وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

پهنه‌بندی رقومی رطوبت خاک سطحی در شهرستان سمیرم با استفاده از روش رگرسیون کریجینگ

فاطمه رحمتی [۱*]، سعید حجتی [۲]، کاظم رنگزن [۳]، احمد لندی [۴]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: fa.rahmati25@gamil.com

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

در مدیریت اراضی، تهیه نقشه یکپارچه تغییرات رطوبت خاک با وضوح مکانی بالا و کیفیت مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. نقشه‌برداری رقومی خاک، کلیدی برای کمی کردن و ارزیابی تغییرپذیری ویژگی‌های خاک از قبیل رطوبت خاک به ویژه در مناطقی که نمونه‌برداری نشده یا به ندرت از آن‌ها نمونه‌برداری شده است. پژوهش حاضر با هدف برآورد رطوبت خاک با استفاده از رگرسیون کریجینگ در سمیرم، اصفهان صورت گرفته است. بر این اساس،۲۰۰ نمونه به طور منظم با فواصل ۵ کیلومتری از منطقه مطالعاتی (طول جغرافیایی ′ ۱۷ ° ۵۱ تا′۳° ۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ′ ۴۲ ° ۳۰ تا ′۵۱ ° ۳۱ شمالی) جمع‌آوری شد. همه مراحل مدل‌سازی رگرسیون کریجینگ با نرم افزارهای GS+، SAGA GIS، R و ArcGIS انجام گرفته است. متغیرهای کمکی شامل مشتقات نقشه رقومی ارتفاع و شاخص‌های طیفی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ به دست آمد. برای ارزیابی مدل از ضریب تبیین (R^2) و میانگین مربعات ریشه دوم خطا (RMSE) استفاده شد. نتایج آمار توصیفی نشان داد که میانگین رطوبت خاک در منطقه مطالعاتی ۳۶ درصد به دست آمد. همچنین مدل رگرسیون کریجینگ با ضریب تبیین و میانگین ریشه دوم مربعات خطای به ترتیب ۰/۹۸ و ۳ درصد دقت بالایی را در تغییرپذیری مکانی رطوبت خاک نشان داد.

واژگان کلیدی: تغییرات مکانی، تجزیه مولفه‌های اصلی، متغیرهای کمکی، رگرسیون کریجینگ

مقدمه

نقشه‌های رقومی رطوبت خاک می‌توانند به منظور برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از اراضی و مدیریت منابع آب و خاک و حوضه‌های آبخیز استفاده شوند. رقومی بودن این نقشه‌ها، موجب کاهش هزینه و زمان می‌شود. یکی از روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک روش رگرسیون کریجینگ[۱]است. روش رگرسیون کریجینگ، یک روش زمین‌آماری است که به محاسبه تغییرات محلی و روند منطقه‌ای تغییرات ویژگی‌های خاک می‌پردازد و مزایای فراوانی دارد. روش‌های زمین‌آماری نسبت به روش‌های آمار کلاسیک مجموعه‌ای وسیعی از تخمین‌گرهای آماری را برای برآورد ویژگی‌های موردنظر در مکان‌های نمونه‌برداری نشده با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه‌برداری شده را ارایه می‌دهند. با این

[۱] Regression Kriging

حال، نتایج روش کریجینگ زمانی در صورت کافی بودن تعداد نمونه‌ها قبول است که باعث افزایش هزینه و زمان نقشه‌برداری می‌شود. برای حل این مشکل از دیگر روش‌های زمین‌آماری مانند رگرسیون کریجینگ استفاده می‌شود (Liao et al., 2013). کارایی بالای روش رگرسیون کریجینگ به نحو مطلوبی در پیش‌بینی و نقشه‌برداری ویژگی‌های خاک توسط پژوهشگران گزارش شده است (Adhikari et. al., 2014; Aksoy et. al., 2016; Rossel and Bui, ۲۰۱۶). با توجه به اهمیت تهیه نقشه خصوصیات خاک برای هر منطقه و مزایای روش رگرسیون کریجینگ، پژوهش حاضر با هدف تهیه نقشه رقومی رطوبت خاک با دقت قابل قبول با استفاده از روش رگرسیون کریجینگ در شهرستان سمیرم استان اصفهان صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شهرستان سمیرم در استان اصفهان می‌باشد. شهرستان سمیرم با مساحت ۵۲۲۴ کیلومتر مربع در جنوب غربی استان اصفهان قرار گرفته است و بین طول جغرافیایی ′ ۱۷ ° ۵۱ تا ′۳ ° ۵۲ شرقی وعرض جغرافیایی ′ ۴۲ ° ۳۰ تا ′ ۵۱ ° ۳۱ شمالی واقع شده است. به منظور انجام این پژوهش تعداد ۲۰۰ نمونه از لایه سطحی خاک (۱۰ سانتیمتر فوقانی) به روش نمونه‌برداری منظم با فواصل نمونه‌برداری ۵ کیلومتر برداشت شد و موقعیت دقیق هریک از نمونه‌ها در منطقه با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی(GPS[1]) ثبت گردید. اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌وسیله خشک کردن نمونه ها در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۲۴ ساعت صورت گرفت. در این پژوهش، متغیرهای کمکی و شاخص‌های پوشش گیاهی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره لندست ۸ با استفاده از نرم‌افزارهای ArcMap نسخه ۱۰/۴/۱ و SAGAGIS نسخه ۶/۴/۰ تهیه شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 و روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مهم‌ترین متغیرهای کمکی انتخاب گردیدند. مراحل مدل رگرسیون کریجینگ شامل آماده کردن نقشه‌های کمکی یا محیطی و تعیین متغیر هدف و محاسبه سطح روند، مدل‌سازی رگرسیونی بین متغیر هدف و پارامترهای کمکی، محاسبه واریوگرام باقی‌مانده‌ها، مدل‌سازی مکانی و تهیه نقشه نهایی با مجموع باقی‌مانده‌ها و نقشه-برداری مکانی متغیر هدف می‌باشد (Odeh et al., 1995). در این مطالعه روش رگرسیون کریجینگ با استفاده از نرم‌افزارهای SAGAGIS ، R نسخه ۴/۲/۰ (بسته gstat)، +GS نسخه ۵/۱/۱ و ArcMap ۱۰/۴/۱ اجرا گردید. برای ارزیابی دقت نتایج، از مقدار ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) (معادله ۱) و ضریب تبیین (R^2) (معادله ۲) استفاده شد. در معادله‌های ۱ و ۲، x_o مقدار اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، x_e مقدار برآورد شده، n تعداد داده‌ها و SD انحراف معیار می‌باشد.

$$RMSE=[1/n\sum(x_o - x_e)]^{1/2} \quad (۱)$$

$$R^2=[(\sum(x_e - \bar{x}_e) (x_o - \bar{x}_o))/(\sum(x_e - \bar{x}_e)^2(x_o - \bar{x}_o)^2)] \quad (۲)$$

نتایج و بحث

جدول ۱ خلاصه آماری ویژگی‌های نمونه‌های خاک را نشان می‌دهد. مقدار میانگین برای رطوبت خاک به ترتیب برابر با

[1] Global Positioning System

۰/۸۹ محاسبه گردیده است. براساس طبقه‌بندی Wilding (۱۹۸۵) ضریب تغییرات کمتر از ۱۵ نشان دهنده تغییرپذیری کم، ضریب تغییرات ۱۵ تا ۳۵ درصد نشان دهنده تغییرپذیری متوسط و ضریب تغییرات بالاتر از ۳۵ درصد نشان دهنده تغییرات زیاد ویژگی‌های خاک در منطقه می‌باشد. بر این اساس ضریب تغییرات درصدرطوبت خاک برابر با ۲۱/۷ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد رطوبت خاک دارای تغییرات کم است.

جدول ۱- توصیف آماری ویژگی‌های خاک در منطقه مطالعاتی

ویژگی آماری	سیلت (٪)	شن (٪)	رس (٪)	کربن آلی (٪)	کربنات کلسیم معادل (٪)	واکنش خاک	رطوبت حجمی (٪)	هدایت الکتریکی خاک (dS/m)
میانگین	۳۹/۵۲	۳۱/۲۶	۲۷/۴۷	۰/۸۹	۳۱/۶	۷/۶	۳۶	۰/۶
حداکثر	۵۶	۷۰	۱۵	۲/۱۷	۷۰	۸/۱۵	۴۶	۱/۵۲
حداقل	۱۰	۵	۴۰	۰/۳	۵	۷	۲۶	۰/۲۹
دامنه	۴۶	۶۵	۲۵	۱/۸۷	۶۵	۱/۱۵	۲	۱/۲۳
انحراف معیار	۱۰/۰۸	۱۵/۷۱	۵/۱۴	۰/۱۹	۳/۸۷	۰/۱	۳/۱	۰/۱۷
ضریب تغییرات	۲۶	۵۰	۱۹	۲۱/۷	۱۲/۴	۱/۳۴	۸/۶۱	۲۸/۷۴

در این پژوهش، مهمترین متغیرهای کمکی شناسایی شده توسط روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (نتایج نمایش داده نشده است) برای مدل‌سازی پراکنش مکانی رطوبت سطحی خاک شامل جهت شیب[۱] سطح مبنای شبکه زهکشی[۲] شیب حوضه[۳] انحنای کلی[۴] ارتفاع[۵] انحنای طولی[۶] شاخص توازن جرم[۷] مساحت اصلاح شده حوضه[۸] شیب[۹] مساحت سطح[۱۰] طول شیب[۱۱] شاخص موقعیت توپوگرافی[۱۲] فاصله عمودی تا شبکه آبراهه‌ای[۱۳] شاخص پوشش گیاهی تعدیل

[۱] Aspect
[۲] Channel Network Base Level
[۳] Catchment slope
[۴] Total Curvature
[۵] Height
[۶] Longitudinal Curvature
[۷] Mass Balance
[۸] Modified catchment area
[۹] Slope
[۱۰] Surface Area
[۱۱] Slope length
[۱۲] Topographic position Index
[۱۳] Vertical distance to channel network

شده خاک[1] شاخص پوشش گیاهی تغییر شکل یافته[2] شاخص پوشش گیاهی تفاضلی[3] شاخص پوشش گیاهی تغییر شکل یافته، شاخص پوشش گیاهی نسبی[4] شاخص پوشش گیاهی تغییر شکل یافته تصحیح شده[5] و انحنای عمومی[6] بودند. جدول ۳ مقادیر نیم تغییرنما برای درصد رطوبت خاک را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است برای کریجینگ مقادیر باقی‌مانده در روش رگرسیون کریجینگ از روش کریجینگ معمولی استفاده شده است. به طور کلی در مطالعات زمین‌آماری، وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک از طریق نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه تعریف می‌شود. هرگاه این نسبت کمتر از ۲۵ درصد باشد وابستگی مکانی قوی است، اگر بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد. وابستگی مکانی متوسط و هنگامی که بالاتر از ۷۵ درصد باشد وابستگی مکانی ضعیف می‌باشد (Hojati, 2019). نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه ۸۴/۱ درصد به دست آمد. بنابراین وابستگی مکانی در نیم تغییرنمای روش کریجینگ برای رطوبت خاک قوی به دست آمد. بر این اساس بهترین مدل برای رطوبت خاک مدل کروی بود.

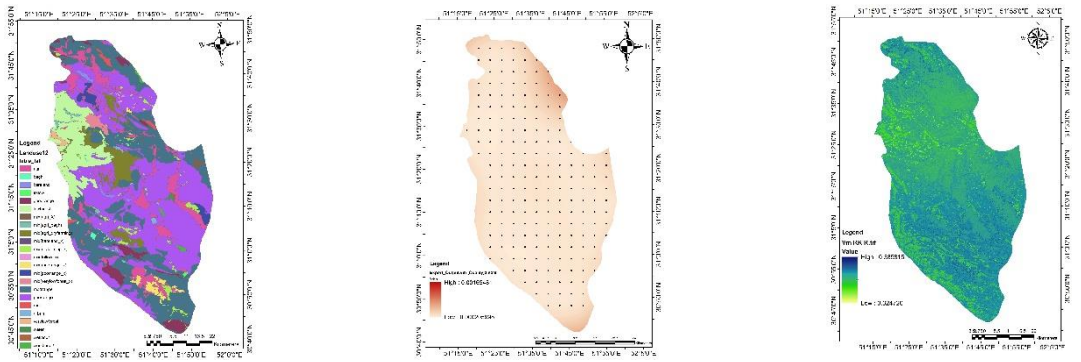
جدول ۳- مقادیر نیم تغییرنمای تجربی برازش داده شده به داده‌های آزمایشی در برآورد تغییرات مکانی رطوبت خاک

نسبت ناهمسانگردی	شعاع تأثیر Range (Km)	اثر قطعه‌ای/آستانه(%) Nugget/Sill (%)	آستانه Sill	اثر قطعه ای Nugget	مدل Model
۰/۸۴	۳۸/۶	۸۴/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۶	کروی

یکی از روش‌های بررسی ناهمسانگردی بیضی همسانگردی است. هر چند که شاخص دقیقی برای کمی کردن میزان ناهمسانگردی وجود ندارد، ولی در صورتی که نسبت بزرگترین شعاع بیضی بر کوچترین شعاع آن کمتر از ۲/۵ می‌توان از این ناهمسانگردی صرفنظر کرد. نسبت ناهمسانگردی ۰/۸۴ به دست آمد. بنابراین واریوگرام رطوبت خاک همسانگرد بود. نتایج اعتبارسنجی و ارزیابی مدل رگرسیون کریجینگ نشان می‌دهد که مدل رگرسیون کریجینگ برای برآورد میزان رطوبت خاک با مقادیر RMSE، و R^2 به‌ترتیب ۳ درصد و ۰/۹۸ مناسب است (Goovaerts, 1997). شکل ۱ نقشه نهایی درصدرطوبت خاک به روش رگرسیون کریجینگ، نقشه واریانس خطای روش رگرسیون کریجینگ و نقشه کاربری اراضی را نشان می‌دهد. نقشه خطای تخمین رطوبت خاک در روش کریجینگ نشان می‌دهند که از آنجایی که در حاشیه نقشه ها فقط نقاط یک سمت محدده مطالعاتی در میان یابی ها استفاده می شوند، خطای تخمین در این نواحی بیشتر است. در نقشه به دست آمده از روش رگرسیون کریجینگ رطوبت خاک کل منطقه از ۳۲ تا ۳۹ درصد تخمین زده شده است. تغییرات کم رطوبت خاک در منطقه مطالعاتی را می‌توان با توجه به نقشه کاربری اراضی منطقه توجیه نمود که بیشترین سهم از مساحت منطقه (۷۲ درصد) مربوط به مراتع فقیر با پوشش گیاهی کم می‌باشد (مناطق با رنگ بنفش)

[1] Soil adjusted vegetation index
[2] Transformed vegetation index
[3] Difference vegetation index
[4] Ratio vegetation index
[5] Corrected transformed vegetation index
[6] General curvature

و به طور عمده شامل مراتع کوهستان‌های نسبتاً سرد با گیاهان یکساله است. در همین راستا سایر محققین نیز محتوای رطوبت خاک را به اثر فاکتورهای توپوگرافی، تغییرات دما، نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی مرتبط می‌دانند (Fatholomi et al., 2021)



(ج) (ب) (الف)

شکل ۱- الف) نقشه رطوبت خاک به روش رگرسیون کریجینگ، ب)نقشه واریانس خطای رگرسیون کریجینگ و نقاط نمونه‌برداری و ج) نقشه کاربری اراضی منطقه

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از روش رگرسیون کریجینگ و تجزیه مولفه‌های اصلی برای شناسایی متغیرهای محیطی موثر در پیش‌بینی رطوبت خاک، توانسته است نقشه تغییرات مکانی رطوبت را در کل منطقه مورد مطالعه با دقت بالا پیش‌بینی کند. از این رو، پیشنهاد می‌شود از رویکرد ارائه شده در این مطالعه برای نقشه‌سازی تغییرات رطوبت خاک در مناطق با شرایط اقلیمی و جغرافیایی مشابه استفاده نمود.

فهرست منابع

Adhikari, K., Hartemink, A.E., Minasny, B., Bou Kheir, R, Greve, M.B., Greve, M.H. (۲۰۱٤). Digital Mapping of Soil Organic Carbon Contents and Stocks in Denmark. PLoSONE, 9(8): e105519.

Aksoy, E., Yigini, Y., Montanarella, L. (۲۰۱٦). Combining Soil Databases for Topsoil Organic Carbon Mapping in Europe. PLoS ONE, 11(3): e0152098.

Fathololoumi, S., Vaezi, A. R., Alavipanah, S. K., Ghorbani, A., Saurette, D., Biswas, A. (2021). Effect of multi-temporal satellite images on soil moisture prediction using a digital soil mapping approach. Geoderma, 385, 114901.

Goovaerts, P. (1997). Geostatistics for Natural Resources Evaluation. 1st Edition, Oxford University Press, London, 496 p.

Hojati, S. (2019). Use of spatial statistics to identify hotspots of lead and copper in selected soils from north of Khuzestan Province. Archives of Agronomy and Soil Science, 65(5): 654-669.

Liao, K., Xu, S., Wu, J., Zhu, Q. (۲۰۱۳). Spatial estimation of surface soil texture using remote

sensing data. Soil Science and Plant Nutrition, 59(4): 488-500.
Odeh, I.O.A., McBratney, A.B., Chittleborough, D.J. (۱۹۹۵). Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: heterotopic Cokriging and regression-kriging. Geoderma, 67(3–4): 215–226.
Rossel, R.A.V., Bui, E.N. (۲۰۱۶). A new detailed map of total phosphorus stocks in Australian soil. Science of the Total Environment. 542: 1040-1049.
Wilding, L. (۱۹۸۵). Soil Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. pp. 166-194. In Soil Spatial Variability. Nielson, D.R., Bouma, J. (ed.), Pudo. 1985. Wagenigen, Netherland.

Digital Mapping of Soil Volume Moisture Percent in Semirom County Using Regression Kriging Model

Fateme Rahmati*[1], Saeid Hojati[2], Kazem Rngzan[3], Ahmad Landi[4]

1*- Corresponding Author Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. Email: Fa.Rahmati25@gail.com.
2- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.
3- Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Earth Science, Shahid Chamran University of Ahvaz.
4- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.

Abstract
Preparation of soil moisture map with high spatial resolution and appropriate quality is important in land management. Digital soil mapping (DSM) is a key for quantifying and assessing the variation of soil properties such as soil moisture especially in un-sampled and scarcely sampled areas. The present research performed to estimate soil moisture using regression kriging in Semirom, Isfahan. A total number of 200 soil samples were collected regularly with sampling distance of 5 Km from the study area (51º 17' - 52º 3' E; 30º 42' - 31º 51' N). All steps of modeling for regression kriging were performed employing GS+, SAGA GIS, Rstudio and ArcGIS soft wares. The environmental variables, including the Digital Elevation Model (DEM) derivatives and spectral indices extracted from Landsat 8 Satellite images, were used in modeling. Two statistics were used for evaluating the performance of the built model, namely the coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE). The results of the descriptive statistics showed that the mean value for soil moisture content was 36%. Also, regression kriging model with a coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE) of 0.98 and 3%, respectively, showed high accuracy in modeling the spatial variability of soil moisture across the study area.
Keywords: Spatial variability, Principal Component Analysis, Auxiliary Variables, Regression

Kriging

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

کمپوست زباله شهری و اثر آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

معصومه مکوندی[۱]*

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان؛
MAKVANDI2021@gmail.com

۱. چکیده

استفاده از کمپوست زباله شهری به عنوان یک اصلاح کننده آلی یکی از راههای تبدیل زباله شهری به کمپوست برای استفاده در بخش کشاورزی به منظور تامین بخشی از نیتروژن مورد نیاز و افزایش عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت خاک است. کاربرد کمپوست زباله شهری مخصوصا در خاک‌هایی که مقدار ماده آلی آنها پایین و یا از عناصر غذایی تخلیه شده‌اند، بیشتر مفید می‌باشد و می‌تواند روی معدنی شدن عناصر غذایی و در نتیجه رشد محصول تاثیر گذار باشد. کمپوست زباله شهری باعث کاهش pH خاک، تامین برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش ریز جانداران مفید خاک کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها، بهبود وضعیت فیزیکی و بیولوژیکی خاک، کمک به از بین بردن زباله‌های شهری و به دنبال آن رفع آلودگی محیط زیست می‌گردد.

۲. کلمات کلیدی: کود کمپوست، ماده آلی خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک

۳. مقدمه

وجود اقلیم خشک در کشور، نبود تناوب صحیح زراعی، جمع آوری و سوزاندن و خارج کردن بقایای گیاهی از زمین زراعی، مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و مصرف کودهای آلی موجب شده است که میزان مواد آلی در خاک‌های ما روز به روز کمتر شود که این مسئله باعث کاهش حاصلخیزی خاک و به دنبال آن کاهش عملکرد محصول شده است. از این رو برای حفظ خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی آن و حفظ عوامل زیست محیطی، ضرورت مصرف مواد آلی و افزایش درصد آن در خاکهای کشور امری اجتناب ناپذیر است (سمر و همکاران، ۱۳۷۷). کمپوست یک کود آلی است و تولید آن از زمان‌های بسیار دور در کشاورزی سنتی بیشتر کشورها با استفاده از بازماندهای محصولات زراعی و افزودن فضولات دام و طیور به آن‌ها متداول بوده است. امروزه افزون بر بازماندهای محصولات کشاورزی و دامی، انبوهی از سایر مواد آلی به صورت مواد زائد در حجم زیاد تولید می‌شوند که در صورت استفاده به صورت کمپوست زباله شهری، باعث افزایش سطح حاصلخیزی خاک و جلوگیری از مشکلات زیست محیطی ناشی از دفع غیر اصولی مواد اولیه تولید

کمپوست زباله شهری می‌شود (صالح راستین، ۱۳۷۷). فرآیند تهیه کمپوست زباله شهری به طور عام طیف وسیعی از ضایعات جامد شهری و صنایع غذایی و کاغذ سازی و غیره را در بر می‌گیرد که به تنهایی یا به صورت مخلوطی از این ضایعات استفاده می‌شود. کمپوست زباله شهری تولید شده دارای ترکیب‌های شیمیایی متفاوتی بوده که به منابع مصرفی در آن بستگی دارد. کاربرد کمپوست در خاک به طور عام به منظور حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه‌ها، حاصلخیزی و باروری خاک‌های زراعی و باغی است که در دهه‌های گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. در حالی که اخیرا آگاهی بیشتر نیاز به اصلاح و بهبود کیفیت خاک و تامین نیاز غذایی گیاهان به طور پایدار محسوس بوده که در برگیرنده جنبه‌های زیست محیطی نیز می‌باشد. از این رو افزون بر کاهش هزینه‌های اضافی دفع مواد و ضایعات، منجر به بهره‌وری بیشتر و سودمندی از آنها خواهد شد (لالنده و همکاران، ۲۰۰۰).

۴. تعریف کمپوست: کمپوست از کلمه لاتین کمپوزیتوس به معنای مخلوط و یا مرکب اقتباس شده است و به صورت عبارت تجزیه مواد آلی نامجانس که به وسیله ریز جاندارهای مختلف در حضور رطوبت و گرما، در محیط هوازی صورت گیرد قابل تعریف می‌باشد (سیلسپور، ۱۴۰۰).

۵. عوامل موثر در تهیه کمپوست از زباله: ۱- رطوبت توده کمپوست بایستی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد وزنی باشد ۲- تامین اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه مواد (هوادهی) ۳- درجه حرارت مورد نیاز برای تجزیه مواد حدود ۶۰ درجه سانتی‌گراد است ۴- همگن بودن مواد به منظور کنترل عمل تجزیه ۵- تنظیم نسبت C/N (این نسبت باید حدود ۳۰ باشد) ۶ - ابعاد و قطعات موادی که باید تجزیه شوند هر چه کوچکتر باشد، مجموع سطح آن‌ها بیشتر شده و در نتیجه سطح تماس آن‌ها با ریزجاندارها افزایش می‌یابد. در این خصوص ذکر این نکته ضروری می‌باشد که مواد اولیه نباید به اندازه‌ای ریز شود که تهویه توده مختل گردد (گیلنس و همکاران، ۱۹۹۵).

۶. روش تهیه کمپوست:

۱-۳- تجزیه هوازی: فرآیندی که در آن یک ماده آلی در حضور اکسیژن تجزیه شود، فرآیند هوازی نامیده می‌شود. در تجزیه هوازی، موجودات زنده‌ای که اکسیژن را مصرف می‌کنند برای تغذیه خود از مواد آلی استفاده می‌نمایند، بدین ترتیب که پروتوپلاسم سلول باکتری از نیتروژن، فسفر، کربن و سایر مواد غذایی که نیاز است تغذیه می‌کند. بدین صورت مقدار زیادی از کربن موجود به عنوان منبع انرژی برای موجودات زنده بکار رفته و در اثر تنفس و سوخته شدن به دی اکسید کربن تبدیل می‌شود. از آنجایی که کربن هم به عنوان منبع انرژی و هم به عنوان یک عنصر در پروتوپلاسم سلول مصرف می‌شود، از این رو به مقدار بسیار زیادی نیتروژن نیاز است. به طور کلی تقریبا کربن در اثر تنفس به CO_2 تبدیل و باقیمانده در سلولهای زنده با نیتروژن ترکیب می‌شود. اگر مقدار کربن نسبت به نیتروژن در مواد آلی تجزیه شده از اندازه مشخصی بیشتر باشد، فعالیت بیولوژیکی کم شده و ممکن است چند گروه دیگر از

موجودات زنده برای سوزاندن مقدار بیشتری از کربن لازم باشد. هنگامی که تعدادی از موجودات زنده کشته می‌شوند، نیتروژن و کربن ذخیره شده در آنها برای موجودات زنده قابل دسترس و استفاده خواهد بود. استفاده از نیتروزن موجود در سلولهای مرده توسط موجودات زنده، برای تشکیل سلول جدید نیاز به اکسید کربن اضافی به شکل CO_2 خواهد داشت. به این ترتیب مقدار کربن کاهش یافته و مقدار محدودی از نیتروژن نیز برگشت داده می‌شود. سرانجام هنگامی که نسبت به کربن به نیتروژن موجود بیش از اندازه کم باشد، نیتروژن اضافی باعث تولید آمونیاک خواهد شد. در شرایط مناسب ممکن است مقداری از آمونیاک به نیترات اکسید شود. فسفر، پتاسیم و انواع مختلف مواد دیگر نیز برای رشد بیولوژیکی اساسی می‌باشند. این مواد در حالت عادی بیشتر از مقدار مورد نیاز در مواد قابل کمپوست شدن وجود دارند و از این نظر مشکلی ایجاد نمی‌شود. این فرآیند که در طبیعت بسیار رایج است، بیشتر در سطح زمین مثل کف جنگل‌ها اتفاق می‌افتد. (سیلسپور، ۱۴۰۰).

۲-۳- تجزیه بی هوازی: فاسد شدن مواد آلی، نتیجه تجزیه آنها در شرایط بی هوازی است. موجودات زنده غیر هوازی، ترکیبات آلی را به وسیله فرآیند احیا تجزیه می‌کند. همانند فرآیند هوازی، موجودات زنده از نیتروژن، فسفر و سایر مواد غذایی در رشد و تولید پروتوپلاسم سلول، استفاده و مواد آلی دارای نیتروژن را به اسیدهای آلی و آمونیاک تبدیل می‌کنند. اتم‌های کربن موجود در ترکیبات آلی که در پروتئین سلولی استفاده نمی‌شود، به صورت متان آزاد شده و بخش کوچکی از کربن ممکن است در اثر تنفس به دی اکسید کربن تبدیل شود. این فرآیند در طبیعت به صورت تجزیه لجن مواد آلی در ته مرداب‌ها و مواد آلی مدفون شده که به اکسیژن دسترسی ندارد، اتفاق می‌افتد. گازی که در مرداب‌ها متصاعد می‌شود بیشتر متان است. احیای شدید (فاسد شدن) مواد آلی، معمولا همراه با ایجاد بوهای نامطبوعی از سولفید هیدروژن و ترکیبات آلی احیا شده گوگرددار (از جمله مر کاپتان‌ها) است. معمولا از تجزیه بی هوازی برای کمپوست پسماند شهری استفاده نمی‌شود (سیلسپور، ۱۴۰۰).

۷. معیارهای تعیین کیفیت کمپوست

۱-۷- ویژگی‌های فیزیکی: مهمترین این ویژگی‌ها عبارتند از : چگالی، ظرفیت نگهداری آب، اندازه ذرات و رطوبت.

چگالی، جرم در واحد حجم تعریف می‌شود که به فاکتورهای دیگری نظیر رطوبت، اندازه ذرات و مقدار مواد معدنی وابسته است. روشن است که با گذشت زمان به علت افزایش مواد معدنی چگالی کمپوست افزایش می‌یابد. ولی در آغاز کمپوست دارای سبک وزنی و چگالی کم می‌باشد. ظرفیت نگهداری آب، مقدار آب نگهداری شده در منافذ بافتی کمپوست می‌باشد که از راه زه‌کشی آزاد در نمونه کمپوست آزمایش می‌شود. این ویژگی از نظر کاربرد در کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از مزایای کمپوست ظرفیت زیاد نگهداری آن می‌باشد که در فصول خشک در کمبود آب کمک چشمگیری به گیاه می‌کند. اندازه ذرات، به نوع فرآیند انجام شده، غربال کردن و قطر منافذ سرندهای

استفاده شده بستگی دارد و آنچه که مشخص است ذراتی با قطر بزرگ مانع از تاثیر مثبت کمپوست در مزرعه می‌گردد و به همین شکل ذرات بسیار ریز نیز به علت نگهداری مقدار زیاد آب و لجنی شدن اثر منفی دارند. از این رو کمپوست از نظر دانه بندی نیز باید در گستره مناسب قرار گیرد. مقدار رطوبت معیاری از وزن کمپوست است، به طوری که با افزایش رطوبت، مقدار مواد خشک کاهش می‌یابد. میزان رطوبت بر شرایط انبارداری و تاثیرات کمپوست اثر می‌گذارد. مقدار رطوبت همان طور که قیمت کمپوست را از نظر نسبت وزنی تحت تاثیر قرار می‌دهد، در آسانی کاربری و مکانیسم عمل نیز موثر خواهد بود.

