظت سرب با دستگاه جذب اتمی Avanta GBC قرائت شد.

نتایج و بحث

معادلات فروندلیچ (مدل (۱)) و لانگ‌مویر (مدل (۲)) متداول‌ترین مدل‌هایی هستند که در مطالعه رفتار جذبی آلاینده‌های زیست محیطی کاربرد زیادی داشته‌اند.

$$\text{Log } q = \text{Log } C + 1/n \text{Log } K_d \qquad \text{مدل فروندلیچ} \qquad (۱)$$

$$C/q = 1/kb + C/b \qquad \text{مدل لانگ‌مویر} \qquad (۲)$$

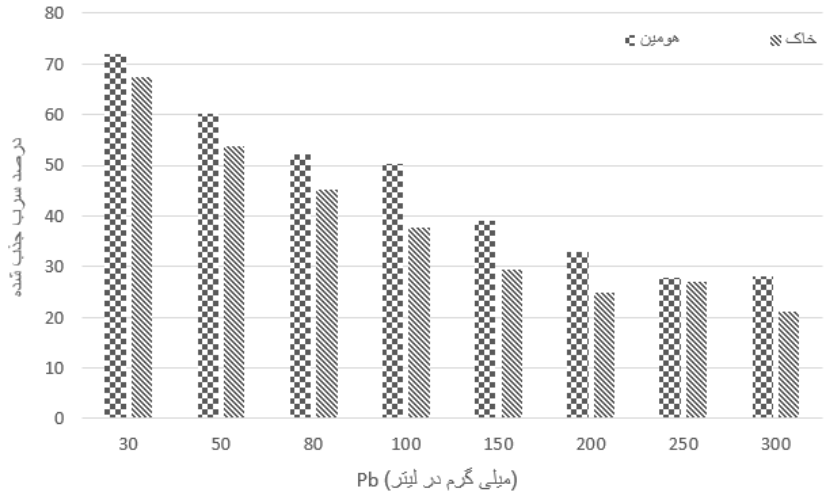
q مقدار ماده جذب سطحی شونده در واحد جرم جذب سطحی کننده، C غلظت تعادلی یا غلظت نهایی ماده جذب سطحی شونده می‌باشد. در مدل فروندلیچ، K_f و n ثابت‌های معادله می‌باشند که به‌ترتیب نشان‌دهنده ظرفیت و شدت جذب می‌باشند و از K_f برای اندازه‌گیری راندمان جذب استفاده می‌شود و مقدار n هر چه از یک بزرگ‌تر باشد نشان می‌دهد که جذب مطلوب‌تر انجام شده است. همچنین در معادله لانگ‌مویر، kb و b ثابت‌های واکنش می‌باشند که هر چه مقدار kb بیشتر باشد بیانگر آن است که پیوند با انرژی بیشتری تشکیل شده و کمتر بودن نشان‌دهنده پیوند ضعیف‌تر است. مقدار b تمایل به جذب را نشان می‌دهد که هر چه مقدار آن بیشتر باشد تمایل برای جذب نیز بیشتر است. برازش معادلات هم‌دما بر داده‌های جذب سرب در خاک با ماده آلی زیاد و نیز هیومین استخراج شده نشان داد که مدل فروندلیچ دارای ضریب اطمینان بالاتری (R^2=۰/۹۹۴۴) نسبت به مدل لانگ‌مویر است. در خاک با ماده آلی زیاد نیز به دلیل نقش ماده آلی در جذب فلزات سنگین برازش مدل‌ها مشابه هیومین بود و مدل فروندلیچ ضریب اطمینان بیشتری (R^2=۰/۹۷۵۴) نسبت به مدل لانگ‌مویر داشت. نتایج این تحقیق با نتایج شارما و همکاران (۲۰۰۵) که جذب فلزات سنگین در خاک را بررسی کرده بودند هم‌خوانی دارد. جدول ۱، ضرایب معادلات هم‌دمای جذب سرب در خاک و هیومین مستخرج از خاک را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ضرایب معادلات هم‌دمای جذب سرب در خاک و هیومین مستخرج از خاک

	مدل‌های جذبی					
	فروندلیچ			لانگمویر		
	K	N	R^2	Kb	b	R^2
خاک	۳/۷۲	۱/۹۸	۰/۹۷۵۴	۰/۷۲	۸۹/۲۸	۰/۹۳۲۱
هیومین مستخرج از خاک	۰/۷۰۹	۴/۵۰	۰/۹۹۴۴	۰/۸۲	۱۱۴/۹۴	۰/۹۷۱۷

در مقایسه مدل‌ها با توجه به R^2های به‌دست آمده می‌توان قضاوت کرد که مدل فروندلیچ برای خاک و همچنین هیومین مستخرج از خاک سازگاری بیشتری دارد اما از آن جایی که تفسیرهای برداشت شده از مدل فروندلیچ نمی‌توان به‌طور قطع برای مقایسه و توضیح مکانیسم جذب سطحی در سطوح مختلف خاک مورد استفاده قرار داد از معادله و ضرایب لانگ‌مویر مورد استفاده قرار گرفت و بر اساس معادلات و ضرایب لانگ‌مویر می‌توان گفت که هر چه مقدار Kb بیشتر باشد پیوند می‌تواند با انرژی بیشتری تشکیل و محکم‌تری می‌باشد و مشاهده می‌شود که مقدار Kb در هیومین بیشتر از خاک با ماده آلی زیاد می‌باشد و در واقع هرچه مقدار ماده آلی خالص‌تر می‌شود به سبب فراوانی گروه‌های عاملی مختلف تعداد و قدرت پیوندهای ایجاد شده بیشتر می‌شود. همچنین b که تمایل به ایجاد پیوند را نشان می‌دهد به همین ترتیب در هیومین بیشتر از خاک است که با نتایج به‌دست آمده حاصل از مقدار جذب مطابقت دارد یعنی درصد سرب جذب شده توسط هیومین بیشترین مقدار بود.

در شکل۱، مقایسه درصد سرب جذب شده توسط هیومین و خاک با ماده آلی زیاد در غلظت‌های مختلف سرب مورد بررسی نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در در خاک و هیومین مورد بررسی، در غلظت‌های مختلف سرب، جذب صورت گرفته و در همهٔ غلظت‌ها بیشترین درصد جذب سرب مربوط به هیومین بوده است که نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها در مقایسه معادلات هم‌دمای جذب نیز بیانگر این نتایج بود. احتمالا هیومین به دلیل گروه‌های عاملی فراوانی که دارد بیشترین تمایل به جذب را داشته و سرب بیشتری را جذب کرده است.



شکل۱- درصد سرب جذب شده در خاک و هیومین مستخرج از خاک در غلظت‌های مختلف سرب

استراون و همکاران در سال ۲۰۰۰ جهت نشان دادن نقش ماده آلی در جذب سرب، در بررسی روند جذب سرب در خاک با ماده آلی و همان خاک پس از حذف ماده آلی از همان خاک با هیپوکلریت‌سدیم گزارش کردند که جذب سرب خیلی سریع و در لحظات اول اتفاق می‌افتد و همچینن ماده آلی مهمی در جذب و نگهداری سرب در خاک دارد به گونه‌ای که خاک با ماده آلی مقدار بیشتری سرب درخود جذب و نگهداری می‌کند لذا ماده آلی خاک هرچه بیشتر باشد توانایی خاک درجذب و نگهداری سرب بیشتر می‌شود. جسیکا و همکاران در سال ۲۰۲۰ با افزودن ماده آلی به خاک نقش ماده آلی خاک در جذب سرب و کادمیوم را بررسی کردند و نشان دادند با افزودن زغال سنگ نارس به خاک محتوای ماده آلی خاک را افزایش داده و نتایج حاکی از آن بود که افزایش ماده آلی خاک باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و در نتیجه افزایش جذب سرب و کادمیوم می‌شود در نتیجه ماده آلی خاک یک عامل مهم در خاک برای جذب فلزات سنگین می‌باشد.

نتیجه‌گیری

سرب به عنوان یکی از اصلی‌ترین فلزات سنگین، سلامت انسان و محیط زیست را به خطر می‌اندازد. یکی از راه‌های طبیعی کنترل و جذب آن، مواد آلی خاک می‌باشد. لذا نقش مواد آلی خاک و هیومین به عنوان بخشی از مواد آلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که حداکثر جذب سرب به‌دست آمده براساس مدل لانگ‌مویر در هیومین و خاک با ماده آلی زیاد به ترتیب برابر با ۱۱۴/۹۴، ۸۹/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در مقایسه درصد جذب سرب در هیومین و خاک با ماده آلی زیاد می‌توان نتیجه گرفت که هیومین بیشترین مقدار و تمایل را برای جذب سرب در مقایسه با خاک داشته که می‌تواند ناشی از ساختار و گروه‌های عاملی آن باشد.

Abstract

Adsorption behavior of lead in soil and humin extracted from it

Shater Ahmadi[2], Z., Farahbakhsh[1], M.

[2] M. Sc. Student, Soil Science Department, University of Tehran, Iran
[1]Associate Prof., Soil Science Department, University of Tehran, Iran

Humin, which represents a fraction of humic substances, exhibits important characteristics, being capable of affecting the bioavailability of potentially toxic metals in the environment. This study assessed the Pb adsorption in soil and humin isolated from it and compare the adsorption behavior of humin with soil with high organic matter (soil used to extract humin). Humin isolated by the International Humic Substances Society (IHSS) procedures. Adsorption isotherm experiments were performed in 0.01 M calcium chloride at different concentration of Pb (30 to 300 mg/L). FTIR and SEM methods were used to identify functional groups and adsorbent surface properties. Adaptation of data with adsorption models in both humin and high organic matter had a better fit with the Freundlich equation. The maximum adsorption obtained according to Langmuir model for humin and soil with high organic matter were equal to 114.94 and 89.28 mg/kg respectively. Humin had the highest lead uptake compared to soil, which could be due to the more oxygenated functional groups present in its structure.

Keywords: Freundlich, Humin, Isotherm, Langmuir, Lead

فهرست منابع

Bernal, M. P., Clemente, R., Walker, D. J. (2007). The role of organic amendments in the bioremediation of heavy metal-polluted soils, In Environmental Research at the Leading Edge, Ed. Gore, R.W., pp. 1–57. Nova Science Publishers Inc., New York.

Cang, L., Wang, Y. J., Zhou, D. M., Dong, Y. H. (2004). Heavy metals pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province, China. *Journal of Environmental Sciences*, 16(3), 371-374.

Jéssica, P. M., Guimarães, S. R. V., Isabela, M. R., Jacqueline, Z. L. (2020). Increase in Pb and Cd Adsorption by the Application of Peat in a Tropical Soil. *Water, Air and Soil Pollution*, 231 (3).

Jesus, A. M. D., Romão, L. P. C., Araújo, B. R., Costa, A. S., Marques, J. J. (2011). Use of humin as an alternative material for adsorption/desorption of reactive dyes. *Desalination*, 274(1-3), 13-21.

Sharma, P., Dubey, R. S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian journal of plant physiology*, 17 (1), 35-52.

Sparks D.L., Page A.L., Helmke P.A., Loeppert R.H., Soltanpour P.N., Tabatabai M.A., Sumner M.E. (1996). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Madison, WI.

Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, New York.

Strawn, D. G., Sparks, D. L. (2000). Effects of soil organic matter on the kinetics and mechanisms of Pb (II) sorption and desorption in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1), 144-156.

Walker, D. J., Clemente, R., Roig, A., Bernal, M. P. (2003). The effects of soil amendments on heavy metal bioavailability in two contaminated Mediterranean soils. *Environmental Pollution*, 122(2), 303-312.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

اثر تیمارهای لجن فاضلاب بر غلظت روی و نیکل در گیاه پیازچه

مریم نیک قدمی[۱]، امیر فتوت[۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد (marmarnikghadami@gmail.com)

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

با توجه به رشد جمعیت و تولید روز افزون ضایعات (پسماند) شهری، مخاطرات زیست محیطی این ضایعات یکی از مهمترین چالشهای امروزی اکثر شهرهاست که مطمئن ترین راه پیشگیری از انباشته شدن این مواد، افزودن آن به زمینهای کشاورزی است. کاربرد لجن فاضلاب شهری به عنوان منبع عناصر غذایی در زمین‌های کشاورزی رایج است. وجود برخی آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین موجود در لجن فاضلاب می‌تواند باعث آلودگی خاک و گیاهان کشت شده در آن شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین روی و نیکل، موجود در لجن فاضلاب و تجمع متفاوت آنها در خاک، اندام هوایی و ریشه گیاه پیازچه با آزمایشی گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تیمار شامل سطوح مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰) تن در هکتار لجن فاضلاب سطوح L1 تا L5 در سه تکرار انجام شد. نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد سطوح مختلف لجن فاضلاب تاثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر غلظتروی و نیکل گیاه پیازچه داشت به طوریکه با افزایش لجن فاضلاب غلظت فلزات قابل دسترس در ریشه و اندام هوایی گیاهان نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین و کمترین مقدار این دو فلز به ترتیب مربوط به تیمارهای L4 و C بود.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، لجن فاضلاب

مقدمه

آلودگی خاک به عنوان افزایش ترکیبات سمی، شیمیایی، نمکها، مواد رادیواکتیو و یا عوامل ایجاد بیماری تعریف می‌شود، که این ترکیبات تأثیر نامطلوبی بر رشد گیاهان و سلامت حیوانات دارند. آلودگی محیط توسط فلزات سنگین یا به صورت طبیعی و یا در اثر فعالیت‌های بشری بر اثر توسعه و گسترش شهرها، رشد و تکامل صنایع و فنآوری اتفاق می‌افتد (هایز و همکاران، ۱۹۹۰). از جمله این فعالیت‌ها که سبب آلودگی محیط به فلزات سنگین می‌شوند مصرف لجن حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها به عنوان بارورکننده‌ی خاک، می‌باشد (تسلالیداس و همکاران، ۱۹۹۵). با توجه به رشد جمعیت و تولید روز افزون ضایعات (پسماند) شهری، مخاطرات زیست محیطی این ضایعات یکی از مهمترین چالش‌های امروزی اکثر شهرهاست که مطمئن‌ترین راه پیشگیری از انباشته شدن این مواد، افزودن آن به زمین‌های کشاورزی است. این امر بخصوص در کشورهایی با آب و هوای خشک بدلیل کمبود مواد آلی خاک بیشتر مورد توجه می‌باشد. با توجه به رشد جمعیت و تولید روز افزون ضایعات (پسماند) شهری، مخاطرات زیست محیطی این ضایعات یکی از مهمترین چالش‌های امروزی اکثر شهرهاست که مطمئن‌ترین راه پیشگیری از انباشته شدن این مواد، افزودن آن به زمین‌های کشاورزی است. این امر بخصوص در کشورهایی با آب و هوای خشک بدلیل کمبود مواد آلی خاک بیشتر مورد توجه می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که فلزات سنگین مهم‌ترین آلاینده مضر در پساب‌های شهری است و آبیاری با این پساب‌ها باعث افزایش مقدار آن در گیاهان به خصوص سبزیجات و خاک می‌شود. گیاهان مختلف مقادیر متفاوتی از فلزات سنگین را در خود انباشته می‌کنند که در بخش‌های مختلف میزان تجمع متفاوت می‌باشد (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به توصیه‌های وزارت کشاورزی مبنی بر مصرف کمتر کودهای شیمیایی، به منظور پیشگیری از آلودگی محیط زیست و همچنین با توجه به دلایل اقتصادی که کشاورزان را به مصرف بیشتر کودهای آلی ترغیب می‌نماید، بررسی اثر لجن فاضلاب بر خاک از اهمیت خاصی برخوردار شده است (واثقی و همکاران، ۱۳۸۰). با گذشت چند سال از تاسیس تصفیه خانه فاضلاب مشهد که لجن فاضلاب فراوانی تولید می‌گردد، به نظر می‌رسد قبل از انجام هرگونه توصیه به کشاورزان منطقه برای استفاده از این ماده، تاثیر آن بر رشد سبزیجات و ترکیب شیمیایی و میزان آلودگی آن به ویژه از نظر غلظت‌های فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گیرد. با توجه به نقش سبزیجات در رژیم غذایی مردم

[A] Commented [۱]: اشاره کنید به صنعتی شدن شهرها و ایجاد کارخانجات صنعتی

[A] Commented [۲]: فارسی بنویسید

[A] Commented [۳]: مقدار ذکر گردد.

[A] Commented [٤]: نام تیمارها را بنویسید و علامت تیمار را حذف کنید

[A] Commented [٥]: فرمت کنگره تایپ اسامی نویسندگان به صورت انگلیسی است در کل متن اصلاح کنید

[A] Commented [٦]: جملات تکراری است

ایران و نیاز به مطالعه بیشتر کاربرد لجن فاضلاب بر روی سبزی‌هایی که مصرف تازه‌خوری دارند انجام مطالعات در این زمینه ضروری می‌باشد. زیرا نگرانی در مورد افزایش اثرات مربوط به غلظت فلزات سنگین در گیاه و خاک و همچنین جذب این فلزات توسط این گروه از سبزیجات وجود دارد. بنابراین لازم است همواره تاثیر مصرف لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی مورد پایش قرار گیرد تا ضمن تولید گیاهان سالم، از آلودگی خاک و رشد گیاهان کمک کرده باشیم و نیز آلودگی خاک نیز جلوگیری شود

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده در این مطالعه از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی شهر مشهد با رده بندی Typic Haplocalsids و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری جمع آوری شد. پس از هوا خشک کردن خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده و سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در خاک حاصل اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (جی ویائودر، ۱۹۸۶)، pH خاک توسط دستگاه pH متر و در گل اشباع، مقدار هدایت الکتریکی خاک توسط دستگاه EC متر و در عصاره گل اشباع، نیتروژن کل توسط دستگاه کجلدال (برمنر و مولوانی، ۱۹۳۲)، پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیوم (چاپمن، ۱۹۶۵) و توسط دستگاه فلیم فتومتر، فسفر قابل دسترس به روش اولسن و همکاران (۱۹۸۲)، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک (۱۹۳۴)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (لئوپرت و سوارز، ۱۹۹۶)، رطوبت ظرفیت مزرعه به روش گلدانی و مقدار کل اولیه فلزات در خاک به روش تیزاب سلطانی اندازه گیری شد (مک گراس و کانلایف، ۱۹۸۵). تعیین غلظت قابل استفاده عناصر سنگین در خاک نیز با استفاده از عصاره گیر DTPA انجام شد (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸).

آماده سازی لجن فاضلاب: pH لجن فاضلاب در عصاره ۱ به ۵ لجن به آب اندازه گیری شد (سینگ و آگراول، ۲۰۱۰)، قابلیت هدایت الکتریکی لجن نیز در نسبت ۱ به ۵ لجن به آب اندازه گیری شد (سینگ و آگراول، ۲۰۱۰)، کربن آلی لجن روش والکی و بلک (۱۹۳۴)، نیتروژن کل توسط دستگاه کجلدال (برمنر و مولوانی، ۱۹۳۲)، پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم (چاپمن، ۱۹۶۵) و توسط دستگاه فلیم فوتومتر، فسفر قابل دسترس به روش اولسن و همکاران (۱۹۸۲) و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر، و مقدار کل اولیه فلزات در لجن به روش تیزاب سلطانی اندازه‌گیری شد (مک گراس و کانلایف، ۱۹۸۵).

تیمارهای آزمایش: جهت انجام این تحقیق، چهار تیمار لجن فاضلاب که شامل: مقادیر متفاوتی از لجن (صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ تن بر هکتار) معادل (C=۰، L1=۰/۳۸، L2=۰/۷۶، L3=۱/۵۳، L4=۳/۰۷) درصد لجن فاضلاب در سه تکرار انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و لجن فاضلاب

ویژگی‌های شیمیایی لجن و خاک	لجن	خاک	واحد
بافت خاک	-	لوم	-
pH	۷/۴۶	۷/۸۷	-
هدایت الکتریکی (ECe)	۴/۰۸	۰/۲۴	دسی زیمنس بر متر
کربن آلی (OC)	۱/۳۰	۰/۹۵	درصد
فسفر قابل دسترس	۹۲۵	۵	میلی گرم بر کیلوگرم
نیتروژن کل	۴/۵	۱/۰	درصد
پتاسیم کل	۱۹۶۵	۲۴۸	میلی گرم بر کیلوگرم
کربنات کلسیم معادل	-	۱۹/۶	درصد

[A VCommented]: ؟؟

جدول ۲- غلظت فلزات سنگین کل و DTPA خاک قبل از افزودن لجن فاضلاب

پارامتر	واحد	DTPA	کل
روی	mg/kg	۳۴/۹۱	۱۱۲/۳۴
نیکل	mg/kg	۳/۱۲	۱۴/۹۵

جدول ۳- غلظت فلزات سنگین خاک بعد از افزودن لجن فاضلاب به خاک و غلظت فلزات کل لجن فاضلاب

پارامتر	واحد	خاک	لجن	[1]حد مجاز فلزات لجن	[3]حد مجاز فلزات خاک	[2]حد مجاز فلزات گیاه
روی	mg/kg	۱۴۰/۱۲	۴۰۶/۶۰	۲۸۰۰	۳۰۰	۶۰
نیکل	mg/kg	۱۷/۵۶	۴۵/۳۵	۴۲۰	۷۵	۱۰

[1]حدود مجاز بر اساس آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (United State Environmental Protection Agency)

[2]سازمان جهانی سلامت (World Health Organization) و سازمان کشاورزی و غذای جهانی(Food and Agriculture Organization)

[3]سازمان حفاظت محیط زیست (Department of Invironment)

نتایج و بحث

غلظت فلزات روی و نیکل در ریشه و اندام هوایی گیاه پیازچه در جدول زیر ارائه شده است

جدول ۴- غلظت روی و نیکل در اندام هوایی و ریشه پیازچه (میلی گرم بر کیلوگرم)

تیمارها	غلظت روی در اندام هوایی	غلظت روی در ریشه	غلظت نیکل در اندام هوایی	غلظت نیکل در ریشه
شاهد	۱۱/۵۳^{e}	۲۳/۰۶^{e}	۰/۶۱^{d}	۰/۷۵ ^{c}
L1	۱۳/۷۰^{d}	۲۱/۴۷^{d}	۰/۷۰^{cd}	۰/۷۹ ^{c}
L2	۲۰/۸۸^{c}	۴۱/۷۶^{c}	۰/۸۸^{c}	۱/۴۴ ^{b}
L3	۳۳/۱۶^{b}	۶۶/۳۲^{b}	۱/۵۴^{b}	۱/۶۱ ^{b}
L4	۴۱/۰۳^{a}	۸۲/۱۶^{a}	۲/۱۳^{a}	۳/۷۲ ^{a}

روی: نتایج مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف لجن بر غلظت عنصر روی در بخش هوایی و ریشه پیازچه در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق این نتایج، سطوح مختلف لجن به کار برده شده باعث افزایش معنی‌دار($p<0.01$) (غلظت روی در بخش هوایی و ریشه پیازچه شد. بیشترین و کمترین غلظت مس در بخش هوایی و ریشه پیازچه در تیمارهای L4 و C بود. در بخش هوایی و ریشه پیازچه تفاوت معنی‌داری بین تمامی سطوح مشاهده شد. مقدار روی در بخش هوایی تربچه در تمامی تیمارها و در ریشه ریحان در تیمارهای C و L1 و L2 و L3 از حد مجاز ارائه شده (۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) توسط سازمان جهانی سلامت کمتر بود. همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است افزایش غلظت روی در تمامی سطوح لجن فاضلاب به خصوص در تیمارهای L4 و L3، برای گیاه مشهود است و علت آن می‌تواند مقدار زیاد کل فلز روی در خاک و لجن فاضلاب باشد. تندی و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی غلظت روی و مس در سبزیجات برگی در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب، افزایش غلظت روی در سبزیجات مورد مطالعه شان ارائه دادند. آنها همچنین سمیت گیاهان به فلز روی را نیز گزارش دادند. سینگ و اگراول (۲۰۰۷) نشان دادند با افزایش غلظت روی در خاک میزان روی در بخش هوایی و ریشه گوجه فرنگی افزایش می‌یابد که علت آن می‌تواند ناشی از مقدار کل فلز روی در خاک باشد آنها همچنین بیان کردند که میزان غلظت روی با یک واحد کاهش pH خاک ۱۰۰ برابر افزایش می‌یابد و به میزان زیادی در دسترس گیاه خواهد بود

Commented [A۸]: فارسی

Commented [A۹]: شما روی پیازچه کار کردید. ریحان و تربچه ز کار شما نبود

نیکل: نتایج مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف لجن بر غلظت عنصر نیکل در بخش هوایی و ریشه پیازچه در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق این نتایج، سطوح مختلف لجن به کار برده شده باعث افزایش معنی‌دار ($p<0.01$) (غلظت نیکل در بخش هوایی و ریشه پیازچه شد. بیشترین و کمترین غلظت نیکل در بخش هوایی و ریشه پیازچه در تیمارهای L4 و C بود. در بخش هوایی پیازچه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای L1 و C و دو تیمار L2 و L1 و در ریشه پیازچه نیز بین تیمارهای C و L1، L2 و L3 مشاهده نشد. مقدار نیکل در بخش هوایی و ریشه پیازچه در تمامی تیمارها از حد مجاز ارائه شده (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) توسط سازمان جهانی سلامت کمتر بود. افزایش غلظت نیکل در تمامی سطوح لجن فاضلاب، برای گیاهان مشهود است. چانر و همکاران (۱۹۸۰) با مطالعه قابلیت زیستی و جذب فلزات سنگین توسط سبزیجات در شرایط مزرعه تحت تیمارهای مختلفی از لجن فاضلاب، افزایش غلظت فلزات از جمله نیکل در اندام هوای گیاه را گزارش دادند. گزارش‌های آنها حاکی از افزایش کمتر غلظت این فلز نسبت به دیگر فلزات در سبزیجات مورد مطالعه بود. شنگلی ونگ و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تجمع و قابلیت زیستی مس و نیکل در خاک های آلوده به لجن فاضلاب تحت کشت گیاه گندم نیز گزارش کردند قابلیت زیستی نیکل فقط به غلظت این عنصر در خاک بستگی ندارد و به خصوصیات دیگر خاک از جمله pH و همچنین واکنش بین خاک و گیاه و دیگر عوامل محیطی وابسته است. با توجه با کاربرد سطوح مختلف لجن فاضلاب و کاهش pH خاک و در پی آن افزایش حلالیت عنصر نیکل، تحرک این عنصر در خاک بالا بوده و براحتی جذب گیاه می‌شود. برمن و همکاران (۲۰۰۰) نیز با بررسی ارزیابی تحرک و قابلیت زیستی برخی از فلزات سنگین در لجن فاضلاب و گونه بندی آنها گزارش کردند که فلز نیکل در خاک های اسیدی معمولا به شکل محلول و تبادلی بوده و براحتی جذب گیاه می‌شود.

نتیجه گیری: این پژوهش نشان داد که تیمارهای مختلف لجن فاضلاب بر غلظت روی و نیکل در گیاه پیازچه اثرگذار است. نتایج به دست آمده بیانگر افزایش غلظت فلز روی و نیکل در دو بخش هوایی و ریشه این گیاه بود بطوریکه بیشترین و کمترین مقدار این دو فلز به ترتیب مربوط به تیمارهای L4 و C بود. در گیاه مورد مطالعه فلز روی در دو تیمار L3 و L4 بیشتر از حد مجاز ارائه شده بود ولی فلز نیکل در تمامی تیمارها از حد مجاز ارائه شده کمتر بود. بنابراین تیمارهایی از لجن فاضلاب که مقادیر کمتری از لجن را دارا هستند، میتوانند به عنوان کود کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرند این در حالی است که اگر بطور مکرر و در مقادیر بالا در خاک استفاده شود ممکن است خطرات زیست محیطی را به دنبال داشته باشد.

طبق بررسی‌های انجام شده در این تحقیق، بنظر می‌رسد مقادیر مختلف لجن نقش بسیار مهمی در برخی خصوصیات خاک و گیاه دارد

فهرست منابع

واثقی، س.، ح، شریعتمداری، م، افیونی، م، مبلی. ۱۳۸۰. اثر لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان کاهو و اسفناج در خاک های با pH متفاوت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۲ (۳): ۱۲۵ تا ۱۴۲.

Barman, S.C., Sahu, R.K., Bhargava, S.K., Chaterjee, C. (2000). Distribution of heavy metals in wheat, mustard, and weed grown in field irrigated with industrial effluents. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64: 489–496.

Chapman, H.D.(1965). Cation exchange capacity.In: C. A. Black C. A. (ed.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. 891-901.

Chao, W,. Xin, H., Mao-Lin, C., YunHai, Wu. (2005). Total concentrations and fractions of Cd, Cr, Pb, Cu, Ni and Zn in sewage sludge from municipal and industrial wastewater treatment plants. *Journal of Hazardous Materials*, 119: 245–249.

Codex alimentarius Commission. (2007). Joint FAO/WHO food standards programme: Geneva, WHO

Hayes, A.R. 1990. Trrigation of tarfygrass with secondry sewage effluent.I .*Soil and leachate water quality, Agron.J.* 82: 939-943.

Loeppert, R. H. and Sparks, D. L. 1996. Carbonate and gypsum.: D. L. Sparks, D.L. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part3 chemical methods. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 437-474.

Commented [A۱۰]: فارسی

Lindsay, W.L., Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and coppe. *Soil*
Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part1 chemical and biological properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 4013-430
Singh, R.P., and Agrawal, M. 2010. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 632-641.
Singh, R.P., Agrawal, M. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Manage*, 28:347–358.
Tandi, N.K., Nyamangara, J., Bangira, C. 2004. Environmental and Potential Health Effects of Growing Leafy Vegetables on Soil Irrigated Using Sewage Sludge and Effluent: A Case of Zn and Cu. *Environmental Science and Health*, 3: 461-471.
Tsadilas, C.D., T. Matsi, N. Barbayiannis, and Dimoyiannis. 1995. Influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metals fraction Commun. *Soil Scieence Plant Analysis*, 26: 2603-2619.
USEPA. 2019. Land application of sewage sludge. A guide for land applies on the requirement of the Federal standards for the use or disposal of sewage sludge, 40 CFR 503. Washington, DC:EPA.
Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38.
Wang, X. Chen, T. Ge, Y., and Jia, Y. 2008. Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors, *Hazard Mater*, 160: 554-555.

Effect of sewage sludge treatments on zinc and nickel concentrations in Scallion

[1]phd. Student, Dept. of Soil Science, University of Mashhad
[2]Professor, Dept. of Soil Science, University of Mashhad

Abstract

According to the population growth and increasing production of urban waste, environmental hazards of these wastes are on of the most important challenges in most cities that the safest way to prevent them from accumulating is to add them to the agriculture lands. The presence of some contaminants such as heavy metals in sewage sludge can contaminate the soil and plants grown in it. The aim of this study was to investigate the concentration of heavy metals zinc and nickel in wastewater sludge and their different accumulation in soil, shoots and roots of Scallion with a pot experiment in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. The experiment was performed in a completely randomized design with three replications. Sewage sludge was consumed at five levels (0, 10, 20, 40, 80 t ha-1) during plant growth. The results indicated that the use of the sewage sludge in different treatments levels had significant impact ($p<0.01$) on the concentration of zinc and nickel in Scallion plant, so that with increasing sewage sludge, the concentration of available metals in roots and shoots of plants increased compared to control. The highest and lowest values of these two metals were related to L4 and C treatments, respectively.

Keywords: Soil pollution, heavy metals, sewage sludge

کادمیم، آهک و اثرات متقابل آنها بر شاخص های پویایی نیتروژن

سامراه طهماسی

*کار*شناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان
Sameratahmasi@gmail.com

چکیده

آلودگی خاک و آب به وسیله عناصر سمی موضوع بسیار مهمی است، چرا که آلودگی این اکوسیستم‌ها به طور مستقیم و غیر مستقیم سلامت انسان، حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم ها را به مخاطره می‌اندازد. کارشناسان محیط زیست در بسیاری از نقاط دنیا مطالعات زیادی در مورد اثرات عناصر سنگین روی محیط و انسان انجام داده‌اند و کادمیم را به خاطر اثر مسموم کننده‌ای که در انسان و موجودات دیگر ایجاد می‌کند یک عامل آلوده کننده محیط دانسته و جزء فلزات سمی طبقه‌بندی می‌کنند. جذب کادمیم توسط ریشه گیاهان بستگی به اشکال شیمیائی کادمیم در محلول خاک ریزوسفر دارد. این عنصر به خاطر اثرات سمی بالقوه آن بر فعالیت و ترکیب موجودات زنده خاک در چند دهه گذشته بسیار مورد توجه قرار گرفته است. گرچه اثرات بازدارندگی این فلز بر فعالیت میکروبی کاملاً محرز و مشخص است، اما شدت این اثرات به شرایط و وضعیت خاک، بویژه میزان آهک، بستگی دارد. هدف مطالعه حاضر بررسی اثر کادمیم بر شاخص های پویایی نیتروژن است. این آزمایش به صورت فاکتوریل ۵×۲ شامل دو فاکتور کادمیم در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و آهک در دو سطح (بدون آهک و با ٪۵ آهک) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا گردید. عکس‌العمل شاخص های پویایی نیتروژن به تیمارهای کادمیم و آهک طی ۱۰ هفته انکوباسیون مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش کادمیم بر فعالیت این شاخص ها اثر منفی و معنی‌دار داشت. برای این شاخص مورد بررسی، افزودن آهک به خاک سبب شد تا از اثرات منفی و بازدارندگی کادمیم کاسته شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کادمیم نقش سمی و بازدارنده بر شاخص های پویایی نیتروژن خاک دارد و افزودن آهک می‌تواند کادمیم را به صورت غیر قابل جذب درآورد و از اثرات بازدارندگی آن تا حدی بکاهد.

کلمات کلیدی: نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن بیوماس، آهک، کادمیم، خاک.

مقدمه

یکی از مؤثرترین فاکتورهای مخرب محیط زیست و اجزای بیوسفر، آلودگی محیطی و به خصوص آلودگی به وسیله‌ی مواد شیمیایی از جمله عناصر سنگین فلزی است. در مزارع کشاورزی، آلودگی فلزات سنگین به خاطر تیمارخاک با پسابهای آلوده و استفاده بی‌رویه کودهای فسفاته حاوی کادمیم یک مساله مشکل‌ساز می‌باشد. دوام بلند مدت بیولوژیکی و باقی ماندن در خاک، سبب انباشته شدن این فلزات در زنجیره غذایی و در نتیجه تأثیرات منفی بالقوه برای سلامتی انسان می‌گردد. هر چند میزان سمی این عناصر در خاک به ندرت مشاهده می‌شود؛ اما فعالیتهای کشاورزی و صنعتی انسان نظیر استخراج معادن، فاضلاب‌های صنعتی واستفاده از کودهای فسفاته (دارای ناخالصی کادمیم) منجر به افزایش روز افزون این عناصر در خاک می‌شوند(علومی و کلانتری، ۱۳۸۲؛ زورنوزا و وازکووز[1]، ۲۰۰۲). در استرالیا و نیوزلند تجمع کادمیم در کلیه و کبد حیوانات چرنده گزارش شده است که آن را برای استفاده انسان نامناسب می‌سازد و روی تولید گوشت برای صادرات خارجی اثرات شدیدی گذاشته است(روبرتس[2] و همکاران، ۱۹۹۴). همچنین تجمع کادمیم در سیب زمینی، گندم و دانه‌های برنج مشکل جدی در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی به وجود آورده است(مورل[3]، ۱۹۹۷). عموماً یکی از راه‌های بهبود محیط زیست و جلوگیری از ورود عناصر سنگین به زنجیره غذایی انسان و دام کم کردن میزان دسترسی و فراهمی این فلزات برای گیاهان و ریز جانداران است. قابلیت دسترسی می‌تواند به وسیله گسترده وسیعی از مواد غیر آلی مانند آهک، ترکیبات فسفات(مانند آپاتیت) و همچنین مواد آلی مانند ترکیبات بیوسالید با کیفیت بالا در خاک کاهش یابد(کی‌ناکس[4] و همکاران، ۲۰۰۰؛ باستیا[5] و همکاران، ۲۰۰۱). برای کنترل بخشندگی فلزات به عنوان مثال کادمیم وارد شده به وسیله کود دهی در یک چراگاه می‌توان قابلیت دسترسی فلزات را از طریق شیمیایی و بیولوژیکی با استفاده از یک گستره وسیع از ترکیبات غیر آلی مانند آهک و ترکیبات فسفر و همچنین ترکیبات آلی مانند بیوسالیدها محدود کرد(باستیا و همکاران، ۲۰۰۱). از آنجا که گیاهان تقریباً کل نیتروژن مورد نیاز خود را از ترکیبهای معدنی آن یعنی املاح آمونیاکی به ویژه نیترات‌ها تأمین می‌کنند و اکثر مواد آلی نیتروژن دار برای آنها قابل استفاده نیستند، معدنی شدن نیتروژن آلی یکی از مهمترین مراحل چرخه نیتروژن محسوب می‌شود. کادمیم یکی از عناصر سنگین و سمی است که به علت توانائی بالقوه در آسیب رسانی به میکروارگانیسم های خاک، تغییر در جمعیت میکروبی خاک و اثر منفی بر اعمال حیاتی آنها مانند معدنی شدن نیتروژن در چند دهه گذشته از نظر مسائل زیست– محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعات انکوباسیون آزمایشگاهی کادمیم همواره اثر بازدارندگی بر فرآیند معدنی شدن نیتروژن داشته است. اما، اثر بازدارندگی بسته به نوع خاک و شرایط آزمایش متفاوت است. لیانگ و طباطبائی (۱۹۷۸) غلظت ۵۶۲ میلی‌گرم کادمیم را برای جلوگیری از نیتریفیکاسیون گزارش کردند، در حالی که محققان دیگر حتی غلظت کمتر از این (۵۰۰mg/kg)را جهت جلوگیری از این فرآیند گزارش کرده‌اند. شواهد نشان می‌دهد که کادمیم حتی با غلظت ۲mg/kg در خاک با pH = ۶/۶نیتریفیکاسیون را به میزان ٪ ۱۴ کاهش داده است. همچنین گزارشهایی وجود دارد که نشان می‌دهند کادمیم با غلظت ۱۰mg/kg اثر افزایشی وتحریکی و با غلظت ۱۰۰mg/kg اثر بازدارنده کاهشی بر نیتریفیکاسیون هم در خاکهای آهکی و هم در خاکهای غیر آهکی داشته است. با این حال، اثر کادمیم بر پویائی نیتروژن خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، به ویژه به طور کمی و کیفی هنوز مشخص نشده است.

1. Zornoza & vazquez
2. Roberts .
3. Morel
4. Knox .
5. Bstia .

مواد و روش‌ها

یک خاک مرتعی واقع در منطقه گدار کبک شهرستان بروجن از استان چهارمحال و بختیاری که دارای مقادیر کمتر از ٪۵ آهک بود، جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. خصوصیات اقلیم منطقه به شکل زیر می‌باشد:

- ✓ میانگین درجه حرارت سالانه ^{o}C ۹/۱.
- ✓ بارندگی متوسط سالانه ۱۴۳۳/۹ میلی‌متر.
- ✓ خاک مورد بررسی *Pachic Haploxerolls* طبقه‌بندی شده است.

نمونه‌برداری از خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) به صورت زیگزاک انجام گرفت و یک نمونه مرکب ۲۰ کیلوگرمی از خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد.

جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک مورد استفاده در آزمایش

خصوصیت	خاک
شن (٪)	۱۰
سیلت (٪)	۳۷
رس (٪)	۵۳
بافت	رسی
آهک (٪)	۴/۲۵
pH	۶/۹۵
EC (dSm^{-1})	۰/۳۱
CEC ($cmol\ c^{+}\ kg^{-1}$)	۴۲/۲
N (%)	۰/۱
P ($mg\ kg^{-1}$)	۱۲۰/۸
K ($mg\ kg^{-1}$)	۳۵۰
OC (%)	۰/۵
C/N	۵
کادمیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	۱/۵
کادمیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۱۲

برای به تعادل رسیدن خاک با کادمیم اضافه شده، حدود ۱۰۰ گرم خاک هوا خشک توزین شد و به داخل قوطی‌های ۷۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. تیمارهای مختلف کادمیم با استفاده از نمک سولفات کادمیم[6] به صورت محلول به خاک‌ها اضافه شد و یک ماه در آزمایشگاه قرار داده شدند. در هفته سوم تیمارهای ٪۵ آهک[7] به صورت $Ca(OH)_2$ اعمال گردید. سپس قوطی‌ها جهت انجام آزمایشات بیولوژیکی در انکوباسیون در درجه حرارت۱± ۲۵ درجه سانتیگراد خوابانده شدند.

اندازه‌گیری معدنی شدن نیتروژن و مقدار نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی

معدنی شدن نیتروژن به صورت میزان نیتروژن معدنی اضافه شده در طی انکوباسیون خاک اندازه‌گیری و محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری این پارامتر میزان آمونیوم و نیترات پس از عصاره‌گیری با کلرید پتاسیم به دو روش اندازه‌گیری و نتایج آنها پس از تبدیل به نیتروژن با هم جمع شدند و از تیمارهای مختلف که از ماه قبل با کادمیم به تعادل رسیده بودند استفاده شد (جارهای پلاستیکی حاوی ۱۰۰ گرم خاک از هر تیمار) و همانند آزمایش کربن و به طور جداگانه در انکوباتور قرار داده شده بودند. این آزمایش برای ۱۰ هفته متوالی صورت گرفت؛ به حدود ۶ گرم خاک از هر تیمار، ۵۰

6. $CdSO_4{,}8/3H_2O$
7. $Ca(OH)_2$

سی سی کلرور پتاسیم ۱ مولار اضافه شد و به مدت نیم ساعت بر روی دستگاه همزمن الکتریکی[8] قرار داده شد و پس از صاف شدن عصاره‌ها، مقدار نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی به روش رنگ سنجی[9] به ترتیب در طول موج ۶۶۰ و ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (آلف و نانیپیری[10]، ۱۹۹۵).

$$NH_4 - N \quad or \quad NO_3 - N(mg\ \ kg^{-1}) = \frac{C*V}{W}$$

که در آن :

C: غلظت $NH_4 - N$ یا $NO_3 - N$ تصحیح شده (از روی نمودار واسنجی)

V : حجم نهایی محلول

W : وزن خاک خشک است.

در پایان، میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی بصورت زیر محاسبه گردید:

$$N_{\min}(mg\ \ kg^{-1}) = (NH_4 - N) + (NO_3 - N)$$

اندازه گیری سرعت معدنی شدن نیتروژن و سرعت آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون

جهت تعیین سرعت معدنی شدن نیتروژن ، سرعت آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون از مقادیر نیتروژن معدنی شده و آمونیوم و نیترات هر کدام به طور جداگانه استفاده شد.

برای مثال سرعت معدنی شدن نیتروژن (NMR) از رابطه زیر استفاده شد:

$$NMR(mg\ \ N\ \ kg^{-1}d^{-1}) = \frac{N_{\min}70 - N_{\min}0}{70} \qquad (۳-۵)$$

که در آن:

NMR: سرعت معدنی شدن نیتروژن خاک

$N_{\min}70$: نیتروژن معدنی شده در کل ۷۰ روز

$N_{\min}1$: نیتروژن معدنی شده در ابتدای آزمایش است.

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس کادمیم، آهک و اثرات متقابل آنها بر شاخص های پویایی نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	Nmin ($mgNkg^{-1}$)	NO3-N ($mgNkg^{-1}$)	NH4-N ($mgNkg^{-1}$)	MBN ($mgNkg^{-1}$)
کادمیم	۴	۴۵۱/۵۲***	۱۴۶۶/۷۵***	۱۲۸/۲۵***	۶۹/۶۳***
آهک	۱	۶۲۳/۴۳***	۲۱۵۲/۵۵***	۱۶۲/۹۴***	۲۹/۲۳***
کادمیم × آهک	۴	۱۳/۵۳***	۶۱/۴۴***	۲/۹۱*	۳/۰۲۵*

8. .Shaker
9. Colorimetry
10. Alef and Nannipieri

n.s ، p<0.001 =*** ،p< 0.01=** ،p< 0.05=* غیر معنی دار

Nmin، معدنی شدن نیتروژن، *NO3-N*، نیتروژن نیتراتی ، *NH4-N*، نیتروژن آمونیاکی و *MBN*، نیتروژن بیوماس بر حسب میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک.

جدول (۳) نتایج مقایسه میانگین شاخص های پویایی نیتروژن

آهک	کادمیم (mgC/kg)	NH4-N (mgN/kg)	Nmin (mgN/kg)	NO3-N (mgN/kg)	MBN (mgN/kg)
L-	۰	۳۸۹/۸۹ b	۸۰۲/۵۸ c	۴۱۲/۶۹ d	۶۲/۸۱ ab
	۵۰	۲۷۶/۷۵ de	۶۴۱/۴۲ e	۳۶۴/۶۷ f	۴۳/۹۲ cd
	۱۰۰	۲۳۵/۴۱ efg	۵۱۳/۹۲ ef	۲۷۸/۵۱ h	۱۶/۹۴ fg
	۱۵۰	hi۱۸۶/۶۳	۴۰۹/۴۱ h	۲۲۸/۷۸ l	۶/۲۳ g
	۲۰۰	۱۵۶/۱۹ ij	۳۵۳/۱۹ i	۱۹۷/۰۰ m	۸/۹۱ fg
+L	۰	۴۵۰/۱۴ a	۱۰۴۳/۸ a	۵۹۳/۶۹ a	۶۹/۸۰ a
	۵۰	۳۲۷/۰۹ c	۷۶۱/۵۰ cd	۴۳۴/۴۲ c	۷۰/۷۲ a
	۱۰۰	۲۷۹/۱۰ de	۷۲۱/۲۱ d	۴۴۲/۱۱ c	۳۲/۴۶ de
	۱۵۰	۲۲۱/۲۹ fgh	۵۳۷/۷۳ e	۳۱۶/۴۴ g	۱۷/۸۵ efg
	۲۰۰	۱۹۸/۸۳ ghi	۴۶۲/۷۶ fg	۲۶۳/۹۳ hi	۱۸/۷۰ efg

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مندرج در جدول(۲) اثر کادمیم و آهک و نیز اثر متقابل کادمیم و آهک بر معدنی شدن نیتروژن معنی‌دار گردید($p<۰,۰۰۱$). با توجه به جدول(۳) در سطوح بدون آهک و با آهک با افزایش مقدار کادمیم از مقدار این صفت کاسته می‌شود و مقدار این صفت در حالت با آهک نسبت به بدون آهک افزایش یافته است که بین این مقادیر اختلاف معنی‌داری وجود دارد. پس با افزودن آهک از اثر سمیت کادمیم بر این صفت کاسته شده است. دوئلمن[11] و همکاران(۱۹۸۴) ولی[12] و همکاران(۱۹۹۴) عنوان کردند که به طور کلی فلزات سنگین اقدامات بازدارنده‌ای را در میکرو ارگانیسم‌های خاک توسط جابجایی یونهای فلزی ضروری، مسدود کردن گروههای ضروری و یا با تغییر در ترکیب فعال مولکولهای زیستی به وجود می‌آورند. آملینگر[13] و همکاران(۱۹۹۵)، مینیچ[14] و همکاران(۱۹۸۶) و روتر[15] و همکاران(۱۹۸۲) نتیجه‌گیری کردند که فعالیت میکرو ارگانیسم‌های خاک کاهش می‌یابد و نتیجه این کاهش در ازت قابل جذب بیشتر از ازت معدنی و اکسیداسیون مشاهده می‌شود .آدریانو (۲۰۰۱) و ویگ[16] و همکاران (۲۰۰۳) عنوان کردند که کادمیم جمعیت و شدت فعالیت موجودات زنده در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و معمولاً سبب اختلال در فعالیت کلی این موجودات می‌شود. جدول(۲) نشان می‌دهد اثر کادمیم و آهک و نیز اثر متقابل کادمیم و آهک بر نیتروژن نیتراتی معنی‌دار گردید ($p<۰,۰۰۱$). این در حالی است که با توجه به جدول(۳) با افزایش غلظت کادمیم، نیتروژن نیتراتی در هر دو تیمار با آهک و بدون آهک کاهش یافته و بین این مقادیر در سطوح بالای کادمیم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد؛ مقدار این صفت در حالت با آهک نسبت به بدون آهک در سطوح مختلف کادمیم دارای بیشترین مقدار است و بین این مقادیر در هر حالت اختلاف معنی‌داری وجود دارد که نشان دهنده اثر افزودن آهک بر کاهش سمیت کادمیم بر نیتروژن نیتراتی است. لیانگ و طباطبائی (۱۹۷۸) غلظت ۵۶۲ میلی‌گرم کادمیم را برای جلوگیری از نیتریفیکاسیون گزارش کردند، در حالی که محققان دیگر حتی غلظت کمتر از این(*mg/kg* ۵۰۰) را جهت جلوگیری از این فرآیند گزارش کرده‌اند. شواهد نشان می‌دهد که کادمیم حتی با غلظت *mg/kg* ۲ در خاک با $pH = ۶/۶$ نیتریفیکاسیون را به میزان ٪۱۴ کاهش داده است. همچنین گزارشهایی وجود دارد که نشان می‌دهند کادمیم با غلظت *mg/kg* ۱۰ اثر

11. Doelman
12. Li
13. Amlinger
14. Minnich
15. Rother
16. Vig

افزایشی وتحریکی و با غلظت *mg/kg* ۱۰۰ اثر بازدارنده کاهشی بر نیتریفیکاسیون هم در خاک‌های آهکی و هم در خاک‌های غیر آهکی داشته است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مندرج در جدول(۲) اثر کادمیم و آهک ($p<۰,۰۰۱$) و نیز اثر متقابل کادمیم و آهک ($p<۰,۰۵$) بر مقدار نیتروژن آمونیاکی معنی‌دار گردید. با توجه به جدول(۳) در حالت با آهک نیز با افزایش مقدار کادمیم از مقدار نیتروژن آمونیاکی کاسته می‌شود ولی این صفت در حالت با آهک نسبت به حالت بدون آهک، دارای بیشترین مقدار است که بین این مقادیر در هر سطح از کادمیم اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مندرج در جدول (۲) اثر کادمیم و آهک ($p<۰,۰۰۱$) و نیز اثر متقابل کادمیم و آهک ($p<۰,۰۵$) بر مقدار نیتروژن بیوماس میکروبی معنی‌دار گردید. با توجه به جدول (۳) با افزودن آهک اگرچه با افزایش مقدار کادمیم از مقدار نیتروژن بیوماس میکروبی کاسته می‌شود ولی این صفت در حالت با آهک نسبت به حالت یدون آهک، دارای بیشترین مقدار است که بین این مقادیر در سطح بدون کادمیم(۰) و نیز ۱۵۰ و ۲۰۰ از کادمیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. در این راستا باردگت و لیمانز(۲۰۰۵) عنوان کردند که افزایش آهک به خاک چه برای اصلاح خاک و یا افزایش pH خاک منجر به ایجاد تغییراتی در واکنشهای شیمیایی و فرآیندهای میکروبیولوژی در خاک می‌شود. برای مثال، سبب تغییرات معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌ها، افزایش بیوماس میکروبی و گوناگونی و تغییر در ساختار موجودات زنده خاک می‌شود. نتایج مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهد که تیمارهای غیر آلی خاک (مانند آهک و ترکیبات فسفات و..) در مکان‌های آلوده به فلزات سنگین سبب کاهش مؤثر فراهمی این فلزات برای گیاهان می‌شود. در هر دو خاک تیمار شده با آهک و بدون آهک، افزایش سطوح مختلف کادمیم به خاک، شاخص های پویایی نیتروژن را کاهش می‌دهد که این کاهش متناسب با مقدار کادمیم خواهد بود؛ و نیز افزودن آهک به خاک از اثرات منفی کادمیم بر شاخص های پویایی نیتروژن می‌کاهد.

منابع

۱. علومی، ح؛ کلانتری، م.خ. ۱۳۸۲. اثر کادمیوم بر برخی پارامترهای رشد و القاء تنش اکسیداتیو در گیاه کلزا، پایان نامه.

1. Adriano, D.C. 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments; Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd edn. Springer, New York. 866 p.
2. Alef K. and Nannipieri P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press. New York. USA.
3. Alexander, A. 1994. Biodegradation and Bioremediation. Academic press.
4. Amlinger, F., Boltzmann, L., 1995. Biowaste compost and heavy metals: a danger for soil and environment. In: de Bertoldi, P.S.M., Lemmes, B., Papi, T. (Eds.), Proceeding of the International Symposium on the Science of Composting. Part I, 30 May–2 June 1995. Blakie Academic and Professional, Glasgow, UK.
5. Bastia, N.T. Gradwohl, R. Snethen, KL. Schroder, JL. 2001. Chemical immobilisation of lead, zinc and cadmium in smelter-contaminated soils using biosolids and rock phosphate. Journal of Environmental Quality. 30:1222- 1230.
6. Eivazi, F. and M. A. Tabatabai. 1990. Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. Soil Biol Biochem. 22: 891-897.
7. Knox, A.S., Seaman, J.C., Mench, M.J., Vangronsveld, J. 2000. Remediation of metal- and radionuclides-contaminated soils by in situ stabilization techniques. In 'Environmental restoration of metals-contaminated soils'. (Ed. IK Iskandar) pp. 21-60. (Lewis Publishers: New York).
8. Minnich, M.M., McBride, M.B. 1986. Effects of copper activity on carbon and nitrogen mineralisation in field-aged copper-enriched soils. Plant Soil 91: 231–240.
9. Rother, J.A., Nillbank, J.W., Thonton, I. 1982. Effects of heavy metal addition on ammonification and nitrification in soil contaminated with cadmium, lead and zinc. Plant Soil 69: 239– 258.
10. Vig, K., Megharaj, M., Sethunathan, R., Naidu. 2003. Bioavailability and toxicity of Cadmium to microorganisms and their activities in soil: a review. Advances in Environmental Research. 8: 121-135.
11. Zornoza,P, Vazquez, S. 2002. Cadmium stress in nodulated white Lupin: Strategies to avoid toxicity. Plant physiology & Biochemistry, 40: 1003-1009.

Cadmium, lime and their interactions on nitrogen dynamics indices

S. Tahmasi
M Sc, Department of of Soil Science, Khuzestan-Azad University of Science and Research, Ahvaz.

Abstract
Pollution of soil and water by toxic elements is a very important issue, because the pollution of these ecosystems directly and indirectly endangers the health of humans, animals, plants and microorganisms. Environmentalists in many parts of the world have done extensive research on the effects of heavy elements on the environment and humans, and have considered cadmium to be an environmental pollutant due to its toxic effects on humans and other organisms. They are classified as toxic metals. The uptake of cadmium by plant roots depends on the chemical forms of cadmium in the rhizosphere soil solution. This element has received a lot of attention in the last few decades due to its potential toxic effects on the activity and composition of soil organisms. Although the inhibitory effects of this metal on microbial activity are well established, the severity of these effects depends on the condition of the soil, especially the amount of lime. The aim of this study was to investigate the effect of cadmium on nitrogen dynamics indices. This 5 فا factorial experiment consists of two cadmium factors in five levels (zero, 50, 100, 150 and 200 mg / kg soil) and lime in two levels (without lime and with 5% lime) in the form of a complete design. Randomly performed in three replications in vitro. Reaction of nitrogen dynamics indices to cadmium and lime treatments during 10 weeks of incubation was evaluated. Based on the results of this experiment, cadmium had a negative and significant effect on the activity of these indicators. For this index, the addition of lime to the soil reduced the negative effects and inhibition of cadmium. The results of the present study showed that cadmium has a toxic and inhibitory role on soil nitrogen dynamics indices and the addition of lime can make cadmium unabsorbable and reduce its inhibitory effects to some extent.

Keywords: Ammonia nitrogen, Nitrate nitrogen, Biomass nitrogen, Lime, Cadmium, Soil.

ارزیابی برخی روش‌های استخراج عناصر سنگین از منابع آلی مختلف

پریسا مشایخی[1]، علیرضا مرجوی[2]

۱و۲- اعضای هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان ایران،Email: mashayekhi_enj@yahoo.com

چکیده

مواد آلی بسته به منبع، اغلب دارای مقادیر مختلفی از عناصر سنگین هستند؛ بنابراین اندازه‌گیری دقیق میزان فلزات سنگین در این ترکیبات از اهمیت بالایی برخوردار است. برای انجام این پژوهش ۲۰ نمونه ماده آلی مختلف شامل بقایای گیاهی، کود دامی، زباله‌های شهری و لجن فاضلاب در نظر گرفته شد. برای استخراج عناصر کروم، نیکل، سرب، کادمیوم، کبالت، مس، منگنز، روی و آهن، از نمونه‌های مورد نظر، پنج روش هضم شامل اسید نیتریک، هضم خشک، مخلوط اسید نیتریک و پرکلریک، اسیدسولفوریک و اسید سولفوسالیسیلیک، در سه تکرار مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که اسید نیتریک+پرکلریک و روش هضم خشک بهترین کارآیی را در استخراج عناصر کادمیوم، سرب و کروم داشتند. در مورد عناصر سرب و کادمیوم، نوع ترکیب آلی نیز بر عملکرد روش‌های هضم، موثر بوده است؛ به‌گونه‌ای که در مورد نمونه‌های کمپوست زباله و لجن فاضلاب اسید نیتریک+پرکلریک و در نمونه‌های کمپوست با منشا گیاهی و حیوانی، روش هضم خشک موفق‌تر عمل کرده است. در مورد عناصر نیکل، مس، منگنز، روی و آهن، در همه نمونه‌ها اسید سولفوسالیسیلیک بیشترین کارآیی را در استخراج این عناصر از نمونه‌های آلی داشت.

واژگان کلیدی: ضایعات آلی، روش هضم، عناصر سنگین

مقدمه

در سال‌های اخیر، مواد آلی به عنوان بهبود دهنده خاک در بخش کشاورزی مورد توجه بسیاری از کشاورزان و محققین این حوزه قرار گرفته است. بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته مواد آلی حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای عناصر غذایی پرمصرف شامل نیتروژن، پتاسیم و فسفر و نیز عناصر کم مصرف مانند مس، منگنز، روی و آهن هستند؛ ضمن این‌که این ترکیبات با دارا بودن میزان کربن آلی بالا، علاوه بر غنی‌سازی خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک از جمله بهبود تهویه خاک، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک و در کل بهبود شرایط فیزیکی خاک می‌شوند (Ingelmo *et al*., 2012 ؛Zhao *et al*., 2011).

در کنار تمام ویژگی‌های مثبتی که برای ترکیبات آلی ذکر شد، این مواد می‌توانند بسته به منبع، شامل مواد آلاینده معدنی و غیر معدنی متفاوتی باشد. حضور عناصر سنگین یکی از فاکتورهای بسیار مهم محدود کننده در ارتباط با مصرف مواد آلی در کشاورزی است (Zhao *et al*., 2011 ؛ Akram Qazi *et al*., 2009 ؛ Núñez *et al*., 2007). بنابراین اندازه‌گیری دقیق میزان عناصر مختلف به‌ویژه عناصر سنگین موجود در این ترکیبات جهت ارزیابی آن برای مصارف مختلف کشاورزی و محیط زیستی بسیار مهم است. روش‌های مختلفی برای هضم نمونه‌های خاک و بافت‌های گیاهی برای آنالیز عناصر سنگین وجود دارد. اما کمپوست دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بسیار متفاوتی نسبت به خاک و گیاه است. روش‌های مناسب برای هضم مواد آلی و آزاد سازی عناصر از نمونه‌های آلی، به دو روش عمده هضم تر با استفاده از مخلوط اسیدها و نیز هضم خشک از طریق خاکستر کردن ماده آلی می‌باشد (Zarcinas *et al*., 1987). آنالیز عنصری یک نمونه کمپوست مستلزم آن است که بخش آلی نمونه کاملا هضم شده و فلزات سنگین موجود در نمونه آزاد شوند (Hseu, 2004). در پژوهش‌های قبلی روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری غلظت کل فلزات در نمونه‌های خاک و رسوب حل شده با کمک مخلوط غلیظ اسیدهای غیر آلی در دمای بالا گزارش شده است (; Hossner, 1996; Chen and Ma, 1998; Hseu *et al*., 2002; Sastre *et al*., 2002). بیشتر روش‌های ارئه شده در پژوهش‌های موجود برای

هضم نمونه‌های کمپوست، شامل هضم با اسید نیتریک غلیظ، هضم خشک و استفاده از مخلوط اسید نیتریک-پرکلریک است که بر روی تعداد محدودی نمونه‌های آلی انجام شده است. این پژوهش با هدف ارزیابی چندین روش هضم برای استخراج عناصر سنگین از مواد آلی با تنوع زیاد شامل انواع مختلف کودهای دامی، فضولات طیور، بقایای گیاهی، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش ۲۰ نمونه ماده آلی مختلف شامل سه نمونه لجن فاضلاب شهری مربوط به تصفیه‌خانه‌های اصفهان و شاهین‌شهر، چهار نمونه کمپوست زباله شهری از شهرستان‌های اصفهان، لنجان، نجف آباد و زرین‌شهر، دو نمونه ورمی‌کمپوست، دو نمونه کمپوست بقایای گیاهی، انواع کود دامی شامل گاو، گوسفند، اسب و شتر و طیور شامل مرغ، شترمرغ، کبک و بلدرچین و یک نمونه نانو کمپوست با منشا گیاهی برای آزمایش در نظر گرفته شد. ابتدا نمونه‌ها هواخشک شده و پس از آسیاب شدن از الک ۱ میلی‌متری گذرانده شده و جهت آزمایش‌های بعدی در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. pH، Ec ، کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. قبل از هضم نمونه‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر عناصر سنگین، نمونه‌ها در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. برای استخراج عناصر سنگین پنج روش هضم شامل هضم با نیتریک اسید (Zheljazkov and Nielson, 1996)، هضم خشک(Issac and Kerber, 1971)، مخلوط اسید نیتریک و پرکلریک(AOAC, 1990)، اسیدسولفوریک و اسید سولفوسالیسیلیک (Jones and Case, 1990) در سه تکرار مورد استفاده قرار گرفت. عناصر سنگین شامل کروم، نیکل، سرب، کادمیوم، کبالت با استفاده از دستگاه ICP و عناصر آهن، مس، روی و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی در این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. مقادیر عناصر مختلف استخراج شده با روش‌های مختلف هضم در کمپوست‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

نمونه‌های ماده آلی مورد نطالعه از نظر ویژگی‌هایی مانند pH، Ec، کربن آلی و مقادیرعناصر غذایی در محدوده نسبتا وسیعی قرار داشتند. مقادیر pH اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های ماده آلی مورد مطالعه در محدوده ۵/۷۷ تا ۸ بودند که بیشترین میزان pH مربوط به کود شتر و کمترین مربوط به کود گوسفندی بود. مقادیر شوری اندازه‌گیری‌شده بین ۰/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر در کمپوست لجن فاضلاب شمال اصفهان تا ۲۳/۲ دسی‌زیمنس بر متر در کود شترمرغ متغیر بود. بیشترین مقدار کربن آلی در کمپوست کود بلدرچین و کمترین آن در لجن فاضلاب شهری اندازه‌گیری شد که به ترتیب معادل ۳۵/۳۹ و ۱۱/۵۱ درصد بوده است. بیشترین میزان فسفر مربوط به لجن فاضلاب شهری و کمترین آن مربوط به کود شتری بوده است و این روند برای پتاسیم کاملا برعکس بوده است. همچنین بیشترین میزان نیتروژن در نمونه کود بلدرچین (۵/۰۶ درصد) و کمترین آن در نمونه بیوکمپوست با مقدار ۰/۷ درصد اندازه‌گیری شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه روش‌های مختلف هضم به‌کار گرفته شده در این پژوهش و همچنین نوع منابع کمپوست که مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند، تاثیر بسیار معنی‌داری (در سطح ۰/۱ درصد) در استخراج عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، کروم، کبالت، مس، روی، آهن و منگنز از نمونه‌های مورد پژوهش داشتند (جدول ۱).

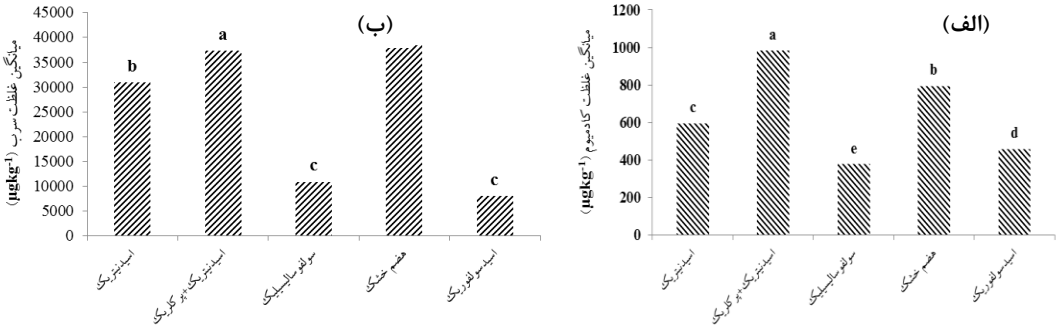
بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، از بین همه تیمارها و در همه روش‌های هضم مورد مطالعه تیمارهای کمپوست زباله اصفهان و کمپوست زباله لنجان به دلیل ماهیت آلاینده بودن این منابع، بیشترین مقادیر سرب و کادمیوم و کود بلدرچین کمترین میزان این عناصر را داشتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس روش‌های مختلف عصاره‌گیری در استخراج عناصر سنگین از منابع مختلف کمپوست

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		Cd	Pb	Ni
منابع مختلف آلی (a)	۱۸	۷۳۸۲۹۰۲***	۱۱۱۶۰۲۳۴۵۵۵***	۳۶۱۸۹۷۲۸۴۱***
روش عصاره¬گیری	٤	۳۵۱٦٤٤۸۰۵***	۱۲۱۶۰۴۲۰۶۲۲***	۹۹۴۱۵۹۳۸۳***
a*b	۷۲	۱۲۶۱۰۴۱۰۲***	۹۲۳۴۸۶۶۴۲/۴۲***	۱۸۹۴۸۳۵۹۲***
خطا	۱۹۰	٤۰۳/۵	۱۸۵۲۹۴/۷۱	۱۶۵۷۰/۶
ضریب تغییرات		۳/۱۴	۱/۷۲	۲/۱۶
		Cr	Co	Cu
منابع مختلف کمپوست	۱۸	۸۳۴۷۱۴۲۹۲۳***	۵۳۹۶۸۱۲۸/۱***	۱۹۶۷۸۴/۷۶***
روش عصاره¬گیری	٤	۲۵۱۸۸۳۱۶۴۸/۸***	۳۵۴۸۳۰۷۵/۹***	۲۵۰۳۴/۲۸***
a*b	۷۲	۱۳۰۵۱٤۳٦۹۳/۸***	۳۵۲۴۴۱۰***	۴۷۹۱/۲۷***
خطا	۱۹۰	۲۵۳۷۱٤/۲۵	۱۵۷۰۷۵۳	۵۸/۰۱
ضریب تغییرات		۱۷/٤۹	۲۱/۰۳	۶/۴۰
		Zn	Mn	Fe
منابع مختلف کمپوست	۱۸	۸۱۷۹۳/۳۹***	۵۳۰۲۹/۵۷***	۶۰۳۷۶۱/۴۶***
روش عصاره¬گیری	٤	۲۱۹۹۱۵/۳۸***	۴۴۳۹۰/۷۳***	۱۰۶۸۴۳۷۹/۵۴***
a*b	۷۲	۷۳۵۵/۱۸***	۲۰۴۵/۴۸***	۱۸۸۳۲۶/۹۶***
خطا	۱۹۰	٤۱/۱۲	۵۳/۵۴	۷۷۹/۸۲
ضریب تغییرات		۳/۸۱	۳/۸۵	۴/۵۲

*** : معنی دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد

از بین همه روش‌های هضم مورد مطالعه اسیدنیتریک+ اسید پرکلریک بیشترین میزان کادمیوم و اسید سولفوسالیسیلیک کمترین مقدار کادمیوم را از نمونه‌های کمپوست استخراج نمودند (شکل ۱-الف). همچنین از بین همه روش‌ها، هضم خشک بیشترین میزان سرب را از نمونه‌های مورد مطالعه استخراج کرد که با اسیدنیتریک + اسید پرکلریک تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار سرب مربوط به روش‌های هضم با اسید سولفوریک و اسید سولفوسالیسیلیک بود (شکل ۱- ب). Hseu (2004) دلیل کارآیی پایین اسید سولفوریک در استخراج این عناصر را در تشکیل رسوب سولفات در حین فرآیند هضم بیان نمود.