۲-۷- ویژگی‌های شیمیایی: ویژگی‌های شیمیایی کمپوست نیز اهمیت زیادی دارند که مهمترین آن‌ها عبارتند از : مقدار مواد آلی، کربن آلی، نیتروژن (به صورت نیتراتی، آمونیومی و کل) هدایت الکتریکی، نسبت C/N، pH، مقادیر فلزات سنگین و مقدار عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم و منیزیم. تعیین مقدار نیتروژن نیتراتی و نیتروژن آمونیومی نیز در تعیین کیفیت کمپوست کمک می‌کند و نسبت آن‌ها به عنوان شاخصی از رسیدگی کمپوست به شمار می‌رود. pH معیار خاصیت اسیدی و بازی بودن کمپوست است و درباره کمپوست ایده‌آل در محدوده خنثی تعریف می‌شود. pH در شروع فرآیند اسیدی است و به مرور در ادامه به سمت خنثی پیش می‌رود. مقدار عناصر مختلف مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم نیز که در کمپوست به فراوانی پیدا می‌شوند و همچنین فلزات سنگین که در غلظت‌های کم وجود دارند، از دیگر شاخص‌های شیمیایی هستند. نسبت C/N که از مقادیر کربن و نیتروژن محاسبه می‌شود، یکی از عوامل مهم برای کمپوست به شمار می‌آید و تعیین کننده رسیدگی و بلوغ کمپوست می‌باشد (سیلسپور، ۱۴۰۰).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های کمپوست زباله شهری (قادری و همکاران، ۱۳۹۹)

واکنش pH	قابلیت هدایت الکتریکی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
	(دسی زیمنس بر متر)		(درصد)		(میلی گرم بر کیلو گرم)			
۷/۵	۱۳/۷۶	۱/۴۶	۰/۶۵	۱/۳۵	۱۸۱۳	۵۱۱	۱۲۴۵	۶۵۴

۸. اثر کاربرد کمپوست زباله شهری بر خصوصیات فیزیکی خاک

احمد آبادی و قاجار سپانلو (۲۰۱۲) با کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری، ورمی کمپوست و لجن فاضلاب در طی ۳ سال متمادی گزارش نموده‌اند که کاربرد این کودها باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری و حقیقی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در واقع کودهای کمپوست و لجن فاضلاب محتوی ماده آلی بوده که به کارگیری آنها درصد منافذ خاک افزایش و موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری آن می‌گردند. شاکرمی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش داده‌اند که کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی‌دار میانگین درصد تخلخل خاک نسبت به سطح شاهد شده

است. به طوری که کاربرد کمپوست به میزان ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ تن در هکتار به ترتیب ۰/۸۲، ۲/۰۴ و ۲/۷۶ درصد تخلخل خاک را نسبت به شاهد افزایش داد.

۹. اثر کاربرد کمپوست زباله شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک

بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر pH و EC دو خاک لومی و رسی نشان داد که خواص شیمیایی هر دو خاک به طور مستقیم از اضافه کردن کمپوست تاثیر پذیرفت، به طوری که pH و EC آنها با کاربرد مقادیر مختلف کمپوست به طور معنی‌داری افزایش یافت (سوماری و همکاران، ۲۰۰۲). واکا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که با مصرف کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب در خاک، فرآیند معدنی شدن نیتروژن، افزایش پیدا می‌کند. بنابراین با افزودن مواد آلی به خاک نیتروژن آلی به تدریج به نیتروژن معدنی تبدیل شده و برای گیاه قابل استفاده می‌شود. نتایج آزمایش مارینای و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که کربن، ازت و فسفر خاک در اثر کاربرد کمپوست زباله شهری به مقدار ۲/۵ درصد افزایش یافتند.

۱۰. اثر کاربرد کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر سنگین در خاک

نکته قابل توجه در مورد مصرف کمپوست شهری، امکان وجود فلزات سنگین در خاک و محصولات کشاورزی می‌باشد. نتایج آزمایش امینی فرد (۱۴۰۰) نشان داد که بیشترین غلظت کادمیم (۱/۶۰ میلی گرم بر کیلو گرم) در سطح ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری بدست آمد. نتایج آزمایش صفاری انارکی و همکاران (۱۳۹۳) حاکی از آن بود که با افزایش سطح کمپوست زباله شهری غلظت سرب کل و قابل دسترس در تیمار ۶۰ تن در هکتار در مقایسه با شاهد ۱/۳۸ برابر افزایش یافت. نتایج آزمایش سیلسپور (۱۴۰۰) نشان داد که با مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست شهری، غلظت نیکل در خاک افزایش یافت و از ۰/۴۳ میلی گرم در کیلو گرم در تیمار شاهد به ۰/۸ میلی گرم در کیلو گرم رسید. بنابراین لزوم رعایت استانداردهای موجود کمپوست تولیدی کارخانجات تولید کمپوست ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد.

۱۱. نتیجه‌گیری

با توجه به روند رو به رشد جوامع و همچنین افزایش زباله‌های شهری، آنچه بیشتر از پیش اهمیت دارد بازیافت و دفع اصولی زباله شهری می‌باشد. فرآیند بازیافت مواد و تولید کمپوست به عنوان یک ابزار کاربردی هم کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و استفاده دوباره از مواد زائد را موجب می‌شود و هم جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی مصرف شده در بیشتر محصولات زراعی می‌باشد و کاربرد آن با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک، باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد.

۱۲. فهرست منابع

امینی فرد، م. ح. (۱۴۰۲). تاثیر کمپوست زباله شهری بر روند تغییرات برخی فلزات سنگین در گیاه و ارتباط آن با ویژگی‌های رشدی زعفران (Crocus sativus L.). نشریه پژوهش‌های زعفران . ۱۱(۱): ۳۰-۱۹.

سیلسپور، م. (۱۴۰۰). کمپوست زباله شهری، کاربردها و چالش‌ها. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا. کرج.

ثمر، م، ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۷). روشهای ساده برای تبدیل زباله‌های شهری شهروندان به کودهای آلی فنی گزارش شماره ۱۶، انتشارات آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

صالح راستین، ن. (۱۳۷۷). کودهای بیولوژیک. مجله علوم خاک و آب. ۱۲(۳): ۳۶-۱.

قادری، ج.، طهرانی، م. م.، حامدی، ف.، حیدری، خ. (۱۳۹۹). تاثیر کمپوست زباله شهری و کودهای شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند و غلظت برخی از عناصر غذایی در خاک. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۳۴(۱): ۶۰-۴۷.

شاکرمی، م.، معروفی، ص.، رحیمی، ق. (۱۳۹۴). بررسی اثرات فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹(۶): ۱۶۲۸-۱۶۱۲.

احمد آبادی، ز.، قاجارسپانلو، م. (۱۳۹۱). تاثیر کاربرد کودهای آلی بر روی برخی خواص فیزیکی خاک. نشریه پژوهش-های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۹(۲): ۱۱۶-۹۹.

صفاری انارکی، ن.، بستانی، ع. ا.، امیدی، ح. (۱۳۹۳). تاثیر مقادیر و دفعات مصرف کمپوست زباله شهری بر غلظت سرب، نیکل و کادمیم در خاک و گیاه ذرت. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۴(۳): ۲۸۵-۲۶۹.

Gellens, V., Boelems, J., Verstrate, W. (۱۹۹۵). Source separation, selective collection and in reator Digestion of Biowastetherland, Kluwer Academic.Publishers.

Marinari, S., Masciandaro G., Ceccanti, B., Grego, S. (۲۰۰۰). Influence of organicand mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Journal of BioresourceTechnology,72:9-17.

Soumare, M., Demeyer, A., Tack, F.M.G. (2002) Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. Bioresource Tech 81:97-101.

Vaca, R., Lugo, J., Martinez, R., Esteller, M. V., Zavaleta, H. (2011). Effects of sewage sludge and sewage sludge compost amendment on soil properties and Zea mays L. plants (Heavy metals, quality and productivity). Revista internacional de contaminación ambiental, 27(4), 303-311

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی عوارض خاکساخت سزکوئی اکسیدهای آهن و منگنز در شالیزارهای منطقه درود

زهرا پوراکبری[۱]، سهیلاسادات هاشمی*[۲]

۱- کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: hashemisohayla@gmail.com

چکیده

برنج یکی از محصول کشاورزی است که تحت شرایط احیاء طولانی مدت و غرقاب تولید می شود. ناحیه مورد مطالعه در دشت سیلاخور واقع در شمال غربی درود، استان لرستان واقع شده است. مشخصات مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیائی و میکرومورفولوژی هفت خاک‌رخ مورد مطالعه قرار گرفت. پس از نمونه‌برداری و آزمایش جزئیات، خاک‌رخ‌ها براساس کلید تاکسنومی، در رده اینسپتی‌سولز طبقه‌بندی شدند. بیشترین پدیده‌ی خاکساز پوشش و زیرپوشش سزکوئی اکسید آهن – منگنز می‌باشد. با افزایش عمق این عوارض خاکساخت افزایش یافته و عمده ماتریکس خاک را در بر گرفته است. دیگر پدیده‌های خاکساخت شامل پرشدگی‌های متراکم، غیرمتراکم و منقطع از سزکوئی اکسیدهای آهن- منگنز در طول کانال‌ها و حفرات است. عوارض خاکساخت تلقیح شده، اکسیدهای آهن-منگنز هستند که آهن یا منگنز به شکل نودول یا به شکل زیرپوشش‌ها در طول حفرات یا اطراف ذرات کانی درشت بدلیل اکسیداسیون عناصر در ماتریکس خاک تجمع یافته‌اند. نودول‌های کلسیت در اندازه میکریت (کمتر از ۵ میلیمتر) با فابریک تیپیک و ژئودیک و عمدتا تلقیح یافته با اکسیدهای آهن مشاهده شد. نتایج مطالعه نشان داد که درصد عوارض خاکساخت سزکوئی اکسید آهن – منگنز با افزایش عمق خاک بیشتر و در افقهای گلی زیرین کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: بی‌فابریک، ریزساختار، گلی

مقدمه

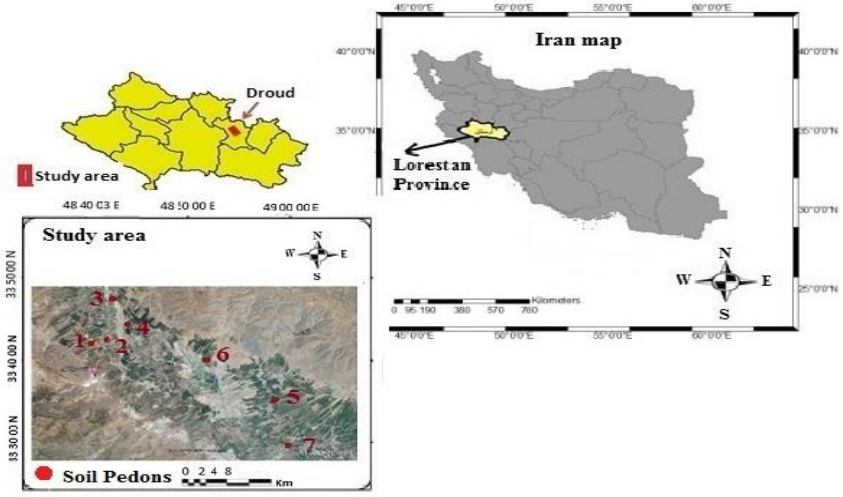
خاک‌های شالیزار نوع خاصی از خاک‌های هیدرومورفیک هستند که تحت شرایط غرقاب مصنوعی و تر و خشک شدن متناوب تشکیل می‌شوند و فرآیندهایی چون تشکیل سخت‌لایه، تشکیل پوشش‌های اکسید آهن و منگنز، تجمع مواد آلی، تشکیل رنگین دانه‌ها، خاکستری و احیاء شدن از اصلی‌ترین پروسه‌های ژنتیکی تشکیل آن است. در برنج‌کاری، ساختمان خاک سطحی تا عمق مشخصی کاملاً تخریب و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند (ترابی و همکاران ۱۳۸۰). گلخرابی یکی از روش‌های معمول آماده‌سازی بستر برای نشاکاری برنج در اراضی شالیزاری می‌باشد. از اثرات بلندمدت گلخرابی تشکیل یک سخت‌لایه شخم در زیر لایه گلخراب است که

معمولاً با تجمع آهن و منگنز همراه است. امروزه کاربری‌های مختلف اراضی و کشت و کار شدید به دلیل تغییرات در خلل و فرج و توزیع اندازه‌ی منافذ بین خاکدانه‌ها می‌تواند منجر به تخریب ساختمان خاک و حتی کاهش عملکرد شود. این تغییرات ایجاد شده در خصوصیات، شکل و تخلخل خاکدانه‌ها، اهمیت مطالعه در سطح میکروسکوپی را در چگونگی مکانیسم توسعه ریزساختار خاک نشان می‌دهد (Kapour et al., 2007). به عقیده استوپس (۲۰۰۳)، شناخت خصوصیات میکرومورفولوژی، می‌تواند در تشخیص درجه هیدرومورفیسم یک خاک و مشخصات فعلی و گذشته آن بسیار مفید باشد. اجزای منگنز در خاک‌های کمی هیدرومورف، غالب بوده و با افزایش هیدرومورفیسم، اجزای هیدروکسید آهن در زمینه ظاهر می‌شود و کرومای رنگ خاکدانه کاهش می‌یابد. اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز دامنه‌ای از ترکیبات بی‌شکل تا کاملاً بلورین آهن و منگنز را در بر می‌گیرند. میزان در دسترس بودن آهن و منگنز در خاک و جذب آن توسط ریشه گیاه بستگی زیادی به pH، شرایط اکسید و احیایی خاک و شکل آهن و منگنز محلول دارد؛ اگر چه شرایط غرقاب شالیزارها سبب احیاء آهن و منگنز و افزایش غلظت آن‌ها در محلول خاک شده و گاهی باعث بروز سمیت آهن و منگنز در برنج می‌گردد (Friedrich, 2003). پراکنش شکل‌های مختلف آهن و منگنز در خاک تا حد زیادی به نوع مواد مادری، شرایط اقلیمی، فرآیندهای خاکسازی، چرخه‌های زیستی، نوسانات فصلی سفره آب زیرزمینی، پتانسیل اکسایش و کاهش مواد آلی و برهمکنش با سایر عناصر غذایی بستگی دارد. آهن و منگنز در خاک به شکل‌های سخت‌دانه، گرهک و پوشش بر سطوح حفرات و ذرات دیده می‌شود. در حالیکه به علت مقادیر ذاتاً پایین منگنز در غالب خاک‌ها، دانش ما از شکل‌های منگنز غالباً به اکسیدهای منگنز موجود در گرهک‌ها و پوشش‌های واقع بر سطوح حفرات و ذرات خاک‌های هیدرومورفیک، محدود شده است (Mckenzie, 1988). منگنز در مقایسه با آهن برای اکسایش و کاهش، نیاز به شرایط آکوئیک ضعیف‌تری دارد، ولی اغلب کمتر از آهن برگشت‌پذیر است؛ بنابراین منگنز نسبت به تغییرات اکسایش- کاهش واکنش کندتر، از خود نشان می‌دهد. درباره تشکیل و رفتار اکسیدهای آهن و منگنز به صورت پوششی، هیوانگ و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که این عوامل تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، شکل و نوع کاربری اراضی است و وجود پوشش زیر سطحی اکسیدهای آهن و منگنز در حفره‌ها، به دلیل تفاوت در شرایط اکسید و احیاء و زهکشی نامناسب خاک می‌باشد. برای پی بردن به هر کدام از پدیده‌ها در خاک‌های غرقاب، مطالعه روند شرایط احیاء، اثرات آن در ماتریکس خاک و اثر در تخلخل خاک و رشد ریشه گیاه، نیاز به تهیه مقطع و بررسی این پدیده‌های پدولوژیکی با کمک مطالعات میکروپدولوژی است. لذا در این مطالعه اثر کشت غرقاب بر پدیده‌های خاکساخت آهن و منگنز مورد مطالعه قرار گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

دشت سیلاخور در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی واقع شده است و دارای ۱۴۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱). ۱۵ نقطه از دشت سیلاخور با سابقه‌ی طولانی کشت برنج (۵۰ سال) با توجه به واحدهای فیزیوگرافی منطقه تنها در دو واحد دشت سیلابی و رسوبی که تحت کشت برنج بودند، مته عمیق زده شد و از بین آنها هفت نقطه برای حفر خاک‌رخ انتخاب شد. نمونه‌برداری میکروپدولوژی نیز تا حد امکان از هر افق، به صورت افقی و عمودی به شکل کلوخه

های دست نخورده یا با کمک جعبه کوبینا انجام گرفت. نمونه‌های خاک تهیه شده، پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری تحت آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی قرار گرفتند. بافت خاک به روش هیدرومتر، مقدار کربنات-کلسیم معادل با روش تیتراسیون، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH خاک، میزان مواد آلی با روش والکلی- بلک اصلاح شده توسط نلسون و سامرز، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره سوسپانسیون ۱:۵ خاک و آب مقطر، اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و نقاط حفر پروفیل بر روی تصویر ماهواره‌ای.

کلوخه‌های دست‌نخورده در دمای آزمایشگاه، هوا خشک و سپس با مخلوطی از رزین پلی‌استر، استون، کاتالیست و سخت‌کننده تلقیح شدند. سپس به کمک دستگاه برش، بریده و به کمک دستگاه سایش به ۱۰۰-۷۰ میکرون رسانده شد. با استفاده از پودرهای کاربراندرم با درجات ریز، نمونه‌ها با ضخامت ۳۰میکرون تهیه شدند. مقاطع نازک پس از آماده شدن با استفاده از میکروسکوپ‌های پلاریزان مدل Hund wetzlar، در دو حالت نور پلاریزه معمولی و نور پلاریزه متقاطع مورد مطالعه قرار گرفته و بر اساس اصول و واژگان استوپز (Stoops, 2003) تشریح و تفسیر شدند.

نتایج و بحث

برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیائی بدست آمده در آزمایشگاه از ۴ خاک‌رخ در بین ۷ خاک‌رخ در جدول ۱ نشان داده شده است. تمامی خاک‌رخ‌ها در رده اینسپتی‌سولها طبقه‌بندی شدند. مقدار رس از ۲۵/۵ تا ۵۱/۵ درصد تغییر کرد. بافت خاک غالباً سنگین و از نوع رسی است. اسیدیته خاک‌رخ‌ها از ۶/۸ تا ۷/۹ متغییر بوده و به طور معمول در تمام خاک‌رخ‌ها، با افزایش عمق خاک، مقدار واکنش خاک کاهش یافته است. حداکثر و حداقل مقدار هدایت الکتریکی

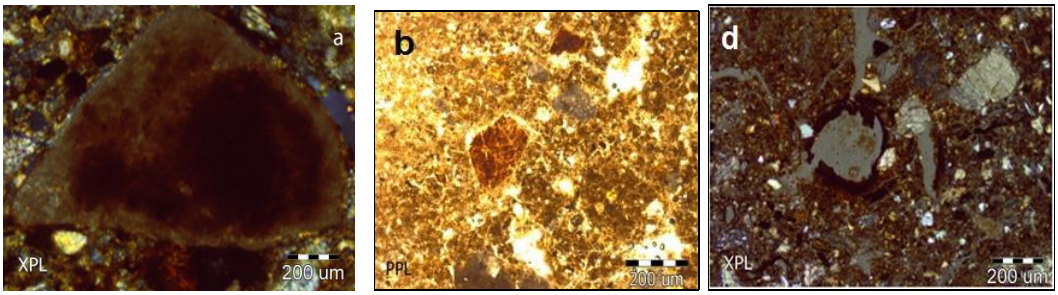
جدول ۱. برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیائی خاک‌رخ‌های حفر شده در منطقه.

(واحد فیزیوگرافی) خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	بافت خاک	CCE ٪	پ-هاش	CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	٪OM	EC (dSm^{-1})
۱ (Flood Plain) (Typic Epiaquepts)	Apg	۲۰-۰	رسی	۲۴/۴	۷/۹	۲۲/۲	۲/۳	۰/۱۴
	Bkg	۵۰-۲۰	رسی	۲۴	۷/۳	۱۸/۶	۰/۹	۰/۱۱
	Bk1	۷۸-۵۰	رسی	۲۴	۷/۲	۲۰/۵	۰/۵	۰/۱۱
	Bk2	۱۱۸-۷۸	لومی رسی	۲۴/۲	۶/۹	۱۴/۵	۰/۶	۰/۱
۲ (Alluvial Plain) (Typic Epiaquepts)	Apg	۱۲-۰	رسی	۱۷	۷/۸	۲۹/۹	۲/۳	۰/۲
	Bg	۵۷-۱۲	رسی	۱۸/۵	۷/۶	۲۵/۶	۱	۰/۲
	Bkg	۱۱۰-۵۷	رسی	۲۰/۷	۷/۲	۲۴/۸	۰/۹	۰/۲
۳ (Alluvial Plain) (Typic Epiaquepts)	Apg	۲۱-۰	لوم رسی	۱۵	۷/۶	۱۴/۵	۱/۹۵	۰/۱۴
	Bw1	۵۷-۲۱	لوم رسی	۱۴	۷/۴	۱۴/۵	۱/۳	۰/۱۳
	Bk	۹۶-۵۷	لوم رسی	۱۵/۵	۷/۴	۱۵/۴	۱	۰/۱۲
	Bw2	۱۳۰-۹۶	لوم رسی	۱۶	۷/۷	۱۴/۵	۱/۳	۰/۱۱
۶ (Flood Plain) (TypicEpiaquepts)	Ap	۱۲-۰	لوم	۲۳	۷/۹	۱۸/۸	۲/۴	۰/۲۴
	Bg1	۵۵-۱۲	لوم	۲۲	۷/۴	۱۸	۲/۳	۰/۱۸
	Bg2	۸۵-۵۵	لوم رسی	۲۳	۷/۳	۱۷	۱/۳	۰/۲
	Bg	۱۲۵-۸۵	رسی	۲۴	۸	۱۳/۳	۱/۱	۰/۲

به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده و محدوده‌ی تغییرات ماده‌ی آلی نیز ۳-۰/۵ درصد، در نمونه‌های مورد مطالعه متغیر است. کشت برنج به همراه غرقاب شدن و ایجاد شرایط بی‌هوازی موجب افزایش ماده‌ی آلی به ویژه در سطح خاک می‌شود. ظرفیت تبادل کاتیونی، از ۲۹/۹-۱۰/۲۲ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم خاک متغیر بود. نتایج هاشمی و اسدی (۱۳۹۷) در همین منطقه نشان داده که عمده رس موجود اسمکتیت و ورمی‌کولیت بوده، که هر دو در میزان افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی موثرند.

نتایج بررسی‌های میکروپدولوژی نشان داد که در بین هفت خاک‌رخ تفاوتی بین ساختمان‌ها در افق سطحی Ap مشاهده نشد. در تمام افق‌های سطحی ساختمان توده‌ای و برخی بلوکی نیمه‌زاویه‌دار با درجه تفکیک ضعیف دیده شد. نسبت c/f در تمام افق‌های Ap،۲ به ۸ برآورد شد و نشان می‌دهد که ذرات ریز غالب‌تر هستند (شکل ۲ و ۳). نسبت c/f در کل افق‌ها از ۱به ۹ تا ۳ به ۷ متغییر بود. خدری و همکاران (۱۳۹۶) در مقایسه میکروپدولوژی مقاطع کشت-های دراز مدت کلزا و چغندرقند نشان دادند که ریزساختار در افق‌های سطحی عمدتا توده‌ای و بشقابی بوده، در حالی-که در افق‌های زیرسطحی به ساختمان نیمه‌بلوکی زاویه‌دار و یا بلوکی زاویه‌دار تا اسفنجی تغییر می‌کند. آنها نشان دادند که ریزساختار در کشت کلزا نسبت به چغندرقند دارای تکامل بهتری است. عمده منافذ در افق سطحی شامل منافذ آرایشی ساده و مرکب بوده و در برخی نقاط منفذهای وگ هم مشاهده شدند.

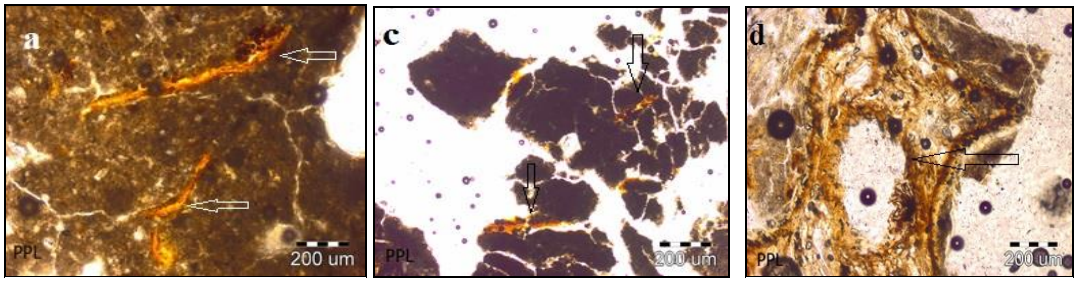
اکسیدهای آهن و منگنز: شالیزارها بدلیل داشتن دوره‌های خشک و مرطوب، با تأثیر بر فرآیندهای اکسایش-کاهش خاک، ترکیبات آهن و منگنز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اکسیدهای آهن و منگنز در تمام نمونه‌ها به شکل پوشش، زیرپوشش، پرشدگی (شکل ۲b) و نودول‌ها (شکل ۲a) مشاهده شدند. اکسید آهن در افق‌های Ap (شکل ۳) به صورت زیرپوشش مشاهده شد. این پدیده‌ها در طول کانال‌ها و اطراف منافذ نیز دیده شدند. بسته به غلظت اکسیژن، هرچه فاصله از کانال بیشتر باشد به علت کمتر شدن غلظت اکسیژن از میزان رسوب اکسید آهن کاسته می‌شود. درباره تشکیل و رفتار اکسیدهای آهن و منگنز به صورت پوششی، تغییرات اقلیمی، شکل و نوع کاربری اراضی اثرگذار بوده و وجود پوشش زیرسطحی اکسیدهای آهن و منگنز در منافذ، تحت تاثیر شرایط اکسید و احیاء و زهکشی نامناسب خاک می‌باشد (Huang et al., 2008). در افق‌های گلی با آب زیرزمینی، زمینه خاک دارای رنگ کرومای پایین بوده و پوشش‌های زیرسطحی و در امتداد سطح آهن و منگنز (شکل ۳، d)، در اطراف منفذها، بیشتر دیده می‌شوند؛ در حالی که در افق‌های احیایی رویی، گرهک‌ها و سخت‌دانه‌ها بیشتر دیده شدند. در خاک‌رخ ۷، اکسیدهای آهن و منگنز به-صورت تلقیح شده بوسیله رنگ تیره از زمینه خاک مجزا شده است (شکل ۲). حضور نودل‌های از آهن بخصوص به شکل نوکلئیک (شکل ۲، a) را می‌توان بدلیل شرایط بی‌هوازی کامل در خاک دانست، که عمدتا بصورت تلقیح یافته با کلسیت است. روقیرو و همکاران (Roquero et al., 2013)، در مطالعه‌ای در خاک‌های هیدروموفیسم نشان دادند که آهن تلقیح شده تیره، بسیار بارز بوده، و می‌توان آن را نودول‌های به ارث رسیده در نظر گرفت، که در رسوبات منطقه یافت شده‌اند. این عوارض غنی از آهن، نشانگر انتقال آهن به عمق پائین و قرارگیری آن در مناطق تخلیه شده از آهن و بدنبال آن، تجمع آنها بوده است.



شکل ۲. a) گرهک آهک کاملاً تلقیح شده با آهن (نودول آهن)،. b) پوشانده شدن گرهک کربناته توسط اکسید آهن، گرهک-های کربناته و پوشش آهن و آهک اطراف منافذ،. d) پوشش زیرسطحی آهن در اطراف منافذ.

از عوارض خاکساخت دیگر در این مطالعه پوشش کلسیت و آهن، نودول ریز و پرشدگی منفذ با آهن است (شکل ۲b). در طول دوره‌ای که خاک از آب اشباع بوده (چندین روز تا چند هفته) نوع و الگوی عوارض اکسید و احیاء از حالت تلقیح تا شکل تلقیح و تخلیه، تغییر نموده است. افزایش دوره‌های اشباع از آب در نواحی متصل به منابع کربن آلی منجر به ایجاد مدت طولانی احیاء می‌شود، در این نواحی زیرپوشش تخلیه آهن و منگنز تشکیل شده است (شکل ۲d). آهن و منگنز احیاء شده ممکن است بداخل خاکدانه پخشیده شود و در آنجا به شکل پوشش آهن و منگنز اکسید

شوند. پرانکوکپ و همکاران (Prakongkep et al., 2007) در مطالعه‌ای در شالیزارهای تایلند نشان دادند که اکسیدهای منگنز در خاک‌ها منعکس کننده نوسانات سفره آب‌زیرزمینی است و بخوبی نشانگر چرخه اکسید و احیاء می‌باشد.



شکل ۳. a) منافذ صفحه‌ای و حجره‌ای کوچک، تجمعات آهن، پرشدگی منافذ توسط رس، تجمع توأم رس و آهن.، c) خاکدانه‌ها دارای تفکیک متوسط و از نوع مکعبی نیمه زاویه‌دار، تجمع توأم رس و آهن روی سطح خاکدانه‌ها.، d) ریشه پوسیده و پوشش آهن اطراف آن (افق Pr6. Bg).

نتیجه‌گیری

درجه خاکدانه‌ای شدن در تمامی مقاطع بسیار ضعیف تا ضعیف است و تمامی این نتایج گویای شرایط گلخرابی بوده و نشان می‌دهد کشت مداوم برنج منجر به تخریب ساختمان خاک و در نتیجه از بین رفتن خاکدانه‌ها شده است. مقاطع عمدتا بدون خاکدانه و یا اغلب دارای خاکدانه بلوکه‌ای نیمه‌زاویه‌دار، بودند. بی‌فابریک در شالیزارها از نوع ریز بلوری و برخی نقاط به صورت نامشخص بوده و اکسیدهای آهن و منگنز در مقاطع به شکل‌های پوشش، زیرپوشش و نودول‌ها مشاهده شد. حضور نودول‌های آهن و منگنز با مرز مشخص و پوشش و زیرپوشش آهن با مرز پخشیده در شالیزارها از عوارض خاکساخت مهم به‌شمار می‌آیند. بطور کل هرچه میزان شرایط ماندابی بودن افزایش یابد بر میزان پدیده‌های خاکساخت آهن و منگنز افزوده شده و گویای برهم خوردن ساختار اصلی خاک می‌باشد.

فهرست منابع

ترابی‌گل‌سفیدی، ح.، کریمیان‌اقبال، م. و کلباسی، م. (۱۳۸۰). بررسی تغییرات اکسایش و کاهش در اراضی شالیکاری روی لندفرم‌های مختلف شرق گیلان. *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۳۲(۲)، ۳۳۱-۳۴۳.

-Friedrich, R. (2003). Developing a standardized procedure to screen lowland rice (Oryza Sativa) seedlings for tolerance to iron toxicity. (Master's theses). Rheinische Willhelms University, Germany.

-Huang, L., Hong, J., Tan, W., Hu, H. Q., Liu, F., Wang, M. (2008). Characteristics of micromorphology and element distribution of ironmanganese cutans in typical soils of subtropical China. Geoderma, 146, 40-47.

-Kapur, S., Ryan, J., Akca, E., Celik, I., Pagliai, M., Tulun, Y. (2007). Influence of Mediterranean cereal-based rotations on soil micromorphological characteristics. *Geoderma*, *142,* 318-324.

-McKenzie, R. M. (1988). Manganese oxides and hydroxides. In: Dixon, J. B. & Weed, S. B. (Eds.). Minerals in soil environments. Madison: Soil Science Society of America.
-Prakongkep, N., Suddhiprakarn, S., Kheoruenromne, I., Gilkes, R.J. (2007). Micromorphological properties of Thai Paddy Soils. Kasetsart Journal (Natural Science), 41: 42 – 48.
-Roquero, E., Silva, P.G., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Borja, F. (2013). Micromorphology of hydromorphic soils developed in fluvio-marine sediments during the Middle-Late Pleistocene transit in the Gulf of Cadiz (Atlantic South Spain). Spanish J of Soil Science, 3(3):184-200.
-Stoops, G. (2003). Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin section. Madison: Soil Science Society of America.

Investigation of Fe-Mn Sesquioxides Pedofeatures in Paddy Rice at Droud Region

Zahra Pourakbari[1], Soheila sadat Hashemi[*2]

[1] Msc Student, Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University
[2] Assistant Prof., Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University,
[*]Corresponding Author, Email: S.Hashemi@malayeru.ac.ir

Abstract

One important agricultural product which is produced under the conditions of flooding and long term reduction is rice. The study area is Silakhor plain located in the northwest part of Doroud in Lorestan province. To address the aim of study, after sampling and detailed examination, the profiles were classified according to the Keys to Soil Taxonomy (2014) in the Inceptisols order. The physical, chemical and micromorpological experiment results showed that long term cultivation of rice induced to increasing of clay content in the surface horizons all of the pedons and cause to decreasing of soil cation exchange capacity. The dominant features were coating and hypocoating of Fe-Mn sesquioxides. This pedofeatures increased with depth while have covered and spread in the most portion of soil matrix. Other sesquioxides pedofeatures were loose discontinuous, dense complete and dense incomplete infilling inside voids and channels walls. Impregnated redox pedofeatures are zones where oxidized Fe and/or Mn have accumulated in the matrix as nodules or as Fe/Mn oxide hypo or coatings along voids or coarse mineral grains due to changes in the oxidation state of the element. Calcite nodules in the micrite size (<5μm) that have typic and geodic fabric were observed as impregnated predominantly with Fe oxides. The study results showed that the percentage of Fe-Mn sesquioxides pedofeatures increasing in lower depths and decreasing in gley horizons.

Key Word: b- Fabric, Microstructure, Gley

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اهمیت آموزش و ترویج مدیریت خاک

زهره الویار

بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)
zohre_alvyar@yahoo.com

چکیده

خاک یکی از منابع مهم و ارزشمند طبیعت برای تولید غذا، پوشاک و سایر ضروریات زندگی انسان است بر این اساس می‌توان گفت جهت مدیریت درست خاک و استفاده بهینه از آن نیازمند آموزش به بهره‌برداران می‌باشد. همچنین آموزش مفاهیم خاک‌شناسی جهت درک و شناخت نقش خاک در مسائل مختلف جهانی حائز اهمیت می‌باشد. آموزش و ترویج مدیریت خاک در حفاظت و امنیت خاک و همچنین امنیت آب و غذا نیز مؤثر می‌باشد. با توجه به اینکه خاک یکی از مهم‌ترین منابع و نهاده‌ها در فرآیند تولید محصولات کشاورزی است و آموزش و ترویج مدیریت خاک برای توسعه پایدار یک ضرورت به شمار می‌آید، از این‌رو در این مقاله به اهمیت آموزش و ترویج مدیریت خاک پرداخته می‌شود.

واژگان کلیدی: ارتباط بین خاک و انسان، دانش خاک، توسعه پایدار

مقدمه

خاک یکی از اجزاء اصلی محیط‌زیست است که نقش کلیدی در تولید محصولات کشاورزی، رشد گیاهان، تنوع زیستی، ترسیب کربن، سکونت انسان و حیوانات و کیفیت محیط‌زیست را فراهم می‌کند، که برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار سازمان ملل بسیار مهم است (محمدی، ۱۳۹۹). علیرغم اهمیت خاک‌ها، درک نقشی که آنها در حمایت و حفظ وجود انسان ایفا می کنند هنوز در بین عموم مردم محدود است (برویک و همکاران، ۲۰۲۰). لذا ضروری به نظر می‌رسد که آموزش و ترویج مدیریت خاک با ارائه برنامه‌های آموزشی مناسب، کشاورزان را از شیوه‌های مناسب تولید محصولات زراعی و چگونگی تأثیر آنها بر خاک زراعی و کشاورزی پایدار آگاه سازد و آنان را در این زمینه‌ها تشویق نماید. اهمیت دانش و اطلاعات کشاورزان در برخورد با منابع طبیعی به ویژه خاک، بر کسی پوشیده نیست. آموزش می‌تواند به عنوان راه‌حل مناسبی برای مقابله با معضلات محیط‌زیستی و دستیابی به محیط‌زیستی سالم‌تر و پاک‌تر برای نسل‌های آینده، ایجاد تعادل زیستی و کمک به کاهش مشکلات محیط‌زیست مورد توجه قرار گیرد (فرهادی‌هیکوئی و همکاران، ۱۳۹۶). بسیاری از محققان اهمیت آموزش‌های ترویجی را در پذیرش و به کارگیری اقدامات مدیریتی در حفاظت از خاک نشان داده‌اند (بایارد و همکاران، ۲۰۰۶؛ آسافو-ادجایه، ۲۰۰۸؛ سیدیبه، ۲۰۰۵). این مسئله امروزه بیش از گذشته اهمیت پیدا کرده است. چرا که با توجه به چشم‌اندازهای توسعه پایدار و خط‌مشی‌هایی که کشاورزی پایدار را مسئله‌ای مهم می‌داند، فعالیت‌هایی از این قبیل پیچیده‌تر بوده و کشاورزان در شرایط امروز به دانش و اطلاعات بیشتری نسبت به کشاورزی سنتی نیاز دارند. بنابراین به منظور بالا بردن دانش و

ادراک کشاورزان باید به مسائل محیط‌زیست، توسعه پایدار و ضرورت داشتن رفتار آگاهانه، حفاظتی و دوستانه‌تر با محیط‌زیست تأکید بیشتری گردد (اطهری و صدیقی، ۱۳۹۵).

ارتباط بین خاک و انسان

نشان دادن اهمیت خاک در زندگی روزمره می‌تواند ارتباطی با خاک ایجاد کند، زیرا مردم به چیزهایی اهمیت می‌دهند که از نظر آنها بر کیفیت زندگی آنها تأثیر می‌گذارد. آموزش خاک می‌تواند این ارتباطات را نشان دهد که در محیط‌های رسمی یا غیر رسمی و در طیف وسیعی از گروه‌های سنی قابل انجام است. مردم معمولاً نگران چیزی مانند خاک نخواهند بود، مگر اینکه اهمیت آن را در زندگی خود مشاهده نمایند (مک‌ایوان و همکاران، ۲۰۱۷ ؛ برویک و همکاران، ۲۰۱۹a). موارد زیادی وجود دارد که اهمیت خاک در زندگی روزمره را می‌توان به آسانی نشان داد، واضح‌ترین آنها تولید مواد غذایی است که این ارتباط به طور شفاف در کلاس‌های علوم خاک و کشاورزی نشان داده می‌شود (پوزا و فیلد،۲۰۲۰). همچنین خاک در تهیه داروها، مصالح ساختمانی و پوشاک (برویک و همکاران، ۲۰۱۹b) و همچنین ذخیره‌سازی و تصفیه آب (نیری و همکاران، ۲۰۰۹) و پیشگیری از زمین لغزش (شیائو و همکاران، ۲۰۱۷) برای جامعه مدرن اهمیت زیادی دارد. صرفنظر از سطح واقعی شناخت فعلی از خاک، نشان دادن اهمیت آن در ارائه خدمات اکوسیستمی و اجتماعی، مانند موارد ذکر شده، فرصت‌هایی را برای ایجاد ارتباط با مردم ارائه می‌دهد (برویک و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که تخریب خاک‌ها باعث شده است که آنها توانایی کمتری در ارائه خدمات اکوسیستم داشته باشند که به طور معمول در کلاس‌های آموزشی خاک و کشاورزی به آن اشاره می‌شود. همچنین، برخی از جنبه‌های تخریب خاک به عنوان مثال، فرسایش را می‌توان به راحتی حتی برای فرد نسبتاً آموزش‌دیده نشان داد. در تعامل بودن با چنین مشکلاتی ضرورت اهمیت مراقبت از خاک را تقویت می‌کند. بنابراین، فرصت‌های زیادی برای افزایش ارتباط خاک با مردم از طریق درگیر شدن در برخی آموزش‌های پایه خاک‌شناسی وجود دارد (باود و همکاران، ۲۰۱۹).

چالش عمده‌ای که امروزه محققان خاک با آن مواجه شده‌اند ایجاد مکانی در سیستم آموزشی برای مشارکت منظم مردم در آموزش خاک است. استفاده از ابزارهای دیجیتالی سرگرم‌کننده، پلتفرم‌ها و سایر اشکال مشارکت در آموزش رسمی و غیررسمی می‌تواند مفید باشد (برویک و همکاران، ۲۰۲۲). یک رویکرد چند بعدی برای آموزش و اطلاع‌رسانی خاک مورد نیاز است تا مدل‌های معمول و مرسوم را با محیط‌های آنلاین جدید (مانند رسانه‌های اجتماعی، سیستم‌های مدیریت یادگیری و پورتال‌های اطلاعات آنلاین خاک) متعادل سازد و یک محیط یادگیری مناسب ایجاد کند. شایان ذکر است که ارائه اطلاعات، به ویژه از طریق پورتال‌های آنلاین، لزوماً منجر به کسب دانش نمی‌شود و یک محیط یادگیری پویا و قابل اعتماد را فراهم نمی‌کند (روکس و همکاران، ۲۰۰۶). از آنجایی که روابط بین فردی در افزایش اعتماد و پذیرش دانش و شیوه‌های جدید مدیریت خاک بسیار مهم می‌باشد، برای ایجاد محیط یادگیری مناسب باید

بین قرار دادن اطلاعات در فضای مجازی، با فراهم کردن فرصت‌هایی برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات از طریق تعاملات بین فردی تعادل برقرار شود (لوبری‌دبریون و همکاران، ۲۰۱۷).

امنیت خاک

چندین چالش جهانی وجود دارد که بر پایداری سلامت انسان و سیاره تأثیر می‌گذارد که شامل امنیت غذا و آب برای حمایت از جمعیت جهان، توانایی کاهش و سازگاری با اثرات تغییرات آب و هوا و حفاظت از تنوع زیستی در جهان است (باگنال و همکاران، ۲۰۲۱؛ گادفری و همکاران، ۲۰۱۰؛ جانزن و همکاران، ۲۰۱۱؛ مک‌براتنی و فیلد، ۲۰۱۵). تجزیه و تحلیل این چالش‌ها نشان می‌دهد که آنها تحت تأثیر خاک و تخریب آن هستند (بوما و مک‌براتنی، ۲۰۱۳)، و خاک و مدیریت آن می‌تواند به کاهش تأثیر این چالش‌ها کمک کند (بنت و همکاران، ۲۰۱۹). نقش خاک از طریق مجموعه‌ای از عملکردهای مرتبط با بشریت و اکوسیستم‌ها شناخته می‌شود (مک‌براتنی و همکاران، ۲۰۱۹). در چنین شرایطی که عملکرد خاک به رسمیت شناخته نمی‌شود، نیاز به توسعه امنیت خاک از طریق سیاست‌گذاری و افزایش آگاهی جامعه و تقویت ارتباطات آنها با خاک وجود دارد (ریچاردسون، ۲۰۲۱). یعنی اگر بتوان مفاهیم کلیدی خاک و شیوه‌های ارتباطی را شناسایی کرد، امنیت خاک را می‌توان تا حد زیادی از طریق ارتباطات بین خاک و انسان که توسط آموزش خاک هدایت می‌شود، ارتقا داد (برویک و همکاران، ۲۰۲۲).

محققان خاک به طور مداوم به دنبال راه‌هایی برای ارتباط بهتر محققان سایر علوم با مسائل خاک هستند. چندین ایده برای انجام این امر پیشنهاد شده است از جمله مفهوم خاک، سلامت خاک، کیفیت خاک و امنیت خاک (برویک و همکاران، ۲۰۱۹a) و همچنین نشان دادن اهمیت خاک در تحقق اهداف اصلی سیاست مانند توسعه پایدار(کیسترا و همکاران، ۲۰۱۶) یا به صفر رساندن تخریب خالص زمین تا سال ۲۰۳۰ (برویک و همکاران، ۲۰۱۵). امنیت خاک برای ایجاد پلی بین محققان و سیاست‌گذاران پیشنهاد شده است (کوچ و همکاران، ۲۰۱۳). سایر مفاهیم امنیتی مانند امنیت غذایی، امنیت آب و امنیت انرژی از مقبولیت گسترده‌ای در بین بسیاری از سیاست‌گذاران در سراسر جهان برخوردار است، بنابراین امنیت خاک به عنوان راهی برای استفاده از این شناخت «امنیتی» برای پیشبرد نیازها در علوم خاک در نظر گرفته شده است (مک‌براتنی و همکاران، ۲۰۱۴).

به اشتراک‌گذاری دانش خاک برای بهبود مدیریت خاک

علم خاک یک رشته منحصر به فرد است که با تعامل بین تحقیقات بنیادی و کاربردهای آن مشخص می‌شود (بوما، ۲۰۰۱). همچنین یک علم بین رشته‌ای است که ریشه در سایر علوم دارد. زیست‌شناسی، شیمی، زمین‌شناسی و جغرافیا در توسعه اولیه علم خاک نقش داشته‌اند و همچنان به طور اساسی با علم خاک مرتبط هستند (برویک و هارتمینک، ۲۰۱۰). پیچیدگی بسیاری از مسائل امروزی بر نیاز به تحقیق و آموزش بین رشته‌ای علوم خاک تأکید می‌کند (ژوانگ و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، آموزش باید فرصت‌هایی را برای فراگیران فراهم کند تا دانش و

مهارت‌های انضباطی را به دست آورند، تا بتوانند بین مبانی علم خاک و کاربردهای آن در انواع اکوسیستم‌ها ارتباط برقرار کنند و با طیفی از ذینفعان، از جمله مردم و مقامات دولتی ارتباط مؤثر برقرار کنند (فیلد و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین تنها در صورتی می‌توان خاک را به طور مؤثر مدیریت کرد که با داشتن اطلاعات کافی و حمایت مناسب با آن ارتباط بهتری داشته باشیم. محققان خاک معتقدند که بخشی از راه حل برای ریشه‌کن کردن تخریب مستمر خاک ارتباط اساتید، سیاست‌گذاران، پژوهشگران، کارشناسان خاک و مردم با یکدیگر و دانش موردنیاز آنها در زمینه خاک می‌باشد. این گروه‌ها در رابطه با دانش خاک به یک یا چند گروه جهت تأثیرگذاری و سرمایه‌گذاری در شناسایی نیازها، تحقیق کردن، اطلاع رسانی به دیگران، تعامل با دیگران و اجرا از طریق تصمیم‌گیری وابسته هستند (لوبری‌دبریون و همکاران، ۲۰۱۷). هدف نهایی استفاده مؤثر از دانش خاک این است که کسانی که به دنبال اطلاعات خاک هستند خواه صاحب زمین، مشاور، دانشجو، کشاورز و کارمند دولتی باشد از طریق تعامل با مخاطبان مربوطه، تأثیر مثبتی بر منابع خاک داشته باشند. به عنوان مثال، محققان یا عاملین توسعه خاک باید به طور دقیق تعیین کنند که کدام یک از شیوه‌های مدیریت زمین به بهترین وجه از خاک‌های سالم محافظت و نگهداری می‌کند (کی و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین، مدیریت اطلاعات و اشتراک دانسته‌ها برای بهبود رفتار کشاورزان و کاربران ضروری است. محققان و مدیران نقش مهمی در نشر علوم جدید و همکاری نزدیک با کشاورزان در این فرآیند یادگیری ایفا می‌کنند (محمدی، ۱۳۹۹).

نتیجه‌گیری

آموزش خاک برای ارتباط بین خاک و انسان بسیار مهم است، زیرا پاسخ‌هایی در مورد اینکه چرا خاک در زندگی روزمره ما مهم است ارائه می‌شود. علاوه بر این، آموزش علوم خاک برای درک سیستم‌های محیطی زمینی و ارزش حفاظت از آنها مهم است. زمین‌داران، کشاورزان و سایر افراد مرتبط با علوم خاک، نیاز به درک عمیق‌تر از عملکردهای اساسی همه سیستم‌های محیطی از جمله خاک و روابط متقابل بین فعالیت‌های انسانی و جهان طبیعی را دارند تا بتوانند تصمیمات مناسب در مورد مشکلات زیست‌محیطی اتخاذ کنند. همچنین بهبود آموزش مفاهیم خاک درک این موضوع که خاک نیز به اندازه آب و هوا در زندگی انسان‌ها اهمیت دارد را تسهیل می‌کند. با توجه به اینکه آموزش یکی از مؤلفه‌های توسعه پایدار در هر کشور به شمار می‌رود، بنابراین انجام اقدامات گسترده، همه‌جانبه و مستمر در جهت آموزش و افزایش مدیریت خاک ضروری به نظر می‌رسد.

فهرست منابع

اطهری، ز.، صدیقی، ح. (۱۳۹۵). عوامل تأثیرگذار بر ادراک کشاورزان شهرستان کرمانشاه از مدیریت خاک زراعی. فصلنامه آموزش محیط زیست و توسعه پایدار، ۱(۳): ۳۲-۲۱.

محمدی، س. (۱۳۹۹). اهمیت مدیریت پایدار خاک در دستیابی به سلامت خاک. هفتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، ۲۰ بهمن، موسسه آموزش عالی بینالود، مرکز مطالعات و تحقیقات علوم و فنون بنیادین، تهران.

فرهادی‌هیکوئی، ح.، چرمچیان‌لنگرودی، م.، فلاح، و. (۱۳۹۶). نقش آموزش بر به کارگیری عملیات حفاظت خاک در راستای پایداری شالیکاری شهرستان ساری. فصلنامه آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۱: ۸۲-۷۰.

Asafu-Adjaye, J. (2008). Factors affecting the adoption of soil conservation measures: A case study of Fijian cane farmers. Journal of Agricultural and Resource Economics, 33(1):99-117.

Bagnall, D. K., Shanahan, J. F., Morgan, C. L. S., Honeycutt, C. W. (2021). Soil health considerations for global food security. Agronomy Journal, 113:4581–4589.

Baude, M., Meyer, B.C., Schindewolf, M. (2019). Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil based ecosystem services. Science of The Total Environment, 659: 1526–1536.

Bayard, B., Jolly, C. M., Shannon, D. A. (2006). The adoption and management of soil conservation practices in Haiti: The case of Rock Walls. Agricultural Economics Review, 7 (2): 28- 39.

Bennett, J. M., McBratney, A. B., Field, D. J., Kidd, D., Stockmann, U., Liddicoat, C., Grover, S. (2019). Soil security for Australia. Sustainability, 11: 3416.

Bouma, J., (2001). The new role of soil science in a network society. Soil science, 166: 874–879.

Bouma, J., McBratney, A. B. (2013). Framing soils as an actor when dealing with wicked environmental problems. Geoderma, 200–201:130–139.

Brevik E.C., Krzic M., Itkin D., Uchida Y., Chau H.W. (2020). Guidelines for under- and post-graduate students. In: Kosaki T., Lal R., Reyes-Sanches L.B (eds.). (2020). Soil Sciences Education: Global Concepts and Teaching. Catena-Schweizerbart, Sttuttgart, 31-48

Brevik, E. C., Hannam, J., Krzic, M., Muggler, C., Uchida, Y. (2022). The importance of soil education to connectivity as a dimension of soil security. Soil Security, 7:100066.

Brevik, E.C., Cerd`a, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J.N., Six, J., Van Oost, K. (2015). The interdisciplinary nature of soil. Soil, 1:117–129.

Brevik, E.C., Hartemink, A.E. (2010). Early soil knowledge and the birth and development of soil science. Catena, 83:23–33.

Brevik, E.C., Steffan, J.J., Rodrigo-Comino, J., Neubert, D., Burgess, L.C., Cerd`a, A. (2019a). Connecting the public with soil to improve human health. European Journal of Soil Science, 70: 898–910.

Brevik, E.C., Pereg, L., Pereira, P., Steffan, J.J., Burgess, L.C., Gedeon, C.I. (2019b). Shelter, clothing, and fuel: often overlooked links between soils, ecosystem services, and human health. Science of The Total Environment, 651: 134–142.

Field, D.J., Yates, D., Koppi, A.J., McBratney, A.B., Jarrett, L. (2017). Framing a modern context of soil science learning and teaching. Geoderma, 289:117–123.

Godfray, H. C. J., Breddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, A. M., Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science, 327:812–818.

Janzen, H. H., Fixen, P. E., Franzluebbers, A. J., Hattey, J., Izaurralde, E. C., Ketterings, Q. M., Lobb, D. A., & Schlesinger, W. H. (2011). Global prospects rooted in soil science. Soil Science Society of America Journal, 75:1–8.

Keesstra, S.D., Bouma, J., Wallinga, J., Tittonell, P., Smith, P., Cerd`a, A., Montanarella, L., Quinton, J.N., Pachepsky, Y., van der Putten, W.H., Bardgett, R.D., Moolenaar, S., Mol, G., Jansen, B., Fresco, L.O.(2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. Soil, 2:111–128.

Key, G., Whitfield, M.G., Cooper, J., De Vries, F.T., Collison, M., Dedousis. T., et al. (2016). Knowledge needs, available practices, and future challenges in agricultural soils. Soil, 2: 511–521.

Koch, A., McBratney, A., Adams, M., Field, D., Hill, R., Crawford, J., Zimmermann, M. (2013). Soil security: solving the global soil crisis. Global Policy, 4: 434–441.

Lobry de Bruyn, L., Jenkins, A., Samson-Liebig, S. (2017). Lessons learnt: sharing soil knowledge to improve land management and sustainable soil use. Soil Science Society of America Journal, 81(3): 427-438.

MacEwan, R.J., MacEwan, A.S.A., Toland, A.R. (2017). Engendering connectivity to soil through aesthetics. In: Field, D.J., Morgan, C.L.S., McBratney, A.B. (Eds.), Global Soil Security. Springer, Cham, 351–363.

McBratney, A. B., Field, D. J., Morgan, C. L. S., Huang, J. (2019). On soil capability, capacity and condition. Sustainability, 11: 3350.

McBratney, A., Field, D. J. (2015). Securing our soil. Soil Science and Plant Nutrition, 61: 587–591.

McBratney, A., Field, D.J., Koch, A. (2014). The dimensions of soil security. Geoderma, 213: 203–213.

Neary, D.G., Ice, G.G., Jackson, R. (2009). Linkages between forest soils and water quality and quantity. Forest Ecology and Management, 258: 2269–2281.

Pozza, L.E., Field, D.J. (2020). The science of soil security and food security. Soil Security, 1: 100002.

Richardson, B. F. (2021). The price we pay for land: The political economy of Pukekohe's development. Journal of New Zealand & Pacific Studies, 9: 7–23

Sidibe, A. (2005). Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern BurkinaFaso. Agricultural Water Management, 71: 211-224.

Xiao, H., Huang, J., Ma, Q., Wan, J., Li, L., Peng, Q., Rezaeimalek, S. (2017). Experimental study on the soil mixture to promote vegetation for slope protection and landslide prevention. Landslides, 14: 287–297.

Zhuang, Y., Du, C., Zhang, L., Du, Y., Li, S.(2015). Research trends and hotspots in soil erosion from 1932 to 2013: a literature review. Scientometrics, 105:743–758.

The importance of education and extension of soil management

Zohreh Alvyar
Department of Soil and Water Research, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil (Moghan)

Abstract

Soil is one of the important and valuable resources of nature for the production of food, clothing and other essentials of human life, based on this, it can be said that for the proper management of soil and its optimal use, education is required for users. Also, it is important to teach soil science concepts to understand the role of soil in various global issues. The education and extension of soil management is effective in soil protection and security as well as water and food security. Considering that soil is one of the most important resources and inputs in the production process of agricultural products and education and extension of soil management is considered a necessity for sustainable development, therefore, the importance of education and extension of soil management is discussed in this article.

Keywords: Connections between soil and human, Soil knowledge, Sustainable development

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی اثر گوگرد عنصری، باکتری تیوباسیلوس و ماده‌ی آلی بر جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در یک خاک آهکی

مهرناز بدری قاضیانی[۱]، امیر بستانی[۲*]، داود نامدار خجسته[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله bostaniamir@gmail.com

چکیده

استفاده از اصلاح کننده‌ها و مواد آلی می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش pH خاک و افزایش بازدهی کودها و فراهمی عناصر غذایی باشد. به¬منظور بررسی اثر گوگرد عنصری، باکتری تیوباسیلوس و ماده‌ی آلی بر جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در یک خاک آهکی، این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به‌صورت کشت گلخانه‌ای اجرا شد. فاکتور اول شامل گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس در چهار سطح شامل ۰، ۰/۵، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی، به همراه ۱/۵ درصد وزنی گوگرد مصرفی از مایه تلقیح تیوباسیلوس، فاکتور دوم شامل ماده آلی از منبع کود دامی در سه سطح شامل ۰، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی-وزنی بود. نتایج نشان داد که که بهترین غلظت گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس بر جذب عناصر ریز مغذی غلظت ۲ درصد بود که باعث کاهش محسوس pH و کربنات کلسیم معادل و افزایش فراهمی عناصر روی و آهن در خاک و گیاه گردید. کربن آلی و درصد اشباع خاک نیز با افزایش میزان ماده آلی افزایش نشان داد که سبب فراهمی آهن و روی در خاک و گیاه گردید.

واژگان کلیدی: اصلاح کننده، آهن، روی، خاک آهکی.

مقدمه

یکی از معضلات اصلی خاک‌های آهکی، کمبود مواد آلی، وجود کربنات کلسیم فراوان و pH قلیایی است، که فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، آهن و روی و در نتیجه رشد و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (منتجبی و کاوه‌زاده، ۱۳۹۸). حضور کربنات‌ها در خاک باعث می‌شود کودهای فسفره و ریز مغذی پس از استفاده، به‌صورت ترکیبات نامحلول رسوب کنند و به این ترتیب کاهش حلالیت و فراهمی عناصر غذایی علی‌رغم غلظت بالای آن‌ها در خاک، باعث کاهش جذب به وسیله ریشه می‌شود (Kaler et al., 2017). استفاده از اصلاح کننده‌ها و مواد آلی در خاک‌های آهکی می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش pH خاک و افزایش بازدهی کودها و فراهمی عناصر غذایی باشد (خادم و همکاران، ۱۳۹۴). استفاده از گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس می‌تواند بطور قابل توجهی وضعیت خاک‌های آهکی را بهبود بخشد و باعث افزایش فراهمی عناصر روی و آهن قابل جذب خاک گردد (میرزاپور و همکاران، ۱۳۹۶). فراوانی این باکتری‌ها به صورت طبیعی در خاک کم بوده و برای حصول نتایج بهتر در خاک آهکی باید به خاک اضافه شوند (Stamford et al., 2015). استفاده از کودهای زیستی به سبب تبدیل عناصر غذایی از حالت غیرقابل دسترس به حالت قابل دسترس در خاک، یکی از اهداف کشاورزی پایدار، از طریق کاهش مصرف

کودهای شیمیایی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر اصلاح کننده‌های خاک بر جذب عناصر ریزمغذی در گیاه کینوا و یک خاک آهکی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل گوگرد عنصری به همراه باکتری تیوباسیلوس (از منبع بانک ریز جاندران مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران) در چهار سطح شامل ۰، ۰/۵، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی، به همراه ۱/۵ درصد وزنی گوگرد مصرفی، باکتری تیوباسیلوس بصورت جامد همچنین فاکتور دوم شامل ماده آلی از منبع کود باغی در سه سطح شامل ۰، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی-وزنی که در گلخانه شهید حججی دانشکده کشاورزی انجام شد. قبل از شروع آزمایش خاک از عمق (۰-۳۰ سانتی‌متر) از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهیه و پس از عبور از الک دو میلی‌متری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتر و با تهیه گل اشباع، EC و pH در آن و میزان $CaCo_3$ معادل به روش کلسیمتر فشاری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری روی و آهن قابل جذب نیز از روش عصاره‌گیری با DTPA استفاده شد. پس از اعمال تیمارها و به‌منظور ایجاد تعادل به مدت حداقل ۳۰ روز عملیات آبیاری تا رسیدن رطوبت FC به ظرفیت زراعی به نمونه‌ها اعمال شد. این عمل چندین مرتبه در طول دوره مذکور تکرار شد و با به تعادل رسیدن خاک و عمل کاشت بذر کینوا در هر گلدان صورت گرفت. دو ماه پس از کاشت بذر، نمونه‌های گیاه و خاک جمع‌آوری شد و به منظور بررسی مجدد EC، pH و میزان کلسیم کربنات معادل عنصر روی و آهن قابل جذب در شرایط استاندارد آماده‌سازی شد. در پایان غلظت روی و آهن در خاک توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. آنالیز داده‌ها از طریق نرم‌افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته و پس از تجزیه واریانس، میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی بوده و دارای pH قلیایی همراه با کربن آلی کم و میزان کربنات کلسیم معادل زیاد است. از نظر شوری جز خاک‌های با شوری نسبتا بالا طبقه بندی می‌شود. طبق نتایج جدول ۲ تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس بر برخی ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد که سطوح گوگرد عنصری و با کتری تیوباسیلوس بر pH ، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر ساده سطوح ماده آلی بر تمامی سطوح جز کربن آلی که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد بر سایر سطوح در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و ماده آلی برشوری خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و بر درصد اشباع خاک و درصد کربن آلی خاک معنی‌دار نشد. نتایج نشان داد که میزان عنصر روی خاک و آهن و روی گیاه و وزن خشک گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. و آهن خاک معنی‌دار نشد.