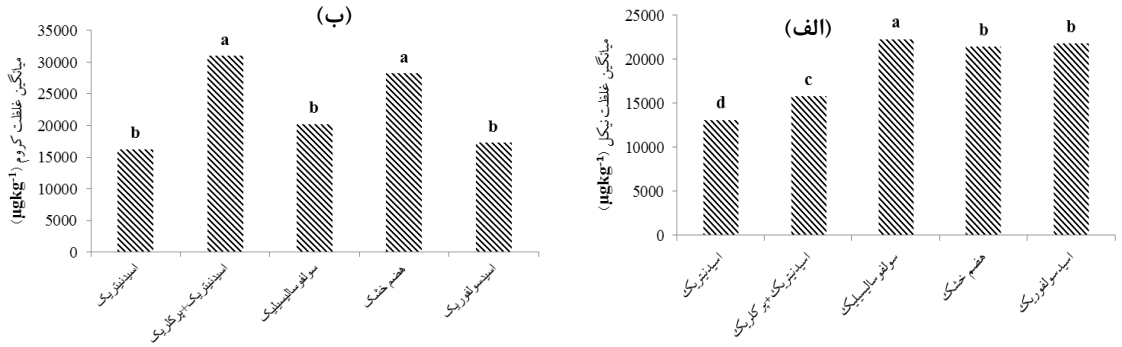


شکل ۱- میانگین غلظت کادمیوم (الف)و سرب (ب) استخراج شده از نمونه‌های آلی با استفاده از روش‌های مختلف هضم

بیشترین میزان نیکل اندازه‌گیری‌شده مربوط به نمونه کمپوست زباله لنجان در روش هضم خشک و بود (۷۰۵۷۵ میکرو گرم بر کیلوگرم ماده خشک). اما در مورد بقیه تیمارهای ماده آلی، روش‌های هضم با اسید سولفوریک و اسید سولفو سالیسیلیک، بالاترین میزان نیکل را استخراج نمودند. کمترین مقدار نیکل هم در کود حاصل از فضولات کبک و بلدرچین اندازه‌گیری شد. ترتیب روش-

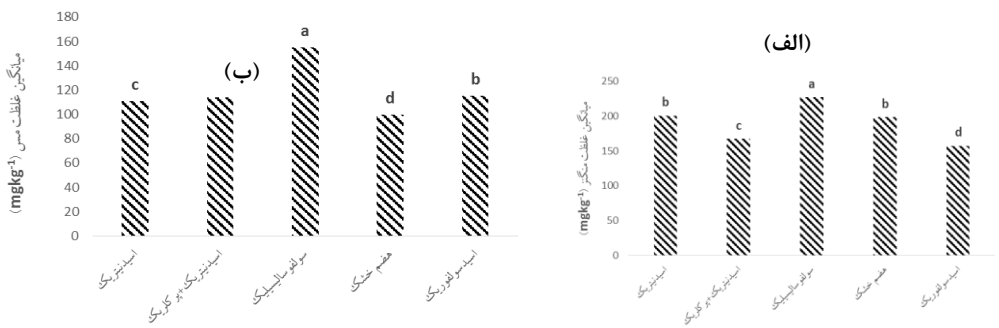
های هضم در استخراج عنصر نیکل به صورت اسید سولفوسالیسیلیک> اسید سولفوریک> هضم خشک> اسید نیتریک+اسید پرکلریک> اسید نیتریک بود (شکل۲ -الف).

بیشترین میزان کروم استخراج شده توسط روش‌های مختلف ، در نمونه‌های لجن فاضلاب و پس از آن در نمونه‌های کمپوست زباله شهری مشاهده شد. در کل روش هضم اسید نیتریک+ پرکلریک، بالاترین میزان کارایی را در استخراج کروم از نمونه‌های مورد مطالعه داشت که از این نظر با روش هضم خشک تفاوت معنی‌داری نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. ترتیب روش‌های هضم مورد مطالعه از نظر میزان استخراج کروم به صورت اسید نیتریک+پرکلریک> هضم خشک>اسیدسولفوسالیسیلیک> اسید سولفوریک> اسید نیتریک بود (شکل۲-ب). در پژوهش Hseu (2004)، بیشترین میزان کروم از طریق روش هضم خشک استخراج شد. کارآیی روش هضم خشک در استخراج کروم به دمای بالا و نیز واکنش فرم‌های کلراین آزاد موجود در محلول نهایی مربوط است.



شکل ۲- میانگین غلظت نیکل (الف) و کروم (ب) استخراج شده از نمونه‌های آلی با استفاده از روش‌های مختلف هضم

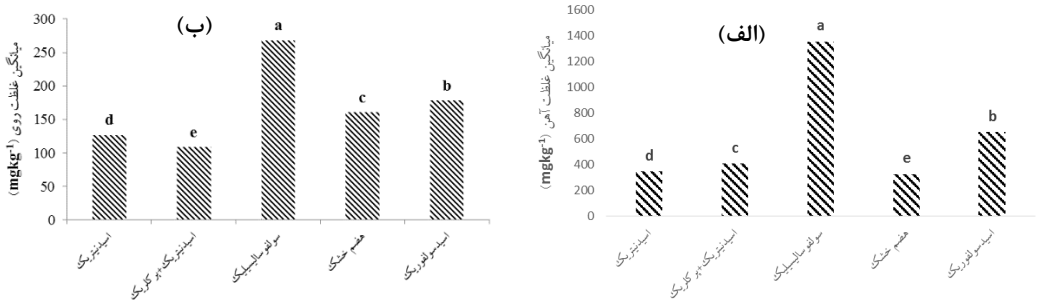
در همه روش‌های هضم مورد پژوهش، بیشترین میزان منگنز به ترتیب در نمونه‌های ورمی کمپوست با میانگین ۳۱۳/۲۷ و بیوکمپوست با میانگین ۳۰۰/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و کمترین میزان منگنز در نمونه کود شتری با میانگین ۹۸/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، اندازه‌گیری شد. از بین همه روش‌ها، روش هضم با اسیدسولفوسالیسیلیک بیشترین کارایی را در استخراج عنصر منگنز از نمونه‌های مورد مطالعه داشته است. بعد از آن، روش‌های هضم با اسیدنیتریک و روش هضم خشک قرار گرفتند که با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. در نهایت روش هضم با اسید نیتریک+پرکلریک و اسید سولفوریک به ترتیب در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند (شکل ۳-الف).تقریبا در همه روش‌ها بیشترین میزان مس در نمونه کمپوست زباله لنجان و کمترین میزان مس از نمونه کود شتری اندازه‌گیری شد. به طور کلی ترتیب استخراج عنصر مس از طریق روش‌های مختلف هضم به صورت اسید سولفوسالیسیلیک> اسید سولفوریک> اسیدنیتریک+ پرکلریک > اسید نیتریک>هضم خشک بود (شکل۳-ب). این نتیجه با نتایج تحقیق Hseu (2004)، همخوانی دارد. مس تمایل بسیار زیادی به ایجاد پیوند با ترکیبات آلی دارد؛ بنابراین استفاده از موادی مانند اسید سولفوریک و سولفوسالیسیلیک که دارای پتانسیل بالای اکسیداسیون بوده و توانایی زیادی در تجزیه و هضم کامل کمپوست دارند، کمک زیادی به استخراج این عنصر از ترکیبات آلی می‌نمایند (McBride, 1989.)؛



شکل ۳- میانگین غلظت عناصرمنگنز (الف) و مس (ب) استخراج شده از نمونه¬های آلی با استفاده از روش‌های مختلف هضم

در همه روش‌های هضم مورد استفاده، کمترین میزان آهن استخراج‌شده مربوط به نمونه کود و بیشترین مقدار مربوط به نمونه فاضلاب شاهین‌شهر و در روش‌های هضم اسید سولفوسالیسیلیک و اسید سولفوریک بود. به طور کلی ترتیب قرارگیری روش‌های هضم بر اساس میزان استخراج آهن از نمونه‌های ترکیبات آلی مورد آزمایش به صورت زیر بوده است: اسید سولفوسالیسیلیک> اسید سولفوریک> اسید نیتریک+پرکلریک> اسید نیتریک> هضم خشک. نکته جالب توجه دیگر در مورد عنصر آهن این بود که میزان آهن استخراج شده در روش هضم با اسیدسولفوسالیسیلیک دارای اختلاف بسیار زیاد (بین ۲ تا ۴ برابر) نسبت به سایر روش‌های هضم دیگر بوده است شکل(۴-الف).

بیشترین میانگین روی استخراج شده از طریق پنج روش هضم مورد استفاده در نمونه‌های کمپوست زباله لنجان و کمپوست زباله اصفهان مشاهده شد (به ترتیب ۲۵۰ و ۲۴۷/۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک). در همه روش‌ها به جز روش هضم با اسید سولفوریک، کمترین میزان روی استخراج شده مربوط به کود شتری بود و در روش هضم با اسید سولفوریک کمترین میزان روی در کود گوسفندی اندازه‌گیری شد. ترتیب روش‌های هضم مورد آزمایش در استخراج روی از نمونه‌های مواد آلی، به صورت اسید سولفوسالیسیلیک> اسید سولفوریک> هضم خشک> اسید نیتریک> اسیدنیتریک+پرکلریک بود (شکل ۴- ب).



شکل ۴- میانگین غلظت عناصر آهن(الف) و منگنز(ب) استخراج شده از نمونه¬های آلی با استفاده از روش¬های مختلف هضم

نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش‌های مختلف هضم و نیز منابع مختلف آلی مورد آزمون، تاثیر بسیار معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد، بر استخراج کلیه عناصر مورد نظر داشتند. با وجود این‌که ترکیبات آلی مورد استفاده از دامنه نسبتا گسترده‌ای از نظر ویژگی‌های مختلف ساختاری و شیمیایی برخوردار بودند؛ اما روش‌های هضم مورد استفاده برای عناصر سنگین موجود در این ترکیبات نسبتا روند مشخصی از نظر پتانسیل استخراج این عناصر را داشتند. به طور کلی در مورد عناصر سنگین کادمیوم، سرب و کروم، اسید نیتریک+پرکلریک بهترین کارآیی را در استخراج این عناصر داشتند. در هر سه مورد بعد از مخلوط اسید نیتریک+پرکلریک، روش هضم خشک بیشترین میزان این سه عنصر را از نمونه‌های مورد آزمایش استخراج نمود. البته در مورد عناصر سرب و کادمیوم، نوع ترکیب آلی نیز بر عملکرد روش‌های هضم، موثر بوده است؛ به‌گونه‌ای که در مورد نمونه‌های کمپوست زباله و لجن فاضلاب اسید نیتریک و در نمونه‌های کمپوست کودهای دامی و طیور روش هضم خشک موفق‌تر عمل کرده است. در مورد بقیه عناصر شامل نیکل، مس، منگنز، روی و آهن اسید سولفوسالیسیلیک بیشترین کارآیی را در استخراج این عناصر از همه نمونه‌های ماده آلی داشت.

فهرست منابع

Akram Qazi, M., Akram, M., Ahmad, N., Artiola, J.F., Tuller, M. (2009). Economical and environmental implications of solid waste compost applications to agricultural fields in Punjab, Pakistan. *Waste Management*, 29, 2437–2445.

AOAC. (1990). AOAC official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, pp. 84–85.

Chen, M., Ma, L.Q. (1998). Comparison of four USEPA digestion methods for trace metal analysis using certified and Florida soils. *Journal of Environmental Quality*, 27: 1294–1300.

Hossner, L.R. (1996). Dissolution for total elemental analysis. In: Sparks, Bigham, J.M. (Eds.). Methods of soil analysis: Part 3—Chemical methods. Soil Science Society of America, Book Series No. 5, Soil Science Society of America–Agronomy Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, pp. 49–64.

Hseu, z.y. (2004). Evaluating heavy metal contents in nine composts using four digestion methods. *Bioresource Technology*, 95, 53–59.

Ingelmo, F., José Molina, M., Desamparados S.M., Gallardo, A., Lapeña, L. (2012). Influence of organic matter transformations on the bioavailability of heavy metals in a sludge based compost. *Journal of Environmental Management*, 95, 104-109.

Issac, R.A., Kerber, J.D. (1971). Atomic absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant and water analysis. In: Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissue.Soil Science Society of America–Agronomy Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, pp. 17–37.

Jones, J.B., Case, V.W. (1990). Sampling, Handling, and Analyzing Plant Tissue Samples. In: R. L. Westerman, Ed., Soil Testing and Plant Analysis, Book Series 3, Soil Science Society of America, Madison, 1990, pp. 389-427.

McBride, M.B. (1989). Reactions controlling heavy metal solubility in soils. *Advances in Soil Science*, 10, 1–57.

Núñez, R. P., Rey, R. D., Menduíña, A. B. M., Silva, M. T. B. (2007). Physiologically based extraction of heavy metals in compost: Preliminary results. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 21 (1), 83-85.

Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M., Rauret, G. (2002). Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwaveassisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction. *Analytica Chimica Acta*, 462, 59–72.

Zarcinas, B.A., Cartwright, B., Spouncer, L.R. (1987). Nitric acid digestion and multi-element analysis of plant material by inductively coupled plasma spectrometry. Commun. Soil Sci. Plant Anal, 18: 131–146.

Zhao, S., Lian, F., Duo, L. (2011). EDTA-assisted phytoextraction of heavy metals by turfgrass from municipal solid waste compost using permeable barriers and associated potential leaching risk. *Bioresource Technology*, 102, 621–626.

Zheljazkov, V.D., Warman, P.R., (2002). Comparison of three digestion methods for the recovery of 17 plant essential nutrients and trace elements from six composts. Compost Sci. Utiliz, 10:197–203.

Evaluation of some methods of extracting heavy elements from different organic matters

Parisa Mashayekhi[1] and Ali Reza Marjovvi[2]

1&2-Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

Abstract

Depending on the source, composts often contain relatively large amounts of heavy metals, so accurate measurement of heavy metal contents in these compounds is important. In this study, 20 compost samples from different sources, including manure, municipal waste and sewage sludge sources were selected. Five methods of digestion in three replicates were used to extract the heavy metals of the compost samples, including nitric acid, dry ashing, nitric–perchloric acid, sulfuric acid and sulfosalicylic acid methods. The elements wrer Cd, Pb, Ni, Cr, Co, Cu, Zn, Mn and Fe. Analytical results indicated that the nitric–perchloric acid and dry ashing procedures were the most efficient for recovering Cd, Pb and Cr from the compost samples. The recovery of Cd and Pb in the composts is affected not only by the digestion method, but also by the type of compost. The nitric–perchloric acid procedure recovered more Cd and Pb from municipal waste and sewage sludge than manure and Poultry fertilizers. Sulfosalicylic acid was the most effective in Ni, Cu, Mn, Fe and zinc extraction.

Keywords: Digestion method, Heavy metals, Organic compounds

ارزیابی شاخص زمین¬انباشتگی کادمیوم و سرب در محل دپوی زباله شهری گرگان (هزارپیچ)

احمدجاوید پژمان [۱]، سهیلا ابراهیمی *[۲]، فرشاد کیانی[۳]، حجت الله رشیدی[۴]

۱-دانش آموخته دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و استاد موسسه تحصیلات عالی هلمند، افغانستان

۲*-استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان sohebrahimi@gmail.com

۳-دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴-مسوول پژوهش سازمان مدیریت پسماند استان گلستان

چکیده

وجود فلزات سنگین در زباله‌ها مدلول پیشرفت صنعت و کاربرد روزافزون محصولات و مصنوعات کارخانجات است و امروزه از موضوعات مهم مدیریت شهری بشمار می¬رود. این پژوهش با هدف ارزیابی آلودگی خاک به فلزات سنگین کادمیوم و سرب اطراف محل دپوی زباله شهری در جنوب غرب گرگان (سوگله (هزارپیچ)) با یک الگوی شبکه¬بندی منظم با فاصله ۳۰۰ متر و ۳۲ ایستگاه انجام شد. نمونه گیری بصورت مرکب ۳ تایی از خاک سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی¬متری) تهیه و با هم مخلوط گردید. علاوه بر آن تعداد ۳ نمونه از محدوده¬ای دور از محل دپوی زباله با ویژگی¬ها و زمین¬شناسی مشابه همین منطقه به¬عنوان نمونه¬های زمینه تهیه گردید. غلظت فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. غلظت کل عناصر فلزات سنگین کادمیوم و سرب از غلظت زمینه بیش¬تر بود. منطقه مورد مطالعه براساس شاخص زمین‌انباشتگی آلودگی متوسط به کادمیوم دارد و نسبت¬به سرب در سطحی غیرآلوده قرار دارد. نقشه پهنه‌بندی شاخص زمین‌انباشتگی غلظت بیش¬تر عناصر سنگین در قسمت مرکزی به¬سمت شمال شرقی و شمال غربی به-دلیل رواناب شیرابه و جهت شیب منطقه است. شاخص زمین‌انباشتگی برای عنصر سنگین کادمیوم مقدار بالایی داشت که نشان¬دهنده افزایش غلظت عنصر تحت تأثیر فعالیت¬های انسانی به¬ویژه دپوی زباله در منطقه مطالعاتی است.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، سرب، شاخص زمین¬انباشتگی کادمیوم، محل دپوی زباله

مقدمه

از آن¬جایی که حجم عظیمی از خاک روز به روز به مدفن زائدات و مواد زیان¬آور تبدیل می¬گردد(کابلی و همکاران، ۱۳۹۸) و از سویی دیگر توان خود پالایی خاک به علت کم¬بودن مبادله¬آن کم¬تر از توان خود¬پالایی هوا و آب است(ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۱)، بدینسان به¬طور روز افزون بر اثر ایجاد ساختمان و راه و تاسیسات شهری و صنعتی، مشکلات دفن و امحای زوائد و زباله¬های شهری بیمارستانی و صنعتی، مقدار زیادی از خاک از گردش طبیعی و نیز از حوزه زراعتی خارج می¬گردد و تبدیل به خاک بی¬استفاده می¬گردد(ابراهیمی، ۲۰۰۹.، تقدیسی و همکاران، ۱۳۹۹.، خالدیان و همکاران، ۲۰۱۸). در پژوهشی، آلایندگی فلزات سنگین در پایین¬دست محل دفن زباله¬های شهری اردبیل را بررسی کردند. آن¬ها شاخص زمین¬انباشتگی غلظت سرب، روی و کادمیم را محاسبه کردند و نتایج بدست آمده نشان¬دهنده این بود که انتشار شیرابه باعث آلودگی گستردهٔ خاک¬ها و آب¬های منطقه خواهد شد(جعفری و همکاران ۱۳۹۵). در پژوهشی دیگر وضعیت آلودگی خاک در محل دفن زباله شهری اصفهان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر این بود که کلیه عناصر مورد بررسی قرار گرفته در بیش¬تر نمونه¬های خاک دارای غلظت¬های بیش¬تر از حد استاندارد بودند (سلیمی و منوری ۱۳۹۱). در این راستا هدف از این پژوهش بررسی میزان و شدت آلودگی منطقه مورد مطالعه به عناصر سنگین کادمیوم و سرب در مقایسه با استانداردهای موجود و نیز با استفاده از شاخص زمین¬انباشتگی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با طول جغرافیایی ۳۹ ثانیه، ۲۲ دقیقه و ۵۴ درجه تا ۳۱ ثانیه، ۲۳ دقیقه و ۵۴ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۰ ثانیه، ۴۹ دقیقه و ۳۶ درجه تا ۳۷ ثانیه، ۵۰ دقیقه و ۳۶ درجه شمالی در بخش غربی شهر گرگان هزار¬پیچ قرار دارد(شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

نمونه¬برداری از خاک براساس روش¬های شبکه¬بندی منظم در دی¬ماه ۱۳۹۷، از ۳۲ ایستگاه ۳ نمونه خاک سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی¬متری) به اندازه ۱/۵ کیلوگرم تهیه و با هم مخلوط گردید. پس از بررسی نقشه¬های زمین‌شناسی همچنین ۳ ایستگاه به عنوان زمینه طبیعی منطقه برای بررسی شدت آلودگی، مناطق بالادست که تحت تأثیر شیرابه زباله نبودند، به روش تصادفی از عمق (۰ تا ۲۰ سانتی¬متری) نمونه خاک برداشت گردید(خالدیان و همکاران، ۲۰۱۲).

سپس هضم اسیدی هر نمونه طبق روش (McGrath و Cunliffe، 1985) انجام و غلظت کل عناصر کادمیوم و سرب توسط دستگاه جذب اتمی مدل (VARIAN-AA240) ساخت امریکا قرائت گردید.

شاخص زمین¬انباشتگی از معیارهای متداول برای ارزیابی میزان افزایش غلظت عناصر سنگین در رسوبات از مقادیر پایه یا زمینه آن در منطقه می¬باشد. شاخص زمین¬انباشتگی برای اولین بار توسط مولر در سال ۱۹۶۹ ارائه گردید. طبق (رابطه ۱)، محاسبه می¬گردد.

$$\mathrm{Igeo} = \log_2\left(\frac{\mathrm{C_n}}{1.5\mathrm{B_n}}\right) \quad (۱)$$

که در آن $Igeo$ میزان شاخص زمین¬انباشتگی Cn غلظت عنصر در نمونه خاک Bn غلظت زمینه عنصر می-باشد. ضریب ۱/۵ برای تصحیح لیتولوژیک اعمال می¬شود (Weissmannová، 2017؛ Muller، 1969؛ Loska و همکاران، ۲۰۰۴؛ و Lu و Bai، 2010).

نتایج و بحث

پس از اندازه¬گیری غلظت کل عناصر سنگین در خاک اطراف محل دپوی زباله و مناطق غیرآلوده (زمینه)، شاخص زمین¬انباشتگی برای غلظت کل هر یک از عناصر سنگین با استفاده از (رابطه،۱)، شاخص زمین¬انباشتگی محاسبه شد.

با توجه به نتایج کلاس¬بندی (جدول ۲)، ۵۶/۳ درصد نقاط نمونه¬برداری شده منطقه مطالعاتی بر اساس میانگین غلظت زمینه، از نظر عنصر کادمیوم در کلاس آلودگی متوسط، ۲۸/۱ درصد در کلاس غیر آلوده تا آلودگی متوسط، ۱۲/۵ درصد در کلاس غیر آلوده و ۳/۱ درصد نیز در کلاس آلودگی متوسط تا آلودگی شدید قرار دارند. نمونه¬ها از نظر عنصر سرب ۴۶/۹ درصد در کلاس

غیر آلوده، ۴۳/۸ درصد در کلاس غیر آلوده تا آلودگی متوسط، ۶/۳ درصد در کلاس آلودگی متوسط و ۳/۱ درصد نیز در کلاس آلودگی متوسط تا آلودگی شدید قرار دارند.

جدول ۱. مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه / عناصر	کادمیوم	سرب	ایستگاه / عناصر	کادمیوم	سرب
PS۱	-۰/۵۸	-۰/۴۳	PS۱۷	۱/۴۲	۰/۱۵
PS۲	-۰/۵۸	-۰/۹۵	PS۱۸	۱/۴۲	۰/۳۳
PS۳	-۰/۵۸	-۰/۴۳	PS۱۹	۱/۴۲	-۰/۱۷
PS۴	۱/۷۴	۰/۰۵	PS۲۰	۱	-۰/۰۵
PS۵	-۰/۵۸	-۰/۱۷	PS۲۱	۲/۴۲	۲/۶۷
PS۶	۱	۱/۰۵	PS۲۲	۱/۷۴	-۰/۰۵
PS۷	۰/۴۲	-۰/۱۷	PS۲۳	۱/۴۲	-۰/۴۳
PS۸	۱/۷۴	۰/۲۵	PS۲۴	۱/۷۴	۰/۳۳
PS۹	۱	۰/۳۳	PS۲۵	۱/۷۴	۰/۶۴
PS۱۰	۱	-۰/۵۸	PS۲۶	۱/۷۴	۰/۲۵
PS۱۱	۱/۴۲	۰/۴۲	PS۲۷	۱/۷۴	-۰/۰۵
PS۱۲	۱/۴۲	۱/۵۷	PS۲۸	۱/۴۲	-۰/۳
PS۱۳	۲	۰/۳۳	PS۲۹	۱/۴۲	۰/۶۴
PS۱۴	۱/۴۲	۰/۱۵	PS۳۰	۱	-۰/۴۳
PS۱۵	۱	-۰/۴۳	PS۳۱	۱	-۰/۰۵
PS۱۶	۰/۴۲	۰/۱۵	PS۳۲	۱/۴۲	۰/۲۵
میانگین	۱/۱۳	۰/۱۵	میانگین	۱/۱۳	۰/۱۵

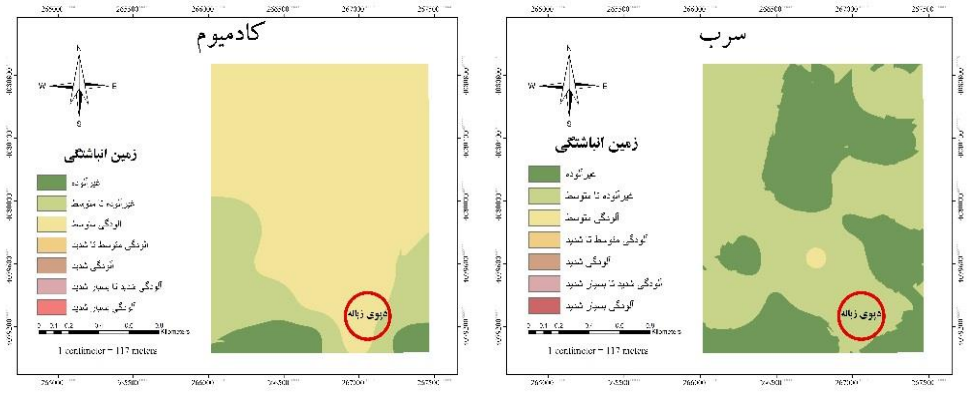
در مورد عنصر کادمیوم می¬توان گفت که مساحت زیادی از منطقه مطالعاتی دچار آلودگی متوسط این عنصر دارد. این نتایج نشان می‌دهد که عنصر کادمیوم در نتیجه فعالیت¬های انسان به ویژه دپوی زباله به منطقه مطالعاتی وارد شده¬اند و خاستگاه طبیعی ندارند. میانگین شاخص زمین¬انباشتگی برای عنصر کادمیوم در کلاس آلودگی متوسط قرار دارد و منطقه مطالعاتی بر اساس شاخص زمین-انباشتگی آلودگی متوسطی به کادمیوم دارد، در نتیجه براساس شاخص زمین¬انباشتگی منطقه نسبت به عنصر کادمیوم آلودگی دارد. بنابراین غلظت این عنصر بیش¬تر تحت کنترل فعالیت¬های انسانی (دفن زباله) است، البته غلظت عنصر سرب به میزان کم¬تری در اثر فعالیت¬های انسانی در منطقه افزایش یافته است. در مطالعات مختلفی که تغییرات غلظت عناصر را در خاک اطراف محل دپوی زباله بررسی کردند، غلظت عنصر کادمیوم نسبت به سایر عناصر بیش¬ترین افزایش را در اثر نفوذ شیرابه داشته است. میرکازهی و رضایی (۱۳۹۳)؛ بانو و همکاران (۲۰۱۳) و عیدی (۲۰۱۵)، در بررسی تغییرات غلظت عناصر در خاک اطراف محل دپوی زباله با استفاده از شاخص زمین‌انباشتگی بیان کردند خاک اطراف محل دپوی زباله به عنصر سرب آلودگی ندارد و آلودگی متوسطی به عنصر کادمیوم دارد. تغییرات غلظت عناصر سنگین در خاک اطراف محل دپوی زباله¬ها تا حد زیادی به فعالیت¬های انسانی و عملکرد آن سایت، حجم زباله¬های تولیدی و ترکیبات اصلی سازنده آن¬ها بستگی دارد (Lam و همکاران، ۲۰۱۰.، خالدیان و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۲. کلاس‌بندی شاخص زمین‌انباشتگی کادمیوم و سرب

کلاس / عناصر	کادمیوم	سرب

غیر آلوده	۱۲٪/۵	۴۶٪/۹
غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۲۸٪/۱	۴۳٪/۸
آلودگی متوسط	۵۶٪/۳	۶٪/۳
آلودگی متوسط تا شدید	۳٪/۱	۳٪/۱
آلودگی شدید	–	–
آلودگی شدید تا بسیار شدید	–	–
آلودگی بسیار شدید	–	–

با توجه به (شکل ۲)، نقشه¬های پهنه¬بندی فلزات سنگین کادمیوم و سرب در منطقه مطالعاتی بر اساس شاخص زمین¬انباشتگی می¬باشد. در مورد انباشت عنصر کادمیوم می¬توان گفت که مساحت زیادی از منطقه مطالعاتی به این عنصر آلوده است که منشأ انسان¬زاد دارد. حیدری و همکاران (۱۳۹۴)، با بررسی آلودگی فلزات سنگین Pb و Cd در خاک سایت دپوی زباله شهری زابل و پهنه¬بندی آلودگی، با استفاده از شاخص زمین¬انباشتگی بیان کردند که منطقه مورد مطالعه به عنصر سنگین کادمیوم آلودگی متوسطی و به عنصر سنگین سرب از غیر آلودگی تا کمی آلودگی دارد.



شکل ۲. نقشه پهنه‌بندی شاخص زمین‌انباشتگی کادمیوم و سرب

تشکر و قدردانی

این پژوهش برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد بوده و بی حمایت سازمان مدیریت پسماند استان گلستان انجام آن ممکن نبود.

فهرست منابع

کابلی، ا .، ابراهیمی، س.، داوری، م. ۱۳۹۸. بررسی پایلوت پارامترهای شوری، اسیدیته، نیتروژن و نیکل در نشر عمقی شیرابه لندفیل آق قلا در ستون‌هایی از خاک با بافت‌های مختلف. پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۲۶ (۱): ۲۵۵-۲۶۰.

تقدیسی نقاب، ر.، ابراهیمی، س.، ذاکری‌نیا، م .، موحدی نائینی، ع. ۱۳۹۹. رفتار آب عبوری از ستون‌های حاوی لایه‌های رس مونتموریلونایت. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۲(۳): ۱۱۰-۱۱۷.

جعفری، ک.، حافظی، م. مظلومی و قزی. ۱۳۹۵. بررسی آلایندگی فلزات سنگین در پایین¬دست محل دفن زباله¬های شهری اردبیل. محیط شناسی. ۴۲(۳): ۴۸۹-۵۰۶.

حیدری، ا.، رضایی، م. ر. و حاجیانی، م. ۱۳۹۴. بررسی آلودگی فلزات سنگین Pb، Cd و As در خاک سایت دفن زباله شهری زابل و پهنه بندی آلودگی با استفاده از GIS. کنفرانس بین المللی توسعه با محوریت کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس.

سلیمی, س. و منوری، س. م. ۱۳۹۱. بررسی وضعیت آلودگی خاک در محل دفن زباله شهر اصفهان. شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شیراز، انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز.

میرکازهی، ز. و رضایی، م. ر. ۱۳۹۳. مطالعه فلزات سنگین روی و کادمیوم در خاک سطحی دفن¬گاه زباله شهرستان خاش. اولین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه، دانشکده شهید مفتح.

Aydi, A. 2015. "Assessment of heavy metal contamination risk in soils of landfill of Bizerte (Tunisia) with a focus on application of pollution indicators". Environmental earth sciences, 74(4), 3019-3027.

Banu, Z., Chowdhury, M. S. A., Hossain, M. D., and Nakagami, K. I. 2013. "Contamination and ecological risk assessment of heavy metal in the sediment of Turag River, Bangladesh: An index analysis approach". Journal of water Resource and Protection, 5(02), 239.

Ebrahimi, S. 2009. "Spatial-temporal variability of hydrocarbon pollutants and chemical solvents behavior in soil porous media." (Doctoral dissertation, PhD Thesis. Tarbiat Modares University, p 150.

Ebrahimi S., Ladan Sh and Malekoti M.J. 2009. "Feasibility of Different Petroleum Pollutants Remediation in soil and an algorithm based on the type of pollutants". 11th Soil Science Congress of Iran, Gorgan, Iran. Pp: 21-23.

Ebrahimi, S., Shayegan, J., Malakouti, M., & Akbari, A. 2011. "Environmental evaluation and assessment of some important factors of oil contamination in soil around sarkhoun gas refinery of Bandar Abbas". Journal of Environmental studies, 37(57), 9-26.

Khaledian, Y., Ebrahimi, S., & Mohamadi, H. B. 2012. "Impact of Urbanization and Land Use Changes on Water Geochemical Properties. A Case Study: Gharaso River in Golestan Province, North of Iran". Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology, 6(2), 77-83.

Khaledian Y., Kiani F., Ebrahimi F., Movahedi Naeini A. 2011. Impact of forest degradation, changing land use and building villas on some indicators of soil quality in the watershed, Golestan province. Journal of Water and Soil Conservation, 18, 167–184.

Khaledian, Y., Ebrahimi, S., Natesan, U., Basatnia, N., Nejad, B. B., Bagmohammadi, H., and Zeraatpisheh, M. 2018. "Assessment of water quality using multivariate statistical analysis in the Gharaso River, Northern Iran". In Urban ecology, water quality and climate change (pp. 227-253). Springer, Cham.

Lam, C. H., Ip, A. W., Barford, J. P., and McKay, G. 2010. "Use of incineration MSW ash: a review". Sustainability, 2(7), 1943-1968.

Loska, K., Wiechuła, D., and Korus, I. 2004. "Metal contamination of farming soils affected by industry". Environment International, 30(2), 159-165.

McGrath, S. P., and Cunliffe, C. H. 1985. "A simplified method for the extraction of the metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from soils and sewage sludges". Journal of the Science of Food and Agriculture, 36(9), 794-798.

Muller, G. 1969. " Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River". Geojournal, 2, 108-118.

Weissmannová, H. D and Pavlovský, J. 2017. "Indices of soil contamination by heavy metals–methodology of calculation for pollution assessment (minireview) ". Environmental monitoring and assessment, 189(12), 616.

Evaluation of geo-accumulation index of cadmium and lead in Gorgan municipal waste landfill (Hezarpich)

Ahmad Jawed Pazhmaan[1], Soheila Ebrahimi[2*], Farshad Kiani[3], Hojatollah Rashidi[4]

[1] M.Sc. graduated student, Department of Soil Sciences, Faculty of Soil and Water Engineering, Gorgan, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Helmand Higher Education Institute, Lashkar Gah, Helmand, Afghanistan

[2*] Assistant Professor, Department of Soil Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, sohebrahimi@gmail.com

[3] Associate Professor, Department of Soil Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

[4] Expert of research and training in Waste Management Organization in Golestan, Iran

Abstract

The presence of heavy metals in waste is due to the development of industry and the increasing use of products of factories and today is one of the important issues of urban management. The aim of this study was to evaluate the soil contamination with heavy metals cadmium and lead around the municipal waste landfill in southwestern Gorgan (Soogleh (Hazarpich)) with a regular networking pattern with a distance of 300 meters and 32 stations. Sampling was prepared in combination of 3 topsoil (0 to 20 cm) and mixed together. In addition, 3 samples from remote areas of the landfill with similar characteristics and geology of the same area were prepared as background samples. The concentrations of heavy metals were measured by atomic absorption spectrometry and the total concentrations of heavy metals cadmium and lead were higher than the background concentrations. The study area has moderate cadmium contamination based on the geoaccumulation index and is relatively contaminated with lead. The zonation map of the Geoaccumulation Index is the concentration of higher heavy elements in the central part to the northeast and northwest due to leachate runoff and the slope direction of the region.The Geo-accumulation Index for the heavy element cadmium had a high value which indicates an increase Element concentration is affected by human activities, especially landfills in the study area.

Keywords: Soil Pollution, Cd, Pb, Landfil, Geo-accumulation index

مطالعه رفتار شیمیائی جذب–واجذب سطحی بور در تعدادی از خاک‌های آهکی ایران

عزیز مجیدی[۱] و محمدرضا نوروزی آذر[۲]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران؛ Az.majidi89@gmail.com

۲- کارشناس، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

چکیده

قابلیت دسترسی و پویایی بور در خاک متاثر از واکنش‌های جذب و واجذب سطحی است. دراین تحقیق، واکنش‌های جذب و واجذب سطحی بور و درجه برگشت پذیری آن مطالعه شد. بدین منظور، همدماهای جذب سطحی و واجذب بور در ۱۴ نمونه خاک آهکی اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان دادکه جذب سطحی بور از معادله لانگمویر با حداکثر جذب سطحی در محدوده ۳ تا ۱۴ میلی مول برکیلوگرم پیروی می‌کند. محاسبات نشان دادکه ظرفیت تبادل کاتیونی وکربنات کلسیم فعال خاک، مهمترین عوامل ابقای بوردر خاک‌های آهکی هستند. کربن آلی،کربنات کلسیم فعال و اکسید آلومنیوم ۹۴٪ تغییرات ضریب متوسط توزیع بور در خاک را توصیف کردند. ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم فعال خاک رابطه مثبتی با درجه برگشت پذیری (پسماند) بور در خاک نشان دادند. توصیف داده‌ها با معادله لانگمویر دوسطحی نشان داد که ضرائب حداکثر جذب سطحی می توانند در پیش بینی قابلیت استفاده بور در خاک مفید باشند. بر عکس، ضرائب انرژی پیوندی در هر دو غلظت های بالا و پائین بور کاربرد عملی ضعیفی داشتند. مدل رگرسیونی (تابعی ازظرفیت تبادل کاتیونی و ضرائب معادله های جذب سطحی)، امکان استفاده عملی ازضرائب معادله های فروندلیچ و لانگمویر برای برآورد بور قابل استفاده را در خاک های آهکی تائید نمود.

واژگان کلیدی: پویایی بور در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، مدل فروندلیچ، مدل لانگمویر

مقدمه

توزیع بور (B) بین فازهای جامد و محلول خاک، به ویژه از نظر محدوده غلظتی نسبتا کوچکی که موجب بروز علائم کمبود یا مسمومیت در گیاهان می شوند، حائز اهمیت است. یکی از منابع تامین بور در طبیعت، کانی های حاوی بور هستند. فراوان ترین کانی بور در خاک ها و رسوبات، سیلیکات بور (تورمالین) است. این کانی به هوازدگی فیزیکی و شیمیائی خیلی مقاوم و در نتیجه بسیار کم محلول است (Brdar-Jokanović 2020). از دیگرکانی های شناخته شده بور، بورات های سدیم، کرنایت و بوراکس هستند که اغلب دررسوبات تبخیری به طور همزمان حضور دارند و در آب بسیار محلول هستند (Pereira 2021). بنابراین، می توان دریافت که کانی های بور عملا نقش چندانی در کنترل فعالیت بور در محلول خاک ندارند و در این ارتباط، واکنش های جذب و واجذب سطحی بور می توانند نقش مهم تری ایفا نمایند (Goldberg 2012)، بعبارت دیگر، بور جذب سطحی شده می تواند به صورت یک بافر، غلظت بور در محلول خاک را کنترل و مقدار واجذب آن، میزان قابلیت استفاده و آبشویی آنرا در خاک تعیین می نماید. به دلیل ویژگی های ذاتی گونه های شیمیائی بور، خصوصیات متفاوتی از خاک برروی جذب و واجذب سطحی آن تاثیر می‌گذارند. معمولا توزیع بور بین فازهای جامد و محلول در خاک غالبا بوسیله مدل های تجربی مانند فروندلیچ و لانگمویر، و مدل تشکیل کمپلکس در سطح (Sarkar *et al.* 2014) توصیف می شود. معادله های جذب سطحی مشتق شده از داده های جذب عناصر در خاک معمولا برای شناسائی اجزای درگیر در فرآیند جذب سطحی و همچنین فهم فرآیندهای واجذب سطحی مورد استفاده قرار می گیرند. با این وجود، اطلاعات محدودی در زمینه استفاده عملی پارامترهای معادله جذب سطحی در ارزیابی تاثیر خصوصیات خاک و همچنین پیش بینی قابلیت استفاده

بور در خاک های آهکی وجود دارد. در این رابطه، هیچگونه اطلاعاتی نیز روی رفتار شیمیائی خاک های شمال غرب ایران موجود نیست. در حقیقت مقدار قابلیت استفاده بور در خاک های شمال غرب ایران در مناطقی که بارندگی زیاد می باشد کم و در سایر مناطق با بارندگی کمتر در محدوده متعادل تا زیاد قرار دارد (Majidi and Malakouti 2007). تحقیق حاضر عهده دار کمی کردن میزان مشارکت اجزاء تشکیل دهنده خاک برای هم دماهای جذب و واجذب سطحی بور و استفاده از معادله های لانگمویر و فروندلیچ برای فهم بیشتر فرآیندهای جذب و واجذب سطحی و قابلیت استفاده بور در خاک های آهکی است.

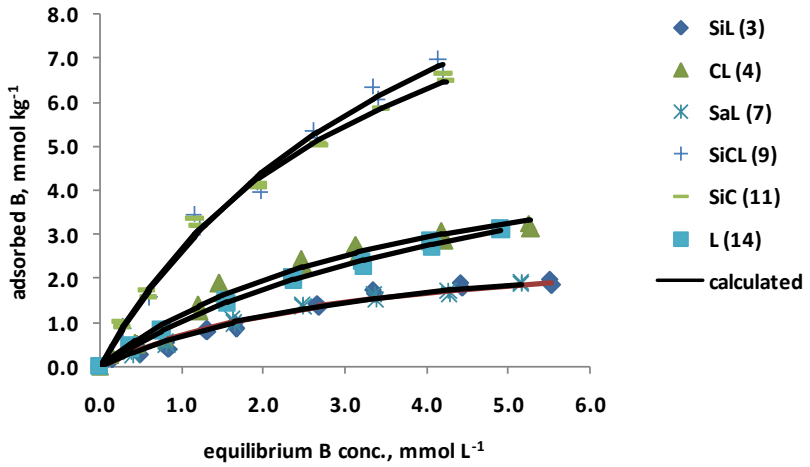
مواد و روش‌ها

نمونه خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی متر) اراضی مزروعی استان آذربایجان غربی متعلق به رده های غالب خاک Entisols، Inceptisols، Mollisols، شمال غرب ایران نمونه برداری شد. در انتخاب نمونه ها سعی گردید گستره ای از خصوصیات فیزیکو شیمیایی باشند. نمونه های هوا خشک آسیاب گردیدند و سپس از الک های دو میلیمتری عبور داده شدند. هم دماهای جذب سطحی بور در نسبت خاک به محلول ۱ به ۲ اندازه گیری شدند. در این آزمایش ابتدا به پنج گرم (۰/۰۱±) خاک، غلظت های درجه بندی شده ای از بور درمحدوده صفر تا ۵/۵۴ میلی مولار در غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم در pH ثابت اضافه گردید. نمونه ها در دستگاه تکان دهنده انکوباتور دار رفت و برگشتی در۱۸۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ ساعت در درجه حرارت ثابت ۱±۲۵˚C به هم زده شدند. پس از سانتریفوژ کردن (۴۰۰۰ گرم برای ۱۵ دقیقه، ۲۵ °C)، بخشی از مایع رویی با کاغذ صافی ۴۲ واتمن صاف گردید. غلظت بور در مایع صاف شده به روش رنگ سنجی آزومتین H اندازه گیری شد (Page *et al*. 1982). pH تعادلی در باقیمانده سوسپانسیون اندازه گیری شد. غلظت بور جذب سطحی شده از اختلاف غلظت تعادلی بور و غلظت اولیه آن محاسبه گردید. برای اندازه گیری هم دماهای واجذب بور، لوله های محتوی نمونه های خاک مرحله جذب، برای تعیین مقدار محلول باقیمانده توزین شده و سپس ۲۵ میلی لیتر از محلول ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم به آنها اضافه گردید. با به هم زدن شدید به حالت سوسپانسیون درآمده و سپس به مدت ۲۰ ساعت به هم زده شد و پس از سانتریفوژ کردن (۴۰۰۰ گرم برای ۱۵ دقیقه، ۲۵ °C)، محلول رویی برداشت گردید. مراحل مذکور یعنی توزین نمونه ها، اضافه کردن نیترات کلسیم، به هم زدن و صاف کردن آنها بطور متوالی چهار مرتبه تکرار شدند. غلظت بور در محلول رویی برای هر مرحله واجذب، به روش آزومتین H اندازه گیری شد. مقدار پس ماند[1] هم دمای جذب سطحی نسبت به هم دمای واجذب با استفاده از شاخص واجذب (DI) ارزیابی شد. شاخص مذکور بااستفاده از نسبت شیب معادله های فروندولیچ برای حالت های جذب و واجذب (N_{des}/N_{ads}) برای هر نمونه خاک محاسبه گردید. دراین تحقیق، به منظور توصیف داده‌های جذب سطحی و واجذب به ترتیب از معادله های فروندلیچ (معادله ۱)، لانگمویر یک سطحی (معادله ۲) و معادله لانگمویر دو سطحی (معادله ۳) (Sposito 1982) استفاده گردید. از نرم افزار EXEL برای برآورد پارامترهای معادله های فروندلیچ و لانگمویر استفاده شد. از رگرسیون چند متغیره و همبستگی جزئی نرم افزار SPSS برای بررسی رابطه خصوصیات مختلف خاک با پارامترهای جذب– واجذب و قابلیت استفاده بور استفاده شد.

نتایج و بحث

رفتار جذب سطحی بور تابعی از غلظت تعادلی در شش کلاس بافتی در شکل ۱ نشان داده شده است. هم دماهای جذب سطحی دو رفتار تا حدی متفاوت را نشان می دهند: در قسمت اول یعنی در غلظت های کم تعادلی، جذب سطحی تقریبا به صورت خطی با افزایش غلظت تعادلی افزایش می یابد، و در قسمت دوم با افزایش غلظت بور در محلول، روند افزایشی جذب سطحی تدریجا کاهش می یابد. به عبارت دیگر، در غلظت های تعادلی تقریبا بیشتر از دو میلی مولار، تمایل سطح برای جذب سطحی بور به تدریج با میل به سوی حداکثر جذب سطحی کاهش می یابد. در غلظت های تعادلی بالا، نمونه های خاک تفاوت نسبتا زیادی در حداکثر ظرفیت جذب سطحی بور دارند. جذب سطحی بور در خاک ۹ با بیشترین مقدار رس و کمترین مقدار شن حداکثر و در خاک ۷ با کمترین مقدار رس و بیشترین مقدار شن حداقل بود.

[1]Hystersis



شکل ۱- مقایسه هم دماهای جذب سطحی بور در خاک های مختلف و برازش مدل لانگمویر

غالبا در خاک های مذکور با افزایش مقدار رس و کاهش مقدار شن جذب سطحی بور در خاک افزایش یافته و بنابراین، می توان انتظار داشت که با ریزتر شدن بافت خاک جذب سطحی بور افزایش یابد. محاسبه جزء مولی بور جذب سطحی شده، یعنی $\theta = \frac{\Gamma}{\Gamma_{max}}$، نشان داد که از ۰/۲۱ تا ۰/۴۱ مکان های جذب سطحی قابل دسترس به وسیله بور اشغال شده اند. این مطلب با نتایج مندرج در شکل ۱ که حداکثر جذب سطحی به ازای واحد جرم خاک (Γ_{max}) برای خاک ۹ بدست آمد، مطابقت دارد. بدین مفهوم که خاک ۹ دارای مقادیر نسبتا بالائی از ذرات واکنش دهنده به ازای واحد جرم خاک است و ظرفیت بالاتری نسبت به سایر خاک ها برای جذب سطحی بور دارد. بنابراین، در یک غلظت تعادلی مشخص از کمترین مقدار θ برخوردار می باشد. نتایج برازش مدل دو سطحی لانگمویر نشان می دهد که جذب سطحی بور روی ذرات خاک در دو سطح I و II صورت می گیرد. در سطح اول حداکثر جذب سطحی بور زیاد و انرژی جذب کم بوده ولی در سطح II حداکثر جذب سطحی بور بیشتر و انرژی جذب آن کمتر است. میانگین قدرت پیوندی بور روی سطح با انرژی بالا (K_{1L}) در حدود ۴ مرتبه بیشتر از سطح با انرژی کمتر (K_{2L}) است. در این رابطه می توان اظهار داشت که در صورت افزایش غلظت بور در محلول، مقدار جذب یون در سطح کانی های خاک نیز افزایش و تدریجا" میزان پتانسیل سطح برای جذب یون کاهش می یابد. تفاوت بین مقادیر Γ_{max} و K_L در سطوح I و II معادله لانگمویر، پیشنهاد می کند که ممکن است جذب سطحی بور در خاک یک واکنش ساده نبوده و مقدار آن در تمامی حالات ممکن بطور قابل توجهی تحت تاثیر مقدار بور جذب سطحی شده قرار گیرد.

معادلات رگرسیون چند گانه نشان داد که ۰/۵۸ تغییر در مقدار بور جذب سطحی شده ناشی از عوامل ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم فعال خاک است. مقادیر ماتریس همبستگی جزئی (r^2) بین بور جذب سطحی شده و خصوصیات خاک برای ظرفیت تبادل کاتیونی معادل ۰/۶۹ و برای کربنات کلسیم معادل ۰/۵۷ بودند که نشان می دهند که این دو جزء خاک از مکان های مهم جذب سطحی بور در خاک های آهکی هستند. بر اساس نتایج حاصله، تاثیر ظرفیت تبادل کاتیونی بر جذب سطحی بور نسبت به کربنات کلسیم خاک بیشتر است. هم دماهای واجذب بور در تمامی نمونه های خاک برای پنج غلظت اولیه بور شامل ۰/۹۲، ۱/۸۵، ۳/۶۹ و ۵/۵۴ میلی مولار اندازه گیری گردید. مقایسه معادله فروندلیچ برای جذب و واجذب سطحی بور در نمونه های خاک دو شکل واجذب بور را نشان داد. در شکل اول هم دمای جذب و واجذب بور به وسیله یک خط (برگشت پذیر) برای خاک با بافت سبک توصیف گردیدند در حالیکه، در شکل دوم نقاط واجذب انحراف قابل توجهی از هم دماهای جذب سطحی (پسماند) را در خاک های با بافت سنگین نشان دادند. در تحقیق حاضر غالبا روندی نزولی در مقادیر شاخص واجذب (η) با افزایش غلظت های اولیه بور اضافه شده به نمونه های خاک مشاهده گردید مقادیر میانگین η

نزدیک به یک برای خاک ۷ بیانگر برگشت پذیر بودن واکنش های جذب-واجذب بور است. در سایر نمونه ها، مقادیر η بزرگتر از یک نشان دهنده پدیده پسماند واجذب است. رابطه بین ηبا خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه آن در زیر آورده شده است:

$$\eta = -۹/۷۲۸ + ۱/۲۸۳(CCA\%) + ۵/۳۲۵(CEC) \; ; \; R^2 = ۰/۵۲ \; F = ۵/۸۴^{**} \quad (۱)$$

تجزیه همبستگی جزئی با استفاده از رابطه فوق نشان داد که کربنات کلسیم فعال و ظرفیت تبادل کاتیونی به ترتیب به میزان ۴۳ و ۶۸ درصد تغییرات شاخص واجذب را توصیف می کنند. نقش مثبت کربنات کلسیم فعال در پسماند واجذب بور به تشکیل پیوندهای شیمیائی در سطح کانی های کلسایت ارتباط داده شده است. یافته های حاضر احتمالا بعضی از تناقضاتی را که در مورد نقش کربنات های کلسیم در واجذب بور وجود دارند، روشن می کند. مشارکت مثبت ظرفیت تبادل کاتیونی در پسماند واجذب بور به احتمال قوی به وابستگی ظرفیت تبادل کاتیونی به مقدار رس خاک ها مربوط می شود. مقداری از بور جذب سطحی شده ممکن است در فضاهای داخلی شبکه رس ها تثبیت شده و بخش کوچکی از آن در طی مراحل واجذب، خیلی به آرامی در محلول خاک رها شده که این فرآیند می تواند منجر به ایجاد پسماند شود (Sharma *et al*. 2006).

نتیجه‌گیری

بطورکلی نتایج این تحقیق نشان دادکه با افزایش غلظت تعادلی بور در محلول خاک (تاحدود ۲ میلی مولار)، جذب سطحی بور تقریبا به طورخطی افزایش می‌یابد و سپس شیب آن به تدریج کاهش می‌یابد. هر چندکه داده‌های جذب سطحی بور با هر دو مدل فروندلیچ و لانگمویر به خوبی توصیف گردیدند، ولی معادله لانگمویر به دلیل داشتن پایه ترمودینامیک معادله بهتری برای توصیف داده‌ها تشخیص داده شد. داده‌های آزمایشی و پیش بینی معادله لانگمویر نشان داد که جذب سطحی بور درخاک به طور نسبی ضعیف است، به‌طوری که کمتر از ۳۰ درصد از بوراضافه شده، جذب سطحی ذرات خاک گردید. حداکثر جذب سطحی (Γ_{max}) بور در نمونه‌های خاک درحدود ۳ تا ۱۴ میلی مول بر کیلوگرم خاک محاسبه شد. همچنین محاسبات نشان دادکه جذب سطحی بور درخاک احتمالا با دو نوع مکانیزم متفاوت انجام می‌گیرد: بخش کوچکی با انرژی زیاد و بخش بزرگی با انرژی کم جذب سطحی ذرات خاک می‌شود که احتمالا متناظر با دو مکانیزم جذب سطحی درون و برون کره‌ای است. تفاوت در میل ترکیبی بور با این دو نوع مکانیزم در حدود چهار برابر بدست آمد.

بررسی رابطه بین حداکثر جذب سطحی بور با ویژگی‌های خاک نشان داد که حداکثر جذب سطحی بور تابع ساده‌ای از ویژگی‌های خاک نیست، بلکه میزان آن برآیندی از ویژگی‌های خاک شامل ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم فعال و اکسیدآهن موجود در خاک است و این سه ویژگی ۸۶ درصد تغییرات آنرا توصیف می‌کنند. نتایج همچنین نشان داد که بخش اعظم بور جذب سطحی شده در مراحل اول و دوم واجذب، رها می‌گردد و درصد تجمعی واجذب بور در خاک‌های درشت بافت بیشتر از خاک‌های ریز بافت است به عبارت دیگر، مقدار رس خاک نقش تعیین کننده‌ای در پدیده پسماند بور جذب سطحی شده درخاک داشته و هر چه مقدارآن در خاک کمتر باشد مقدار واجذب بور نیز بیشتر خواهد بود.

فهرست منابع

Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 21(4), 1424.

Goldberg, S., Suarez, D. L. (2012). Role of organic matter on boron adsorption-desorption hysteresis of soils. *Soil Science*, 177, 417-423.

Majidi, A., Malakouti, M. J. (2007). Boron toxicity symptoms in orchards bordering Urmia lake. TMU, Agricultural College, Soil Science Department. Sana Pub., Technical bulletin. No: 002.

Mühlbachová, G., Čermák, P., Káš, M., Vavera, R., Pechová, M., Marková, K. (2020). Boron content in soils under increasing magnesium and sulphur doses in a field experiment. *Plant, Soil and Environment*, 66, 366–373.

Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (1982). Methods of Soil Analysis, part 2, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science of America, Madison, WI, USA.

Pereira G. L., Siqueira J. A., Batista-Silva, W., Cardoso, F. B., Nunes-Nesi, A., Araújo, W. L. (2021). Boron: more than an essential element for land plants?. *Frontiers in Plant Science*, 11, 610307.
Sarkar, D., De, D.K, Das, R., Mandal, B. (2014). Removal of organic matter and oxides of iron and manganese from soil influences boron adsorption in soil. *Geoderma*, 214, 213-216.
Sharma, K. R., Srivastava, P. C., Srivastava, P., Singh, V. P. (2006). Effect of farmyard manure application on boron adsorption-desorption characteristics of some soils. *Chemosphere*, 65, 769-777.
Sposito, G. (1982). On the use of the Langmuir equation in interpretation of "adsorption" phenomena: 2. the "two-surface" Langmuir equation. *Soil Science Society America Journal*, 46, 1147-1152.

Boron adsorption-desorption behavior by field samples of calcareous soils, Iran

Aziz Majidi[1] and Mohammad Reza Novroziazar[2]

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azerbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran; E-mail: **Az.majidi89@gmail.com**

2. Researcher, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azerbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

Abstract

Availability and mobility of B in soil are influenced by its adsorption-desorption reactions. Effects of soil properties on B adsorption-desorption reactions and the degree of reversibility were studied in this research. For this purpose, B adsorption and desorption isotherms were measured in 14 calcareous soils. Adsorption isotherms were described by using the empirical models and the effects of soil properties were analyzed by using the multi-variables regression. Results showed that B adsorption follows Langmuir equation with maximum adsorption in the range of 3-14 $mmolKg^{-1}$. Calculations indicated that soil cation exchange capacity (CEC) and reactive calcium carbonate equivalent (CCE_r) are primarily responsible for B retention in calcareous soils. Organic carbon, CCEr, and aluminum oxide were described about 94% variability in the average coefficient of boron distribution ($\overline{K_d}$). CCE_r and CEC were directly related to the degree of reversibility (hysteresis) of adsorption reactions. The two-surface Langmuir isotherms indicated that adsorption maximum could be useful in predicting B availability in soil. Contrary, the binding energy coefficients in both high and low B concentrations failed to show any practical benefit. Regression model (as a function of CEC and adsorption equation coefficients) confirmed the practical use of Freundlich and Langmuir coefficients to predict B availability in calcareous soils.

Keywords: B mobility in soil, cation exchagable capacity, Freundlich, Langmuir

تاثیر دوره کشت ذرت و کود آلی بر روی pH، DOC و میزان کل سرب آزاد شده در یک خاک آهکی

مهدی بحرینی[۱*]، امیر فتوت[۲]، علیرضا کریمی[۳]، رضا خراسانی[۴] و علیرضا حسین‌پور[۵]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۳] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۴] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۵] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

شرایط شیمیایی و زیستی خاک‌های ناحیه ریزوسفر در طول دوره کشت گیاه متفاوت از خاک ناحیه غیرریزوسفری است. به منظور بررسی نحوه تاثیر فعالیت ریشه و ترشحات آن و همچنین تیمار کود آلی بر تغییرات pH، DOC و رهاسازی سرب در یک خاک آلوده در زمان‌های مختلف برداشت گیاه، آزمایشی به صورت گل‌خانه‌ای در خاک آلوده به سرب در سیستم رایزوباکس صورت گرفت. نمونه‌های خاک ریزوسفری و توده به روش عصاره‌گیری متوالی و با استفاده از DTPA-TEA در دمای ۲۵±۱ درجه سانتی‌گراد به عصاره‌گیری شد. نتایج نشان داد که در تیمار شاهد با افزایش دوره کشت میزان pH خاک کاهش یافت در حالیکه در تیمار کود آلی با افزایش دوره کشت، pH افزایش یافت. در حالیکه روند تغییرات میزان DOC با افزایش دوره کشت در هر دو تیمار شاهد و کود آلی افزایش نشان داد. همچنین روند تغییرات میزان سرب رها شده در هر دو تیمار شاهد و کود آلی مشابه می باشد به طوری با افزایش طول دوره کشت تا ۶۰ روز میزان سرب آزاد شده آفزایش یافت و با افزایش دوره کشت تا ۹۰ روز میزان سرب رها شده در هر دو تیمار کاهش می یابد.

واژگان کلیدی: سرب، ریزوسفر، pH و DOC

مقدمه

امروزه اصطلاح ریزوسفر یک مفهوم عمومی دارد و شامل حجمی از خاک می‌شود که در اطراف ریشه‌های زنده گیاه تحت تأثیر فعالیت ریشه قرار می‌گیرد. ریشه گیاه به عنوان یک مخزن پذیرنده برای عناصر معدنی محسوب می‌شود که توسط جریان توده‌ای یا انتشار به سطح ریشه انتقال پیدا کرده‌اند. از سوی دیگر ریشه‌ها می‌توانند آب و یون‌ها را جذب کنند که این فرآیند منجر به تخلیه یا تجمع یون در گیاه می‌گردد. شرایط در حد فاصل بین خاک و ریشه از خاکی که در فواصل دورتر از ریشه واقع شده است، بسیار متفاوت است.

محیط ریزوسفر با توده خاک متفاوت است. ویژگی‌های ریزوسفر ثابت نبوده و با زمان و مکان فرق می‌کند. تحرک فلزات کم مصرف در ریزوسفر با آنچه که در توده خاک اتفاق می‌افتد قابل مقایسه نیست و باید انتظار دیگری داشت که این امر قابلیت دسترسی این عناصر را تحت تاثیر قرار دهد(Puschenreiter *et al*, 2005). این اختلافات به نوع گونه گیاهی، فراهمی عناصر معدنی، شرایط تغذیه‌ای خاک و فاصله از ریشه وابسته است. از سوی دیگر محیط ریزوسفر موجب تغییراتی در خواص خاک می‌گردد. از جمله اثرگذاری بر جذب یونها از خاک بوسیله گیاهان به ویژه در ارتباط با جذب عناصر سنگینی که به کلوئیدهای خاک پیوند یافته‌اند (Hammer and Keller. 2002).

* ایمیل نویسنده مسئول: bahreinimahdi1@gmail.com

Mench and Martine (1991) بیان کردند یکی از دلایل میزان جذب متفاوت فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی مختلف، تفاوت در ترکیب ترشحات ریشه گیاهان می‌باشد. Marschener (1995) نشان داد که در حدود ۵ تا ۲۱ درصد از کربن تثبیت شده در فرآیند فتوسنتز از طریق ریشه‌ها به ریزوسفر انتقال می‌یابد. مواد مترشحه شامل ترکیبات با وزن مولکولی زیاد و کم هستند. مواد با وزن مولکولی زیاد غالباً شامل موسیلیاژ و اکتوآنزیم‌ها می‌باشند. مواد با وزن مولکولی کم شامل ترکیباتی مانند اسیدهای آلی، قندها، فنولیک‌ها و آمینواسیدهایی مانند فیتوسایدروفورها می‌باشند. مقدار و نوع ترکیبات آلی که توسط ریشه‌های گیاه به ریزوسفر ترشح می‌گردد، بر حسب نوع گونه گیاهی، رقم، سن گیاه، شرایط محیطی از قبیل خصوصیات خاک و سطح استرس‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متفاوت است.

نتایج مطالعه Kim *et al*. (2010) در بررسی تغییرات خصوصیات شیمیایی محلول خاک از قبیل پ‌هاش، کربن آلی محلول و حلالیت فلزات سنگین ناشی از ترشحات ریشه گیاه خردل هندی[1] در یک سیستم رایزوباکس نشان داد که در خاک‌های اسیدی pH ناحیه ریزوسفر به اندازه ۰/۶ واحد نسبت به خاک توده افزایش نشان داد در حالی که در خاک‌های قلیایی تنها یک افزایش اندک (کمتر از ۰/۱ واحد) در مقدار pH مشاهده شد. علاوه بر این غلظت کربن آلی محلول[2] در ناحیه ریزوسفر، صرف نظر از نوع خاک و شدت آلودگی به اندازه ۱۵۶-۱۷ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت که نشان دهنده ترشح کربن آلی محلول از ریشه می‌باشد.

با این حال، تغییرات زمانی آزاد شدن سرب در طول رشد گیاه ممکن است منجر به ارائه توضیح منطقی در ارتباط با تغییر شکل و رهاسازی سرب در خاک آلوده به این عنصر و جذب گیاه شود. هدف اصلی این مطالعه، تلاش برای بدست آوردن درک بهتر از میزان فراهمی و جذب پس از آن توسط ذرت از خاک آلوده در طول دوره رشد گیاه می‌باشد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تاثیر طول دوره‌های مختلف رشد گیاه و همچنین تاثیر ریزوسفر گیاه در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی بر آزاد سازی سرب از خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش یک نمونه خاک سطحی آلوده (۳۰-۰ سانتی‌متر) به سرب، از یک مزرعه کشاورزی در استان زنجان (″۵۹ ′۳۷ °۳۶ :X و ″۵۵ ′۲۴ °۴۸ :Y) برداشت شد. پس از هوا خشک کردن، نمونه خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منتخب به روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین شد. به منظور مطالعه تأثیر ترشحات ریشه گیاه ذرت بر آزادسازی سرب از رایزوباکس استفاده شد. رایزوباکس به سه بخش کلی، شامل ناحیه مرکزی برای رشد گیاه (۲۰ میلی‌متر)، ناحیه‌های نزدیک ریزوسفر (۲۰ میلی‌متر) و ناحیه‌های غیرریزوسفری (۴۰ میلی‌متر) تقسیم شد (شکل ۱). به منظور کشت گیاه، بذرهای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم به تعداد هشت بذر در ناحیه مرکزی رایزوباکس‌ها کشت شدند. در مرحله دو برگی گیاهچه‌ها، تعداد گیاهچه‌ها در هر رایزوباکس به دو عدد تقلیل یافت. در دوره رشد، مراقبت‌های لازم انجام و سعی شد رطوبت خاک‌ها در حد ظرفیت زراعی ثابت بماند. رایزوباکس‌ها در پایان ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از رشد باز شدند و از هر رایزوباکس سه نمونه خاک، یکی از قسمت ریزوسفر، نزدیک ریزوسفر (حد وسط) و از بخش غیرریزوسفری برداشت شد.

بررسی آزادسازی سرب با استفاده از روش عصاره‌گیری متوالی با DTPA-TEA، در هر کدام از بخش‌های رایزوباکس در زمان‌های متفاوت انجام شد. بدین منظور، ۲ گرم خاک از نمونه‌ها، همراه با ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره‌گیر DTPA-TEA در لوله‌های سانتریفیوژ به صورت جداگانه ریخته شد. نمونه‌ها داخل انکوباتور در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. ۱۵ دقیقه قبل از قرار دادن نمونه‌ها در انکوباتور و ۱۵ دقیقه قبل از اتمام هر دوره، نمونه‌ها به وسیله دستگاه تکان‌دهنده برقی تکان داده شدند (Motaghian

1- Indian Mustard
2- Dissolve Organic Carbon

و Hosseinpur، ۲۰۱۴). خاک‌ها در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴، ۱۶۸، ۲۸۸، ۴۰۸، ۵۲۸ ساعت پس از افزودن محلول‌ها، عصاره‌گیری شدند. بدین منظور، سوسپانسیون‌ها سانتریفیوژ (۹۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه) شدند. و در نهایت غلظت سرب با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل PG 900) اندازه‌گیری شد. .

pH نمونه‌های خاک با دستگاه pH متر در سوسپانسیون یک به دو خاک و آب مقطر و کربن آلی محلول خاک در سوسپانسیون ۱ به ۴ خاک و آب مقطر اندازه‌گیری گردید.