جدول ۱. برخی خصوصیات، فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قبل از اعمال تیمار

بافت	pH	Ec	رس	سیلت	شن	O.C	SP	CCE*	آهن	روی

	_	(dS m^{-1})	٪	٪	٪	٪	٪	٪	mg Kg^{-1}	mg Kg^{-1}
لوم	۸/۵۱	۱۰/۱۵	۲۳/۶	۳۵/۸	۴۰/۶	۰/۸۹	۳۳	۹/۹۱	۱/۸۸	۱/۷۷

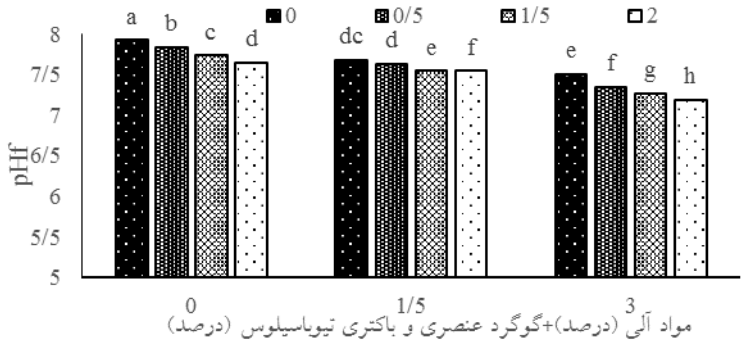
*- کربنات کلسیم معادل

جدول۲ تجزیه واریانس اثر گوگرد عنصری به همراه باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی، بر pH، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، درصد اشباع خاک و شوری در خاک آهکی پس از برداشت محصول

منابع تغییرات	درجه آزادی	pH	O.C	EC	Fe	Zn
گوگرد عنصری	۳	۰/۱۳**	۰/۰۰ns	۲/۴۳**	۱۴/۱۶**	۳/۸۷**
ماده‌آلی	۲	۰/۶۲**	۰/۰۵*	۱۹/۰۸**	۰/۷۳**	۵/۵۹**
گوگرد × ماده‌آلی	۶	۰/۰۰	۰/۰۲ns	۰/۱۱**	۰/۰۱ns	۰/۴۳**
خطا	۲۴	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
ضریب تغییرات (٪)	-	۰/۵۷	۶/۳۴	۷/۳۴	۲/۷۰	۲/۵۴

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و غیر معنی‌دار

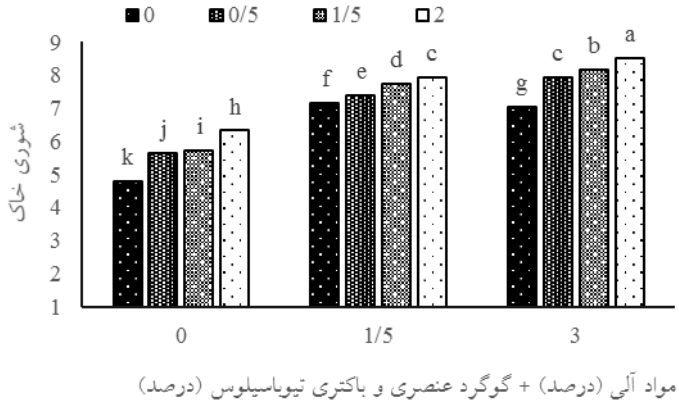
pH_f: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو تیمار گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی بر pH (شکل ۱) نشان داد که تیمار ۳ درصد ماده آلی و۲ درصد باکتری تیوباسیلوس با داشتن بیش‌ترین میزان ماده آلی و گوگرد عنصری، باکتری تیوباسیلوس کم‌ترین میزان pH خاک را سبب شد. تیمار شاهد بیش‌ترین میزان pH خاک را سبب شد. این نتایج نشان داد در صورت افزایش میزان ماده آلی به جهت داشتن ترکیباتی نظیر هیومیک و فولویک اسید از طریق تشکیل کمپلکس با برخی عناصر غذایی و گوگرد عنصری به همراه باکتری تیوباسیلوس افزایش اکسیداسیون بیوشیمیایی گوگرد و تبدیل آن به اسید سولفوریک می‌شود که نتیجه آن کاهش pH خاک را به همراه دارد. اثرات مفید کاربرد گوگرد در خاک‌های با pH بالا، مانند افزایش عملکرد محصول و کاهش pH خاک‌های آهکی می‌باشد (خاوازی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی بر میزان pH خاک

کربنات کلسیم معادل خاک: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو تیمار گوگرد عنصری به همراه باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی بر میزان کربنات کلسیم معادل خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش میزان ماده آلی و افزایش غلظت گوگرد عنصری، کربنات کلسیم معادل خاک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما در تیمار فاقد ماده آلی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای گوگردی مشاهده نشد. به‌طوری که در تیمار بدون ماده آلی و۲ درصد باکتری تیوباسیلوس با افزایش غلظت گوگرد عنصری به ۲ درصد، میزان کربنات به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مهم‌ترین تأثیر سو فراوانی آهک در خاک، تبدیل عناصر مغذی مورد نیاز گیاه به فرم نامحلول و غیرقابل دسترس برای گیاهان است.

شوری نهایی خاک (ECf): نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار گوگرد عنصری به همراه باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی بر شوری نهایی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تیمارهای ماده آلی صفر، ۱/۵ و ۳ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به طوری که بیش‌ترین میزان شوری در تیمار ۳ درصد ماده آلی با ۲ درصدگوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد، مشاهده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از یک تحقیق مشاهده شد در اثر اکسایش گوگرد در خاک‌های آهکی، اسید سولفوریک تولید شده و با کربنات‌ها واکنش داده و سبب انحلال آن‌ها در خاک می‌شود. در نتیجه ورود املاح محلول قلیایی حاصل از واکنش به خاک باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود. اکسایش گوگرد در خاک منجر به تولید یون سولفات می‌شود در نتیجه شوری در خاک افزایش می‌یابد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۶).



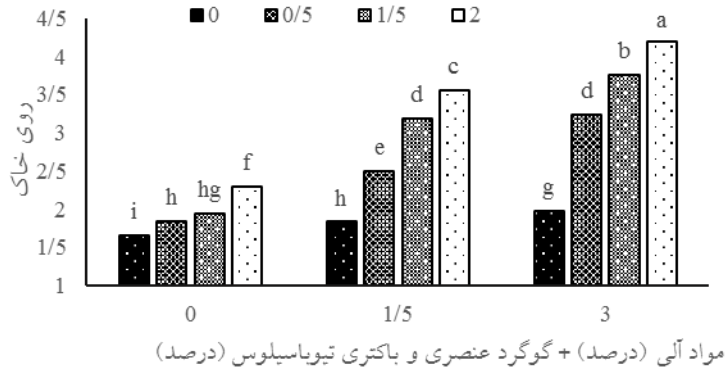
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد عنصری و باکتری تیو باسیلوس و مواد آلی بر میزان شوری خاک

آهن خاک: نتایج مقایسه تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و ماده آلی بر آهن خاک جدول معنی‌دار نشد. نتایج جدول مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و ماده آلی بر آهن خاک در تیمارهای با ماده آلی صفر، ۱/۵ و ۳ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. آهن یکی از عناصری است که قابلیت جذب آن در خاک شدیدا وابسته به pH است. از آن‌جایی که غالب عناصر کم‌مصرف در محدوده pH ۶/۵ تا ۷ بیش‌ترین قابلیت دسترسی را داشته، در نتیجه فراهم ساختن شرایطی که pH خاک را به این محدوده برساند

می‌تواند بخش قابل توجهی از عناصر غیر قابل دسترس را به محلول خاک وارد نماید. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار آهن خاک در تیمار با میزان ماده آلی ۳ درصد و میزان ۲ درصد گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس با مقدار ۵/۴۴ میلی-گرم بر کیلوگرم و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۱/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. که بیش‌ترین مقدار آن نسبت به تیمار شاهد ۱۹۵/۶۵ درصد افزایش آهن خاک را سبب شد. مواد آلی، هوموسی با ایجاد کمپلکس با ترکیبات آلی مانع از ایجاد رسوب آهن در خاک می‌شوند و قابلیت دسترسی این عناصر را افزایش می‌دهند (Kulmala, 2012).

روی خاک

نتایج مقایسه تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و ماده آلی بر روی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در تیمارهای ماده آلی صفر، ۱/۵ و ۳ درصد به همراه افزایش غلظت گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش روی خاک شد. هم‌چنین تیمار میزان ماده آلی ۳ درصد و میزان ۲ درصد گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس بالاترین میزان عنصر روی خاک را داشت. بر این اساس نتایج مقایسه میانگین خاک‌های مربوط به تیمار میزان ماده آلی ۳ درصد و میزان ۲ درصد باکتری تیوباسیلوس، ۱۵۳/۰۱ درصد افزایش روی خاک را نسبت به شاهد نشان دادند. استفاده از اصلاح کننده‌های خاک‌های آهکی که توانایی کاهش pH خاک را در محدوده ریزوسفر گیاهان را داشته باشند و دسترسی عناصر کم‌مصرف را افزایش می‌دهند، یکی از موثرترین روش پیشنهاد شده توسط محققین است.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی بر میزان عنصر روی خاک

نتیجه‌گیری

بهترین غلظت گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس بر جذب عناصر ریزمغذی غلظت ۲ درصد بود که باعث کاهش محسوس pH و کربنات کلسیم معادل خاک و افزایش فراهمی عناصر روی و آهن در خاک و گیاه شد. به‌طور کلی نتایج نشان دادند، استفاده از گوگرد عنصری و باکتری تیوباسیلوس با غلظت ۲ درصد و مواد آلی با غلظت ۳ درصد به دلیل احتمال ایجاد شرایط مناسب برای کاهش pH فراهمی عناصر ریزمغذی را تسهیل می‌کنند. باکتری تیوباسیلوس

واکنش گوگرد عنصری واکنش گوگرد در خاک را سرعت می‌بخشد. از سوی دیگر استفاده از مواد آلی با تأثیر مثبت بر اکسیداسیون گوگرد سبب افزایش فرآهمی عناصر ریز مغذی می‌گردد.

فهرست منابع

احمدی، ع.، احسان‌زاده، پ. و جباری، ف. (۱۳۸۶). فیزیولوژی گیاهی (فتوسنتز و تغذیه). چاپ اول. مرکز نشر دانشگاهی. دانشگاه تهران. ایران. ۲۱۵ ص.

خادم، ا.، گلچین، ا.، مشهدی جعفرلو، ا.، زارع، ا.، ناصری، ا. (۱۳۹۴). تأثیر اسیدی شدن شدید خاک بر قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و رشد ذرت. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی منابع طبیعی خراسان رضوی. ۲۸ (۱۰۷): ۷-۱.

خاوازی، ک. و ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۱). ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور. جلد اول، چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی. تهران.

Kaler, A.S., McCray, M., Wright, A.L., Erikson, J.E. (2017). Sugarcane Yield and Plant Nutrient Response to SulfurAmended Everglades Histosols. Journal of Plant Nutrition, 40 (2): 187-196.

Kulmala, A. (2012). Nutrient balance. Available at: http://www.balticdeal.eu/measure/nutrient.

Stamford, N.P., Figueiredo, M.V.B., Junior, S.S., Freitas, A.D.S., Santos, C.E.R.S., Junior, M.A.L. (2015). Effect of gypsum and sulfur with *Acidithiobacillus* on soil salinity alleviation and on cowpea biomass and nutrient status as affected by PK rock biofertilizer. Scientia Horticulturae, 192: 287–92.

Investigating the Effect of Elemental Sulfur, Thiobacillus Bacteria and Organic Matter on the Absorption of Low-Use Nutrients in a Calcareous Soil

Mehrnaz Badri Ghaziani[1], Amir Bostani[2]*, Davood Namdar Khojaste[3]

۱, ۲ and ۳. Master's student, Associate Professor and Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Iran

E-mail of the author responsible for the article bostaniamir@gmail.com *

Abstract

The use of modifiers and organic materials can be a good solution to reduce soil pH and increase the yield of fertilizers and the availability of nutrients. In order to investigate the effect of elemental sulfur, Thiobacillus bacteria and organic matter on the absorption of nutrients in a calcareous soil, this research was carried out in a factorial manner in the form of a completely randomized design in three replications as a greenhouse culture. The first factor includes elemental sulfur and Thiobacillus bacteria at four levels including 0, 0.5, 1.5 and 2% by weight, along with 1.5% by weight of sulfur consumed from Thiobacillus inoculum, the second factor includes organic matter from the source of animal manure in Three levels included 0, 1.5 and 3% w/w. The results showed that the best concentration of elemental sulfur and thiobacillus bacteria on the absorption of micronutrient elements was 2% concentration, which caused a noticeable decrease in pH and equivalent calcium carbonate and increased availability of zinc

and iron elements in soil and plants. Organic carbon and soil saturation percentage also increased with the increase in the amount of organic matter, which caused the availability of iron and zinc in the soil and plants.

Keywords: Modifier, Iron, Zinc, Calcareous Soil.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی توان حل‌کنندگی فسفات نامحلول در محیط تیوگلیکولات اصلاح شده، شبیه‌سازی شرایط ریزوسفر

بهمن خوشرو[1]، علیرضا فلاح نصرت آباد[2]

۱- محقق پسادکترا، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
آدرس پست الکترونیکی: bahmankhoshru@yahoo.com

۲- استاد موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

تغییرات اکسیژن در ریزوسفر یک عامل تاثیرگذار بر فعالیت میکروبی از جمله فعالیت حل‌کنندگی فسفات نامحلول توسط باکتری‌ها می‌باشد. بر این اساس در این تحقیق پتانسیل برخی از سویه‌های توانمند حل‌کننده فسفات برای محلول‌سازی فسفات نامحلول در وضعیت اکسیژنی مشابه ریزوسفر مورد ارزیابی قرار گرفت. از محیط تیوگلیکولات اصلاح شده برای این منظور استفاده شد. تعداد ۱۰ باکتری حل‌کننده فسفات از بانک میکروبی آزمایشگاه بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب دریافت گردید. در بررسی کیفی توان حل‌کنندگی منبع تری‌کلسیم‌فسفات، همه سویه‌ها دارای HD/CD>2 بودند و سه باکتری PSB63، PSB58 و PSB23 به ترتیب با مقادیر ۲/۵، ۲/۴ و ۲/۳ برای HD/CD، بزرگترین هاله انحلال را از خود نشان دادند. در ارزیابی کمی تیمار PSB63 با ۷۸/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر دارای بالاترین میزان حل‌کنندگی فسفات بود. نتایج ارزیابی کارایی انحلال در محیط تیوگلیکولات اصلاح شده (شبیه‌سازی ریزوسفر) نشان داد که سویه PSB28 با ۱۷ میلی‌متر محدوده انحلال فسفر، بالاترین توانایی را در بین بقیه داشت، PSB57 نیز با مقدار ۱۵ میلی‌متر در رتبه دوم قرار داشت. بر اساس نتایج این تحقیق و مقایسه سه روش ارزیابی، محیط تیوگلیکولات با داشتن شرایطی مانند ریزوسفر از نظر تغییرات اکسیژن، نتایج بهتری از توان محلول‌سازی فسفات توسط سویه‌ها را ارائه داد.

واژگان کلیدی: هاله انحلال، تولید اسید، پتانسیل ریداکس، تغییرات اکسیژن، مولیبدوواندات

مقدمه

علی‌رغم بالا بودن فسفر کل خاک‌ها دسترسی آن برای گیاه کم است و قسمت عمده فسفر خاک به همراه کاتیون‌های فلزی رسوب کرده و از دسترس گیاه خارج می شود و به همین سبب نیز استفاده از کودها چندان نتیجه‌بخش نیست (Balemi and Negisho, 2012). یکی از راه‌های عملی برای استفاده از فسفر تجمع پیدا کرده در خاک‌ها، بکارگیری پتانسیل باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB) می‌باشد. استفاده از PSB، چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای را برای غلبه بر کمبود فسفر قابل جذب برای گیاهان ارائه می‌دهد. PSB این توانایی را دارند که اشکال نامحلول فسفر را به اشکال محلول تبدیل کنند که به آسانی توسط گیاهان قابل جذب باشند (Khan et al., 2009). کاربرد PSB در سیستم‌های کشاورزی، اثرات محرک رشد را بر محصولاتی مانند ذرت، گندم، سویا، جو، کنجد و غیره نشان داده است (Chouyia et al., 2020; Kusale et al., 2021). وجود یک سویه کارامد لازمه اثربخشی کودهای زیستی مورد استفاده در

[1] Phosphate Solubilizing Bacteria

خاک می‌باشد (Bautista-Cruz et al., 2019). کارایی انحلال فسفات توسط PSB، در بخش آزمایشگاهی و به طریق کمی و کیفی ارزیابی می‌گردد (Xu et al., 2019). در برخی از تحقیقات، عدم اثربخشی PSB (منتخب در شرایط آزمایشگاهی) در کاربردهای گلخانه‌ای و مزرعه‌ای گزارش شده است (Khourchi et al., 2022; Cheng et al., ۲۰۲۳). بنظر می‌رسد درک شرایط حاکم بر ریزوسفر می‌تواند در تفسیر عدم اثربخشی سویه‌های کارآمد PSB در هنگام تلقیح به گیاه و ارائه راهکار کمک کننده باشد (Nithyapriya et al., 2021). فعالیت میکروبی و نیز عملکرد PSB در ریزوسفر تحت تأثیر عوامل مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلف مانند ساختمان خاک، pH، رطوبت، دما، ماده آلی، تغییرات اکسیژن و غیره قرار می‌گیرد (Prakash and Arora, 2019). یکی از فعل و انفعالات مهم ریزوسفر، تغییرات دینامیکی در سطوح اکسیژن می‌باشد که از اهمیت اکولوژیکی و کشاورزی قابل توجهی برخوردار است (Han et al., 2019). با تنفس ریشه‌های گیاه، اکسیژن از خاک اطراف مصرف شده و شیب‌های اکسیژنی تشکیل می‌گردد که با فاصله از سطح ریشه تغییر می‌کند (Han et al., 2019). با نزدیک شدن به ریشه، به دلیل تنفس ریشه و نیز جوامع میکروبی و نیز حضور ترکیبات آلی مختلف دهنده الکترون، اکسیژن به تدریج محدود شده و جوامع میکروبی میکروهوازی[۱] و بی‌هوازی[۲] اختیاری که در این شرایط غالب می‌گردند (Rudolph-Mohr et al., 2017). بر این اساس در این تحقیق به ارزیابی توان حل‌کنندگی فسفات نامحلول در محیط تیوگلیکولات اصلاح شده (شبیه‌سازی شرایط ریزوسفر از نظر تغییرات اکسیژن) و مقایسه نتایج با روش‌های مرسوم ارزیابی کیفی و کمی انحلال فسفات پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

سویه‌های میکروبی آزمایش

تعداد ۱۰ سویه باکتریایی حل‌کننده فسفات از بانک میکروبی آزمایشگاه بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب دریافت شد، این باکتری‌ها در پروژه‌های مختلف، رفتار انحلال فسفات از خود نشان داده بودند.

آزمون نیمه‌کمی و کمی توان حل‌کنندگی فسفات معدنی نامحلول

برای انجام این آزمون از محیط کشت اسپربر[۳] (۱۹۵۸) جامد (حاوی آگار) و مایع استفاده شد که در این محیط منبع فسفر نامحلول تری‌کلسیم‌فسفات (TCP) به عنوان تنها منبع فسفر بود. در ارزیابی نیمه‌کمی برای هر باکتری یک ظرف پتری در نظر گرفته و سطح هر پتری به سه قسمت مساوی تقسیم شد، مرکز هر قسمت با ۵ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی تلقیح شده و ظروف پتری تلقیح شده درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجه قرار داده شده و تمامی پلیت‌ها ۷ روز پس از تلقیح از انکوباتور خارج و قطر کلنی رشد یافته (CD[۴]) و نیز قطر هاله شفاف حاصل از انحلال فسفات (HD[۵]) اندازه گیری شد (Sperber, 1958). آزمون کمی حل‌کنندگی فسفات نیز برای هر باکتری در سه تکرار

---

۱ Microaerophiles

۲ Facultative anaerobes

۳ Sperber

۴ Colony Diameter

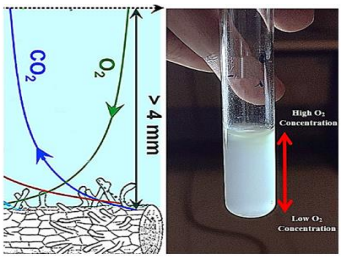
۵ Halo Diameter

در محیط کشت اسپربر مایع (بدون آگار) حاوی منبع TCP به عنوان تنها منبع فسفر انجام شد. ارلن‌های حاوی محیط مایع تلقیح شده و نمونه شاهد در شیکر انکوباتور در تاریکی و با دمای ۲۸ با شیک ۱۲۰ دور در دقیق به مدت ۱۶۸ ساعت (۷ روز) قرار گرفت. از سوسپانسیون‌های حاصل مقدار ۲ میلی لیتر برداشته و با دور ۵۰۰۰rpm و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و مقدار فسفر محلول در مایع صاف رویی[۱] به روش وانادات-مولیبدات اندازه‌گیری شد (Sarikhani et al., 2016).

شبیه‌سازی محلول‌سازی فسفات در ریزوسفر با آزمون تیوگلیکولات اصلاح شده

محیط کشت تیوگلیکولات[۲] یک محیط چند منظوره[۳] غنی‌کننده[۴] و افتراقی[۵] است که عمدتاً برای تعیین نیاز اکسیژن میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱). تیوگلیکولات سدیم در محیط، اکسیژن مصرف می‌کند و اجازه رشد بی‌هوازی‌های اجباری را می‌دهد. در این محیط طیفی از غلظت‌های اکسیژن در محیط در امتداد عمق آن ایجاد می‌شود (Kurzynski et al., 1976). باتوجه به این که محیط تیوگلیکولات، یک شیب غلظت عمودی اکسیژن در لوله شیشه‌ای ایجاد می‌کند (شکل ۱) لذا با اصلاح این محیط[۶] (کازئین که تنها منبع حاوی فسفر در این محیط بود حذف و به جای آن از TCP استفاده گردید)، یک نوع شبیه‌سازی تقریبی وضعیت ریزوسفر از نظر غلظت اکسیژن ایجاد گردید تا توان انحلال فسفات نامحلول توسط PSB مورد ارزیابی قرار بگیرد (Bai et al., 2023). روش کار مشابه آزمون نیمه‌کمی حل‌کنندگی فسفات نامحلول بود (از نظر مایع نبودن و عدم شیک در طول آزمایش) با این تفاوت که محیط تیوگلیکولات حالت نیمه جامد دارد و نیز بررسی حل‌کنندگی فسفات در آن بصورت سه بعدی امکان پذیر است (شکل ۱).

نام ترکیب	مقدار (g/l)
Tryptone	15.0
L-Cystine	0.5
Glucose	5.5
Yeast extract	5.0
Sodium Chloride	2.5
Sodium Thioglycolate	0.5
Resazurin	0.001
Agar	0.75



شکل ۱- تغییرات غلظت اکسیژن در ریزوسفر و شبیه‌سازی آن در شرایط درون‌شیشه‌ای در محیط تیوگلیکولات اصلاح شده (راست)- اجزای محیط کشت تیوگلیکولات (چپ).

طرح آزمایشی

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. آنالیز داده‌ها با نرم افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم افزار

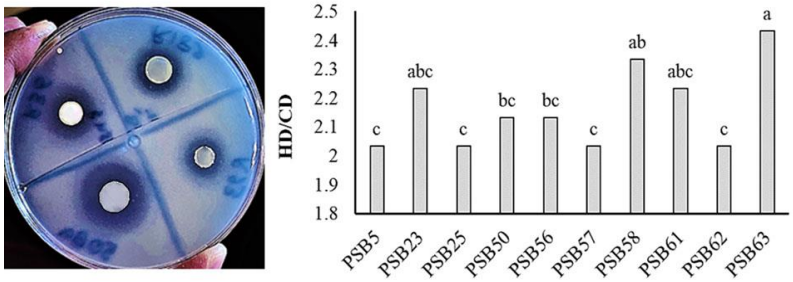
[۱] Supernatant
[۲] Thioglycolate broth
[۳] Multipurpose
[۴] Enrichment
[۵] Differential
[۶] Modified-Thioglycolate broth

Excel انجام شد. مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون کیفی (نیمه‌کمی) حل‌کنندگی فسفات نامحلول

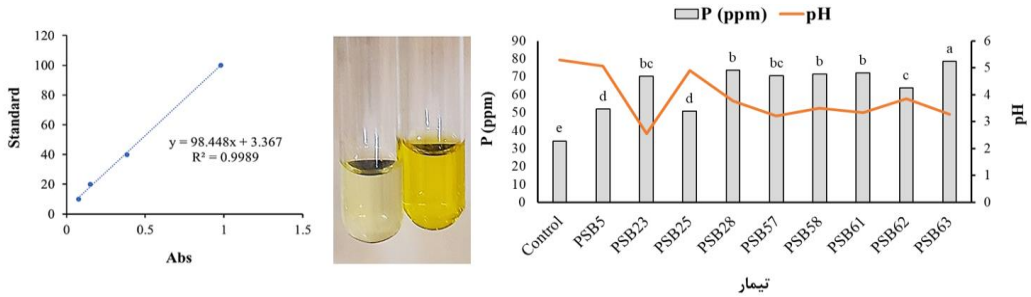
این آزمایش در محیط اسپربر جامد (دارای آگار) حاوی منبع تری‌کلسیم‌فسفات انجام گرفت. بین سویه‌های باکتریایی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. نتایج نشان داد که از بین ۱۰ باکتری، سویه‌های PSB63، PSB58 و PSB23 به ترتیب با HD/CD ۲/۵، ۲/۴ و ۲/۳ دارای بزرگترین هاله انحلال بودند (شکل ۲).



شکل ۲- ارزیابی کیفی (نیمه‌کمی) توان حل‌کنندگی فسفات نامحلول در محیط اسپربر جامد (۷ روز پس از کشت).

ارزیابی کمی توان حل‌کنندگی فسفات معدنی نامحلول

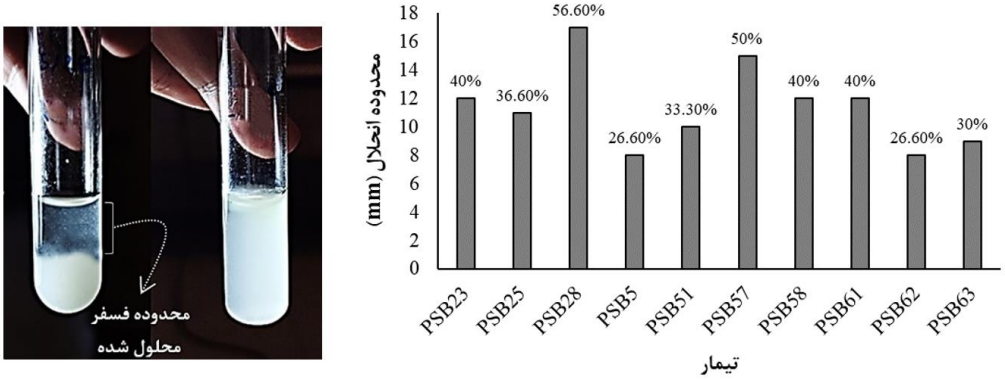
این آزمون جهت بررسی کمی توان حل‌کنندگی سویه‌ها در محیط مایع اسپربر حاوی TCP انجام شد (شکل ۳). نتایج نشان داد که بین باکتری‌ها از نظر توان حل‌کنندگی فسفات نامحلول اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P<0.01$). تیمار PSB63 دارای بالاترین میزان حل‌کنندگی فسفات بود. مقدار فسفر حل شده در این تیمار برابر با ۷۸/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر ثبت گردید که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۲۸ درصدی را نشان می‌داد. سویه‌های PSB28، PSB61، PSB58 و PSB23 به ترتیب با مقادیر ۷۳/۸۵، ۷۲/۱۸، ۷۱/۵۹ و ۷۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر در رتبه‌های بعد قرار داشتند. اندازه‌گیری pH نمونه‌ها نشان داد که محدوده تغییر بین ۷/۲۱-۲/۵۴ بوده و پایین‌ترین pH متعلق به سویه‌های PSB23 و PSB63 به ترتیب با ۲/۵۴ و ۳/۲۸ بود (شکل ۴).



شکل ۳- ارزیابی کمی توان حل‌کنندگی فسفات نامحلول در محیط اسپربر مایع. به ترتیب از راست به چپ: میزان محلول‌سازی فسفات توسط سویه‌ها به همراه تغییرات pH، تشکیل رنگ زرد ناشی از کمپلکس فسفومولیبدووانادات، منحنی کالیبراسیون.

شبیه‌سازی محلول‌سازی فسفات در ریزوسفر با آزمون تیوگلیکولات اصلاح شده

نتایج نشان داد که سویه PSB28 با ۱۷ میلی‌لیتر محدوده انحلال فسفر، بالاترین توانایی را در بین بقیه داشت، PSB57 نیز با مقدار ۱۵ میلی‌لیتر در رتبه دوم قرار داشت. سه جدایه PSB61، PSB58 و PSB23 با محدوده انحلال ۱۲ میلی‌لیتر در رتبه سوم قرار داشتند. باتوجه به اینکه محیط کشت داخل لوله شیشه‌ای دارای ارتفاع ۳۰ میلی‌لیتر بود لذا با داشتن مقدار انحلال فسفات توسط جدایه، کارایی انحلال نیز از تقسیم محدوده انحلال به کل محیط کشت محاسبه شد (شکل ۴).



شکل ۴- ارزیابی توان محلول‌سازی فسفات نامحلول در محیط تیوگلیکولات اصلاح شده، اعداد روی ستون‌ها نشان دهنده کارایی انحلال توسط PSB می‌باشد.

ارزیابی میزان انحلال فسفات نامحلول توسط سویه‌های برتر حل‌کننده فسفات با سه روش اسپربر جامد (روش کیفی یا نیمه‌کمی)، اسپربر مایع (روش کمی) و تیوگلیکولات اصلاح شده نشان داد که بین این روش‌ها همبستگی خوبی وجود دارد. همبستگی بین روش کمی و کیفی r =0.711 (*P<0.05*) و همبستگی تیوگلیکولات با روش کیفی و کمی به ترتیب r =0.941 و r =0.838 (*P<0.01*) بود. در هر دو روش کمی و کیفی، سویه‌های PSB63، PSB58، PSB23 و PSB61 دارای بالاترین توان حل‌کنندگی بودند ولی در آزمون تیوگلیکولات دو سویه PSB28 و PSB57 دارای رتبه‌های اول و دوم بوده و PSB61، PSB58 و PSB23 در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. مطلب قابل توجه این است که سویه PSB28 در ارزیابی کیفی نتوانست روی پیلت رشد کند و در ارزیابی کمی نیز در بین سویه‌های برتر نبود ولی در محیط تیوگلیکولات در رتبه اول حل‌کنندگی ظاهر شد. به نظر می‌رسد این سویه به حضور اکسیژن حساس بوده و تنها در صورت وجود پتانسیل ریداکس مناسب (تقریبا منفی) امکان رشد و فعالیت پیدا می‌کند. تفاوت در ماهیت روش‌های ارزیابی منجربه چنین تفاوت‌هایی شده است. در شرایط محیط کشت جامد، از نظر فراهمی اکسیژن مشکلی وجود ندارد و پتانسیل ریداکس کاملا مثبت می‌باشد درحالی که در محیط کشت مایع، بنظر می‌رسد پتانسیل ریداکس منفی باشد ولی بخاطر تکان‌های شیکر، مقداری اکسیژن وارد محیط شده و پتانسیل ریداکس را افزایش می‌دهد و این می‌تواند برای باکتری‌های هوازی اجباری بسیار حیاتی باشد. در محیط تیوگلیکولات اصلاح شده، به خاطر حضور ماده تیوگلیکولات که مصرف کننده اکسیژن است و نیز به خاطر عدم تکان خوردن، پتانسیل ریداکس با افزایش عمق به حالت منفی در آمده و باعث می‌گردد که PSB توانمندی مانند PSB63 نتواند عملکرد مناسبی داشته باشد، شاید این یکی از دلیلی باشد که برخی سویه‌های باکتریایی توانمند حل‌کننده فسفات نمی‌توانند در مزرعه عملکرد مناسبی داشته باشند، زیرا در ریزوسفر نیز به خاطر تنفس ریشه و ترشح انواع ترکیبات آلی که به عنوان دهنده الکترون عمل می‌کنند، پتانسیل ریداکس منفی‌تری نسبت به خاک غیر ریزوسفر حاکم می‌باشد (Bai et al., 2023). بر اساس آنچه گفته شد تغییرات اکسیژن در ریزوسفر یک امر اجتناب

ناپذیر بوده و باکتری‌هایی که نیاز مبرم به اکسیژن دارند (هوازی اجباری) برای حضور در ریزوسفر و سطح ریشه[1]و کلونیزه کردن آن دچار مشکل خواهند شد. از اینرو تعیین متابولیسم مرتبط با اکسیژن در باکتری‌ها یکی از معیارهای مهم و کلیدی برای انتخاب سویه حل‌کننده فسفات خواهد بود. لذا محیط کشت تیوگلیکولات با ایجاد شرایطی مانند ریزوسفر، نتایج واقع بینانه‌تری نسبت به دو روش کیفی و کمی ارائه میدهد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داد که استفاده از محیط تیوگلیکولات برای ارزیابی توان محلول‌سازی فسفات در شرایط آزمایشگاهی همبستگی خوبی با روش‌های کمی و کیفی داشته و با در لحاظ کردن تغییرات اکسیژن در محیط می‌تواند نتایج بهتر و مشابه شرایط واقعی ریزوسفر ارائه کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی پسادکترا به شماره ۴۰۱۵۷۷۲ می‌باشد که توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همچنین وزارت جهاد کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی) تامین مالی و حمایت شده است.

فهرست منابع

Balemi, T. and Negisho, K. (2012). Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. Journal of soil science and plant nutrition, 12(3): 547-562.

Bautista-Cruz, A., Antonio-Revuelta, B., del Carmen Martínez Gallegos, V. and Báez-Pérez, A. (2019). Phosphate-solubilizing bacteria improve Agave angustifolia Haw. growth under field conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(14): 6601-6607.

Cheng, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z. and Ma, Y. (2023). Phosphate-solubilizing bacteria: Their agroecological function and optimistic application for enhancing agro-productivity. Science of The Total Environment, 166468.

Chouyia, F.E., Romano, I., Fechtali, T., Fagnano, M., Fiorentino, N., Visconti, D., Idbella, M., Ventorino, V. and Pepe, O. 2020. P-Solubilizing Streptomyces roseocinereus MS1B15 with multiple plant growth-promoting traits enhance barley development and regulate rhizosphere microbial population. Frontiers in Plant Science, 11: 1137.

Han, C., Ren, J., Williams, P.N., Ke, F., Shen, Q., Wang, Z., Xu, D. and Luo, J., (2019). High-resolution imaging of rhizosphere oxygen (O_2) dynamics in Potamogeton crispus: effects of light, temperature and O 2 content in overlying water. Plant and Soil, 441: 613-627.

Khan, M.S., Zaidi, A. and Wani, P.A. (2009). Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture-a review. Sustainable agriculture, 551-570.

Khourchi, S., Elhaissoufi, W., Loum, M., Ibnyasser, A., Haddine, M., Ghani, R., Barakat, A., Zeroual, Y., Rchiad, Z., Delaplace, P. and Bargaz, A. (2022). Phosphate solubilizing bacteria can significantly contribute to enhance P availability from polyphosphates and their use efficiency in wheat. Microbiological Research, 262: 27094.

Kusale, S.P., Attar, Y.C., Sayyed, R.Z., El Enshasy, H., Hanapi, S.Z., Ilyas, N., Elgorban, A.M., Bahkali, A.H. and Marraiki, N. (2021). Inoculation of Klebsiella variicola alleviated salt stress and improved growth and nutrients in wheat and maize. Agronomy, 11(5): 927.

[1] Rhizoplane

Nithyapriya, S., Lalitha, S., Sayyed, R.Z., Reddy, M.S., Dailin, D.J., El Enshasy, H.A., Luh Suriani, N. and Herlambang, S. (2021). Production, purification, and characterization of bacillibactin siderophore of Bacillus subtilis and its application for improvement in plant growth and oil content in sesame. Sustainability, 13(10): 5394.

Prakash, J. and Arora, N.K. (2019). Phosphate-solubilizing Bacillus sp. enhances growth, phosphorus uptake and oil yield of Mentha arvensis L. 3 Biotech, 9(4): 126.

Rudolph-Mohr, N., Tötzke, C., Kardjilov, N. and Oswald, S.E. (2017). Mapping water, oxygen, and pH dynamics in the rhizosphere of young maize roots. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 180(3): 336-346.

Sarikhani, M.R., Khoshru, B. and 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.

Sperber JI, (1958). Solution of apatite by soil microorganisms producing organic acids. Australian Journal of Agricultural Research. 9: 782-787.

Xu, J.C., Huang, L.M., Chen, C., Wang, J. and Long, X.X. (2019). Effective lead immobilization by phosphate rock solubilization mediated by phosphate rock amendment and phosphate solubilizing bacteria. Chemosphere, 237: 124540.

Evaluation of the solubilization ability of insoluble phosphate in modified thioglycollate medium, simulation of rhizosphere conditions

Bahman Khoshru[1], Alireza Fallah Nosratabad[2]

1- Postdoctoral Researcher, Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj 31785-311, Iran;

Email address: bahmankhoshru@yahoo.com

۲- Professor of Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj 31785-311, Iran

Abstract

Oxygen changes in the rhizosphere is an influencing factor on microbial activity, including the solubilization of insoluble phosphate by bacteria. Based on this, in this research, the potential of some phosphate solubilizing bacteria (PSB) for solubilization of insoluble phosphate in an oxygen condition similar to that of the rhizosphere was evaluated. Modified thioglycollate medium was used for this purpose. The number of 10 PSB was obtained from the microbial bank of the Biology Laboratory of Soil and Water Research Institute. In the qualitative investigation of tricalcium phosphate source solubilization ability, all strains had HD/CD>2 and three strain PSB63, PSB58 and PSB23 had the largest halo with values of 2.5, 2.4 and 2.3 for HD/CD, respectively. In the quantitative evaluation, PSB63 treatment with 78.68 mg/l had the highest phosphate solubility. The results of evaluation of solubilization efficiency in modified thioglycollate medium (rhizosphere simulation) showed that PSB28 strain with 17 mm phosphorus solubilization range had the highest ability among others; PSB57 was ranked second with 15 mm value. Based on the results of this research and the comparison of three evaluation methods, the thioglycollate medium, having conditions like the rhizosphere in terms of oxygen changes, provided better results of the phosphate solubilization ability by the strains.

Keywords: Solubilization halo, Acid production, Redox potential, Oxygen changes, Molybdo-vanadate.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر بیوچار اصلاح شده اسیدی بر قابلیت استفاده آهن و روی در یک خاک آهکی

پروانه سلگی[۱]، امیر بستانی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله bostaniamir@gmail.com

چکیده

خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک عموماً آهکی و دارای pH قلیایی بوده و گیاهان در این خاک‌ها با مشکل تغذیه و کمبود عناصر ریزمغذی روبرو هستند. اصلاح کننده‌های آلی می‌توانند باعث افزایش قابلیت استفاده عناصر کم‌نیاز در خاک شوند. امروزه برای افزایش پایداری اصلاح کننده‌های آلی از بیوچار آنها استفاده می‌شود. اصلاح بیوچار با اسیدها باعث افزایش در دسترس بودن مواد مغذی گیاهان در خاک‌های قلیایی می‌شود. در این پژوهش، تأثیر بیوچار معمولی و اصلاح شده اسیدی حاصل از تفاله چای بر قابلیت دسترسی آهن و روی در یک خاک آهکی مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت خواهد پذیرفت. تیمارها شامل دمای تولید بیوچار در سه سطح (۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد)، بیوچار در دو سطح (۱ و ۲ ٪) و pH بیوچار در دو سطح (اسیدی و بدون اسید) در سه تکرار بود. طبق نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد ارزیابی در پژوهش حاضر اثر معنی‌داری بر میزان آزادا شدن عناصر آهن و روی در خاک آهکی داشتند. مقایسه میانگین ترکیب تیماری نشان داد که بیش‌ترین میزان آزاد شدن عناصر آهن، روی، مس و منگنز در دو درصد بیوچار اسیدی و دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد را داشتند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بیوچار اصلاح شده گزینه مناسبی برای آزاد شدن عناصر از خاک‌های آهکی می‌باشند.

واژگان کلیدی: آهن، بیوچار، خاک آهکی، روی.

مقدمه

کمبود مواد آلی و pH قلیایی خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک از مهم‌ترین دلایل کم بودن قابلیت جذب برخی عناصر غذایی برای گیاه در این خاک‌ها هستند (بوستانی و نجفی قیری، ۱۳۹۷). یکی از راه‌های ارتقاء ویژگی شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک‌های آهکی کاربرد مواد آلی از جمله بیوچار تولید شده از ضایعات آلی است. بیوچار زغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۶). خاک‌های آهکی که دارای بیش از پنج درصد آهک فعال هستند این میزان با توجه به عمق بیشتر می‌شود به‌طوریکه هرچه پایین‌تر برود درصد آهک موجود در خاک افزون‌تر می‌شود بنابراین ریشه‌هایی که نسبت به درصد آهک حساس هستند

و هرچه این ریشه‌ها در بخش‌های عمیق‌تر قرار بگیرند تماس بیشتری با آهک پیدا کرده و به کلروز آهن مبتلا می‌شود. در چنین مواقعی باید به اصلاح خاک‌ها اقدام نمود. کریمی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی کاربرد بیوچار در تغییر وضعیت عناصر غذایی و فعالیت بیولوژیکی را در خاک‌های آهکی گزارش کرد بیوچار در خاک آهکی برای بهبود در دسترس بودن مواد مغذی و فعالیت میکروبی کارآمدتر بود. علاوه براین مقادیر بالای پتاسیم موجود در بقایای گیاهی و در بیوچار حاصل از آنها می‌تواند تأثیر مهمی بر وضعیت پتاسیم خاک‌های آهکی داشته باشد. از آنجا که پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف گیاهی بوده و کمبود آن در خاک‌های آهکی ایران بخصوص خاک‌های شدیدا آهکی مناطق جنوبی و خاک‌های شنی رو به گسترش است مثلاً اضافه کردن بیوچار بـه خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک با محتوای ماده آلی کم می‌تواند باعث بهبود وضعیت مواد غذایی و در نتیجه افزایش فعالیت میکروبی این خاک‌ها شود. بیوچار یک محصول کربنی است که در اثر تجزیه مواد آلی در غیاب اکسیژن و در اثر فرآیند پیرولیـز تولید می‌شود (نجفی قیری، ۱۳۹۴). طبق مطالب فوق بیوچار را به‌عنوان ماده اصلاح کننده جهت بهبود وضعیت حاصلخیزی پتاسیم خاک‌ها مورد مطالعه قرار داد. گزارش کومار و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی روش‌های اصلاح بیوچار برای افزایش جذب آلاینده‌ها نشان داد بیوچار یک ماده کربنی پایدار است که از زیست توده در اثر حرارت به دست می‌آید. اگرچه دارای خواص حیاتی مساحت سطح بالا، تخلخل، عملکرد سطح و ظرفیت جذب است، اما دامنه وسیعی برای تقویت این خواص برای جذب مؤثر آلاینده‌ها وجود دارد. به‌طورکلی تأثیر بیوچار بـر وضعیت مواد غذایی در خاک‌های آهکی به خوبی شناخته نشده است. بیوچارهایی که تـاکنون تولید شده‌اند اغلب pH قلیایی داشته و مناسب خاک‌های اسیدی هستند. تولید بیوچار اسیدی برای کاربرد درخاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مناسب است ولی مطالعات زیادی در ایـن خصوص صورت نگرفته است. بنابراین، در پژوهش حاضر اثر بیوچار اصلاح شده اسیدی بر قابلیت استفاده و سینتیک آزاد شدن آهن و روی در یک خاک آهکی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر بیوچار معمولی و اصلاح شده اسیدی حاصل از تفاله چای بر قابلیت دسترسی و هم‌چنین سینتیک آزاد شدن آهن و روی در یک خاک آهکی مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. تیمارها شامل دمای تولید بیوچار در سه سطح (۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد)، سطح بیوچار در دو سطح (۱ و ۲ ٪) و pH بیوچار به صورت (اسیدی (اسید سولفوریک ۰/۵ مولار) و بدون اعمال اسید) در سه تکرار بود. تفاله چای مورد استفاده برای تهیه بیوچار جمع‌آوری شد. بقایای جمع‌آوری شده پس از هوا خشک شدن، آسیاب شده و برای اطمینان از یکنواختی نمونه‌ها در طی گرماکافت از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. مقدار کافی از هر نمونه به وسیله ورقه‌های آلومینیمی پوشانده شدند تا شرایط دسترسی اکسیژن محدود ایجاد گردد. گرماکافت نمونه‌ها در کوره الکتریکی در سه دمای متفاوت (۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲ ساعت با آهنگ افزایش دمای کوره حدود ۱۰ درجه سلسیوس بر دقیقه صورت گرفت (Komkiene and Baltrenaite, 2016). یک شبانه روز به نمونه‌ها اجازه داده شد تا به دمای محیط برسند و سپس وزن نهایی آنها اندازه‌گیری شد. درصد کاهش وزن بقایا بر اثر گرماکافت و تبدیل به بیوچار نیز محاسبه گردید (عملکرد بیوچار).

همچنین مقادیر pH، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۲۰ و آهن و روی کل و قابل دسترس اندازه‌گیری شد. در صورت بالا رفتن pH پس از تولید بیوچار با استفاده از اسید قوی (سولفوریک اسید)، pH بیوچار به حدود ۵ رسانده شد و در دو سطح ۱ و ۲ گرم وزنی/وزنی (۱ گرم بیوچار در ۱۰۰ گرم خاک و ۲ گرم بیوچار در ۲۰۰ گرم خاک) از بیوچار تولیدی به خاک آهکی افزوده و به‌مدت ۵ ماه در انکوباتور قرار داده شد. در طول مدت انکوباسیون، رطوبت خاک‌ها با وزن کردن نمونه‌ها و اضافه کردن آب مقطر ثابت نگه داشته شدند. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS ۹،۱ استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود خاک مورد بررسی دارای بافت لوم است که این بافت از گروه بافت‌های متوسط می‌باشد، خاک آهکی بوده و دارای pH قلیایی است.

جدول۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی

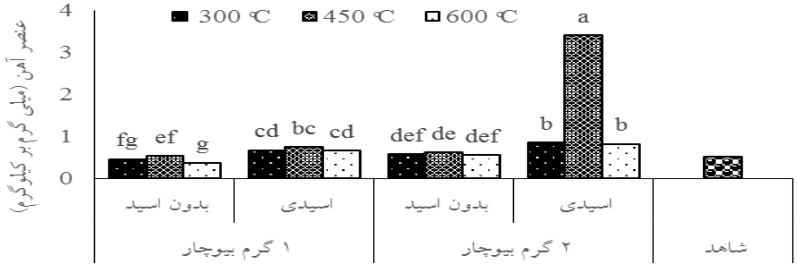
بافت	pH	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	SP (%)	O.C (%)	CCE* (%)
لوم	۸/۲۸	۲۴	۴۰	۳۶	۳۱	۱/۱۷	۹/۹۱

*- کربنات کلسیم معادل

جدول ۲. خصوصیات اندازه‌گیری شده عناصر خاک شاهد (بدون اعمال تیمار)

DTPA Extractable (mg kg^{-1})			
Fe	Zn	Cu	Mn
۰/۵۲۵	۱/۴۵۱	۱/۱۶۶	۲۰/۸۸۵

عنصر آهن: طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثر ساده بیوچار،pH و دمای بیوچار، اثر متقابل دوگانه بیوچار در pH، بیوچار در دما، pH در دما، و اثر سه گانه بویچار در pH و دما تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر آزاد شدن عنصر آهن داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه بویچار در pH و دما نشان داد که بیش‌ترین میزان آزاد شدن عنصر آهن در دو گرم بیوچار اسیدی و دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد با میانگین ۳/۳۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار آزاد شدن عنصر ریزمغذی آهن در ترکیب تیماری یک گرم بیوچار اسیدی و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (نمودار ۱). طبق یافته‌های خادمی و همکاران (۱۳۹۷) مصرف بیوچار در سطح ۱٪ موجب افزایش خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های آهکی رسی و شنی شد. تأثیر بیوچار بر اصلاح خاک‌های شنی فقیرتر از نظر مواد آلی بیشتر بود.



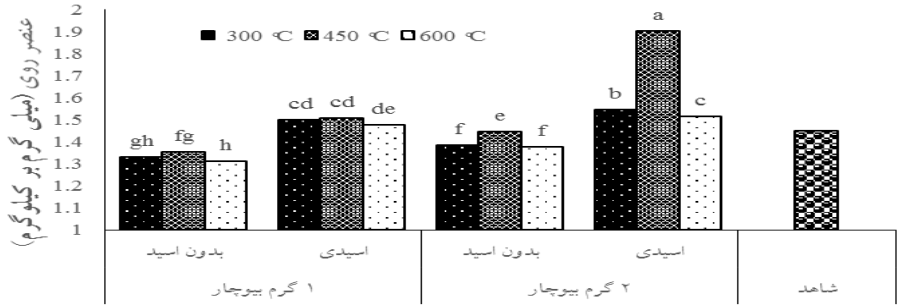
نمودار ۱. مقایسه میانگین اثر بیوچار بر عنصر آهن

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کاربرد بیوچار بر عنصر آهن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		آهن	روی	مس	منگنز
بیوچار	۱	۲/۸۶**	۰/۱۱**	۰/۰۸**	**۳۷۶/۴۸****
pH	۱	۴/۰۷**	۰/۳۸**	۰/۱۱**	**۹۸۵/۱۲****
دما	۲	۱/۹۷**	۰/۰۵**	۰/۰۱**	**۴۱/۲۴****
pH * بیوچار	۱	۱/۶۷**	۰/۰۱**	۰/۰۰۳**	**۰/۳۹****
دما * بیوچار	۲	۱/۴۶**	۰/۰۳**	۰/۰۰۲**	**۲۰/۵۰****
دما * pH	۲	۱/۵۲**	۰/۰۲**	۰/۰۰۳**	**۲/۰۰۰****
دما * pH * بیوچار	۲	۱/۶۰**	۰/۰۲**	۰/۰۰۶**	**۵/۵۰****
خطا	۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	**۰/۰۴**
ضریب تغییرات	-	۸/۴۱	۱/۲۵	۱/۲۷	**۰/۸۱**

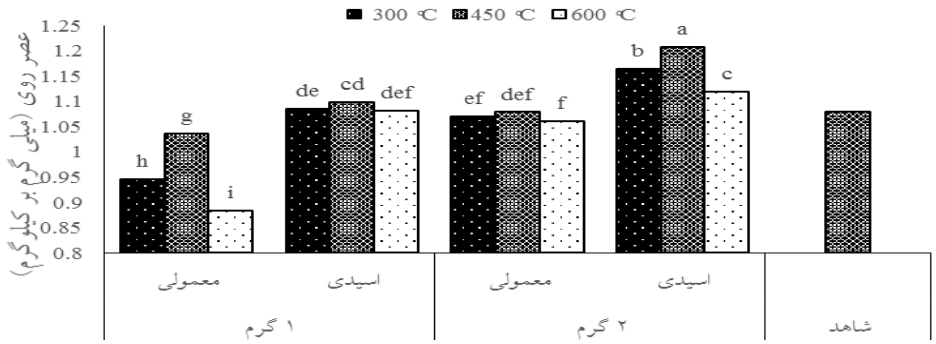
** **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.**

اثر متقابل دوگانه بیوچار در pH، بیوچار در دما، pH در دما، و اثر سه گانه بویچار در pH و دما تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر آزاد شدن عنصر روی داشتند. طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر بویچار در pH و دما مشاهده شد که بیش‌ترین میزان آزاد شدن عنصر روی در دو گرم بیوچار اسیدی و دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد با میانگین ۱/۹۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار آزاد شدن عنصر ریزمغذی روی با میانگین ۱/۳۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ترکیب تیماری یک گرم بیوچار اسیدی و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (نمودار ۲). لیو و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد بیوچار لجن فاضلاب در یک خاک آلوده و با حاصلخیزی پایین، باعث افزایش حاصلخیزی این خاک شد. کاربرد بیوچار لجن فاضلاب باعث افزایش غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر در خاک آهکی شد. مواد معدنی قلیایی روی سطح بیوچار می‌توانند در طی فرآیند اصلاح شسته شوند، که می‌تواند مقدار pH بیوچار اصلاح شده را کاهش دهد. سپس، مقدار pH با آزاد شدن آهسته مواد معدنی قلیایی داخلی در بیوچار افزایش می‌یابد (Shen et al., 2018).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر بیوچار بر عنصر روی

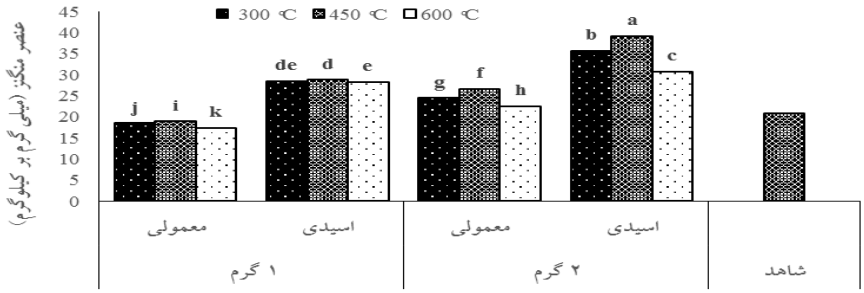
عنصر مس: با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثر ساده بیوچار، pH و دمای بیوچار، اثر متقابل دوگانه بیوچار در pH، بیوچار در دما، pH در دما، و اثر سه گانه بویچار در pH و دما تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر آزاد شدن عنصر مس را داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه بویچار در pH و دما نشان دادند که بیش‌ترین میزان آزاد شدن عنصر مس در دو گرم بیوچار اسیدی و دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد با میانگین ۱/۲۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار آزاد شدن عنصر ریزمغذی مس در ترکیب تیماری یک گرم بیوچار بدون اسید و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۰/۸۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (نمودار ۳). این در حالی بود که تیمار لجن فاضلاب باعث افزایش فرآهمی مس قابل دسترس نسبت به شاهد شد. در مطالعه مشابهی افزایش بیوچار باعث افزایش رشد و نیز افزایش غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، روی، مس و منگنز در گیاهان لوبیا و ذرت گردید (Inal *et al*., 2015).



نمودار ۳. مقایسه میانگین اثر بیوچار بر عنصر مس

عنصر منگنز: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس پژوهش حاضر نشان دادند که اثر ساده بیوچار، pH و دمای بیوچار، اثر متقابل دوگانه بیوچار در pH، بیوچار در دما، pH در دما، و اثر سه گانه بویچار در pH و دما تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر آزاد شدن عنصر منگنز داشتند (جدول ۳). طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر سه گانه بویچار در pH و دما نشان دادند که بیش‌ترین میزان آزاد شدن عنصر منگنز در دو گرم بیوچار اسیدی و دمای ۴۵۰

درجه‌سانتی‌گراد با میانگین ۳۹/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. طبق نتایج کم‌ترین مقدار آزاد شدن عنصر ریزمغذی منگنز با میانگین ۱۷/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ترکیب تیماری یک گرم بیوچار اسیدی و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (شکل ۴). فارال و همکاران (۲۰۱۷) عنوان کردند که کاربرد بیوچار لجن فاضلاب (تهیه شده در دماهای گرماکافت ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه) در مزرعه باعث افزایش قابلیت استفاده منگنز، مس و روی در این خاک‌ها شد.



نمودار ۴. مقایسه میانگین اثر بیوچار بر عنصر منگنز

نتیجه‌گیری

طبق نتایج بدست آمده از آزمایش حاضر بیوچار اصلاح شده اسیدی تأثیر معنی‌داری بر میزان آزاد شدن عناصر آهن، روی، مس و منگنز داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه بویچار در pH و دما نشان داد که بیش‌ترین میزان آزاد شدن عناصر مورد بررسی در دو گرم بیوچار اسیدی و دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد و سایر سطوح تیماری داشت. هم‌چنین کم‌ترین مقدار آزاد شدن عناصر ریزمغذی نیز در ترکیب تیماری یک گرم بیوچار بدون اسید و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

فهرست منابع

بوستانی، ح.ر.، نجفی قیری، م. (۱۳۹۹). تاثیر کاربرد بیوچار و زئولیت طبیعی بر سینتیک آزادسازی و شکل‌های شیمیایی روی در یک خاک آهکی آلوده به روی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۸(۱): ۶۹-۸۸

خادمی، ا.، رئیسی، ف. بشارتی، ح. (۱۳۹۷). تأثیر بیوچار ذرت بر خصوصیات شیمیایی و میکروبیولوژیکی دو خاک آهکی رسی و شنی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۸(۱): ۴۷-۲۵.

مرادی، ن.، رسولی صدقیانی، م.ح. سپهر، ا. (۱۳۹۶). تأثیر نوع و مقدار بیوچار بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده بعضی عناصر غذایی در یک خاک آهکی. آب و خاک، ۳۱(۴): ۱۲۳۲-۱۲۴۶.

نجفی قیری، م. (۱۳۹۴). تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصر غذایی در یک خاک آهکی. پژوهش‌های خاک، ۲۹(۳): ۳۵۲-۳۵۸.

Inal, A., Gunes, A., Sahin, O., Taskin, M.B., Kaya, E.C. (2015). Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil on the growth of bean and maize. Soil Use and Management, 31: 106–113.

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: 450-459.

Komkiene, J., Baltrenaite, E. (2016). Biochar as adsorbent for removal of heavy metal ions [Cadmium (II), Copper (II), Lead (II), Zinc (II)] from aqueous phase. International Journal Enviroment Science Technology, 13: 471–482

Kumar, A., Bhattacharya, T., Shaikh, W. A., Chakraborty, S., Sarkar, D., Biswas, J.K. (2022). Biochar modification methods for augmenting sorption of contaminants. Current Pollution Reports, 8(4): 519-555.

Liu, T., Liu, B., Zhang, W. (2014). Nutrients and heavy metals in biochar produced by sewage sludge pyrolysis: Its application in soil amendment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23: ۲۷۱-۲۷۵.

Effect of Acidic Modified Biochar on Avilibilty and Kinetic of Release of Iron and Zink in a Calcareous Soils

Parvaneh Solgi[1], Amir Bostani[2]*

۱ and ۲ Master's student, Associate Professor and Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Iran

*E-mail of the author responsible for the article bostaniamir@gmail.com

Abstract

The soils of arid and semi-arid regions are generally calcareous and have an alkaline pH, and the plants in these soils face the problem of nutrition and lack of micronutrients, including iron and zinc. Organic modifiers can increase the availability of less needed elements in the soil. Today, biochar is used to increase the stability of organic modifiers. Amending biochar with acids increases the availability of plant nutrients in alkaline soils. In this research, the effect of normal and modified acidic biochar obtained from tea waste on the availability and kinetics of iron and zinc release in a calcareous soil was studied. The experiment will be done as a factorial in the form of a completely randomized design. The treatments included biochar production temperature at three levels (300, 450 and 600℃), biochar at two levels (1 and 2 %) and biochar pH at two levels (acidic and non-acidic) in three replications. According to the results of analysis of variance, the treatments evaluated in the present study had a significant effect on the release of iron and zinc elements in calcareous soil. Comparison of the average of the treatment combination showed that it had the highest amount of iron element release in one gram of biochar without acid and temperature of 300℃, which was a 41% increase compared to the control. The highest amount of zinc release occurred in two gr of acid-free biochar at a temperature of 300℃, and a 31% increase compared to the control was observed. In general, the results of this research showed that modified biochar is a suitable option for the release of elements from calcareous soils.

Keywords: (Times New Roman, 10pt, Regular)

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی اثر عناصر ریز و درشت مغذی بر خصوصیات تغذیه ای سیب زمینی نویسنده

محسن جان محمدی*، ناصر صباغ‌نیا

گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
(jmohamad@ut.ac.ir)

چکیده

مدیریت‌های اعمال شده در مزرعه یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیر گذار بر خصوصیات کیفی و جنبه های تغذیه ای محصولات زراعی می باشند. در این بین، مدیریت تغذیه ای و کاربرد کودها به شکل قابل توجهی جنبه های کیفی سیب زمینی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. آزمایش حاضر به منظور بررسی تاثیر منابع کودی مختلف شامل کودهای نانوساختار مخلوط (عناصر ریز و درشت مغذی)، کود ریز مغذی (حاوی روی و بر)، کود ارگنیک مایع (MOG)، کود رایج شیمیایی (NPK)، کود کلسیم بر روی خصوصیات کیفی تغذیه ای سیب زمینی در منطقه سراب انجام گردید. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد کود مخلوط نانوساختار میزان پروتئین در غده را تا حدود ۴۲ درصد در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود بهبود بخشید. بالاترین میزان نشاسته نیز در به ترتیب در شرایط کاربرد کود مخلوط نانوساختار، کود شیمیایی رایج و کودهای ریز مغذی به ثبت رسید. کاربرد کود رایج NPK میزان نیترات در غده را ۶۹ درصد در مقایسه با شرایط شاهد افزایش داد با این حال کاربرد کودهای نانوساختار مخلوط میزان نیترات را حدود ۳۶ درصد افزایش داد. نتایج کلی آزمایش حاکی از آن بود که کودهای نانوساختار مخلوط با افزایش میزان پروتئین و درصد نشاسته و نیز عملکرد غده در واحد سطح نمود بهتری در مقایسه با سایر کودها داشت.