شکل ۱ -رایزوباکس مورد استفاده در این پژوهش (R: ریزوسفر، NR: نزدیک ریزوسفر و B: توده‌ای یا غیرریزوسفری)

نتایج و بحث

در جدول ۱ برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی اندازه‌گیری شده در خاک مورد مطالعه نشان داده شده است. بافت خاک مورد مطالعه لوم، pH ۷/۴۵ و درصد کربنات کلسیم معادل آن ۲۷/۵ درصد می‌باشد که با توجه به میزان آن، خاک مورد مطالعه جز خاک‌های آهکی محسوب می‌شود. همچنین غلظت کل و قابل‌دسترس سرب خاک قبل از کاشت به ترتیب ۱۷,۰۰۰ و ۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

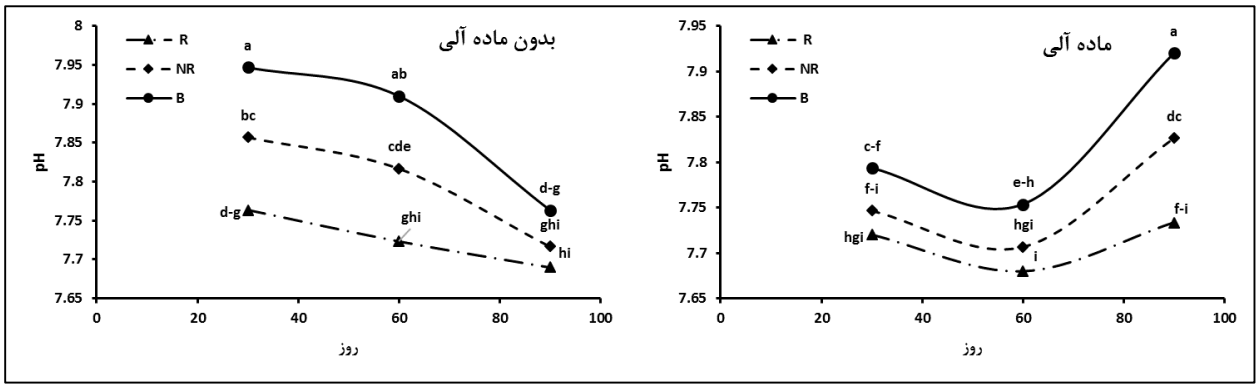
جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (در صد)	سیلت (در صد)	رس (در صد)	pH	EC	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل (٪)	سرب کل
لوم	۴۸	۲۸	۲۴	۷/۴۵	۳	۰/۵۶	۲۷/۴۹	۱۷۰۰۰

در شکل ۲ تغییرات pH تحت تاثیر تیمار افزودن کود گاوی به خاک در زمان های مختلف پس از کشت در خاک های ریزوسفری و غیرریزوسفری نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، روند تغییرات pH با زمان پس از کشت در تیمار کود گاوی متفاوت از تیمار شاهد (بدون کود گاوی) است. در تیمار شاهد با افزایش دوره رشد گیاه، میزان pH خاک در هر سه خاک ریزوسفری، نزدیک ریزوسفر و توده ای کاهش می‌یابد. در حالی که در خاک تیمار با کود گاوی pH در هر سه خاک مورد مطالعه با افزایش دوره رشد گیاه افزایش یافت. به طوری که حداکثر pH در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری در زمان ۹۰ روز پس از کشت مشاهده شد. در همین زمینه میر سیدحسینی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که با گذشت میزان pH در تیمار ماده آلی افزایش می یابد. آنها افزایش pH خاک را به بالا بودن pH کودهای آلی نسبت به pH خاک نسب دادند.

از سوی دیگر، با توجه به شکل ۲ روند تغییرات pH در هر زمان خاص، در خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری در هر دو تیمار کودگاوی و شاهد مشابه واختلاف معنی داری از نظر pH بین خاک های ریزوسفری و غیرریزوسفری وجود دارد. بیش ترین pH در خاک توده ای و کمترین آن در خاک ریزوسفری مشاهده شد. این نتایج نشان می دهد که کاشت گیاه موجب کاهش قابل توجه در اسیدیته خاک می شود. کاهش pH خاک ریزوسفر را نسبت به خاک غیرریزوسفری را میتوان به ترشح یونهای پروتون، تولید گاز کربنیک به

وسیله ریشه و ریزجانداران و ترشح اسیدهای آلی و غیره به وسیله ریشه گیاه مربوط دانست (Marschner, 1995). در همین زمینه ینائی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که کشت گیاه Brassica juncea باعث کاهش قابل توجه ph خاک نسبت به خاک های بدون گیاه می شود. همچنین Kim *et al.* (2010) در رابطه با تاثیر کشت گیاه بر pH خاک بیان نمودند که در خاک های آلوده به فلزات سنگین با pH بالا تنها یک افزایش تاجیز و کم در pH محلول مشاهده شده است که علت آن احتمالا به دلیل قدرت بافری خاک است. در حالی که در خاک های اسیدی با میزان آلودگی کم، افزایش قابل توجه در pH محلول خاک پس از کشت گیاه به وجود می آید.

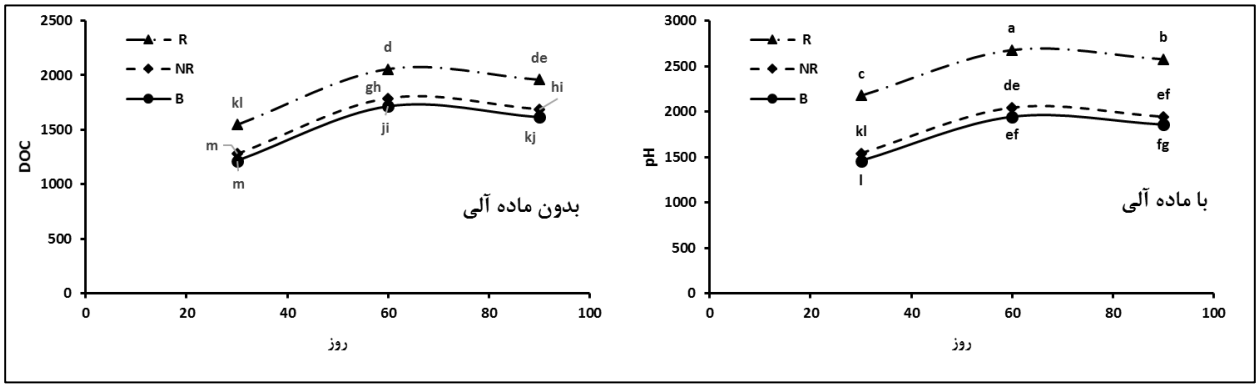


شکل ۲- تغییرات pH تحت تاثیر زمان های مختلف پس از کشت و فواصل مختلف ریزوسفر در دو تیمار شاهد و کود آلی

تغییرات DOC تحت تاثیر زمان های مختلف پس از کشت و در فواصل مختلف ریزوسفر در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، با افزایش زمان دوره رشد میزان کربن آلی محلول افزایش و در نهایت ثابت می شود. بیش ترین میزان کربن آلی محلول در ۶۰ روز پس از کشت و کمترین میزان کربن آلی محلول در ۳۰ روز پس از کشت مشاهده شد. به طوری که با افزایش دوره رشد گیاه از ۳۰ روز به ۶۰ و ۹۰ روز، میزان کربن آلی محلول به ترتیب به طور میانگین ۳۴ و ۲۷ درصد افزایش یافته است.

از سوی دیگر، تفاوت معنی داری بین فواصل مختلف از ریزوسفر از نظر میزان کربن آلی محلول وجود داشت. در هر زمان مورد مطالعه پس از کشت، بیشترین میزان کربن آلی محلول در خاک ریزوسفری و کمترین میزان کربن آلی محلول در خاک توده ای مشاهده شد.

همچنین کود گاوی تاثیر قابل توجه ای بر روی میزان کربن آلی محلول داشت. به طوری که با افزایش کود گاوی به خاک میزان کربن آلی محلول نسبت به تیمار شاهد حدود ۲۳ درصد افزایش نشان داد. یا به عبارت دیگر میزان کربن آلی محلول خاک ریزوسفری، نزدیک ریزوسفر و توده ای تیمار کود گاوی نسبت به تیمار شاهد به طور متوسط به ترتیب ۳۴/۳۰، ۱۶/۵۵ و ۱۶/۰ درصد افزایش نشان داده است.

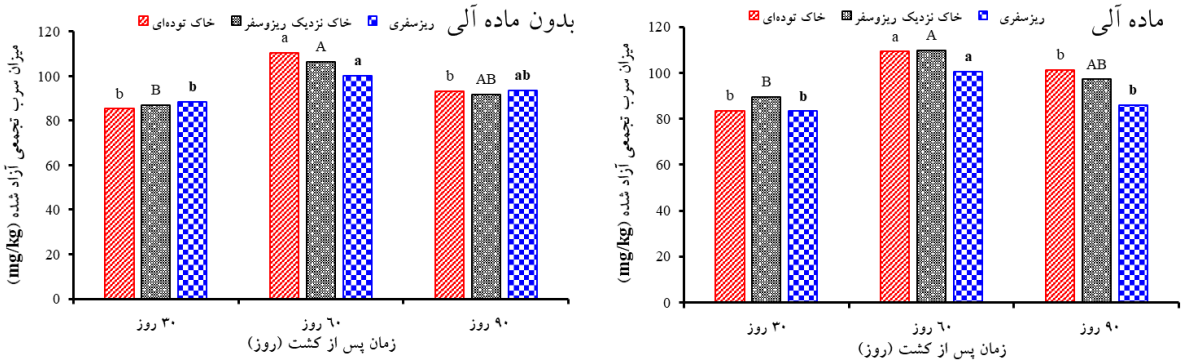


شکل ۲- تغییرات DOC تحت تاثیر زمان های مختلف پس از کشت و فواصل مختلف ریزوسفر در دو تیمار شاهد و کود آلی

کود گاوی تاثیر معنی داری بر روی میزانpH و DOC خاک داشت. در همین زمینه عظیم زاده و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که افزودن کود سبز به خاک باعث کاهش pH و افزایش DOC خاک می شود. با این حال تاثیر افزودن ماده آلی به خاک در ارتباط با pH متفاوت است. برخی از پژوهشگران افزایش اسیدیته خاک را با اضافه نمودن ماده آلی خاک و برخی کاهش اسیدیته خاک را گزارش نمودند. علت آن را می توان در ماهیت مواد آلی اضافه شده به خاک بیان نمود (Das and Dkhar. 2011). شریفی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که به کاربردن کود گاوی در خاک باعث افزایش pH خاک می شود. در حالی که مجید فروهر و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند که افزودن لجن فاضلاب و کود گاوی به خاک آهکی باعث کاهش اسیدیته خاک می شود. آنها دلیل کاهش pH خاک را تجزیه مواد آلی موجود در لجن می‌دانند که منجر به تولید اسیدکربنیک و اسیدهای آلی مثل اسیدسیتریک، اسیدمالیک و پروپیونیک می‌شود و البته نیتریفیکاسیون، سولفوریکاسیون و اکسیداسیون مواد آلی نیز در این مورد مؤثر است.

شکل ۴ تاثیر مدت زمان های مختلف کشت بر میزان رهاسازی سرب از خاک های ریزوسفری و غیرریزوسفری را در تیمار شاهد نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، بین مدت زمان های مختلف کشت از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری که بیشترین میزان سرب آزاد شده از هر سه خاک در مدت زمان ۶۰ روز پس از کشت مشاهده شد و با افزایش طول دوره کشت از میزان سرب ازاد شده کاهش می یابد. این نتایج نشان دهنده تاثیر فعالیت های ریشه گیاه در زمان اوج رشد گیاه بر میزان رهاسازی سرب از خاک می باشد.

تاثیر مدت زمان رشد گیاه ذرت بر میزان رها سازی سرب در خاک های ریزوسفری و غیرریزوسفری تحت تاثیر کود گاوی در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، روند تغییرات میزان سرب آزاد شده از خاک های ریزوسفری و غیرریزوسفری در زمان های مختلف رشد گیاه در تیمار کودگاوی مشابه تیمار شاهد است. با افزایش مدت زمان رشد گیاه ابتدا میزان سرب آزاد شده از خاک افزایش و سپس کاهش می یابد. به طوری که میزان سرب رها شده از خاک غیرریزوسفری (توده ای و متاثر از ترشحات ریشه) به ترتیب از ۸۳/۵۹ و ۸۹/۴۴ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار ۳۰ روز پس از کشت به ۱۰۹/۲۶ و ۱۰۹/۷۳ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار ۶۰ روز (به ترتیب معادل ۳۰/۶۹ و ۲۲/۶۸ درصد) افزایش معنی دار یافت و سپس به ۱۰۱/۳۷ و ۹۷/۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم در ۹۰ روز پس از کشت (به ترتیب معادل ۷/۲۲ و ۱۱/۴۳ درصد) کاهش معنی داری یافت.



شکل ۲- تغییرات میزان سرب رها شده تحت تاثیر زمان های مختلف پس از کشت و فواصل مختلف ریزوسفر در دو تیمار شاهد و کود آلی

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار سرب تجمعی آزاد شده از خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری با افزایش دوره کشت گیاه تا ۶۰ روز افزایش و سپس با طولانی شدن دوره کشت گیاه ذرت تا ۹۰ روز کاهش می یابد. همچنین مقدار سرب تجمعی آزاد شده از خاک ریزوسفری بیشتر از خاک غیرریزوسفری (نزدیک ریزوسفر و توده‌ای) در مراحل اولیه رشد (۳۰ روز پس از کشت) می‌باشد. بین زمان‌های پس از کشت از نظر غلظت سرب تجمعی آزاد شده در هر سه خاک ریزوسفری، نزدیک ریزوسفر و غیرریزوسفری اختلاف

معنی‌داری مشاهده شد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که میزان سرب آزاد شده از ریزوسفر ذرت در طی دوره رشد گیاه ذرت نسبت به خاک غیرریزوسفری متفاوت است، در نتیجه خاک متصل به ریشه پس از رشد گیاه دچار تغییر می‌شود. از سوی دیگر تیمار کود آلی باعث افزایش pH و DOC با افزایش دوره کشت گیاه ذرت شده است.

فهرست منابع

میرسیدحسینی، ح، ایوانی، ر، ثواقبی، غ. (۱۳۹۴). بررسی آزمایشگاهی و گل خانه ای تاثیر منابع و مقادیر کودهای آلی بر زیست فراهمی مس و روی در خاک. پژوهش های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۸. ۱۶-۸.

عظیم زاده، ی، شریعتمداری، ح، و شیروانی، م. (۱۳۹۴). اثر کود آلی و کشت همراه ذرت (Zea mays L.) و کلزا (Brassica napus L.) بر زیستفراهمی و جذب آهن در گلخانه. نشریه پژوهش های خاک (علوم خاک و آب) ۲۹ (۲). ۱۱۷-۱۲۹.

Das, B.B., and M.S. Dkhar. (2011). Rhizosphere microbial populations and physico chemical properties as affected by organic and inorganic farming practices. AmericanEurasian J. Agric. & Environ. Sci. 10(2): 140-150.

Hammer, D and C. Keller. (2002). Changes in the rhizosphere of metal-accumulating plants evidenced by chemical extractants. J. Environ. Qual. 31: 1561-1569.

Kim, K.-R., Owens, G., and Kwon, S.-l. (2010). Influence of Indian mustard (Brassica juncea) on rhizosphere soil solution chemistry in long-term contaminated soils: a rhizobox study. Journal of Environmental Sciences, 22(1): 98-105.

Mench, M and E. Martine. (1991). Mobilization of cadmium and other metal from two soils by root exudates Zea mays L., Nicotiana tabacum L. and Nicotiana rustica L. Plant Soil. 132: 187-196.

Marschener, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, Second ed, Academic press, London. PP.

Motaghian, H. and Hosseinpur, A. (2014). Zinc desorption kinetics in bean (Phaseolus vulgaris L.) rhizosphere in sewage sludge-amended calcareous soils. Environmental earth sciences, 71(2): 965-973.

Puschenreiter, M., A. Schnepf., I. M. Millán., W. J. Fitz., O. Horak., J. Klepp et al. (2005). Changes of Ni biogeochemistry in the rhizosphere of the hyperaccumulator Thlaspi goesingense. Plant. Soil. 271: 205-218.

Effect of Corn cultivation period and organic fertilizer on pH, DOC and total lead released in a calcareous soil

M. Bahrini[1*], A. Fotavat[2], A. Karimi[3], R. Khorasani[3] and A. Hosseinpour[4]

[1]Ph.D Student, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[2]Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[3] Associate Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[4]Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University, Iran

Abstract

Rhizosphere region soils have different chemical and biological properties from bulk soils in during Cultivation Period. To investigate the effect of root activity on Pb release in a polluted soil at different harvesting times, a greenhouse experiment was conducted using rhizobox. The rhizosphere and bulk soil samples were extracted with DTPA-TEA for 1 to 528 h at 25 ± 1^{0C}.The results showed that in the control treatment, the soil pH decreased with increasing the harvesting times, while in the organic fertilizer treatment, the pH increased with increasing the harvesting times. While, the DOC amount increased with increasing the harvesting times in both control and organic fertilizer treatments. Also, the trend of changes in the amount of lead released in both control and organic fertilizer treatments is same, so that with increasing harvesting times up to 60 days, the amount of lead released increased and with increasing the harvesting times up to 90 days, the amount of lead released in both treatments decreased.

Keywords: Lead, Rhizospher, pH, DOC

فسفر قابل جذب و ارتباط آن با برخی از ویژگی‌های شیمیایی در ذرات سیلت

امین گلی کلانپا

کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، soilgoli@yahoo.com

چکیده

فسفر یکی از عناصر پرمصرف برای رشد گیاه می‌باشد. ترکیبات فسفری تقریباً نامحلول بوده و فسفر قابل استفاده در خاک به سرعت کاهش می‌یابد. استفاده از کودهای فسفاته به دلیل تثبیت فسفر در خاک و پایین بودن بازدهی جذب آن به وسیله گیاه همواره یکی از مسائل اساسی تولید بوده است. با توجه به اهمیت فسفر از دو دیدگاه کشاورزی و محیط‌زیست، این تحقیق در نظر دارد رابطه بین فسفر قابل استفاده و برخی از خصوصیات شیمیایی در ذرات سیلت را بررسی کند. بدین منظور تعداد ۱۲ نمونه خاک انتخاب و برخی از ویژگی‌های شیمیایی آنها مانند ماده آلی، کربنات کلسیم کل، کربنات کلسیم فعال و فسفر قابل جذب اندازه‌گیری و همبستگی بین فسفر قابل جذب با ویژگی‌های فوق تعیین شد. نتایج نشان داد که همبستگی معنی داری بین فسفر اندازه‌گیری شده به روش اولسن و بعضی از ویژگی‌های خاک وجود داشت.

کلمات کلیدی: اولسن، سیلت، فسفر، کربنات کلسیم، ماده آلی

مقدمه:

فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری گیاه بوده و در خاک‌هایی که فسفر قابل استفاده آنها پایین است، خاصیت انباری و مقاومت در مقابل سرما کاهش می‌یابد(گیلفورد و همکاران،۱۹۷۰). به دلیل حلالیت بسیار کم ترکیبات حاوی فسفر در خاک و تمایل واکنشهای تعادلی آن به سمت فاز جامد، میزان فسفر در محلول خاک بسیار اندک است و به موازات جذب فسفر توسط ریشه گیاه، باید توسط منابع قابل دسترس در فاز محلول جایگزین گردد(هالفورد،۱۹۸۰). فسفر در خاک‌های آهکی، به مقدار زیادی به وسیله واکنشهای جذب و رسوب در سطوح کانیهای کربناتی ابقا می‌شود (فریمن و روول،۱۹۸۱). یافته‌های متفاوتی درباره ارتباط کربنات کلسیم با جذب فسفر گزارش شده است. کاریرا و همکاران (۲۰۰۶) عنوان کردند که کربنات‌ها نقش موثری در رسوب فسفات به صورت فسفات کلسیم دارند، بر اساس نظر آنها سطح ویژه کربنات کلسیم مهمترین عامل در جذب و نگهداری فسفر است. پنا و تورنت (۱۹۹۰) نیز گزارش کردند واکنش پذیری کربنات کلسیم به سطح ویژه کربنات کلسیم، که نشانه توزیع اندازه ذرات کربنات کلسیم خاک است بستگی دارد، نه به مقدار کل آن. همچنین بخیت سعید و داکر منجی (۱۹۹۳) نشان دادند که بین جذب فسفر و میزان کربنات کلسیم همبستگی معنی‌دار وجود ندارد. مسائلی از قبیل غنی شدن آبهای سطحی از فسفر، هزینه کودی و کمبود آهن و روی ناشی از زیادی فسفر قابل استفاده در خاک سبب شده اند که نیاز به توصیه‌های کودی دقیق‌تر، بیش از پیش احساس شود. لذا، کوشش‌های بسیاری به عمل آمده است تا با آگاهی از مقادیر فسفر باقیمانده کودهای فسفر، پیش بینی دقیق‌تری از نیاز کودی این عنصر غذایی به عمل آید. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد قابلیت استفاده این عنصر کلیدی را در نمونه خاک و جزء سیلت آنها بررسی کند.

مواد و روش ها:

به منظور بررسی میزان فسفر قابل استفاده و همبستگی آن با برخی از پارامترهای شیمیایی، ۱۲ نمونه خاک انتخاب و برخی از پارامترهای اولیه هم در خاک و هم در جزء سیلت آنها به روش‌های متداول آزمایشگاهی (کربن آلی به روش والکی بلاک(۱۹۳۴)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسید و باز(آلیسون و مودی، ۱۹۶۲)، کربنات کلسیم فعال به روش اگزالات آمونیوم(درونیا، ۱۹۴۲) و فسفر قابل استفاده به روش اولسن و واتاناب(۱۹۵۷)) اندازه‌گیری شد. برای

جداسازی ذرات معدنی از هم، ۱۰۰ گرم خاک از هر نمونه وزن و به داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. به هر کدام از نمونه‌ها ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در تکان دهنده الکتریکی تکان داده شده و به مدت یک شب به حال خود رها شدند. بعد از آن برای جداسازی ذرات شن از سیلت و رس، نمونه‌ها روی الک ۰/۰۵ میلی‌متری منتقل و با آب مقطر شسته شدند، طوری که ذرات شن در روی الک و ذرات سیلت و رس در زیر الک جمع شدند. بعد از جداسازی ذرات شن،جزء سیلت و رس هم به استوانه یک لیتری انتقال و هر روز هم زده شدند و ۲۴ ساعت بعد از عمق ۲۴ سانتی‌متری جزء رس آنها سیفون شد، این کار تا زمانی که نمونه‌ها شفاف شوند (ذرات رس از سیلت جدا شود) ادامه یافت. بعد از آن ذرات سیلت به ظروف آلومینیومی انتقال یافته و در آون در دمای ۱۰۵ درجه به مدت یک شب قرار داده شدند. بعد از خشک شدن، ذرات سیلت در ظروف فلزی نگهداری شدند. در نهایت همبستگی بین فسفر قابل جذب با خصوصیات اندازه گیری شده با استفاده از نرم افزار SPSS 16مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث:

جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب برخی از خصوصیات شیمیایی اندازه‌گیری شده در نمونه خاک و جزء سیلت آنها را نشان می دهد. همانطوری که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، میزان ماده آلی در نمونه های خاک از ۰/۲۶ تا ۲/۱۵، کربنات کلسیم معادل از ۱/۷۵ تا ۱۵/۲۵، کربنات کلسیم فعال نیز از ۱/۷۵ تا ۶/۵ درصد متغیر بودند. همچنین فسفر قابل جذب نیز از ۲/۸۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک در نمونه ۶ تا ۳۳/۷۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در نمونه ۹ متغیر بود.

چنانچه که در جدول ۲ نیز ملاحظه می‌فرمایید میزان ماده آلی در ذرات سیلت از ۰/۱۳ تا ۲/۴۸ درصد، کربنات کلسیم کل از ۱۸ تا ۴۰ درصد، کربنات کلسیم فعال از ۴ تا ۹ درصد و میزان فسفر قابل استخراج به روش اولسن از ۸/۴۷ تا ۲۷/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم ذره سیلت متغیر بود.

جدول ۳ نیز همبستگی بین فسفر قابل استفاده و برخی از پارامترهای شیمیایی در خاک و جزء سیلت آنها را نشان می دهد.

جدول ۱. برخی از خصوصیات شیمیایی خاکهای مطالعه شده

خصوصیات خاک	ماده آلی	کربنات کلسیم معادل	کربنات کلسیم فعال	فسفر قابل استفاده
شماره نمونه		%		Mg/kg
۱	۰/۴۷	۱/۷۵	۱/۷۵	۳/۰۳
۲	۰/۵۳	۱۵/۲۵	۶/۲۵	۱۱/۶۶
۳	۱/۸۸	۶/۷۵	۴/۲۵	۵/۱۵
۴	۱/۰۷	۶/۷۵	۴/۲۵	۷/۷۲
۵	۱/۶۱	۸/۲۵	۶	۵/۴۵
۶	۰/۳۳	۴/۲۵	۳/۲۵	۲/۸۷
۷	۰/۲۶	۹	۵/۲۵	۳/۷۸
۸	۲/۱۵	۷/۲۵	۶	۸/۶۳
۹	۱/۲۷	۱۳/۵	۵/۷۵	۳۳/۷۸
۱۰	۱/۴۷	۱۲	۶/۵	۹/۵۴
۱۱	۱/۵۴	۶/۵	۵	۳/۷۸
۱۲	۰/۴۰	۵/۲۵	۴/۲۵	۶/۸۱

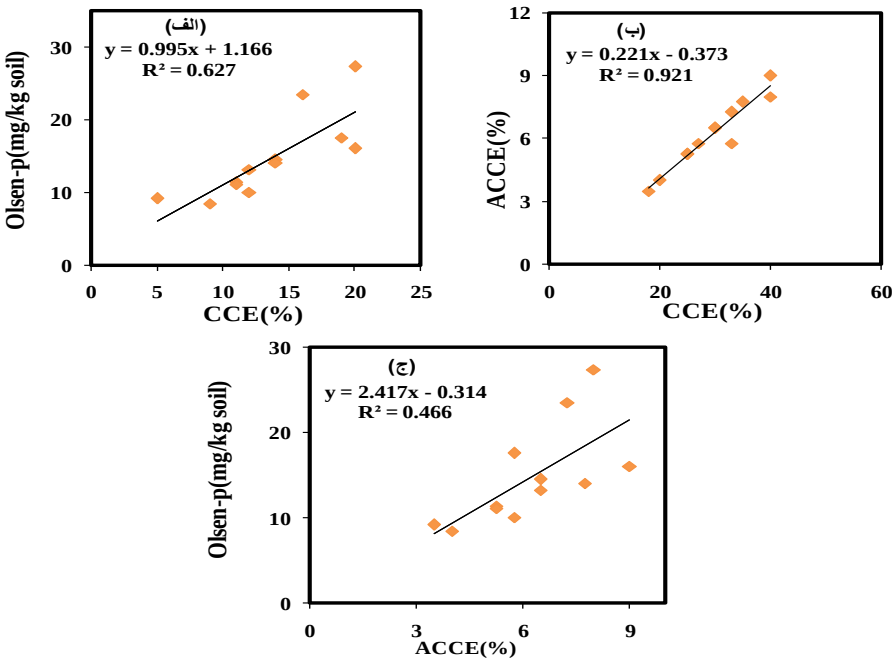
جدول ۲. برخی از خصوصیات شیمیایی ذرات سیلت

خصوصیات نمونه	ماده آلی	کربنات کلسیم معادل	کربنات کلسیم فعال	فسفر قابل استفاده
شماره نمونه		%		Mg/kg
۱	۰/۸۷	۲۲	۴/۲۵	۹/۱۷
۲	۲/۴۸	۳۳	۵/۷۵	۱۷/۵۵
۳	۱/۶۱	۲۰	۵/۲۵	۱۱/۳۵
۴	۱/۴۱	۲۱	۵	۱۰/۰۴
۵	۱/۴۱	۳۲	۶/۵	۱۴/۴۹
۶	۰/۶	۳۲	۵/۲۵	۱۱/۰۹
۷	۰/۴۷	۴۰	۹	۱۶/۰۶
۸	۱/۴۷	۳۵	۷/۷۵	۱۴/۰۶
۹	۱/۵۴	۴۰	۸	۲۷/۳۳
۱۰	۱/۴۱	۳۰	۷/۲۵	۲۳/۴۹
۱۱	۱	۳۳	۶/۵	۱۳/۱۸
۱۲	۰/۱۳	۱۸	۴	۸/۴۷

جدول ۳. همبستگی بین فسفر قابل استفاده و برخی از پارامترهای شیمیایی در خاک و جزء سیلت آنها

خصوصیات شیمیایی	OM silt	T.N.V silt	ACCE silt	Olsen p silt	OM Soil	T.N.V Soil	ACCE Soil	Olsen p Soil
OM silt	_	0.349	0.175	0.433	0.451	0.667*	0.511	0.381
T.N.V silt	_	_	0.960**	0.783**	0.246	0.752**	0.775**	0.535
ACCE silt	_	_	_	0.683*	0.320	0.579*	0.721**	0.380
Olsen p silt	_	_	_	_	0.225	0.830**	0.684*	0.777**

****معنی‌دار در سطح یک‌درصد * معنی‌دار در سطح پنج‌درصد**



شکل ۱. الف) رابطه بین کربنات کلسیم معادل با فسفر قابل جذب و ب) رابطه بین کربنات کلسیم معادل با کربنات کلسیم فعال و ج) رابطه بین کربنات کلسیم فعال با فسفر قابل جذب در ذرات سیلت

نتایج مطالعات همبستگی نشان داد که بین فسفر قابل جذب و برخی از پارامترها، همبستگی معنی‌دار وجود دارد. همانطوری که از جدول ۳ استنتاج می‌شود بین فسفر قابل جذب سیلت و نمونه خاک همبستگی معنی‌دار در سطح یک‌درصد وجود دارد. همچنین بین فسفر قابل جذب سیلت و کربنات کلسیم کل نمونه خاک همبستگی معنی‌دار در سطح یک‌درصد وجود دارد. بین فسفر قابل جذب سیلت و کربنات کلسیم کل آن همبستگی معنی‌دار در سطح یک‌درصد و با کربنات کلسیم فعال آن همبستگی معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد. شکل ۱ به وضوح وجود این روابط را بیان می کند. نتایج مشابهی قبلا توسط پژوهشگرانی مانند دادگر و همکاران (۱۳۸۹) و نقی زاده اصل و همکاران (۱۳۸۸) بدست آمده بود. همچنین نتایج نشان داد بین کربنات کلسیم کل سیلت با کربنات کلسیم کل و فعال نمونه خاک همبستگی معنی‌دار در سطح یک‌درصد وجود دارد. همانطوری که در قسمت ب شکل ۱ ملاحظه می‌شود رابطه قوی بین کربنات کلسیم فعال و کل در ذرات سیلت وجود دارد (R^2=92)، که با افزایش میزان کربنات کلسیم معادل، میزان کربنات کلسیم فعال نیز متناسب با آن افزایش می یابد. طبق نتایج آماری بین فسفر قابل جذب و ماده آلی همبستگی وجود نداشت درحالی‌که در تحقیقی که توسط نقی زاده اصل و همکاران(۱۳۸۸) انجام شد، همبستگی معنی‌داری بین دو پارامتر یاد شده وجود داشت، به نظر می‌رسد یکی از دلائل نبودن همبستگی بین فسفر قابل جذب و ماده آلی در این تحقیق، دامنه کم مواد آلی در خاکهای مطالعه شده باشد. چنین نتایجی قبلا توسط برترند و هالووی (۲۰۰۳) بدست آمده بود.

همانطوری که گفته شد میزان فسفر قابل استخراج به روش اولسن از ۸/۴۷ تا ۲۷/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم ذره سیلت متغیر بود. بطور متوسط میانگین فسفر قابل استفاده گیاه در ذرات سیلت بیشتر بوده و برابر با ۱۴/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ذره بدست آمد(جدول ۲). این موضوع بیانگر نقش مهم این ذره در تامین فسفر مورد نیاز گیاه می‌باشد. علاوه بر این، فراوانی فسفر در ذرات سیلت قابل انتشار در آب بر هدر رفت فسفر در فرآیند فرسایش خاک را نیز بیان می‌کند. به عبارت دیگر، ذرات سیلت که حساسیت بیشتری به فرسایش دارند با خروج خود از خاک‌های زراعی می‌توانند مقادیر قابل ملاحظه‌ای از فسفر قابل استفاده گیاه را از خاک خارج کنند. این موضوع نه تنها از لحاظ کشاورزی بلکه از جهت مسائل زیست محیطی مهم بوده و می‌تواند به عنوان یکی از عوامل مهم در آلودگی و یوتریفیکاسیون منابع آب مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

همچنین نسبت ماده آلی در ذرات سیلت قابل انتشار در آب نسبت به نمونه خاک ۱/۱ بدست آمد. این نسبت بیانگر اینست که ذرات سیلت دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای ماده آلی می‌باشد. هدر رفت این ذرات در اثر پدیده فرسایش ممکن است منجر به خروج مقادیر قابل توجهی ماده آلی از خاک بشود. این موضوع با عنایت به فقر مواد آلی در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله خاک‌های ایران از اهمیت خاصی برخوردار است.

نتیجه گیری:

همانطوری که در قسمت نتایج و بحث اشاره شد، ذرات سیلت به عنوان حساس ترین ذره به فرسایش دارای مقادیر زیادی فسفر هستند. این موضوع بیانگر نقش مهم این ذره در تامین فسفر مورد نیاز گیاه می‌باشد. علاوه بر این، فراوانی فسفر در ذرات سیلت قابل انتشار در آب بر هدر رفت فسفر در فرآیند فرسایش خاک را نیز بیان می‌کند. به عبارت دیگر، ذرات سیلت که حساسیت بیشتری به فرسایش دارند با خروج خود از خاک‌های زراعی می‌توانند مقادیر قابل ملاحظه‌ای از فسفر قابل استفاده گیاه را از خاک خارج کنند. این موضوع نه تنها از لحاظ کشاورزی بلکه از جهت مسائل زیست محیطی مهم بوده و می‌تواند به عنوان یکی از عوامل مهم در آلودگی و یوتریفیکاسیون منابع آب مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

منابع:

مقاله در مجله:

-دادگر، م، علیها، م. و فرامرزی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی رابطه بین فسفر قابل جذب و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتعو اراضی ناحیه آبسرد (شهرستان دماوند)، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، صفحه ۴۹۸-۵۰۴.

-Allison, L. E., Moodie, C. D. 1962. Carbonates. PP 1379- 1396. In: C. A. Black et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Am. Soc. Agron. , Madison, WI.

-Bakheit-Said M and Dakermanji A, 1993. Phosphorus adsorption and desorption by calcareous soils of Syria.Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 197-210.

-Bertrand I, Holloway RE, Armstrong RD and McLaughlin MJ, 2003. Chemical characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. Aus. J. Soil Research . 41: 61-76.

-Carreira JA, Vinegla B and Lajtha K, 2006. Secondary CaCo3 and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in and ecosystems. Journal of Arid Environments. 64(3):460-473.Drouineau, G. 1942.

-Halford ICR, 1980. Greenhouse evaluation of four phosphorous Soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. Soil Science Society of America Journal 44: 555-559.

-Olsen, S.R., Watanabe, F. S.1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. Soil Sci. Am. 21: 144-149.

-Walky, A., Black, I.A. 1934. An examination of degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of chromic acid in soil analysis. Experimental Soil Science, 79: 459-465.

مقاله در همایش:

- نقی زاده اصل، ز.، دردی پور، ا.، قلیزاده، ع.،کیانی، ف. ۱۳۸۸. بررسی رابطه بین فسفر قابل جذب گیاه و برخی ویژگی‌های خاک درخاک‌های جنوب گرگان رود. یازدهمین کنگره علوم خاک، ایران . ص۳۲۲.

-Freeman JS and Rowell DL, 1981. The adsorption and precipitation of phosphate on to calcite. J. Soil Sci. 32: 75- 84.

-Guilford DE, Chandler WV and Bryan OC, 1970. Effect of phosphorus applications to Lakeland sands on pineapple arrange yields, available soil phosphorous, and leaf phosphorous. Soil Science of America 2: 26-29.

Available phosphorus and its relationship with some soil chemical properties in silt particles

Amin GoliKalanpa

M.Sc Soil Chemistry and Fertility, University of Mohaghegh Ardabili, soilgoli@yahoo.com

Abstract

One of the most important element for plant growth is phosphorus. phosphorous compounds almost insoluble and available phosphorus in the soil decreases rapidly. The use of phosphate fertilizers due to phosphorus fixation in soil and low efficiency of its uptake by plants has been always an important issue in crop production. Given the importance of phosphorus in point of view agriculture and environment, the present study intends to examined the relationship between available phosphorus and some chemical properties in silt particles. For this purpose, 12 soil samples were selected and some chemical properties of them such as organic matter, calcium carbonate equivalent, activate calcium carbonate and available phosphorus were measured and the correlation between these characteristics and available phosphorus determined. Results showed a significant correlation between the Olsen-p and some Soil properties.

Keywords: olsen, silt, phosphorus, calcium carbonate, organic matter

اثر غرقاب بر پتانسیل اکسایش–کاهش و آهن در خاک‌های شالیزاری

مهتا میرحسینی[۱]، حسن رمضان‌پور[۲]، محمود فاضلی سنگانی[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد پیدایش و رده‌بندی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، mahta_mirhosseini74@yahoo.com

۲- دانشیار پیدایش و رده‌بندی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان،hasramezanpour@yahoo.com

۳- استادیارشیمی و آلودگی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان،mfazeli@guilan.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر غرقاب بر پتانسیل اکسایش-کاهش و آهن قابل دسترس گیاه در خاک‌های شالیزاری با مواد مادری مختلف در استان گیلان انجام گرفت. با توجه به نقشه زمین‌شناسی استان گیلان (۱/۲۵۰۰۰۰) شالیزارهای سه منطقه اسالم، آستانه اشرفیه و لاکان با مواد مادری مختلف برای نمونه‌برداری خاک انتخاب شد. اختلاف در مواد مادری توسط نتایج میکرومورفولوژی مشخص شد که در منطقه اسالم کانی پیروکسین و در منطقه آستانه کلسیت نسبتا زیاد بوده است. و در منطقه لاکان نیز، پیروکسین و هم کلسیت به مقدار خیلی کم وجود دارد. که این نتایج خود تفاوت در مواد مادری را نشان می‌دهند. ازطرفی دیگر، چون پیروکسین به‌عنوان یک کانی آهن و منیزیم‌دار می‌باشد، میزان آهن قابل دسترس در این منطقه بالا بوده است. نتایج تجزیه واریانس خاک‌های غرقاب شده برای ویژگی‌های Eh (پتانسیل اکسایش-کاهش) و آهن محلول نشان داد که اثر متقابل مواد مادری در زمان های مورد نظر برای این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید و همچنین اثرات ساده مواد مادری و زمان برای این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. این نتایج برای ویژگی pH و آهن قابل دسترس نشان داد که اثر متقابل مواد مادری در زمان های مورد نظر برای این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نگردید و لیکن اثرات ساده مواد مادری و زمان برای این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید.

واژگان کلیدی: آلوویوم، واکنش‌های الکتروشیمیایی، خصوصیات شیمیایی خاک، گیاه برنج

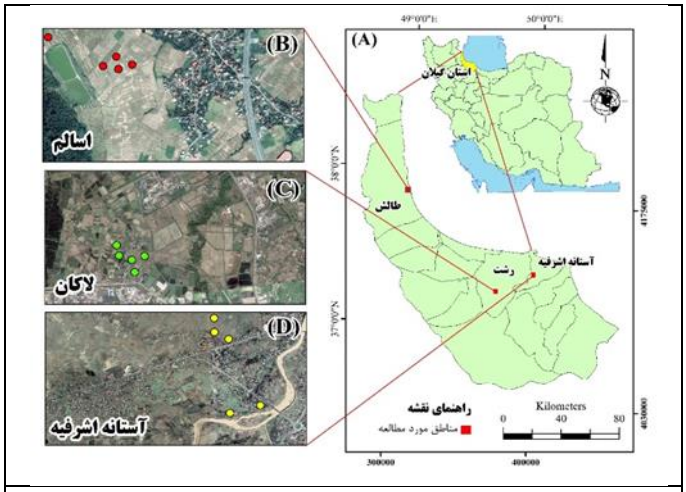
مقدمه

مورد استفاده قرار گیرد (Khan and Fenton, 1994). تعیین Eh از آن جهت حائز اهمیت است که تغییرات الکتروشیمیایی و بیوشیمیایی حاصل از غرقاب شدن خاک به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر بسیاری از خصوصیات خاک اعم از حلالیت، قابلیت دسترسی عناصر غذایی و انحلال و رسوب کانی ها در خاک تاثیر دارد (Ponnamperuma, 1972). اطلاع از رژیم حاکم بر تغییرات Eh، عوامل کنترل‌کننده آن و اثر آن بر فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بر مدیریت اراضی شالیزاری از نظر تامین عناصر ضروری برای رشد گیاه و همچنین سمیت عناصر که بر عملکرد گیاه برنج تاثیر گذار هستند، موثر می‌باشد (Moraghan and Mascagni., 1991). غرقاب کردن خاک‌ها باعث کاهش شدید تهویه در خاک‌های معدنی و آلی می‌شود. چنگ و همکاران (Cheng et al., 2009) میزان آهن کل، درصد رس و مواد آلی بالا را در اراضی شالیزاری نسبت به غیرشالیزاری گزارش کردند. خاک‌های شالیزاری عمدتاً خاک‌های آبرفتی و خاک‌هایی با هیومیک کم (اِنتی‌سول‌ها و اینسپتی‌سول‌ها) هستند. علاوه بر این، از ورتی‌سول‌ها، خاک‌های قهوه‌ای مایل به قرمز یا آلفی‌سول‌ها، خاک‌های قرمز-زرد پادزولی یا اولتی‌سول‌ها و لاتوسول‌ها یا اوکسی‌سول‌ها برای کشت برنج استفاده می‌شود. خاک‌های شالیزاری عمدتاً در اراضی آبرفتی مانند دلتاها و سیلاب رودهای بزرگ، دشت‌های ساحلی و تراس‌های پائین یافت می‌شوند. به طور کلی، خاک‌های شالیزاری که تراس‌بندی شده‌اند در برابر فرسایش مقاوم هستند و پشته‌هایی در اطراف این زمین‌ها وجود دارد که به عنوان اقداماتی برای حفظ آب‌های سطحی انجام شده است. مزارع برنج در دشت‌ها رسوبات جدیدی را از رواناب که حاصل فرسایش خاک سطحی از ارتفاعات است، دریافت می‌کنند؛ بنابراین حاصلخیزی و بهره‌وری خاک را حفظ می‌کنند. متداول‌ترین روش در کشت برنج، غرقاب کردن زمین است (Aslam Ali et al.,

(2019. در خاک‌های شالیزاری به دلیل تکامل خاک، توزیع آهن کل و هیدروکسیدهای آهن در طول پروفیل بیشتر است (Fallis, 2013). مدیریت صحیح خاک‌های شالیزاری به طور معنی‌داری میزان ذخایر کربن آلی، رس و آهن کل را در افق‌های سطحی خاک نسبت به پروفیل‌های غیرشالیزاری افزایش می‌دهد (Cheng et al. 2009).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ۳۰ شالیزار برنج شهرهای اسالم، آستانه اشرفیه و لاکان واقع در استان گیلان انجام گردید. پس از برداشت نمونه-های خاک‌های شالیزارهای مورد مطالعه به‌مدت ۷۶ روز غرقاب شده و آزمایش‌های Eh، pH و آهن (قابل دسترس و محلول) در هر دو هفته اندازه‌گیری شدند (۶ مرتبه). پتانسیل اکسایش و کاهش عددی است که توسط Ehمتر قرائت شد. در این مطالعه، پتانسیل اکسایش-کاهش خاک در شرایط بعد از غرقاب در گلدان‌های تعبیه‌شده اندازه‌گیری شدند. این اندازه‌گیری‌ها در طول زمان اندازه‌گیری‌ها (۶بار) در داخل گلدان با داخل کردن پروب دستگاه به داخل خاک غرقاب شده انجام شد (Comninellis et al., 2010). در این تحقیق، جهت اندازه‌گیری واکنش خاک‌ها (pH)، از عصاره گل اشباع استفاده شد. غلظت عنصر آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی و به کمک استانداردهای ساخته شده قرائت گردید (Chen and ma, 2001).



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در استان گیلان (A) و نقاط نمونه برداری در اسالم (B)، لاکان (C) و آستانه اشرفیه (D)

نتایج و بحث

۱. بررسی اثر غرقاب و نوع ماده بر پارامترهای مورد مطالعه

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای آهنقابل دسترس، آهن محلول، pH و Eh اندازه‌گیری‌شده در طول دوره غرقاب در خاک‌های مورد مطالعه (اسالم، آستانه‌اشرفیه و لاکان) در جدول ۱ آورده شده است. رابطه اثر ساده (مواد مادری و زمان به‌طور جداگانه)، متقابل (مواد مادری و زمان به‌طور هم‌زمان) و غیرمعنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد آن در جدول مشخص گردیده است.

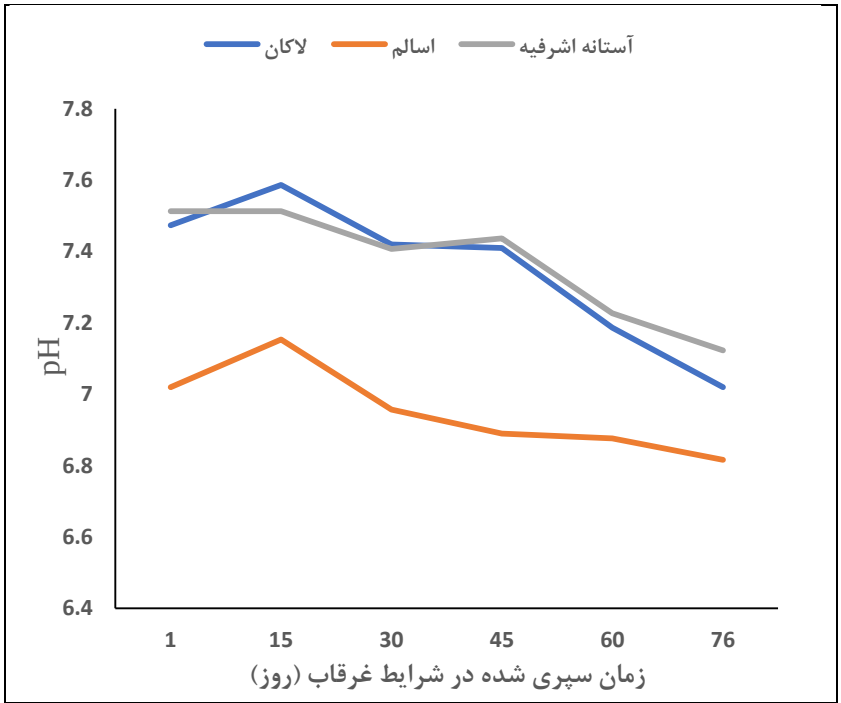
جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری‌شده پس از غرقاب خاک‌های مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزدی	میانگین مربعات			
		آهن در دسترس	آهن محلول	pH	Eh
مواد مادری	۲	۱۶۳۷/۸۹ **	۱۴/۳۷ **	۰/۹۹ **	۵۴۹/۲۵ **
زمان	۵	۵۵۲۶/۴۷ **	۴۲/۶۵ **	۰/۲۲ **	۱۱۹۲۱/۴۳ **
مواد مادری در زمان	۱۰	۲۴/۲۶ ns	۱/۶ **	۰/۰۱۳ ns	۴۵۶/۰۱ **
خطا	۳۶	۳۴/۳۶	۰/۱۲	۰/۰۱۳	۵۸/۸۵
ضریب تغییرات	-	۶/۶۴	۱۳/۳۷	۱/۵۹	۱۸۱/۲۷

ns ، * ،** به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد می‌باشند

۲. اثر غرقاب و نوع ماده مادری بر واکنش خاک

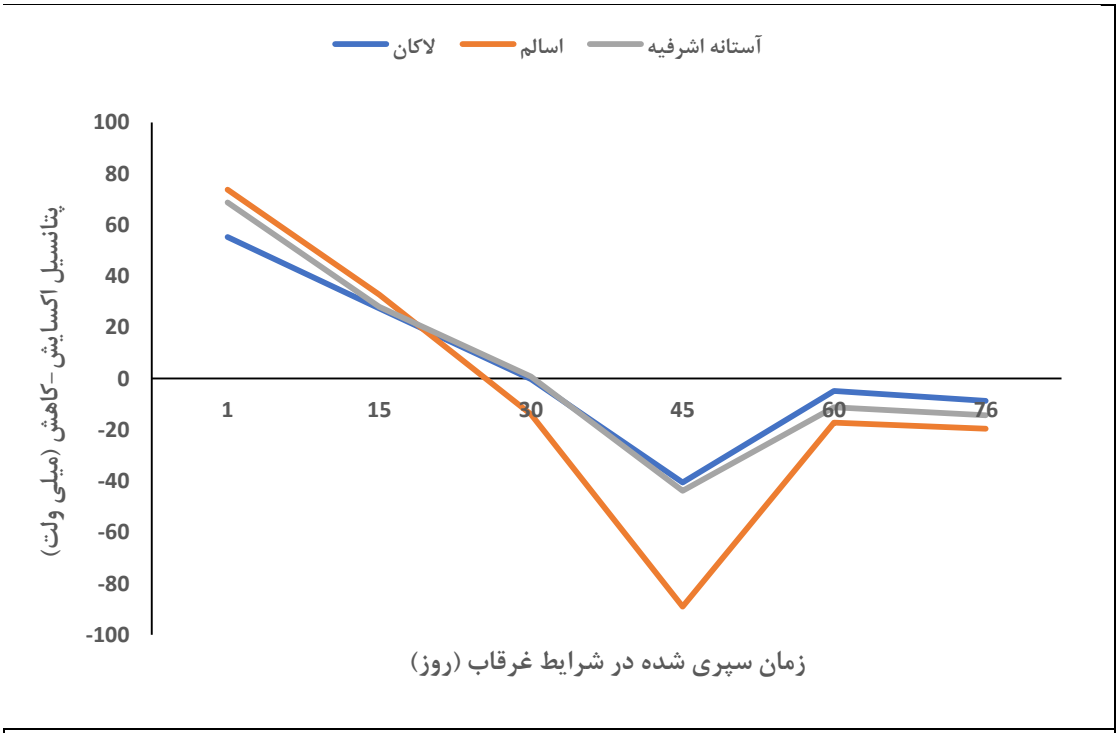
نتایج مقایسه واکنش خاک سه منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ و ۳ ارایه شده است. نتایج تجزیه واریانس برای صفت pH نشان داد که اثر متقابل مواد مادری در زمان‌های مورد نظر برای این صفت معنی‌دار نگردید، ولی اثرات ساده مواد مادری و زمان برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین مقایسات میانگین برای این صفت در اثر ساده مواد مادری نشان داد که بیشترین pH (۷/۳۷) مربوط به منطقه آستانه‌اشرفیه بوده است، که با منطقه لاکان اختلاف معنی‌داری نداشت، همچنین کمترین pH نیز مربوط به منطقه اسالم با مقدار ۶/۹۵ بود که با سایر مناطق اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسات میانگین برای اثر ساده زمان نشان داد که بیشترین pH (۷/۴۱) پس از ۱۵ روز از زمان غرقاب اتفاق افتاده است، که با زمان اولیه غرقاب، اختلاف معنی‌داری نداشت، کمترین مقدار pH نیز مربوط به روز آخر غرقاب (۷۶ روز پس از غرقاب) بود که با زمان پایان غرقاب، اختلاف معنی‌داری نداشت.



شکل ۲-مقایسه زمان بر مقدار واکنش خاک بعد از غرقاب

۳. اثر غرقاب و نوع ماده مادری بر پتانسیل اکسایش-کاهش

نتایج مقایسه اثر متقابل مواد مادری در زمان بر مقادیر پتانسیل اکسایش-کاهش خاک سه منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ ارایه شده است. نتایج تجزیه واریانس برای صفت Eh نشان داد که اثرات ساده و متقابل مواد مادری در زمان‌های مورد نظر برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید که این نتیجه به‌دین معنی است که پتانسیل‌های اکسایش-کاهش مناطق مورد مطالعه در مواد مادری مختلف یکسان نبوده و دارای روند تقریبا یکنواختی می‌باشند. بیشترین میزان پتانسیل اکسایش-کاهش در خاک شالیزار به‌مقدار ۷۲/۴ و کمترین آن ۱۳۶/۸- بوده است. بهمنیار و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که مقادیر Eh در خاک‌های غیرشالیزار نزدیک به ۹۰+ میلی‌ولت است، Eh خاک‌های شالیزار در شرایط کشت بین ۴۰+ و۱۲۲- میلی‌ولت متغیر بود (Bahmaniar, 2008) که با این نتایج با اندکی اختلاف هم‌راستا است. مقدار Eh در طول دوره غرقاب با زمان تغییر می-کند. مقادیر Eh بعد از ۱۴ روز از غرق آبی به پایین‌ترین حد خود رسید و سپس افزایش یافت و بعد از ۸ هفته پس از غرقاب اولیه به تعادل رسید که با مطالعه همتی و همکاران (۲۰۱۷) هم‌راستا بوده است. روند تغییرات پتانسیل اکسایش و کاهش در این خاک-ها دارای رابطه معکوس با ماده آلی بود، لیکن این رابطه معکوس به دلیل نزدیک بودن مقادیر پتانسیل اکسایش-کاهش در هر سه منطقه (آستانه‌اشرفیه، اسالم و لاکان) کاملا مشهود نبوده است.

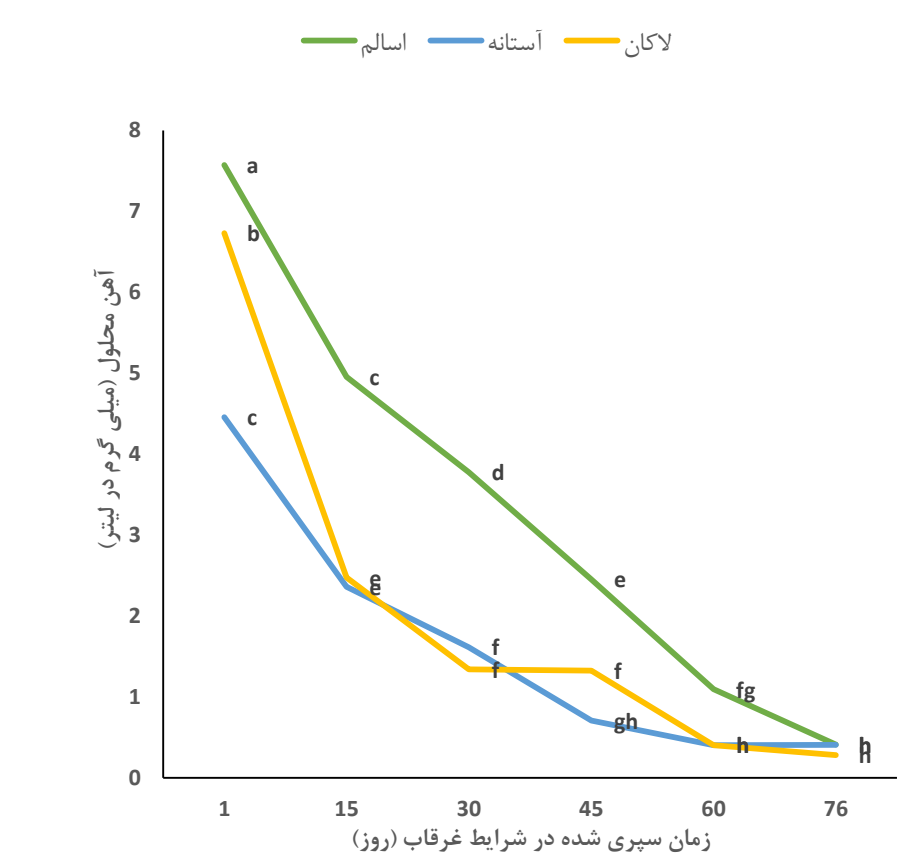


شکل ۳-روند تغییرات پتانسیل اکسایش-کاهش بعد از غرقاب در مناطق مورد مطالعه

۴. اثر غرقاب و نوع ماده مادری بر مقدار آهن محلول

نتایج مقایسه اثر متقابل مواد مادری در زمان بر مقادیر آهن محلول خاک سه منطقه مورد مطالعه (اسالم، آستانه‌اشرفیه و لاکان) در شکل ۵ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس برای صفت آهن محلول به‌دین شرح بود که اثرات ساده و متقابل مواد مادری در زمان‌های مورد نظر برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین مقایسات میانگین برهمکنش بین مواد

مادری در زمان برای صفت یاد شده در بالا نشان داد که بیشترین مقدار آهن محلول (۷/۵۷ میلی‌گرم در لیتر) مربوط به منطقه اسالم در زمان اول غرقاب بوده است، که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین کمترین مقدار آهن محلول نیز مربوط به منطقه لاکان در زمان پایان غرقاب بوده است که با برخی از تیمارها مانند منطقه لاکان در ۶۰ روز پس از غرقاب، منطقه آستانه-اشرفیه در زمان‌های ۴۵، ۶۰ و ۷۶ روز پس از غرقاب و نیز منطقه آستانه‌اشرفیه در زمان پایان غرقاب، اختلاف معنی‌داری نداشت.



شکل۴- مقایسه اثر متقابل مواد مادری در زمان بر مقدار آهن محلول بعد از غرقاب (ستون های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری باهم ندارند)

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس خاک‌های غرقاب شده (بعد از غرقاب) برای صفت پتانسیل اکسایش-کاهش و آهن محلول نشان داد که اثر متقابل مواد مادری در زمان‌های مورد نظر برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید و همچنین اثرات ساده مواد مادری و زمان برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. این نتایج برای صفت pH و آهن قابل دسترس نشان داد که اثر متقابل مواد مادری در زمان های مورد نظر برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نگردید و لیکن اثرات ساده مواد مادری و زمان برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. به‌طورکلی می‌توان بازگو کرد که غرقاب بر ویژگی‌های خاک مورد مطالعه توانست موثر باشد، که این تاثیرگذاری بر گیاه، باید بررسی شود.

فهرست منابع

Bahmaniar, M. A. (2008). The influence of continuous rice cultivation and different waterlogging periods on the morphology, clay mineralogy, Eh, pH and K in paddy soils. Eurasian Soil Science, 41(1), 87-92.
Brady, N. C. (1990). Characteristics of saline and sodic soils. The Nature and Properties of Soils, 10th ed. Macmillan Publishing Company, New York, 243-246.
Chen, M. and Ma, L.Q. (2001). "Comparison of Three Aqua Regia Digestion Methods for Twenty Soils", Sol Science Society of America Journal, Vol. 65,pp. 491-499.
Cheng, Y. Q., Yang, L. Z., Cao, Z. H., Ci, E., and Yin, S. (2009). Chronosequential changes of selected pedogenic properties in paddy soils as compared with non-paddy soils. Geoderma, 151(1-2), 31-41.
Khan, F. A., and Fenton, T. E. (1994). Saturated zones and soil morphology in Mollisols catena lowa, Soil Soil Science Society of America Journal, 58, 1457-1464.
Moraghan, J.T., and H.J. Mascagni. 1991. Enviromental and soil factor affecting micronutrient deficiencies and toxicities. p. 371-425. In (ed), Micronutrients in Agriculture.2nd ed. Soil Science Society of America Inc., Madison. WI.
Patrick, W.H., and C.N. Reddy. (1978). Chemical changes in rice soils. In Soils and rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. p. 361-379.
Ponnamperuma, F. N. (1972). The Chemistry of Submerged Soil, Adv. Agron. 24:29-96.
Zou Y., Lu X., and Jiang M. 2009. Dynamics of dissolved iron under pedohydrological regime caused by pulsed rainfall events in wetland soils. Geoderma, 150: 46–53

Effect of water logging on oxidation-reduction potential and Iron in paddy soils

mahta mirhosseini[1], Hassan Ramzanpour[2], Mahmood Fazeli Sangani [3]
1- MSc Student in Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht,mahta_mirhosseini74@yahoo.com
2- Associate Professor of Genesis and Soil Classification, University of Guilan; asramezanpour@yahoo.com
3- Assistant Professor of soil chemistry and pollution,Faculty of Agriculture, University of Guilan, mfazeli@guilan.ac.ir

Abstract

This study aimed to investigate the relationship between the effect of flooding on redox potential and available iron in paddy soils. Different Study were done in Guilan province. According to the geological map of Guilan province (1.250000), paddy fields of three regions of Asalem, Ashrafieh and Lakan regions with different materials were selected for soil sampling. Micromorphological results showed that the mineral pyroxin in the Asalem region is relatively high but the mineral calcite is very small. Also in the other study site , pyroxene and muscovite is very low and calcite is relatively high, and finally in the Lacanny region there is both pyroxine and calcite in very small amounts. These results themselves show differences in maternal materials. Also, according to the mineralogical results, all three studied areas have chlorite, smectite, kaolinite and mica minerals. which are the some type but different in severity. since micromorphological experiments showed that most of the minerals are pyroxene in the Asalem region, and due to the fact that pyroxene have increasing amounts of iron, the amount of iron available Iron in this area was high. The results of analysis of variance of submerged soils for Eh and soluble iron showed that the interaction of parent materials at the desired times for this treatment was significant at the level of 1% probability and also the simple effects of parent materials and time for this treat at the level of 1% probability. were significant. These results for the available pH and iron treatment showed that the interaction of parent materials at the desired times for this traitment was not significant at the level of one percent probability but the simple effects of parent materials and time for this treatment were significant at the level of one percent probability.

Keywords: Alluvium, Electrochemical reactions, Soil chemical properties, Rice plant**.**

مطالعه بررسی زیست فراهمی فلز منگنز و آهن در خاک پس از کشت ذرت تحت کاربرد ذغال قهوه‌ای و آبیاری با آب آلوده به مس

رضا قاسمی[۱]، آوا محرزی[۲]، نرگس آبدار[۳]

۱- هیات علمی بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران ghasemif@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران

۳- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران

چکیده

غلظت عناصر کم مصرف در خاک از جمله عوامل تاثیر گذار بر رشد و نمو گیاهان به حساب می آید از آنجا که این عناصر تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار میگیرند بنابراین هدف از این تحقیق مطالعه بررسی زیست فراهمی فلز منگنز و آهن در خاک پس از کشت ذرت تحت کاربرد ذغال قهوه ای و آبیارب با آب آلوده به مس بود پس از تهیه خاک های مورد آزمایش و عصاره گیری به کمکDTPA غلظت عناصر آهن و منگنز تعیین گردید. نتایج نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی آلوده شده به سولفات مس میزان منگنز خاک پس از کشت را کاهش داد اما مغناطیسی کردن آب الوده به نیترات مس میزان منگنز خاک پس از کشت را افزایش داد اما این افزایش معنادار نبود همچنین میزان آهن خاک پس از کشت تحت آبیاری با آب آلوده به نیترات مس بیشتر از خاک تحت آبیاری با سولفات مس بود اما مغناطیسی کردن آب آلوده به هر دو نمک سبب کاهش معنادار آهن خاک پس از کشت گردید.

واژگان کلیدی: آهن، منگنز، مس، آب مغناطیسی

مقدمه

منابع آب نه تنها با تغییر آب و هوا بلکه با افزایش سطح آلودگی فلزات سنگین، که به یک مسئله جدی زیست محیطی در مقیاس جهانی تبدیل شده است، تهدید می شود (Satapathy *et al*., 2009) درشرایط فعلی، که تقاضای فزاینده ای برای آب شیرین وجود دارد، منابع آب غیر آلوده و عاری از بیماری به طور فزاینده ای کم شدند در نتیجه نیاز به تصفیه و استفاده مجدد از آب ها وجود دارد (Burritt & Christ, 2018). عناصر مضر مانند فلزات سنگین در اثر چندین فعالیت انسانی (به عنوان مثال کشاورزی، تولید انرژی، صنعت، تولید، معدن و ...) می توانند وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی شوند. آلودگی منابع آب توسط فلزات سنگین به دلیل سمیت، ماندگاری و تجمع بیولوژیکی این آلاینده ها، برای آبزیان، تولیدات کشاورزی و سلامت انسان خطر واقعی است (Lopez *et al*., 2019). همچنین آلودگی خاک با فلزات سنگین از طریق آبیاری با آب آلوده یکی از مشکلی است که در مناطق صنعتی تقریباً در همه کشورهای جهان تأثیرگذار است (Zamulina *et al*., 2021). این فلزات می توانند آب خاک و هوا را آلوده کنند و کیفیت زندگی انسان را تحت تاثیر قرار دهند (Barsova *et al*., 2019). عناصر منگنز(Mn)، مس (Cu) و آهن (Fe) از عناصر کم مصرف ضروری است که گیاهان در مقادیر کمی به آن‌ها نیاز دارد. علیرغم نیاز کم، در صورت عدم دسترس بودن، عملکردهای حیاتی گیاه محدود می‌شود و در نتیجه باعث ناهنجاری های گیاه، کاهش رشد و عملکرد کمتر می شود ریز مغذی های ضروری گیاه عملکردهای مختلفی دارند. مس جز آنزیم های مرتبط با فتوسنتز است منگنز آنزیم ها را فعال می‌کند و برای سنتز کلروفیل و فتوسنتز ضروری است (Frey & Lösch, 2010). آهن (Fe) یک ریز مغذی ضروری برای زندگی و رشد گیاه است. با این حال ، در خاک ، فراهمی زیستی آهن اغلب از نظر مکان و زمان محدود و متغیر است، بنابراین مناطق مختلف یک سیستم ریشه ممکن است در معرض مواد مغذی مختلف قرار بگیرند (Valentinuzzi *et al*., 2020). آب مغناطیسی شده با عبور آب از آهن ربا دائمی قوی که روی لوله آب نصب شده است بدست می‌آید

(Mostafazadeh-Fard *et al.*, 2011). این تکنیک پتانسیل‌های امیدوار کننده ای را در مناطق مختلف به ویژه کشاورزی نشان داده است. ایمنی ، سادگی ، سازگاری با محیط زیست ، هزینه عملیاتی کم و اثرات مضر اثبات نشده از مزایای اصلی میدان الکترومغناطیسی نسبت به روش های معمول تصفیه آب است. آب مغناطیسی دارای ویژگی های منحصر به فرد فیزیکی و شیمیایی است و آن را به یک ترکیب چند منظوره با مزایای بالقوه در درمان های پزشکی، کاربردهای صنعتی و همچنین زیستی تبدیل می‌کند. بهبود کیفیت و کمیت آب آبیاری ، عملکرد و کیفیت محصول، بهبود خاک و صرفه جویی در مصرف آب از مزایای استفاده از آب آبیاری مغناطیسی شده در کشاورزی است. علاوه بر این ، تیمارهای میدان مغناطیسی اثرات مفیدی بر روی جوانه زنی بذرها ، رشد و نمو گیاهان ، رسیدن و عملکرد محصولات زراعی نشان داده اند (Ali *et al.*, 2014). زغال سنگ قهوه ای از مجموعه ای است از مولکول های کوچکی مانند اسیدهای فولویک، اسیدهای هیومیک، بقایای گیاهان، موم و رزین تشکیل می دهد (Woskoboenko *et al.*, 1991). می‌توان از این ترکیب به عنوان جاذب فلزات سنگین و همچنین کود استفاده کرد. از آنجا که مطالعه چندانی بر روی اثر آبیاری با آب مغناطیسی آلوده شده به مس بر زیست فراهمی فلزات موجود درخاک از جمله آهن و منگنز انجام نشده است مطالعه حاضر با هدف بررسی زیست فراهمی فلز منگنز و آهن در خاک پس از کشت ذرت تحت کاربرد ذغال قهوه ای و آبیاری با آب آلوده به مس انجام گردید

مواد و روش‌ها

خاک های مورد مطالعه در این آزمایش پس از اتمام کشت ذرت در گلدان های ۲/۵ کیلوگرمی که حاوی چهار سطح ذغال قهوه ای به میزان ۲،۱،۰ و ۴ درصد وزنی بود تهیه گردید همچنین در طول این آزمایش گیاهان با سه نوع آب (آب مقطر، آب آلوده به مس و آب آلوده به مس مغناطیسی شده) آبیاری گردیدند. پس از این مراحل خاک ها از الک دو میلی متری عبور داده شد و سپس هوا خشک گردیدند و بعد از آن به آزمایشگاه جهت تعیین غلظت فلزات منگنز و آهن به کمک عصاره گیر DTPA، و قرائت توسط دستگاه جذب اتمی ارسال گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر اصلی ذغال سنگ، آب آلوده و برهمکنش دو عامل در سطح احتمال ۱درصد تاثیر معناداری غلظت آهن در خاک پس از برداشت داشتند. بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین، غلظت آهن خاک پس از کشت تحت تیمار دو نمک سولفات و نیترات نسبت به شاهد افزایش معناداری یافتند که از این میان تاثیر نمک نیترات بیشتر بوده است. با مغناطیسی شدن دو نمک، غلظت آهن خاک پس از کشت نسبت به تیمار غیر مغناطیسی کاهش معناداری یافتند. غلظت آهن خاک پس از کشت در سطح چهار درصد ذغال سنگ نسبت به سایر سطوح افزایش معناداری یافت. که شاید علت آن بالا بودن غلظت آهن در ذغال سنگ باشد(جدول۱).