واژگان کلیدی: تغذیه، کودهای خاک مصرف، درصد نشاسته، عملکرد غده ای، میزان نیترات

مقدمه

نیاز روزافزون بشر به محصولات کشاورزی موجب گردیده که کشورها به‌خصوص کشورهای پیشرفته، توجه ویژه‌ای به توسعه صنعت کشاورزی داشته باشند. سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) از خانواده سولاناسه (Solanaceae) به دلیل ویژگی‌هایی چون رشد سریع و بازدهی بالا از محصولاتی است که نقش مهمی در پاسخ به نیازهای غذایی بشر دارد. تجمع نیتریت و نیترات از مهمترین موارد ضد کیفیت در گیاه سیب زمینی محسوب می‌شود. عمده ترین عامل تجمع نیترات فعالیت آنزیم نیترات رودکتاز و سرعت رشد گیاه می‌باشد که این عامل با سوخت و ساز (متابولیسم) کربن فتوسنتزی مرتبط است. افزون بر عامل‌های ژنتیکی شرایط رشد برخی موارد نظیر شرایط آب هوایی، رقم، وضعیت رطوبتی خاک و عرضه و فراهم بودن (supply and availability) عناصر کم مصرف و پر مصرف می‌توانند جنبه های کیفی سیب زمینی را تحت تاثیر قرار دهند (Abdo et al., 2020; Naumann et al., 2020). نیترات می‌تواند به توسط فعالیت‌های آنزیم های باکتریایی به نیتریت تبدیل شود و در سیستم های گوارشی با آمین‌ها، آمیدها و مواد الی

حاوی نیتروژن واکنش دهد و ایجاد گروه های سرطان‌زا نماید که به گروه N-نیتروزآمین معروف است. مصرف کودهای شیمیایی با وجودی که موجب افزایش ۳۵-۴۰ درصدی عملکرد محصولات کشاورزی می‌شوند ولی تاثیرات آنها بر جنبه های کیفی محصولات زراعی هنوز به خوبی شناسایی نشده است. کاربرد کودهای ارگانیک و دامی یکی از امن ترین منابع کودی برای بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و جلوگیری از آلودگی ها ناخواسته منابع آبی محسوب می‌شوند. کودهای آلی با رهاسازی تدریجی عناصر مورد نیاز گیاه از آبشویی جلوگیری می‌کند (Janmohammadi et al., 2016). کاربرد کودهای آلی موجب افزایش قابل توجه درصد پروتئین، محتوای فسفر، آهن و پتاسیم در محصول گردید (Barghi and Gholipoori, 2020). جایگزینی کودهای شیمیایی مرسوم با کودهای نسل جدید نانوساختار امروزه مورد توجه بسیاری از طراحان کودی قرار گرفته است. کودهای نانوساختار تامین کننده عناصر در اندازه های کمتر از ۱۰۰ نانو متر می‌باشند. درات نانو بدلیل داشتن نسبت سطح به حجم بیشتر به شکل مطلوب تری در فرایندهای جذب، انتقال و فرایندهای فیزیولوژیکی درون گیاهی وارد می‌شوند (Jakhar et al., 2022). رهایش و عرضه کنترل شده عناصر غذایی از منابع نانو کودها در برابر سیگنالهای محیطی نظیر گرما، تغییرات رطوبت و هجوم قارچها صورت می گیرد. ذرات غذایی نانو در مقایسه باذرات درشت و غیر نانو (bulk) دارای نسبت سطح به حجم بالایی می باشند و از این رو خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و کارکردی (Functional) آنها تا حدودی متفاوت ذرات درشت می باشد. هدف از بررسی حاضر مطالعه تاثیر منابع کودی ارگانیک، شیمیایی رایج و کودهای نانوساختار بر جنبه های کیفی و تغذیه ای سیب زمینی می‌باشد.

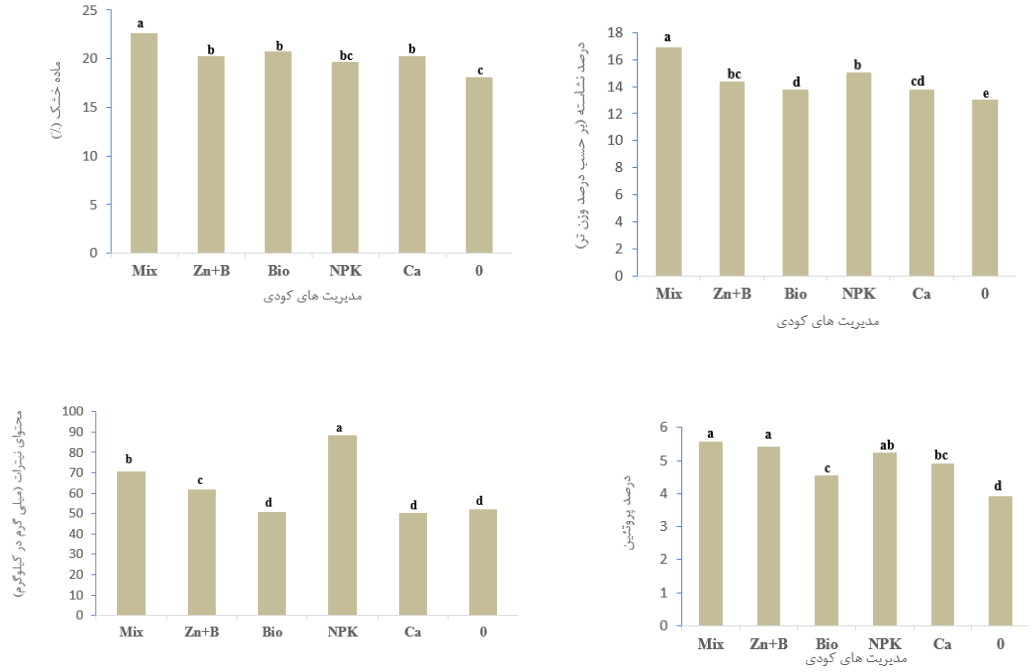
مواد و روش‌ها

آزمایش در منطقه سراب انجام گردید. تجزیه خاکی نشان داد محتوای نیتروژن کل ۰/۰۸۴ درصد، فسفر قابل جذب ۱/۵ (میلی گرم بر کیلوگرم) و میزان پتاسیم قابل جذب ۲۰۸ (میلی گرم بر کیلوگرم) بود. کاشت به صورت ردیفی با فواصل بین ردیف ۷۵ سانتی انجام گردید. تیمارهای کودی شامل کاربرد مقادیر توصیه شده کود شیمیایی سنتی NPK (۱۷۰-۱۲۰-۸۰)، کود ارگانیک مایع MOG (دو لیتر در هکتار)، کلات کلسیم (۱۰ کیلوگرم در هکتار)، کودهای ریز مغذی روی و بر (یک کیلوگرم در هکتار)، کود نانو ساختار مخلوط (یک کیلوگرم در هکتار) بود. تمامی کودهای فسفر، پتاسیم، کود کلسیم و ۱/۳ کود نیتروژن، کود نانو ساختار، کودهای ریز مغذی به صورت ردیفی در هنگام کاشت و مابقی به صورت سرک در مراحل ۴۰ و ۶۰ روز بعد از کاشت (شروع غده دهی و حجیم شدن غده ها) در هنگام آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری نشاسته، غده های جمع آوری شده از تیمارها رنده گردید و پس از اضافه کردن آب سه برابر وزن نمونه، از طریق توری صاف گردید. پس از دو فاز شدن محلول، از طریق کاغذ صافی و قیف بوخنر صاف گردید و نشاسته بدست آمده در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد خشک گردید. میزان نشاسته از طریق روش پلاریمتری محاسبه گردید (Barghi and Gholipoori 2020). برای اندازه گیری نیترات ابتدا ۱۷/۱ گرم سولفات آلومنیوم را در یک بالن دو لیتری ریخته و حجم نهایی با آب مقطر به دو لیتر رسانده شد. سپس ۴۰ میلی لیتر از محلول حاصل به ۰/۴ گرم از پودر هر یک از نمونه ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه روی شیکر تکان داده شد.

عصاره حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و میزان نیترات از طریق دستگاه pH/ion متر محاسبه گردید. برای تعیین میزان پروتئین ۰/۵ گرم از نمونه تر غده سیب زمینی به همراه نیتروژن مایع آسیاب گردید. سپس مقدار ۵۰۰ میکرولیتر بافر استخراج به آن اضافه گردید و پس اختلاط در یخ قرار داده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد در سانتریفوژ با سرعت ۱۳۰۰ دور قرار داده شده و با جمع آوری سوپرنانت از طریق روش برادفورد میزان جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ برآورد گردید. پس از جمع آوری داده ها تجزیه از طریق نرم افزار SPSS انجام گردید. مقایسه میانگین ها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد انجام گردید. رسم شکلها با استفاده نرم افزار اکسل انجام گردید.

نتایج و بحث

بررسی نتایج مربوط به ماده خشک نشان داد که کاربرد کودهای نانوساختار ریز و درشت مغذی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی توانست بالاترین درصد ماده خشک را بدنبال داشته باشد. مصرف این کود در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود این مولفه را حدود ۲۴ درصد افزایش داد. با وجودی که بین سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد کمترین میزان ماده خشک در شرایط شاهد با ۱۸/۱۲ درصد ماده خشک به ثبت رسید (شکل ۱). بالا بودن ماده خشک در گیاهان پرورش یافته در شرایط کاربرد کودهای نانو ساختار مخلوط به ضروری بودن حضور تمامی عناصر کم و پر مصرف با یک تعادل بهینه اشاره دارد. ماده خشک گیاه تا حد زیادی تحت تاثیر فرایندهای فتوسنتزی و تثبت کربن و تولید فتوآسیمیلاتها می‌باشد (Taiz et al., 2016). نتایج بدست آماده تا حدی موید تحریک و فعالسازی فرایندهای مذکور در گیاهان با تغذیه کودی مخلوط اشاره دارد. بررسی نتایج مربوط به درصد نشاسته نشان داد که تیمارهای کودی مورد مطالعه در این بررسی توانستند به طور معنی‌داری این مولفه کیفی و مهم را در غده های سیب زمینی تحت تاثیر قرار دهند. بالاترین درصد نشاسته در شرایط کاربرد کود مخلوط نانوساختار بدست آمد که در مقایسه با شاهد توانست میزان درصد نشاسته را حدود ۲۹ درصد افزایش دهد (شکل ۱). با توجه به اینکه نشاسته تا حد زیادی بیانگر توانایی فتوسنتزی گیاه (توانایی منبع) و همچنین توانایی ذخیره سازی نشاسته در اندامهای غده (قدرت مخزن) می‌باشد بررسی درصد پروتئین در غده‌ها نشان داد که کاربرد کلیه کودهای شیمایی بجز کلسیم توانستند این مولفه مهم را افزایش دهند (شکل ۱). با این حال تاثیر تیمارهای حاوی عناصر ریز مغذی (کودهای مخلوط و کودهای حاوی روی و بر)، نسبت به سایرین بیشتر بود که این امر را می‌توان به نقش ساختاری و کوفاکتوری عناصر ریز مغذی در بسیاری از پروتئین و آنزیمها نسبت داد که آنزیمها خود در بسیاری از پروتئین ها نقش دارند (Marschner, 2011).



شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف کودی بر درصد ماده خشک سیب زمینی، درصد نشاسته، درصد پروتئین و محتوای نیترات غده. Mix: مخلوط کودهای نانوساختار ریز و درشت، zn+b: کود ریز مغذی حاوی روی و بر، Bio: کود بیولوژیک و ارگانیک مایع MOG، NPK: کود شیمیایی سنتی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، Ca: کود کلسیم، ۰: عدم کاربرد کود (شاهد)، ستونهای دارای حروف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

نتیجه گیری

نتایج بررسی نشان می‌دهد که مؤثرترین کود کاربرد نانوکودهای کامل از طریق سیستم آبیاری باشد. اگرچه کود سنتی و رایج NPK عملکرد را افزایش داد ولی موجب افزایش میزان نیترات در غده گردید. نتایج آزمایش نشان داد که که تاثیر کود زیستی آنزیمی MOG بر اجزای عملکرد غده در منطقه مورد بررسی چندان واضح نبود. بود. اگر چه کاربرد کود کلسیم به مقدار ناچیز اجزای عملکرد را تغییر داد با این حال مصرف آن برای سیستم تولید سیب زمینی ضروری است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که برای به حداکثر رساندن تولید جایگاه ویژه‌ای برای نانوکودها نسبت به کودهای معمولی و بیولوژیکی باید در نظر گرفت. علاوه بر آن برای تعیین میزان مناسب و زمان مناسب کاربرد نانو کود و برهمکنش نانوکودها و عوامل خاک باید ازریابی های بیشتری مد نظر قرار گیرند.

فهرست منابع

Barghi, A., & Gholipoori, A. (2020). Variations of potato tuber yield and quality in response to vermicompost application and complete nanofertilizer. *Journal of Vegetables Sciences*, *4*(1), ۴۱-۵۶.

Abdo, A. I., Elrys, A. S., Abdel-Fattah, M. K., Desoky, E. S. M., Huitong, L., & Wang, L. (2020). Mitigating nitrate accumulation in potato tubers under optimum nitrogen fertilization with K-humate and calcium chloride. *Journal of Cleaner Production*, *259*, 121108.

Naumann, M., Koch, M., Thiel, H., Gransee, A., & Pawelzik, E. (2020). The importance of nutrient management for potato production part II: Plant nutrition and tuber quality. *Potato Research*, *63*, ۱۲۱-۱۳۷.

Janmohammadi, M., Amanzadeh, T., Sabaghnia, N., & Ion, V. (2016). Effect of nano-silicon foliar application on safflower growth under organic and inorganic fertilizer regimes. *Botanica Lithuanica*, *22*(1), 53-64.

Jakhar, A. M., Aziz, I., Kaleri, A. R., Hasnain, M., Haider, G., Ma, J., & Abideen, Z. (2022). Nano-fertilizers: A sustainable technology for improving crop nutrition and food security. *NanoImpact*, 100411

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2019). *Plant physiology and development* (No. Ed. 7). Sinauer Associates Incorporated

Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Investigating the effects of micro and macro-nutrients on the nutritional characteristics of potatoes under field condition

Mohsen Janmohammadi*, Naser Sabaghnia
Department of Plant Production and Genetics, Agriculture College, University of Maragheh,
P.O. Box 55181-83111, Iran.

*E-mail: jmohamad@alumni.ut.ac.ir

Abstract

The management applied in the field is one of the most important factors affecting the quality characteristics and nutritional aspects of crops. Nutritional management and application of fertilizers significantly affect the quality aspects of potatoes. The current experiment is aimed to investigating the effect of different fertilizer sources, including mixed nanostructured fertilizers (micronutrients and macronutrients), micronutrient fertilizer (containing zinc and iron), liquid organic fertilizer (MOG), conventional chemical fertilizer (NPK), and calcium fertilizer on the nutritional quality of potato was done in Sarab region. Results showed that the application of nanostructured mixed fertilizer improved the amount of protein in the tuber by about 42% compared to the check (no-fertilizer application) condition. The highest amount of starch was also recorded for plants grown by nanostructured mixed fertilizer, common chemical fertilizer and micronutrient fertilizers, respectively. The application of common NPK fertilizer increased the amount of nitrate in the tuber by 69% compared to the control conditions, however, the application of mixed nanostructured fertilizers increased the amount of nitrate by 36%. The general results of the experiment indicated that the mixed nanostructured fertilizers with an increase in the amount of protein and starch percentage, as well as the tuber yield per unit area had a better appearance compared to other fertilizers.

Keywords: Nutrition, soil fertilizers, starch percentage, tuber yield, nitrate level

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر اصلاح کننده‌های آلی و معدنی بر جذب کادمیوم توسط گندم

میثم رحیمی[1*]، اسماعیل کامران[2]، عیسی ابراهیمی[3]، قاسم رحیمی[4]

۱-دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

Rahimi.M@ag.iut.ac.ir

۲- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳- دکترای خاکشناسی دانشگاه گیلان

۴- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

یکی از مهمترین سیاست‌های زیست محیطی در کشورهای صنعتی و در حال توسعه، پالایش خاک‌ها و آب‌های آلوده به عناصر سنگین می‌باشد. افزایش فعالیت‌های کشاورزی و به دنبال آن رهاسازی آلاینده‌ها از سامانه‌های کشاورزی و همچنین گسترش صنایع سبب ورود یون‌های فلزهای سنگین از جمله کادمیوم و به محیط زیست می‌شود. از روش‌های مناسب برای کاهش تحرک فلزهای سنگین استفاده از جاذب‌ها در خاک‌های آلوده می‌باشند. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر اصلاح کننده‌های آلی و معدنی بر قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم در یک خاک آهکی به شکل گلدانی در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرا انجام شد. تیمارها شامل کاربرد سه سطح (۰، ۱و ۴) درصد اصلاح کننده‌های آلی بیوچار و معدنی زئولیت و کادمیوم در ۳ سطح (۰، ۷۵و ۱۵۰) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کادمیوم منجر به کاهش معنی‌دار وزن ماده خشک اندام هوایی گردید. اما افزودن زئولیت و بایوچار به خاک باعث بهبود این شاخص‌ها در تمام سطوح تنش کادمیوم گردید. این امر نشان دهنده اثر مثبت زئولیت و بایوچار در تغذیه بهتر گیاه می‌باشد که در نهایت منجر به افزایش شاخص‌های رشدی می‌شود. افزایش سطوح تنش کادمیوم، منجر به افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه شد هر دو تیمار بایوچار و زئولیت تاثیر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم هم در ریشه و هم در اندام هوایی داشتند و باعث کاهش جذب این عنصر توسط گیاه شدند.

واژگان کلیدی: زئولیت، بایوچار، زیست فراهمی، کادمیوم

مقدمه

یکی از مهمترین چالش‌های اساسی جهان، آلودگی خاک به فلزات سنگین است. فلزات سنگین جزء آلاینده‌های مهم خاک هستند که پس از تجمع در خاک و جذب توسط گیاه وارد زنجیره غذایی شده و موجب بروز مسمومیت در جانداران می‌شوند. آلودگی خاک به فلزات سنگین به سرعت طی دهه‌های اخیر رو به افزایش است. فلزات سنگین از طریق فرآیندهای طبیعی یا فعالیت‌های انسانی وارد خاک می‌شوند و برخلاف آلودگی‌های آلی، بعد از ورود به خاک با تجزیه‌های شیمیایی و میکروبی از بین نرفته و برای مدت طولانی حضور دارند. این فلزات باعث کاهش فعالیت‌های آنزیمی و تخریب ساختمان پروتئینی و در نتیجه باعث کاهش رشد گیاهان می‌گردند (Kiran, 2017). یکی از فلزات

سنگین با ویژگی سمیت بالا در خاک، کادمیوم می‌باشد. آلودگی خاک‌ها به کادمیوم می‌تواند در نتیجه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی ایجاد، کادمیوم در بین فلزات سنگین میل ترکیبی کمی برای اتصال به فازهای تثبیت کننده خاک نظیر اکسیدها و کلات‌ها دارد. بنابراین قابلیت جذب این عنصر توسط گیاه و انتقال آن به شاخساره گیاه زیاد است که غلظت‌های بالای کادمیوم در زنجیره غذایی برای انسان خطرناک است (Kabata-Pendias, 2011). روند افزایش آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین در محیط زیست، منجر به توسعه تحقیقات متعددی در خصوص روش‌های اصلاح خاک‌های آلوده به این عناصر شده است. تا کنون روش‌های مختلفی برای پالایش آب و خاک‌های آلـوده بـه فلـزات سنگین ابداع شده است. در تثبیت شیمیایی با افزودن مواد غیر متحرک کننده به خاک تحرک فلزات سنگین کاهش می‌یابد. مواد مختلفی برای تثبیت شیمیایی عناصر سنگین در خاک به کار می‌رود. از جمله این مواد زئولیت است. زئولیت‌ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود اجازه عبور بعضی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند که سبب افزایش تشکیل کمپلکس‌هایی می‌شود که باعث کاهش حلالیت فلزات می‌شود (Shi, 2009). بایوچار به عنوان یک جاذب، یک محصول جامد کربن‌دار از گروه‌های عاملی سطحی غنی شده و دارای ساختار متخلخل است که از زیست تودهای گیاهی و ضایعات کشاورزی در دماهای مختلف و در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن تولید می‌شوند (Huang et al., ۲۰۱۶). گندم یکی از قدیمی‌ترین و پر مصرف‌ترین گیاهان زراعی بوده که بیشترین سطح زیر کشت را جهان به خود اختصاص داده است. در حال حاضر تحقیقات زیادی درباره کادمیوم و سمیت آن در گندم انجام شده است، اما انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه به منظور حذف و یا کاهش اثرات سمی فلزات سنگین توسط جاذب‌ها مورد نیاز است. بنابراین، در این تحقیق سعی بر آن شده است تا چگونگی جذب کادمیوم در یک محیط آلوده، توسط گندم مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر زئولیت و بایوچار در جذب و تعدیل سمیت کادمیوم مورد مطالعه قرار گیرد.

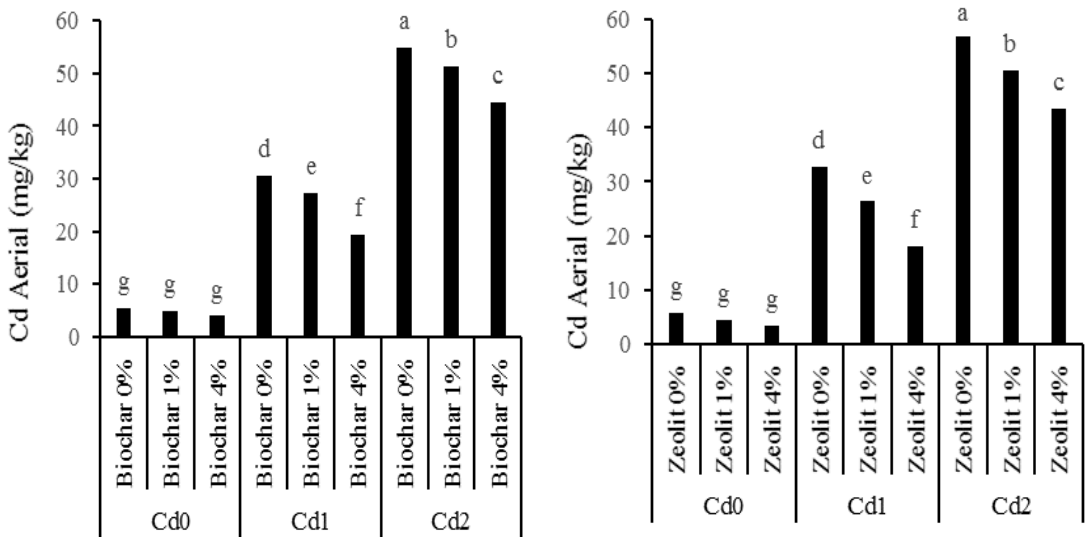
مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر اصلاح کننده‌های مختلف بر میزان کادمیوم و وزن خشگ گیاه آزمایش در غالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار نجام شد. تیمارها شامل اصلاح کننده آلی بایوچار، معدنی زئولیت و کادمیوم بود. زئولیـت از منبـع خورو بیابانک تهیه گردید و بایوچار مورد نیاز از تکه‌های چوب درخت انگور تولید شد و سپس خرد و از الک بـا مـش ۳۵ عبور داده شدند. هر سه تیمار کادمیوم، بایوچار و زئولیت به صورت جامد به خاک اضافه گردید. لازم به ذکر است که تیمار کادمیوم از منبع کلرید کادمیوم تامین گردید. کادمیوم در ۳ سطح شامل (۰، ۷۵، ۱۵۰) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و زئولیت و بایوچار در ۳ سطح (۰، ۱، ۴ درصد) استفاده شد. سپس دانه‌ها گندم در گلدان قرار داده شد در طول دوره رشد رطوبت خاک گلدان‌ها به روش وزنی در محدوده ظرفیت مزرعه حفظ شد. در انتهای رشد، اندام هوایی گیاه و ریشه‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و به مدت ۴۸ ساعت درون آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. وزن خشک آن‌ها اندازه گیری و به منظور آنالیزهای شیمیایی ذخیره گردید. برای اندازه‌گیری عنصر کادمیوم از روش خاکستر خشک استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری کادمیوم از دستگاه جذب اتمی استفاده شد.

نتایج و بحث

کادمیوم اندام هوایی

اثر تنش کادمیوم، زئولیت و بایوچار بر مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه در شکل ۱ نشان داده شده. بیشترین مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه مربوط به گلدان‌هایی است که فاقد زئولیت و بایوچار بوده و۱۵۰ mg/kg کادمیوم داشته‌اند. کمترین میزان کادمیوم در گلدان‌های فاقد کادمیوم و حاوی ۴ درصد بایوچار و زئولیت مشاهده گردید. این نتایج نشان می‌دهد افزایش شدت تنش کادمیوم به طور معنی داری مقدار کادمیوم اندام هوایی را افزایش داده است اما در حضور زئولیت و بایوچار این افزایش، کمتر بوده است. سعادت و بارانی مطلق (۱۳۹۲) نشان دادند که در حضور زئولیت میزان سمیت کادمیوم کم شده و غلظت کادمیوم در اندام هوایی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. Shi (۲۰۰۹) گزارش کردند، بایوچار با عناصر سنگین تشکیل کمپلکس‌های داده و فراهمی آن‌ها را در خاک کاهش می‌دهد.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف بایوچار، زئولیت و کادمیوم بر غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه

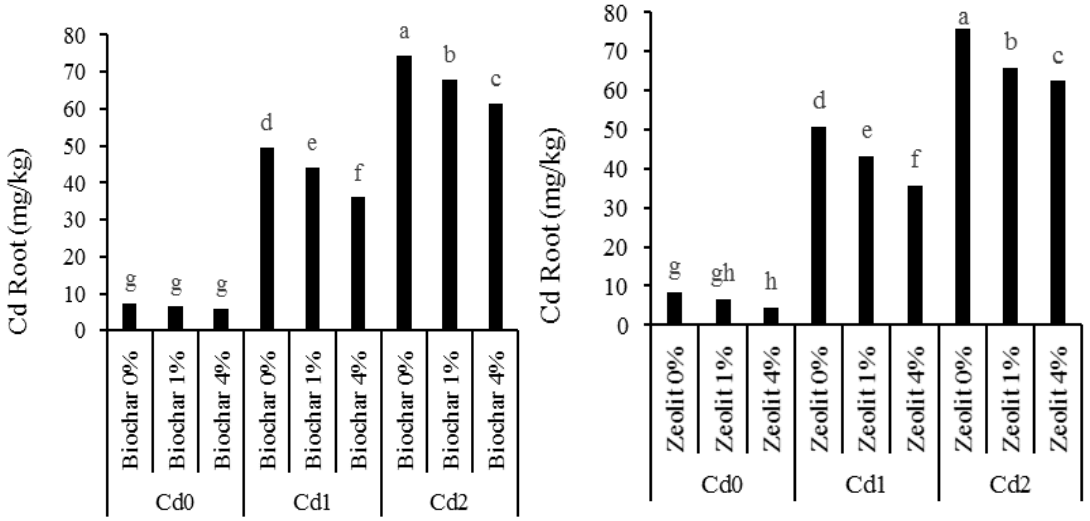
کادمیوم ریشه

شکل۲ تنش کادمیوم، زئولیت و بایوچار بر روی مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه نشان میدهد. بیشترین مقدار کادمیوم ریشه گیاه مربوط به گلدان‌هایی است که فاقد زئولیت و بایوچار بوده و۱۵۰ mg/kg کادمیوم داشته‌اند. کمترین میزان کادمیوم ریشه در گلدان‌های فاقد کادمیوم و حاوی ۴ درصد بایوچار و زئولیت مشاهده گردید. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش شدت تنش کادمیوم به طور معنی‌داری مقدار کادمیوم ریشه را افزایش داده است اما در حضور زئولیت و بایوچار این افزایش، کمتر بوده است. جذب کادمیوم توسط ریشه‌های گیاه از طریق یک فرآیند فیزیکی و شیمیایی

اتفاق می‌افتد. این فرآیند به عنوان Phytoextraction شناخته می‌شود و به این معناست که گیاهان می‌توانند از محلول خاکی عناصر را جذب کنند و در ساختار خود ذخیره کنند. Agushi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند، زئولیت به دلیل دارا بودن خصوصیات تبادل کاتیونی می‌توانند فلزات سنگین را جذب کنند. مواد آلی به دلیل داشتن گروه‌های عاملی با فلزات سنگین کمپلکس تشکیل داده و مانع از جذب آن‌ها توسط ریشه می‌شوند (Shi et al., 2009). مراحل جذب کادمیوم خاک توسط گیاه را می‌توان به این صورت بیان کرد:

- حرکت آب و عناصر در خاک: در ابتدا، کادمیوم در فرم یون‌های محلول در آب در خاک وجود دارد. این یون‌ها با حرکت آب در خاک حرکت می‌کنند.
- ™ نفوذ به داخل ریشه: در نقطه تماس ریشه با خاک، گیاهان این یون‌ها را از محلول خاکی جذب می‌کنند. این جذب به وسیله ساختارهای مختلفی از جمله مواد شیمیایی و بیولوژیکی در سطح ریشه و ویژگی‌های سلولی اتفاق می‌افتد.
- جابجایی درون گیاه: پس از جذب توسط ریشه، یون‌های کادمیوم از طریق سیستم آوندی گیاه به سایر اجزاء گیاه منتقل می‌شوند. این ممکن است شامل ساقه، برگ‌ها، گل‌ها و میوه‌ها باشد.