جدول ۱- اثر سطوح ذغال قهوه ای و آب آلوده به بر آهن قابل عصاره گیر با DTPA در خاک پس از برداشت (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

	سطوح ذغال سنگ (درصد)				میانگین
آب آبیاری	۰	۱	۲	۴	
آب مقطر	۷/۲۱b-e	۲/۱۳g	۷/۵۲a-e	۸/۰۳a-d	**۶/۲۲C**
آب آلوده به سولفات مس	۶/۶۶c-e	۷/۰۹b-e	۶/۵۰de	۸/۴۷ab	**۷/۱۸B**
آب آلوده به نیترات مس	۷/۸۶a-d	۷/۳۴a-e	۸/۰۴a-d	۷/۳۳a-e	**۷/۶۴AB**
آب آلوده به سولفات مس مغناطیسی	۶/۲۶e	۶/۶۲de	۶/۴۹de	۳/۸۸f	**۵/۸۱C**
آب آلوده به نیترات مس مغناطیسی	۸/۱۹ac	۶/۶۰de	۸/۷۹a	۸/۳۹ab	**۷/۹۹A**
میانگین	**۸/۱۴B**	**۵/۹۵B**	**۷/۴۷A**	**۱۰/۰۱A**	

میانگین‌هایی که در ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا در متن جدول در یک حروف کوچک مشترک هستند، طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشند($p \leq 0.05$)

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر اصلی ذغال سنگ، آب آلوده و برهمکنش دو عامل در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنادار بر غلظت منگنز قابل دسترس در خاک پس از برداشت داشتند. نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که، دونمک سولفات و نیترات تفاوت معناداری نسبت به یکدیگر بر غلظت منگنز خاک پس از کشت نداشتند. آب حاوی نمک سولفات و نیترات مس غلظت منگنز خاک پس از کشت را نسبت به شاهد افزایش معنادار دادند. از طرفی غلظت منگنز خاک پس از کشت در تیمار سولفات مغناطیسی نسبت به تیمار غیر مغناطیسی خود کاهش معناداری یافت اما نسبت به شاهد تفاوت معناداری نداشت اما غلظت منگنز خاک پس از کشت در تیمار نیترات مغناطیسی تفاوت معناداری با تیمار غیرمغناطیسی نداشت اما نسبت به شاهد افزایش معناداری یافت.

جدول ۲ - اثر سطوح ذغال قهوه ای و آب آلوده به مس بر منگنز قابل عصاره گیر با DTPA در خاک پس از برداشت (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

	سطوح ذغال سنگ (درصد)				میانگین
آب آبیاری	۰	۱	۲	۴	
آب مقطر	۴/۸۸f	۴/۶۴f	۸ de	۱۲/۱۶a	۷/۴۲C
آب آلوده به سولفات مس	۱۲/۰۸a	۷/۹۵de	۹/۸۱bc	۷/۶۲de	۹/۳۷B
آب آلوده به نیترات مس	۷/۵۴de	۱۱/۹۵a	۱۰/۱۵b	۱۱/۵۳a	۱۰/۲۹A
آب آلوده به سولفات مس مغناطیسی	۸/۱۰de	۸/۷۹b-d	۸/۰۵de	۶/۹۰e	۷/۹۶C
آب آلوده به نیترات مس مغناطیسی	۸/۰۸de	۸/۶۵cd	۷/۳۴de	۱۱/۸۴a	۸/۹۸B
میانگین	۸/۱۴B	۸/۴۰B	۸/۶۷B	۱۰/۰۱A	

میانگین‌هایی که در ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا در متن جدول در یک حروف کوچک مشترک هستند، طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشند($p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

امروزه روش‌های مختلفی برای تصفیه‌ی آب به کارگرفته می‌شوند که هرکدام از آنها اثرات گوناگونی را به همراه دارند. در این میان مغناطیسی کردن آب آلوده یک روش ناشناخته اما جدید به حساب می‌آید. آبیاری با آب مغناطیسی آلوده شده به سولفات مس میزان منگنز خاک پس از کشت را کاهش داد اما مغناطیسی کردن آب الوده به نیترات مس میزان منگنز خاک پس از کشت را افزایش داد اما این افزایش معنادار نبود. همچنین میزان آهن خاک پس از کشت تحت آبیاری با آب آلوده به نیترات مس بیشتر از خاک تحت آبیاری با سولفات مس بود اما مغناطیسی کردن آب آلوده به هر دو نمک سبب کاهش معنادار آهن خاک پس از کشت گردید.

منابع

Ali, Y., Samaneh, R., & Kavakebian, F. (2014). Applications of magnetic water technology in farming and agriculture development: A review of recent advances. Current World Environment, 9(3), 695

Barsova, N., Yakimenko, O., Tolpeshta, I., & Motuzova, G. (2019). Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation—A review. Environmental pollution, 249, 200-207.

Burritt, R. L., & Christ, K. L. (2018). Water risk in mining: Analysis of the Samarco dam failure. Journal of Cleaner Production, 178, 196-205

Frey, & Lösch, R. (2010). Lehrbuch der Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Spektrum Akad. Verlag.

López, R., Hallat, J., Castro, A., Miras, A., & Burgos, P. (2019). Heavy metal pollution in soils and urban-grown organic vegetables in the province of Sevilla, Spain. Biological Agriculture & Horticulture, 35(4), 219-237

Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S. F., & Kiani, A. R. (2011). Effects of magnetized water and irrigation water salinity on soil moisture distribution in trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 137(6), 398-402

Satapathy, D. R., Salve, P. R., & Katpatal, Y. B. (2009). Spatial distribution of metals in ground/surface waters in the Chandrapur district (Central India) and their plausible sources. Environmental Geology, 56(7), 1323-1352.

Valentinuzzi, F., Pii, Y., Carlo, P., Roberto, T., Fontanella, M. C., Beone, G. M., ... & Cesco, S. (2020). Root-shoot-root Fe translocation in cucumber plants grown in a heterogeneous Fe provision. Plant Science, 293, 110431

Woskoboenko, F., Stacy, W. O., & Raisbeck, D. (1991). Physical structure and properties of brown coal. In The science of Victorian brown coal (pp. 151-246). Butterworth-Heinemann.

Zamulina, I. V., Gorovtsov, A. V., Minkina, T. M., Mandzhieva, S. S., Bauer, T. V., & Burachevskaya, M. V. (2021). The influence of long-term Zn and Cu contamination in Spolic Technosols on water-soluble organic matter and soil biological activity. Ecotoxicology and Environmental Safety, 208, 111471.

Study of bioavailability of manganese metal and iron in soil with use of brown coal and irrigation with copper-contaminated water for maize cultivation

Reza Ghasemi[1], Ava Mohrezi[2], Narges Abdar

1. Faculty member department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran
ghasemif@gmail.com
2. Ph.D student department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran
3. Ph.D student department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran

Abstract

Concentration of trace elements soil is one factors affecting growth and development of plants because these elements are affected by various factors. Therefore, the purpose of this study was investigate bioavailability of Mn and Fe with maize cultivation and Brown coal and water contaminated Cu were used for irrigation. extracting with DTPA, the concentrations of Fe and Mn were determined. Results showed that irrigation with magnetic water and contaminated Cu sulfate reduced soil Mn after planting, but magnetizing water contaminated with Cu nitrate increased the soil Mn, but this increase was not significant. Cultivation irrigated with water contaminated nitrate was more than soil irrigated Cu sulfate, but magnetization of water contaminated both salts caused a significant reduction in soil Fe.

Keywords: Iron, manganese, copper, magnetic water.

بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاکهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه

زهره الویار*[1]، فرزین شهبازی[2]، شاهین اوستان[3]

۱-دانشجوی دکتری،گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تبریز،

*- نویسنده مسئول Email: Zohre_Alvyar@yahoo.com

۲-دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تبریز

۳- استاد ،گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تبریز

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی وضعیت آلودگی خاک به فلزات سنگین آرسنیک،کروم، مس، نیکل، سرب و روی در ساحل شرقی دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص‌های مختلف آلودگی می‌باشد. برای این منظور ۱۳۱ نمونه خاک سطحی برداشت شد. بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها، غلظت فلزات به روش فلورسانس پرتو ایکس(XRF) اندازه‌گیری شد. فاکتور آلودگی، شاخص بار آلودگی و شاخص ریسک اکولوژیکی جهت تعیین میزان آلودگی منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. طبق نتایج بدست آمده، خاک سطحی در منطقه مورد مطالعه بر اساس فاکتور آلودگی، آلودگی کم از نظر مس، سرب و روی دارد. همچنین فاکتور آلودگی نشان داد که بیش از ۵۰ درصد نمونه‌های آرسنیک و نیکل در طبقه‌بندی آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد قرار داشته و نمونه‌های کروم در طبقه‌بندی آلودگی کم تا متوسط قرار گرفته است. میانگین شاخص‌های بار آلودگی و ریسک اکولوژیکی به ترتیب ۰/۶۵ و ۴۱/۶۰ به دست آمد و از نظر طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه در سطح بدون آلودگی قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، دریاچه ارومیه، فاکتور آلودگی، بار آلودگی، شاخص ریسک اکولوژیکی

مقدمه

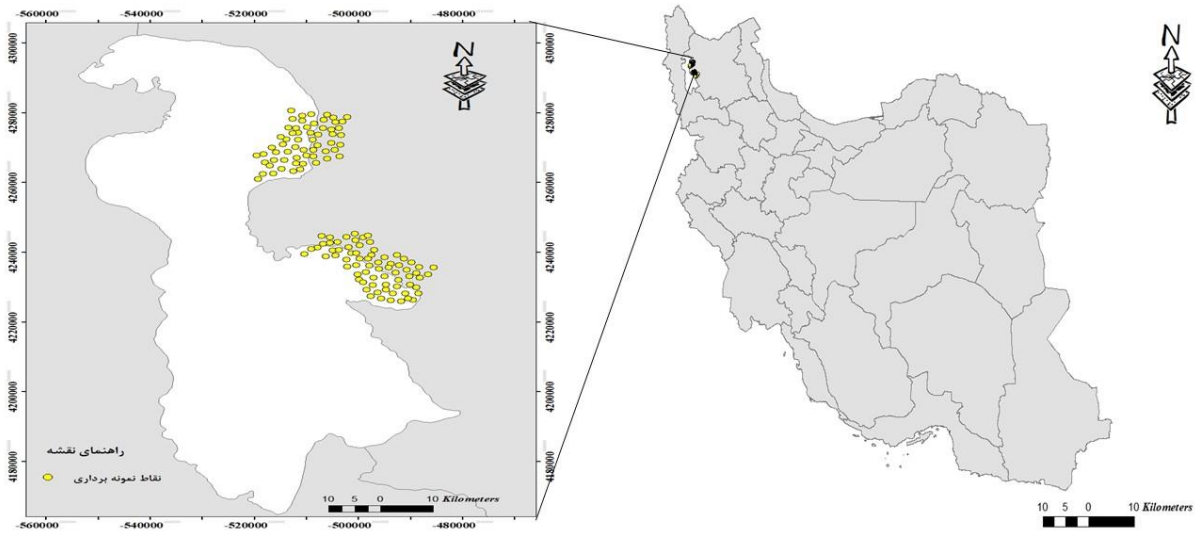
فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی که بر موجودات زنده دارند در غلظت‌های کم نیز حائز اهمیت هستند (غصبان، ۱۳۹۰). محتوای کل، مکانیسم‌های آماری و ارتباط بین محتوای فلزات سنگین و خواص خاک مانند همبستگی اطلاعات جامعی در مورد میزان آلودگی خاک ارائه نمی‌دهد(Kowalska et al., 2016). بنابراین، کلید ارزیابی مؤثر آلودگی خاک با فلزات سنگین در استفاده از شاخص‌های آلودگی است. علاوه بر این، شاخص‌های آلودگی اهمیت زیادی در ارزیابی کیفیت خاک و پیش‌بینی پایداری اکوسیستم در آینده به خصوص در مورد اراضی کشاورزی دارند (Kowalska et al., 2018). طیف وسیعی از روش‌ها برای مشخص کردن آلودگی خاک وجود دارد. بدین‌منظور از برخی روش‌های ارزیابی منفرد مانند شاخص فاکتور آلودگی(Hakanson, 1980) در بررسی آلودگی هر فلز استفاده می‌شود. علاوه بر روش‌های منفرد، روش-های ترکیبی مانند شاخص بار آلودگی(Tomlinson et al., 1980) و شاخص ریسک اکولوژیکی(Hakanson, 1980) نیز در این تحقیق استفاده می‌شود. تحقیقات زیادی در زمینه آلودگی رسوبات و خاک‌ها به فلزات سنگین انجام شده است که به بررسی میزان آلودگی با استفاده از شاخص‌های شدت آلودگی پرداخته است و در بسیاری از مطالعات نیز برای تعیین سطوح آلودگی از شاخص‌های مذکور استفاده شده است (Liu et al., 2005).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و آنالیز نمونه‌های خاک

منطقه مورد مطالعه، در دو سایت مستقل واقع در مختصات جغرافیایی ″۱۸′۲۲ °۴۵ تا ″۱۷′۰۷ °۴۶ طول شرقی و ″۵۸′۱۴ °۳۷ تا ″۱۲′۰۷ °۳۸ عرض شمالی (ساحل شرقی دریاچه ارومیه) قرار دارد و مساحتی در حدود KM^2 ۴۷۵/۴۷

دربرمی‌گیرد(شکل ۱). روش نمونه‌برداری بر اساس روش تصادفی طبقه‌بندی شده انجام گرفت. در این تحقیق ۱۳۰ نمونه سطحی (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری) برگرفته از دو سایت مستقل به ترتیب با تعداد ۵۹ و ۷۱ نمونه استفاده شد. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از روش فلورسانس پرتو ایکس(XRF) استفاده گردید.



شکل ۱-موقعیت منطقه مورد بررسی

ارزیابی تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین

در این تحقیق جهت ارزیابی و تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین از فاکتور آلودگی، شاخص بار آلودگی و شاخص ریسک اکولوژیکی استفاده شد. شاخص بار آلودگی برای بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین توسط (Tomlinson et al., 1980) معرفی شده است که با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه گردید.

$$CF = \frac{C_m}{C_n} \quad (۱)$$

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times \ldots \times CF_n} \quad (۲)$$

در روابط فوق C_m غلظت فلز در نمونه خاک و C_n غلظت قبل از صنعتی شدن فلزات، CF فاکتور آلودگی هر فلز، PLI شاخص بار آلودگی و n تعداد فلزات سنگین (عدد ۶ در رابطه ۲) در این تحقیق می‌باشد. C_n برای فلزات آرسنیک، کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب ۱۵، ۹۰، ۵۰، ۲۰، ۷۰ و ۱۷۵ می‌باشد (Hakanson, 1980) اگر مقدار PLI به عدد یک نزدیک باشد، نشان‌دهنده نزدیک بودن غلظت به مقدار زمینه است ولی PLI بالاتر از یک، آلودگی خاک را نشان می‌دهد (Adomako et al., 2008). سطح آلودگی بر اساس مقادیر CF در چهار کلاس طبقه‌بندی می‌شود: آلودگی کم (CF<۱)، آلودگی متوسط (۳>CF≥۱)، آلودگی زیاد (۶>CF≥۳) و آلودگی بسیار زیاد (۶ ≤CF) (Hakanson,1980). همچنین سطح آلودگی بر اساس شاخص بار آلودگی در چهار سطح طبقه‌بندی می‌شود: بدون آلودگی(۱ >PLI)، آلودگی متوسط (۲>PLI ≥۱)، آلودگی زیاد (۳>PLI ≥۲)، آلودگی شدید (۳ ≤PLI).

یکی از معروف‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی میزان خطر زیست‌محیطی ناشی از غلظت فلزات سنگین در آب، هوا و همچنین خاک شاخص ریسک اکولوژیکی می‌باشد که توسط (Hakanson, 1980) معرفی شد (رابطه‌های۳ و ۴)

$$RI = \sum_{i=1}^{n} Er^i \quad (۳)$$

$$Er^i = Tr^i \times C_i \quad (۴)$$

در روابط فوق، n تعداد فلزات سنگین وEr^i فاکتور پتانسیل ریسک اکولوژیکی محاسبه‌شده برای هر فلز i، RI شاخص ریسک اکولوژیکی برای منطقه مورد مطالعه، Tr^i ضریب سمیت هر فلز و C_i نسبت غلظت فلز در خاک به غلظت زمینه (فاکتور آلودگی محاسبه شده از رابطه۱) می‌باشد. Tr برای فلزات آرسنیک، کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب ۱۰، ۲، ۵، ۵، ۵ و ۱ می‌باشد. وضعیت خطر زیست-محیطی بر اساس فاکتور پتانسیل ریسک اکولوژیکی در پنج سطح طبقه‌بندی می‌گردد: خطر زیست‌محیطی کم (Er^i < ۴۰)، خطر زیست‌محیطی متوسط (۴۰ ≤ Er^i <۸۰)، خطر زیست‌محیطی شایان توجه (۸۰ ≤ Er^i <۱۶۰)، خطر زیست‌محیطی زیاد (۱۶۰ ≤ Er^i <۳۲۰) ،خطر زیست‌محیطی بسیار زیاد (Er^i ≥۳۲۰) و همچنین شاخص ریسک اکولوژیکی در چهار سطح طبقه‌بندی می‌گردد: خطر زیست‌محیطی کم (RI < ۱۵۰)، خطر زیست‌محیطی متوسط (۱۵۰ ≤ RI <۳۰۰)، خطر زیست‌محیطی شایان توجه(۳۰۰ ≤ RI <۶۰۰)، خطر زیست‌محیطی بسیار زیاد (RI ≥ ۶۰۰) (Hakanson, 1980).

نتایج و بحث

خلاصه‌ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین و شاخص‌های آلودگی در جدول ۱ گزارش شده است. ترتیب فراوانی فلزات در محدوده مطالعاتی به صورت Pb Cu< As< Zn<> Ni> Cr است. مقدار ماکزیمم آرسنیک، کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب ۱۷۶، ۹۵۶، ۳۷، ۱۵۸، ۲۵/۸۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. بر اساس یافته‌های جدول ۱، میانگین غلظت آرسنیک و نیکل به ترتیب ۲۹/۷۵ و ۶۶/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که در مقایسه با مقادیر آستانه و دستورالعمل فلزات در خاک (MEF, 2007) نشان می دهد که نیاز به توجه بیشتری دارند زیرا بالاتر از مقادیر آستانه بودند.

ضریب تغییرات فلزات مورد مطالعه به استثنای کروم کمتر از ۵۰ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده تغییرات همگن و عدم وجود تغییرات خیلی زیاد در منطقه مورد مطالعه بوده و بیانگر محدود بودن عوامل دخیل در تغییرات آنها است. در بین فلزات مورد مطالعه مس و کروم به ترتیب دارای کمترین و بیشترین ضریب تغییرات می‌باشند. ضریب تغییرات فلزات سنگین ناشی از منشأ طبیعی، نسبتاً کوچک است، در حالی که چنان چه فلزات سنگین از فعالیت های انسانی ناشی شده باشند، ضریب تغییرات آن ها مقادیر بسیار بزرگی خواهد داشت(Han et al., ۲۰۰۶). طبق تقسیم بندی ارایه شده برای مقادیر ضریب تغییرات متغیرهای خاکی، مقادیر کمتر از ۱۰ درصد نشان از تغییر پذیری کم و مقادیر بزرگ تر از عدد ۹۰ درصد نشان از تغییرپذیری زیاد دارد(Zhang et al., 2007 ; Wei et al., 2008). در نتیجه، بالا بودن نسبی این ویژگی برای کروم (۱۰۴/۵۲) می‌تواند نشانه ای از این حقیقت باشد که غلظت کل این فلز در خاک‌های منطقه توسط فعالیت‌های انسانی کنترل می‌شود. از طرف دیگر، با توجه به پایین بودن ضریب تغییرات بقیه فلزات، به نظر می‌رسد که عوامل طبیعی(هوادیدگی سنگ بستر و مواد مادری)، کنترل کننده توزیع آن‌ها در منطقه مورد مطالعه هستند. همچنین بر اساس تقسیم‌بندی ضریب تغییرات، شاخص‌های آلودگی محاسبه شده برای همه فلزات به غیر از CF (Cr) و E_r^{Cr} دارای تغییرپذیری متوسط می‌باشند (جدول ۱).

سرب و آرسنیک به ترتیب دارای کمترین (۰/۳۶) و بیشترین(۱۱/۷۳) فاکتور آلودگی می‌باشند(جدول ۱). نتایج فاکتور آلودگی نشان داد اکثر نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم و آلودگی متوسط قرار دارند (جدول ۲). مقدار فاکتور آلودگی برای فلز آرسنیک نشان می‌دهد که ۱۱/۴۵ درصد از نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم قرار می‌گیرند. ۷۹/۳۸ درصد از نمونه‌ها در طبقه آلودگی متوسط، ۷/۶ درصد از نمونه‌ها در طبقه آلودگی زیاد و ۱/۵۲ درصد از نمونه‌ها در طبقه آلودگی بسیار زیاد قرار دارد. فاکتور آلودگی برای فلز کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب۶۴/۱۲، ۰/۷۶، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد از نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم قرار دارد، همچنین۳۵/۱۱، ۰، ۴۰/۴۵، ۰ و ۰ درصد از نمونه‌های کروم، مس، نیکل، سرب و روی در طبقه آلودگی متوسط قرار گرفت، همچنین ۵۸/۰۱ درصد از نیکل در طبقه آلودگی زیاد قرار دارد. همچنین۰/۷۶ درصد از نمونه‌ها کروم و نیکل در طبقه آلودگی بسیار زیاد قرار دارد.

کمترین و بیشترین مقدار بار آلودگی به ترتیب۰/۲۵ و ۰/۹۲ می‌باشد. براساس مقدار میانگین شاخص بار آلودگی (۰/۶۵) نمونه‌ها در طبقه بدون آلودگی قرار می‌گیرند.

میانگین فاکتور پتانسیل ریسک اکولوژیکی (Er) برای فلزات سنگین مورد مطالعه به صورت Zn >Pb >Cr >Cu> Ni> As افزایش می‌یابد(جدول ۱). فاکتور پتانسیل ریسک اکولوژیکی برای فلز آرسنیک نشان می‌دهد که ۹۳/۱۲ درصد از نمونه‌ها دارای خطر کم، ۶/۱ درصد از نمونه‌ها دارای خطر متوسط، ۰/۷۶ درصد از نمونه‌ها دارای خطر زیاد است. همچنین فاکتور پتانسیل ریسک اکولوژیکی ۱۰۰

درصد از نمونه‌های کروم، مس، نیکل، سرب و روی در طبقه خطر کم قرار دارد (جدول ۳). براساس مقدار میانگین شاخص ریسک اکولوژیکی (۴۱/۶۰) ، نمونه‌ها دارای خطر کم (۱۵۰ > RI) هستند(جدول ۴).

جدول ۱- خلاصه‌ای از پارامترهای آماری فلزات سنگین و شاخص های آلودگی محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه

پارامترها	ماکزیمم	مینیم	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
As (mg/kg)	۱۷۶	۷/۷	۲۹/۷۵	۲۰/۹۴	۴۰/۷۰	۳/۶۴	۱۸/۵۹
Cr (mg/kg)	۹۵۶	۱۵	۸۰/۶۱	۸۴/۲۶	۱۰۴/۵۲	۸/۵۲	۸۵/۹۶
Cu (mg/kg)	۳۷	۱۳	۲۳/۴۸	۵/۶۹	۲۳/۲۴	۰/۰۸	-۰/۴۹
Ni (mg/kg)	۱۵۸	۱۹	۶۶/۳۲	۲۴/۴۹	۳۶/۹۲	۰/۳۳	۰/۱۴
Pb (mg/kg)	۲۵/۸۰	۵/۷	۱۰/۷۴	۳/۱۳	۲۹/۱۸	۰/۹۶	۲/۸۲
Zn (mg/kg)	۸۰	۱۰/۱۰	۵۰/۴۸	۱۹/۴۲	۴۰/۰۵	-۰/۳۹	-۱/۰۷
CF (As)	۱۱/۷۳	۰/۵۱	۱/۹۸	۱/۳۹	۷۰/۴۰	۳/۶۴	۱۸/۵۹
CF (Cr)	۱۰/۶۲	۰/۱۶	۰/۸۹	۰/۹۳	۱۰۴/۵۲	۸/۵۲	۸۵/۹۶
CF (Cu)	۰/۷۴	۰/۲۶	۰/۴۶	۰/۱۱	۲۴/۲۳	۰/۰۸	-۰/۴۹
CF (Ni)	۷/۹۰	۰/۹۵	۳/۳۱	۱/۲۲	۳۶/۹۲	۰/۳۳	۰/۱۴
CF (Pb)	۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۰۴	۲۹/۱۸	۰/۹۶	۲/۸۲
CF (Zn)	۰/۴۵	۰/۰۵	۰/۲۷	۰/۱۱	۴۰/۰۵	-۰/۳۹	-۱/۰۷
PLI	۰/۹۲	۰/۲۵	۰/۶۵	۰/۱۶	۲۴/۶۶	-۰/۷۳	-۰/۲۸
E_r^{As}	۱۱۷/۳۳	۵/۱۳	۱۹/۸۳	۱۳/۹۶	۷۰/۴۰	۳/۶۴	۱۸/۵۹
E_r^{Cr}	۲۱/۲۴	۰/۳۳	۱/۷۹	۰/۹۳	۱۰۴/۵۲	۸/۵۲	۸۵/۹۶
E_r^{Cu}	۳/۷۰	۱/۳۰	۲/۳۴	۵/۶۹	۲۴/۲۳	۰/۰۸	-۰/۴۹
E_r^{Ni}	۳۹/۵۰	۴/۷۵	۱۶/۵۸	۶/۱۲	۳۶/۹۲	۰/۳۳	۰/۱۴
E_r^{Pb}	۱/۸۴	۰/۴۰	۰/۷۶	۰/۲۲	۲۹/۱۸	۰/۹۶	۲/۸۲
E_r^{Zn}	۰/۴۵	۰/۰۵	۰/۲۷	۰/۱۱	۴۰/۰۵	-۰/۳۹	-۱/۰۷
RI	۱۳۴/۳۳	۱۳/۶۱	۴۱/۶۰	۱۵/۲۴	۳۶/۶۴	۲/۰۳	۹/۷۶

جدول ۲- طبقات فاکتور آلودگی(CF) فلزات سنگین (بر حسب درصد)

فلزات سنگین	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی زیاد	آلودگی بسیار زیاد
As	۱۱/۴۵	۷۹/۳۸	۷/۶	۱/۵۲
Cr	۶۴/۱۲	۳۵/۱۱	۰	۰/۷۶
Cu	۱۰۰	۰	۰	۰
Ni	۰/۷۶	۴۰/۴۵	۵۸/۰۱	۰/۷۶

Pb	۱۰۰	۰	۰	۰
Zn	۱۰۰	۰	۰	۰

جدول ۳- طبقات فاکتور پتانسیل ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین (برحسب درصد)

فلزات سنگین	خطر کم	خطر متوسط	خطر شایان توجه	خطر زیاد	خطر بسیار زیاد
As	۹۳/۱۲	۶/۱	۰/۷۶	۰	۰
Cr	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
Cu	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
Ni	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
Pb	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
Zn	۱۰۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۴- نتایج آماری شاخص ریسک اکولوژیکی (RI) فلزات در منطقه مورد مطالعه

شاخص ریسک اکولوژیکی	خطر کم	خطر متوسط	خطر شایان توجه	خطر بسیار زیاد
تعداد نمونه	۱۳۱	۰	۰	۰

جدول ۵- نتایج آماری شاخص بار آلودگی فلزات در منطقه مورد مطالعه

شاخص بار آلودگی	بدون آلودگی	آلودگی متوسط	آلودگی زیاد	آلودگی بسیار زیاد
تعداد نمونه	۱۳۱	۰	۰	۰

نتیجه‌گیری

نتایج فاکتور آلودگی نشان داد اکثر نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم تا آلودگی متوسط قرار دارند. همچنین نتایج شاخص بار آلودگی و شاخص ریسک اکولوژیکی نشان داد تمامی نمونه‌ها در کلاس بدون آلودگی قرارداشتند. با توجه به ضریب تغییرات بدست آمده، فلزات آرسنیک، مس، نیکل، سرب و روی تحت تاثیر عوامل طبیعی و کروم متاثر از فعالیت‌های انسانی در منطقه است. مهری‌یاری و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از تجزیه و تحلیل نقشه‌های فاکتور آلودگی و شاخص بار آلودگی با نقشه کاربری اراضی و زمین‌شناسی در رسوب بستر دریاچه و خاکهای سطحی بخش شرقی شهرستان ارومیه گزارش کردند که مس، سرب و روی بیشتر تحت تأثیر فعالیتهای انسانی و آرسنیک متأثر از مواد مادری در منطقه است. همچنین اصغری‌مقدم

و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی آماری فلزات سنگین در بستر خشک شده دریاچه ارومیه گزارش کردند که منشا آرسنیک، کروم، نیکل، سرب، روی، کبالت، منگنز، وانادیم و کادمیوم، انسانی و منشا جیوه زمین‌شناسی است.

فهرست منابع

اصغری‌مقدم، ا. نظری، ف. موذن، م. سیمونز، و. (۱۳۹۹). ارزیابی آماری فلزات سنگین و عناصر رادیواکتیو موجود در رسوبات و نمکهای برجای مانده در بستر خشک شده دریاچه ارومیه. علوم و تکنولوژی محیط زیست ۲۲ (۵). ۲۷۸-۲۶۹.

غضبان، ف. (۱۳۹۰). زمین‌شناسی زیست محیطی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۴۰ ص.

مهری‌یاری، ف. پیرخراطی، ح. فرهادی، خ. سلطانعلی‌نژاد، ن. نقش‌افکن، ف. (۱۳۹۹). ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوب بستر دریاچه و خاکهای سطحی بخش شرقی شهرستان ارومیه با استفاده از شاخص‌های آلودگی، نشریه علوم آب و خاک ۲۴ (۱). ۱۳۲-۱۲۱.

Adomako, D., Nyarko, B. J. B., Dampare, S. B., Serfor-Armah, Y., Osae, S., Fianko, J. R., and Akaho, E. H. K. (2008). Determination of toxic elements in waters and sediments from River Subin in the Ashanti Region of Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, *141*(1-3), 165-175.

Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, *14*(8), 975-1001.

Han, Y.M., Du, P.X., Cao, J.J., and Posmentier, E.S. (2006). Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. Sci. *Total Environ*. 355: 1-3. 176-186.

Kowalska, J. B., Mazurek, R., Gąsiorek, M., and Zaleski, T. (2018). Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination–A review. *Environmental Geochemistry and Health*, *40*(6), 2395-2420.

Kowalska, J., Mazurek, R., Gąsiorek, M., Setlak, M., Zaleski, T., and Waroszewski, J. (2016). Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity–A case study from Krakow (Poland). *Environmental Pollution*, *218*, 1023-1036.

Liu, W. H., Zhao, J. Z., Ouyang, Z. Y., Söderlund, L., and Liu, G. H. (2005). Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. *Environment International*, *31*(6), 805-812.

Ministry of the Environment, Finland (MEF), (2007). Government Decree on the Assessment of Soil Contamination and Remediation Needs (214/2007, March 1, 2007).

Tomlinson, D. L., Wilson, J. G., Harris, C. R., & Jeffrey, D. W. (1980). Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoländer meeresuntersuchungen*, *33*(1), 566.

Wei, J. B., Xiao, D. N., Zeng, H., & Fu, Y. K. (2008). Spatial variability of soil properties in relation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region, northeastern China. Environmental geology, 53(8), 1663-1672.

Zhang, X. Y., Sui, Y. Y., Zhang, X. D., Herbert, K. S. J., (2007). Spatial variability of nutrient properties in black soil of northeast China. *Pedosphere* 17(1), 19–29.

Investigation of heavy metal pollution in the soils of the east shore of Urmia Lake

Zohreh Alvyar[1*], Farzin Shahbazi[2], Shahin Oustan[3]

[1] Ph.D student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran,

[*] Corresponding author Email: zohre_Alvyar@yahoo.com

[2] Associate. Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

[3] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

Abstract

The aim of this study was to investigate the soil Pollution status with heavy metals arsenic, chromium, copper, nickel, lead and zinc on the east shore of Urmia Lake using different pollution indices. For this purpose, 131 surface soil samples were collected. After preparing the samples, the concentration of the metals was measured by X-ray fluorescence. Contamination Factor, pollution load index and ecological risk index were used to determine the level of pollution in the study area. According to the results, the surface soil in the study area is low pollution in terms of copper, lead and zinc based on the contamination factor. The contamination factor also showed that more than 50% of arsenic and nickel samples were in the medium to high pollution classification and chromium samples were in the low to medium pollution classification. The mean pollution load and ecological risk indices were 0.65 and 41.60, respectively, and were classified as low pollution.

Keywords: Heavy metals, Urmia Lake, Contamination Factor, Pollution Load Index, Ecological Risk Index

بررسی اثر سایه انداز دو رقم نخل شاهانی و قصب بر واجذبی پتاسیم بومی خاک آهکی

نرگس آبدار[۱]، رضا قاسمی[۲]، آوا محرزی[۳]

۱- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران n.abdar7395@yahoo.com

۲- هیات علمی بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران

۳- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران

چکیده

میزان آزاد سازی پتاسیم از خاک یک فرایند پویا است که در ارزیابی قابلیت دسترسی پتاسیم خاک برای گیاه اهمیت دارد. هدف این مطالعه تعیین میزان آزادسازی پتاسیم در خاک دو ناحیه زیر و خارج سایه انداز دو رقم نخل شاهانی و قصب می‌باشد. نتایج نشان داد معادلات شبه مرتبه دوم در خاک های سایه انداز و تابع توانی در خاک خارج از سایه انداز توانایی بالایی در توصیف سرعت آزاد شدن پتاسیم دارند. مقدار پتاسیم تجمعی آزاد شده در خاک های تحت کشت رقم قصب بیشتر از رقم شاهانی بود علاوه بر این خاک های خارج از سایه انداز توانایی بالاتری در آزاد سازی پتاسیم داشتند. همچنین سرعت آزاد سازی پتاسیم با زمان کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که در خاک‌های مختلف احتمالا عواملی از جمله ترشحات ریشه گیاه و فعالیت ریزوسفری بر میزان واجذبی پتاسیم موثر می‌باشند.

واژگان کلیدی: پتاسیم، شاهانی، قصب، واجذبی.

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر غذایی ضروری برای گیاهان می باشد و در فرآیندهای مختلفی از جمله فتوسنتز، تنظیم اسمزی، رشد سلولی، تنظیم روزنه‌ای و نظام آبی گیاه، تعادل آنیون-کاتیون، سنتز پروتئین و عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی نقش دارد (Dordipour *et al.*, 2010). گیاهان پتاسیم موردنیاز خود را از طریق کودهای شیمیایی افزوده شده و یا پتاسیم موجود در خاک تأمین می نمایند. پتاسیم در خاک به چهار شکل محلول، تبادلی، غیر تبادلی و ساختمانی پتاسیم ساختمانی یافت می شود (Memon *et al.*, 1988). برای توصیف سینتیک آزادسازی پتاسیم معادلات مختلفی مانند الوویچ ساده شده، شبه مرتبه اول، شبه مرتبه دوم، مرتبه صفر، مرتبه اول، تابع توانی پخشیدگی پارابولیک بررسی شده است. علت کاربرد این مدل های مختلف، توضیح بهتر سینتیک آزاد سازی پتاسیم از ذرات خاک تحت شرایط خاص و به دلیل تفاوت در مکانیسم های رهایی آنها است. در خاک های قلیایی AB-DTPA یک عصاره گیر برای تخمین پتاسیم موجود در خاک است (Soltanpour and Schwab, 1977). فرایند آزاد شدن پتاسیم از کانی ها و خاک توسط محققان متعددی مورد مطالعه قرار گرفته است. خرما (Phoenix dactylifera L.)، یک گیاه مهم در مناطق گرمسیری جنوب غربی آسیا و شمال آفریقا است (Al-Farsi and Lee., 2008). نخل به عنوان یکی از مهمترین اکوسیستم های حیاتی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک در نظر گرفته می شود، زیرا از پوشش گیاهی اطراف در مقابل تاثیرات بیابان محافظت می کند و محیط کشت مناسبی را به محصولات زیر سطحی می دهد (Bouamri *et al.*, 2006). ریشه گیاه به طور مستقیم از طریق فعالیت خود یا به طور غیرمستقیم از طریق تحریک جمعیت و فعالیت ریزجانداران می تواند شرایط شیمیایی و بیولوژیکی متفاوتی در سطح خود نسبت به خاک توده ایجاد کند. به علاوه اسیدهای آلی در ریزوسفر تعدادی زیادی از گونه های درختی یافت شده که می تواند بر آزادسازی پتاسیم خاک موثر باشند (Zhu and Alva., 1999). از آنجایی که قابلیت دسترسی پتاسیم و میزان متفاوت آزادسازی پتاسیم در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک یک مشکل بسیار اساس به شمار می رود (Pavlatou and Polyzopoulos, 1988) و همچنین

مطالعات ناچیزی در خصوص اثر سایه انداز بر قابلیت دسترسی و سینتیک واجذبی پتاسیم خاک تحت کشت نخل صورت گرفته است. لذا هدف مطالعه حاضر بررسی نقش سایه انداز رقم‌های نخل شاهانی و قصب در عمق ۲۰-۰ سانتی متری بر مقدار پتاسیم قابل دسترس و سینتیک آزادسازی پتاسیم توسط عصاره گیر AB-DTPA است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش تعدادی نمونه خاک از باغ نخل روستا سیمکان واقع در شهرستان جهرم (طول جغرافیایی"۴۸ '۴۳ °۲۸ شمالی و عرض جغرافیایی"۳۵ '۰۵ °۵۳ شرقی و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا) از خاک تحت کشت نخل رقم شاهانی و قصب در عمق ۲۰-۰ سانتی متر دو مکان سایه انداز و خارج از سایه انداز و سه تکرار جمع آوری شدند. پس از هوا خشک کردن، نمونه های خاک از الک ۲ میلی متر عبور داده شدند. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک ها به روش های معمول آزمایشگاهی تعیین شدند. برخی از خصوصیات فیزیکی وشیمیایی نمونه های خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی های فیزیکی _ شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	K ($mg\ kg^{-1}$)	EC ($Ds\ m^{-1}$)	pH (1:2)	مواد آلی(٪)
Clay loam	۳۹۵/۲۲	۳/۹۶	۷/۲۳	۲/۶۹

سینتیک آزادسازی پتاسیم با استفاده از عصاره گیر آمونیوم بی کربنات دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید یا (AB-DTPA) بررسی شد (۳۱). عصاره گیری در زمان های مختلف با افزایش ۲۰ میلی لیتر محلول حاوی ۰/۰۰۵ مولار DTPA، ۱ مولار آمونیوم بی کربنات در۷/۶ =pH به ۱۰ گرم خاک خشک (در سه تکرار) صورت گرفت. زمان عصاره گیری شامل ۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰، ۱۴۴۰ دقیقه بر مبنای زمان اضافه کردن عصاره گیر تا صاف کردن در نظر گرفته شد. پس از افزودن عصاره گیر در تکان دهنده رفت و برگشتی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی گراد تکان داده شده و ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه انجام و بلافاصله با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شد. قرائت غلظت پتاسیم نمونه ها با دستگاه فلیم فتومتر انجام شد.

مدل های سینتیکی شبه مرتبه اول، شبه مرتبه دوم، مرتبه صفر، مرتبه اول، الوویچ ساده، پخشیدگی پارابولیک و تابع توانی بر داده های واجذبی پتاسیم، برازش شد (جدول‌های ۲ و ۳). که با توجه به مقادیر ضریب تبیین (r^2) و خطای استاندارد برآورد (SE)، معادلاتی که دارای بیشترین مقادیر r^2 و کمترین مقادیر SE بودند به عنوان بهترین مدل های توصیف کننده سینتیک واجذبی پتاسیم انتخاب گردیدند (جدول ۴). خطای معیار تخمین بدین صورت محاسبه می شود:

$$SE = \left[\sum (q - q')2/(N - 2)\right] 0.5 \qquad (1)$$

q و'q به ترتیب مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده پتاسیم در خاک در زمان t و N تعداد اندازه گیری برای هر نمونه است.

کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SAS9.2 و EXCEL2013 اجرا شد.

نتایج و بحث

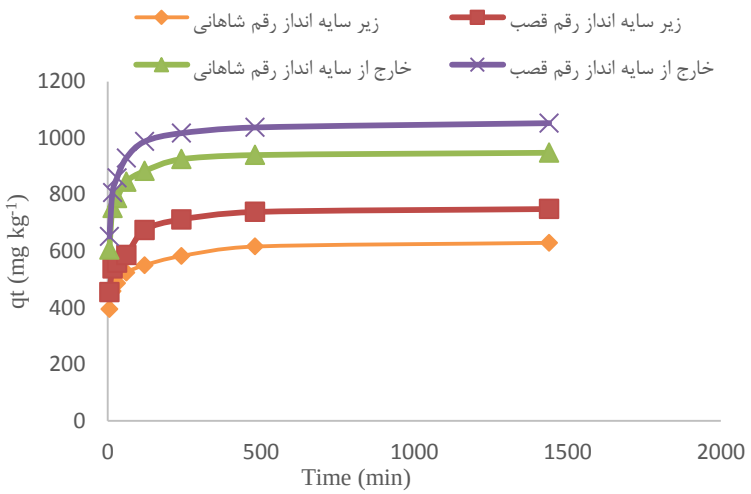
داده های واجذبی در خاک های تحت کشت دو رقم نخل شاهانی و قصب در دو منطقه زیر و خارج سایه انداز، به ترتیب بهترین برازش را با معادلات شبه مرتبه دوم در خاک های سایه انداز و تابع توانی در خاک خارج از سایه انداز به دلیل مقادیر نسبتا بالاتر از ضریب تبیین و خطای استاندارد برآورد کمتر، نشان دادند (جدول‌های ۲). سایر معادلات سینتیکی مورد مطالعه، توانایی مناسبی در توصیف داده ها نشان ندادند (جدول‌های ۲). همچنین حسین پور و همکاران(۲۰۰۰) با مطالعه سینتیک آزاد سازی پتاسیم از خاک های ناحیه مرکزی ایران نتیجه گیری کردند که معادله مرتبه اول، پخشیدگی پارابولیک و تابع توان سرعت آزادسازی پتاسیم از خاکهای این منطقه را بهتر توصیف می کند.

جدول ۲- ضریب تبیین (r^2) و خطای معیار تخمین (SE) معادلات سینتیکی

معادلات	سایه انداز		خارج از سایه انداز		سایه انداز		خارج سایه انداز	
	شاهانی				قصب			
	R^2	SE	R^2	SE	R2	SE	R2	SE
شبه مرتبه اول	۰/۴۳۷	۰/۱۴	۰/۳	۰/۱۳	۰/۴۲	۰/۱۴	۰/۳۱	۰/۱۴
شبه مرتبه دوم	۰/۹۹۹	۰/۰۱	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۹۹۹	۰/۰۰۶	۰/۹۹۹	۰/۰۰۲
تابع توانی	۰/۹۵	۰/۰۱۴	۰/۸۷	۰/۲	۰/۹۴	۰/۰۲	۰/۹۹۹	۰/۰۰۲
الوویچ ساده شده	۰/۹۷	۱۲/۲۷	۰/۸۹	۴۰/۰۱	۰/۹۵	۲۵/۲۷	۰/۸۲	۰/۰۲
انتشار پارابولیکی	۰/۷۳	۴۴/۵	۰/۵۷	۷۱/۸۲	۰/۷۳	۶۲/۹	۰/۵۸	۹۶/۸۲

با توجه به شکل ۱، در دو مکان سایه انداز و خارج از سایه انداز رقم شاهانی و قصب میزان تجمعی پتاسیم افزایشی تا زمان ۱۴۴۰ دقیقه داشته است. پتاسیم تجمعی در عمق ۲۰-۰،سانتی متر زیرسایه انداز و خارج از سایه انداز رقم شاهانی به ترتیب دارای مقادیر ۶۲۹/۴۸، و ۹۴۸/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک و در رقم خاک های سایه انداز و خارج از سایه انداز تحت کشت رقم قصب به ترتیب دارای مقادیر ۷۴۸/۹۷ و ۱۰۵۲/۸۵میلی گرم در کیلوگرم خاک است. عبدی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که خاک ها دارای انواعی ار اسیدهای آلی هستند که می توانند از طریق تشکیل کمپلکس آلی عناصر سبب هوادیدگی کانی ها و سنگ ها شوند. گیاهانی که در خاک های آهکی رشد می کنند در مقایسه با گیاهانی که در خاک های اسیدی هستند، ظرفیت بیشتری برای ترشح اسیدهای آلی از ریشه های خود دارند. چنان که در شکل (۱) مشاهده می شود مقدار پتاسیم تجمعی در خاک های خارج سایه انداز بیشتر از زیر سایه انداز است همچنین مقدار پتاسیم تجمعی آزاد شده در هر دو مکان زیر و خارج از سایه انداز رقم قصب بیشتر از رقم شاهانی بود.

الگوی آزاد سازی پتاسیم در هر دو ناحیه زیر و خارج سایه انداز به صورت دو مرحله ای است. مرحله اول با شیب تند و سرعت زیاد تا زمان ۲۴۰ دقیقه و مرحله دوم با سرعت کم و شیب ثابت تا زمان ۱۴۴۰ دقیقه ادامه دارد (شکل ۱).



شکل ۱- نمودار تجمعی آزادسازی پتاسیم در خاک های مورد بررسی

ضریب b در معادله تابع توانی نشان دهنده سرعت آزادسازی پتاسیم است و تفاوت در مقدار b نشان دهنده تفاوت سرعت آزادسازی پتاسیم است. ضریب b در معادله توانی کمتر از یک است و نشان می دهد که سرعت آزاد سازی پتاسیم با زمان کاهش می یابد. ضریب a نشان دهنده تعداد سطوحی است که امکان آزاد شدن پتاسیم از آن ها وجود دارد (ریحانی تبار و گلیکز، ۲۰۱۰) بنابراین حاصلضرب می تواند نشان دهنده سرعت آزادسازی در زمان های ابتدایی باشد. حاصلضرب ab در خاک های خارج سایه انداز بیشتر از خاک‌های زیر سایه انداز می باشد که این ضریب در خاک های تحت کشت رقم قصب بیشتر از شاهانی گزارش گردید (جدول ۳). لذا بدیهی است که به نوع کانی ها و میزان ماده آلی و سطح ویژه بستگی داشته باشد (ریحانی تبار و گلیکز، ۲۰۱۰).

جدول۳- مقادیر ثابت سرعت معادلات سینتیکی

مدل سینتیکی	تابع توانی		شبه مرتبه دوم	
رقم شاهانی	**ab**	**a**	**b**	**K_2**
خارج از سایه انداز	۴۴/۴۵	۵۹۲/۹۲	۰/۰۷۵۲	۰/۰۰۰۱۸۹
زیر سایه انداز	۳۰/۱۷	۳۶۲/۶۶	۰/۰۸۲۳	۰/۰۰۰۱۴۲
رقم قصب				
خارج از سایه انداز	۵۱/۴۶	۶۳۲/۲۶	۰/۰۸۱۴	۰/۰۰۰۱۲۴
زیر سایه انداز	۳۷/۹	۴۰۹/۸۲	۰/۰۹۵	۰/۰۰۰۱۱۹

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که معادلات تابع توانی و شبه مرتبه دوم، توانایی بالایی در توصیف رها سازی پتاسیم نشان دادند. مقدار پتاسیم تجمعی آزاد شده در خاک های خارج سایه انداز بیشتر از خاک های زیر سایه انداز بود و همچنین کمترین مقدار تجمعی آزاد شده در خاک های خارج سایه انداز اتفاق افتاد. که می توان علت آن را هوادیدگی کانی ها و سنگ‌های پتاسیم

دار دانست که در عمق های سطحی در خارج سایه انداز بیشتر در معرض هوادیدگی قرار می گیرند بنابراین میزان پتاسیم بیشتری در خاک آزاد می شود. از طرفی دیگر آزاد سازی پتاسیم از خاک تحت کشت رقم قصب بیشتر از خاک تحت کشت رقم شاهانی بود.

فهرست منابع

حسین پور .ع.، م .کلباسی و ح .خادمی .(۱۳۷۹) .سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادلی از خاک و اجزای ن در تعدادی از خاک های گیلان. *مجله علوم خاک و آب*، ۱۴(۲): ۹۹-۱۱۳.

عبدی, صمد, قاسمی فسایی, کریمیان, نجفعلی, فیضیان, محمد. (۱۳۹۳). قابلیت استفاده و سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در برخی خاک های آهکی استان فارس. *آب و خاک*, ۲۸(۴), ۷۶۶-۷۷۷.

Al-Farsi. M. A., & Lee. C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical reviews in food Science and Nutrition*, *48*(10), 877-887.

Bouamri. R., Dalpé. Y., Serrhini. M. N., & Bennani. A. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of Phoenix dactylifera L. in Morocco. *African Journal of Biotechnology*, *5*(6), 510-516.

Dordipour, E. Farshadi-Raad, A. and Arzanesh, M. (2010). Azospirillum lipoferum and Azotobacter chrococoum impact on soil potassium release in pot cultivation of soybean (Glycine max var. Williams). Journal of Agroecology. 2, 593-599. (In Farsi)

Memon, Y.M. Fergus, I.F. Hughes, J.D. and Page, D.W. (1988).Utilization of non-exchangeable soil potassium in relation to soil type, plant species and stage of growth. *Australian of Soil Research*. 26, 489-496.

Reyhanitabar. A., Karimian. N., Adalan. M., Savaghebi. G.R., & Ghanadha. M.R. 2007.Distribution of different zinc forms and their relationship with soil characteristics in some calcareous soil of Tehran province. *Journal Agricultur Science & Technology*. (in Persian).

Soltanpour. P. A., & Schwab. A. P. (1977). A new soil test for simultaneous extraction of macro-and micro-nutrients in alkaline soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *8*(3), 195-207.

Pavlatou. A., & Polyzopoulos. N. A. (1988). The role of diffusion in the kinetics of phosphate desorption: the relevance of the Elovich equation. *Journal of Soil Science*, *39*(3), 425-436.

Zhu, B., & Alva, A. K. (1993). The chemical forms of Zn and Cu extractable by Mehlich 1, Mehlich 3, and ammonium bicarbonate-DTPA extractions. *Soil Science*, *156*(4), 251-258.

Canopy influences of Shahani and Qasb palm cultivers on release rates of native potassium from calcareous soil

Narges Abdar[1], Reza Ghasemi[2], Ava Mohrezi[3]
1. Ph.D student department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran
n.abdar7395@yahoo.com
2. Faculty member department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran
3. Ph.D student department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran

Abstract
Rate of K release from soil is a dynamic process that is important in assessing the availability of soil K for plant. Aim of this study was determine amount of K release soil under and out canopy of Shahani and Qasb palm cultivars. The results showed that P-second order equations under canopy soils and power function in out canopy soils have high ability to describe rate of K release. amount of cumulative potassium soils of Qasb cultivar was higher than Shahani cultivar. In addition, out canopy soils had a higher ability to release K. Also, the rate of K release decreased with time. The results of this study showed that different soils, factors such as plant root secretions and rhizosphere activity may be effective on amount of K desorption.

Keywords: Potassium, Shahani, Qasb, Desorption.

تاثیر عمق بر میزان واجذبی پتاسیم خاک سایه انداز رقم حلوان

آوا محرزی[۱]، رضا قاسمی[۲]، نرگس آبدار[۳]

۱- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران avamohrezi1373@gmail.com

۲- هیات علمی بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران

۳- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، فارس، ایران

چکیده

آزادسازی پتاسیم یک فرایند مهمی در تعیین قابلیت دسترسی پتاسیم برای گیاهان در خاک آهکی می‌باشد. هدف از این مطالعه تاثیرعمق‌های مختلف بر واجذبی پتاسیم در خاک سایه انداز رقم حلوان بود. بدین منظور از سه عمق ۰-۲۰ و ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی متری سایه انداز نخل رقم حلوان نمونه برداری شد. نتایج نشان داد که روند آزادسازی پتاسیم در زمان های اولیه تا ۳۰ دقیقه سریع و بعد از آن کاهش یافت و سپس شیب ثابتی را طی کرد. به نظر می رسد مکانیسم‌های مختلفی می‌توانند فرآیند انتشار پتاسیم را کنترل کند. پنج معادله سینتیک نیز برای توصیف انتشار پتاسیم از خاک مورد بررسی قرار گرفت که از این میان دو معادله شبه مرتبه دوم و تابع توانی بر اساس بالاترین ضریب تبیین و کمترین خطای معیار استاندارد به عنوان بهترین معادلات توصیف کننده سینتیک آزادسازی پتاسیم انتخاب شدند.

واژگان کلیدی: پتاسیم، نخل، حلوان، واجذبی، عمق خاک.

مقدمه

پتاسیم یک عنصر غذایی ضروری برای رشد گیاه به حساب می‌آید (Lebaudy *et al*., 2007)، که نقش مهمی در متابولیسم، تولید و باروری گیاه دارد (Sanyal *et al*., 2019). پتاسیم در خاک به چهار شکل وجود دارد که عبارت است از پتاسیم قابل تبادل، محلول در آب، غیر قابل تبادل(NEK= non exchangeable k) و پتاسیم ساختمانی که در سیستم خاک این اشکال در حال تعادل با یکدیگرقرار دارند (Sparks, 1987). در میان این اشکال، پتاسیم غیر قابل تبادل یک مخزن مهم پتاسیم در سیستم خاک است (Jalali, 2006). در بعضی از خاکهای آهکی مناطق خشک و نیمه خشک مانند خاک‌های جنوب ایران، به دلیل تولید گسترده محصولات کشاورزی و عدم استفاده از کود پتاسیم، میزان پتاسیم محلول و قابل تبادل کاهش یافته است (Balali & Malakouti 1998)، اما گیاه دارای پتاسیم کافی می‌باشد که علت آن آزادسازی پتاسیم غیر قابل تبادل می‌باشد (Hosseinpur *et al*., 2012) محققان دریافته اند که بخشی از نیازهای گیاه به پتاسیم از طریق NEK تأمین می شود (Mengel & Uhlenbecker, 1993; Sanyal et al., 2019).از طرف دیگر این عنصر می‌تواند به صورت غیر قابل تبادل در لایه‌های رس رسوب کرده و از آنجا به مکان‌های قابل تبادل منتقل شود و درنهایت وقتی پتاسیم محلول خاک به واسطه جذب توسط گیاه تخلیه می شود، به محلول خاک وارد گردد (McLean & Walson 1985). میزان رهاسازی این عنصر از خاک می‌تواند در حاصلخیزی پتاسیم خاک تأثیر بگذارد (Jalali & Khanlari, 2014). فاکتورهای زیادی می‌توانند میزان انتشار پتاسیم را کنترل کند از جمله این فاکتورها می‌توان به مواردی همچون: میزان میکا، عمق خاک، برخی از خصوصیات خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، pH خاک، مقدار CaCO3، کربن آلی و فعالیت بیولوژیکی اشاره کرد (Srinivasarao *et al*., 1998) همچنین گزارش شده است که شرایط آب و هوایی تأثیر قابل توجهی بر میزان انتشار پتاسیم ندارد (Najafi Ghiri *et al*., 2011). نخل خرما (*Phoenix dactylifera* L.)گونه ای تک لپه ای، چندساله و متعلق به خانواده Aracaceae است که دارای رشد آهسته می باشدخرما عمده محصولات صادراتی ایران است که علیرغم اهمیت اقتصادی، استراتژی های مدیریتی برای بهبود عملکرد این محصول بسیار محدود است (Al-Khayri & Bahrany,2001; Adawy *et*

مطالعات بسیاری در رابطه با آزادسازی پتاسیم انجام شده است (Misskire *et al*., 2004; Marsafari & Mehrabi, 2013). اما اطلاعات کمی در مورد رابطه بین آزادسازی پتاسیم و پوشش گیاه وجود دارد (Fatemi, 2017; Hosseinpur and Safari Sinegani, 2019; Zareian *et al*., 2018). علیرغم اهمیت محصولات خرما، تحقیقات کمی در مورد تأثیر اعماق بر قابلیت دسترسی و آزادسازی سینتیک عناصر انجام شده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر عمق خاک تحت کشت نخل خرما رقم حلوان بر سینتیک آزادسازی پتاسیم از خاک، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک‌های مورد استفاده در این مطالعه از عمق مختلف خاک (۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متر) خاک از سایه انداز نخل رقم حلوان از استان فارس شهرستان جهرم (طول جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۱ دقیقه شمال عرض جغرافیایی ۵۳ درجه ۳۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۳۶ متر از سطح دریا) جمع آوری گردید. نمونه خاک هوا خشک و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد و در آزمایش آزادسازی پتاسیم مورد استفاده قرار گرفت.

مطالعه آزاد سازی پتاسیم به شرح زیر انجام گردید:

۱۰ گرم از هر نمونه خاک در لوله های ۵۰ میلی لیتری سانتریفیوژ قرار گرفت و با ۲۰ میلی لیتر عصاره گیر AB-DTPA (Soltanpour & Schwab, 1977) روی یک شیکر به مدت ۵ ، ۱۰ ، ۱۵ ، ۳۰ ، ۶۰ ، ۱۲۰ ، ۲۴۰ ، ۴۸۰ و ۱۴۴۰ دقیقه در دمای ۲۵ ± ۲ درجه سانتیگراد تکان داده شد. پس از سانتریفیوژ مایع رویی از فیلتر عبور و میزان پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (Model Corning 405, UK) قرائت گردید. پتاسیم آزاد شده با گذشت زمان با استفاده از چندین معادله سینتیکی همانند انتشار پارابولیک، الویچ ساده، تابع توانی، مرتبه صفر، مرتبه اول، شبه مرتبه دوم و شبه مرتبه اول استفاده گردید. باتوجه به مقادیر ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد (SE) بهترین معادلات تعیین گردید. معادلاتی که دارای بالاترین ضریب تبیین و کمترین خطای استاندارد بودند به عنوان بهترین معادلات توصیف کننده آزادسازی پتاسیم معرفی شدند. خطای معیار استاندارد از طریق معادله زیر محاسبه گردید:

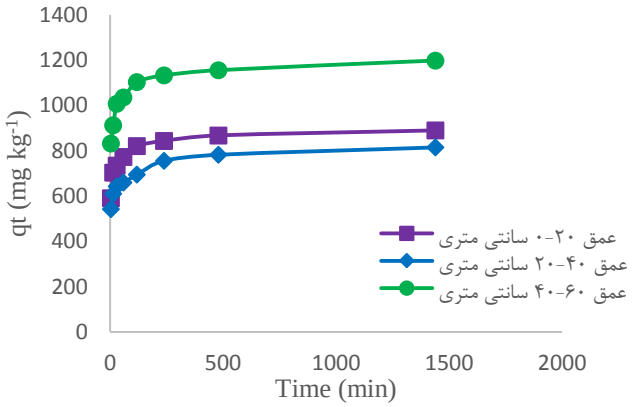
$$SE = \left(\frac{\Sigma(q-q^*)^2}{(n-2)}\right)^{1/2} \quad (۱)$$

که در آن q و *q به ترتیب K اندازه گیری شده و پیش بینی شده را نشان می دهد ، و n تعداد مشاهدات است.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که مقادیر پتاسیم در خاکهای خارج از سایه انداز بیشتر از زیر سایه انداز بود. بیشترین مقدار K مربوط به عمق ۶۰-۴۰ سانتی متر از خاک بود. اختلاف در مقدار پتاسیم آزاد شده در خاک ممکن است مربوط به فعالیت میکروبی و ماده آلی (OM) نسبت داده شود. OM یکی از مهمترین عوامل کنترل پتاسیم موجود است. پتاسیم تمایل دارد توسط بار منفی مواد آلی جذب شود (Thomas & Hipp, 1968).

مقدار پتاسیم تجمعی عصاره‌گیری شده توسط محلول AB-DTPA در خاک‌های مختلف به عنوان تابعی از زمان در شکل ۱ نشان داده شده است. به طور کلی، انتشار پتاسیم از نمونه‌های خاک با گذشت زمان کاهش می یابد. روند الگوی انتشار پتاسیم تجمعی غیر خطی بود و دارای ناپیوستگی می‌باشد. سرعت اولیه انتشار K سریع بود (۵-۳۰ دقیقه) و پس از آن به تدریج کاهش یافت (۳۰-۱۴۴۰ دقیقه). این نتیجه نشان می دهد که مکانیزم¬های مختلف می¬توانند روند آزاد سازی پتاسیم را کنترل کنند (Zareian *et al*., 2018 ;Hosseinpur *et al*., 2012). برخی از محققان بر این باورند که آزاد شدن پتاسیم از محل های لبه‌ای سریع و از مکان‌های بین لایه‌ای کند می‌باشد (Hosseinpur & Safari Sinegani, 2007).



شکل ۱. الگوی آزاد سازی پتاسیم به عنوان تابعی از زمان در خاک های آهکی تحت کشت نخل حلوان

معادلات سینتیک متفاوتی برای توصیف انتشار پتاسیم از خاک مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر ضریب تبیین (R2) و خطای استاندارد (SE) نشان داد که دو معادله تابع توانی و شبه مرتبه مورد استفاده در این مطالعه می تواند به خوبی توصیف کننده انتشار پتاسیم باشند (جدول ۳).

جدول ۳ -میانگین ضرایب تبیین و خطای معیاراستاندارد حاصل از برازش مدلهای سینتیکی

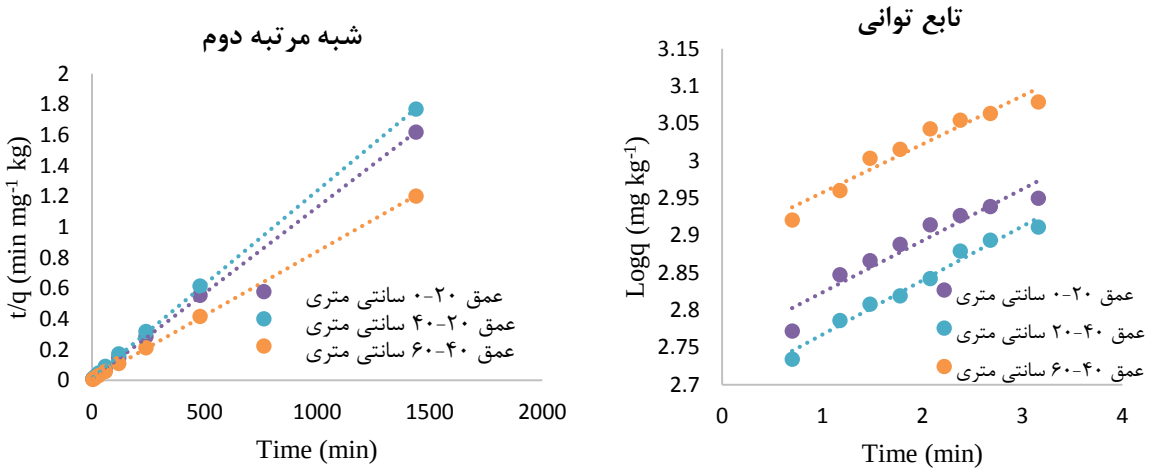
	R^2	Se
	سایه انداز	
P-first	۰/۳۸۳	۰/۱۰۸
P-second	۰/۹۹۹	۰/۰۰۷
Power function	۰/۹۰۴	۰/۰۱۷
Simple elovich	۰/۹۲	۲۹/۵۵
Zero-order	۰/۴۱۶	۸۴/۵۲
First-order	۰/۳۸۳	۰/۱۰۸
Parabolic diffusion	۱/۳۸	۶۵/۴۳

ثابت b معادله تابع توانی در تمام نمونه ها زیر ۱ اندازه گیری شد، این نتیجه نشان دهنده کاهش انتشار پتاسیم با افزایش زمان است (Zareian et al., 2018). ثابت a میزان اولیه انتشار پتاسیم را نشان می دهد و می‌تواند به عنوان مقدار پتاسیم تبادلی در ابتدا برای جذب گیاه در نظر گرفته شود (Jalali 2007). افزایش a و کاهش b ممکن است نشان دهنده افزایش میزان آزاد شدن عنصر باشد (Dang *et al*,. 1980; Chien & Clayton, 1994). ثابت b و a با کاهش از عمق سطحی به ترتیب کاهش و افزایش یافت. ممکن است این پاسخ مربوط به ریشه گیاه باشد، اسیدهای آلی مترشحه از ریشه گیاه باعث افزایش رهاسازی پتاسیم می شود(Zareian et al., 2018) ضرایب معادلات قابل قبول در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- ضرایب معادلات

شبه مرتبه دوم	تابع توانی		
k_2	b	a	ab
زیر سایه انداز			عمق (cm)
۰/۰۶۹۱	۰/۰۰۰۳۰۱	۵۷۶/۹۳	۳۹/۲۴۳	۰-۲۰
۰/۷۳۵	۰/۰۰۰۰۹۳۲	۴۹۴/۵۳	۳۵/۸۵۳	۲۰-۴۰
۰/۰۶۴۸	۰/۰۰۰۰۸۵۳	۷۸۰/۱۸	۵۰/۵۵۵	۴۰-۶۰

شکل ۲ روند آزادسازی پتاسیم توسط دو معادله تابع توانی و شبه مرتبه دوم در توصیف داده‌های آزادسازی پتاسیم در سایه انداز سه عمق ۲۰-۰ ، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰سانتی متری نشان می‌دهد.



شکل ۲ -سینتیک آزادسازی پتاسیم از خاک خارج از سایه انداز دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی متری

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که خاک‌های آهکی استان فارس توانایی بالایی در آزاد سازی پتاسیم برای تأمین نیاز گیاه داشتند. در الگوی آزاد سازی پتاسیم با استفاده از محلول AB-DTPA از خاک‌های آهکی تحت کشت نخل رقم حلوان در طول ۱۴۴۰ دقیقه دارای دو روند متفاوت (مرحله سریع و آهسته) بود، به طوری که سرعت انتشار در ابتدا سریع بود (در طول ۳۰ دقیقه

اول) و بعد از آن به سرعت کاهش یافت و سپس شیب ثابتی را طی کرد. این نتیجه نشان می‌دهد که مکانیزم‌های مختلف می توانند روند آزاد سازی پتاسیم را کنترل کنند. از میان هفت معادله سینتیکی برازش شده، تابع توان و معادله مرتبه شبه دوم به عنوان بهترین مدل برای توصیف انتشار پتاسیم از خاک آهکی انتخاب شدند.

منابع

Adawy SS, Hussein EHA, El-Khishin D, Saker MM, Mohamed AA, El-Itriby HA (2004) Genotyping Egyptian date palm cultivars using RAPD, ISSR, AFLP markers and estimation of genetic stability among tissue culture derived plants. Arab J Biotech. 8(1): 99-114.

Al-Khayri JM, Al-Bahrany AM (2001). Silver nitrate and 2- isopentyladenine promote somatic embryogenesis in date palm (Phoenix dactylifera L.), Scientia Horticulturae . 89: 291-298.

Balali M, Malakouti M. 1998. Study of exchangeable K changes in agricultural soils of Iran. Soil Water. 12(3):59-70.

Fatemi, A. (2017). Kinetics of soil potassium release under long-term imbalanced fertilization in calcareous soils. *Pedosphere*, *27*(6), 1105-1115.

Ghiri, M. N., Abtahi, A., & Jaberian, F. (2011). Factors affecting potassium release in calcareous soils of southern Iran. *Soil Research*, *49*(6), 529-537.

Hosseinpur A.R., Safari Sinegani A.A. (2007): Soil potassium-release characteristics and the correlation of its parameters with garlic plant indices. Communications in Soil Science and Plant Analysis, *38*: 107–118.

Hosseinpur, A. R., Motaghian, H. R., & Salehi, M. H. (2012). Potassium release kinetics and its correlation with pinto bean (Phaseolus vulgaris) plant indices. *Plant, Soil and Environment*, *58*(7), 328-333.

Jalali M. 2007. Spatial variability in potassium release among calcareous soils of western Iran. Geoderma. 140:42–51.

Jalali, M. (2006). Kinetics of non-exchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of western Iran. *Geoderma*, *135*, 63-71.

Jalali, M., & Khanlari, Z. V. (2014). Kinetics of potassium release from calcareous soils under different land use. *Arid Land Research and Management*, *28*(1), 1-13.

Lebaudy A, Véry AA, Sentenac H (2007) K+ channel activity in plants: genes, regulations and functions. FEBS Lett 581:2357–2366.

Marsafari, M., & Mehrabi, A. A. (2013). Molecular identification and genetic diversity of iranian date palm ('Phoenix dactylifera'L.) Cultivars using ISSR and RAPD markers. *Australian journal of crop science*, *7*(8), 1160.

McLean, E. O., and M. E. Walson. (1985). Soil measurements of plant available potassium. In Potassium in Agriculture,ed. R. D. Munson, 277–308. Madison: ASA, CSSA, and SSSA.

Mengel K., Uhlenbecker K. (1993): Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. Soil Science Society of America Journal, 57: 761–766.

Misskire, Y., Mamo, T., Taddesse, A. M., & Yermiyahu, U. (2019). Potassium adsorption and release characteristics on vertisols of North Western Ethiopian Highlands. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *50*(9), 1132-1147.

Sanyal, D., Brar, B. S., & Dheri, G. S. (2019). Organic and Inorganic Integrated Fertilization Improves Non-exchangeable Potassium Release and Potassium Availability in Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *50*(16), 2013-2022.

Srinivasarao C, Pal DK, Takkar PN (1998) Mathematical models to study the kinetics of potassium release from swell-shrink soils of central India in relation to their mineralogy. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 161, 67–71.

Thomas, G. W., & Hipp, B. W. (1968). Soil factors affecting potassium availability. *The role of potassium in agriculture*, 269-291.

Zareian, G., Farpoor, M. H., Hejazi-Mehrizi, M., & Jafari, A. (2018). Kinetics of non-exchangeable potassium release in selected soil orders of Southern Iran. *Soil and Water Research*, *13*(4), 200-207.

Effect depth of soil on potassium desorption under canopy of Halvan cultivar

Ava Mohrezi[1], Reza Ghasemi[2], Narges Abdar[3]
1. Ph.D student department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran
avamohrezi1373@gmail.com
2. Faculty member department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran
3. Ph.D student department of soil science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran

Abstract
Potassium release is an important process in determining the availability of K for plants in calcareous soils. The aim of this study was investigate the effect of different depths on potassium desorption under canopy soil of Halvan cultivar. Under canopy Halvan cultivar was sampled from three depths of 0-20, 20-40 and 40-40 cm. The results showed that the process of K release in early times was rapid for up to 30 minutes and then decreased with constant slope. It seems that different mechanisms can control the process of K release. Five kinetic equations were studied to describe the release of K from the soil, of which two P-second order equations and power function were selected as the best equations describing the potassium release kinetics based on the highest coefficient of determinationand the lowest standard error.

Keywords: Potassium, Palm, Halvan, Desorption, Soil depth.

هم دماهای جذب سطحی فسفر روی اجزای معدنی خاک

امین گلی کلانپا

کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، soilgoli@yahoo.com

چکیده

فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشدگیاهان می باشد. بررسی فسفر قابل جذب در خاک به دلیل نقش آن در تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان حائز اهمیت می‌باشد. جذب وآزاد شدن فسفر مهمترین فرآیندهایی هستند که غلظت فسفر در محلول خاک را کنترل می کنند. به خاطر اهمیت این موضوع، تحقیق حاضر در نظر دارد میزان جذب سطحی این عنصر روی اجزای معدنی و توانایی انواع مدلها در توصیف داده های جذب سطحی را مورد بررسی قرار دهد. بدین منظور تعداد ۱۲ نمونه خاک انتخاب و پس از جداسازی آنها به سه جزء شن، سیلت و رس، برخی خصوصیات شیمیایی آنها اندازه گیری شد. سپس بر اساس میزان رس تعداد ۲ نمونه انتخاب و آزمایشات جذب سطحی بر روی آنها انجام گرفت. همدماهای جذب سطحی نشان داد که جذب سطحی فسفر با افزایش غلظت اولیه آن افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در غلظت‌های کم با شیب تندتر و در غلظت های زیاد با شیب ملایم‌تر ادامه پیدا کرده و در نهایت به حداکثر جذب سطحی می رسد. علت این امر به کاهش ظرفیت جذب سطحی خاک با افزایش فسفر اولیه نسبت داده می‌شود. مدلسازی داده‌های جذب سطحی نشان داد که از بین معادلات جذب سطحی مدل لانگمویر دو سطحه به دلیل ضریب تبیین بالاتر و اشتباه استاندارد برآورد پایین تر بهتر می تواند داده‌های آزمایشگاهی را توصیف کند.

کلمات کلیدی: ذرات معدنی، لانگ موير دو سطحه، معادلات جذب سطحی، همدماهای جذب سطحی

مقدمه

فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد و بقای گیاه است. این عنصر جزء مهم ساختمانی ترکیباتی نظیر اسیدنوکلئیک‌ها، کوآنزیم‌ها، نوکلئوتیدها، فسفوپروتئین‌ها و فسفولیپیدهاست (واروی‌پور، ۱۳۸۹). مهمترین وظیفه فسفر در گیاه، نقش آن در ذخیره‌سازی و انتقال انرژی است (واروی‌پور، ۱۳۸۹). تحرک این عنصر در خاک بسیار اندک است و نمی-تواند پاسخگوی جذب سریع توسط گیاه باشد (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). با ظهور کشاورزی متمرکز، کمبود فسفر در خاک به پدیده‌ای گسترده مبدل شد (بک و همکاران، ۱۹۷۶). جهت جبران این کمبود سالیانه مقادیر زیادی کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌گردد. ولی به دلیل وارد شدن فسفر در واکنش‌های مختلف با اجزای خاک، فراهمی این عنصر در خاک کاهش می‌یابد (افیف و همکاران، ۱۹۹۳).

جذب و آزاد شدن فسفر، مهمترین فرآیندهایی هستند که غلظت فسفر در محلول خاک را کنترل می‌کنند (سوی و تامپسون، ۲۰۰۰). غلظت فسفر در محلول خاک و در نتیجه قابل استفاده بودن این عنصر غذایی برای گیاه ارتباط نزدیکی با فرآیندهای جذب سطحی فسفر به وسیله‌ی اجزای خاک از جمله کانی‌های رسی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم، کربنات کلسیم و مواد آلی دارد(صمدی، ۲۰۰۶). یکی از عوامل مؤثر در جذب و قابلیت استفاده فسفر در خاکهای آهکی، وجود ترکیبات واکنش‌پذیر کربنات‌های کلسیم است (محمود سلطانی و صمدی، ۱۳۸۲). یافته‌های متفاوتی درباره ارتباط کربنات کلسیم با جذب فسفر گزارش شده است (محمود سلطانی و صمدی، ۱۳۸۲). کاریرا و همکاران (۲۰۰۶)

عنوان کردند که کربنات‌ها نقش مؤثری در رسوب فسفر به صورت فسفات کلسیم دارند، بر اساس نظر آنها سطح ویژه کربنات کلسیم مهمترین عامل در جذب و نگهداری فسفر است. همچنین پنا و تورنت (۱۹۹۰) گزارش کردند واکنش‌پذیری کربنات کلسیم به سطح ویژه کربنات کلسیم، که نشانه توزیع اندازه ذرات کربنات کلسیم خاک است، بستگی دارد نه به مقدار کل آن. تاثیر ویژگی‌های خاک مانند درصد رس در جذب فسفات را پژوهندگان بسیاری گزارش کرده‌اند (الخطیب و همکاران، ۱۹۹۱؛ رایان و همکاران، ۱۹۸۵).

مواد و روش ها

خصوصیات خاکهای مطالعه شده

در این تحقیق تعداد ۱۲ نمونه خاک انتخاب و پس از انجام آزمایشات اولیه روی آنها، به اجزای شن، سیلت و رس تفکیک شدند. سپس ۲ نمونه از آنها انتخاب و آزمایشات جذب سطحی روی اجزای معدنی آنها انجام گرفت.

همدماهای جذب سطحی فسفر

هم‌دماهای جذب سطحی فسفر روی ذرات معدنی شن، سیلت و رس ۲ نمونه از خاک‌ها انجام گرفت. بدین منظور یک گرم از نمونه‌های شن و سیلت و ۰/۲۵ گرم از نمونه‌های رس توزین و به لوله سانتریفیوژهای ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. به هر کدام از نمونه‌های شن و سیلت دو میلی‌لیتر و به هر کدام از ذرات رس یک میلی‌لیتر Nacl یک مولار اضافه شد. در مرحله بعد به هر یک از نمونه‌ها فسفر در غلظت‌های تعادلی ۰، ۱، ۳، ۷، ۱۲، ۱۸و ۲۵ میلی‌لیتر اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۴۴ ساعت در تکان دهنده رفت و برگشتی در دمای ثابت۲۵ درجه هم‌زده شدند. بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و قسمت رویی آن‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند. در نهایت فسفر نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به روش رنگ سنجی قرائت گردید.

نتایج و بحث:

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ذکر شده است. همانطوری که ملاحظه می شود درصد ذرات شن از ۱۳/۵ تا ۵۰ درصد، سیلت از ۲۱ تا ۴۲/۵ درصد و میزان رس از ۱۵ تا ۵۶/۵ درصد متغیر بود. همچنین، میزان ماده آلی، کربنات کلسیم معادل و فعال به ترتیب در دامنه ۲/۱۵ - ۰/۲۶، ۱۵/۲۵ -۱/۷۵ و ۶/۵۰ - ۱/۷۵ درصد قرار داشت. فسفر قابل استفاده گیاه (Olsen-P) نیز از ۲/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در نمونه ۶ تا ۳۳/۷۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک در نمونه ۹ متغیر بود (

جدول .Error! No text of specified style in document-۱).

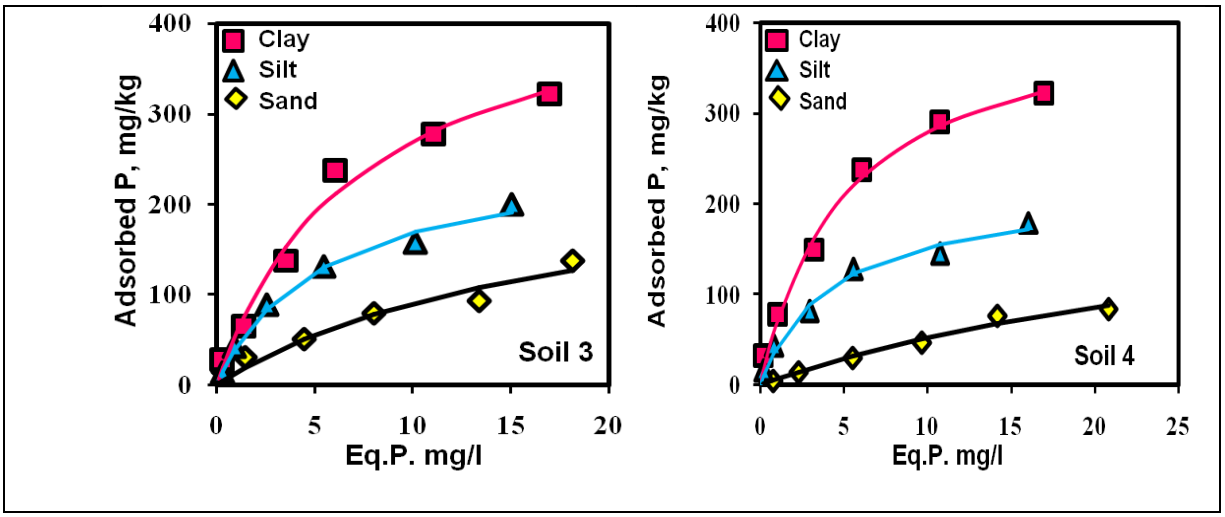
جدول .Error! No text of specified style in document-۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک

شماره	رس	سیلت	شن	ماده آلی	کربنات کلسیم	کربنات کلسیم	فسفر قابل جذب
	٪						mg/kg
۱	۱۵	۳۵	۵۰	۰/۴۷	۱/۷۵	۱/۷۵	۳/۰۳
۲	۲۱	۴۱	۳۸	۰/۵۳	۱۵/۲۵	۶/۲۵	۱۱/۶۶
۳	۴۴	۴۲/۵	۱۳/۵	۱/۸۸	۶/۷۵	۴/۲۵	۵/۱۵
۴	۴۶	۳۵	۱۹	۱/۰۷	۶/۷۵	۴/۲۵	۷/۷۲
۵	۵۶/۵	۲۸	۱۵/۵	۱/۶۱	۸/۲۵	۶	۵/۴۵

۶	۴۱	۳۱	۲۸	۰/۳۳	۴/۲۵	۳/۲۵	۲/۸۷
۷	۳۸	۴۲	۲۰	۰/۲۶	۹	۵/۲۵	۳/۷۸
۸	۵۱	۳۵	۱۴	۲/۱۵	۷/۲۵	۶	۸/۶۳
۹	۲۵	۳۸	۳۷	۱/۲۷	۱۳/۵	۵/۷۵	۳۳/۷۸
۱۰	۳۷	۲۹	۳۴	۱/۴۷	۱۲	۶/۵	۹/۵۴
۱۱	۴۸	۲۱	۳۱	۱/۵۴	۶/۵	۵	۳/۷۸
۱۲	۴۱	۲۴	۳۵	۰/۴	۵/۲۵	۴/۲۵	۶/۸۱

همدماهای جذب سطحی فسفر

همدماهای جذب سطحی فسفر در ذرات معدنی ۲ نمونه خاک انجام گرفت، که درشکل ۱ آورده شده است. مطابق این شکل، در تمام نمونه‌ها جذب سطحی فسفر با افزایش غلظت اولیه آن افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در غلظت‌های کم با شیب تندتر و در غلظت‌های زیاد با شیب ملایم‌تر ادامه پیدا کرده و در نهایت به حداکثر جذب سطحی می رسد. علت این امر به کاهش ظرفیت جذب سطحی خاک با افزایش فسفر اولیه نسبت داده می‌شود. بررسی روند همدماهای جذب سطحی فسفر در ذرات معدنی نمونه‌ها نشان می‌دهد که رفتار فسفر در این نمونه‌ها از ایزوترم نوع L پیروی می‌کند (شکل ۱). همانطوری که می‌دانید در این نوع همدما با افزایش غلظت ماده جذب سطحی شونده، شیب کاهش می یابد، زیرا تعداد مکان‌های جذب سطحی کننده خالی با افزایش پوشش سطح کاهش پیدا می‌کند. همانطوری که در شکل ۱ نشان داده شده است جذب سطحی ذرات معدنی رس در هر دو نمونه بیشتر از سایر اجزای معدنی است. از دلایل اصلی آن می توان به سطح ویژه فوق العاده زیاد ذرات رسی اشاره کرد. همچنین ذرات ریز رسی با اکتویته زیادی که دارند می‌توانند فسفر زیادی را در سطح خود جذب و نگهداری نمایند.



شکل ۱. همدماهای جذب سطحی فسفر در ذرات معدنی نمونه های ۳ و ۴. نقاط داده‌های آزمایشی و خطوط جذب سطحی محاسبه شده توسط مدل غیر خطی لانگمویر را نشان می دهند.

مدل‌سازی همدماهای جذب سطحی فسفر

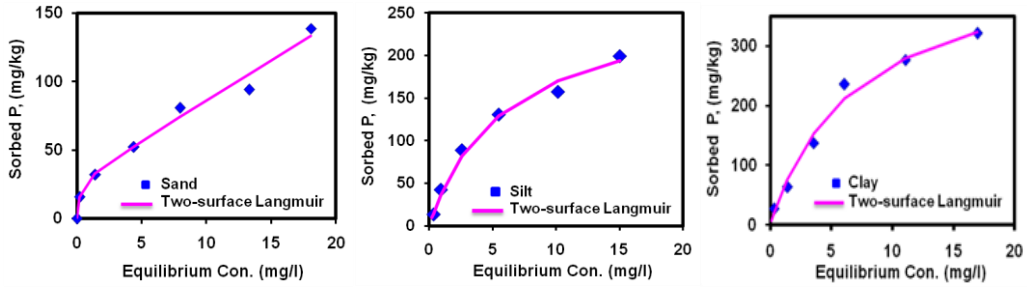
همانطوری که می‌دانید در توصیف همدماهای جذب سطحی فسفر روی خاک از معادلات خطی و غیر خطی یا همان روش حداقل مربعات استفاده می‌شود. در روش خطی از دو معادله معروف فروندلیچ و لانگمویر و در روش حداقل مربعات از چهار معادله لانگمویر، فروندلیچ، فروندلیچ-لانگمویر و لانگمویر دو سطحه استفاده می‌شود. در روش حداقل مربعات از فرم غیر خطی یا همان فرم معادله اصلی استفاده شده است. در این روش ضرایب معادلات آنقدر تغییر داده شدند تا تفاضل مربعات داده‌های جذب سطحی محاسباتی با داده‌های آزمایشگاهی به حداقل ممکن برسد. در چنین شرایطی، ضرایب تبیین (R^2) و اشتباه استاندارد برآورد (SSE) هر کدام از معادلات یادداشت شده و مدلی که حداکثر مقدار ضریب تبیین و حداقل مقدار اشتباه استاندارد برآورد را داشته باشد به عنوان مدل مناسب انتخاب می‌شود. در این تحقیق از مدل غیر خطی که برازش بهتری با داده ها داشت استفاده شد. ضرایب معادلات، ضریب تبیین و اشتباه استاندارد برآورد برای معادلات مورد استفاده در جدول ۲ ذکر شده است. با توجه به ضریب تبیین بالا (R^2) بین داده‌های اندازه‌گیری شده و داده‌های مدل‌سازی شده، مدل لانگمویر دو سطحه قادر است داده‌های جذب سطحی را بهتر از بقیه مدل‌ها به خوبی پیش بینی کند(شکل ۲).

هورنبرگر و بلستر(۲۰۰۷) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که مدل لانگمویر دو سطحه و لانگمویر - فروندلیچ بهترین برازش را با داده‌های آزمایشگاهی دارد. ویو و همکاران(۲۰۰۵) نیز در بررسی همدماهای جذب آرسنیک به این نتیجه رسیدند که معادله لانگمویر دو سطحه بالاترین تناسب را با داده‌های جذب آرسنیک داشته است.

جدول ۲. ضرایب فرم غیرخطی معادلات برای نمونه های ۳ و ۴

شماره نمونه		خاک شماره ۳			خاک شماره ۴		
	ضرایب	رس	سیلت	شن	رس	سیلت	شن
لانگمویر	K	۰/۱۳۶	۰/۱۸۶	۰/۰۵۷	۰/۱۹۳	۰/۲۳۵	۰/۰۲۸
	S_{max}	۴۶۶/۶	۲۵۹/۲	۲۱۹/۲	۴۲۳/۸	۲۱۷/۵	۲۰۱/۶
	SSE	۱۱۷۹	۴۵۶	۵۷۶	۶۰۹	۳۶۷	۱۳۶
	R^2	۰/۹۸۸	۰/۹۸۷	۰/۹۵۹	۰/۹۹۴	۰/۹۸۷	۰/۹۸۱
فروندلیچ	K	۷۰/۴۷	۴۵/۲۱	۲۰/۱۷	۸۷/۲۴	۵۰/۲۰	۷/۹۱
	n	۰/۵۵۸	۰/۵۵۵	۰/۶۳۹	۰/۴۸۴	۰/۴۶۵	۰/۸۰۰
	SSE	۳۵۳۰	۱۰۷۰	۳۳۷	۲۰۸۰	۴۳۹	۱۸۵
	R^2	۰/۹۶۵	۰/۹۶۹	۰/۹۷۶	۰/۹۷۹	۰/۹۸۴	۰/۹۷۴
لانگمویر- فروندلیچ	K	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	S_{max}	۱۵۱۱۶	۱۵۱۱۶/۶	۱۵۱۵۰/۱	۱۵۱۱۳/۶	۱۵۱۰۹/۶	۱۵۱۱۴/۳
	n	۰/۵۶۵۹	۰/۵۱۶۴	۰/۶۴۳۰	۰/۴۹۰۶	۰/۴۸۹۷	۰/۵۱۶۴
	SSE	۳۴۵۶	۱۱۶۲	۳۳۸	۲۰۲۷	۴۵۵	۶۴۰
	R^2	۰/۹۶۵	۰/۹۶۷	۰/۹۷۶	۰/۹۷۹	۰/۹۸۴	۰/۹۱۰
لانگمویر دو سطحه	S_{max1}	۴۵۷/۱	۱۶۷/۹	۲۹/۳	۴۱۹/۹	۱۲۸/۲	۲۱۴/۲
	S_{max2}	۹۸۰۸/۸	۹۸۵۲	۹۸۵۲	۹۸۰۴/۲	۹۸۵۲	۳۴۵۳۲/۴
	K_1	۰/۱۴۱	/۳۱۳	۱/۸۸۱	۰/۱۹۶	۰/۵۳۳	۰/۰۳۰
	K_2	۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۶	۰	۰/۰۰۰۴	۰

SSE	۱۱۸۹	۳۷۲	۲۴۳	۶۱۱	۲۳۶	۱۳۸
R^2	۰/۹۸۸	۰/۹۸۹	۰/۹۸۳	۰/۹۹۴	۰/۹۹۲	۰/۹۸۱



شکل۲. مدلسازی همدماهای جذب سطحی فسفر برای ذرات معدنی نمونه ۳. نقاط داده‌های آزمایشی و خطوط جذب سطحی محاسبه شده توسط مدل لانگمویر دو سطحه را نشان می‌دهند.

نتیجه گیری:

همانطوری که در قسمت نتایج و بحث اشاره شد در تمام نمونه‌ها جذب سطحی فسفر با افزایش غلظت اولیه آن افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در غلظت‌های کم با شیب تندتر و در غلظت‌های زیاد با شیب ملایم‌تر ادامه پیدا کرده و در نهایت به حداکثر جذب سطحی می رسد. علت این امر به کاهش ظرفیت جذب سطحی خاک با افزایش فسفر اولیه نسبت داده می‌شود. بررسی روند همدماهای جذب سطحی فسفر در ذرات معدنی نمونه‌ها نشان می‌دهد که رفتار فسفر در این نمونه‌ها از ایزوترم نوع L پیروی می کند.

در میان ذرات خاک، ذرات رس به دلیل سطح ویژه و اکتیویته زیادی که دارند می توانند فسفر زیادی در سطح خود جذب نمایند. همچنین با توجه به ضریب تبیین بالا و مقدار اشتباه استاندارد برآورد پایین، مدل لانگمویر دو سطحه می تواند داده های جذب سطحی را بهتر از بقیه مدل‌ها پیش بینی کند.

منابع:

مقاله در مجله:

- حسن زاده،الناز؛ مظاهری،داریوش؛ چایی چی، محمدرضا؛ خاوازی،کاظم، ۱۳۸۶، کارایی مصرف باکتری های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزا عملکرد جو، *مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، شماره ۷۷.
- محمود سلطانی، شهرام؛ صمدی، عباس،۱۳۸۲، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال هفتم، شماره سوم.

- Beek J., G.H. Bolt, M.G.M. Bruggenwert, F.A.M. DeHaan, A. Kamphorst, I. Novozamsky, 1976, Soil Chemistry, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Afif, E., A. Matar and J. Torrent. 1993. Availability of phosphate applied to calcareous soils of West Asia and North Africa. Soil Science Society of American Journal. 57:756-760.
- Sui, Y., Thompson, M. L. 2000. Phosphorus sorption, desorption, and buffering capacity in a biosolids-amended Mollisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 164-169.
- Carreira, J.A., Vinegla, B., Lajtha, K. 2006. Secondary CaCo3 and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in and ecosystems. Journal of Arid Environments. 64(3):460-473.
- Pena, F., Torrent, J. 1990. Predicting phosphate sorption in soils of Mediterranean regions. Ferti. Res. 23: 173-179.

- Ryan, J., Curtin, D., Cheema, M.A. 1985. Significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. Soil Science Society of America Journal. 49: 74-76.
- Bolster, C.H., Hornberger, G.M. 2007. On the use of linearized Langmuir equations.*Soil Sci. Soc. Am. J*. 71:1796–1806.
- Samadi, A. (2006). Temporal Changes in Available Phosphorus in Some Calcareous Soils. Journal of Agricultural Science and Technology, 8, 343-349.

مقاله در همایش:

- Elkhatib, E. A., Thabet, A., G. El-Haris, M. K. 1991. Prediction of phosphorus fractionation in soils. Arid Soil Res. Rehab. 5: 1-8.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z.G. Cheung, K.C. and M. H.Wong. (2005). Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth: a greenhouse trail. Geoderma. 125:155-166.

کتاب:

-واروی پور، مریم، ۱۳۸۹، خاک شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه پیام نور.

Phosphorus adsorption isotherms on soil mineral particles

Amin Goli Kalanpa

M.Sc Soil Chemistry and Fertility, University of Mohaghegh Ardabili, soilgoli@yahoo.com

Abstract:

Phosphorous is an essential elements for plant growth. Evaluation of available phosphorus in soil due to its role in supplying phosphorus to plants is important. phosphorus adsorption/desorption are the most important processes that control phosphorus concentration in the soil solution .Given the importance of this issue , the present study intends adsorption of this element onto inorganic components and examined capability of the types of models in describing the adsorption data . For this purpose, 12 soil samples were selected and separated them into three parts sand, silt and clay , some physical and chemical properties were measured . Then, based on the clay content ,2 samples selected and adsorption experiments were carried out on them. Adsorption isotherms showed that phosphorus adsorption increased by increasing its initial concentration. This increase in low concentration with sharp slop and in high levels with mild slope continue, and eventually reaches to the maximum adsorption. This was due to a decrease in adsorption capacity of soils with increasing initial soil phosphorus. Modelling adsorption data showed that Two surface Langmuir model can describe adsorption data well based on higher R^2 and lower Standard Error of the estimate(SSE) values.

Keywords: Mineral particles, Two surface Langmuir, Adsorption Equations, Adsorption isotherms

بررسی تأثیر سطوح آلودگی کادمیم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در چهار رقم گندم

عاطفه توکلی[1*]، احمد گلچین[2]، سمانه عبداللهی[3]

[1] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان :atefeh.tavakoli92@gmail.com

[2] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[3] دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

گیاه زراعی گندم به‌دلیل جایگاه ویژه‌ایی که در جیره غذایی بشر دارد همواره مورد توجه بوده است. لذا بررسی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت و کمیت این گیاه امری ضروری می‌باشد. فلزات سنگین از جمله این عوامل تأثیرگذار هستند که بررسی تأثیر آن‌ها بر گیاهان در مناطقی مانند استان زنجان که معادن این فلزات وجود دارد از اهمیت بیشتری برخوردار است.براین اساس این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح آلودگی کادمیم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در چهار رقم گندم به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای به اجرا درآمد. تیمارها شامل پنج سطح آلودگی خاک به کادمیم (صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک) از منبع سولفات کادمیم [$3Cd(SO_4).8H_2O$] و چهار رقم گندم (اوروم، پیشگام، زارع و میهن) بودند که در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارها اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p < 0.01$) بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه گندم داشتند. کم‌ترین غلظت فسفر و پتاسیم در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک مشاهده شد. در حالی‌که کم‌ترین غلظت نیتروژن گیاه گندم به‌دلیل اثر رقت در سطح ۲۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری گردید. همچنین در رقم پیشگام بیش‌ترین غلظت نیتروژن و فسفر و در رقم پیشگام و زارع بیش‌ترین غلظت پتاسیم مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: زنجان، فلزات سنگین، محصول سالم.

مقدمه

سلامت بشر به استفاده از مواد غذایی و محیط سالم بستگی دارد. گیاهان به دلیل تولید مواد غذایی، ویتامین‌ها و عناصر مورد نیاز بدن مورد استفاده و توجه عموم هستند (James and Emmanuel, 2011). آلوده شدن محصولات کشاورزی با فلزات سنگین از یک‌سو منجر به کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و از سوی دیگر تهدیدی جدی برای سلامت انسان است. لذا بررسی آلودگی فلزات سنگین از جنبه‌های زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت هستند (Kabata_Pendias, 2001; Arora et al., 2008; Christou et al., 2014). اطلاعات منتشر شده نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های عموم مردم جهان ایمنی و بهداشت مواد غذایی و اثرات آن بر روی سلامتی انسان می‌باشد و به همین دلیل در گستره جهانی تحقیقاتی که در رابطه با آلودگی مواد غذایی به آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین و سموم می‌باشد، افزایش یافته است (Sharma et al., 2007). کادمیم عنصری غیر ضروری برای انجام فعالیت‌های حیاتی و رشد و نمو گیاه می‌باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۵). به‌طور کلی اکثر خاک‌های غیر آلوده به کادمیم، غلظتی کم‌تر از یک میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک دارند (۰/۵ تا ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و غلظت مجاز یا ایمن آن ۱/۵ تا ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در نظر گرفته می‌شود (Bolan

* ایمیل نویسنده مسئول: Atefeh.tavakoli92@gmail.com

et al., 2003). این عنصر یکی از متحرک‌ترین فلزهای سنگین خاک است و به علت تحرک بالایی که دارد به راحتی جذب گیاه شده و وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردد (Christensen, 1984). یکی از راه‌های آلودگی محیط‌زیست و منابع خاک و آب به فلزات سنگین، مصرف نهاده‌های کشاورزی و فعالیت‌های صنعتی و معدن‌کاوی و هم‌چنین هم‌جواری اراضی شهری و مسکونی با شهرک‌های صنعتی و کارخانه‌های فرآوری فلزات سنگین می‌باشد. استان زنجان به واسطه دارا بودن معادن متعدد و فعالیت‌های گسترده معدن‌کاوی و ذوب فلز در آن، یکی از استان‌های آلوده از لحاظ منابع خاک و آب به فلزهای سنگین و مخصوصاً فلزهای سنگین سرب، روی و کادمیم به‌حساب می‌آید. پهنه‌بندی فلز کادمیم با استفاده از کریجینگ معمولی نشان داد که غلظت فلز سنگین کادمیم در بیشتر اراضی نیمه شرقی و مرکزی منطقه زنجان بالای حد آستانه خطر قرار دارد (عبداللهی و همکاران ۱۳۹۱؛ یاری و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به نقش برجسته گندم در سبد غذایی خانوارهای ایرانی و سهولت جذب و سمیت زیاد فلز کادمیم برای گیاهان که عملکرد را به شدت کاهش می‌دهد و باعث ایجاد مشکلات بهداشتی در انسان بعد از ورود به جیره غذایی می‌گردد، لذا لازم است رقم‌هایی از گندم برای کاشت در مناطق آلوده مشابه با استان زنجان استفاده شود که حداقل جذب فلزات سنگین را داشته و عملکرد آن‌ها کم‌تر تحت تأثیر آلودگی خاک قرار می‌گیرد. به همین دلیل آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح آلودگی کادمیم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در چهار رقم قابل کشت گیاه گندم در استان زنجان در شرایط گلخانه‌ای انجام گردید تا بتوان رقم‌هایی کارا نسبت به جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم تحت تنش فلز سنگین کادمیم را انتخاب نمود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح آلودگی کادمیم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم چهار رقم مختلف گندم یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. تیمارها شامل پنج سطح آلودگی خاک به کادمیم (صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک) از منبع سولفات کادمیم [$3Cd(SO_4).8H_2O$] (عبداللهی و گلچین، ۱۳۹۷) و چهار رقم گندم (اوروم، پیشگام، زارع و میهن) بودند که در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. برای انتخاب خاک مورد نظر جهت اجرای آزمایش، چند نمونه خاک، از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری اراضی اطراف پژوهشکده دانشگاه زنجان تهیه و به گلخانه منتقل گردید. نمونه‌های خاک ابتدا هوا خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ارائه شده است. . نحوه آلوده کردن خاک بدین صورت بود که ابتدا برای هر سطح آلودگی مقدار نمک سولفات کادمیم محاسبه و پس از توزین، در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و بر روی ن ۵ کیلوگرم خاک به‌طور کامل و یکنواخت اسپری شد (عبداللهی و گلچین، ۱۳۹۷). بعد از خشک شدن، نمونه تیمار شده را در گلدان‌های پلاستیکی ریخته و بعد از برچسب زدن، گلدان‌ها با افزودن آب مقطر به رطوبت ظرفیت زراعی (FC) رسانیده شدند و وزن نهایی گلدان‌ها یادداشت گردید. سپس برای به تعادل رسیدن خاک‌های تیمار شده در گلدان‌ها به مدت دو ماه دوره‌های تر و خشک شدن اجرا گردید. بعد از گذشت سه ماه، در پایان رشد رویشی و قبل از به خوشه رفتن گیاه، بخش‌های هوایی و ریشه گیاه به‌طور جداگانه برداشت و برای اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر با روش‌های معمول آزمایشگاهی، به آزمایشگاه منتقل شدند. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار آماری SAS در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و جداول تجزیه واریانس تشکیل شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

ویژگی	واحد	مقدار
شن	درصد	۶۵/۵
رس	درصد	۱۷/۱
سیلت	درصد	۱۷/۴
بافت خاک	-	Sandy loam
اسیدیته (گل اشباع)	-	۷/۸
هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۰/۹
رطوبت ظرفیت مزرعه	درصد	۲۱
کربن آلی	درصد	۰/۶۰
کربنات کلسیم معادل	درصد	۱۱/۹۰
نیتروژن کل	درصد	۰/۳
فسفر قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۱
پتاسیم قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴۶۰
کادمیم قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۴۷

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه گندم

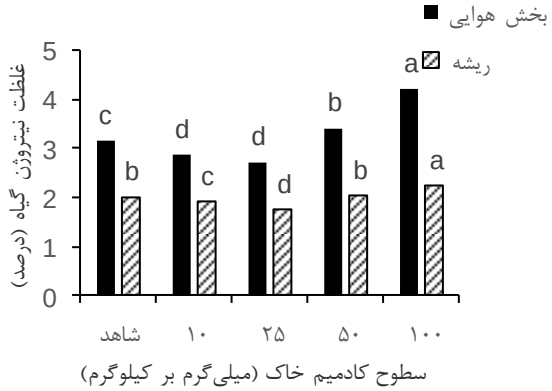
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که افزایش کادمیم خاک، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p < ۰/۰۱$) بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه گندم داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه گندم نشان می‌دهد که با افزایش غلظت کادمیم خاک، غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه تا سطح ۲۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک کاهش یافت. به‌طوری‌که در غلظت ۲۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک غلظت نیتروژن بخش هوایی ۱۳/۶۵ و نیتروژن ریشه ۱۲/۸۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان دادند ولی در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک غلظت نیتروژن بخش هوایی به ترتیب ۸/۲۵ و ۳۳/۶۵ درصد و نیتروژن ریشه به ترتیب ۱/۴۸ و ۱۰/۸۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافتند (شکل ۱). علت افزایش نیتروژن بخش هوایی و ریشه در غلظت های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک را می‌توان به اثر رقت نسبت داد. همان‌طور که اشاره شد افزایش غلظت کادمیم خاک سبب کاهش وزن گیاه گندم شد و این عامل سبب می‌شود در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم، نیتروژن بیش‌تری در ازای وزن خشک گیاه وجود داشته باشد. همچنین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه به ترتیب۵۴/۸۷ و ۵۳/۳۳ (شکل ۲) و غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه به ترتیب ۴۰/۳۷ و ۸۸/۲۳ درصد (شکل ۳) نسبت به تیمار شاهد (بدون کادمیم) کاهش یافتند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه گندم

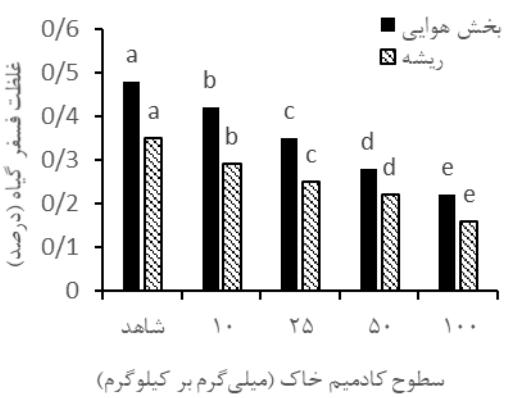
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		غلظت نیتروژن		غلظت فسفر		غلظت پتاسیم	
		بخش هوایی	ریشه	بخش هوایی	ریشه	بخش هوایی	ریشه
سطوح کادمیم	۴	۴/۱۲**	۰/۳۸**	۰/۱۴**	۰/۰۶**	۴/۲۶**	۰/۰۵**
نوع رقم گندم	۳	۰/۵۷**	۰/۰۸ **	۰/۰۱**	۰/۰۰۶**	۰/۲۷**	۰/۰۰۴**
سطوح کادمیم × نوع رقم گندم	۱۲	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۲^{ns}
خطا آزمایش	۴۰	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات درصد	-	۴/۴۶	۳/۱۵	۵/۳۸	۶/۰۹	۲/۳۷	۱۳/۵۷

**و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

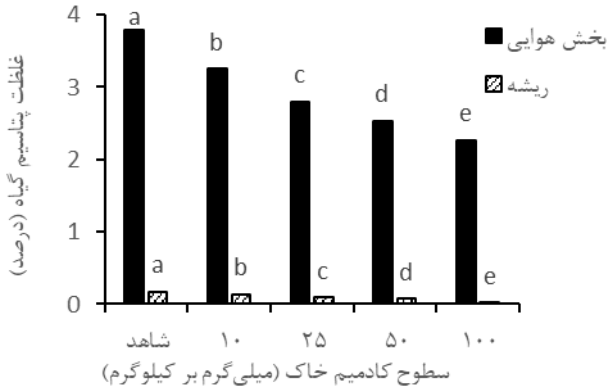
Narwal et al.,(1993) کاهش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، مس و سدیم توسط ریشه ذرت در حضور کادمیم را گزارش کردند. کادمیم به علت آسیب زدن به جمعیت میکروبی خاک و اختلال در فرایند معدنی شدن نیتروژن می‌تواند آثار منفی بر جذب نیتروژن در گیاه داشته باشد (Dusek, 1995). Kashem and Kawai (2007) بیان کردند که کادمیم و فسفر با یکدیگر برهمکنش منفی داشته و سمیت کادمیم سبب کاهش غلظت فسفر در شاخساره و تجمع آن در ریشه گیاه شد. نتایج Lorenz (2006) نشان می‌دهد که عناصر سمی مانند کادمیم بر فعالیت‌های میکروبی خاک تأثیر منفی داشته، سبب غیرفعال شدن آن‌ها و درنهایت منجر به مختل شدن چرخه عناصر غذایی می‌شوند.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر غلظت نیتروژن گیاه گندم



شکل۲- تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر غلظت فسفر گیاه گندم

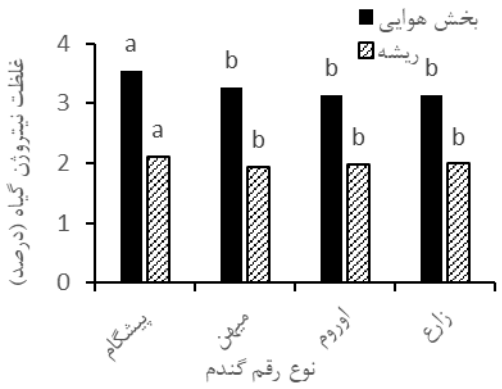


شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر غلظت پتاسیم گیاه گندم

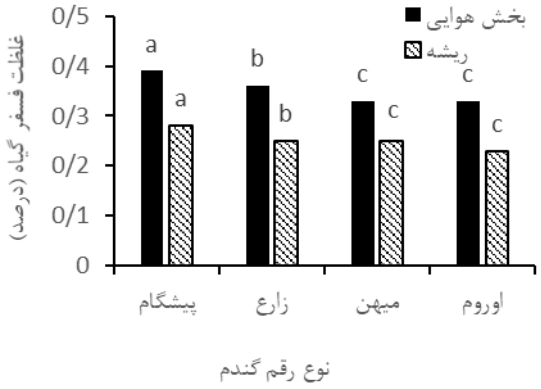
تأثیر رقم گندم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که رقم گندم، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p < ۰/۰۱$) بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه گندم داشت (جدول ۲). بیش‌ترین غلظت نیتروژن بخش‌هوایی و ریشه مربوط به رقم پیشگام بود و تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین ارقام میهن، اوروم و زارع در غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه گندم مشاهده نگردید (شکل ۴). بیش‌ترین غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه به‌ترتیب با ۰/۳۹ و ۰/۲۸ درصد مربوط به رقم پیشگام و کم‌ترین غلظت فسفر بخش‌هوایی و ریشه به ترتیب با میانگین‌های ۰/۳۳ و ۰/۲۳ درصد در رقم اوروم مشاهده گردید (شکل ۵). بیش‌ترین غلظت پتاسیم بخش‌هوایی و ریشه به ترتیب از ارقام پیشگام (۳/۰۵ درصد) و زارع (۰/۱۲ درصد) به دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین غلظت پتاسیم بخش‌هوایی ریشه نیز به ترتیب با میانگین‌های ۲/۷۷ و ۰/۰۸ درصد در رقم میهن اندازه‌گیری شد که نشان دهنده خصوصیات فیزیولوژیک متفاوت رقم‌های مختلف می‌باشد (شکل ۶). جوادزرین و متشرع‌زاده (۱۳۹۴) با بررسی تأثیر کادمیم بر ۱۴ رقم گندم گزارش کردند که رقم‌های مختلف گندم از لحاظ خصوصیات فیزیولوزیک متفاوت هستند و پاسخ متفاوتی نسبت به تنش کادمیم می‌دهند. همچنین تحقیقات آن‌ها نشان داد در سطح ۸۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک، رقم پیشگام بیش‌ترین غلظت کادمیم اندام هوایی (میانگین ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) را داشت. آن‌ها دلیل این امر را کارایی بیش‌ترسامانه آنتی‌اکسیدان[1] این رقم در تجمع و سمیت‌زدایی از کادمیم در سلول‌ها نسبت به رقم‌های دیگر گندم عنوان کردند. جعفرنژادی و همکاران (۱۳۹۱) نیز بیان کردند که فراهمی فلز سنگین کادمیم برای رقم‌های مختلف گندم تحت تأثیر ویژگی‌های خاک و نوع رقم گندم قرار می‌گیرد. مطالعات صورت گرفته بیانگر خصوصیات فیزیولوژیکی متفاوت و هم‌چنین جذب متفاوت فلزهای سنگین در رقم‌های مختلف گندم است.

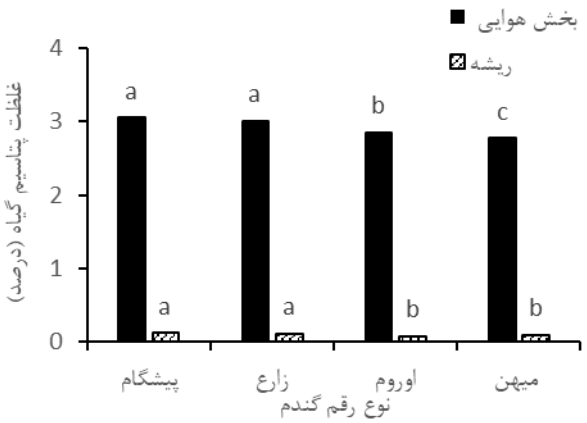
[1] Antioxidant



شکل ۴- تأثیر ارقام مختلف گندم بر نیتروژن بخش هوایی و ریشه



شکل ۵- تأثیر ارقام مختلف گندم بر فسفر بخش هوایی و ریشه



شکل ۶- تأثیر ارقام مختلف گندم بر پتاسیم بخش هوایی و ریشه

اثرات متقابل سطوح مختلف کادمیم و نوع رقم گندم بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اثر متقابل سطوح کادمیم خاک و نوع رقم گندم بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و پتاسیم ریشه گیاه گندم معنی‌دار نبود. درحالی‌که بر غلظت نیتروژن ریشه، غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه و پتاسیم بخش‌هوایی در سطح احتمال یک درصد ($p < ۰/۰۱$) معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین غلظت نیتروژن ریشه متعلق به رقم پیشگام و سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک (۲/۴۹ درصد) بود در حالی‌که کم‌ترین غلظت نیتروژن ریشه از رقم اوروم و سطح ۲۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک (۱/۶۸ درصد) به دست آمد (جدول ۳). بیش‌ترین غلظت فسفر بخش هوایی در همه ارقام و تیمار شاهد (بدون کادمیم) اندازه‌گیری شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. بیش‌ترین غلظت فسفر ریشه نیز از ارقام پیشگام و زارع و تیمار شاهد (بدون کادمیم) به ترتیب با میانگین‌های ۰/۳۸ و

۰/۳۵ درصد مشاهده شد. کم‌ترین غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه در ارقام میهن و اوروم و سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک به دست آمد (جدول۳). بیش‌ترین غلظت پتاسیم بخش هوایی در ارقام پیشگام، زارع و اوروم و تیمار شاهد (بدون کادمیم) به ترتیب ۳/۸۸، ۳/۸۵ و ۳/۷۵ درصد اندازه‌گیری شد که تفاوت معنی‌داری از نظر آماری باهم نداشتند.کم‌ترین غلظت پتاسیم بخش هوایی نیز از رقم میهن و سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک به میزان ۱/۹۳ درصد مشاهده گردید (جدول۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح مختلف کادمیم خاک و نوع رقم گندم بر غلظت نیتروژن ریشه، فسفر بخش‌هوایی و ریشه و پتاسیم بخش‌هوایی در ارقام مختلف گندم

سطوح کادمیم	نوع رقم گندم	غلظت نیتروژن ریشه	غلظت‌فسفر بخش‌هوایی	غلظت فسفرریشه	غلظت پتاسیم بخش‌هوایی
میلی‌گرم بر کیلوگرم		درصد			
شاهد	زارع	۱/۹۹ defg	۰/۴۸ a	۰/۳۵ ab	۳/۸۵ a
	پیشگام	۲/۰۹ bcde	۰/۴۹ a	۰/۳۸ a	۳/۸۸ a
	میهن	۱/۹۶efg	۰/۴۸ a	۰/۳۴ b	۳/۵۶ b
	اوروم	۲/۰۵ cdef	۰/۴۸ a	۰/۳۳ b	۳/۷۵ a
۱۰	زارع	۱/۹۱ fgh	۰/۴۴ b	۰/۲۷ c	۳/۲۸ cd
	پیشگام	۲/۰۴cdef	۰/۴۷ ab	۰/۳۲ b	۳/۳۷ c
	میهن	۱/۸۵ghi	۰/۳۹ cd	۰/۳۳ b	۳/۱۷ d
	اوروم	۱/ ۸۵ghi	۰/۴ c	۰/۲۷ c	۳/۲۲ cd
۲۵	زارع	۱/۷۷hij	۰/۳۵ de	۰/۲۷ c	۲/۹۲ e
	پیشگام	۱/۸۵ghi	۰/۴۰c	۰/۲۶ cd	۲/۹۲ e
	میهن	۱/ ۷۵ij	۰/۳۳ ef	۰/۲۴ cde	۲/۷ f
	اوروم	۱/۶۸j	۰/۳۳ ef	۰/۲۲ ef	۲/۶۴ fg
۵۰	زارع	۲/۰۵cdef	۰/۲۹ fgh	۰/۲۳ def	۲/۵۴ fgh
	پیشگام	۲/۰۴cdef	۰/۳۱ efg	۰/۲۴ cde	۲/۶۴ fg
	میهن	۱/۹۹defg	۰/۲۸ ghi	۰/۲۱ ef	۲/۴۷ gh
	اوروم	۲/ ۱۳bcd	۰/۲۶ hi	۰/۱۹ fg	۲/۴۷ gh
۱۰۰	زارع	۲/۲۳b	۰/۲۴ i	۰/۱۶ gh	۲/۴۴ h
	پیشگام	۲/ ۴۹a	۰/۲۷ ghi	۰/۲۰ fg	۲/۴۷ gh
	میهن	۲/۰۸cde	۰/۱۹ j	۰/۱۵ h	۱/۹۳ j
	اوروم	۲/۱۸bc	۰/۱۷ j	۰/۱۵ h	۲/۱۹ i

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد که غلظت‌های بالای کادمیم خاک برای گیاه گندم سمی بوده و باعث کاهش غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بافت‌های گیاه گندم گردید. با این حال رقم پیشگام بیش‌ترین غلظت عناصر غذایی را در ریشه و بخش‌هوایی نشان داد که نشان دهنده مقاومت بیشتر این رقم نسبت به سایر رقم‌های مورد بررسی در شرایط تنش آلودگی خاک به کادمیم است.

منابع

جعفرنژادی، ع. همایی، م. صیاد، غ. ع. بای‌بوردی، م. (۱۳۹۱). ارزیابی ویژگی‌های مؤثر خاک بر وضعیت غلظت کادمیم در خاک و بذر گندم در برخی خاک‌های آهکی خوزستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۹ (۲). ۱۶۴-۱۴۹.

جوادزرین، ا. متشرع‌زاده، ب. (۱۳۹۴). تاثیر کادمیم بر غلظت عناصر مس، آهن، منگنز و روی در اندام هوایی ارقام مختلف گندم. به زراعی کشاورزی ۱۷ (۱). ۴۱-۲۷.

سلطانی، ف. قربانلی، م. ل. منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۸۵). اثر کادمیم بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، قندها و مالون آلدئید در گیاه کلزا. مجله زیست شناسی ایران ۱۹ (۲). ۱۴۵-۱۳۶

عبداللهی، س. گلچین، ا. (۱۳۹۷). مقایسه توان تولید زیست‌توده و جذب و انتقال کادمیم در سه رقم کلم. تحقیقات آبو خاک ایران ۴۹ (۲). ۲۵۹-۲۴۳.

عبداللهی، س. دلاور، م. ا. شکاری، پ. (۱۳۹۱). پهنه‌بندی توزیع مکانی سرب، روی و کادمیم و ارزیابی آلودگی خاک‌های منطقه انگوران، استان زنجان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی) ۲۶ (۶). ۱۴۲۰-۱۴۱۰.

یاری، ی. ممتاز، ح. ر. طاهری، م. (۱۳۹۵). توزیع مکانی برخی فلزات سنگین در خاک‌های منطقه صنعتی زنجان. دانش آب و خاک ۲۶ (۴). ۲۳۶-۲۲۳.

Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B., Mittal, N. (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food chemistry*, 111(4), 811-815.

Bolan, N. S., D. C. Adriano, P. A. Mani, A. Duraisamy. (2003). Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. II. Effect of lime addition. Plant and Soil, 251(2), 187-198.

Christensen, T. H. (1984). Cadmium soil sorption at low concentrations: I. Effect of time, cadmium load, pH, and calcium. Water, Air, and Soil Pollution, 21(1-4), 105-114.

Dusek, L. (1995). The effect of cadmium on the activity of nitrifying populations in two different grassland soils. *Plant and Soil*. 177: 45-53.

James, O., U. C. Emmanuel. (2011). Comparative studies on the protein and mineral composition of some selected Nigerian vegetables. African Journal of Food Science, 5(1), 5-22.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001). Trace elements in soils and plants. CRC Press. Boca Raton. Florida.

Kashem, M. A., Kawai, S. (2007). Alleviation of cadmium phytotoxicity by magnesium in Japanese mustard spinach. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(3), 246-251.

Lorenz, N., T. Hintemann, T. Kramarewa, A. Katayama, T. Yasuta, P. Marschner, E. Kandeler. (2006). Response of microbial activity and microbial community composition in soils to long-term arsenic and cadmium exposure. Soil Biology and Biochemistry, 38(6), 1430-1437.

Narwal, R. P., Singh, M., Singh, M. (1993). Effect of cadmium and zinc application on quality of maize. *Indian Journal of Plant Physiology*, *36*, 170-170.

Sharma, R. K., Agrawal, M., Marshall, F. (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. Ecotoxicology and Environmental Safety, 66(2), 258-266.

Effect of cadmium pollution on nitrogen, phosphorus and potassium concentrations in four wheat cultivars

Tavakoli[*1], A., Golchin[2], A., Abdollahi[3], S.
[1] Ph.D.Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran
[2] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran
[3] Ph.D. Graduate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract
Wheat crop has always been considered because of its special place in the human diet. Therefore, it is necessary to study the factors affecting the quality and quantity of this plant. Heavy metals are among these influential factors that the study of their effect on plants in areas such as Zanjan province where there are mines of these metals is more important. Based on this research with the aiminvestigate the effect of cadmium contamination levels on nitrogen, phosphorus and potassium concentrations of four wheat cultivars, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design in greenhouse conditions. The treatments included five levels of soil contamination to cadmium (0, 10, 25, 50 and 100, mg/kg soil) fromCadmium sulfatesource [$3Cd(SO_4).8H_2O$] and four wheat cultivars (Zare, Pishgam, Mihan and Uroum) Which were studied in three replications. The results of the analysis of variance showed that the treatments had a significant effect on the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium of wheat plant at a probability level of 1%. The lowest concentration of, phosphorus and potassium was observed at the level of 100 mg/kg of soil. While the lowest nitrogen concentration of wheat plant was measured due to the effect of dilution at the level of 25 mg/kg of soil. Also, the highest concentrations of nitrogen and phosphorus were observed in Pishgam cultivar, and the highest concentration of potassium was observed in Pishgam and Zare cultivars.

Keywords: Zanjan, Heavy metals ,Healthy product.

[*] Corresponding author, Email: atefehtavakoli92@gmail.com

توانایی برخی از خاکهای مازندران در اکسایش گوگرد عنصری و اثر آن بر آهن قابل‌جذب خاک

رمضانعلی دهقان[1*] و مهرداد شهابیان[1]

۱- اعضای هیئت‌علمی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

*dehghanramezanali@yahoo.com

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل برخی از خاک‌های مازندران در اکسایش گوگرد عنصری و تأثیر آن بر آهن قابل‌جذب این خاک‌ها انجام شد. بدین منظور ابتدا تعداد ۵۰ نمونه خاک زراعی از مناطق مختلف استان مازندران از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد و برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و غلظت آهن قابل‌جذب تعیین شد. سپس آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با منظور کردن دو تیمار ۰ و ۰/۵ درصد گوگرد عنصری و با ۴ تکرار اجرا شد بدین منظور تمام نمونه خاک‌ها تا حد F.Cمرطوب و به دو قسمت تقسیم شدند. یک قسمت بدون گوگرد و قسمت دیگر پس از افزودن ۰/۵ درصد گوگرد در گلدان‌های ۲ کیلوگرمی ریخته شده و به مدت ۲ ماه در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند.پس از پایان مرحله انکوباسیون در آن‌ها مقدار گوگرد اکسیدشده (سولفات) به روش گراویمتری و میزان آهن قابل‌جذب اندازه‌گیری گردید تا میزان گوگرد اکسیدشده و آهن آزادشده در خاک‌ها در اثر اکسایش گوگرد به دست آید. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون t-student نشان داد که آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار گوگرد اختلاف معنی‌دار دارند. دامنه تغییرات آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار با گوگرد به ترتیب برابر با ۸۲-۳ و ۳۵۱-۳میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان‌دهنده افزایش آهن قابل‌جذب بعد از استفاده از گوگرد در خاک‌های مختلف استان مازندران می‌باشد.

واژگان کلیدی: آهن قابل‌جذب، اکسایش گوگرد، مازندران

مقدمه

تولید محصول در خاک‌های آهکی، همواره با مشکلات متعددی همراه است که بخش اصلی این مشکلات به غلظت زیاد یون کلسیم و بالا بودنpH خاک مربوط می‌گردد. در این خاک‌ها عناصر غذایی که قابلیت جذب آن‌ها وابسته به pH است (مانند Fe، Zn، Mn و P) به‌صورت ترکیب‌های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاهان درمی‌آیند. (Heidarzadehو همکاران، ۲۰۱۲). بالا بودن میزان آهک خاک‌های ایران و فراوانی گوگرد در مملکت، مصرف این ماده در خاک باعث اصلاح خواص خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد. اکسایش گوگرد باعث کاهش pHمحیط ریشه شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم مؤثر بر اکسیداسیون گوگرد هستند و اثر درجه حرارت بیشتر از رطوبت است (Janzen و Bettany ، ۱۹۸۷). مصرف گوگرد و تولید اسیدسولفوریک حاصل از اکسایش آن، باعث کاهش pHخاک و افزایش تأمین سولفات، فسفر و عناصر کم‌مصرف موردنیاز گیاه می‌شود (Ansori و Gholami ، ۲۰۱۵). مصرف 1gS/kg Soil با کاهش pH از ۷/۳ به ۴/۹ مقدار آهن و منگنز قابل‌جذب را افزایش داد (Karimizarchi و همکاران، ۲۰۱۴).تحقیق حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل برخی از خاک‌های مازندران در اکسایش گوگرد عنصری و اثر آن بر آهن قابل‌جذب خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این آزمایش ابتدا تعداد ۲۰ نمونه خاک زراعی از مناطق مختلف استان مازندران از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد در نمونه‌های جمع‌آوری‌شده برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها همانند pH و EC و OC وCEC و بافت و غلظت برخی عناصر غذایی مثل فسفر و آهن قابل‌جذب مطابق روش‌های استاندارد تعیین شد. سپس آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی بامنظور کردن دو تیمار ۰ و ۰/۵ درصد گوگرد عنصری و با ۴ تکرار اجرا شد. بدین منظور تمام نمونه خاک‌ها تا حدF.C مرطوب و به دو قسمت تقسیم شدند. یک قسمت بدون گوگرد و قسمت دیگر پس از افزودن ۰/۵ درصد گوگرد در گلدان‌های ۲ کیلوگرمی ریخته شده و به مدت ۲ ماه در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند.پس از پایان مرحله انکوباسیون نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و در آن‌ها مقدار گوگرد اکسیدشده (سولفات) به روش گراویمتری اندازه‌گیری گردید. پس از مشخص شدن مقادیر یادشده حداکثر پتانسیل اکسایش گوگرد در خاک‌های استان تعیین گردید. همچنین مقدار آهن قابل‌جذب خاک‌ها اندازه‌گیری گردید تا میزان آزاد شدن آهن در خاک‌ها در اثر اکسایش گوگرد به دست آید. داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های موردمطالعه در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

جدول ۱- برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های موردمطالعه

شماره نمونه	pH	EC (dS/m)	O.C (٪)	T. N. V (٪)	P p.p.m	C.E.C (cmol+/kg)	بافت
۱	۷/۸	۰/۳	۱/۶	۸	۳۱	۲۲	S-C-L
۲	۷/۷	۰/۶	۱/۲	۲	۲۵	۲۵	L
۳	۷/۹	۰/۴	۱/۲	۴	۴۹	۲۴	S-L
۴	۸/۰	۰/۹	۱/۱	۱۸	۲۷	۳۹	S-L
۵	۸/۰	۰/۶	۱/۲	۵	۲۳	۳۱	S-C-L
۶	۷/۸	۰/۸	۱/۱	۶	۳۵	۳۰	S-C-L
۷	۷/۹	۰/۸	۱/۵	۲	۳۳	۲۵	SCL-SL
۸	۷/۸	۰/۵	۱/۵	۱۴	۴۷	۲۵	L
۹	۸/۰	۰/۶	۱/۳	۲۰	۱۵	۱۸	S-L
۱۰	۸/۰	۰/۶	۱/۶	۱۷	۴۳	۲۲	S-C-L
۱۱	۷/۴	۱/۰	۱/۷	۳	۲۳	۱۸	S-L
۱۲	۷/۵	۰/۳	۱/۹	۳	۵	۱۹	C-L
۱۳	۷/۶	۰/۲	۱/۹	۳	۲۴	۱۸	S-C-L
۱۴	۷/۶	۱/۸	۱/۸	۶	۲۱	۲۲	S-C-L
۱۵	۷/۸	۰/۴	۱/۷	۱۲	۴۶	۲۹	S-L
۱۶	۷/۸	۰/۶	۱/۱	۱۵	۱۸	۱۹	SCL-CL
۱۷	۸/۱	۰/۶	۱/۶	۳۶	۵	۲۲	SL-L
۱۸	۸/۲	۰/۷	۱/۱	۳۲	۱۰	۲۹	L
۱۹	۸/۲	۰/۷	۱/۰	۳۴	۱۲	۱۲	SL-L
۲۰	۷/۵	۱/۷	۳/۴	۲۸	۱۲	۳۴	S-C-L

کربن آلی خاک‌های مطالعه شده بین ۱/۰ تا ۳/۴ درصد، EC بین ۰/۲ تا ۱/۸ (dS/m)، pH بین ۷/۴ تا ۸/۲ ، T. N. Vبین ۲ تا ۳۶ درصد، فسفر بین۵ تا ۴۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، و C.E.C بین ۱۲ تا ۳۹ (cmol+/kg) قرار دارد.

میزان سولفات اندازه‌گیری شده خاک‌های موردمطالعه در تیمارهای بدون اضافه کردن گوگرد و اضافه کردن ۰/۵ درصد گوگرد عنصری در جدول شماره ۲ نشان داده‌شده است. بر مبنای جدول شماره ۲ مقدار میانگین آماری سولفات در تیمارهای بدون گوگرد بین حداقل ۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک شماره ۱۶ تا حداکثر ۲۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک شماره ۴ قرار دارد. در تیمارهای ۰/۵ درصد گوگرد مقدار میانگین آماری سولفات بین حداقل ۳۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک شماره ۱۰ تا حداکثر ۹۹۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک شماره ۳ قرار داشت.

جدول ۲- نتایج تجزیه میانگین تیمارهای ۰/۵ درصد گوگرد و بدون گوگرد در خاک‌های موردمطالعه

شماره نمونه	میزان سولفات در تیمار بدون گوگرد(mg/kg)	میزان سولفات در تیمار ۰/۵ درصد گوگرد(mg/kg)
۱	۶۴	۴۷۶
۲	۸۹	۴۹۵
۳	۶۸	۹۹۶
۴	۲۱۵	۵۳۸
۵	۵۳	۵۵۰
۶	۵۷	۴۷۲
۷	۱۸۴	۴۸۱
۸	۶۹	۵۵۱
۹	۴۹	۵۱۲
۱۰	۶۶	۳۴۱
۱۱	۵۳	۹۰۹
۱۲	۱۱۲	۴۵۹
۱۳	۷۲	۴۴۵
۱۴	۵۱	۵۲۸
۱۵	۴۸	۷۳۰
۱۶	۴۲	۷۰۸
۱۷	۱۰۸	۶۵۲
۱۸	۴۸	۴۹۹
۱۹	۴۸	۷۷۸
۲۰	۱۰۶	۳۸۷
میانگین	۸۰	۵۷۵

قبل از تیمار کردن خاک با گوگرد ، آهن قابل‌جذب خاک دارای میانگین ۲۳/۸۴±۲/۳۶ و واریانس ۲۷۸/۵۸۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که این مقادیر پس از تیمار با گوگرد به میزان ۳۴/۸۸±۷/۳۱۱(میانگین) و ۲۶۷۲/۸۰۲ (واریانس) افزایش یافت(جدول۳).

جدول ۳- مقادیر میانگین و پراکندگی آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار با گوگرد

شاخص‌ها	Fe(mg.kg-1)	
	قبل از تیمار با گوگرد	بعد از تیمار با گوگرد
میانگین	۲۳/۸۴±۲/۳۶	۳۴/۸۸±۷/۳۱۱
میانه	۱۹	۲۴
انحراف معیار	۱۶/۶۹۱	۵۱/۶۹۹
واریانس	۲۷۸/۵۸۶	۲۶۷۲/۸۰۲
دامنه تغییرات	۷۹	۳۴۸
حداقل	۳	۳
حداکثر	۸۲	۳۵۱

مقایسه میانگین با استفاده از آزمون t-student نشان داد که آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار گوگرد اختلاف معنی‌دار دارند(جدول۴).دامنه تغییرات آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار با گوگرد به ترتیب برابر با ۸۲-۳ و ۳۵۱-۳میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان‌دهنده وجود پراکندگی بیشتر آهن قابل‌جذب بعد از استفاده از گوگرد در خاک‌های مختلف استان مازندران می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار با گوگرد

دامنه اطمینان ۹۹ درصد	T محاسبه‌شده	همبستگی	مقایسه
-۲۸./۲۴۷-۶/۱۶۷	-۱/۷۱۹ ns	۰/۵۱۶**	آهن قابل‌جذب قبل و بعد از تیمار با گوگرد

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که آهن قابل‌جذب خاک‌های موردمطالعه قبل و بعد از تیمار گوگرد اختلاف معنی‌دار دارند. دامنه تغییرات آهن قابل‌جذب خاک قبل و بعد از تیمار با گوگرد به ترتیب برابر با ۸۲-۳ و ۳۵۱-۳میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان‌دهنده وجود پراکندگی بیشتر آهن قابل‌جذب بعد از استفاده از گوگرد در خاک‌های مختلف استان مازندران می‌باشد.

فهرست منابع

۱. منتجبی، نصرت اله،۱۳۹۸،محور مقاله: شیمی خاک- تأثیر شرایط مختلف رطوبتی و حرارتی بر سرعت اکسایش گوگرد و قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک شالیزار،شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

2. Ansori A. and Gholami A.2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with thiobacillus and mycorrhiza on an alkaline soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46, 2111-2126.

3. El-Kholy A., Ali O., El-Sikhry E. and Mohamed A. 2013. Effect of sulphur application on the availability of some nutrients in Egyptian soils. Egyptian Journal of Soil Science, 53(3): 361-377.

4. Heydarnezhad F., Shahinrokhsar P., Shokri Vahed H. and Besharati H. 2012. Influence of elemental sulfur and sulfur oxidizing bacteria on Some nutrient deficiency in calcareous soils. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4-12: 735-739.

5. Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M.Y. and Radziah, O. (2014a). Incorporation and transformations of elemental Sulphur in high pH Soils of Malaysia. International Journal of Soil Science. 9(3): 133-141.

6. Janzen, H., and Bettany, J. 1987a. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil science. 144, 81-89.

The ability of some soils of Mazandaran to oxidize elemental sulfur and its effect on soil available **iron**

Ramezanali Dehghan [1]* and Mehrdad Shahabian[1]

1-Scientific Staff Members of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Abstract

The present study was conducted to investigate the potential of some soils of Mazandaran in the oxidation of elemental sulfur and its effect on the available iron of these soils. For this purpose, first 50 soil samples were taken from different regions of Mazandaran province from a depth of 0 to 30 cm and some of the physical and chemical properties of soils and the concentration of available iron were determined. Then, the pot experiment was performed in a completely randomized design with two treatments of 0 and 0.5% elemental sulfur and with 4 replications. For this purpose, all soil samples were moistened to F.C. and divided into two parts. One part without sulfur and the other part after adding 0.5% of sulfur was poured into 2 kg pots and incubated for 2 months at 28 ° C. After the end of the incubation phase, the amount of oxidized sulfur (sulfate) in them by gravimetric method The amount of available iron was measured to obtain the amount of oxidized sulfur and iron released in the soils due to sulfur oxidation. Comparison of means using t-student test showed that soil available iron before and after sulfur treatment were significantly different. The range of changes of available iron in the soil before and after sulfur treatment was 3-82 and -351 mg / kg, respectively, which indicates an increase in available iron after the use of sulfur in different soils of Mazandaran province.

Keywords: available iron, Mazandaran, sulfur oxidation

اثر آهک در سطوح مختلف کادمیم بر فعالیت‌های آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی خاک

سامراه طهماسی

*کار*شناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان
Sameratahmasi@gmail.com

چکیده

کادمیم یکی از فلزات سنگین است که به خاطر اثرات سمی بالقوه آن بر فعالیت و ترکیب موجودات زنده خاک در چند دهه گذشته بسیار مورد توجه قرار گرفته است. گرچه اثرات بازدارندگی این فلز بر فعالیت میکروبی کاملاً محرز و مشخص است، اما شدت این اثرات به شرایط و وضعیت خاک، بویژه میزان آهک، بستگی دارد. این آزمایش به صورت فاکتوریل ۵×۲ شامل دو فاکتور کادمیم در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و آهک در دو سطح (بدون آهک و با ٪۵ آهک) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا گردید. عکس‌العمل شاخص فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی به تیمارهای کادمیم و آهک طی ۱۰ هفته انکوباسیون مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش کادمیم بر فعالیت این آنزیم‌ها اثر منفی و معنی‌دار داشت. برای این شاخص مورد بررسی، افزودن آهک به خاک سبب شد تا از اثرات منفی و بازدارندگی کادمیم کاسته شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کادمیم با غلظت حتی ۵۰ میلی‌گرم نقش سمی و بازدارنده بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی خاک دارد و افزودن آهک می‌تواند کادمیم را به صورت غیر قابل جذب درآورد و از اثرات بازدارندگی آن تا حدی بکاهد.

کلمات کلیدی: آنزیم فسفاتاز اسیدی، آنزیم فسفاتاز قلیایی، آهک، کادمیم، خاک.

مقدمه

موضوع آلودگی خاک توسط مواد شیمیایی باعث افزایش نگرانی‌هایی در مورد محیط زیست شده است؛ آبشویی مواد به آب‌های زیرزمینی و حرکت این مواد در خاک، مشکلات زیادی را برای آلودگی ماتریکس خاک، محلول خاک و آب زیرزمینی زیر آن به وجود می‌آورد(امامی و همکاران، ۱۳۸۴). در مناطق کشاورزی و زمین‌ها و آب‌های سطحی مجاور آن برخی از مواد شیمیایی را آفت کش‌ها و یا فرآورده‌هایی که از آنها به وجود می‌آیند، تشکیل می‌دهند. تنها در کشور آمریکا تعداد ۱۴۰۰۰ کارخانه صنعتی هر سال ۲۶۵ تن پس مانده زیان آور به صورت فرآورده جنبی تولید می‌کنند که ۸۰ درصد این مواد در محل دفن این پسماندها به زمین برمی‌گردد(الکساندر[1]، ۱۹۹۴). یکی از مؤثرترین فاکتورهای مخرب محیط زیست و اجزای بیوسفر، آلودگی محیطی و به خصوص آلودگی به وسیله‌ی مواد شیمیایی از جمله عناصر سنگین فلزی است. در مزارع کشاورزی، آلودگی فلزات سنگین به خاطر تیمارخاک با پسابهای آلوده و استفاده بی‌رویه کودهای فسفاته حاوی کادمیم یک مساله مشکل‌ساز می‌باشد. دوام بلند مدت بیولوژیکی و باقی ماندن در خاک، سبب انباشته شدن این فلزات در زنجیره غذایی و در نتیجه تأثیرات منفی بالقوه برای سلامتی انسان می‌گردد. هر چند میزان سمی این عناصر در خاک به ندرت مشاهده می‌شود؛ اما فعالیتهای کشاورزی و صنعتی انسان نظیر استخراج معادن، فاضلاب‌های صنعتی واستفاده از کودهای فسفاته (دارای ناخالصی کادمیم) منجر به افزایش روز افزون این عناصر در خاک می‌شوند(علومی و کلانتری، ۱۳۸۲؛ زورنوزا و وازکووز[2]، ۲۰۰۲). در استرالیا و نیوزلند تجمع کادمیم در کلیه و کبد حیوانات چرنده گزارش شده است که آن را برای استفاده انسان نامناسب می‌سازد و روی تولید گوشت برای صادرات خارجی اثرات شدیدی گذاشته است(روبرتس[3] و همکاران، ۱۹۹۴). همچنین تجمع کادمیم در سیب زمینی، گندم و دانه‌های برنج مشکل جدی در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی به وجود آورده است(مورل[4]، ۱۹۹۷). عموماً یکی از راه‌های بهبود محیط زیست و جلوگیری از ورود عناصر سنگین به زنجیره غذایی انسان و دام کم کردن میزان دسترسی و فراهمی این فلزات برای گیاهان و ریز جانداران است. قابلیت دسترسی می‌تواند به وسیله گسترده وسیعی از مواد غیر آلی مانند آهک، ترکیبات فسفات(مانند آپاتیت) و همچنین مواد آلی مانند ترکیبات بیوسالید با کیفیت بالا در خاک کاهش یابد(کی‌ناکس[5] و همکاران، ۲۰۰۰؛ باستیا[6] و همکاران، ۲۰۰۱). برای کنترل بخشندگی فلزات به عنوان مثال کادمیم وارد شده به وسیله کود دهی در یک چراگاه می‌توان قابلیت دسترسی فلزات را از طریق شیمیایی و بیولوژیکی با استفاده از یک گستره وسیع از ترکیبات غیر آلی مانند آهک و ترکیبات فسفر و همچنین ترکیبات آلی مانند بیوسالیدها محدود کرد(باستیا و همکاران، ۲۰۰۱). اگر چه کادمیم با سمیت مخصوص، مسئول تخریب جدی در بیولوژی خاک شناخته شده است، با این حال، عوارض جانبی شدیدی از کادمیم در بیومس میکروبی خاک، رشد میکروبی و فعالیت میکروبی مانند فعالیت آنزیمی فقط زمانی که مقدار کادمیم بالاست، شناسایی شده است(مورنو و همکاران، ۱۹۹۸؛ مورنو و همکاران، ۱۹۹۹؛ دار، ۱۹۹۶) و تأثیر آن بر روی فعالیت آنزیمی نیز به آنزیم مورد مطالعه بستگی دارد. با بررسی خاکهای آلوده مشخص شد که انرژی بیشتری برای سنتز میکروبی در حضور غلظت‌های بالای کادمیم لازم بود که قرار گرفتن در معرض غلظت بالای کادمیم منجر به سوخت و ساز کارآمد کمتر می‌شود که در نتیجه فعالیت آنزیمی کاهش می‌یابد. فعالیت‌های آنزیمی در چرخه عناصر، تجزیه مواد آلی و تغییر شکل انرژی دخالت دارند و می‌توانند به عنوان شاخص عملکرد و کیفیت خاک تلقی شوند(باندیک و دیک، ۱۹۹۹). با توجه به حساسیت آنزیم‌ها به فلزات سنگین، از آن‌ها به عنوان شاخص‌های

1. Alexander
2. Zornoza & vazquez
3. Roberts .
4. Morel
5. Knox .
6. Bstia .

زیستی، جهت سنجش درجه آلودگی خاک به فلزات سنگین استفاده شده است(مورنو و همکاران، ۲۰۰۳؛ گیلر و همکاران، ۱۹۹۸؛ عیوضی و طباطبایی، ۱۹۹۰). عوامل متعددی، حساسیت آنزیمها را نسبت به فلزات سنگین تحت تأثیر قرار می‌دهند. کادمیم به سه طریق باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های خاک می‌شود: تغییر شکل و اختلال در ایجاد کمپلکس آنزیم - سوبسترا، تغییر شکل پروتئین آنزیمی و تأثیر بر ساخت آنزیم در درون موجود زنده. هنگامی که کادمیم به جایگاه فعال آنزیم فسفاتاز قلیایی متصل می‌شود، فعالیت و متابولیسم این آنزیم مختل می‌گردد. لندی و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند کاهش در فعالیت آنزیم دهیدروژناز فقط در غلظت۵۰۰ mg/kg کادمیم رخ می‌دهد در حالی که آنزیمی مانند فسفاتاز اسیدی به غلظت۵۰ mg/kg حساس است. در آزمایشی که روی و همکاران (۲۰۰۴) روی اثر عناصر سمی مختلف بر فعالیت فسفاتاز قلیایی و اسیدی انجام دادند چنین بیان داشتند که کادمیم باعث غیر فعال شدن آنزیم‌ها می‌شود.

مواد و روش‌ها

یک خاک مرتعی واقع در منطقه گدار کبک شهرستان بروجن از استان چهارمحال و بختیاری که دارای مقادیر کمتر از ۵٪ آهک بود، جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. خصوصیات اقلیم منطقه به شکل زیر می‌باشد:

- ✓ میانگین درجه حرارت سالانه^{o}C ۹/۱.
- ✓ بارندگی متوسط سالانه ۱۴۳۳/۹ میلی‌متر.
- ✓ خاک مورد بررسی *Pachic Haploxerolls* طبقه‌بندی شده است.

نمونه‌برداری از خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) به صورت زیگزاک انجام گرفت و یک نمونه مرکب ۲۰ کیلوگرمی از خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد.

جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک مورد استفاده در آزمایش

خصوصیت	خاک
شن (٪)	۱۰
سیلت (٪)	۳۷
رس (٪)	۵۳
بافت	رسی
آهک (٪)	۴/۲۵
pH	۶/۹۵
EC (dSm^{-1})	۰/۳۱
CEC ($cmol\ c^{+}\ kg^{-1}$)	۴۲/۲
N (%)	۰/۱
P ($mg\ kg^{-1}$)	۱۲۰/۸
K ($mg\ kg^{-1}$)	۳۵۰
OC (%)	۰/۵
C/N	۵
کادمیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	۱/۵
کادمیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۱۲

افزودن تیمارهای مختلف به خاک

برای به تعادل رسیدن خاک با کادمیم اضافه شده، حدود ۱۰۰ گرم خاک هوا خشک توزین شد و به داخل قوطی‌های ۷۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. تیمارهای مختلف کادمیم با استفاده از نمک سولفات کادمیم[۷] به صورت محلول به خاک‌ها اضافه شد و یک ماه در آزمایشگاه قرار داده شدند. در هفته سوم تیمارهای ٪۵ آهک[۸] به صورت $Ca(OH)_2$ اعمال گردید. سپس قوطی‌ها جهت انجام آزمایشات بیولوژیکی در انکوباسیون در درجه حرارت ۱± ۲۵ درجه سانتیگراد خوابانده شدند.

اندازه گیری فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی

یک گرم خاک از هر نمونه را در ارلن ۵۰ سی‌سی ریخته و با ۰/۲۵ سی‌سی تولوئن تیمار شد. سپس ۴ میلی‌لیتر محلول اصلاحی *MUB* (*pH*=۶/۵) برای فسفاتاز اسیدی و *pH*=۱۱ برای فسفاتاز قلیایی) و یک میلی‌لیتر محلول پی نیترو فنیل فسفات مربوط به همان *pH* به نمونه‌ها اضافه شد. پس از بستن درپوش ارلن‌ها، آنها به خوبی مخلوط شده و به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در انکوباسیون قرار داده شدند . پس از یک ساعت یک میلی‌لیتر $CaCl_2$ ۰/۵ مولار و ۴ میلی‌لیتر سود ۰/۵ مولار به نمونه‌ها اضافه شد. پس از به هم زدن نمونه‌ها، مخلوط صاف و در محلول صاف شده مقدار جذب پی‌نیتروفنل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۰۰ نانومتر قرائت گردید (طباطبائی و برمنر[۹]، ۱۹۶۹؛ عیوضی و طباطبائی[۱۰]، ۱۹۷۷). پس از اتمام آزمایش‌های بیولوژیکی، pH به روش عصاره ۱:۵ توسط pH متر، EC به روش عصاره ۱:۵ توسط EC سنج و کادمیم کل و کادمیم قابل جذب در تمام نمونه‌ها اندازه‌گیری شد(لیندسی و نورول،۱۹۷۸).

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار statistica انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD[۱۱] استفاده شد. بعضی نمودارها با نرم افزار excel ترسیم شد و جهت بدست آوردن بعضی روابط از نرم افزار SAS و sigmaplot نیز استفاده گردید

اثر آهک در سطوح مختلف کادمیم بر فعالیت‌های آنزیمی خاک

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس کادمیم، آهک و اثرات متقابل آنها بر فعالیت آنزیم ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	ALP Activity	ACP Activity
کادمیم	۴	۸۸***	۲۸۹***
آهک	۱	۶/۸۶*	۱۴۸ ***
کادمیم × آهک	۴	۱۰/۲***	۵۶/۲***

*=p< 0.05، **=p< 0.01، ***= p<0.001 ، n.s غیر معنی دار

ALP Activity، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی؛ ACP Activity، فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی

7. $CdSO_4{,}8/3H_2O$
8. $Ca(OH)_2$
9. Tabatabai and Bermner
10. Eivazi and Tabatabai
11. Least Significant Diference

جدول (۳) نتایج مقایسه میانگین فعالیت آنزیمی

آهک	کادمیم (mgC/kg)	ACP (µgPNPg-1h-1)	ALP (µgPNPg-1h-1)
L-	۰	۲۲/۲ b	۶۱۵/۱۲ b
	۵۰	۱۶/۴ c	۴۸۲ /۱۲ c
	۱۰۰	۹/۳۰ d	۲۹۰/۹۳ d
	۱۵۰	۶/۷۳ e	۹۱/۴۴ e
	۲۰۰	۳/۲۴ f	۴/۹۹ f
+L	۰	۲۵/۶ a	۷۴۸/۱۱ a
	۵۰	۲۰/۶ b	۳۹۰/۶۸ g
	۱۰۰	۱۰/۶ d	۱۴۱/۳۱ h
	۱۵۰	۹/۶۴ d	۱۰۸/۰۶ i
	۲۰۰	۴/۴۰ f	۲۴/۹۴ j

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم های خاک یک شاخص معمول و برجسته برای بیان فعالیت میکروبی و سرعت تغییر واکنش‌های بیوشیمیایی خاک و درنهایت کیفیت آن است، زیرا اولاً با سایر شاخص‌های کیفیت خاک در ارتباط است و ثانیاً سریع‌تر از بقیه خصوصیات خاک اثر تغییرات مدیریتی و اقلیمی را نشان می‌دهد (دیک[12] و همکاران، ۱۹۹۶).

جدول (۲) نشان می‌دهد که اثر کادمیم بر فعالیت دو آنزیم مورد بررسی معنی‌دار بوده است. روی (۲۰۰۴) دریافت که فعالیت آنزیم‌های خاک به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مقایسه با حضور یا عدم حضور عناصر سمی حساس ترند. از جمله این خواص *pH* و درصد کربن آلی خاک است. فرانکبرگر و دیک[13] (۱۹۸۳) ؛ ژیان فردا و بلاک[14] (۱۹۹۴) به این اثرات اشاره کرده‌اند. با توجه به جدول (۳) مقدار فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در سطح با آهک نسبت به تیمار بدون آهک، در هر سطح اعمال شده از کادمیم دارای بیشترین مقدار است و بین این مقادیر نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. علت افزایش فعالیت فسفاتاز قلیایی با کاربرد آهک، افزایش جمعیت میکروبی است چرا که این آنزیم در گیاهان عالی وجود نداشته و فعالیت آن صرفاً وابسته به میکروارگانیسم هاست. به نظر می‌رسد در بررسی انجام شده، *pH* از جمله عوامل مؤثر برفعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی است و افزودن آهک به واسطه افزایش *pH* اثر معنی‌دار و مثبتی بر فعالیت این آنزیم داشته است و از آنجایی که دامنه *pH* بهینه برای فعالیت این آنزیم ۱۱-۸ است، بدیهی است که در این جا می‌توان شاهد افزایش فعالیت این آنزیم با افزایش *pH* بود. مارتینز و طباطبائی (۲۰۰۰) ، عیوضی و طباطبائی (۱۹۹۷)، جاما و طباطبائی (۱۹۹۷) نشان دادند که سنتز، انتشار و پایداری آنزیم‌های فسفاتاز در خاک تا حدود زیادی وابسته به *pH* است به گونه ای که فعالیت آن با *pH* همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته است.

به نظر می‌رسد فعالیت این آنزیم در خاک قلیایی نسبت به فسفاتاز قلیایی به حضور عناصر سنگین بسیار حساس‌تر است. پاسخ متفاوت فسفاتاز اسیدی و قلیایی نسبت به *pH* و آهک‌دهی به خاک تأییدی است بر تحقیقات و یافته‌های دیگر محققان که این دو آنزیم جزء آنزیم‌های ترغیبی هستند که شدت تولید آنها توسط میکروارگانیسم‌ها به ارتوفسفاتها بستگی دارد که خود آنها بسیار از *pH* خاک تأثیر می‌پذیرند (اسکوجینز[15]، ۱۹۷۶). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مندرج در جدول(۲) اثر کادمیم و آهک و نیز اثر متقابل کادمیم و آهک بر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی معنی‌دار گردید($p<۰,۰۰۱$). این در حالی است که با توجه جدول (۳) فعالیت این آنزیم در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفته است. مارتیز (۲۰۰۰) اثر آهک دهی و افزایش *pH* را بر فعالیت ۱۴ آنزیم بررسی کرده و مشاهده

12. Dick
13. Frankerberger and Dick
14. Gianfreda and Bollag
15. Skujins

نمود که افزایش *pH* ناشی از آهک دهی سبب تحریک جمعیت میکروبی و تنوع آن و نهایتاً سبب افزایش فعالیت آنزیمی شده و چرخه مواد غذایی را بسیار تحت تأثیر قرار داده است. از بین ۱۴ آنزیم مورد مطالعه تنها فعالیت فسفاتاز اسیدی با افزایش *pH*، کاهش یافت و نسبت فعالیت این آنزیم به *pH*، ۳۵ - بدست آمد، در حالی که این عدد برای فسفاتاز قلیایی ۹۷ محاسبه شد. همانند فسفاتاز قلیایی، سنتز، انتشار و پایداری فسفاتاز اسیدی در خاک بسیار وابسته به *pH* است و این توسط دیگر محققان نیز به اثبات رسیده است (جاما و طباطبائی، ۱۹۷۸؛ طباطبائی، ۱۹۹۴ ؛ اسکوجینز، ۱۹۷۶؛ مارتیز،۲۰۰۰). نتایج مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهد که تیمارهای غیر آلی خاک (مانند آهک و ترکیبات فسفات و..) در مکان‌های آلوده به فلزات سنگین سبب کاهش مؤثر فراهمی این فلزات برای گیاهان می‌شود. از آن جایی که کاهش تحرک فلزات سنگین در خاک و پایین آوردن جذب گیاهی از روش‌های بسیار مؤثر در برخورد با مسأله آلودگی شیمیایی این فلزات در محیط‌های طبیعی است باید توجه بیشتری را به این امر معطوف داشت؛ با گذشت زمان ممکن است فلزاتی که به فرم غیر قابل دسترس هستند در اثر شکستن پیوندهای ترکیبات با وزن مولکولی بالا و همچنین فرآیند هوادیدگی به فرم قابل دسترس درآیند. سمیت فلزی در خاک‌ها وابسته به مقادیری از فلزات است که برای گیاهان و ریزجانوران قابل جذب هستند. از آن جایی که درصد غالب خاک‌های ایران خاک‌های آهکی می‌باشد به نظر می‌آید که پتانسیل آلودگی زیست محیطی در این خاک‌ها کمتر است و فرم قابل دسترس فلزات درصد کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. به طور کلی اجزای مختلف خاک در حال یک تبادل پویا و دایمی هستند و فهم این روابط اهمیت زیادی در اتخاذ یک شیوه مؤثر در پالایش و کنترل فلزات سنگین در محیط دارد. در واقع در هر دو خاک تیمار شده با آهک و بدون آهک، افزایش سطوح مختلف کادمیم به خاک، فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی را کاهش می‌دهد که این کاهش متناسب با مقدار کادمیم خواهد بود؛ و نیز افزودن آهک به خاک از اثرات منفی کادمیم بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی می‌کاهد.

منابع

۱. امامی، حجت و همکاران. ۱۳۸۴. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، شماره ۲، تابستان.

۲. علومی، ح؛ کلانتری، م.خ. ۱۳۸۲. اثر کادمیوم بر برخی پارامترهای رشد و القاء تنش اکسیداتیو در گیاه کلزا، پایان نامه.

1. Alexander, A. 1994. Biodegradation and Bioremediation. Academic press.
2. Bastia, N.T. Gradwohl, R. Snethen, KL. Schroder, JL. 2001. Chemical immobilisation of lead, zinc and cadmium in smelter-contaminated soils using biosolids and rock phosphate. Journal of Environmental Quality. 30:1222- 1230.
3. Eivazi, F. and M. A. Tabatabai. 1990. Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. Soil Biol Biochem. 22: 891-897.
4. Frankenberger, W. T. Jr. and Tabatabai, M. A. 1991. Factors affecting L-asparaginase activity in soils. Biology and Fertility of Soils., 11: 1–5.
5. Giller, K.E., Witter, E., McGrath, S.P. 1998. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. Soil Biol. Biochem. 30: 1389–1414.
6. Knox, A.S., Seaman, J.C., Mench, M.J., Vangronsveld, J. 2000. Remediation of metal- and radionuclides-contaminated soils by in situ stabilization techniques. In 'Environmental restoration of metals-contaminated soils'. (Ed. IK Iskandar) pp. 21-60. (Lewis Publishers: New York).
7. Landi, L., Renella, G., Moreno, J. L., Falchini, L., Nannipieri, P. 2000. Influence of Cadmium on the metabolic quotient, L-, d- glutamic acid respiration ratio and enzyme activity, microbial biomass ratio under laboratory conditions. Biol. Fertil. Soils. 32: 8-16.
8. Morel, J.L. 1997. Bioavailability of trace elements to terrestrial plants. In: Tarradellas, J., Bitton, G., Rossel, D. (Eds.), Soil Ecotoxicology. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 141– 178.

9. Moreno, J. L., Garcia, C., Landi, L., Falchini, L., Pietramellara, G., Nannipieri, P. 2001. The ecological dose value (ED50) for assessing Cd toxicity on ATP content and DHA and Urease activities of soil. Soil Biol. Biochem. 33: 483-489.
10. Moreno, J.L., C. Garcia and T. Hernandez. 2003. Toxic effect of cadmium and nickel on soil enzymes and the influence of adding sewage sludge. Eur. J. Soil Sci. 54: 377-386.
11. Roberts, A.H.C., Longhurst, R.D., Brown, M.W. 1994. Cadmium status of soils, plant and grazing animals in New Zealand. New Zealand Research Center Juelich, Germany.
12. Zornoza,P, Vazquez, S. 2002. Cadmium stress in nodulated white Lupin: Strategies to avoid toxicity. Plant physiology & Biochemistry, 40: 1003-1009.

Effect of lime at different levels of cadmium on the activities of acid and alkaline phosphatase enzymes in soil

S. Tahmasi
M Sc, Department of of Soil Science, Khuzestan-Azad University of Science and Research, Ahvaz.

Abstract

Cadmium is one of the heavy metals that has received much attention in the last few decades due to its potential toxic effects on the activity and composition of soil organisms. Although the inhibitory effects of this metal on microbial activity are well established, the severity of these effects depends on the condition of the soil, especially the amount of lime. This 5 فا factorial experiment consists of two cadmium factors in five levels (zero, 50, 100, 150 and 200 mg / kg soil) and lime in two levels (without lime and with 5% lime) in the form of a complete design. Randomly performed in three replications in vitro. Reaction index of acidic and alkaline phosphatase enzymes to cadmium and lime treatments during 10 weeks of incubation was evaluated. Based on the results of this experiment, cadmium had a significant negative effect on the activity of these enzymes. For this index, the addition of lime to the soil reduced the negative effects and inhibition of cadmium. The results of the present study showed that cadmium with a concentration of even 50 mg has a toxic and inhibitory role on the activity of acidic and alkaline phosphatase enzymes in soil and the addition of lime can make cadmium unabsorbable and its inhibitory effects to some extent. Reduce.

Keywords: Acid phosphatase enzyme, Alkaline phosphatase enzyme, Lime, Cadmium, Soil.

سینتیک جذب سرب در هیومین، خاک با ماده‌آلی زیاد و خاک با ماده‌آلی کم

نوید امینی فرد[۲]، محسن فرحبخش[۱]

۱- عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران (mfbakhsh@ut.ac)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

چکیده

حضور سرب در محیط و در معرض بودن با آن، خطرات فراوانی برای محیط زیست و انسان ایجاد می‌کند. هیومین به‌عنوان یک جاذب سازگار با محیط زیست برای جذب فلزات سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه، سینتیک جذب سرب توسط هیومین مستخرج از خاک و روند جذب در خاک با ماده آلی زیاد (خاک مورد استفاده برای استخراج هیومین و خاک با ماده آلی کم (حذف ماده آلی همان خاک با سدیم هیپوکلریت) بررسی شد. استخراج هیومین از خاک به‌روش انجمن بین‌المللی مواد هیومیکی انجام شد. از روش‌های FTIR و SEM برای شناسایی گروه‌های عاملی و ویژگی‌های سطحی هیومین استفاده شد. آزمایشات جذب در۳۰ میلی‌لیتر کلسیم کلرید ۰/۰۱ مولار حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سرب در زمان‌های ۳ تا ۲۸۸۰ دقیقه انجام گرفت. نتایج نشان داد هیومین توانایی بالایی در جذب و نگهداری سرب دارد و می‌تواند به سرعت مقدار زیادی از سرب را جذب کند. سینتیک جذب سرب توسط هیومین با معادله مرتبه دوم سازگاری بالایی داشت. روند جذب سرب در خاک با ماده‌آلی زیاد شبیه هیومین بود و با معادله مرتبه دوم قابل پیش‌بینی بود در حالی‌که خاک با ماده‌آلی کم روند متفاوتی داشته و با معادله مرتبه اول سازگاری بهتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: جذب، سرب، سینتیک، معادله مرتبه دوم، هیومین

مقدمه

افزایش فعالیت‌های صنعتی همراه با بهبود کیفیت زندگی منجر به افزایش چشمگیر میزان آلاینده‌ها در محیط زیست و به خطر انداختن محیط‌های آبی و خاکی شده است. فلزات سنگین با توجه به کاربرد زیاد در موارد مختلف، خطر سمیت و عدم تجزیه به صورت شیمیایی یا بیولوژیکی یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های محیط زیست به‌شمار می‌رود (Li Y et al. (2010. جذب فلزات سنگین توسط مواد آلی و اصلاح کننده‌های آلی می‌توانند برای جذب و نگهداری فلزات سنگین در خاک مورد استفاده قرار گیرند. برای ارزیابی تأثیر جذب بر رفتار فلزات سنگین، آگاهی از روند و سرعت جذب این عناصر با زمان حائز اهمیت است .Jacundino et al (2015). هیومین به‌عنوان بخش مهمی از مواد هیومیکی ویژگی‌های قابل توجهی را نشان می‌دهد که از جمله این ویژگی‌ها قابلیت جذب عناصر سنگین در محیط زیست را می‌توان نام برد (2004) .Alvarez-Puebla et al.

هدف از تحقیق حاضر، تعیین روند جذب سرب در هیومین مستخرج از خاک و مقایسه این روند در همان خاک با ماده آلی زیاد و و همان خاک با ماده آلی کم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک مورد نیاز برای استخراج هیومین و بررسی رفتار جذب سرب از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری جنگل خیرود کنار در استان مازندران جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. آنالیز خاک مورد آزمایش شامل pH گل اشباع و EC عصاره اشباع، بافت خاک، درصد رطوبت اشباع، کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی به روش‌های استاندارد انجام شد .Sparks D.L. et al (2006).

برای استخراج هیومین از خاک، به ۱۲۰۰ گرم خاک عبور داده شده از الک دو میلی‌متری با نسبت یک به ده با سود ۰/۱ مولار مخلوط شد و به مدت ۲۴ ساعت در ۱۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد. سپس نمونه سانتریفیوژ و محلول رویی دور ریخته شد. این عمل تا ثابت شدن رنگ محلول رویی ادامه داده شد (۱۵ تا ۱۷ مرحله). طی این مراحل، فولویک اسید و هیومیک اسید خاک حذف شد. برای حذف بخش معدنی، نمونه با نسبت یک به ده با اسید کلریدریک ۱ مولار و اسید فلوئوریدریک ۳ مولار همانند مرحله قبل تا ثابت شدن وزن نمونه شستشو شد (۸ مرحله). در مرحله بعد، خاک با نسبت یک به ده با آب مقطر تا زمانی که محلول رویی پس از سانتریفیوژ با نیترات نقره واکنش ندهد شستشو شد (۸ مرحله). در انتها نمونه پس از تنظیم pH محلول در وضعیت خنثی در دستگاه فریزدرایر خشک شد Jesus, A. M. D. et al.(2011).

برای انجام آزمایش جذب، غلظت ۲ میلی‌گرم هیومین مستخرج از خاک استفاده شد و ۳۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر از نمک سرب در محلول زمینه ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم در شیکر رفت و برگشتی با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه در دمای ثابت ۰/۲± ۲۵ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور تکان داده شد و پس از گذشت زمان‌های ۰، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۳۶۰، ۷۲۰، ۱۴۴۰و ۲۸۸۰ دقیقه، نمونه‌ها سانتریفیوژ و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ با دستگاه جذب اتمی مدل Avanta p قرائت شد.

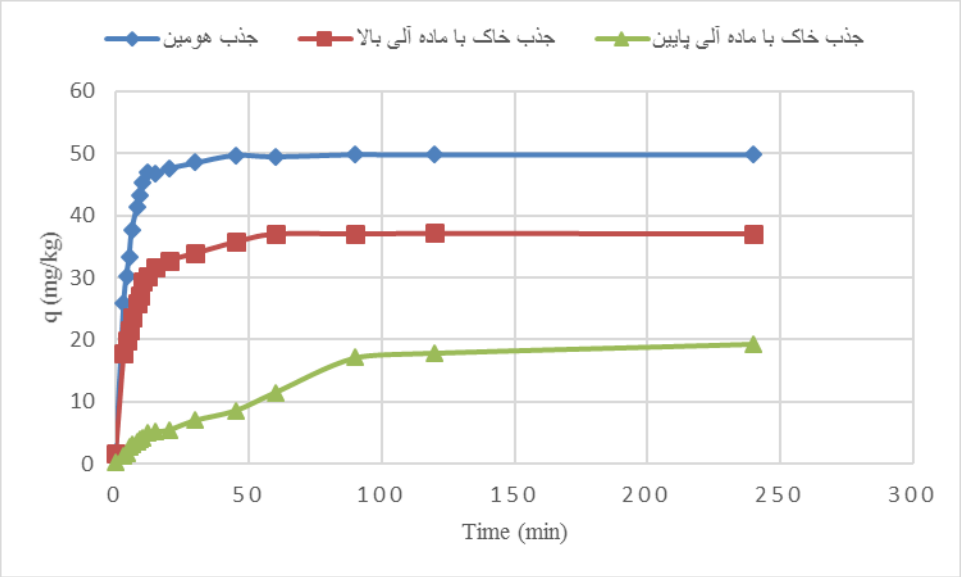
نتایج و بحث

در جدول ۱ مقایسه ضرایب معادلات سینتیکی جذب سرب در هیومین، خاک با ماده آلی زیاد و خاک با ماده آلی کم نشان داده شده است. نتایج این جدول بیانگر آن است که بیشترین سرعت جذب مربوط به هیومین و کم‌ترین سرعت مربوط به خاک با ماده‌آلی کم است. در مدل الوویچ، کاهش مقدار β یا افزایش α باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود و بیشترین مقدار α مربوط به هیومین و کمترین مقدار آن مربوط به خاک با ماده‌آلی کم است و کمترین مقدار β در هیومین به دست آمد. ضریب a در معادله تابع توانی نیز در هیومین بیشترین مقدار و در خاک با ماده‌آلی کم، کمترین مقدار را نشان داد. مقایسه ضرایب k در معادله مرتبه صفر و مرتبه اول نشان‌دهنده سرعت بیشتر جذب در هیومین نسبت به خاک با ماده‌آلی زیاد و خاک با ماده‌آلی زیاد نسبت به خاک با ماده‌آلی کم است.

جدول ۱- ضرایب معادلات سینتیکی در هیومین، خاک با ماده‌آلی زیاد و خاک با ماده‌آلی کم

	مرتبه صفر	مرتبه اول	مرتبه دوم	پخشیدگی پارابولیکی	الوویچ ساده شده		تابع توانی	
	K_0	K_1	K_2	K_d	α	β	a	b
جذب در هیومین	۰/۲۷۶	۰/۰۴۴	۰/۰۱۹	۳/۸۴	۵۷/۳۶	۰/۱۰۶	۱۰/۳۹	۰/۴۸۶
جذب در خاک با ماده‌آلی زیاد	۰/۱۷۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶	۲/۵۵	۳۱/۶۵	۰/۱۴۹	۸/۰۸	۰/۴۲۲
جذب در خاک با ماده‌آلی کم	۰/۰۵۷	۰/۰۱۱	۰/۰۴۵	۱/۲۲	۱۰/۳۰	۰/۲۵۵	۱/۳۷	۰/۶۷۵

با مقایسه سینتیک جذب سرب در هیومین، خاک با ماده‌آلی زیاد و خاک با ماده آلی کم در شکل ۱ مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار جذب سرب در هیومین و بعد از آن در خاک با ماده‌آلی زیاد و کم‌ترین مقدار جذب در خاک با ماده‌آلی کم اتفاق افتاده است. همچنین روند و شیب نمودارهای جذب سرب در مورد هیومین نشان می‌دهد که شیب ابتدایی نمودار بسیار زیاد و در زمان‌های اولیه پس از گذشت از یک شیب تند تقریباً ثابت شده است که بیانگر سرعت زیاد جذب در هیومین می‌باشد. در خاک با ماده‌آلی زیاد، شیب در ابتدا مقداری ملایم‌تر و کم‌ترین شیب در خاک دارای ماده آلی کم قابل مشاهده است. لذا می‌توان گفت که مقدار و سرعت جذب سرب در خاک با ماده‌آلی زیاد، کم‌تر از هیومین اما بیشتر از خاک با ماده‌آلی کم می‌باشد. همچنین شکل ۱ بیانگر آن است که با کاهش مقدار ماده آلی، شیب نمودار کمتر شده و زمان رسیدن به تعادل افزایش یافته است. لذا می‌توان گفت کم‌ترین مقدار جذب سرب در خاک دارای ماده آلی کم‌تر وجود داشته و واکنش دیرتر به تعادل رسیده است.



شکل ۱- مقایسه سینتیک جذب سرب در هیومین، خاک با ماده‌آلی زیاد و خاک با ماده آلی کم

استراون و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰ در بررسی سینتیک جذب سرب در چند خاک مختلف به این نتیجه رسیدند که توانایی جذب سرب در خاک‌هایی که ماده آلی زیادتری دارند بیشتر بوده و معادله مرتبه دوم بهترین برازش را برای توصیف جذب داشته است. در بررسی سینتیک جذب مس بر هیومیک اسید و هیومین مشخص شد که جذب در هر دو بخش ماده‌آلی از معادله مرتبه دوم پیروی کرده است (Li, Y. et a.l. (2019. چن و همکاران در سال ۲۰۲۰ در بررسی جذب سرب توسط هیومین در حضور و عدم حضور تارتاریک اسید به این نتیجه رسیدند که معادله مرتبه دوم بهترین برازش را بر نتایج داشت.

نتیجه‌گیری

سرب به عنوان یکی از فلزات سنگین در طبیعت وجود دارد و مقادیر آن در خاک روز به روز در حال افزایش است لذا لازم است در ابتدا از ورود این فلز به محیط جلوگیری و در مرحله بعد فلز آزاد شده را محبوس و کنترل کرد. یکی از راه‌های جذب، کنترل و نگهداری فلزات سنگین استفاده از قدرت جذب خاک و ماده‌آلی موجود در خاک می‌باشد. وجود گروه‌های عاملی فراوان موجود در ماده‌آلی خاک، توانایی جذب فلزات سنگین برای خاک را فراهم می‌کند لذا می‌توان به عنوان یک جاذب طبیعی و کم هزینه از آن استفاده کرد. لازمه استفاده از این ماده طبیعی شناسایی آن و شناخت چگونگی عملکرد آن در جذب فلزات می‌باشد. بررسی روند و سینتیک جذب به‌منظور پیش‌بینی بهتر آلودگی خاک به سرب می‌تواند اطلاعات سودمندی در اختیار محققان قراردهد. نتایج این تحقیق نشان داد هیومین به عنوان یکی از اجزای اصلی مواد آلی خاک توانایی بالایی در جذب و نگهداری سرب را دارد و قادر است به سرعت مقدار زیادی از سرب را جذب کند. در بررسی سینتیک جذب سرب توسط هیومین مشاهده شد جذب با معادله مرتبه دوم سازگاری بالایی داشت و این معادله برازش مناسبی بر داده‌های جذب داشت و می‌توان از آن برای توصیف جذب و پیش‌بینی سرعت و روند جذب سرب توسط هیومین استفاده کرد. نتایج همچنین نشان داد زمانی که مقدار ماده‌آلی در خاک زیاد باشد خاک رفتاری مشابه هیومین از خود نشان داد و سرعت جذب در خاکی که مقدار ماده آلی بیشتری دارد نسبت به خاک دارای مقدار کم-تر ماده‌آلی، بیشتر است. همچنین روند جذب در خاک با ماده‌آلی زیاد شبیه هیومین بوده و با معادله مرتبه دوم قابل پیش بینی بود در حالی‌که خاک با ماده‌آلی کم روند متفاوتی داشته و با معادله مرتبه اول سازگاری بهتری داشت.

در نهایت می‌توان گفت که سرعت جذب در هیومین بیشتر از خاک با ماده‌آلی زیاد و در خاک با ماده‌آلی زیاد بیشتر از خاک با ماده‌آلی کم بود و فرآیند جذب سرب توسط هیومین استخراج شده از خاک واکنشی سریع بود.

Abstract

Kinetics of lead adsorption in humin and Soil with high and low organic matter content

Aminifard[2], N., Farahbakhsh[1], M.

[2] M. Sc. Student, Soil Science Department, University of Tehran, Iran
[1] Associate Prof., Soil Science Department, University of Tehran, Iran

Exposure to lead may pose health risk to environment and human. Understanding the interactions of humic substances with metal ions is of great importance in forecasting the behaviors and fates of trace metals in the environmen. Humin could serve as an environmentally compatible sorption matter for heavy metals in soil. In this study, the kinetics of adsorption of lead by humin extracted from soil and comparing this process in soil with high organic matter (soil used to extract humin) and soil with low organic matter (removal of the same organic matter with sodium hypochlorite) were investigated. To study the adsorption kinetics of lead, humin was extracted from soil with high organic matter by the IHSS procedures. For this purpose, adsorption tests were performed in 30 ml of 0.01 M calcium chloride containing 100 mg/L of lead in 3 to 2880 minutes. FTIR and SEM methods were used to identify functional groups and superficial characteristics of humin. The results showed that humin has a high ability to adsorb and retain lead and can quickly adsorb large amounts of lead in soil solution. The kinetics of lead adsorbed by humin was highly consistent with the second order model. The adsorb trend in soil with high organic matter was similar to that of humin and was predictable with the second order model, while the soil with low organic matter had a different trend and showed better compatibility with the first order equation.
Key words: adsorption, humin, kinetics, lead, second order

فهرست منابع

Alvarez-Puebla, R. A., Valenzuela-Calahorro, C., & Garrido, J. J. (2004). Modeling the adsorption and precipitation processes of Cu (II) on humin. Journal of colloid and interface science, 277(1), 55-61.
Chen, Y., Yang, Z., Zhang, Q., Fu, D., Chen, P., Li, R., & Liu, G. (2020). Effect of tartaric acid on the adsorption of Pb (II) via humin: Kinetics and mechanism. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 107, 79-88.
Jacundino, J. S., Santos, O. S., Santos, J. C. C., Botero, W. G., Goveia, D., do Carmo, J. B., & de Oliveira, L. C. (2015). Interactions between humin and potentially toxic metals: prospects for its utilization as an environmental repair agent. Journal of Environmental Chemical Engineering, 3(2), 708-715.
Jesus, A. M. D., Romão, L. P. C., Araújo, B. R., Costa, A. S., & Marques, J. J. (2011). Use of humin as an alternative material for adsorption/desorption of reactive dyes. Desalination, 274(1-3), 13-21
Li, C., Yan, A., Xie, X., & Zhang, J. (2019). Adsorption of Cu (II) on soil humin: batch and spectroscopy studies. Environmental Earth Sciences, 78(15), 487.
Li, Y., Yue, Q., & Gao, B. (2010). Adsorption kinetics and desorption of Cu (II) and Zn (II) from aqueous solution onto humic acid. Journal of Hazardous Materials, 178(1-3), 455-461.
Sparks D.L., Page A.L., Helmke P.A., Loeppert R.H., Soltanpour P.N., Tabatabai M.A., & Sumner M.E. (1996). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Madison, WI.
Strawn, D. G., & Sparks, D. L. (2000). Effects of soil organic matter on the kinetics and mechanisms of Pb (II) sorption and desorption in soil. Soil Science Society of America Journal, 64(1), 144-156.

رابطه برخی خصوصیات خاک با اشکال فسفر معدنی خاک در تعدادی از خاکهای آهکی

رمضانعلی دهقان[1*]

۱- عضو هیئت‌علمی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

*dehghanramezanali@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی رابطه خصوصیات خاک با اشکال فسفر معدنی خاک تعداد ۲۰ نمونه از خاکهای آهکی مناطق اصفهان و شهرکرد انتخاب گردید. خاک‌ها به روش دنباله‌ای برای تعیین مقادیر شکل‌های مختلف فسفر معدنی عصاره‌گیری شدند و سپس ارتباط هر یک از اجزای فسفر معدنی با خصوصیات فیزیکی و شیمیای خاک بررسی شد.. آپاتایت، فسفات‌های آلومینیم، اکتاکلسیم فسفات، فسفات‌های آهن ، فسفر محبوس در اکسید های آهن و دی‌کلسیم فسفات به ترتیب با میانگین ۳۸، ۲۲، ۱۷، ۱۳، ۷ و ۳ درصد بیشترین بخش از فسفر معدنی خاک ها را تشکیل دادند. میزان رس خاک‌ها با مقدار آپاتایت موجود در آنها همبستگی مثبت نشان داد. کربنات کلسیم معادل خاک‌ها با هیچ یک از اقسام فسفر موجود در خاک‌ها همبستگی نشان نداد. CEC همانند رس، فقط با آپاتایت همبستگی معنی دار نشان داد.

واژگان کلیدی: شکلهای فسفر، خصوصیات خاک، همبستگی

مقدمه

در خاک‌های آهکی، کمبود فسفر قابل استفاده گیاه به دلیل تبدیل فسفر محلول به ترکیبات کم محلول مانند فسفاتهای کلسیم یکی از مشکلات تغذیه می باشد. آگاهی از شکل‌های فسفر می تواند جهت پیش بینی مقدار فسفر قابل جذب برای گیاهان، مصرف بهینه کود و همچنین پتانسیل آزاد شدن این عنصر به محلول خاک و آبهای سطحی مورد استفاده قرار گیرد(۱۰و۱۸). اساسی‌ترین روشی که تا کنون برای تفکیک اجزای فسفر معدنی و آلی خاک مورد استفاده قرار گرفته، استفاده از عصاره‌گیرهای مختلف شیمیایی جهت جداسازی بخش‌های مختلف فسفر خاک است. این روش ابتدا از سوی چانگ و جکسون(۹) در سال ۱۹۵۷ میلادی به کار گرفته شد. با توجه به اینکه در خاک‌های آهکی کربنات کلسیم اصلی‌ترین عامل جذب سطحی و رسوب فسفر در خاک به شمار می‌آید، جیانگ و گو(۱۲) روش جدیدی را برای عصاره‌گیری دنباله‌ای فسفر از خاک‌های آهکی پیشنهاد نمودند. بر اساس این روش فسفر معدنی در خاک به ۶ گروه اصلی دی‌کلسیم فسفات (Ca_2-P)، اکتاکلسیم فسفات (Ca_8-P)، آپاتایت (Ca_{10}-P)، آلومینیوم فسفات (Al-P)، فسفات‌آهن (Fe-P) و فسفر محبوس (OC-P) تقسیم می‌شود. بررسی شکل های مختلف فسفر در تعیین روابط میان شکل های فسفر خاک با نتایج آزمون های فسفر خاک و نیز ویژگی های فیزیکو شیمیایی خاک حائز اهمیت بوده و یافته های سودمندی در اختیار پژوهندگان گذاشته است . Dakermanji و Bakheit (۱۹۹۳) نشان دادند که بین فسفر و میزان CaCO3 هم بستگی معنی دار وجود ندارد . Ryan و همکاران (۱۹۸۴) دریافتند که میان اکسید های آهن و جذب فسفر رابطه معنی دار برقرار است، در حالیکه CaCO3 هیچ تأثیری بر جذب فسفر نداشته است. در مطالعات Samadi وGilkes (۱۹۹۹) بین فسفر(Olsen-p) و خواص مربوط به رس، مقدار رس، آهن و آلومینیوم قابل استخراج با دی تیونات، آهن قابل استخراج با اگزالات آمونیوم و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در مورد ۱۴ خاک آهکی همبستگی منفی بدست آمد . لیکن در مورد کربنات کلسیم فعال این همبستگی مثبت بود. تحقیق حاضر به منظور بررسی رابطه خصوصیات خاک با اشکال فسفر معدنی در تعدادی از خاکهای آهکی مناطق اصفهان و شهرکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت فسفر و تعیین شکل‌های مختلف فسفر معدنی در برخی خاکهای آهکی نمونه خاک آهکی از منطقه بابل انتخاب و نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت. نمونه‌های برداشت شده در هوای آزاد خشک و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به شرح زیر اندازه‌گیری شدند. pH نمونه‌های خاک در سوسپانسیون ۱:۲/۵ خاک به آب به‌وسیله pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع ، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک ۲ نرمال، و درصد کربن آلی خاک به وسیله روش اکسایش تر تعیین گردیدند.

از روش جیانگ و گو(۱۹۸۹) جهت جداسازی اجزای مختلف شیمیایی فسفر معدنی استفاده شد. بدین منظور عصاره گیری متوالی نمونه‌ها به ترتیب با: ۱) ۰/۲۵ مولار بی‌کربنات سدیم در پ ـ هاش ۷/۵ برای استخراج دی کلسیم فسفات (Ca_2-P) ، ۲) ۰/۵ مولار استات آمونیوم برای استخراج اکتا کلسیم فسفات (Ca_8-P)، ۳) ۰/۵ مولار آمونیوم فلوراید برای استخراج فسفاتهای آلومینیوم (Al-P)، ۴) ۰/۱ مولار سود و کربنات سدیم برای عصاره گیری فسفاتهای آهن(Fe-P) ، ۵) سیترات ـ دیتیونایت ـ بی کربنات (CDB) برای استخراج فسفر محبوس شده در اکسیدهای آهن (OC-P) و ۶) ۰/۵ مولار اسید سولفوریک برای استخراج فسفر به شکل آپاتایت (Ca_{10}-P) انجام گرفت. غلظت فسفر عصاره‌ها از روش رنگ‌سنجی آبی مولیبدات اندازه‌گیری شد. در نهایت ارتباط میان خصوصیات خاک با اشکال فسفر معدنی خاک از طریق آزمون همبستگی مورد سنجش قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج و بحث

مقدار رس خاک‌ها از ۹/۶ تا ۳۱/۸ درصد، کربنات کلسیم معادل از ۲۶ تا ۴۱ درصد، هدایت الکتریکی اشباع از ۰/۷ تا ۵/۶ dS/m ، ظرفیت تبادل کاتیونی از ۴/۰ تا ۴۰/۹ ($cmol^+/kg$) و pH خاک‌ها از ۷/۴ تا ۸ متغیر بود. میزان حداقل و حدکثر و میانگین اجزای فسفر استخراج شده معدنی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- دامنه غلظت شکل های معدنی فسفر در خاک‌های مورد مطالعه(mg/kg)

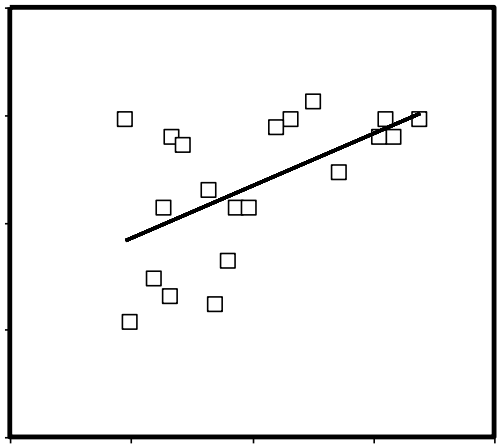
نوع فسفر معدنی	Ca 2 - P	Ca 8 - P	Al - P	Fe - P	OC - P	Ca 10 - P
حداقل	۲	۵۲	۷۸	۳۹	۲۰	۱۰۶
حداکثر	۵۰	۱۷۹	۱۸۱	۱۵۹	۱۰۲	۳۱۲
میانگین	۱۵	۱۰۶	۱۳۳	۷۹	۴۴	۲۳۴

به منظور ارزیابی اثرات خصوصیات خاک بر فسفر موجود در خاک‌ها، بستگی اشکال مختلف فسفر با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به‌وسیله تجزیه آماری همبستگی مورد آزمون قرار گرفت.

میزان رس

با افزایش میزان رس بر مقدار CEC خاک‌ها نیز افزوده شده است. از میان اشکال مختلف فسفر موجود در خاک‌ها تنها، آپاتایت (Ca_{10}-P) با مقدار رس خاک‌ها همبستگی مثبت آماری نشان داد (شکل ۱)و ارتباطی میان سایر اشکال فسفر با مقدار رس خاک‌ها مشاهده نشد.

شکل۱- رابطه بین آپاتایت ودرصد رس



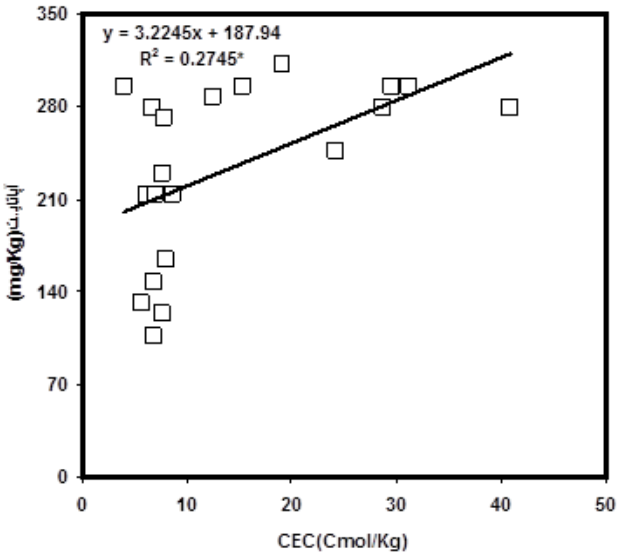
کربنات کلسیم ($CaCO_3$)

هیچ یک از اشکال مختلف فسفر با کربنات کلسیم معادل در خاک‌ها همبستگی نشان ندادند .احتمالا بالا بودن میزان آهک در تمامی خاک‌های مورد مطالعه و نزدیک بودن مقدار آهک آن‌ها به یکدیگر، باعث عدم همبستگی آهک با اشکال مختلف فسفر شده است.

CEC

همبستگی آماری بالا ومثبت آماری میان CEC ومقدار رس در خاک‌ها وجود داشت. به دلیل فقر ماده آلی به نظر می رسد بخش عمده ای از CEC خاک‌ها از رس‌های آن ایجاد شده است. از میان اجزاء فسفر خاک، آپاتایت با مقدار CEC در خاک‌ها همبستگی نشان داد (شکل۲).

شکل۲- رابطه بین آپاتایت و CEC



ماده آلی

مقدار ماده آلی خاک‌ها با هیچ یک از اجزای فسفر معدنی خاکها همبستگی نداشت.

pH

بین pH و میزان $CaCO_3$ خاک‌ها یک همبستگی مثبت آماری برقرار بود ولی هیچ یک از اجزای فسفر با pH خاکها همبستگی آماری نشان ندادند.

نتیجه گیری

میزان آهک در خاک‌ها با هیچ یک از اجزاء فسفر همبستگی نداشت. رس و CEC با میزان آپاتایت موجود در خاک‌ها همبستگی معنی دار نشان دادند.

فهرست منابع

1.Bakhieit-Said, M. and A. Dakermanji. 1993 Phosphate adsorption and desorption by calcareous soils of Syria. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 197-210.
2.Chang, S. C. and M. L. Jackson, 1957. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. 84:133-144.
3.Jiang, B. and Y. Gu, 1989. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soil. Fer. Res. 20: 150-165.
4.Ryan, J. and M. A. Chema, 1984. significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 47-76.
5.Samadi, A. and R. J. Gilkes, 1999. Phosphorus transformation and their relationships with calcareous soil properties of south western Australia. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 809-815.

Relationship of some soil properties with soil mineral phosphorus forms in a number of calcareous soils

Ramezanali Dehghan [1]*

1-Scientific Staff Member of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Abstract

To examine the relationship between soil properties with soil phosphorus inorganic forms of calcareous soil, samples from 20 locations in Isfahan and Shahre-kord were selected. Soils were extracted with sequential method for determine different forms of inorganic phosphorus and then connect any component of physical and chemical properties of soil inorganic P were evaluated. Apatite, aluminum phosphate, octacalcium phosphate, iron phosphate, iron oxides phosphorus, and di-calcium phosphate confined with mean 38, 22, 17, 13, 7 and 3% most of the soil inorganic phosphorus are formed. The clay soil showed a positive correlation with the amount of apatite in them. CCE soil phosphorus in soils with any of a wide correlation was found. CEC as clay, showed a significant correlation with apatite.

Key words: phosphorus forms, soil properties, correlation

هیدروکسید مضاعف لایه‌ای: ماتریکسی برای جذب و واجذب B در محلول خاک

حدیث حاتمی[۱]، حسین پرویزی[۲]، امیر پرنیان[۳]

۱- استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران (h.hatami@areeo.ac.ir)

۲- استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۳- استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

چکیده

جذب بُر (B) از محیط‌های حاوی غلظت بالای آن و استفاده از آن در محیط‌های نیازمند به B می‌تواند گامی هوشمندانه در مدیریت منابع باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر Zn-Al LDH بر جذب B و واجذب آن در محیط شبیه‌سازی شده محلول خاک و همچنین تحت تاثیر اسیدهای آلی انجام شد. برای این منظور ابتدا هم‌دماهای جذب B برای Zn-Al LDH در محلول ۳۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم که حاوی غلظت‌های ۰/۲۵ تا ۱۰ میلی‌مولار B بود اندازه‌گیری و داده‌ها توسط مدل‌های لانگ‌مویر و فرندلیچ برازش شد. سپس واجذب B تحت تاثیر محلول‌های ۳۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم، ۱/۲۵ میلی‌مولار اسید سیتریک و اسید اگزالیک اندازه‌گیری گردید. نتایج هم‌دماهای جذب حاکی از برازش خوب داده‌ها با مدل فرندلیچ بود که می‌تواند بیانگر وقوع مکانیسم تبادل یونی در جذب B باشد. حداکثر جذب B توسط Zn-Al LDH برابر با ۰/۴۰ میلی‌مول بر گرم تعیین شد. نتایج ۵ چرخه واجذب نشان داد که تحت تاثیر نیترات پتاسیم، اسید اگزالیک و اسید سیتریک به‌ترتیب ۳۰/۸، ۴۱/۲ و ۴۶/۲ درصد از B واجذب گردید. جذب قابل قبول B توسط Zn-Al LDH و از طرف دیگر واجذب شدن حدود ۵۰-۳۰ درصد آن پیشنهاد می‌دهد که این ترکیب احتمالا پتانسیل کاربرد به عنوان کود B در محیط خاک را علاوه‌بر کاهش‌دهنده غلظت B در محیط‌های داراست.

واژگان کلیدی: هیدروکسید مضاعف لایه‌ای، بر، هم‌دماهای جذب و واجذب

مقدمه

بر (B) به‌عنوان یکی از عناصر غذایی کم‌مصرف مورد نیاز گیاه نقش اساسی و مهمی در رشد و نمو گیاهان و سایر موجودات زنده دارد اما با توجه به کوچک بودن محدوده کمبود و سمیت این عنصر، همواره نگرانی‌هایی درباره مقادیر بالای غلظت آن در محلول خاک و در نتیجه بروز مشکلاتی در رشد و نمو گیاهان و سایر موجودات وجود دارد (Cao, Y. and Guo, 2013). از این رو تلاش‌های زیادی در جهت یافتن روش‌هایی برای حذف و یا کاهش غلظت B در محیط‌های حاوی غلظت بالای این عنصر انجام شده است. یکی از ترکیبات سنتزی جدید که در سال‌های اخیر برای جذب آنیون B در محیط‌های آبی مورد مطالعه قرار گرفته است هیدروکسیدهای مضاعف لایه‌ای یا به اختصار LDHs[۱] می‌باشند. LDHs گروهی از ترکیبات غیرسیلیکاتی دارای صفحات شبه بروسایت با بار مثبت هستند که در آن کاتیون دو ظرفیتی در هشت وجهی به‌وسیله گروه‌های هیدروکسیل هم‌آرایی شده است. بار مثبت ایجاد شده با ورود آنیون بین‌لایه‌ای خنثی می‌گردد (Goh et al., 2008). فرمول عمومی LDHs به‌صورت زیر می‌باشند:

$$[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_{x}(OH)_2]^{x+}\left[A^{n-}_{x/n}\right]^{x-}.zH_2O$$

در این فرمول، M^{2+} و M^{3+} به‌ترتیب بیانگر کاتیون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی می‌باشند و A^{n-} آنیون بین لایه‌ای با n بار منفی است. x، نیز عبارتست از نسبت $M^{3+}/(M^{2+}+M^{3+})$.

[۱] Layered Double Hydroxides

در اکثر مطالعات انجام شده از LDHs به عنوان جاذب در محیط آبی استفاده شده است (Ferreira et al., 2006؛ Ay et al., 2011؛ Qiu et al., 2015)، درصورتی‌که برخی مطالعات حاکی از رهاسازی آهسته آنیون بین لایه‌ای LDHs (مانند نیترات و فسفات) و در نتیجه امکان کاربرد آن‌ها به‌عنوان کود کندرهاست (Berber et al., 2014; Hatami et al., 2018). در مورد عنصر B جذب آن در محیط‌های حاوی غلظت بالای این عنصر و سپس استفاده از آن در محیط‌های نیازمند به B می‌تواند گامی هوشمندانه در مدیریت منابع محسوب شود. در اکثر مطالعات، بررسی جذب و واجذب توسط LDHs در شرایط محیط آبی انجام می‌شود در حالی‌که در شرایط واقعی خاک، پایداری LDHs ممکن است به دلیل عواملی مثل قدرت یونی محلول خاک و اسیدهای آلی (تولید شده توسط میکروارگانیسم‌های خاک و یا ترشحات ریشه) تحت تاثیر قرار گیرد. بنابراین، ضروری است که مطالعات مربوط به جذب و واجذب این عنصر در شرایط محلول خاک و یا حداقل در شرایط شبیه‌سازی شده با محلول خاک صورت گیرد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر Zn-Al LDH در جذب B از محیط شبیه‌سازی شده محلول خاک و واجذب آن در این محیط و همچنین تحت تاثیر اسید اگزالیک و اسید سیتریک انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا Zn-Al LDH با نسبت کاتیون دو به سه ظرفیتی ۲:۱ با روش هیدرولیز اوره سنتز شد (Inayat et al., 2011). به منظور تعیین هم‌دماهای جذب B، در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به ۱۰۰ میلی‌گرم از Zn-Al LDH، ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۳۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم (معادل با قدرت یونی محلول خاک) با pH = ۷ که حاوی غلظت‌های ۰/۲۵ تا ۱۰ میلی‌مولار B از منبع H_3BO_3 بود افزوده شد و غلظت B باقی‌مانده در نمونه‌ها پس از ۲۴۰ دقیقه تکان دادن توسط روش آزومتین H (López et al., 1993) اندازه‌گیری گردید. داده‌های به دست آمده برای هم‌دماهای جذب توسط مدل‌های لانگ‌مویر و فرندلیچ (جدول ۱) برازش داده شدند. سپس برای بررسی واجذب از محلول با غلظت اولیه ۱۰ میلی‌مولار B و سه محلول زمینه نیترات پتاسیم ۳۰ میلی‌مولار، اسید اگزالیک ۱/۲۵ میلی‌مولار و اسید سیتریک ۱/۲۵ میلی‌مولار (به عنوان دو اسید آلی غالب در) استفاده شد. به این صورت که بعد از جذب B از محلول ۱۰ میلی‌مولار، ۱۵ میلی‌لیتر از محلول رویی آن به کمک سانتریفوژ خارج و به جای آن ۱۵ میلی‌لیتر محلول ۳۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم به نمونه اضافه شد. این نمونه مجددا تکان داده شد و سانتریفوژ گردید. مراحل سانتریفوژ و جایگزینی با نیترات پتاسیم در مجموع ۴ مرتبه انجام شد و در هر چرخه غلظت B جذب شده و تعادلی تعیین گردید. مراحل فوق برای اسید اگزالیک و اسید سیتریک نیز به صورت مشابه و جداگانه تکرار شد.

نتایج و بحث

هم‌دماهای جذب توصیف‌کننده مقدار جذب یک ماده توسط یک جاذب در دمای ثابت هستند. در پژوهش حاضر نتایج نشان داد که مقدار جذب B با افزایش غلظت از ۰/۲۵ تا ۱۰ میلی‌مولار افزایش یافت و به ۰/۳۹ میلی‌مول بر گرم رسید که حاکی از ظرفیت قابل قبول این ترکیب در جذب B است (شکل ۱). نتایج برازش داده‌های جذب B با مدل‌های لانگ‌مویر و فرندلیچ در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر بالای R^2 و پایین RMSE نشان‌دهنده برازش خوب داده‌های جذب با معادله فرندلیچ بود (جدول ۱). گزارش‌های مشابهی در این زمینه توسط Guo et al. (2013) و Delazare et al. (2014) ارائه شده است. با توجه به این‌که مدل فرندلیچ بیانگر جذب در سطوح ناهمگن و یا چند لایه است (Guo et al., 2013) لذا به نظر می‌رسد که مکانیسم اصلی جذب B توسط LDH مورد مطالعه تبادل یونی بوده است. علاوه‌براین، ضریب 1/n در مدل فرندلیچ که نشان‌دهنده قدرت جذب است برابر با ۰/۳۹ برآورد شد (جدول ۱) که با توجه به قرار گرفتن این ضریب در محدوده $0 < 1/n < 1$، بیانگر شرایط مطلوب فرآیند جذب است (Jiang et al., 2007). همچنین، بر

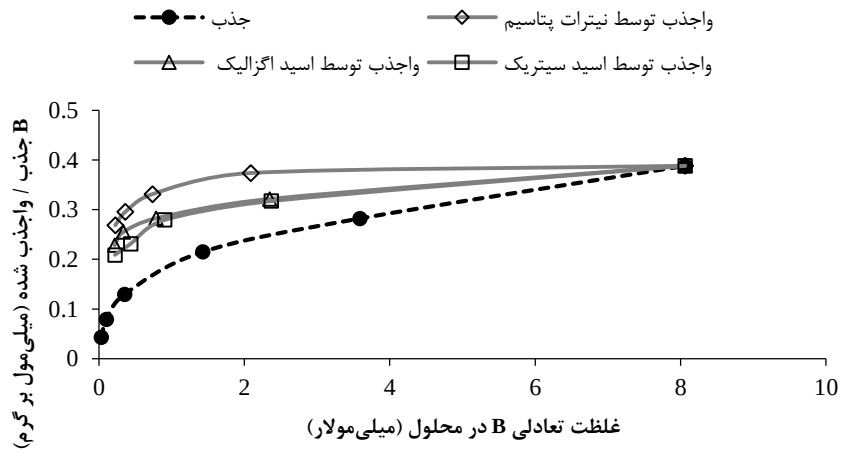
اساس مدل لانگ‌مویر ضریب b که بیانگر حداکثر جذب B توسط Zn-Al LDH می‌باشد برابر با ۰/۴۰ میلی‌مول بر گرم تعیین شد (جدول ۱).

همان‌گونه که قبلا هم اشاره شد به منظور آگاهی از کارایی Zn-Al LDH در رهاسازی B، واجذب آن تحت تاثیر نیترات پتاسیم و اسیدهای آلی بررسی شد. نتایج این بررسی نشان داد که درصد واجذب B تحت تاثیر نیترات پتاسیم ۳۰ میلی‌مولار، اسید اگزالیک ۱/۲۵ میلی‌مولار و اسید سیتریک ۱/۲۵ میلی‌مولار به‌ترتیب ۳۰/۸، ۴۱/۲ و ۴۶/۲ بود (شکل ۱). به عبارت دیگر نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌دهد که با افزودن LDH با آنیون بین لایه‌ای B به خاک، به دلیل مکانیسم‌هایی مثل تبادل یونی و انحلال، امکان واجذب شدن بخشی از B جذب شده به محیط وجود دارد. بیشترین درصد واجذب مربوط به اسیدهای آلی به‌ویژه اسید سیتریک بود که دلیل آن‌را می‌توان به وجود سه گروه کربوکسیل در ترکیب شیمیایی این اسید و تمایل بیشتر به تشکیل کلات با Zn موجود در ساختار LDH و در نتیجه امکان بیشتر انحلال LDH نسبت داد (Shafigh et al., 2019). با توجه به این‌که پس از ۵ چرخه واجذب، همچنان بیش از ۵۰ درصد B در ساختمان Zn-Al LDH واجذب نشده است، بنابراین به نظر می‌رسد که Zn-Al LDH می‌تواند به عنوان یک ترکیب سنتزی جدید با پتانسیل رهاسازی آهسته B از ساختمان خود و منبع تامین‌کننده B مورد نیاز گیاه پیشنهاد گردد.