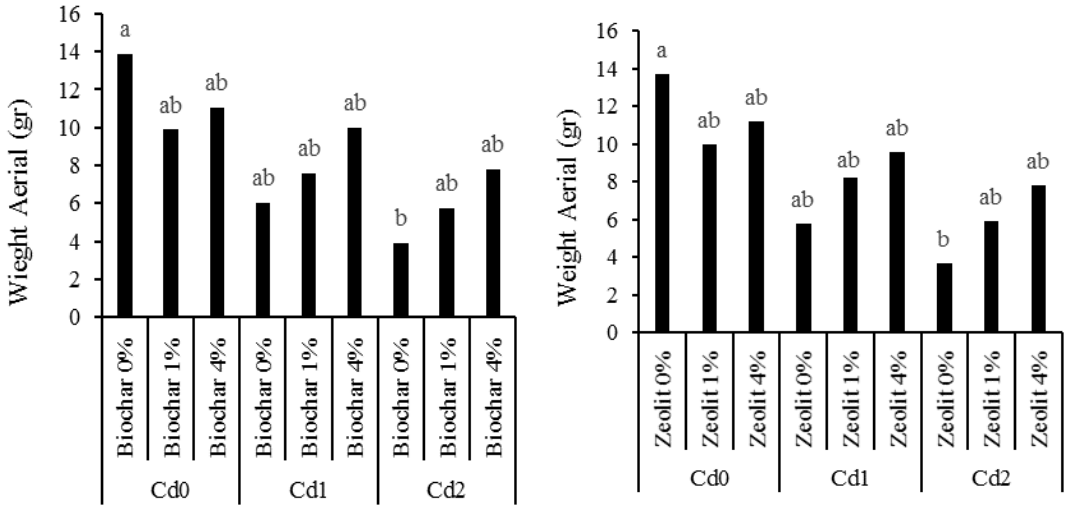
تجمع در اندام‌ها: گیاهان ممکن است کادمیوم را در اندام‌های خاصی نظیر برگ‌ها یا گل‌ها تجمع دهند. این فرآیند به عنوان هیپراکومولیشن (Hyperaccumulation) شناخته می‌شود.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف بایوچار، زئولیت و کادمیوم بر غلظت کادمیوم ریشه

ماده خشک اندام هوایی

بیشترین وزن ماده خشک مربوط به گلدان‌هایی است که فاقد تنش کادمیوم بوده و حاوی ۴ درصد زئولیت می‌باشد (شکل ۳). همچنین کمترین میزان وزن ماده خشک اندام هوایی در تیمار حاوی ۱۵۰ mg/kg کادمیوم، صفر درصد زئولیت و بایوچار مشاهده گردید. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش شدت تنش کادمیوم به طور معنی‌داری وزن ماده خشک اندام هوایی را کاهش داده است. کاهش توده بخش هوایی با افزایش غلظت عناصر سنگین ممکن است به دلیل حساسیت آنزیم‌های سیکل احیای کربن فتوسنتزی به کادمیوم باشد. Zhang و همکاران (۲۰۱۵) معتقدند کادمیوم در گیاهان منجر به کاهش رشد می‌شود که به دنبال آن توده زنده نیز کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج Agushi و همکاران (۲۰۱۵) زئولیت طبیعی به دلیل دارا بودن خصوصیات تبادل کاتیونی بالا می‌تواند فلزات سنگین را جذب باعث افزایش وزن ماده خشک گیاه شده است. از سوی دیگر تحقیقات Yuan و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد مواد آلی مانند بایوچار بر روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حتی بیولوژیکی خاک اثر مثبتی دارد که به شکل غیرمستقیم موجب افزایش رشد گیاهان نیز می‌شود.



شکل ۳- اثر سطوح مختلف بایوچار، زئولیت و کادمیوم بر وزن اندام هوایی

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کادمیوم منجر به کاهش معنی‌دار وزن ماده خشک اندام هوایی و ریشه گردید. اما افزودن زئولیت و بایوچار به خاک باعث بهبود این شاخص‌ها در تمام سطوح تنش کادمیوم گردید. این امر نشان دهنده اثر مثبت زئولیت و بایوچار در تغذیه بهتر گیاه می‌باشد که در نهایت منجر به افزایش شاخص‌های رشدی می‌شود. افزایش سطوح تنش کادمیوم، منجر به افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه شد و هر دو تیمار تاثیر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم هم در ریشه و هم در اندام هوایی داشتند و باعث کاهش جذب این عنصر توسط گیاه شدند. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هر دو تیمار قادرند اثر نامطلوب کادمیوم در گیاه را کاهش داده و باعث بهبود خصوصیات رشدی و جذب عناصر توسط گیاه گردند. کانی زئولیت به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، قدرت

گزینش پذیری و ساختار متخلخل سبب کاهش غلظت کادمیوم در گیاه شده است. همچنین بایوچار به دلیل داشتن گروه‌های عاملی کربوکسیل و هیدروکسیل جذب عناصر سنگین را کاهش می‌دهد. بایوچار و زئولیت از جمله موادی هستند که ممکن است بتوانند به عنوان مواد جاذب کادمیوم در خاک عمل کنند. البته، این اثرات بستگی به ویژگی‌های خاص هر ماده و شرایط محیطی موجود دارند.

در ادامه، چگونگی حذف کادمیوم خاک توسط بایوچار و زئولیت را توضیح داده شده است:

بایوچار:

- جذب فیزیکی: بایوچارها می‌توانند به عنوان مواد جاذب عناصر سنگین مانند کادمیوم عمل کنند. ذرات بایوچار با داشتن سطح زیادی و خاصیت‌های شیمیایی مناسب می‌توانند یون‌های کادمیوم را جذب کنند و در خود نگه دارند.
- تشکیل کلات‌های غیر قابل حل: برخی بایوچارها ممکن است با یون‌های کادمیوم واکنش داده و تشکیل کلات‌های غیر قابل حل کادمیوم ایجاد کنند که در نتیجه از حرکت در خاک جلوگیری می‌کنند.
- تأثیر بر فعالیت‌های میکروبی: برخی از بایوچارها ممکن است بر فعالیت‌های میکروبی در خاک تأثیر بگذارند که می‌تواند منجر به کاهش فعالیت میکروب‌های تخریب‌کننده کادمیوم شود.

زئولیت:

جذب یونی: زئولیت‌ها به دلیل ساختار خاصی که دارند، قابلیت جذب یون‌های کادمیوم را دارند. این یون‌ها درون ساختار زئولیت‌ها قفل می‌شوند و از حرکت در خاک جلوگیری می‌کنند.

تبادل یون: زئولیت‌ها ممکن است با یون‌های موجود در محیط از جمله یون‌های کادمیوم تبادل کنند و جلوگیری کنند تا این یون‌ها به گیاه منتقل شوند.

منابع

سعادت، کبری، و بارانی مطلق، مجتبی. (۱۳۹۲). تاثیر زئولیت طبیعی ایران بر جذب سرب و کادمیوم لجن فاضلاب کاربردی توسط ذرت. پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۰(۴)، ۱۲۳-۱۴۳.

Agushi, M., Qajar Spanloo, M., & Bahmanyar, M. (2015). The effect of zeolite application on quantitative and qualitative yield of soybean under stress and non-stress conditions. Journal of Plant Production Research, 22(2), 173-187.

Huang, H. J., Yuan, X. Z. (2016). The migration and transformation behaviors of heavy metals during the hydrothermal treatment of sewage sludge. Bioresource Technology, 200, 991-998.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (1992). Trace elements in soils and plants–CRC Press. Boca Raton, FL, 356.

Kiran, Y. K., Barkat, A., CUI, X. Q., Ying, F. E. N. G., PAN, F. S., Lin, T. A. N. G., & YANG, X. E. (2017). Cow manure and cow manure-derived biochar application as a soil amendment for reducing cadmium availability and accumulation by Brassica chinensis L. in acidic red soil. Journal of integrative agriculture, 16(3), 725-734.

Shi, W. Y., Shao, H. B., Li, H., Shao, M. A. (2009). Progress in the remediation of hazardous heavy metal-polluted soils by natural zeolite. Journal of Hazardous Materials, 170(1), 1-6.
Zhang, X., Zhong, T., Liu, L., & Ouyang, X. (2015). Impact of soil heavy metal pollution on food safety in China. PLoS One, 10(8), e0135182.
Yuan, P., Wang, J., Pan, Y., Shen, B., & Wu, C. (2019). Review of biochar for the management of contaminated soil: Preparation, application and prospect. Science of the total environment, 659, 473-490.

The Effect of Organic and Inorganic Amendments on the Uptake of Cadmium by Wheat

Meisam Rahimi[1*], Esmaeil Kamran[2], Eisa Ebrahimi[3], Ghasem Rahimi[4]

۱- PhD student in soil science, Isfahan University of Technology
Rahimi.M@ag.iut.ac.ir
2- Agricultural Research, Education and Extension Organization
۳- Ph.D. in Soil Science, Guilan University
۴- Associate Professor, Department of Soil Science, Bu Ali Sina University, Hamadan

Abstract
The remediation of soil and water contaminated by heavy elements is one of the most important environmental policies in developed and developing countries. Heavy metal ions, including cadmium, enter the environment due to the increase in agricultural activities and the release of pollutants from agricultural systems, as well as industrial expansion. The use of absorbents in contaminated soils is one of the appropriate methods to reduce the mobility of heavy metals. The aim of this study was to investigate the effect of organic and inorganic amendments on the bioavailability and the amount of plant cadmium concentration over time in a calcareous soil. The study was designed as a completely randomized design with three replications. Treatments included of three levels (0, 1, and 4) of biochar and zeolite and three levels (0, 75, and 150) of cadmium. The results showed: Cadmium resulted in a significant decrease in dry matter weight of aerial parts. However, at all levels of cadmium stress, the addition of zeolite and biochar to the soil improved these indicators. This shows the positive effect of zeolite and biochar in improving the nutritional status of plants, which ultimately leads to an increase in the growth indicators. Increasing levels of cadmium stress led to an increase in cadmium uptake by the plant. Both biochar and zeolite treatments had a significant effect on the cadmium concentration in both roots and shoots. They caused a decrease in the absorption of this element by the plant.

Keywords: Zeolite, Biochar, Bioavailability, Cadmium

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی اثرات هم‌افزایی کود دامی و نیتروژن بر خصوصیات رشد و عملکرد گلرنگ

محسن جان محمدی*، ناصر صباغ‌نیا

گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

(jmohamad@ut.ac.ir)

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر متقابل کاربرد کود دامی (عدم مصرف =FYM_0، ۱۰ تن در هکتار =FYM_{10} و۲۰ تن در هکتار =FYM_{20}) و کود نیتروژن (N_0= عدم مصرف، N_{40}= ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، N_{80}= ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بر خصوصیات رشد و عملکرد گلرنگ انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد FYM_{10} و FYM_{20} به ترتیب باعث افزایش ۴۰٪ و ۵۴٪ قطر سرپوش توسط تاج پوشش گردید. در مجموع بهترین عملکرد گلرنگ در شرایط استفاده از FYM_{20}+N_{80} حاصل شد که عملکرد را به میزان ۴۳۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد بهبود بخشید. استفاده از FYM باعث افزایش اثر مثبت نیتروژن بر کلروفیل برگ، عرض تاج پوشش، تعداد طبق و در نهایت بهبود عملکرد دانه شد. استفاده از نیتروژن در شرایط بدون FYM تاثیر زیادی بر وزن دانه نداشت. بیشترین وزن هزار دانه در شرایط کاربردی $FYM_{20}N_{80}$ مشاهده شد که حدود ۱۳ درصد بیشتر از شرایط شاهد بود. بهبود مواد آلی خاک یکی از ضروریات افزایش کارایی کودهای نیتروژن دار در مناطق نیمه خشک است.

واژگان کلیدی: بهبود شرایط خاک، خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی، محصول دانه روغنی، اثر هم افزایی، اجزای عملکرد

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی از خانواده آفتابگردان (*Asteraceae*) است که با وجود سابقه ای که در بخش کشاورزی دارد، در حال حاضر به دلیل نداشتن اطلاعات کافی در مورد مدیریت زراعی و مواد مغذی آن، در الویتهای اصلی تناوب قرار نمی‌گیرد (Menegaes and Nunes, 2020). گلرنگ به دلیل ریشه های توسعه یافته و عمیقی که دارد از مدیترانه شرقی سرچشمه گرفته و به نظر می‌رسد به خوبی با مناطق نیمه خشک سازگار است. مواد آلی خاک (SOM) به طور مستقیم با تأمین مواد مغذی و به طور غیرمستقیم با تعدیل ویژگی های شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی خاک بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد. SOM محیط ریشه را بهبود می بخشد و رشد گیاه را تحریک می‌کند. علاوه بر این، SOM توانایی نگهداری آب در خاک را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. استفاده از کودهای آلی علاوه بر بهبود پایداری اکوسیستم های کشاورزی، افزایش عملکرد را در دراز مدت تضمین می کند. جلوگیری از چرای بیش از حد بقایای گیاهی، بازگشت آنها به خاک با کاهش خاک ورزی و استفاده از کودهای حیوانی

همراه با استفاده از تناوب زراعی صحیح باعث افزایش ویژگی های بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک می شود (Rayne and Aula 2020). اگرچه نیتروژن به عنوان مهمترین عنصر مؤثر بر رشد و نمو تأثیرات زیادی بر جنبه های کمی و کیفی دارد، اما استفاده بیش از حد از این کود منجر به کاهش بهره وری خاک، آلودگی محیط زیست و عدم تعادل تغذیه ای در خاک می شود (Elfadl et al., 2009). به نظر می‌رسد بیشترین کارایی خودهای شیمیایی بعد از اصلاح شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بروز می‌یابند. در این خصوص استفاده از کود دامی در منطقه نیمه خشک می‌تواند ویژگی‌های خاک را بهبود بخشد، مانند ساختار، دانه‌بندی، حفظ آب، ظرفیت نگهداری مواد مغذی و ظرفیت تبادل کاتیونی را بهبود بخشد و وضعیت بیولوژیکی ریزوسفر را بهبود بخشد و اقتصاد را افزایش دهد. عملکرد محصول و کاهش خطر زیست محیطی کودهای شیمیایی (Xiao et al., 2017). علاوه بر این، افزایش ترسیب کربن در خاک های کشاورزی تا حد زیادی از وقوع اثرات گلخانه ای جلوگیری می کند و روند گرمایش جهانی را کند می‌کند (Paustian et al., 2019). اگرچه کاربرد FYM باعث بهبود خواص خاک (کاهش جرم ظاهری، افزایش ماده آلی خاک و بهبود نفوذپذیری ریشه شد)، بالاترین عملکرد دانه آفتابگردان با استفاده ترکیبی از FYM و کود شیمیایی NPK به دست آمد (Nuraein et al., 2019). کود نیتروژن با افزایش تعداد شاخه ها باعث افزایش عملکرد گلرنگ شد، در حالی که استفاده از نیتروژن همراه با FYM سرعت جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش داد و ویژگی های مورفولوژیکی و کیفی گلرنگ را بهبود بخشید (Saeedi et al., 2022). این آزمایش با هدف بررسی اثر متقابل نیتروژن و استفاده از FYM بر عملکرد گلرنگ درمنطقه بانه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در شرایط مزرعه‌ای برای ارزیابی تاثیر نیتروژن و کود دامی (FYM) بر خصوصیات رشد و عملکرد گلرنگ در منطقه بانه، استان کردستان، ایران (۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۶۱۵ از سطح دریا) انجام شد. بذر گلرنگ رقم ZY-S تهیه و کاشت بذر به صورت دستی و در ردیف هایی با فاصله ۵۰ سانتی متر و به فاصله ۱۰ سانتی متر روی ردیف ها در عمق ۳ سانتی متری اواخر فروردین انجام شد. برای انجام آزمایش مزرعه ای از آرایش پلات خرد شده بر پایه RCBD استفاده شد. فاکتور اصلی شامل استفاده از سطوح مختلف FYM شامل FYM0: عدم استفاده از کود دامی، FYM10: استفاده از ۱۰ تن در هکتار کود دامی، FYM20: استفاده از ۲۰ تن کود دامی در هکتار بود. FYM به خوبی تجزیه شده که از دامداری گاوی جمع آوری شده بود یک ماه قبل از کاشت بذر به خاک سطحی اضافه و با ادوات خاکورزی ثانویه مخلوط شد. هر تن کود دامی حاوی ۱۹،۸ کیلوگرم نیتروژن، ۹،۲ کیلوگرم فسفر و ۲۰،۲ کیلوگرم پتاسیم است. خاک مزرعه از نوع لومی رسی شنی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن عبارت بود از pH: 7.68، کربن آلی: ۰،۵۱، نیتروژن کل: ۰،۲۶، CaCo3: 17، EC: 2.15 dsm-1، آهن: ۱،۵۲ ppm بود. ، منگنز: ۷،۰۹ ppm، P: 16.28 ppm، K: 625 ppm. فاکتور ثانویه شامل سطوح مختلف کود نیتروژن بود که شامل N0: عدم استفاده از کود نیتروژن، N40: مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از طریق کود اوره و N80: استفاده از ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از طریق اوره بود. استفاده از کود نیتروژن در سه قسط، یک

سوم در مرحله کاشت، یک سوم در مرحله ازدیاد ساقه و یک سوم در مرحله سبز شدن کاپیتولوم انجام شد. مزرعه به اندازه‌گیری غیرمخرب کلروفیل برگ با دستگاه SPAD-502 متر روی برگ‌های توسعه‌یافته بالایی در مرحله رشد گیاهان تقریباً ۳۰ روز پس از گلدهی به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیدن و در طی مرحله مذکور بیشتر برگ‌ها قهوه ای شده بودند. تعداد طبق در بوته، قطر طبق و تعداد شاخه ها برای ده بوته به طور تصادفی قبل از برداشت شمارش شد. پس از برداشت بوته ها از متراژ ۲ متر مربع، تعداد دانه در کپیتولوم و عملکرد دانه شمارش شد. گیاهان به مدت ۲۴ ساعت در یک کابینت خشک کن در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و کل ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) از طریق مقیاس دیجیتال اندازه گیری شد. وزن هزار دانه با شمارش دانه ها با دانه شمار و توزین آنها به دست آمد. شاخص برداشت از طریق نسبت عملکرد دانه به کل ماده خشک به دست آمد. داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی دار در فاصله اطمینان ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها حاکی از آن بود که مصرف سطوح بالای نیتروژن (N80) در تمامی شرایط کاربرد یا عدم کاربرد FYM باعث افزایش عرض تاج پوشش گردید به طوری که بیشترین عرض کانوپی در شرایط مصرفFYM20+N80 با مقدار ۵۸ سانتی متر به ثبت رسید در حالیکه گیاهان پرورش یافته در شرایط شاهد (عدم مصرف کود دامی و کود نیتروژن) کانوپی حدود ۸۰ درصد کوچکتری دارا بودند . کاربرد مقادیر زیاد FYM میزان کلروفیل را در مقایسه با شاهد حدود ۶۰ درصد افزایش داد. با این حال، استفاده از سطوح بالای کود نیتروژن، عرض تاج پوشش را تا ۳۵ درصد افزایش داد (جدول ۱). بیشترین عرض تاج پوشش توسط FYM20+N80 بدست آمد که حدود ۸۵ درصد بیشتر از شاهد (FYM0+N0) بود. بررسی درصد پوشش زمین (GC) توسط کانوپی بوته نشان داد که اثرات اصلی کاربرد FYM، نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آنها بر این صفت معنی دار است. بالاترین GC در برنامه FYM20+N80 ثبت شد که حدود ۱۸ درصد بیشتر از شرایط کنترل (FYM0+N0) بود. بیشترین تأثیر کاربرد کود نیتروژن بر GC در شرایط استفاده از FYM ثبت شد (جدول ۱). بررسی وزن هزار دانه حاکی از آن بود که سنگین ترین دانه ها تحت اعمال مقادیر زیادی FYM به دست آمد. استفاده از N80 در شرایط مصرف FYM10 باعث کاهش وزن دانه شد که تا حدی به دلیل اثرات جبرانی بین تعداد دانه و وزن دانه است. ارزیابی عملکرد دانه نشان داد که کاربرد نیتروژن در تمام سطوح FYM باعث افزایش عملکرد شد. اثر کود نیتروژن در شرایط مصرف کود در مزرعه تا حدودی بارزتر بود. بود. با این حال، بیشترین عملکرد دانه در شرایط کوددهی آلی با استفاده از N80 به دست آمد. این یافته نشان داد که مدیریت کود باعث بهبود عملکرد در حدود ۴۰ درصد شد (جدول ۱). بررسی تعداد طبق در بوته نشان داد که اثرات اصلی نیتروژن و کود دامی تاثیر معنی داری برروی این مولفه دارند و با این حال تاثیر کاربرد کود دامی معنی دارتر بود و مصرف ۱۰ و ۲۰ تن کود دامی تعداد طبق در بوته را به ترتیب ۹ و ۱۵ درصد افزایش داد. به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که عرض تاج و درصد پوشش زمین توسط تاج تحت تأثیر هر دو کود

قرار گرفت و بیشترین کارایی کود نیتروژن در شرایط کوددهی آلی ثبت شد. این دو صفت در مناطق نیمه خشک بسیار حائز اهمیت هستند زیرا افزایش آنها از یک سو باعث ایجاد سایه بر روی زمین و کاهش سرعت تبخیر رطوبت ذخیره شده در خاک و از سوی دیگر افزایش میزان دریافتی تابش خورشیدی می شود و می تواند منجر به افزایش فتوسنتز و تولید فتوسیمیلاتها شود.

جدول ۱. مقایسه میانگین خصوصیات رشد و عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) در سطوح مختلف کود دامی و نیتروژن.

	منابع کودی	CHL	CW	GC	SY	TSW	CNP	SPP
FYM_0	N_0	۴۲.۶۶□□	۳۲.۶۶□	۷۲.۲۳□	۸۳۴.۲۲□	۲۶.۳۶□□	۱۲.۸۵□	۵۶۴.۱۰□
	N_{40}	۵۳.۵۱□	۳۷.۲۱□	۷۶.۸۱□	۱۰۲۷.۳۰□□	۲۸.۴۵□	۱۳.۲۲□□	۶۳۰.۵۲□□
	N_{80}	۷۳.۵۷□	۳۹.۰۷□□	۸۰.۹۵□□	۱۰۴۸.۶۶□	۲۹.۲۷□□	۱۳.۰۴□□	۶۳۰.۵۲□□
FYM_{10}	N_0	۶۰.۰۰□□	۴۴.۷۲□	۷۷.۹۵□□	۱۱۲۵.۵۸□□	۳۰.۰۷□□	۱۳.۹۰□□□	۶۹۷.۳۳□
	N_{40}	۵۰.۵۴□	۴۴۱.۲۸□	۸۱.۶۶□	۱۱۷۲.۳۸□	۳۱.۲۹□□	۱۴.۵۲□□□	۷۱۸.۲۹□
	N_{80}	۵۵.۶۸□	۴۹.۵۳□	۸۳.۱۴□□	۱۳۱۵.۶۹□□	۲۹.۸۲□	۱۴.۶۱□□□	۸۲۶.۸۱□
FYM_{20}	N_0	۵۸.۴۲□	۴۵.۳۳□□	۷۷.۴۲□	۱۳۲۸.۷۰□	۳۱.۷۳□□	۱۴.۲۸□□□	۸۴۲.۱۰□
	N_{40}	۶۲.۷۵□	۴۸.۹۱□	۸۵.۵۲□	۱۳۸۴.۵۹□	۳۲.۰۰□	۱۵.۶۱□	۸۲۹.۷۹□
	N_{80}	۶۸.۳۵□	۵۸.۸۱□	۸۹.۸۵□	۱۴۵۰.۶۲□	۳۴.۰۸□	۱۵.۴۷□□	۸۷۹.۷۶□
LSD		۲.۳۹	۴.۷۷	۳.۴۱	۷۸.۵۹	۰.۹۱۴	۱.۲۴	۹۴.۷۸
Significance level								
FYM		**	**	**	**	**	**	**
Nitrogen (N)		**	*	**	**	*	*	**
FYM ×N		ns	*	*	*	*	ns	ns

CHL: محتوای کلروفیل (SPAD)، CW: عرض سایه انداز (میلی متر)، GC: تاج پوشش زمین (٪)، SY: عملکرد بذر (کیلوگرم درهکتار)، TSW: وزن هزار دانه (گرم)، CNP: تعداد طبق در هر بوته، SPP: تعداد کل بذر در گیاه منفرد، FYM: کود دامی. در هر صفت، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند ($P \geq ۰/۰۵$).

به دست آوردن حداکثر رشد جانبی تاج پوشش با کاربرد ترکیبی نیتروژن و کود دامی نشان می دهد که بهترین شرایط برای رشد گیاه و تامین عناصر در شرایط بهبود خصوصیات فیزیکی خاک از طریق کود دامی ایجاد شده بود (Yeshiwas et al., 2018). بهبود خصوصیات خاک مانند افزایش نفوذپذیری، افزایش قابلیت نگهداری آب، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ساختار دانه‌ای از جمله مواردی است که می‌توان در محیط ریزوسفر با کاربرد FYM رخ داد (Nuraein et al., 2019). با این حال، استفاده از کود اوره به عنوام منبع تامین کننده نیتروژن در محیط اطراف ریشه احتمالا تأثیر زیادی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک ندارد (Finch et al., 2014). بررسی اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد طبق در بوته، قطر طبق و تعداد دانه در طبق نشان داد که علیرغم اثر بهبودی نیتروژن بر صفات مذکور، مصرف نیتروژن به تنهایی نتوانست عملکرد دانه را تا حد قابل توجهی افزایش دهد. بهبود عملکرد دانه با

استفاده از کودها تا حدودی با تغییرات حادث شده در رابطه بین منبع و مخزن قابل تشریح است. به نظر می‌رسد ت بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از طریق کاربرد کود دهای دامی و سپس تغذیه شیمیایی به طور همزمان فعالیت و اندازه منبع و مخزن در گلرنگ را تحت تاثیر قرار داده ونهایتا عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Dordas, ۲۰۰۹).

نتیجه گیری

یافته‌های آزمایش حاضر تأیید کرد که استفاده از کود دامی و کود نیتروژن به ویژه در مقادیر زیاد، تقریباً تمام صفات ارزیابی شده را بهبود بخشید. این نتایج تا حدودی نشان دهنده شرایط نامناسب خاک منطقه مورد آزمایش به دلیل کم بودن مواد آلی خاک است. که این معضل با استفاده از کود حیوانی قابل اصلاح می‌باشد. نکته مهم این بود که استفاده از کودهای دامی یا کود شیمیایی اوره به تنهایی تاثیر چندانی بر ویژگی های رشد و عملکرد دانه گلرنگ ندارد. برای افزایش اثربخشی و کارایی کودهای نیتروژنی باید قبل از استفاده از کودهای شیمیایی شرایط خاک را از طریق استفاده از کود دامی بهبود بخشید. در آزمایش مذکور بهترین عملکرد گیاه در شرایط کاربرد ترکیبی ۲۰ تن در هکتار کود دامی و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. به طور خلاصه می توان پیشنهاد کرد که استفاده از کودهای آلی ارزان و در دسترس مانند FYM به عنوان یک اصل اولیه در مدیریت تغذیه گیاه در تولید گلرنگ مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

Dordas, C. (2009). Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations. European Journal of agronomy 30: 129-139.

Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C., & Claupein, W. (2009). Optimization of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. Field Crops Research 114: 2-13. doi: 10.1016/j.fcr.2009.06.012

Finch, H., Samuel, A., & Lane, G. L. (2014). Wiseman's crop husbandry including grassland. Lockhart & Wiseman & rsquos Crop Husbandry Including Grassland 1: 567-573. Doi: 10.1533/9781782423928.1.63

Menegaes, J. F., & Nunes, U. R. (2020). Safflower: importance, use and economical exploitation. Scientia Agraria Paranaensis, 1: 1-11.

Nouraein, M., Skataric, G., Spalevic, V., Dudic, B., & Gregus, M. (2019). Short-term effects of tillage intensity and fertilization on sunflower yield, achene quality, and soil physicochemical properties under semi-arid conditions. Applied Sciences. 9(24): 5482-5491. doi: 10.3390/app9245482

Paustian, K., Larson, E., Kent, J., Marx, E., &Swan, A. (2019). Soil C sequestration as a biological negative emission strategy. Frontiers in Climate 8: 1-11. doi: 10.3389/fclim.2019.00008

Rayne, N., &Aula, L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: A review. Soil Systems, 4(4): 64. doi: 10.3390/soilsystems4040064

Saeedi, R., Seyyedi, A., Parsa, Motlagh B., & Shekofteh, H. (2022). Evaluation of cow manure and different nitrogen sources on yield and nitrogen use efficiency in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 34: 64-72. doi: 10.22067/AGRY.2022.72719.1068

Yeshiwas, Y., Zewdie, B.Y.B., Chekol, A., & Walle, A. (2018). Effect of nitrogen fertilizer and farmyard manure on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.). International Journal of Agricultural Research, 13(2): 74-79. doi: 10.3923/ijar.2018.74.79

Investigating the synergism of manure and nitrogen on the growth and yield characteristics of safflower

Mohsen Janmohammadi*, Naser Sabaghnia

Department of Plant Production and Genetics, Agriculture College, University of Maragheh,

P.O. Box 55181-83111, Iran.

*E-mail: jmohamad@alumni.ut.ac.ir

Abstract

The current study was carried out to evaluate the interaction between farmyard manure (FYM_0=0, FYM_{10}=10, and FYM_{20}=20 t ha^{-1}) and nitrogen fertilizer (N_0=0, N_{40}= 40 and N_{80}=80 kg ha^{-1}) seed production of safflower in the west of Iran. Results showed that Application of FYM_{10} and FYM_{20} increased capitulum diameter by canopy by 40% and 54%, respectively. Altogether, the best safflower performance was achieved under the conditions of using FYM_{20}+N_{80}, which improved the yield by 439 kg ha^{-1} over control. The use of FYM increased the positive effect of nitrogen on leaf chlorophyll, canopy width, capitulum number and ultimately improved seed yield. Application of nitrogen under no FYM applied condition did not have much effect on seed weight. The highest weight of 1000-seeds was observed under $FYM_{20}N_{80}$ applied conditions, which was about 13% higher than the control conditions. Improving soil organic matter is one of the necessities to increase the efficiency of nitrogenous fertilizers in semi-arid areas.