جدول ۱- معادلات ریاضی و ضرایب مدل‌های لانگ‌مویر و فرندلیچ برای هم‌دماهای جذب B توسط Zn-Al LDH

مدل	معادله ریاضی	ضرایب	R^2	RMSE
لانگ‌مویر	$C_e/q_e = C_e/b + 1/(k_L \times b)$	b = ۰/۴۰ k_L = ۱/۳۱	۰/۹۷	۱/۳۶
فرندلیچ	$\log q_e = \log k_F + 1/n(\log C_e)$	1/n = ۰/۳۹ k_F = ۰/۴۷	۰/۹۹	۰/۰۳

q_e (mmol g^{-1}) و C_e (mmol L^{-1}) به‌ترتیب مقدار ماده جذب شده در واحد جرم جاذب و غلظت تعادلی جذب شونده، k_L ($Lmmol^{-1}$)، k_F ($mmol^{(1-1/n)}$ g^{-1} $L^{1/n}$) و 1/n ثابتهای معادلات، b (mmol g^{-1}) حداکثر مقدار جذب در واحد وزن جاذب (ظرفیت جذب)



شکل ۱- هم‌دماهای جذب و واجذب B تحت تاثیر نیترات پتاسیم ۳۰ میلی‌مولار، اسید اگزالیک ۱/۲۵ میلی‌مولار و اسید سیتریک ۱/۲۵ میلی‌مولار در Zn-Al LDH (pH=۷، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، زمان تکان دادن ۲۴۰ دقیقه)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، داده‌های ایزوترم‌های جذب B توسط Zn-Al LDH با مدل فرندلیچ برازش خوبی نشان داد که حاکی از احتمال وقوع مکانیسم تبادل یونی در فرآیند جذب این عنصر توسط LDH مورد مطالعه دارد. Zn-Al LDH علاوه‌بر این‌که توانست بخش قابل توجهی از B موجود در محیط شبیه‌سازی شده محلول خاک را جذب نماید همچنین نتایج بررسی ۵ چرخه واجذب B در این ترکیب نشان داد که بسته به نوع محلول زمینه (نیترات پتاسیم، اسید اگزالیک و اسید سیتریک) ۳۰/۸ تا ۴۶/۲ درصد از B جذب شده واجذب گردید. بنابراین، با توجه به این‌که حتی در حضور اسیدهای آلی همچنان بیش از ۵۰ درصد B در ساختمان Zn-Al LDH واجذب نشده است به نظر می‌رسد که این ترکیب می‌تواند در کاهش غلظت B و خطرات ناشی از آن در محیط خاک موثر باشد. از طرف دیگر، با توجه به نتایج جذب و واجذب، می‌توان ترکیب Zn-Al LDH را به عنوان منبعی که قادر به تامین B مورد نیاز گیاه باشد پیشنهاد داد لذا، انجام مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری است.

فهرست منابع

1. Ay, A.N., Zümreoglu-Karan, B., Temel, A., Mafra, L. (2011). Layered double hydroxides with interlayer borate anions: A critical evaluation of synthesis methodology and pH-independent orientations in nano-galleries. *Applied Clay Science*, 51, 308–316.

2.Berber, M.R., Hafez, I.H., Minagawa K. (2014). A sustained controlled release formulation of soil nitrogen based on nitrate-layered double hydroxide nanoparticle material. *Journal of Soils and Sediments*, 14, 60-66.

3. Cao, Y. and Guo, Q. (2013). Boron removal from water using takovite: adsorption vs. anion exchange. *Advanced Materials Research*, 781-784, 2150-2156.

4. Delazare, T., Ferreira, L.P., Ribeiro, N.F.P., Souza, M.M.V.M., Campos, J.C., Yokoyama, L. (2014). Removal of boron from oilfield wastewater via adsorption with synthetic layered double hydroxides. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 49, 923–932.

5. Ferreira, O.P., Moraes, S.G., Dura´n, N., Cornejo, L., Alves, O.L. (2006). Evaluation of boron removal from water by hydrotalcite-like compounds. *Chemosphere*, 62, 80–88.

6. Goh, K.H., Lim, T.T., Dong, Z. (2008). Application of layered double hydroxides for removal of oxyanions: a review. *Water Research*, 42, 1343–1368.

7. Guo, Q., Zhang, Y., Cao, Y., Wang, Y., Yan, W. (2013). Boron sorption from aqueous solution by hydrotalcite and its preliminary application in geothermal water deboronation. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 8210–8219.

8. Hatami, H., Forovat, A., Halajnia, A. (2018). Comparison of adsorption and desorption of phosphate on synthesized Zn-Al LDH by two methods in a simulated soil solution. *Applied Clay Science*, 152, 333-341.

9. Inayat, A., Klumpp, M., Schwieger, W. (2011). The urea method for the direct synthesis of ZnAl layered double hydroxides with nitrate as the interlayer anion. *Applied Clay Science*, 51, 452–459.

10. Jiang, J.Q., Xu, Y., Quill, K., Simon, J., Shettle, K. (2007). Laboratory Study of Boron Removal by Mg/Al Double-Layered Hydroxides. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 46, 4577-4583.

11. López, F.J., Gimenez, E., Hernandez, F. (1993). Analytical study on the determination of boron in environmental water samples. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 346, 983-987.

12. Qiu, X., Sasaki, K., Takaki, Y., Hirajima, T., Ideta, K., Miyawaki, J. (2015). Mechanism of boron uptake by hydrocalumite calcined at different temperatures. *Journal of Hazardous Materials*, 287, 268–277.

13. Shafigh, M., Hamidpour, M., Furrer, G. (2019). Zinc release from Zn-Mg-Fe(III)-LDH intercalated with nitrate, phosphate and carbonate: The effects of low molecular weight organic acids. *Applied Clay Science*, 170, 135-142.

Layered double hydroxides: matrices for adsorption and desorption of B in soil solution

Hadis Hatami[1], Hossein Parvizi[2], Amir Parnian[3]

[1]Asistant Professor of National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran (h.hatami@areeo.ac.ir)
[2]Asistant Professor of National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
[3]Asistant Professor of National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

Abstract

Removal of boron (B) from solutions containing high concentration of this element and then use of adsorbed B in an another environment could be a smart step to improve management of resources. This study was conducted to investigate the effect of B concentration on adsorption of B from a simulated soil solution by Zn-Al LDH. Morover, the influence of three background electrolytes (30 mM KNO_3, 1.25 mM oxalic acid and 1.25 mM citric acid) on desorption of B were studied. B adsorption isotherm of the LDH was in agreement with Freundlich model referring to ion exchange mechanisim. The maximum amount of B adsorption by the LDH was 0.40 mmol g^{-1}. After five successive desorption steps, the percentages of B desorption were 30.8, 41.2 and 46.2 for KNO_3, oxalic acid and citric acid, respectively. Therefore, acceptable adsorption capacity along with recyclability (30-50%) of Zn-Al LDH suggests the promise as a sorbent for solution remediation of B as well as source of B for plants.

Keywords: Layered double hydroxide, Boron, Adsorption isotherms, Desorption

حذف نیترات از آب توسط نانو ذره اکسید تنگستن و اکسید نیکل

حبیب اله ساریخانی[1*]، شهریار مهدوی[2]، امین ترنجیان[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

*Habibsari1130@gmail.com

چکیده

آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی حاصل از کشاورزی به نیترات، یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی در بسیاری از مناطق دنیا است. لذا حذف آن از آب برای کاهش آلودگی و جلوگیری از آسیب به حیات و موجودات زنده امری ضروری محسوب می‌شود. استفاده از نانو ذرات به دلیل سطح ویژه بالا، فعالیت شیمیایی و بازده مطلوب می‌تواند از روش‌های کنترل آلودگی نیترات در آب باشد. لذا در این تحقیق حذف نیترات از آب توسط نانو ذره اکسید تنگستن و اکسید نیکل مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام مراحل بهینه سازی آزمایش، محلول نیترات نیتروژنی (NO_3- N) با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ساخته شد. شرایط و عوامل موثر در جذب یا حذف نیترات شامل: زمان، غلظت جاذب و pH بررسی و پس از مشخص شدن میزان بهینه جذب اثرهای مذکور، آزمایش‌های ایزوترم جذب با غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر نیترات با اعمال شرایط بهینه انجام شد. حداکثر ظرفیت جذب اکسید تنگستن و اکسید نیکل به ترتیب ۱۵/۶ میلی‌گرم بر گرم و ۱۶/۷ میلی‌گرم بر گرم جاذب، بر اساس مدل ایزوترم جذب لانگ موير تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی : اکسید تنگستن، اکسید نیکل، ایزوترم، نانو ذره، نیترات

مقدمه

مهم‌ترین منابع ایجاد آلودگی نیترات در آب شامل استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، فاضلاب‌های صنعتی، زباله‌های گندیده، کود حیوانی و نیتروژن حاصل از انتشار اتمسفری است. از جمله عوارض مهم نیترات برای سلامتی انسان تبدیل آن به نیتریت در خون است که باعث می‌شود آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی اکسید شود و این فرم از آهن قادر به رساندن اکسیژن در خون نیست و سبب خطراتی همانند انواع سرطان، سندروم کودکان، و افزایش فشار خون می‌شود (Vilardi and Palma, 2017). لذا حداکثر میزان مجاز نیترات ($N\text{-}NO_3$) در آب آشامیدنی از سوی سازمان بهداشت جهانی و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران زیست ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین شده است (Foglar *et al.*, 2005). تاکنون روش‌های گوناگونی برای کاهش و حذف یون نیترات از منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است که متداول‌ترین روش‌ها عبارتند از: جذب سطحی، اسمز معکوس، دنیتریفیکاسیون، الکترودیالیز و تبادل یونی که از میان روش‌های مذکور جذب سطحی به دلیل سادگی، هزینه کم و راندمان بالا کاربرد گسترده‌ای دارد (Milmile *et al.*, 2011). جذب سطحی به منظور حذف نیترات با استفاده از جاذب‌های مختلفی انجام می‌شود که در این میان موادی که دارای سطح ویژه بیشتر و فعالیت شیمیایی بیشتری هستند غالبا عملکرد بهتری دارند. یک دسته از مواد با این ویژگی خاص نانو ذرات هستند که به دلیل سطح ویژه بالا، ساختار کریستالی، خواص الکترونی و واکنش پذیری زیاد رفتار متفاوتی نسبت به مواد درشت ساختار نشان می‌دهند (Gao *et al.*, 2012).

مهدوی و همکاران (۲۰۱۸) به منظور حذف نیترات از محیط‌های آبی از سه نانو ذره MgO، ZnO و CeO_2 استفاده کردند و به حداکثر ظرفیت جذب ۸۶/۴، ۵۷/۶ و۵۸/۷ میلی‌گرم بر گرم دست یافتند. امینی نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی کاربرد نانو ساختار برگ کنوکارپوس در حذف نیترات از محلول‌های آبی مقدار بهینه pH را ۳ و زمان تعادل را ۹۰ دقیقه تعیین کردند.

هم‌چنین مقدار بهینه جاذب مصرفی ۰/۶ گرم در لیتر و مقدار بهینه غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ میلی گرم در لیتر تعیین شد. مقدار مطلوب راندمان حذف در شرایط بهینه مذکور ۴۷ درصد و ظرفیت جذب معادل ۷۹ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد.

بافکار و بابلی (۱۳۹۸) در پژوهشی تاثیر جاذب‌های پوسته تخم مرغ، پوسته برنج، کاه و کلش گندم و برگ درخت بلوط بر حذف یون نیترات از محلول آبی به وسیله سیستم جذب پیوسته خاک را بررسی و نتایج نشان داد که مقدار کل نیترات جذب شده و ظرفیت جذب ستون با افزایش غلظت نیترات ورودی به ستون افزایش یافت و جاذب پوسته تخم مرغ با ۶۵/۴۷ درصد حذف نیترات محلول، بیشترین میزان حذف نیترات را داشته است.

در مطالعه‌ای حذف نیترات از محلول‌های آبی با نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی پایدار شده با نشاسته توسط یغمائیان و همکاران (۱۳۹۵) بررسی شد. در این مطالعه مقادیر بهینه برای pH= ۵/۹، مقدار جاذب ۲/۲۵ گرم بر لیتر، زمان تماس ۵۵/۷ دقیقه و غلظت اولیه نیترات ۱۱۰/۳۵ میلی گرم بر لیتر تعیین شد و بهترین مدل ایزوترم جذب مدل لانگمویر با ضریب تبیین ۰/۹۹۳ و حداکثر میزان جذب نیترات بر اساس این مدل برابر ۱۳۸/۸۸ میلی‌گرم بر گرم گزارش شد.

لذا در این مطالعه، ضمن بررسی ساختار ترکیبات مذکور بررسی جذب نیترات از آب توسط نانو ذرات اکسید تنگستن و اکسید نیکل در محیط آزمایشگاه و تعیین ظرفیت جذب این ذرات و مقایسه آن‌ها با سایر جاذب‌ها نیز مورد آزمایش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مراحل آزمایشگاهی این تحقیق در آزمایشگاه پژوهشی شیمی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر به شرح زیر انجام گردید.

الف- بررسی خصوصیات نانو ذرات

به منظور بررسی ویژگی‌های نانو ذرات (قبل از جذب نیترات) توسط میکروسکوپ روبشی همراه با آنالیز عنصری سطح (SEM-EDX) عکس تهیه شد. هم‌چنین سطح ویژه ذرات توسط تکنیک BET اندازه‌گیری شد.

ب- تهیه محلول نیترات

ابتدا محلول آبی حاوی نیترات نیتروژنی (NO_3- N) با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ساخته شد. برای انجام این کار ابتدا محلول نیتروژن ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با استفاده از نمک KNO_3 و روش‌های آزمایشگاهی تهیه و پس از آن از این محلول و با انجام محاسبات لازم محلول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن به دست آمد.

ج- بررسی اثر غلظت جاذب

در این مطالعه اثر مقادیر مختلف غلظت جاذب بر جذب نیترات درمحلول آبی با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات بررسی شد. به این منظور مقادیر ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۰۷۵، ۰/۱ و ۰/۱۲۵ گرم از نانو جاذب را درون لوله سانتریفیوژ ۵۰ سی‌سی ریخته و ۲۵ سی‌سی از محلول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات به آن اضافه کرده، به مدت یک ساعت تکان داده (با سرعت ۵۰ دور در دقیقه به صورت رفت و برگشتی) وبعد از ۲۲ ساعت مجددا به مدت یک ساعت تکان داده شد. پس از آن محلول حاصل را در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده و پس از عبور محلول از فیلتر (۰/۴۵ میکرومتر، Sarturius) به هر نمونه یک چهارم واحد نیتراور اضافه کرده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۰۰ نانومتر شدت رنگ زرد کهربایی (مقدار نیترات) اندازه‌گیری شد. سپس مقادیر درصد جذب نیترات و مقدار جذب با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شد.

در رابطه (۱)، R درصد جذب نیترات، C_0 غلظت اولیه نیترات (mg/L) و C_e غلظت تعادلی (mg/L) می‌باشد.

در رابطه (۲)، q_e مقدار جذب نیترات در واحد جرم جاذب(mg/g)، v حجم محلول (L) و m وزن جاذب (g) می‌باشد.

$$R(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0}) \quad (۱)$$

$$q_e = (C_0 - C_e) * \frac{v}{m} \quad (۲)$$

د- بررسی اثر pH

در این مرحله اثر مقادیر مختلف pH (۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸) بر مقدار جذب نیترات با اضافه کردن ۰/۰۲۵ گرم نانو ذره (۱ گرم در لیتر) به ۲۵ سی‌سی محلول آبی با غلظت نیترات ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بررسی شد.

ه- بررسی اثر زمان تماس

همانند مراحل قبل به محلول ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات، ۰/۰۲۵ گرم اکسید تنگستن و اکسید نیکل اضافه کرده پس از آن نمونه‌ها را در مدت زمان‌های: ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ دقیقه تکان داده و اندازه گیری جذب (حذف) انجام شد.

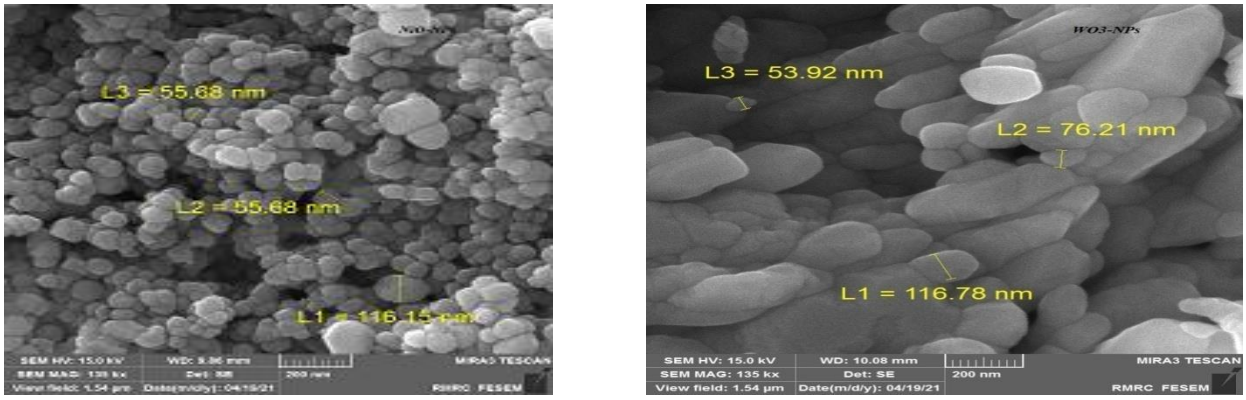
ی- ایزوترم‌های جذب

درآخرین مرحله آزمایش با توجه اعمال بهینه‌های جذب (غلظت جاذب برابر ۴ گرم در لیتر، pH= ۶، و زمان تماس ۶۰ دقیقه برای اکسید تنگستن و غلظت جاذب برابر ۵ گرم در لیتر، pH= ۴، و زمان تماس۹۰ دقیقه برای اکسید نیکل) آزمایش ایزوترم در پنج غلظت ۲۵،۲۰،۱۵،۱۰،۵ میلی‌گرم در لیتر محلول نیترات انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات نانو ذرات

بر اساس شکل ۱ متوسط قطر ذرات در اکسید نیکل و تنگستن ۸۲/۲ و ۵۹/۲ نانومتر برآورد می‌گردد که نشان می‌دهد قطر اکثر ذرات از ۱۰۰ نانومتر کمتر است. هم‌چنین سطح ویژه ذرات اکسید نیکل و تنگستن نیز به روش BET به ترتیب ۱۲/۷ و ۵/۷ متر مربع بر گرم تعیین شد.



شکل ۱. SEM نانو ذرات اکسید نیکل و اکسید تنگستن

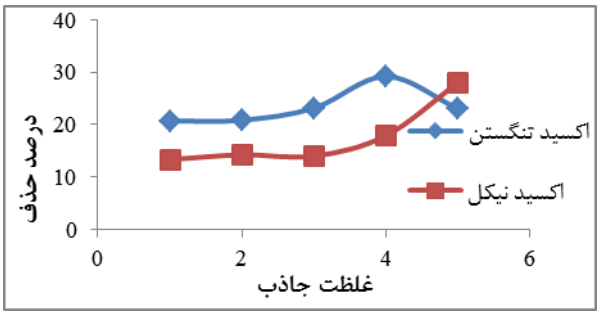
اثر غلظت جاذب

شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت جاذب مقدار جذب نیترات افزایش یافته است به طوری که بیشترین میزان جذب در غلظت ۴ گرم در لیتر اکسید تنگستن و غلظت ۵ گرم در لیتر اکسید نیکل اتفاق افتاده است. شاهی و همکاران (۱۳۹۷) درمطالعه‌ای نشان دادند که با افزایش جرم جاذب، مکان‌های فعال جذب در محلول افزایش پیدا کرده، که باعث زیاد شدن سطح تماس بین جاذب و آلاینده گردیده و راندمان جذب را افزایش می‌دهد.

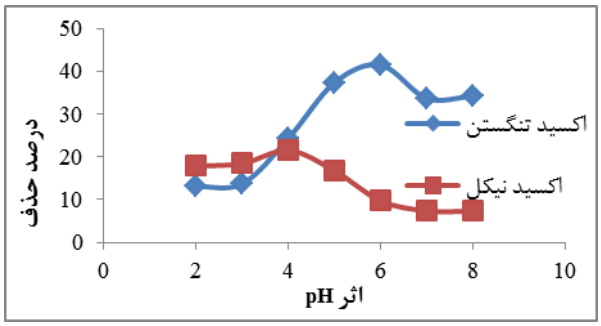
اثر pH

نتایج اثر pH بر روی جذب نیترات در شکل ۳ گزارش شده است. در این پژوهش افزایش pH ابتدا منجر به افزایش درصد جذب نیترات و بیشترین میزان جذب در اکسید تنگستن pH= ۶ و اکسید نیکل pH= ۴ گزارش شد که مقدار آن‌ها به ترتیب برابر ۴۱/۴۵ و ۲۱/۵۰درصد از کل نیترات موجود در محلول آبی بود. گلستانی‌فر و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه‌ای جذب نیترات توسط نانو

ذرات آلومینا،۵ =pH را به عنوان میزان بهینه برای این فاکتور معرفی نمودند. به نظر می‌رسد pH اسیدی باعث افزایش بار مثبت گردیده و جذب سطحی الکترواستاتیکی نیترات را افزایش می‌دهد.



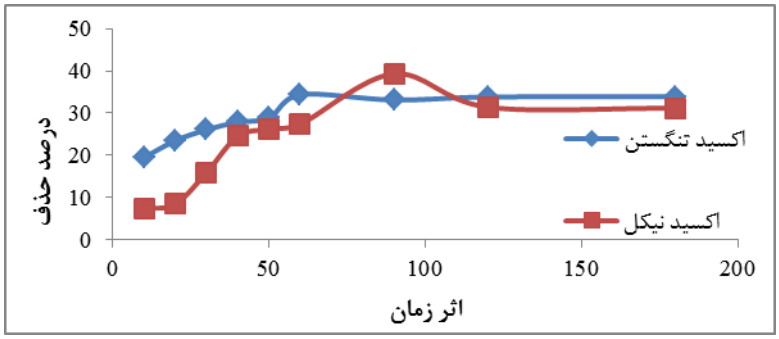
شکل ۲. اثر مقدار جاذب بر میزان حذف نیترات



شکل ۳. اثر pH بر حذف نیترات

اثر زمان تماس

شکل ۴ نشان می‌دهد که افزایش زمان تماس در نانو ذره اکسید تنگستن تا ۶۰ دقیقه با روند جذب نیترات افزایشی همراه بوده است که درصد حذف نیترات در این زمان ۳۴/۳۵ درصد گزارش شد و در نانو ذره اکسید نیکل هم تا ۹۰ دقیقه روند جذب نیترات افزایشی و مقدار آن ۳۹/۳ درصد شد و پس از دماهای مذکور روند جذب نیترات در هر دو نانو ذره تقریبا ثابت گزارش شد. در تحقیقی که توسط قانعیان و همکاران (۱۳۹۳) صورت گرفت حداکثر مقدار جذب نیترات توسط خاکستر هسته زیتون در دقیقه ۶۰ اتفاق افتاد.



شکل ۴. اثر زمان تماس بر حذف نیترات

ایزوترم جذب نیترات

در این تحقیق برای مطالعه ایزوترم‌های جذب از مدل‌های پر کاربرد لانگمویر و فروندلیچ استفاده که نتایج ثابت‌های مدل‌ها در جدول ۱ گزارش شده است. مدل لانگمویر بر هموژن و یک لایه بودن جذب و مدل فروندلیچ بر هتروژن و چند لایه بودن جذب تاکید می‌کند. رابطه ۳ شکل خطی معادله لنگمویر است که در آن C_e غلظت تعادلی نیترات بر حسب میلی‌گرم بر گرم، q_e مقدار نیترات جذب شده به ازای واحد جرم جاذب بر حسب میلی‌گرم بر گرم، q_{max}حداکثر ظرفیت جذب جاذب و K_L ثابت معادله است.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{qmaxb_i} + \frac{C_e}{qmax} \qquad (۳)$$

رابطه ۴ شکل لگاریتمی معادله فروندلیچ را نشان می‌دهد که در آن k_f و n ثابت‌های معادله بوده و به ترتیب بر ظرفیت جذب نسبی و شدت جذب تاکید می‌کنند:

$$= \frac{1}{n_f} \log q_e \log k_f \log c_e \quad (۴)$$

در این مطالعه پس از برازش نتایج با دو مدل اشاره شده مقدار ضریب تبیین برای معادله لانگ مویر به طور متوسط بیشتر از فروندلیچ گزارش شد که نشان می‌دهد جذب نیترات به صورت هموژن و تک لایه اتفاق افتاده است (جدول ۱).

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، حداکثر ظرفیت جذب، اکسید تنگستن جهت جذب نیترات بر اساس معادله لانگ مویر ۱۵/۶میلی‌گرم بر گرم، و اکسید نیکل ۱۶/۷ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد.
در تحقیق دیگر که توسط مهدوی و همکاران (۱۳۹۷) در جذب رقابتی نیترات و فسفات با نانو اکسید تنگستن در محلول آبی انجام شده است به حداکثر ظرفیت جذب ۷ میلی گرم بر گرم دست یافتند.

جدول ۱. ثابت‌های ایزوترم جذب نیترات با اکسید تنگستن و اکسید نیکل

نانو جاذب	فروندلیچ			لانگمویر		
	R^2	K_F	n_F	R^2	K_L	Q_{max}
اکسید تنگستن	۰/۹۰۶۴	۲/۳۸	۱/۳	۰/۹۶۵۱	۰/۲۱	۱۵/۶
اکسید نیکل	۰/۹۰۲۴	۹۵/۵	۱/۱	۰/۹۹۲۹	۰/۰۰۹	۱۶/۷

نتیجه‌گیری

در این مطالعه از نانو ذره اکسید تنگستن و اکسید نیکل به عنوان جاذب برای حذف نیترات از محلول آبی استفاده شد. نتایج نشان داد که افزایش pH در ابتدا منجر به افزایش درصد حذف نیترات و بعد از آن کاهش آن می‌گردد. افزایش وزن جاذب استفاده شده منجر به حذف بیشتر نیترات خواهد شد. هم‌چنین با افزایش زمان تماس حذف نیترات بیشتر شده و از یک زمان به بعد تقریبا ثابت می‌گردد. حداکثر ظرفیت جذب، اکسید تنگستن جهت جذب نیترات ۱۵/۶میلی‌گرم بر گرم، و اکسید نیکل ۱۶/۷ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد که نشان داد هر دو ذره کارآیی قابل قبولی در حذف نیترات دارند.

منابع

۱- امینی نژاد م ، سعید برومند نسب س ، معاضد ه، فراستی م . (۱۳۹۸). بررسی کاربرد نانو ساختار برگ کنوکارپوس درحذف نیترات از محلول های آبی. آبیاری و آب ایران ، ۱۰(۳۷)، ۱۶۷- ۱۸۰.

۲- بافکار ع، بابلی ن. (۱۳۹۸). بررسی حذف عنصر نیترات از محلول‌های آبی توسط جاذب‌های نانو ساختار در سیستم جذب پیوسته خاک. مطالعات علوم محیط زیست. (۱۳۹۸). دوره ۴. شماره ۲. ص ۱۳۴۰-۱۳۴۹.

۳- شاهی، ر.، خاتمیان، م.،و دیوبند، ب. (۱۳۹۷). تهیه،شناسایی وبررسی کاربردنانوچندسازه درحذف نیترات ازآب‌ها نشریه پژوهش‌های کاربردی در شیمی.۱۲(۴). ۴۶-۳۷.

۴- قانعیان م ، احرام پوش م ، صفدری مهدی، امام جمعه م، عسگری شاهی م (۱۳۹۳). بررسی کارآیی خاکستر هسته زیتون در حذف نیترات از محلول آبی. طلوع بهداشت. ۱۳ (۱۲) : ۱۶۸-۱۷۷.

۵- گلستانی‌فر، ح.، ناصری، س.، دهقانی، م.،و اسدی، ا. (۱۳۹۱). حذف نیترات از محلول‌های آبی با استفاده از نانو ذرات آلومینا و تعیین ایزوترم‌های جذب. مجله سلامت و محیط، ۵(۴)، ۴۶۸-۴۵۷.
۶- مهدوی ش، زارعی م، فتحی س، رضایی س. (۱۳۹۷). جذب رقابتی نیترات و فسفات با نانو اکسید تنگستن ازمحلول آبی،سومین کنگره بین المللی جامع محیط زیست ایران.
۷- یغمائیان ک، مهرافروز ا، پوراصلان ع، اکبرپور م، اکبرپور ب. (۱۳۹۵). بررسی حذف نیترات از محلول‌های آبی با نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی پایدار شده با نشاسته. مجله مهندسی بهداشت محیط، سال سوم، شماره ۴، تابستان ۹۵، ۳۲۴-۳۳۵.

8- Foglar L, Briski F, Sipos L, Vuković M. (2005).High nitrate removal from synthetic wastewater with the mixed bacterial culture. *BioresourTechnol*; 96(8): 879-888.
9- Gao, S., Yang, J., Li, Z., Jia, X., & Chen, Y. (2012). Bioinspired synthesis of hierarchically micro/nano-structured CuI tetrahedron and its potential application as adsorbent for Cd (II) with high removal capacity. *Journal of hazardous materials*, 211, 55-61.
10- Keshvardoostchokami, M., Babaei, S., Piri, F., & Zamani, A. (2017). Nitrate removal from aqueous solutions by ZnO nanoparticles and chitosan-polystyrene–Zn nanocomposite: Kinetic, isotherm, batch and fixed-bed studies. *International journal of biological macromolecules*, 101, 922-930.
11- Mahdavi, S., Molodi, P., & Zarabi, M. (2018). Utilization of bare MgO, CeO2, and ZnO nanoparticles for nitrate removal from aqueous solution. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(6), 1908-1917.
12- Milmile, S. N., Pande, J. V., Karmakar, S., Bansiwal, A., Chakrabarti, T., & Biniwale, R. B. (2011). Equilibrium isotherm and kinetic modeling of the adsorption of nitrates by anion exchange Indion NSSR resin. *Desalination*, 276(1-3), 38-44.
13- Vilardi, G., & Di Palma, L. (2017). Kinetic Study of Nitrate Removal from Aqueous Solutions Using Copper-Coated Iron Nanoparticles. *Environmental Contamination and Toxicology*. 98: 359–365.

Nitrate removal from water by nanoparticles of tungsten oxide and nickel oxide

Habibollah Sarikhani [1 *], Shahriar Mahdavi [2,] Amin Toranjian [3]

1- Master student of water resources, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University
2- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University
3- Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Malayer University
*Habibsari1130@gmail.com

Abstract
Pollution of surface and groundwater from agriculture to nitrate is one of the most important environmental problems in many parts of the world. Therefore, its removal from water is essential to reduce pollution and prevent damage to life and living organisms. The use of nanoparticles due to high specific surface area, chemical activity and optimum efficiency can be used to control nitrate contamination in water. Therefore, in this study, the removal of nitrate from water by tungsten oxide and nickel oxide nanoparticles was investigated. In order to perform the optimization steps of the experiment, a solution of nitrogen- nitrate (NO_3-N) with a concentration of 10 mg / L was prepared. Conditions and effective factors in nitrate adsorption or removal, including: time, adsorbent concentration and pH are investigated and after determining the optimal adsorption rate of the mentioned effects, adsorption isotherm experiments with concentrations of 5, 10, 15, 20 and 25 mg / l nitrate are applied Optimally done. Absorbents capacity was determined based on the Langmuir adsorption isotherm model. The maximum adsorption capacities of tungsten oxide and nickel oxide were 15.6 mg / g and 16.7 mg / g adsorbent, respectively, based on the Langmuir adsorption isotherm model.
Keywords: Tungsten oxide, Nickel oxide, Isotherm, Nanoparticle, Nitrate

تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آهکی بر هم‌دماهای جذب سطحی روی (II)

عزیز مجیدی[۱] و کوروش طهماسبی[۲]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران؛ Az.majidi89@gmail.com

۲- محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

چکیده

جذب سطحی یکی از مهم‌ترین فرآیندهای شیمیائی مؤثر بر رفتار روی (Zn) در خاک است. در این تحقیق، تأثیر خصوصیات خاک برجذب روی در ۲۵ نمونه خاک آهکی به‌صورت پیمانه‌ای تابعی از غلظت تعادلی مطالعه شد. نتایج نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل خاک و pH، مهم‌ترین عوامل ابقای روی در نمونه‌های خاک بودند. ۸۰٪ تغییرات حداکثر جذب سطحی روی به سیلت، ظرفیت تبادل کاتیونی و pH خاک وابسته بود. معادله لانگمویر (R^2 =۰/۹۹ ؛ RMSE=۰/۲۲) در مقایسه با معادله فروندلیچ (R^2 =۰/۹۳ ؛ RMSE=۰/۵۹) برازش بهتری بر داده‌های جذب سطحی روی نمونه‌های خاک داشت. حداکثر جذب روی (Γ_{max}) در خاک در محدوده ۲/۶۲ تا ۱۵/۵۶ میکرو مول بر گرم بود. هم‌دمای دوسطحی لانگمویر نشان داد که انرژی پیوندی روی در غلظت تعادلی کمتر (سطح I)، ۴/۲ برابر غلظت تعادلی بیشتر (سطح Π) بوده درحالی‌که، حداکثر جذب روی در سطح Π، ۱/۶ برابر مقدار آن در سطح I مکان‌های جذب سطحی در خاک بود. مدل رگرسیونی پیش‌بینی روی قابل‌استفاده خاک تابعی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و پارامترهای معادله‌های لانگمویر یک سطحی، امکان استفاده عملی از پارامترهای این معادله را بیان نمود.

واژگان کلیدی: فرآیندهای شیمیائی، فروندلیچ، لانگمویر، قابلیت استفاده روی

مقدمه

با مصرف روی (Zn) در خاک، این عنصر می‌تواند بین فازهای جامد و محلول خاک توزیع گردد. میل ترکیبی اجزای تشکیل‌دهنده خاک بر چگونگی توزیع آن مؤثر است. عوامل مؤثر می‌توانند شامل pH (Pérez-Novo et al., 2011)، مواد آلی (Gurpreet-Kaur et al., 2013)، مقدار و نوع رس‌های خاک (Dahiya et al., 2005)، سزکوئی اکسیدها (Kalbasi et al., 1978)، مقدار روی مصرفی و حامل‌های آن، کربنات‌های کلسیم خاک (Dandanmozd and Hosseinpur, 2010) باشند. مقدار جذب سطحی روی یک کمیت پویا بوده که مقدار روی محلول و قابلیت استفاده آن را در خاک تنظیم می‌کند (Taylor *et al.*, 1995). بنابراین، این پدیده یکی از مهم‌ترین فرآیندهای شیمیائی مؤثر بر عوامل کنترل‌کننده قابلیت استفاده روی در خاک است. هرچند که از معادلات هم‌دماهای جذب سطحی برای شناسایی اجزای درگیر در فرآیندهای جذب سطحی و یا مقایسه جذب سطحی روی در خاک‌های مختلف استفاده‌شده است (Ashraf et al., 2008)، ولی این معادلات می‌توانند برای برآورد قابلیت استفاده روی در خاک نیز مورداستفاده قرار گیرند. بااین‌وجود، به نظر می‌رسد اطلاعات محدودی درزمینهٔ استفاده عملی از ضرایب معادله‌های جذب سطحی برای ارزیابی قابلیت استفاده روی در خاک وجود داشته باشد. تحقیق حاضر عهده‌دار کمی کردن سهم برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک‌ها در فرآیند جذب

سطحی روی در خاک و بررسی امکان استفاده از معادله‌های فروندلیچ و لانگمویر برای برآورد قابلیت استفاده روی در خاک آهکی است.

.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد ۲۵ نمونه خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی‌متر) اراضی مزروعی شمال غرب ایران متعلق به رده‌های Entisols، Inceptisols، Mollisols و Vertisols نمونه‌برداری شدند. در انتخاب نمونه‌های خاک سعی گردید شامل گستره‌ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی باشند. هم‌دماهای جذب سطحی روی در نسبت خاک به محلول ۱ به ۱۰ اندازه‌گیری شدند. در این آزمایش ابتدا به سه گرم (±۰/۰۱) خاک، غلظت‌های درجه‌بندی‌شده‌ای از روی خالص در محدوده صفرتا ۰/۴۹ میلی مولار با استفاده از منبع کلرید روی در غلظت ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم در pH ثابت اضافه گردیدند. نمونه‌ها در دستگاه تکان‌دهنده انکوباتور دار رفت و برگشتی در ۱۸۰ دور در دقیقه به مدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ثابت ۲۵±۱°C به هم زده شدند. پس از سانتریفوژ کردن (۲۶۰۰ گرم برای ۲۰ دقیقه، ۲۵ °C)، بخشی از مایع رویی با کاغذ صافی ۴۲ واتمن صاف گردید. غلظت روی در مایع صاف‌شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۱۱۰ اندازه‌گیری شد (Page *et al*., 1982).

در این تحقیق، به‌منظور توصیف داده‌های جذب سطحی به ترتیب از معادله‌های فروندلیچ (معادله ۱)، لانگمویر یک سطحی (معادله ۲) و معادله لانگمویر دوسطحی (معادله ۳) (Sposito, 1984) استفاده گردید.

$$\Gamma_i = aC_i^N, N = 1/n \quad (۱)$$

$$\Gamma_i = \Gamma_{max,i} \frac{K_{L,i} c_i}{1 + K_{L,i} c_i} \quad (۲)$$

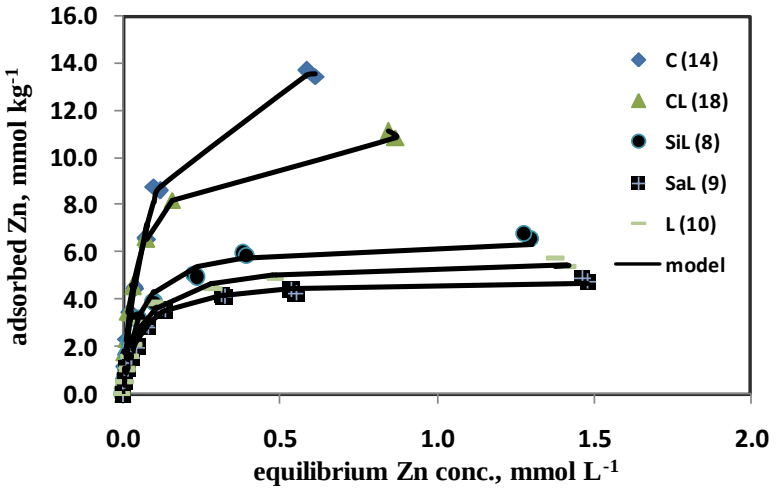
$$\Gamma_i = \Gamma_{max1,i} \frac{K_{L1,i} c_i}{1 + K_{L1,i} c_i} + \Gamma_{max2,i} \frac{K_{L2,i} c_i}{1 + K_{L2,i} c_i} \quad (۳)$$

در این معادلات، Γ_i مقدار جذب سطحی و $\Gamma_{max,i}$ حداکثر مقدار جذب سطحی یون i ($mmol.kg^{-1}$) بوده و بیانگر حداکثر جذب سطحی یون i است که به به‌وسیله تعداد مکان‌های جذب سطحی تعیین می‌شود.، c_i غلظت تعادلی i ($mmol\ L^{-1}$) و $K_{L,i}$ معرف میل ترکیبی i برای گروه‌های عاملی سطح جاذب بوده که مرتبط باانرژی جذب سطحی است. دو پارامتر a و Nمعادله فروندلیچ و مقادیر $\Gamma_{max,i}$ و $K_{L,i}$ معادلات لانگمویر نیز ضرایب ثابت بوده که با استفاده از نرم‌افزار EXEL و شکل غیرخطی معادله مذکور محاسبه شدند. مقدار روی بومی جذب سطحی شده Γ_{net}، با استفاده از غلظت روی بومی محلول خاک و معادله لانگمویر یک سطحی محاسبه گردید.

از رگرسیون خطی چند متغیره و ضرایب همبستگی جزئی نرم‌افزار SPSS، برای بررسی روابط خصوصیات خاک با پارامترهای جذب و قابلیت استفاده روی استفاده شد. کاربردپذیری پارامترهای معادله‌ها بر اساس میزان همبستگی آن‌ها باروی جذب‌شده و خصوصیات خاک ارزیابی شد. مدل‌های رگرسیونی با استفاده از پارامترهای معادلات مذکور بسط داده شدند.

نتایج و بحث

رفتار جذب سطحی روی تابعی از غلظت تعادلی در پنج کلاس بافتی در شکل ۱ نشان داده‌شده است. به‌طورکلی، هم‌دماهای جذب سطحی روی شامل دو بخش نسبتاً متفاوت هستند: در غلظت‌های تعادلی کم ، جذب سطحی روی با شیب نسبتاً تندی با افزایش غلظت تعادلی افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت روی در محلول، این روند تدریجاً کاهش‌یافته و در غلظت‌های تعادلی تقریباً بیشتر از ۰/۰۵ میلی مولار، تمایل سطوح جاذب خاک برای جذب روی با میل به‌سوی حداکثر جذب سطحی به‌تدریج کاهش می‌یابد. غالباً در خاک‌های مذکور با افزایش مقادیر رس، کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی جذب سطحی روی در خاک افزایش‌یافته و بنابراین، می‌توان انتظار داشت که با ریزتر شدن بافت خاک، افزایش مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، جذب سطحی روی افزایش یابد. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که جذب سطحی روی به بافت خاک وابسته است و با افزایش مقدار رس افزایش می‌یابد (Ashraf et al., 2008; Ghasemi-Fasaei and Jarrah, 2013) . جذب سطحی روی در خاک نیز با افزایش کربن آلی خاک افزایش می‌یابد (Bradl, 2004; Covelo et al., 2004). همبستگی معنی‌داری نیز بین جذب سطحی روی با ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به‌دست‌آمده است (Akay and Doulati, 2012).



شکل ۱- مقایسه هم‌دماهای جذب سطحی روی در خاک‌های مختلف و برازش مدل لانگمویر

مقادیر میانگین و دامنه تغییرات روی بومی محلول و جذب سطحی شده به همراه جزء مولی (نسبت عنصر جذب سطحی شده به حداکثر جذب سطحی) روی ۲۵ نمونه خاک در جدول ۱ نشان داده‌شده است. محاسبه جزء مولی روی جذب سطحی شده، نشان داد که از ۰/۲۱(خاک۱۴) تا ۰/۵۶ (خاک ۲) مکان‌های جذب سطحی قابل‌دسترس به‌وسیله روی اشغال‌شده‌اند. خاک ۱۴ دارای مقادیر نسبتاً بالائی از ذرات واکنش‌دهنده به ازای واحد جرم خاک است و ظرفیت بالاتری نسبت به سایر خاک‌ها برای جذب سطحی روی دارد، بنابراین، در یک غلظت تعادلی مشخص از کمترین مقدار جزء مولی برخوردار است. به دلیل تنوع دانسیته گروه‌های عاملی روی سطح کانی و گونه‌های مختلف هیدراته روی محلول در pH های مختلف خاک، این احتمال وجود دارد که این عنصر با انرژی متفاوتی جذب سطحی گروه‌های مختلف روی سطوح ذرات معدنی خاک شود.

همچنین، نتایج نشان داد که ۸۵ درصد تغییرات روی جذب سطحی شده در خاک می‌تواند به کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی و pH خاک که ضریب همبستگی جزئی (r^2) آن‌ها به ترتیب برابر ۰/۷۳، ۰/۸۳ و ۰/۶۸ بودند، نسبت داده شود. بر این اساس، مشخص می‌گردد که ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم و pH نقش مهمی در ابقاء روی بومی جذب سطحی شده در خاک داشته و با استناد به معادله رگرسیون چندگانه (معادلات نشان داده نشده‌اند)، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با افزایش مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل و کاهش pH در خاک، روی جذب سطحی شده افزایش می‌یابد.

جدول ۱- میانگین، دامنه و انحراف معیار پارامترهای جذب سطحی روی در نمونه‌های خاک

پارامتر	دامنه	میانگین	انحراف معیار
روی بومی محلول تعادلی	۰/۰۰۲ -۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	±۰/۰۰۳
روی بومی جذب سطحی شده در خاک ($mmolkg^{-1}$)	۰/۴۲ -۲/۳۹	۱/۱۷	±۰/۵۱
میانگین روی جذب سطحی شده* ($mmolkg^{-1}$)	۱/۴۷ -۳/۴۱	۲/۴۴	±۰/۵۵
جزء مولی روی جذب سطحی شده	۰/۲۱-۰/۵۶	۰/۳۶	±۰/۰۸

*روی جذب سطحی شده مربوط به تیمارهای غلظتی

هرجند که بارهای منفی وابسته به pH کانی‌های رس و مواد آلی خاک با افزایش pH موجب بالا رفتن ظرفیت جذب روی در خاک می‌شود ولی، محاسبات به انجام رسیده با Visual MINTEQ نشان داد که تغییر pH بر ترکیب درصد یونی گونه‌های شیمیائی محلول روی مؤثر بوده و با افزایش آن، فعالیت گونه Zn^{2+} در سیستم کاهش و فعالیت گونه $Zn(OH)_2[aq]$ افزایش می‌یابد. در رابطه با نقش کربنات کلسیم نتایج متناقضی در منابع گزارش‌شده است. قاسمی و جراح (۲۰۱۳) دریافتند که بین روی جذب سطحی شده در یک خاک آهکی با مقدار کربنات کلسیم معادل خاک همبستگی منفی وجود دارد. درصورتی‌که اشرف و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر مثبت کربنات کلسیم را برجذب سطحی روی در خاک‌های پاکستان گزارش کردند (Ashraf et al., 2008). همبستگی نسبتاً بالای ظرفیت تبادل کاتیونی در معادله فوق، دلالت بر نقش مهم و مثبت آن برجذب سطحی روی در خاک‌های آهکی دارد. معادلات رگرسیون چندگانه نشان داد که ۷۲ درصد تغییر در مقدار ضریب توزیع روی بین فازهای جامد و مایع خاک ناشی از عوامل کربن آلی، روی قابل‌جذب (Zn-DTPA) و pH خاک است. مقادیر ماتریس همبستگی جزئی (r^2) بین ضریب توزیع روی و خصوصیات خاک برای کربن آلی معادل ۰/۷۶، برای روی قابل‌جذب خاک ۰/۵۴ و برای pH ۰/۶۸ بودند که نشان می‌دهند که این سه خصوصیت خاک نقش مهمی در توزیع روی در فازهای جامد و مایع در خاک‌های آهکی دارند. بر اساس نتایج حاصله، تأثیر کربن آلی بر ضریب توزیع روی نسبت به pH خاک و آن‌هم نسبت به روی قابل‌جذب خاک بیشتر است.

بررسی ارتباط بین حداکثر ظرفیت جذب سطحی روی در معادله‌های لانگمویر و خصوصیات خاک با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه نشان داد که pH، سیلت و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، ۸۰ درصد تغییرات حداکثر جذب سطحی مدل لانگمویر را توصیف نمودند. درحالی‌که، ۵۰ درصد تغییرات کمیت N در مدل فروندلیچ متأثر از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بود. همچنین نتایج نشان داد که در غلظت‌های پائین روی محلول در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی مهم‌ترین ویژگی خاک در کنترل حداکثر جذب سطحی روی در خاک بوده و فسفر قابل‌جذب خاک (P-Olsen) در رتبه بعدی ازنظر اهمیت قرار گرفت، به‌عبارت‌دیگر با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار فسفر خاک مقدار حداکثر جذب سطحی روی در سطح I

معادله لانگمویر افزایش می‌یابد. افزایش جذب سطحی روی درنتیجه حضور فسفر ممکن است ناشی از دو مکانیسم همزمان باشد. به نظر می‌رسد مؤثرترین مکانیسم مربوط به تشکیل کمپلکس‌های روی (Zn) با گروه‌های فسفات جذب سطحی شده در خاک به‌ویژه بر روی اکسیدهای آهن و آلومینیم باشد. اما مکانیسم دوم این است که Zn^{2+} به‌صورت یک پل ارتباطی بین گروه‌های فسفات و مواد آلی خاک عمل می‌نماید. دراین‌ارتباط، تحقیقات بیشتری برای مشخص کردن مکانیزم های مسئول جذب سطحی روی که در حضور فسفر افزایش می‌یابد موردنیاز است.

نتیجه‌گیری

معادله لانگمویر بهترین معادله برای توصیف داده‌های جذب سطحی روی در خاک‌های آهکی است. میزان جذب روی تابع ساده‌ای از خصوصیات خاک نیست، بلکه میزان آن برآیندی از خصوصیات مختلف خاک شامل ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و pH خاک است که با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و کاهش pH خاک، مقدار آن افزایش‌یافته و این سه ویژگی ۸۵ درصد تغییرات آن را توصیف می‌کنند. همچنین حداکثر جذب سطحی روی تابعی از ظرفیت تبادل کاتیونی، سیلت و pH خاک است. با استفاده از پارامترهای معادله یک سطحی لانگمویر امکان ارائه شاخصی برای برآورد روی قابل‌استفاده در خاک، فراهم می‌گردد.

فهرست منابع

1. Akay, A., Doulati, B. (2012). The Effect of Soil Properties on Zn Adsorption. *Journal of International Environmental Application & Science*, 7, 151-160.
2. Ashraf, M. S., Ranjha., A. M., Yaseen, M., Ahmad, N., Hannan, A. (2008). Zinc adsorption behavior of diffirent texture calcareous soils using Frundlich and Langmuir models. *Pakistan Journal of Agricultral Science*, 45, 6-10.
3. Bradl, H. B. 2004. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Journal of Colloid and Interface Science*, 277, 1-18.
4. Covelo, E. F., Lvarez., N. A., • Andrade Couce, M. L., Vega, F. A., Marcet, P. (2004). Zn adsorption by different fractions of Galician soils. *Journal of Colloid and Interface Science*, 280, 343-349.
5. Dahiya., S., Shanwal., A. V., Hedge, H. A. G. (2005). Studies on the sorption and desorption characteristics of Zn (II) on the surface soils of nuclear power plants sites in India using a radiotracer technique. *Chemosphere*, 60, 1253-1261.
6. Dandanmozd, F., Hosseinpur, A. R. (2010). Thermodynamic parameters of zinc sorption in some calcareous soils. *Journal of American Science*, 6, 1-7.
7. Ghasemi-Fasaei, R., Jarrah, M. (2013). Adsorption kinetics of cadmium and zinc as influenced by some calcareous soil properties. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5, 479-483.
8. Gurpreet-Kaur, B., Sharma, D., Sharma, S. (2013). Effects of organic matter and ionic strength of supporting electrolyte on zinc adsorption in benchmark soils of Punjab in northwest India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44, 922-938.
9. Kalbasi, M., Racz, G. J., Lowen- Rudgers, L. A. (1978). Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminum. *Soil Science Society America Journal*, 39, 464-470.
10. Pérez-Novo, C., Fernández-Calviño, D., Bermúdez-Couso, A., López-Periago, J., Arias-Estévez, M. (2011). Phosphorus effect on Zn adsorption-desorption kinetics in acid soils. *Chemosphere*, 83, 1028-1034.
11. Sposito, G. 1984. The Surface Chemistry of Soils Oxford Univ. Press, New York, USA.
12. Taylor, R.W., Hassan, K., Mehdi, A. H., Shouford, W. J. (1995). Kinetics of Zn sorption by soils Corara. *Soil Science and Plant Analysis*, 26, 1761-1765.

Effect of physical and chemical properties of calcareous soils on adsorption isotherms of zinc (II)

Aziz Majidi[1] and kourosh Tahmasebi[2]

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran; E-mail: **Az.majidi89@gmail.com**

2. Researcher, Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

Abstract

Adsorption is one of the most important chemical processes, in which influence zinc (Zn) behavior in soil. In this study, the effects of soil properties on Zn adsorption in 25 soil samples from the northWest of Iran were studied in batch system as a function of initial Zn concentration (0-0.49 mM). Results indicated that cation exchange capacity (CEC), calcium carbonate equivalent (CCE) and soil pH were primarily responsible for retaining of Zn in all the soil samples. 80 percent variability in the adsorption maxima (Γ_{max}) of Zn attributed to silt, CEC and soil pH. CEC positively influenced Γ_{max} of Zn while, the reducing of pH and silt content of the soils increased Γ_{max} capacity of Zn. Langmuir equation (R^2=0.99; RMSE=0.22) proved more effective in describing Zn adsorption in soils as compared with Freundlich isotherm (R^2=0.93; RMSE=0.59). The Γ_{max} of Zn in these 25 soils ranged from 2.62 to 15.56 μmol g^{-1}. Langmuir 2-surface isotherm showed that the Zn binding strength in the high energy surface (K_{1L}) was about 4.2 times greater than on the low-energy surface (K_{2L}) while Γ_{max} of Zn in the low energy surface was about 1.6 times greater than on the high energy surface of adsorption sites of soils. Regression model as a function of soil Langmuir equation parameters and soil physicochemical properties to predict Zn availability demonstrated the utility of Langmuir parameters.

Keywords: Chemical processes, Freundlich, Langmuir, Zn availability

تاثیر کادمیوم بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه گشنیز

حنانه بهمنیان، حبیب الله نادیان قمشه، نفیسه رنگزن

حنانه بهمنیان

کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

Hana.bahmani@yahoo.com

حبیب اله نادیان قمشه

استاد گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
nadian_habib@yahoo.com

نفیسه رنگزن

Nafas.023@yahoo.com

استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده:

توسعه تکنولوژی و رشد روز افزون فعالیت‌های صنعتی از یک سو و رعایت نکردن الزامات زیست‌محیطی از سوی دیگر، سبب شده تا طی چند دهه اخیر مقادیر زیادی از آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین وارد محیط‌زیست شود. کادمیوم فلز سنگین غیرضروری برای گیاه که حتی در غلظت‌های پایین نیز سمیت ایجاد می‌کند. این مطالعه جهت بررسی تاثیر کادمیوم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum L.*) می‌باشد. آزمایش مذکور در سال ۱۳۹۵ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. تیمار مورد مطالعه شامل سه سطح کادمیوم (۲۵-۵۰-صفر) میلی‌گرم بر کیلوگرم در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل شده از جداول تجزیه واریانس، سطوح مختلف کادمیوم تاثیر معنی‌داری بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی داشت. به طوری که با افزایش سطوح کادمیوم، مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش یافت.

کلمات کلیدی: کادمیوم، رنگدانه فتوسنتزی، گشنیز

توسعه تکنولوژی و رشد روز افزون فعالیت‌های صنعتی از یک سو و رعایت نکردن الزامات زیست‌محیطی از سوی دیگر، سبب شده تا طی چند دهه اخیر مقادیر زیادی از آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین وارد محیط‌زیست شود. خاک و گیاه دو جز اساسی محیط‌زیست به شمار می‌روند. این دو جز به طور مستقیم در ارتباط با یکدیگر بوده و هرگونه اختلال در سیستم طبیعی خاک، منجر به عدم رشد طبیعی گیاهان و عملکرد محصولات کشاورزی خواهد شد (وانگ و همکاران،۲۰۰۷). فلزات سنگین خطرناک‌ترین آلاینده‌ها هستند که در پوسته زمین و رسوبات وجود دارند. فلزات سنگین عناصری هستند که وزن اتمی آن‌ها بین ۶۳/۵۶۴ تا ۲۰۰/۵۹۰ گرم باشد. فلزات سنگین مانند کادمیوم، سرب، آرسنیک و ... جز فلزات غیر ضروری محسوب می‌شوند، حتی در غلظت‌های پایین نیز آثار سمی روی گیاهان دارند و به همین علت، فلزات سنگین به عنوان عوامل تنش زا برای گیاهان محسوب می‌شوند (Babula *et al.*,2008). تجمع فلزات سنگین در خاک به ویژه خاک‌های کشاورزی امری تدریجی بوده و غلظت عناصر می‌تواند به سطوحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید کند. با جذب اضافی این عناصر توسط گیاهان، فرآیندهای فیزیولوژیک نظیر تنفس، فتوسنتز، رشد سلولی و تعادل آب در گیاه، متابولیسم نیتروژن و تغذیه‌ی معدنی گیاه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. کم شدن رشد اندام هوایی نمونه‌های گیاهی تحت تاثیر فلزات سنگین، می‌تواند به علت کاهش فتوسنتز در نتیجه‌ی تنش فلزات سنگین در گیاه باشد. گیاهانی که در مجاورت تنش فلزات سنگین قرار دارند، اغلب با تنش اکسیداتیو روبه رو هستند (شارما و همکاران، ۲۰۰۳). تنش اکسیداتیو تبدیل رادیکال‌های غیر فعال اکسیژن (به عنوان مثال اکسیژن مولکولی) به رادیکال‌های فعال آن است.گونه‌های فعال اکسیژن ROS مثل O_2^{-0}، H_2O_2 و OH^0 به طور معمول در شرایط تنش و فعالیت‌های اکسیداتیو قوی تولید می‌شود و همه‌ی انواع مولکول‌های زیستی را مورد هجوم قرار می‌دهد. کادمیوم یکی از فلزات سنگین بسیار سمی، با علامت اختصاری Cd و دارای عدد اتمی ۴۸ و جز فلزات کمیاب و دارای نیمه عمر طولانی ۱۱۰۰-۱۵ سال می‌باشد و این نیمه عمر طولانی باعث تداوم خطرات ناشی از آن می‌گردد. در بین فلزات سنگین کادمیوم اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا ریشه‌ی گیاه به راحتی آن را جذب می‌کند و وارد زنجیره غذایی انسان و سایر موجودات می‌شود. استفاده طولانی مدت و بیش از حد کودهای فسفاته، کاربرد مکرر علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، استفاده از فاضلاب برای آبیاری مزارع و نشت‌های کارخانه‌ها سبب آلوده شدن زمین-های زراعی با کادمیوم شده است (سولیتو و همکاران، ۲۰۱۰). دامنه جهانی مقدار کادمیوم در خاک‌ها بین ۰,۰۶ تا ۱,۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، با مقدار متوسط ۰,۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد می‌شود. کادمیوم در گیاهانی که مصرف غذایی دارند، ۵ تا ۴۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم برآورد شده‌است (کاباتا و آرون، ۲۰۰۷).

گشنیز (*Coriandrum sativum L*)، متعلق به تیره چتریان (*Umbelliferae*)، گیاهی یکساله است. برگ‌های گشنیز مرکب بوده و دارای بریدگی‌های عمیق می‌باشد که از چند لوب تشکیل شده است. ارتفاع ساقه آن ۱۰۰- ۶۰ سانتی‌متر و دوره رشد آن ۱۲۰- ۱۰۰ روز است (امیدبیگی، ۱۳۷۶).

این تحقیق به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف کادمیوم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه خوراکی دارویی گشنیز انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش بر گیاه دارویی گشنیز به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در پاییز سال ۱۳۹۵ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام گرفت. تیمار این آزمایش سه سطح کادمیوم (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و در سه تکرار بوده که جمعا ۹ گلدان در نظر گرفته شد. خاک تحت کشت دارای ۴۰ درصد خاک زراعی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری و ۴۰ درصد ماسه می‌باشد. بافت خاک لومی‌شنی (گی و باندر، ۱۹۸۶) و خصوصیات فیزیکوشیمیایی (pH= 7.6) (توماس، ۱۹۹۶)، (EC= 3.5ds/m) (رودز، ۱۹۹۶) دارا بود. سپس در دستگاه اتوکلاو به

مدت ۱ ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ پاسکال استریل شد. بذور ضدعفونی شده با هیپوکلریت ۱۰ درصد را به ژرمیناتور جهت جوانه زنی منتقل میکنیم. پس از اینکه بذرهای موجود جوانه زدند و طول ریشه به ۱ تا ۱/۵سانتی‌متر رسید، گیاهچه‌ها به درون گلدان‌های سه کیلوگرمی منتقل شدند. تغذیه آن‌ها با محلول غذایی تنظیم گردید. تیمار کادمیوم نیز به‌صورت تزریقی، پس از سه هفته به گلدان‌ها اضافه شد. پس از برداشت گیاهان بعد از حدود ۱۲ هفته، ۰,۱ گرم بافت برگ تازه برای استخراج و سنجش کلروفیل از روش لیختن و تالر (۱۹۷۵) برده شد. برای این منظور ۰/۱گرم بافت برگ تازه به قطعات کوچک تقسیم شد. پس از آن نمونه گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملا ساییده شد. سپس لوله فالکون‌ها را به مدت ۳ تا ۴ روز در محیط کاملا تاریک در یخچال قرار می‌دهیم. سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS، مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح ۱ درصد و رسم نمودارها از Excel استفاده شد.

$$\text{کلروفیل a} = \frac{۱۲,۷ \times D(۶۶۳) - ۲,۶۹ \times D(۶۴۵) \times \text{حجم نمونه}}{\text{وزن بافت تازه} \times ۱۰}$$

$$\text{کلروفیل b} = \frac{۲۲,۹ \times D(۶۴۵) - ۴,۶۸ \times D(۶۶۳) \times \text{حجم نمونه}}{\text{وزن بافت تازه} \times ۱۰}$$

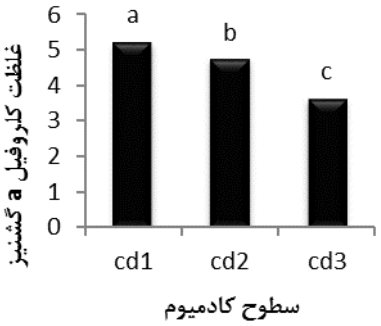
$$\text{کلروفیل کل} = \frac{۲۰,۲ \times D(۶۴۵) + ۸,۰۲ \times D(۶۶۳) \times \text{حجم نمونه}}{\text{وزن بافت تازه} \times ۱۰}$$

$$\text{کاروتنوئید} = \frac{۱۰۰۰ \times D(۴۷۰) - (\text{کلروفیل } a) - ۵۸,۲ (\text{کلروفیل } b)}{۱۹۸}$$

نتایج و بحث:

کلروفیل a:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که بین سطوح مختلف کادمیوم از لحاظ اثر بر میزان غلظت کلروفیل a گیاه گشنیز تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد.



شکل ۱- اثرات سطوح مختلف کادمیوم (Cd1 =۰، Cd2 =۲۵، Cd3 =۵۰) بر غلظت کلروفیل a گیاه گشنیز

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول۲) مشاهده گردید، تیمار شاهد (بدون کادمیوم)، با میانگین ۵/۲۳۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بیش‌ترین و تیمار دارای ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم با میانگین ۳/۶۳۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر، کم‌ترین غلظت کلروفیل a را دارا می‌باشند. با افزایش یون کادمیوم از مقدار رنگدانه‌های گیاهی به طور معنی‌دار کاسته می‌شود که می‌تواند به دلیل جانشین شدن فلز سنگین به جای منیزیم مرکزی کلروفیل اشاره کرد که این جانشینی سبب

کاهش دریافت نور به وسیله کلروفیل و منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود (کوپر، ۱۹۹۸). در سویا نیز کاهش میزان کلروفیل و نیز فتوسنتز در اثر افزایش غلظت کادمیوم گزارش شده است (زو و همکاران، ۲۰۱۳). مشاهدات انجام شده توسط شی و همکاران (۲۰۱۰) نیز به عدم تغییر محتوای رنگریزه‌های کلروفیلی در سطوح پایین‌تر کادمیوم اعمال شده بر گیاه گلرنگ اشاره داشت. وی بیان می‌کند که وجود فرآیندهای محافظتی مانند آنتی اکسیدانت‌ها و یا باند شدن کادمیوم با پپتیدها می‌تواند سیستم فتوسنتزی گیاه را تحت تاثیر قرار دهد.

جدول ۱- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه گشنیز

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیلa	کلروفیلb	کارتنوئید	کلروفیل کل
کادمیوم	۲	۱۲/۰۶۷۱۹۶۱۶**	۷/۱۵۶۹۶۶۲۲**	۳/۸۲۳۱۷۳۵۱**	۸/۵۹۰۹۴۴۴۳**
خطای آزمایشی	۸	۰/۱۵۳۹۰۷۳۵	۰/۱۴۲۱۷۹۳۷	۰/۰۴۵۳۶۴۷۸	۰/۱۲۴۹۹۵۵۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/۶۴	۹/۲۳	۹/۳۴	۱۱/۰۸

** و * و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪، معنی‌دار در سطح ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف کادمیوم (۰= Cd1، ۲۵= Cd2، ۵۰= Cd3) بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه گشنیز

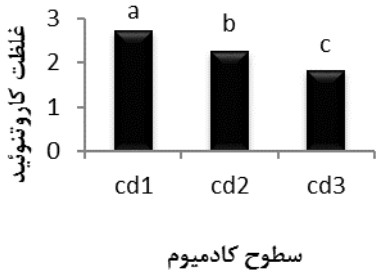
اثرات متقابل	کلروفیل a (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)	کلروفیل کل(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)
Cd1	۵/۲۳۶۴^{a}	۴/۶۵۸۸^{a}	۲/۷۴۳۳۴^{a}	۳/۹۰۲۹^{a}
Cd2	۴/۷۳۵۸^{b}	۴/۱۷۷۹^{b}	۲/۲۶۹۲۸^{b}	۳/۱۳۷۱^{b}
Cd3	۳/۶۳۶۴^{c}	۳/۴۰۸۷^{c}	۱/۸۲۱۷۳^{c}	۲/۵۲۴^{c}

در هر ستون، اعدادی که دارای حرف مشترک می‌باشند از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

کلروفیل b:

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جد.ل ۲) مقدار غلظت کلروفیل کل تحت تنش کادمیوم کاهش می‌یابد. کوپر و همکاران (۱۹۹۸) معتقدند که علت این امر این است که کادمیوم با فلز آهن در رقابت می‌باشد، بنابراین ریشه به جای آهن، کادمیوم را جذب می‌کند و نهایتا کادمیوم جای فلز منیزیم را در مولکول کلروفیل اشغال می‌کند و به این ترتیب در سنتز کلروفیل اختلال رخ می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می‌دهد که میان سطوح مختلف کادمیوم از لحاظ اثر بر غلظت کلروفیل b تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد. شکل۲ اثرات سطوح مختلف کادمیوم را بر غلظت کلروفیل b نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، با افزایش سطوح کادمیوم، غلظت کلروفیل b کاهش می‌یابد. به نحوی که با مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم، با میانگین ۳/۴۰۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر، کم‌ترین غلظت کلروفیل را به خود اختصاص داده است. بررسی‌ها نشان داده است که کادمیوم سبب کاهش مقدار کلروفیل کل، کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها در گیاهان عالی می‌شود. اکبر نعمتی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که کاربرد کادمیوم

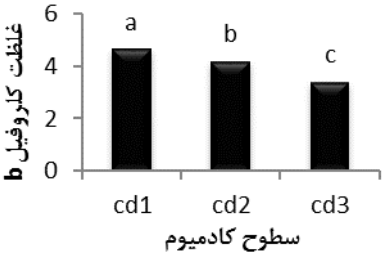
شاخص کلروفیل برگ در گیاه گوجه فرنگی را به طور معنی‌دار در سطح ۱ درصد کاهش داد. علت تأثیر مهار کادمیوم بر میزان کلروفیل عمدتاً به علت تخریب ساختار کلروپلاست، مهار سنتز کلروفیل و افزایش سرعت تجزیه کلروفیل است.



شکل ۲- اثرات سطوح مختلف کادمیوم (Cd1 =۰، Cd2 =۲۵، Cd3 =۵۰) بر غلظت کلروفیل b گیاه گشنیز

کارتنویید:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که میان سطوح مختلف کادمیوم از لحاظ اثر بر غلظت کارتنویید گشنیز تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۱). شکل ۳ اثرات سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت کارتنویید را نشان می-دهد.



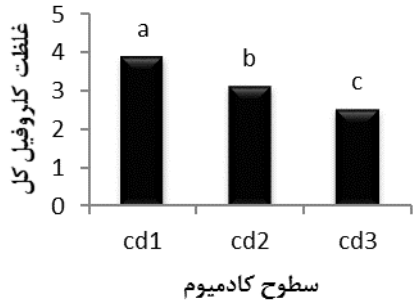
شکل ۳- اثرات سطوح مختلف کادمیوم (Cd1 =۰، Cd2 =۲۵، Cd3 =۵۰) بر غلظت کارتنویید گیاه گشنیز

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌گردد که با افزایش سطوح کادمیوم، غلظت کارتنویید کاهش می‌یابد. به طوری که در تیمار شاهد، ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم، به ترتیب دارای ۲/۷۴۳۳۴، ۲/۲۶۹۲۸، ۱/۸۲۱۷۳ میلی-گرم بر کیلوگرم وزن تر غلظت کارتنویید می‌باشند. کارتنویید یکی از رنگدانه‌های کلیدی و مهم سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان بوده که گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرنویید را تشکیل می‌دهند و به تخریب اکسیداتیو نیز حساس می‌باشند. کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تحت تیمار کادمیوم می‌تواند به دلیل آسیب‌های اکسیداتیو باشد. هم‌چنین این کاهش در اثر بازدارندگی مراحل مختلف سنتز کلروفیل و رنگدانه‌های کارتنوییدی است. مطالعات انجام گرفته روی گیاه آزولا نشان داد با کاربرد کادمیوم باعث کاهش محتوی کارتنوئید شده است (Dai etal., 2006) نتایج این آزمایش با نتایج شریعت و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت.

کلروفیل کل:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که میان سطوح مختلف کادمیوم از لحاظ اثر بر غلظت کلروفیل کل گشنیز تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول۱). شکل ۴ اثرات سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت کارتنویید را نشان

می‌دهد. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جد.ل ۲) مقدار غلظت کلروفیل کل تحت تنش کادمیوم کاهش می‌یابد. کوپر و همکاران (۱۹۹۸) معتقدند که علت این امر این است که کادمیوم با فلز آهن در رقابت می‌باشد، بنابراین ریشه به جای آهن، کادمیوم را جذب می‌کند و نهایتا کادمیوم جای فلز منیزیم را در مولکول کلروفیل اشغال می‌کند و به این ترتیب در سنتز کلروفیل اختلال رخ می‌دهد. فتوسنتز نیز به کادمیوم حساس بوده و کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در تثبیت CO_2 از اهداف مهم کادمیوم می‌باشند.



شکل ۴- اثرات سطوح مختلف کادمیوم (Cd1 =۰، Cd2 =۲۵، Cd3 =۵۰) بر غلظت کلروفیل کل گیاه گشنیز

نتیجه گیری:

کادمیوم یکی از فلزات سنگین که اثرات سو آن در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است. طی پژوهش حاضر، با افزایش یون کادمیوم، مقدار رنگدانه‌های گیاهی کاهش می‌یابند. به طوری که میان سطوح مختلف کادمیوم از لحاظ اثر بر رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنویید، کلروفیل کل) تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. کادمیوم باعث تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود که نتیجه‌ی آسیب‌های اکسیداتیو است و در نتیجه باعث کاهش سنتز پروتیین و تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود. فتوسنتز نیز به کادمیوم حساس بوده و کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در تثبیت CO_2 از اهداف مهم کادمیوم می‌باشند، اما این تأثیر بســـته به غلظت، مرحله رشـــدی و گونه گیاهی فرق دارد.

منابع:

۱- ر. امیدبیگی، ۱۳۷۶، رهیافت‌های تولید و فناوری گیاهان دارویی، انتشارات طراحان نشر، جلد ۲، صفحه ۳۴۹.

۲- شریعت، آناهیتا.، عصاره، محمد حسن و قمری زارع، عباس. ۱۳۸۹. اثر کادمیوم بر برخی پارامترهای فیزیولوژی در *Eucaliptus occidentalis*. مجله علوم و فنون کشاورزی، علوم آب و خاک، سال چهاردهم، شماره پنجاه و سه، ص. ۱۵۳-۱۴۵.

۳- نعمتی، اکبر.، گلچین، احمد و بشارتی، حسین. ۱۳۹۴. بررسی اثرات کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گوجه فرنگی در یک خاک آلوده به کادمیوم. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۹(۱): ۳۶-۲۳.

4- Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R., Zehnalek, J., Havel, L. and Kizek, R. (2008) Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review. Environmental Chemistry Letters 6: 189-213.

5- Dai, L. P., Xiong, Z. T., Huang, Y. and Li, M. J. (2006) Cadmium-induced changes in pigments total phenolics, and phenylalanine ammonialyase activity in fronds of Azolla imbricata. Environmental Toxicology 21: 505-12.

6- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. PP. 383-409. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of soil Analysis. Part 1.,. Madison, WI: USA, SSSA.

7- Kabata-Pendias A. and Arun B. M., 2007, Trace elements from soil to human, Springer Science & Business Media.

8- Küpper, H., Küpper, F. and Spiller, M. 1998. In situ detection of heavy metal substitution chlorophylls in water plants. Photosynthesis Research, 58: 123-133.

9- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of phytosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.

10- Rhoades JD, 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Pp.417-435. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

11- Sharma, A., Johri, B. N., Sharma, A. K. and Glick, B. R. 2003. Plant growth-promoting bacterium Pseudomonas strain GRP3 influences iron acquisition in mungbean (*Vigna radiate* L. Wilzeck). Soil Biol. Biochem., 35(7): 887-894.

12- Shi, G., Liu, C., Cai, Q., Liu, Q. and Hou, C. 2010. Cadmium accumulation and tolerance of two safflower cultivars in relation to photosynthesis and antioxidative enzymes. Bulletin of Environmental Contamination of Toxicology, 85: 256–263.

13- Sollito D. Romic M. Castrignano A. Romic D. and Bakic H., 2010, Assessing heavy metal contamination in soils of the Zagreb region (Northweast Croatia) using multivariate geostatistics, Catena, 80: 182-194.

14- Thomas GW, 1996. Soil pH and soil acidity. Madison, WI. pp. 475-490. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsis USA: Soil Science Society of America Society of Agronomy.

12- Xue, Z. C., Gao, H. Y. and Zhang, L. T. (2013) Effects of cadmium on growth, photosynthetic rate and chlorophyll content in leaves of soybean seedlings. Biologia Plantarum 57: 587-59.

Abstract:

On the one hand, the development of technology and the growth of industrial activities and on the other hand, failure to comply with environmental requirements have caused large amount of pollutants, including heavy metals, to enter the environment in recent decades. Cadmium is an unnecessary heavy metal for plants that is rapidly absorbed by the roots. The present study was performed in order to investigate effectiveness of Cadmium on Coriander (*Coriandrum sativum* L.) photosynthetic pigments. This experiment was carried out at the research greenhouse of Khuzestan agricultural sciences and natural resources university during 2016 based on completely randomized design included 9 pot and three levels of Cadmium (0-25-50 mg/kg) treatment with 3 replicates. Based on the results of analysis of variance, different levels of Cadmium had a significant effect on the amount of photosynthetic pigments. As the levels of Cadmium increased, the amount of photosynthetic pigments decreased.

بررسی رابطه بین فاکتور غلظت زیستی نیکل با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌شده با گندم

غزاله سلیمی[1]، مژگان یگانه[2]، سینا عباس‌نژاد[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست دانشگاه تهران (Salimi1374@gmail.com)

2- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (m.yeganeh@areeo.ac.ir)

3- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک گرایش فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه تهران (S.abbasnezhad@ut.ac.ir)

چکیده

در سال‌های اخیر آلودگی منابع آب و خاک با فلزات سنگین مشکلی جدی و روبه‌گسترش بوده است. با توجه به این‌که گیاهان نقش مهمی در انتقال فلزات سنگین برعهده دارند، بنابراین بررسی میزان جذب فلزات سنگین توسط گیاهان به‌خصوص گندم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش به‌منظور بررسی رابطه بین فاکتور غلظت زیستی (BCF) فلزات سنگین موجود در خاک با ویژگی‌های خاک و غلظت سایر عناصر موجود در خاک کشت‌شده با گندم صورت گرفت. ویژگی‌های خاک مورد بررسی شامل pH، هدایت الکتریکی (EC) و درصد کربن آلی می‌شود. عناصر مورد بررسی نیز شامل فسفر، نیتروژن، پتاسیم، سدیم، مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیم، سرب، کروم، کبالت و آرسنیک می‌باشد. مقادیر هریک از پارامترهای عنوان‌شده به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و محاسبه شدند. پس از آن آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS.24 انجام شدند. نتایج نهایی نشان دادند که یک رابطه معنادار میان فاکتور غلظت زیستی نیکل با درصد کربن آلی و همچنین غلظت فسفر در خاک وجود دارد. این رابطه به‌ترتیب از نوع مستقیم و معکوس می‌باشد.

واژگان کلیدی: فاکتور غلظت زیستی، نیکل، آلودگی خاک، BCF

مقدمه

خاک به‌عنوان یک بخش مهم از اکوسیستم زمینی، حامل انواع مختلفی از فلزات است و محیطی برای گسترش آن‌ها به جو، موجودات و پهنه آب نیز می‌باشد. بخشی از آن‌ها را فلزات سنگین تشکیل می‌دهند که ماندگار هستند، در خاک جمع می‌شوند و می‌توانند از زنده ماندن گیاهان و میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کنند. (Wu *et al*., 2020) تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های محیطی مانند خاک و رسوبات بدین جهت که این عناصر می‌توانند در محیط‌های آبی انتقال یابند، به‌واسطه گیاهان جذب شوند و یا به زنجیره غذایی ورود پیدا کنند، باعث ایجاد خطر جدی برای سلامتی انسان می‌شود. (Sobhanardakani and Habibi, 2016) وجود کنترل‌نشده فلزات سنگین در محیط‌زیست، می‌تواند به عواقب تهدید سلامتی مانند رشدونمو ضعیف، سرطان، آسیب به سیستم عصبی و حتی مرگ منجر شود. (Liu and Ma, 2020)

مطالعات زیادی به بررسی انتقال فلزات موجود در خاک به انواع مختلف گیاهان پرداخته‌اند که بیشتر به‌منظور ارزیابی کارایی گیاهان در فرایند گیاه‌پالایی انجام شده‌اند. برای دست‌یابی به این هدف اندازه‌گیری شاخص BCF (فاکتور غلظت زیستی، BioConcentration Factor) ضروری بوده است. جهانبخشی و همکاران (۱۳۹۱) تاثیر گیاه‌پالایی شاهی و اسفناج در خاک‌های آلوده به کادمیم و کروم را با یکدیگر مقایسه کرده‌اند. آن‌ها پس از تعیین غلظت فلزات سنگین در بافت گیاه و تعیین غلظت کل فلزات سنگین در خاک به محاسبه فاکتور غلظت زیستی پرداخته‌اند و براساس نتایج حاصل‌شده دریافته‌اند که هر دو گونه اسفناج و شاهی برای گیاه‌جذبی کادمیم و کروم در فناوری گیاه‌پالایی مناسب هستند و در غلظت‌های بالای کروم، استفاده از گیاه شاهی جهت گیاه‌پالایی توصیه نمی‌شود.

همچنین خرمی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی ارزیابی توان گیاه درمنه دشتی در گیاه‌پالایی سرب و نیکل در منطقه دفن پسماند محمدآباد شهر قزوین پرداخته‌اند. در این پژوهش فاکتورهای تجمع زیستی و و انتقال نشان داده‌اند که گیاه مورد مطالعه با BCF = 1.10 and 0.33 و TF = 0.78 and 0.81 (Translocation Factor) به‌ترتیب برای فلزات سرب و نیکل، برای پالایش فلز سرب از خاک‌های آلوده مناسب هستند.

مطالعات زیادی در مورد رابطه بین فاکتور تجمع زیستی و بخش خوراکی محصولات کشاورزی که خوراک انسان هستند انجام نشده است. یافتن این ارتباط و امکان پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها در خوراک انسان با گذشت زمان از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی ارتباط میان BCF آلاینده‌های نیکل در مزارع گندم استان کرمانشاه با ویژگی‌های خاک نظیر pH، EC و درصد کربن آلی و غلظت این عناصر در خاک است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

نمونه‌های خاک و دانه گندم از مزارع استان کرمانشاه واقع درغرب کشور ایران انتخاب شدند. مختصات جغرافیایی این منطقه ۳۴،۳۱۴۲ درجه شمالی ۴۷،۰۶۵۰ درجه شرقی است. میانگین دمای سالانه آن ۱۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۴۵۶/۸ میلی‌متر است.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های شیمیایی نمونه‌های گیاه

مزارع گندم مورد مطالعه تحت انواع مختلف کودهای دامی (مرغی، گاوی و گوسفندی)، شیمیایی (پتاس، اوره، سولفات و فسفات) و کمپوست قرار گرفتند. نمونه‌برداری از ۱۳ مزرعه گندم تحت کودهای متفاوت به‌صورت تصادفی به‌همراه نمونه‌های شاهد انجام پذیرفت. نمونه‌های گیاه پس از نمونه‌برداری بلافاصله به محل آماده‌سازی نمونه‌های گیاه انتقال یافتند. نمونه‌های گیاه بعد از بوجاری آسیاب شدند و به محل آزمایشگاه منتقل شدند. آنالیز و سنجش میزان غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه هضم ماکروویو Microwave Digestion و با افزودن نیتریک‌اسید و آب‌اکسیژنه انجام شد. جهت اندازه‌گیری میزان غلظت عناصر میکرو گیاه، از روش افزودن اسیدکلریک دونرمال استفاده شد. پس از آماده کردن عصاره‌ها، جهت اندازه‌گیری میزان غلظت عناصر منگنز، آهن، روی و مس از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی Atomic Absorption Spectrometer استفاده شد. اندازه‌گیری میزان غلظت پتاسیم با استفاده از دستگاه نورسنج شعله‌ای Flame Photometer انجام گردید. جهت اندازه‌گیری میزان غلظت فسفر نمونه‌های گیاه، آمونیوم مولیبدو واناتبه به عصاره‌ها افزوده شد و پس از آن، از دستگاه طیف‌سنج نوری Spectrophotometer استفاده شد.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های شیمیایی نمونه‌های خاک

نمونه‌برداری خاک متناظر با نمونه‌های گندم و در عمق 0-20 سانتی‌متری سطح زمین انجام شد. پس از انتقال به بخش آماده‌سازی نمونه‌های خاک، نخست این نمونه‌ها هوا خشک شدند. پس از آن با پتک چوبی کوبیده شدند و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری برخی از عناصر مثل فلزات سنگین نیازمند ذرات کوچک‌تری است لذا پس از ساییده شدن مقداری از خاک نمونه‌ها، از الک ۰،۵ میلی‌متری نیز عبور داده شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه، جهت اندازه‌گیری غلظت جهت اندازه‌گیری غلظت کل عناصر مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیم، سرب، کروم، کبالت و آرسنیک ابتدا ۰،۲۵ گرم از نمونه عبورداده‌شده از الک ۰،۵ میلی‌متری برداشته شد. روش هضم اسیدی با افزودن نیتریک‌اسید، هیدروفلوریک‌اسید و پرکلریک‌اسید انجام شد. پس از اتمام مرحله عصاره‌گیری، عناصر مورد نظر با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت القائی Inductively Coupled Plasma اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان غلظت پتاسیم در خاک براساس استانداردهای مربوطه با استفاده از دستگاه نورسنج شعله‌ای Flame Photometer انجام گردید. جهت اندازه‌گیری فسفر نمونه‌های خاک از دستگاه طیف‌سنج نوریSpectrophotometer استفاده شد. اندازه‌گیری درصد کربن آلی نیز به روش والکلی بلک انجام پذیرفت. اندازه‌گیری عناصر میکرو قابل جذب نیز به روش عصاره‌گیری با DTPA انجام گرفت. اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک، به‌ترتیب در گل و عصاره اشباع تعیین شد.

در این پژوهش، پس از به‌دست‌آوردن غلظت عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیم، سرب، کروم، کبالت و آرسنیک در خاک و نمونه متناظر گیاه گندم، محاسبه ضریب BCF بر اساس رابطه (1) انجام شد.

$$BCF = \frac{\text{غلظت فلز سنگین مواد گیاهی برداشت شده}}{\text{غلظت فلز سنگین خاک}} \quad (۱)$$

براساس فاکتور غلظت زیستی (BCF) پتانسیل گونه گیاهی برای تثبیت و استخراج گیاهی مشخص می‌شود و از میزان BCF>1 به همین منظور استفاده می‌شود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از محاسبه BCF هر عنصر، نخست از نرمال بودن داده‌های مرتبط با هر پارامتر اطمینان حاصل گردید و چنانچه داده‌ها نرمال نبودند، به روش‌های متداول (لگاریتم طبیعی یا ریشه دوم) نرمال شدند. سپس همبستگی BCF عناصر نیکل با پارامترهای خاک (pH، EC، OC) و غلظت عناصر اندازه‌گیری‌شده در خاک، محاسبه گردید. پس از آن از BCF عنصر مورد نظر با مواردی که همبستگی بیشتری ایجاد می‌کردند، رگرسیون چندگانه گرفته شد و مقدار ضریب تعیین R Square حاصل‌شده بررسی گردید. با کاستن یا افزودن پارامترهای مختلف مقادیر R Square و معناداری آماری Statistical Significanceحاصل‌شده مورد قضاوت قرار گرفت تا مطلوب‌ترین نتایج به دست آیند.

نتایج و بحث

یافته‌ها

مقادیر پارامترهای خاک شامل pH، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی و بافت خاک، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- مقادیر pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی و بافت خاک

کد نمونه	pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	کربن آلی (٪)	بافت خاک
1	7.71	1.39	1.37	C
2	7.7	0.44	1.01	Si-C
3	8.1	1.84	2.2	C/Si-C
4	7.97	0.6	1.57	C-L
5	7.95	0.6	1.18	C
6	7.88	1.9	1.27	C
7	7.88	0.4	1.07	Si-C
8	7.92	0.6	1.08	Si-C
9	7.98	0.68	1.37	Si-C/C
10	8.09	0.44	1.27	Si-C
11	7.89	0.28	0.88	Si-C

در جدول ۲، مقادیر غلظت نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل جذب، سدیم محلول، مس، روی و منگنز کل، نیکل، کادمیم، سرب، کروم، کبالت و آرسنیک کل در نمونه‌های خاک آورده شده است.

جدول2- مقادیر غلظت‌های فسفر، نیتروژن، پتاسیم، سدیم، مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیم، سرب، کروم، کبالت و آرسنیک در خاک

کد نمونه	فسفر قابل‌جذب (ppm)	نیتروژن کل (٪)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)	سدیم محلول (ppm)	مس کل (ppm)	روی کل (ppm)	منگنز کل (ppm)	نیکل کل (ppb)	کادمیم کل (ppb)	سرب کل (ppb)	کروم کل (ppb)	کبالت کل (ppb)	آرسنیک کل (ppb)
1	16.6	0.14	460	493	51.07	105.35	786.72	147.07	0.36	9.90	194.27	27.32	9.00
2	4.2	0.1	261	49	50.07	98.23	1046.3	180.54	0.31	3.39	256.63	35.59	8.21

6.55	35.98	280.55	12.98	0.39	358.88	702.23	88.90	52.55	634	471	0.22	5.2	3
5.36	46.09	381.68	4.43	0.30	466.08	738.75	56.30	32.96	114	420	0.16	20	4
10.93	25.23	170.01	6.41	0.31	159.04	653.47	63.15	32.14	107	288	0.12	7.2	5
9.00	39.71	254.04	7.22	0.28	325.1	699.44	64.94	37.40	482	244	0.13	5.6	6
13.02	28.61	193.08	11.51	0.41	170.64	869.39	97.84	47.43	38	410	0.11	7.6	7
7.75	39.82	273.27	4.79	0.30	350.84	699.74	67.49	39.92	196	362	0.11	6	8
7.62	32.11	230.82	8.16	0.44	254.66	726.29	77.40	41.41	338	420	0.14	23.8	9
10.14	24.24	184.87	5.48	0.31	167.81	687	75.09	36.47	87	362	0.13	21.4	10
10.05	25.54	171.67	7.00	0.41	150.53	770.53	80.44	40.33	291	410	0.09	4.6	11

پس از بررسی جدول مقادیر همبستگی، برای BCF نیکل، سه متغیر مستقل کربن آلی، غلظت فسفر و نیکل موجود در خاک مد نظر قرار گرفت. با اعمال رگرسیون چندگانه بین مقادیر این متغیرها، نتایج زیر حاصل گردید که در جداول ۳، ۴ و ۵ مشاهده می‌کنید.

جدول3- شاخصه‌های آنالیز آماری برای رگرسیون چندگانه بین BCF نیکل به‌عنوان متغیر وابسته و درصد کربن آلی، غلظت فسفر و نیکل خاک به‌عنوان متغیرهای مستقل

شاخصه‌های آنالیز آماری	ضریب همبستگی R	ضریب R Square تعیین	Adjusted R Square ضریب تعیین تعدیل‌شده	انحراف معیار خطای تخمین
مقادیر	0.918[a]	0.843	0.776	9.61110

a. Predictors: (Constant), Ni, P, OC

جدول4- تحلیل واریانس (Anova) برای رگرسیون چندگانه بین BCF نیکل به‌عنوان متغیر وابسته و درصد کربن آلی، غلظت فسفر و نیکل خاک به‌عنوان متغیرهای مستقل

	مجموع مربعات	درجه آزادی df	میانگین مربعات	F	معناداری آماری Sig.
رگرسیون	3480.916	3	1160.305	12.561	0.003[b]
باقی‌مانده	646.613	7	92.373		
مجموع	4127.529	10			

a. Dependent Variable: BCFNi

b. Predictors: (Constant), Ni, P, OC

جدول5- ضرایب حاصل‌شده برای رگرسیون چندگانه بین BCF نیکل به‌عنوان متغیر وابسته و درصد کربن آلی، غلظت فسفر و نیکل خاک به‌عنوان متغیرهای مستقل

	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری آماری Sig.
	B	خطای استاندارد	Beta		
(ثابت)	84.559	47.025		1.798	0.115
P	-1.975	0.421	-0.744	-4.693	0.002
OC	74.032	15.866	0.897	4.666	0.002
Ni	-6.789	8.870	-0.140	-0.765	0.469

مطابق جدول ۵، معناداری آماری برای دو متغیر مستقل فسفر و کربن آلی، کمتر از 0.01 و برای نیکل بیشتر از 0.05 است یعنی BCF نیکل با غلظت نیکل در خاک رابطه معناداری ندارد ولی با غلظت فسفر و کربن آلی در خاک رابطه معناداری در سطح 0.01 دارد. همچنین در جدول فوق دیده می‌شود که ضرایب حاصل‌شده برای فسفر و نیکل منفی و برای کربن آلی مثبت است. بنابراین این‌گونه استنتاج می‌شود که افزایش درصد کربن آلی و کاهش غلظت فسفر خاک منجر به افزایش نیکل در گیاه می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج آنالیز آماری نشان می‌دهند که درصد کربن آلی با BCF نیکل یک همبستگی معنادار ایجاد می‌کند و بین این دو پارامتر رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. بدین معنا که افزایش درصد کربن آلی در خاک منجر به افزایش غلظت نیکل در گیاه می‌شود. همچنین بررسی‌های دیگر نشان می‌دهد که یک همبستگی معنادار بین BCF نیکل و غلظت فسفر در خاک وجود دارد. رابطه میان این دو پارامتر معکوس است؛ بدین معنا که افزایش غلظت فسفر در خاک، کاهش غلظت نیکل در گیاه را در پی خواهد داشت. بنابراین با مدیریت میزان کربن آلی و فسفر خاک می‌توان قابلیت جذب و انتقال نیکل به بخش خوراکی گندم (دانه گندم) را کاهش داد.

لازم به ذکر است این نتایج در مورد خاک‌هایی مشابه با خاک‌های مورد بررسی در این پژوهش قابل‌توصیه است انجام مطالعات بیشتر با داده‌های بیشتر و در مناطق مختلف با ویژگی‌های متفاوت خاک توصیه می‌شود.

همچنین در این پژوهش فقط رابطه همبستگی نشان داده شده است و به اثبات رابطه علت‌ومعلولی نتایج فوق پرداخته نشده است؛ بااین‌وجود ضروری است با بررسی واکنش‌ها و تعاملات بین خاک و گیاه نتایج مطرح‌شده را اثبات نمود.

فهرست منابع

۱ – جهانبخشی، ش، رضایی، م. سیاری‌زهان، م. (1391).مقایسه تاثیر گیاه‌پالایی شاهی و اسفناج در خاک‌های آلوده به کادمیوم و کروم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک 10 (38).67-59

2 – Khorami Pour, S., Mafi Gholami, R., & Jahani, A. (2019). An Investigation on the Possibility of Heavy Metal (Pb and Ni) Phytoremediation from Plant Artemisia Sieberi in Mohammadabad Waste Disposal Site in Ghazvin. *Journal of Environmental Science and Technology*, *21*(10), 93-105. (In Persian)

3 – Liu, Y., & Ma, R. (2020). Human health risk assessment of heavy metals in groundwater in the luan river catchment within the north China Plain. *Geofluids*, *2020*.

4 – Sobhanardakani, S., & Habibi, H. (2016). Investigation of Heavy Metals Content in Sediments of Shirin Su Wetland, Western Iran.

5 – Wu, Z., Zhang, L., Xia, T., Jia, X., & Wang, S. (2020). Heavy metal pollution and human health risk assessment at mercury smelting sites in Wanshan district of Guizhou Province, China. *RSC Advances*, *10*(39), 23066-23079.

Investigation of the Relationship between Nickel BioConcentration Factor with Physical and Chemical Properties of Wheat Cultivated Soil

Ghazaleh Salimi[1], Mojgan Yeganeh[2], Sina Abbasnezhad[3]
1 – M. Sc of Environmental Engineering, University of Tehran
2 – Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran
3 – M. Sc of Soil Science and Engineering, University of Tehran

Abstract

In recent years, contamination of water and soil resources with heavy metals has been a serious and growing problem. Due to the fact that plants play an important role in the transport of heavy metals, so the study of the absorption of heavy metals by plants, especially wheat, is of particular importance. This study was conducted to investigate the relationship between bio-concentration factor (BCF) of heavy metals in soil and soil properties and concentrations of other elements in soil cultivated with wheat. Soil properties include pH, electrical conductivity (EC) and organic carbon content. The elements studied also include phosphorus, nitrogen, potassium, sodium, copper, zinc, manganese, nickel, cadmium, lead, chromium, cobalt and arsenic. The values of each of the mentioned parameters were measured and calculated by standard methods. Statistical analyzes were then performed using Excel and SPSS.24. The final results showed that there is a significant relationship between the bio-concentration factor of nickel with the content of organic carbon and also the concentration of phosphorus in the soil. This relationship is direct and inverse, respectively.

Keywords: BioConcentration Factor, BCF, Nickel, Soil Pollution

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بررسی اثر دما و زمان بر جذب آمونیوم از آب توسط نانو ذره زئولیت

نازلی وفایی فرد[۱]، شهریار مهدوی[۲]، محبوبه ضرابی[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر nazli_vafai68@yahoo.com

۲-دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۳-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

چکیده

آلودگی آب و خاک نگرانی بزرگ زندگی انسان در چند دهه اخیر محسوب می‌شود.

هدف از این تحقیق بررسی اثر دما و زمان بر جذب آمونیوم توسط نانو ذره زئولیت بود. ماهیت و اندازه نانو ذره زئولیت با دستگاه XRD تعیین شد و اندازه گیری آمونیوم به ~~اتد~~روش رنگ‌سنجی در طول موج ۵۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. به این منظور شرایط جذب در آب تحت تاثیر دما و زمان مورد بررسی قرار گرفت که اعداد بدست آمده و مقدار جذب به ترتیب در ۲۰ درجه سانتی گراد (۱۷/۸درصد) و ۶۰ دقیقه (۱۷/۲ درصد) بود سپس داده ها به معادلات سینتیکی وترمودینامیکی برازش، که معادله سینتیکی شبه مرتبه دوم در مقایسه با شبه مرتبه اول با ضریب تبیین ۰/۹۹۹ برازش بهتری داشت. ثابت های معادلات ترمودینامیکی نشان داد که جذب آمونیوم یک واکنش خود به خودی، گرمازا و با افزایش بی نظمی همراه بود.

کلمات کلیدی: آب، آمونیوم، زئولیت، جذب، نانو

مقدمه

آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی به یون‌های نیترات و آمونیوم در مناطق مختلف جهان به صورت مشکلی جدی مطرح شده است(Cho et al.(2010. یون آمونیوم علاوه بر سمی بودن، می‌تواند اکسیژن محلول آب‌های پذیرنده فاضلاب‌های صنعتی، خانگی و کشاورزی را پایین آورده و حیات موجودات آبزی را به خطر اندازد لذا حذف و کنترل آن در آب امری اجتناب ناپذیر می‌باشد(EPA (1993. در حال حاضر جذب سطحی به دلیل کم هزینه بودن، سادگی و راهبری آسان مورد توجه قرار گرفته است فناوری نانو می تواند به عنوان یک فناوری جدید برای تصفیه آب مطرح باشد Bhatnagar and Sillanpaa(2011) با توجه به طرح ملی فناوری نانوی ایالات متحده، یک ماده می‌تواند به عنوان یک نانو مواد یا نانو ذرات قرار گیرد اگر اندازه آن در دو یا چند بعد در دامنه 1 تا 100 نانومتر باشد Engler(2007). به طور کلی زئولیت‌ها، آلومینوسیلیکات‌های آب‌داری‌اند و ساختار آن‌ها به صورت چهار وجهی‌هایی است که مرکز آن‌ها غالبا با اتم سیلسیم یا آلومینیم اشغال شده و اتم‌های اکسیژن در چهار راس آن قرار گرفته‌اند. با اتصال این چهار وجهی‌ها به یکدیگر، کانال‌ها و حفراتی تشکیل شده که مکان‌های مناسبی برای جایگزینی آب، مایعات، گازها و مولکول‌ها می‌باشند پیروی و همکاران(۱۳۹۱). Celik et al.(2001) مقدار جذب و تبادل کاتیونی یون آمونیوم را به وسیله کانی‌های زئولیت از گروه کلینوپتیولایت و سپیولایت[1] در روش ستونی مورد بررسی قرار دادند. در هر دو حالت رس کلینوپتیولایت مقدار زیادی از یون‌های آمونیوم را جذب کردند. لذا این تحقیق به منظور تاثیر دما و زمان بر نانو ذره زئولیت در جذب آمونیوم از آب انجام گردید.

مواد و روش ها

[1] Cipolite

Formatted: Complex Script Font: B Nazanin

Formatted: Complex Script Font: B Nazanin

Formatted: Complex Script Font: B Nazanin

Formatted: Complex Script Font: B Nazanin

از نمک سولفات آمونیوم برای تهیه محلول‌های استاندارد آمونیوم استفاده شد و برای سنجش آمونیوم از نمک‌های سدیم سالیسیلات ($Nac_7H_5O_3$)، نیتروپرو ساید سدیم ($Na_2Fe(CN)_5$ NO.$2H_2O$)، هیپوکلریت سدیم، سدیم پتاسیم تارتارات ($NaKC_4H_4O_6.H_2O$)، نمک دی‌سدیم فسفات (Na_2HPO_4) و NaOH استفاده و با دستگاه اسپکتوفوتومتری به روش رنگ سنجی در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت شد Tan (2005) . نانو ذره زئولیت از شرکت سیگما آلدریچ[۲] که اندازه کلیه ذرات کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر بود تهیه شد.

آزمایش اثر دما: ۱۲/۵ میلی گرم برلیتر از محلول ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر آمونیوم بر حسب نیتروژن بر ۲ گرم برلیتر جاذب اضافه و به مدت ۲۴ ساعت در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد در انکوباتور قرار داده ضمنا نمونه ها یک ساعت قبل و بعد از قرار گرفتن در انکوباتور شیک شده و با فیلتر واتمن صاف و برای قرائت با دستگاه آماده می کنیم.

معادله‌های ترمودینامیکی برای داده‌های دما به قرار زیر است:

$$\Delta G^0 = - R\ T\ \ln K_d \qquad (۱)$$

$$\Delta G^0 = \Delta H - T\Delta S^0 \qquad (۲)$$

R: ثابت گازها (ژول بر مول در کلوین)، T: دما کلوین، K_d: ضریب توزیع (لیتر بر گرم) که وابسته به غلظت است، ΔG^0: انرژی آزاد گیبس (کیلو ژول بر مول)، ΔH^0: (کیلو ژول بر مول)، ΔS^0: (ژول بر مول در کلوین) می باشند بوهن (۱۹۷۹).

K_d= ضریب توزیع برابر با q_e/C_e (سانتی‌متر مکعب بر گرم)، که از نقطه آخر ایزوترم جذب محاسبه می‌شود.

θ= رطوبت حجمی است عباسی(۱۳۸۶).

آزمایش اثر زمان: شرایط آزمایش مثل مرحله قبل است فقط زمان های آزمایش به ترتیب شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰دقیقه می باشد و نمونه ها در دمای معمولی اتاق قرار داده می شود.

برای بررسی سرعت جذب آمونیوم از معادلات سنتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم مورد استفاده شد که به قرار زیر هستند:

معادله شبه مرتبه اول

$$\text{Log}\ (q_e - q_t) = \text{Log}q_e - \left[\frac{K1}{2.393}t\right] \qquad (۳)$$

q_e= مقدار یون های جذب شده بر روی جاذب بر حسب میلی‌گرم در گرم در زمان

q_t= مقدار یون‌های جذب شده بر روی جاذب بر حسب میلی‌گرم در گرم در زمان

K_1= ثابت معادله بر حسب یک بر دقیقه Chabani(2009) , Erenturk and malkoc(2007).

معادله شبه مرتبه دوم

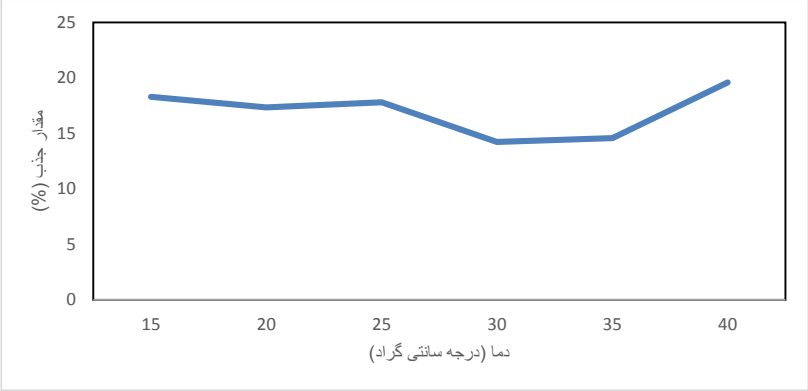
$$t/q_t = 1/K_2 .qe^2 + (1/q_e) \times t \qquad (۴)$$

K_2= ثابت سرعت (گرم بر میلی گرم در دقیقه)، بقیه فاکتورها مشابه معادله شبه مرتبه اول می باشند Seliem et al(2013).

بحث و نتایج

نتایج حاصل از اثر دما بر میزان جذب آمونیوم در

[2] Sigma-Aldrich



شکل۱- اثر دما بر نانو ذره زئولیت

جدول۱- ضرایب معادله ترمودینامیکی

دما (درجه سانتی‌گراد)	Ln Kd	ΔG^0 (KJ.mol^{-1})	ΔH^0 (KJ.mol^{-1})	ΔS^0 (J. mol^{-1}. K^{-1})
۱۵	-	-۱۳/۵۶		
۲۰	1.242562802	-۱۳/۶۹		
۲۵	+۵/۶۶ -	-۱۳/۸۳	-۱۳/۱۶	-۱/۶۰
۳۰	1.285915176	-۱۳/۳۳		
۳۵	+۵/۶۲ -	-۱۳/۶۳		
۴۰	1.32539953	-۱۳/۷۵		
	+۵/۵۸ -			

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt, Superscript

Formatted Table

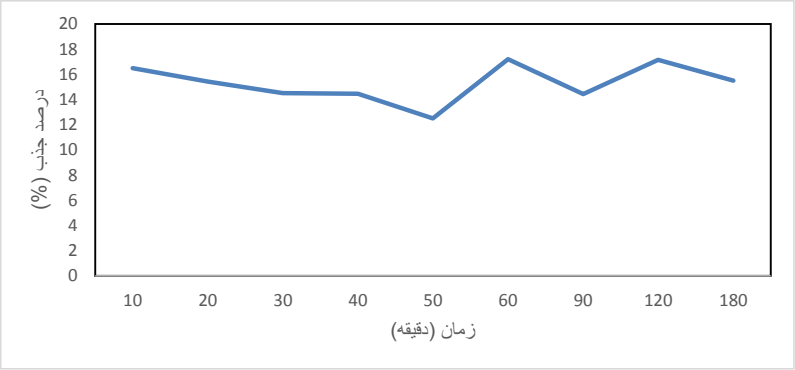
Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Nazanin, 10 pt, Superscript

Formatted: Font: 12 pt, Not Bold, Complex Script Font: B Nazanin, 12 pt, Not Bold

Formatted: Font: 12 pt, Not Bold, Complex Script Font: B Nazanin, 12 pt, Not Bold

~~1.615395526~~

با توجه به ضرایب بدست آمده از جدول (۲) ΔG^0 انرژی آزاد گیبس مقدارش منفی است و این دلالت بر این موضوع دارد که واکنش خود به خوی است، ΔH^0 یا آنتالپی واکنش نیز دارای علامت منفی است که بیانگر آن است که واکنش جذب در این حالت گرمازا بوده و آنتروپی واکنش نیز نشان دهنده ی افزایش بی نظمی است.



شکل۲- اثر زمان بر نانو ذره زئولیت

شکل(۲) مقدار جذب آمونیوم توسط نانو جاذب زئولیت در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه و در غلظت ۶۰ گرم بر لیتر را نشان می دهد. به منظور تعیین بهترین مکانیزم جذب معادلات سینتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم بر سرعت جذب برازش داده شد.

جدول ۲- ثابت های سینتیکی شبه مرتبه دوم

معادله سینتیکی شبه مرتبه دوم		
$K2(g.mg^{-1}.min^{-1})$	$qe(mg.g^{-1})$	R^2
۱۵/۵	۰/۰۶۲	۰/۹۹۸

بیشترین مقدار جذب و ثابت های معادله محاسبه و در جدول (۲) آورده شد. از بین معادلات ذکر شده معادله سینتیکی شبه مرتبه دوم به نحو بهتری بر داده ها با ضریب تبیین ۰/۹۹۸ برازش پیدا کرده است.

مطالعات انجام شده بر جذب آمونیوم: در بررسی اثر زمان و دما بر روی جذب آمونیوم از آب راندمان جذب برای نانو ذره زئولیت در زمان ۶۰ دقیقه با درصد ۱۷/۲ و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد ۱۷/۸ درصد بدست آمد و نتایج برازش معادلات سینتیکی و ترمودینامیکی نشان داد که معادله شبه مرتبه دوم با ضریب تبیین ۰/۹۹۸ برازش بهتری نسبت به معادله شبه

مرتبه اول دارد و معادله ترمودینامیکی نشان داد که جذب آمونیوم یک واکنش خود به خودی است و واکنش گرمازا بوده و آنتروپی با افزایش بی نظمی همراه است.

آنالیز به روش پراش اشعه ایکس انجام شد که اندازه کریستال نانو ذره زئولیت با توجه به معادله شرر ۵۲/۹ نانومتر بدست آمد. اثرات زمان و دما بر روی حذف آمونیوم از آب بررسی شد و راندمان حذف برا زئولیت در زمان تعادل ۶۰ دقیقه (۱۷/۲ ٪) و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد (۱۷/۸ ٪) به دست آمد. نتایج برازش معادلات سینتیکی و ترمودینامیکی نشان داد معادله شبه مرتبه دوم با ضریب تبیین ۰/۹۹۸ برازش بهتری نسبت به معادله شبه مرتبه اول دارد و معادله ترمودینامیک نشان داد که حذف آمونیوم یک واکنش خود به خودی است و واکنش گرمازا بوده و آنتروپی یا افزایش بی نظمی همراه است. لذا می توان نتیجه گیری کرد که جذب آمونیوم با استفاده از این نانو ذره زئولیت به دلیل ساده بودن روش و کم بودن هزینه و کارایی بالای جذب مطلوب به نظر می رسد.

فهرست مراجع

بوهمن، ه. ل.، مک نیل، ب. ل، اوکنر، ج. آ. (۱۹۷۹). شیمی خاک (ترجمه: مجللی، ح). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران: (سال انتشار به زبان فراسی ۱۳۶۶).

پیروی، س.، ظهیری، ر.، مرادی هرسینی، ک.، شایسته عظیمیان، ح. (۱۳۹۱). بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی وکانی‌شناسی زئولیت‌های معدن افتر سمنان. مجله علوم زمین، ۲۴(۹۴)، ۲۷-۳۶.

عباسی، ف. (۱۳۸۶). *فزیک خاک پیشرفته*. تهران: دانشگاه تهران.

Bhatnagar, A., Kumar, E., & Sillanpää, M. (2010). Nitrate removal from water by nano-alumina: Characterization and sorption studies. *Chemical Engineering Journal*, *163*(3), 317-323.

Celik, M. S., Özdemir, B., Turan, M., Koyuncu, I., Atesok, G., & Sarikaya, H. Z. (2001). Removal of ammonia by natural clay minerals using fixed and fluidised bed column reactors. *Water Science and Technology: Water Supply*, *1*(1), 81-88.

Chabani, M., Amrane, A., & Bensmaili, A. (2009). Equilibrium sorption isotherms for nitrate on resin Amberlite IRA 400. *Journal of Hazardous materials*, *165*(1), 27-33.

Cho, D.-W., Chon, C.-M., Jeon, B.-H., Kim, Y., Khan, M. A., & Song, H. (2010). The role of clay minerals in the reduction of nitrate in groundwater by zero-valent iron. *Chemosphere*, *81*(5), 611-616.

Englert, B. C. (2007). Nanomaterials and the environment: uses, methods and measurement. *Journal of Environmental Monitoring*, *9*(11), 1154-1161.

EPA, U. (1993). Process Design Manual: Nitrogen Control. Washington, DC: US Environmental Protection Agency. Report nr 625: R-93/010

Erentürk, S., & Malkoç, E. (2007). Removal of lead (II) by adsorption onto Viscumalbum L.: Effect of temperature and equilibrium isotherm analyses. *Applied surface science*, *253*(10), 4727-4733.

Seliem, M. K., Komarneni, S., Byrne, T., Cannon, F., Shahien, M., Khalil, A., & El-Gaid, I. A. (2013). Removal of nitrate by synthetic organosilicas and organoclay: Kinetic and isotherm studies. *Separation and Purification Technology*, *110*, 181-187.

Tan, K. H. (2005). *Soil sampling, preparation, and analysis*: CRC press.

The effects of time and temperature on Amonium removal from water by Zeolite nanoparticles

Nazli Vafae fard[1], Shahriar Mahdavi[2], Mahboubeh Zarrabi[3]

1-Masters student of soil scince, College of Agriculture, Malayer Universiry, nazli_vafai68@yahoo.com

2-Associate professor of soil scince, College of Agriculture, Malayer University

3-Assistant professor of soil scince, College of Agriculture, Malayer University

Abstract

Water and soil pollution have been a major human concern in recent decades.The purpose of this study was to evaluate the effect of temperature and time on the water amonium removal by zeolite nanoparticles.
XRD device was determined and measured nature and size of zeolite nanoparticles. Amonium was determined by colorimetric method and spectrophotometer at Wavelength of 560 nm. For this purpose, adsorption in the water affected by temperature and time were investigated and data obtained was 20 C^0 (17/8%) and 60 minutes (17/2%). The data fitted the theoretical thermodynamic and kinetic equations between the equations of pseudo first order kinetics pseudo-second order because of higher coefficient determination (R^2=0.999) of pseudo second order bether fitted to data.Thermodynamic Equation constants showed that Amonium uptake was a spontaneous reaction because of negative amount of ΔG^0 and ΔH^0 (-13/16 kj.mol-1).these data revealed reactions was exothermic. Entropy of was reaction (-1/6 j.mol-1. K-1) that showed with reduce irregularity.

Keywords: Adsorbtion, Amonium, , Nano, Water, zeolite

اثرات آلاینده‌های نفتی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی، خصوصیات خاک و رشد گیاه

مهدی بهرامی[۱]، نیلوفر کریم پور[۲]، ایوب تاجبخت[۳]

۱- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، (bahrami@fasau.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، (nilok1967@gmail.com)

۳- اداره کل امور عشایر استان فارس، شیراز (atajbakht@yahoo.com)

چکیده

آلودگی منابع آب زیرزمینی در سال‌های اخیر تبدیل به یکی از جدیدترین مشکلات زیست‌محیطی در سراسر جهان شده است. از مهم‌ترین این آلوده‌کننده‌ها، آلاینده‌های نفتی و فراورده‌هایی است که در اثر نشت و تراوش هنگام ذخیره‌سازی و یا انتقال، با نفوذ به خاک، منابع آب زیرزمینی را آلوده می‌کند. وجود آلودگی نفتی باعث کاهش حاصلخیزی خاک، غیرقابل استفاده بودن آن برای کشاورزی، نفوذ آلودگی به آب‌های زیرزمینی و ورود آن به آب‌های سطحی شده و در برخی مکان‌ها باعث آلودگی هوا و اثرات منفی روی تنفس می‌شود. به علت همجواری با تأسیسات نفتی، آب‌های شرب نیز آلوده شده و جمعیتی از ساکنان این مناطق به انواع بیماری‌های پوستی و گوارشی مبتلا می‌شوند. بیشتر ترکیبات نفتی برای گیاه سمی بوده و باعث کاهش رشد و بروز تنش در گیاه می‌گردد. گیاهانی که کمتر تحت تأثیر سمیت آلاینده‌ها قرار می‌گیرند در چنین شرایطی سالم‌تر و مقاوم‌تر هستند و با ایجاد سیستم ریشه‌ای مناسب، رشد و گسترش بیشتری خواهند داشت. گیاهان مختلف پاسخ‌های یکسانی در برابر آلودگی نفتی از خود نشان نمی‌دهند و سطوح واکنش‌پذیری و میزان تحمل آنها متفاوت می‌باشد. گیاهان زراعی مانند ذرت، گندم، یولاف، آفتاب‌گردان، هویج، کلزا و سویا نسبت به آلودگی نفت خام تا حدی مقاوم گزارش شده‌اند.

واژگان کلیدی: آلاینده‌های نفتی، آب زیر زمینی، رشد گیاه، خاک.

مقدمه

خاک ماده ای اساسی برای توسعه اقتصادی و اجتماعی و یکی از ارزشمندترین منابع هر کشور است. خاک و اکوسیستم مزرعه ممکن است در اثر انتقال نفت و نشت نفت خام از ذخایر نفتی با هیدروکربن های نفتی آلوده شود. آلاینده ها دارای اثراتی روی بافت خاک و جمعیت میکروبی هستند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸). عدم رعایت معیارهای زیست محیطی از سوی شرکت های نفتی مربوطه، ایجاد زباله های آلوده ناشی از مواد نفتی و گسترش آن و همچنین وضعیت نامناسب فاضلاب های شهری و صنعتی باعث بروز مشکلات در آبخوان ها شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸). آلودگی های نفتی خاک در گیاهان باعث کاهش شاخص های رشد، کاهش رنگیزه های فتوسنتزی و افزایش مقدار پراکسید هیدروژن و آنتی اکسیدان های آنزیمی می شود. تلقیح باکتریایی باعث کاهش سمیت نفت خام و بهبود رشد گیاه شده است (رجایی و همکاران، ۱۳۹۵). اثرات منفی آلودگی‌های نفتی بر خاک زراعی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: ۱- به‌خاطر تراکم کم و ویسکوزیته بالاتر، نفت آسان تر جذب سطح خاک شده و نفوذ پذیری و تخلخل خاک را تحت تأثیر قرار می دهد. زیرا نفت غنی از کربن و مقدار کمی ترکیبات نیتروژن است، بنابراین می تواند ترکیب و ساختار مواد آلی خاک را تغییر دهد.

۲- میکروارگانیسم ها در محیط طبیعی و در خاک سالم و عاری از آلودگی به تعداد فراوان وجود دارند و می‌توانند در برابر آلودگی نفتی مقاومت کنند. باکتری سودوموناس میزان هیدروکربن های نفتی موجود در خاک را بعد از ۳۰ روز به میزان ۲۵ تا ۶۵ درصد کاهش می دهد. این میکروارگانیسم‌ها برای سازگاری با محیط آلوده آنزیمی خاص تولید می کنند، زیرا این باکتری ها به طور مؤثر ترکیبات نفتی را به مواد معدنی تبدیل می کنند. باکتری ها در این فرایند، ابتدا تولید بیوسورفکتانت نموده و نفت را در اب

امولسیونه می کنند، سپس سلول های باکتریایی به قطره های ریز نفت چسبیده و ترکیبات آن را درون خود جذب کرده و به عنوان منبع کربن و انرژی برای رشد استفاده می کنند.

۳- این آلودگی‌ها می‌تواند از طریق کاهش سرعت جوانه زنی و باروری و کاهش مقاومت در برابر آفات و بیماری ها مانع رشد طبیعی محصولات شود. علاوه بر این ترکیبات نفتی می‌تواند با نیتروژن و فسفر معدنی واکنش داده و باعث حذف نیتروژن و فسفر شده و سبب کاهش آنها در خاک شود. علاوه بر این برخی از هیدروکربن ها در دراز مدت اثرات سرطان زا و جهش ژنتیک را به همراه دارد که می‌تواند از طریق تنفس، تماس با پوست و حتی از طریق رژیم غذایی وارد بدن انسان یا حیوانات شود و عملکرد کبد و کلیه را تخریب نماید. بنابراین آلاینده های نفتی موجود در آب نه تنها بر روی کره زمین بلکه بر جو هم تأثیر می‌گذارد.

در چین بیش از ۴۰۰ میدان نفتی و گازی در سراسر کشور توزیع شده است که در طی فرایندهای توسعه- جمع آوری- تصفیه- ذخیره سازی و دلایل دیگر منجر به سرریز و انتشار گازهای هیدروکربن شده و باعث آلودگی های بسیاری می‌شود (Wang *et al.* 2017). از آلودگی‌های نفتی در ایران می‌توان به شکستگی خط لوله انتقال نفت خام مارون به اصفهان در منطقه سرخون چهارمحال و بختیاری اشاره کرد که در پی آن نفت به آرامی در منابع آب و خاک این منطقه نفوذ می‌کند. علاوه بر شکستگی‌های متوالی این خط لوله در سال‌های بعد، دفن غیراصولی لجن‌های نفتی تلمبه‌خانه گندمکار در بالادست چشمه سرخون نیز تاثیر به-سزایی روی کشاورزی، آب شرب و منابع آب زیرزمینی داشته است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸).

هدف از پژوهش حاضر، مروری بر اثرات آلاینده‌های نفتی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی، خصوصیات خاک و رشد گیاه با استفاده از نتایج مطالعات انجام شده در این زمینه می‌باشد. همچنین قابلیت روش گیاه پالایی برای حذف یا کاهش این آلاینده ها بررسی گردید.

اثر آلاینده های نفتی بر کیفیت آب زیرزمینی

آلودگی منابع آب زیرزمینی توسط آلاینده های نفتی یکی از نگرانی های اصلی زیست محیطی می باشد. مخازن زیرزمینی ذخیره فرآورده ها و مشتقات نفتی به دلیل پوسیدگی جدار آنها، به طور مرتب محیط و به ویژه منابع آب زیرزمینی را آلوده می نمایند. آلاینده های نفتی پس از این که خاک و آب های سطحی را آلوده کردند، وارد شبکه آب های زیرزمینی شده و کم کم همه وسعت این شبکه را در بر می گیرند. در بخش هایی که صخره های سخت وجود دارند، آبراهه های باریکی ایجاد می شوند که مسیر میانبری را برای حرکت سریع آلاینده ها به سیستم آب های زیرزمینی ایجاد می کنند. آلاینده های نفتی در اثر برخورد با موانع موجود در خاک، در بین سطوح به صورت افقی حرکت می کنند که منجر به گسترش آلاینده‌ها در ابعاد وسیع‌تری می‌شود. در صورت رسیدن آلاینده نفتی به آب‌های زیرزمینی ممکن است توده‌ای عدسی گونه از مواد نفتی تشکیل شود.

پس از نشت مواد نفتی اغلب هیدروکربن‌های با زنجیره بلند توسط باکتری‌های خاک تجزیه شده و در تقابل با آب، مواد نفتی با قابلیت حلالیت زیاد در آب حل شده و ستونی از آلودگی را تشکیل می‌دهند. ترکیباتی که قابل حل نیستند به صورت آزاد بر روی سطح ایستابی قرار می‌گیرند. از جمله این هیدروکربن‌ها می‌توان به بنزن، نفتالن، تولوئن، کرایسن و ... اشاره کرد. این مواد ممکن است حتی آب‌های زیرزمینی را برای همیشه غیر قابل استفاده نمایند.

میزان نفوذ مواد نفتی به خاک و در نتیجه آب زیرزمینی، به ویژگی‌های خاک و نیز ماهیت و کمیت مواد آلاینده بستگی دارد. مواد نفتی به علت دارا بودن ترکیبات آلی، سولفید گوگرد و فلزات سنگین، در صورت نفوذ در آب های زیرزمینی، استفاده از این منابع را مشکل یا غیر ممکن می نمایند. بر اثر این آلودگی در آب های زیرزمینی کشورهای توسعه نیافته از هر ۵ کودک یک نفر قبل از ۵ سالگی می میرد، که دلیل اصلی آن نیز عفونت و بیماری های ناشی از آب آلوده است.

اثر آلاینده های نفتی بر خصوصیات خاک

آلودگی خاک عبارت است از وجود، پخش یا آمیختن یک یا چند ماده خارجی در خاک که مقدار و کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن را طوری تغییر دهد که برای انسان یا سایر موجودات زنده یا گیاهان زیان آور باشد. هیدروکربن های نفتی در زمره آلاینده های خطرناک شامل ترکیباتی هستند که به صورت زیستی در زنجیره غذایی تجمع می کنند و خاصیت سمی دارند. این ترکیبات اثرات سوئی بر محصولات کشاورزی، آب های سطحی، آب های زیرزمینی و کیفیت خاک اراضی زراعی دارند. بنابراین ورود آنها به زنجیره غذایی از طریق خاک آلوده به شدت سلامت انسان را تهدید می کند.

این آلاینده ها می توانند خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک را تغییر داده، سبب کاهش آب، عناصر غذایی و اکسیژن موجود و قابل دسترس در خاک شود. خاصیت دفع آب (آبگریزی) خاک های آلوده به مواد نفتی به دلیل وجود ترکیبات آلی قطبی است. آلودگی خاک در اثر مشتقات نفتی بر پاسخ هیدرولوژیکی اراضی نیز اثر منفی می گذارد، به گونه ای که زمان رواناب کاهش یافته و ضریب رواناب، حجم رواناب و غلظت رسوب در قطعات آلوده به دلیل بالا رفتن قابلیت دفع آب ناشی از اثرات مواد آلاینده افزایش می یابد (Mohammadi *et al.* 2018).

Labud *et al.* (2007) اثرات انواع آلودگی های هیدروکربنی از قبیل گازوئیل، بنزین و نفت خام را در دو نوع خاک شنی و رسی تعیین کردند. طبق این مطالعات بیشترین اثر منفی در خاک های شنی آلوده به بنزین مشاهده شد و خاک های با مواد آلی بیشتر و مقدار رس کمتر توسط این نوع آلاینده ها بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرند.

به گزارش Tesar *et al.* (2002) کاهش زیست توده در خاک آلوده به گازوئیل تازه در غلظت های ۵ درصد و ۱۰ درصد بین ۳۷ تا ۵۵ درصد بود. بنابراین کاهش رشد گیاه می تواند ناشی از ترکیبات سمی نفت خام باشد که توسط گیاه جذب شده و با کاهش یکپارچگی غشاء سلولی باعث مرگ سلول می شود. از طرف دیگر تغییر خصوصیات خاک بر اثر ماهیت هیدروکربن های نفتی می تواند باعث کاهش رشد گیاه گردد.

Nseabasi *et al.* (2016) اثر آلودگی با نفت سفید را در چهار مزرعه با گیاهان مختلف بررسی کردند. نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که آلودگی نفتی دارای اثرات کاهشی در کمیت باکتری های هتروتروف و اثر افزایشی در کمیت باکتری های تجزیه کننده می باشد. تفسیر این پژوهشگران در خصوص این نتایج بدین صورت بود که تنش نفت سفید وارد شده بر جمعیت میکروبی خاک منجر به انتخاب گروه های باکتریایی می شود که قابلیت استفاده از نفت سفید را به عنوان منبع کربن داشته باشند و بنابراین جمعیت باکتریایی هتروتروف حساس از بین رفته و باکتری های تجزیه کننده بر کل جمعیت میکروبی غلبه می یابند.

اثر آلاینده های نفتی بر رشد گیاه

بیشتر ترکیبات نفتی برای گیاه سمی بوده و باعث کاهش رشد و نمو و بروز تنش در گیاه می گردد. تحقیقات زیادی کاهش در رشد و تولید زیست توده گیاه در خاک آلوده به نفت را گزارش کرده اند که این کاهش ممکن است نتیجه سمیت ذاتی مواد نفتی باشد. جذب مولکول های سمی نفت توسط گیاهان در خاک های آلوده می تواند نفوذپذیری و ساختار غشای پلاسمایی را تغییر دهد. فقدان خاصیت انتخابی غشاء، گیاه را از جذب آب بازداشته و باعث ایجاد تنش آبی می شود. گیاهانی که کمتر تحت تأثیر سمیت آلاینده ها قرار می گیرند در چنین شرایطی سالم تر و مقاوم تر هستند و با ایجاد سیستم ریشه ای مناسب، رشد و گسترش بیشتری خواهند داشت، لذا عملکرد پالایشی سیستم را افزایش می دهند. گیاهان زراعی مانند ذرت، گندم، یولاف، آفتاب گردان، هویج، کلزا و سویا نسبت به آلودگی نفت خام تا حدی مقاوم گزارش شده اند اما این مقاومت از واریته ای به واریته دیگر متفاوت می باشد. به عنوان مثال، رجایی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی اثر تنش آلودگی نفتی خاک طی فرایند گیاه پالایی بر دو گونه گیاه گراس (جو دوسر وحشی و جو زراعی) نتیجه گیری کردند که آلودگی نفتی خاک در هر دو گیاه باعث کاهش شاخص های رشد، رنگیزه های فتوسنتزی و افزایش مقدار پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، MDA (مالون دی آلدهید) و آنتی اکسیدان های آنزیمی (کاتالاز و پراکسیداز) و همچنین افزایش نسخه های ژن های *NCDE* و *COR2* شد که بیانگر بروز تنش اکسیداتیو در اثر آلودگی نفتی، مشابه با دیگر تنش های غیر زنده متداول بود. افزایش نسبت کلروفیل و کاهش شدیدتر وزن خشک اندام هوایی در جو دوسر

وحشی نسبت به جو زراعی نشان داد جو زراعی در برابر تنش آلودگی نفتی خاک مقاوم تر است. همچنین Martia *et al.* (2009) گزارش دادند که طول ریشه و ارتفاع یونجه در حضور آلودگی نفتی ناشی از لجن پالایشگاه نفت با غلظت ۵ درصد TPH کاهش یافت، با این حال گیاه سالم و قادر به ادامه حیات بود. همچنین Liste *et al.* (2006) بیش از ۵۰ درصد کاهش عملکرد شاخه و ریشه در آلودگی به نفت را مشاهده کردند.

گیاه پالایی

گیاه پالایی فناوری استفاده از گیاهان برای پاکسازی خاک های آلوده و یا آب می باشد. شرط اصلی برای پالایش آلودگی خاک توسط گیاهان توانایی گیاه برای تحمل و رشد تحت شرایط آلوده می باشد (رجایی و همکاران، ۱۳۹۵). گیاه پالایی، فناوری ارزان و مؤثری جهت کنترل آلودگی بوده که قادر به حذف طیف وسیعی از آلاینده های آلی است و به دلیل دارا بودن مزیت هایی مثل کمترین بهم خوردگی خاک، حجم کم ضایعات، جذب اشعه خورشید، پایداری بسیار خوب، سادگی کاربرد، امکان استفاده در سطح وسیع و کمک به رشد گیاهان دیگر جهت رفع آلودگی ها، مورد توجه خاص قرار گرفته است. گیاه پالایی با استفاده از مهندسی گیاهان سبز شامل گونه های علفی و چوبی برای برداشت مواد آلاینده از آب و خاک یا کاهش خطرات آلاینده های محیط زیست نظیر فلزات سنگین، عناصر کمیاب، ترکیبات آلی و مواد رادیواکتیو به کار برده می شود. این فناوری بستگی به کاربرد گیاهان جهت حذف، تجزیه یا تثبیت آلاینده ها در محل های آلوده نسبتاً کم عمق دارد. پالایش گیاهی از طریق فعالیت های مختلف بیولوژیکی عمل می کند و بستگی به طبیعت و شیمی آلاینده خاک دارد.

زیست پالایی خاک های آلوده به نفت تحت تأثیر عوامل شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی است. باکتری ها با تغذیه از هیدروکربن های موجود در خاک به عنوان منبع غذایی، باعث پاک سازی آلودگی های نفتی می شوند. به گیاهان اجازه داده می شود در خاک آلوده به ترکیبات نفتی رشد و مواد نفتی را با مکانیزم های خاصی تجزیه کنند. پژوهشگران زیادی به نقش مؤثر گیاهان در پالایش آلاینده های نفتی خاک اشاره کرده و علت این امر را به افزایش فعالیت میکروبی در ریزوسفر گیاه نسبت داده‌اند. در واقع گیاهان می توانند با انتقال بیشتر اکسیژن به ریزوسفر از طریق کانال های عبوری ریشه در خاک آلوده و نیز بهبود خاکدانه سازی، امکان تجزیه و تخریب بیشتر آلاینده های نفتی در خاک توسط فعالیت میکروارگانیسم ها را افزایش دهند. میکروارگانیسم ها نیاز به شرایط مناسبی برای رشد و زنده ماندن خود دارند که این عوامل شامل pH مناسب، دما، اکسیژن، شوری و عناصر غذایی است. با توجه به تنوع متابولیکی میکروارگانیسم ها و توان استفاده آنها از آلاینده های محیطی، با یک انتخاب مناسب می توان از آنها در جذب، کاهش و حذف کامل آلاینده های مختلف سود برد.

نتیجه‌گیری

نشت ترکیبات نفتی تحت تأثیر نیروهای مویینگی و ثقلی منجر به حرکت عمودی در خاک های غیراشباع شده، خلل و فرج خاک را پر می کند و در صورت زیاد بودن مقدار نشتی فاز مایع به سطح آب رسیده و در آنجا تجمع می یابد و به همراه آب های زیرزمینی حرکت کرده و به دلیل وزن مخصوص کمتر نسبت به آب در سطح آب شناور باقی می ماند. میکروب های خاک قابلیت معدنی کردن و تجزیه هر نوع ترکیب آلی را دارند. این خصوصیت کاهش آلاینده طبیعی اکوسیستم، در تصفیه بیولوژیک آلاینده های زیست محیطی اهمیت دارد. به علت کند بودن حرکت آب‌های زیرزمینی اگر این منابع آلوده شوند، باید سال‌هـــا بگـــذرد تا آب تحت تأثیر قرار گرفته و آلودگی در چـاهی ظاهر شود. بر این اساس سال‌های زیادی طول می‌کشد تا یک لایه آبدار آلوده شده پس از حذف منبع آلودگی به حالت نخستین برگردد، و اگر اقدام جدی در این خصوص به عمل نیاید کیفیت آب‌های زیرزمینی روز به روز بدتر خواهد شد.

فهرست منابع

۱- رجایی، س. سیدی، س.م. رئیسی، ف. شیران، ب. معظم جزی، م. (۱۳۹۵). اثر آلودگی نفتی خاک بر برخی ویژگی های فیزیولوژیکی و مولکولی گیاه. مجله پژوهش های سلولی و مولکولی (مجله زیست شناسی ایران) ۲۹ (۲). ۱۹۷-۱۸۱.

۲- ابراهیمی، س. شایگان، ج. ملکوتی، م.ج. بایبوردی، م. قدوسی، ج. اکبری، ع. آتش جامه، ا. (۱۳۸۸). بررسی نشر آلودگی هیدروکربنی در خاک محدوده پالایشگاه سرخون. پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۱۶(۴). ۱۰۱-۰.

3- Liste, H.H., Felgentreu, D. (2006). Crop growth culturable bacteria & degradation of petrol hydrocarbons (PHCs) in a long-term contaminated field soil. *Applied Soil Ecology*, 31, 43–52.

4- Martía, M.C., Camejoa, D., Fernández, N., Rellán, A.R., Marquesc, S., Sevilla, F., Jiméneza, A. (2009). Effect of oil refinery sludges on the growth & antioxidant system of alfalfa plants. *Journal of Hazardous Materials*, 171, 879–885.

5- Nseabasi, N.O., Antai, S.P., Bassey, I.U., Unimke, A.A. (2016). Chronic Kerosene Contamination and Variation in the Physicochemical and Heavy Metal Content of the Soil in Calabar, Cross River State, Nigeria. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 2(10), 2024-2099.

6- Wang,S.,Xu, Y., Lin, Z., Zhang, J., Norbu, N., Liu, W. (2017). The harm of petroleum-polluted soil and its remediation research. *AIP Conference Proceedings*, 1864, 020222.

7- Mohammadi, S., Homaee, M., Sadeghi, S.H. (2018). Runoff and sediment behavior from soil plots contaminated with kerosene and gasoil. *Soil and Tillage Research*, 182, 1-9.

8- Tesar, M., Reichenauer, T.G., Sessitsch, A. (2002). Bacterial rhizosphere populations of black poplar & herbal plants to be used for phytoremediation of diesel fuel. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 1883–1892.

9- Labud, V., Garcia, C., Hernández, T. (2007). Effect of hydrocarbon pollution on the microbial properties of a sandy and a clay soil. *Chemosphere*, 66(10), 1863-71.

Effects of petroleum pollutants on groundwater quality, soil properties, and plant growth

Mehdi Bahrami[1], Niloofar Karimpoor[1], Ayoub Tajbakht[2]

[1]Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran
[2]General Department of Nomadic Affairs of Fars Province, Shiraz, Iran

Abstract

Groundwater pollution has become one of the most serious environmental problems in recent years worldwide. The most important of these pollutants are petroleum contaminants and products that contaminate groundwater resources by leaching into the soil as a result of leakage during their storage or transportation. The presence of petroleum pollution leads to soil fertility reduction, soil unusability for agriculture, the penetration of pollution into groundwater and its entry into surface water, and air pollution and negative effects on respiration in some places. Because of its vicinity to petroleum facilities, drinking water is also polluted, and some residents of these areas suffer from various skin and gastrointestinal diseases. Most petroleum compositions are toxic to the plants and reduce growth and result in stress in the plant. Plants that are less affected by the toxicity of pollutants are healthier and more resistant in such conditions and will have more growth and expansion by creating a proper root system. Various plants have different levels of reactivity and tolerance to petroleum pollution and do not show the same responses. Crops such as corn, wheat, oats, sunflower, carrots, canola, and soybeans have been reported to be somewhat resistant to petroleum pollution.

Keywords: Petroleum Pollutants; Groundwater; Plant Growth; Soil