Keywords improving soil conditions, morphophysiological characteristics, oilseed crop, synergistic effect, yield components

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مروری بر برخی راهکارهای مقابله با خاک‌های شور

محبوبه جلالی

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران، jalali.mah@lu.ac.ir

چکیده

شوری خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است. شوری خاک به طور طبیعی و یا توسط انسان ایجاد می شود و در نهایت منجر به تخریب اراضی می گردد. مقدار زیاد شوری خاک بر رشد محصول و بهره وری آن تأثیر منفی می گذارد. مقاله حاضر مروری بر راهکارهای مواجهه با خاک‌های شور است که این راهکارها به سه دسته جلوگیری یا توقف شوری ثانویه، مقابله با شور شدن شور شدن معکوس تقسیم بندی شدند. مفهوم اساسی برای جلوگیری از شور شدن ثانویه در یک منطقه، حفظ تعادل بین نمک وارد شده توسط آبیاری و نمک خارج شده است. برای حفظ چنین تعادلی، روش‌های کارآمد و پایداری مانند آبشویی و زهکشی نیاز هستند. رویکرد دوم برای مقابله با شوری ثانویه، کاربرد روش‌هایی چون مدیریت آبیاری، مدیریت عناصر غذایی، مدیریت خاک، تناوب کشت و استفاده از پایه‌های متحمل به شوری است.

واژگان کلیدی: تناوب کشت، تحمل شوری، مدیریت آبیاری، مدیریت تغذیه، مدیریت خاک

مقدمه

وجود نمک زیاد در خاک می‌تواند تغییرات شدیدی در برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک ایجاد کند و در نتیجه محیطی نامناسب برای رشد بیشتر محصولات ایجاد کند خاک‌های آلوده به نمک بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک وجود دارند. در حال حاضر، تقریباً ۱/۱×۱۰^{۹} هکتار زمین در سطح جهان تحت تأثیر نمک قرار دارد و خاک های شور سالانه به میزان ۱/۵ میلیون هکتار در حال افزایش هستند (Hossain, 2019). معیارهای مختلفی برای دسته‌بندی خاک‌های شور بر اساس میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe[۱])، نسبت جذب سدیم (SAR[۲]) یا درصد سدیم تبادلی (ESP[۳]) وجود دارند (جدول ۱).

شوری ثانویه خاک، که معمولاً به تجمع نمک‌های محلول در محلول خاک به دلیل فعالیت‌های انسانی اشاره دارد، منجر به زوال یا از بین رفتن یک یا چند ویژگی مثبت خاک می‌شود. همراه با شکل طبیعی یا اولیه خود، شوری خاک به عنوان یک محدودیت عمده محیطی ظاهر می‌شود که مانع بهره وری خاک، پایداری کشاورزی و امنیت غذایی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌شود. شوری ثانویه خاک معمولاً به دلیل عدم تعادل بین تعرق و ورودی آب حاصل از بارندگی و آبیاری ایجاد می‌شود. این عدم تعادل همراه با ویژگی‌های خاک است که مانع یا شسته شدن می

[۱] conductivity (dSm^{-1}) of the saturation paste
[۲] Sodium absorption ratio
[۳] Exchangeable sodium percentage

شود. در مواجهه با خاک‌های شور سه راهکار را می‌توان پیش گرفت: ۱) جلوگیری یا توقف شوری ثانویه ۲) مقابله با شور شدن ۳) شور شدن معکوس

جدول ۱- طبقه بندی شوری خاک بر اساس واکنش (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، درصد سدیم قابل تبادل (ESP) و نسبت جذب سدیم (SAR) خاک آسیب دیده

نوع خاک	هدایت الکتریکی (ds/m)	pH	درصد سدیم تبادلی	نسبت جذب سدیم	شرایط فیزیکی خاک
معمولی	٤>	۶/۵-۷/۵	۱۵ >	۱۳ >	خوب
شور	۴<	۸/۵ >	۱۵ >	۱۳ >	نرمال تا ضعیف
سدیمی	٤>	۸/۵ <	۱۵ <	۱۳ <	خیلی ضعیف
شور- سدیمی	۴<	۸/۵ >	۱۵ <	۱۳ <	ضعیف

۱- جلوگیری یا توقف شوری ثانویه

مفهوم اساسی برای جلوگیری از شور شدن ثانویه در یک منطقه، حفظ تعادل بین نمک وارد شده توسط آبیاری و نمک خارج شده است. برای حفظ چنین تعادلی، روش‌های کارآمد و پایداری برای زه‌کشی نمک‌های مورد استفاده در آبیاری مورد نیاز است. که به چند نمونه از این روش‌ها اشاره خواهد شد.

۱-۱- آبشویی

این روش متداول‌ترین روش برای دفع نمک‌های خاک است. در این روش، با استفاده از آب تصفیه شده یا آب شبکه، خاک شور شسته می‌شود. برای انجام این کار، از آبکشی خاک استفاده می‌شود تا خاک ذرات خود را از خود جدا کرده و نمک‌ها را با خود ببرد. این روش معمولاً در مناطق کم آب و خشک که امکان استفاده از آب آبیاری و کشت را دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار آب مورد نیاز برای دستیابی به تعادل نمک مورد نیاز به عنوان نیاز آبشویی یا کسر آبشویی نامیده می‌شود. با این حال، آبیاری بیش از حد همچنین باعث افزایش شستشوی مواد مغذی و سایر مواد شیمیایی کشاورزی اعمال شده در خاک می‌شود، و بنابراین اغلب کیفیت آب‌های دریافت کننده آنها را کاهش می‌دهد (Gabriel et al., 2014).

۱-۲- زه کشی

زهکشی مناسب‌ترین روش برای حذف نمک از ناحیه ریشه می‌باشد. بسته به شرایط خاک، نوع محصول مورد نظر برای کاشت و در دسترس بودن آب، زهکشی را می‌توان به صورت زهکشی عمیق انجام داد تا سطح خاک را شستشو داد و نمکی را که در نزدیکی سطح متمرکز شده است را از بین برد. با به کارگیری سیستم زهکشی، نمک‌های موجود در خاک از طریق سوراخ‌های موجود در خاک، با آب وارد رودخانه یا دریا می‌شوند. این روش معمولاً در مناطقی استفاده می‌شود که در این مناطق فرآیند آب و هوایی شوری بسیاری را ایجاد کرده و زهکشی خاک لازم است.

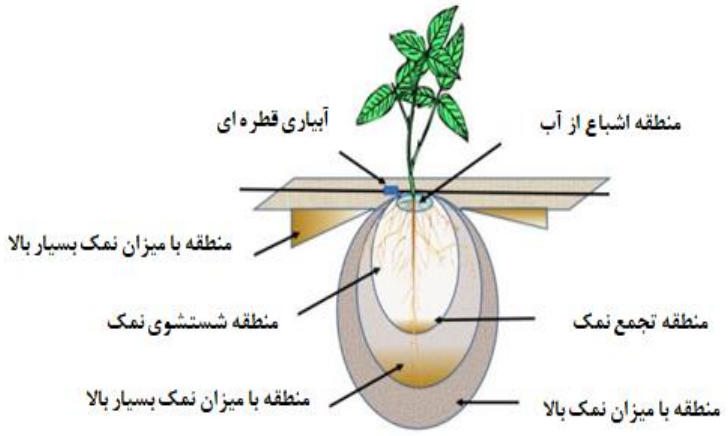
۲. مقابله با شور شدن خاک

رویکرد دوم برای مقابله با شوری ثانویه از قبل ایجاد شده زمین‌های کشاورزی، بهبود مدیریت مزرعه از جمله آبیاری، کوددهی، خاک‌ورزی و انتخاب محصول است. به حداقل رساندن تأثیر شوری بر عملکرد محصول و کیفیت میوه اغلب در دست مدیر است. بنابراین، ارتقاء مهارت‌های کشاورزان برای مقابله با شوری ضروری است. تعدادی از مهمترین روش های انجام مدیریت بهتر مزرعه در مورد شوری در ادامه توضیح داده شده است.

۲-۱- مدیریت آبیاری

مدیریت آب یک عنصر کلیدی برای مقابله با شور شدن است. حتی استفاده از آب با میزان نمک متوسط می‌تواند منجر به افزایش محتوای نمک خاک در شرایط نیمه خشک، به ویژه در خاک‌هایی با رسانایی هیدرولیکی اشباع پایین شود. بنابراین، آبیاری کارآمدتر از طریق اصلاح برنامه آبیاری و کاهش مصرف آبیاری باید انجام شود تا روند تخریب خاک متوقف شود. در مورد سیستم آبیاری، آبیاری غرقابی یکی از علل شایع افزایش سطح آب است، به ویژه در خاک‌های رسی و لومی، که در آن زهکشی عمیق با مانع مواجه می‌شود و باعث می‌شود نمک‌های موجود در آب‌های زیرزمینی به لایه‌های بالایی خاک صعود کنند. در شرایط خشکی، این خاکها ممکن است فرآیند شور شدن را حتی با استفاده از آب با کیفیت خوب برای آبیاری هدایت کنند. بنابراین آبیاری غرقابی در این موارد باید ممنوع شود.

هنگامی که آب آبیاری شور باشد، آبیاری میکرو چندین مزیت دارد. به جز گیاهان کم رشد، آبیاری با میکروپاش یا سمپاش از خیس شدن برگ ها با آب شور جلوگیری می کند، خیس شدنی که باعث آسیب های زیادی به بافت های سبز گیاه می شود. از آنجایی که آبیاری میکرو معمولاً بیشتر از آبیاری معمولی انجام می شود، شسته شدن مداوم حجم خاکی که گیاه آب را از آن استخراج می کند، حاصل می شود. شستشو همچنین می تواند به صورت متناوب، بین فصول رشد، و با بارندگی فصلی، زمانی که شوری خاک در ناحیه ریشه زیر سطوح مضر باقی می ماند، فراهم شود . در مقایسه با آبیاری غرقابی، آبیاری قطره‌ای ممکن است خطر شور شدن افق های بالایی خاک را افزایش دهد اما از شستشوی نمک به آب های زیرزمینی جلوگیری می کند (Wang et al., 2023). در شکل ۱، وضعیت تجمع شوری خاک تحت آبیاری قطره ای طولانی مدت نشان داده شده است.

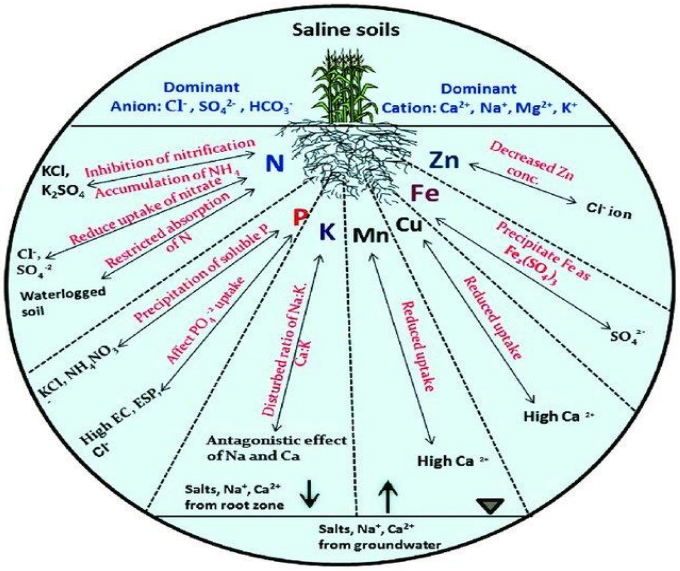


شکل ۱- وضعیت تجمع شوری خاک تحت آبیاری قطره ای طولانی مدت (Wang et al., 2023)

۲-۲ مدیریت عناصر غذایی

غلظت زیاد نمک در خاک، پتانسیل اسمزی محلول خاک را افزایش می دهد، در نتیجه گیاهان قادر به جذب آب و مواد غذایی همراه با آن نیستند. غلظت بالای یون ها در خاک بر دسترسی به ریز مغذی ها و در نتیجه رشد گیاه تأثیر می گذارد (شکل ۲). غلظت بالای کلر در محلول خاک، بر جذب نیترات (NO_3^{-1})، سولفات (SO_4^{-2}) و هیدروژن فسفات (HPO_4^{2-}) تاثیر گذاشته و بنابراین، تاثیرات آنتاگونیستی را نشان خواهد داد. رابطه آنتاگونیستی بین کلر و نیترات و $H_2PO_4^-$ و همچنین کلر و سولفات دسترسی عناصر غذایی به ریشه را مختل می کند. سولفات ها، یون آهن را به صورت سولفات آهن رسوب می دهند، بنابراین قابلیت دسترسی آن را در محلول خاک برای گیاهان کاهش می-دهند. یون های سولفات و کلر نیز جذب نیترات از خاک را کاهش می دهند (Bhardwaj et al., 2020).

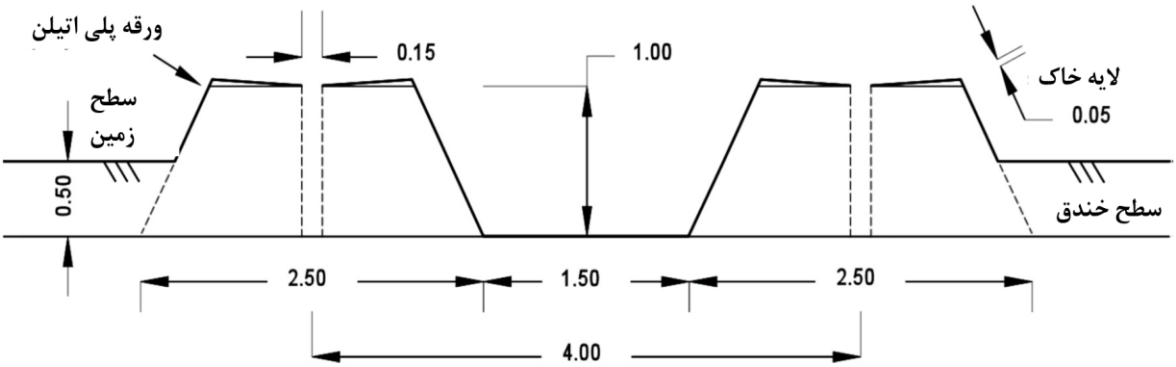
یک رویکرد بسیار رایج برای مقابله با شوری، محدود کردن مقدار نمک‌های وارد شده به زمین از طریق استفاده از کودها است. بسیاری از محققین بر اهمیت کاهش کاربرد کود برای جلوگیری از شور شدن بیشتر آب های زیرزمینی تاکید کرده اند. کاهش مقدار کودهای مصرفی و همچنین اجرای برنامه های کوددهی ممکن است به توقف فرآیند شوری ثانویه کمک کند. انتخاب کودها یکی دیگر از عوامل کلیدی برای محدود کردن شوری است. نتایج بسیاری از آزمایشات واقع در مناطق مستعد شوری ثانویه نشان می دهد که اثر منفی کلرید پتاسیم بر عملکرد از طریق تجمع نمک در خاک وجود دارد، در حالی که سولفات پتاسیم تأثیر کمتری بر خاک دارد (Mateo-Sagasta et al., 2011).



شکل ۲- عوامل و فرآیندهای کلیدی موثر بر دسترسی به مواد مغذی در خاک های شور (Bhardwaj et al., 2020).

۲-۳- مدیریت خاک

مدیریت خاک شامل شیوه هایی است که برای کاهش میزان آبیاری مورد نیاز برای حفظ آب خاک و استفاده توسط گیاهان و علف های هرز اتخاذ می شود. این روش شامل خاک ورزی، مالچ پاشی و حفاری مستقیم است. مطالعات مختلف نشان داده اند که ماندگاری بقایا در سطح خاک به دلیل کاهش تبخیر خاک به طور قابل توجهی باعث کاهش شور شدن ثانویه خاک می شود. ر وشی برای کاشت درختان اکالیپتوس در کرت های متاثر از نمک و بدون آبیاری، با استفاده از تپه و پشته پوشیده شده با ورقه پلی اتیلن و پوشش داده شده پیشنهاد داده شده است (شکل ۱).



شکل ۳- نمودار ساخت لبه، سوراخ و کاربرد ورق پلی اتیلن (Hira and Thind, 1986)

در این تکنیک، کاشت بر روی سوراخی که در مرکز ایجاد شده است انجام می شود به گونه ای که آب باران بتواند به صورت شعاعی و عمیق در نیمرخ خاک حرکت کند. این روش استقرار و رشد درختان را در مقایسه با مزارع مسطح و تپه و پشته بدون پوشش پلی اتیلن بهبود می بخشد و در عین حال شوری خاک را کاهش می دهد.

۲-۴- تناوب کشت

به خوبی ثابت شده است که سیستم های زراعی که برای حفظ رطوبت خاک به آیش طولانی مدت متکی هستند، مناسب نیستند. بنابراین، در تکامل سیستم‌های زراعی که به دنبال توقف شوری هستند، تغییر قابل توجهی به سمت جایگزینی آیش طولانی با تناوب زراعی صورت می‌گیرد. یکی از گزینه‌ها در این زمینه گنجاندن گیاهان چند ساله فعال تابستانی در سیستم‌های کشت است. عمده ترین گزینه علفی، گونه شمشاد (*Medicago sativa* L) است که به خوبی در سیستم گندم-گوسفند قرار می‌گیرد و علوفه تابستانی ارزشمند و همچنین تعرق اضافی را فراهم می کند (Connor et al., 2004). یک گزینه کاملاً متفاوت، استفاده از سیستم‌های ترکیبی متشکل از گیاهان یکساله علفی و چند ساله چوبی، ترجیحاً درختان میوه، برای استفاده از ویژگی های ریشه متمایز و پویایی فصلی آنها است که طیف وسیعی از تعاملات رقابتی و مکمل را ارائه می دهد. گیاهان چند ساله با ریشه‌های عمیق و فعال تابستانی ممکن است به پروفایل‌های عمیق خاک برسند، بنابراین یک ذخیره سازی با ظرفیت بالا به صورت افقی ناپیوسته فراهم می کنند (Poyda et al., 2023).

۲-۵- گیاهان و پایه های متحمل به شوری

در بسیاری از مناطق که آبیاری برای تولید محصول ضروری است، شور شدن خاک اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. بنابراین، برای تضمین تولید غذا در چنین مناطقی، کشت محصولاتی با آستانه کاهش عملکرد بسیار بالاتر از شوری آب آبیاری مورد نیاز است. روندهای اخیر و پیش بینی‌های آتی نشان می‌دهد که نیاز به تولید غذا و فیبر بیشتر برای جمعیت در حال گسترش منجر به افزایش استفاده از آب و زمین های مستعد نمک می‌شود و استفاده از محصولات مقاوم به نمک را هر روز ضروری تر می‌کند. روش‌های مختلفی از جمله پیوند، کاربرد عامل میکروبی و اصلاح گیاه، برای بهبود کیفیت خاک و افزایش رشد محصول در کشت حفاظت‌شده سبزیجات استفاده شده است. جدا از گونه‌های گیاهی انتخابی، گونه‌هایی وجود دارند که با شوری سازگاری بیشتری دارند، زیرا فنولوژی آن‌ها به آن‌ها اجازه می‌دهد تا از دوره‌های بحرانی سال مانند تابستان که تبخیر از خاک افزایش می‌یابد و نمک‌ها را به لایه‌های بالایی خاک می‌آورد، اجتناب کنند. بنابراین، توسعه واریته‌هایی که از نظر فنولوژیکی قادر به حفظ نمک اضافی در طول عمر خود باشند و همچنان عملکرد بالایی داشته باشند، ضروری است (Sun et al., 2014).

۳-شور شدن معکوس: حذف نمک از سیستم

هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که می توانند در خاک‌های شور زندگی کنند زیرا آنها پوشش گیاهی طبیعی خاک‌های شور هستند. وجود طبیعی این نوع گیاهان می تواند برای کاهش میزان نمک موجود در ناحیه ریشه مفید باشد. گیاهان به طرق مختلف با مشکلات شوری مقابله می‌کنند. برخی از آنها با تکمیل چرخه خود در زمانی که شوری کمتر است (دوره های بارانی) از شوری اجتناب می کنند، برخی دیگر در برابر شوری مقاومت می کنند و برخی دیگر شوری را تحمل می کنند (Mann et al., 2023). این گیاهان نمک ها را در سلول های خود جمع می کنند و آن را از طریق اندام‌های خاص ترشح می‌کنند و بنابراین برای معکوس کردن شوری مفید هستند. این ایده مستلزم رشد مستمر و دفع بعدی بافت‌های گیاهی روی زمین از هالوفیت‌ها به منظور معکوس کردن سطوح شوری و در نهایت بازیابی زمین‌های نمک‌زدایی برای استفاده جدید کشاورزی است.

نتیجه‌گیری

روش‌های مواجهه با خاک‌های شور که شامل روش جلوگیری یا توقف شوری ثانویه، مقابله با شور شدن و شور شدن معکوس می‌باشد با کاهش تجمع نمک در خاک به بهبود ساختمان خاک کمک می‌کنند. در این راهکارها، مکانیسم اول شامل بهبود زهکشی از طریق کنترل و کانال کشی سطح آب زیرزمینی، کاهش تبخیر، استفاده از کودهای کمتر، و آبیاری با آب با شوری کم است. مکانیسم دوم شامل آبیاری موضعی با بازده بالا به جای آبیاری سطحی است. مکانیسم سوم شامل مالچ پاشی و رشد محصولات متحمل است. از بین روش‌های ذکر شده، استفاده از واریته‌های متحمل به شوری، بهترین راه برای حفظ بهره‌وری محصول است.

فهرست منابع

Bhardwaj, A., Rajwar, D., Nagaraja, M. (2020). Soil Fertility Problems and Management. 386-۴۰۸.

Connor, D.J. (2004). Designing cropping systems for e_cient use of limited water in southern Australia. European Journal of Agronomy, 21, 419–431.

Gabriel, J.L., Vanclooster, M., Quemada, M. (2014). Integrating water, nitrogen, and salinity in sustainable irrigated systems: cover crops versus fallow. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 140, A4014002.

Hira, G.S., Thind, H.S. (1987). A plantation technique for salt-aected soils with shallow water table. Landsc. Urban Plan, 14, 445–446.

Hossain, M. S. (2019). Present scenario of global salt affected soils, its management and importance of salinity research. International Research Journal of Biological Sciences, 1, 1–3.

Mann, A., Lata, C., Kumar, N., Kumar, A., Kumar, A., Sheoran, P. (2023). Halophytes as new model plant species for salt tolerance strategies. Frontiers in Plant Science, 11 (14):1137211.

Mateo-Sagasta, J., Burke, J. (2011). Agriculture and Water Quality Interactions: A Global Overview. SOLAW Background Thematic Report-TR08, 46.

Poyda, A., Levin, K.S., Hülsbergen, K. J., Auerswald, K. (2023). Perennial Crops Can Compensate for Low Soil Carbon Inputs from Maize in Ley-Arable Systems. Plants, 12(1):29.

Sun, J., Tian, Y., Gao, L., Peng, X.,Tong, E. (2014). Effects of straw biological reactor and microbial agents on physicochemical properties and microbial diversity of tomato soil in solar greenhouse. Transations of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 30, 153–164.

Wang, Y., Wang, S., Zhao, Z., Zhang, K., Tian, C., Mai, W. (2023). Progress of Euhalophyte Adaptation to Arid Areas to Remediate Salinized Soil. Agriculture, 13, 704.

An overview of some strategies for dealing with saline soils

Mahboobeh Jalali
Assistant Professor, Department of Soil Sciences and Engineering, College of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran, Jalali.mah@lu.ac.ir

Abstract

The salinity of soil, especially in arid and semi-arid regions, is one of the most important environmental problems. Soil salinity occurs naturally or is induced by human activity, ultimately leading to land degradation. High soil salinity negatively affects crop growth and productivity. This article provides an overview of strategies to address saline soils, categorizing them into three approaches: prevention or secondary salinity prevention, dealing with existing salinity, and reversal of salinity. The fundamental concept for preventing secondary salinity in an area is to maintain a balance between salt input through irrigation and salt removal. To maintain such a balance, effective and sustainable methods like leaching and drainage are necessary. The second approach to combat secondary salinity involves using methods such as

irrigation management, nutrient management, soil management, crop rotation, and the use of salt-tolerant crops.

.**Keywords:** Crop rotation, salt tolerance, irrigation management, nutrient management, soil management

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تغییرات شوری خاک تحت تأثیر تغییرات آینده اقلیم

شریف جورابیان شوشتری[1*]

۱- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: Joorabian@asnrukh.ac.ir

چکیده

شوری خاک به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های کیفیت خاک بطور گسترده کنترل‌کننده سیاست‌های کاربری اراضی با هدف مدیریت تأثیرگذار است. فاکتورهای محیطی و خاکساز از قبیل اقلیم و توپوگرافی در تغییرپذیری مکانی شوری خاک مؤثر می‌باشند. شوری خاک یکی از بزرگترین چالش‌های جهانی در مناطق خشک و نیمه خشک است که تولیدات کشاورزی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. شوری خاک در حال حاضر ۲۰ درصد از کل سطح زیر کشت و ۳۳ درصد از اراضی زراعی آبی را در سراسر جهان پوشش و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ با سرعت بیشتری نسبت به اکنون افزایش یابد. اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری در ایران مساحتی بالغ بر ۵۵/۶ میلیون هکتار یعنی ۳۴ درصد کل ایران را شامل می‌شوند. تغییرات اقلیم می‌تواند نفوذ آب حاوی نمک به خاک‌های حاصلخیز را به دلیل افزایش سطح آب دریا تسریع و استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک جهان نیز می‌تواند شوری خاک و آب‌های زیرزمینی را افزایش دهد. بنابراین، تغییرات اقلیمی احتمالاً به یکی از موانع اصلی کشاورزی پایدار و امنیت غذایی جهانی تبدیل خواهد شد. اصلاح‌کننده‌های آلی مانند بیوچار، کمپوست زباله‌های جامد شهری و مواد معدنی غنی از کلسیم و زئولیت‌ها می‌توانند سطح زیر خاک متاثر از نمک را کاهش دهند.

واژگان کلیدی: شوری خاک، تغییر اقلیم، بهره‌وری کشاورزی.

مقدمه

در میان اجزای مختلف محیطی، خاک جایگاه منحصر به فرد و ویژه‌ای در زندگی ما دارد. خاک بستر تمامی فرآیندهای بیوژئوفیزیکی و بیوژئوشیمیایی است. خاک زیستگاه اصلی میلیاردها جانور و گیاهان مختلف ماکرو، مزو، و میکرو است و برای بسیاری از خدمات اکوسیستمی نظیر غذا، خوراک، فیبر، مواد اولیه و فراهم‌آوری سوخت برای رفاه انسان، ضروری است. خاک منبع اصلی مواد مغذی گیاه، انتقال آن‌ها و تعیین‌کننده دردسترس پذیری زیستی، تجدیدپذیری و کیفیت آب و انتقال آلاینده‌ها در آب‌های زیرزمینی است (Koriem et al., 2022). تخریب خاک یک مشکل جهانی بحرانی و رو به رشد است. با افزایش جمعیت جهان، فشار بر خاک نیز افزایش و سرمایه طبیعی خاک با کاهش مستمر

مواجه می شود. تصمیم‌سازان بین المللی این موضوع را به رسمیت شناخته‌اند و طیف وسیعی از ابتکارات برای رسیدگی به آن در سال‌های اخیر ظهور کرده است. با این حال، بین آنچه علم در مورد خاک به ما می‌گوید و نقش آن در زیربنای توسعه پایدار اکولوژیکی و انسانی و ابزارهای خط مشی موجود برای توسعه پایدار فاصله وجود دارد. خاک کارآمد برای ارائه خدمات اکوسیستمی، کاهش تغییرات اقلیم، تولید فیبر و مواد غذایی و ذخیره آب شیرین ضروری است (Koch et al., 2013). شور شدن خاک مقدمه تخریب خاک بوده و باعث می‌شود توان تولید خاک کاهش یابد، که این امر موجب کاهش استعداد تولید اراضی گشته و به علت بازدهی کم، اراضی کشاورزی به اراضی غیر کشاورزی تبدیل می‌شوند. از طرفی به علت اینکه عوامل اقلیمی نیز می‌توانند بر بیابان‌زایی مؤثر باشند، پس میتوان نتیجه گرفت تغییرات اقلیمی مثل کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت باعث افزایش تبخیر از سطح خاک و موجب تجمع نمک در سطح زمین و شوری خاک می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۹۹).

شوری خاک یکی از چالش های عمده و گسترده در عصر اخیر است که مانع از امنیت غذایی جهانی و پایداری زیست محیطی می شود. با بدتر شدن وضعیت، اثرات مضر تغییرات اقلیم، توسعه شوری خاک را تسریع و به طور بالقوه این مشکل را در آینده نزدیک به مناطقی که تحت تأثیر نیستند گسترش می‌دهد. درصد خاک های شور در بنگلادش از کمتر از ۱ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۳۳ درصد در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته که عمدتاً به دلیل نفوذ آب دریا در مناطق ساحلی ناشی از استخراج بیش از حد منابع آب زیرزمینی است (Mukhopadhyay et al., 2021).

از عوامل انسانی مؤثر در بروز شوری زایی می‌توان به استحصال بیرویه آب‌های زیرزمینی و نوسانات شدید کیفی و کمی آن، کشت مداوم محصولات زراعی و باغی و مدیریت ضعیف آب در مزرعه، و همچنین عملیات ناقص زهکشی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اشاره نمود. بسیاری از محققان فرآیندهای شوری‌زایی و بیابان‌زایی را در ارتباط نزدیک با برخی مشخصه‌های اقلیمی نظیر نسبت بارندگی به تبخیر، تبخیر تعرق و یا دمای هوا دانسته‌اند. مناطق شور طبیعی نظیر باتلاق‌ها، کفه‌ها و خروجی طبیعی حوزه‌ها نیز اگرچه ممکن است تحت تأثیر توپوگرافی زمین و سازندهای شور حوزه باشند، اما عوامل اقلیمی نیز در شکل‌گیری آنها مؤثر بوده و حادتر شدن شرایط اقلیمی می‌تواند منجر به گسترش وسعت این نواحی گردد. اصولاً پلایاها از جمله مناطقی هستند که در بررسی و درک تغییرات اقلیمی یک کشور می‌توانند مفید واقع شوند. بخش مهمی از خاک‌های شور کشورمان نیز در پیرامون این پلایاها قرار دارند (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۲).

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر براساس، مطالعات کتابخانه‌ای شامل مطالعه و بررسی پایان‌نامه‌ها، کتاب‌ها، مجلات، و مقالات معتبر انجام شده است.

نتایج و بحث

رشد جمعیت به معنای تقاضای روزافزون برای غذا است. این نگرانی جهانی منجر به تضاد بر سر منابعی مانند آب و خاک شده است. تغییرات اقلیمی می‌تواند مستقیماً بر کیفیت و در دسترس بودن این منابع تأثیر بگذارد و در نتیجه بر سیستم‌های غذایی و بهره‌وری محصول، به‌ویژه غلات عمده مانند برنج، گندم و ذرت تأثیر منفی گذارد. هند در حال حاضر دارای ۱۲۱ میلیون هکتار زمین تخریب شده است که از این میزان ۶/۷۳ میلیون هکتار هکتار از آن را خاک متاثر از نمک پوشانده است. از این مقدار، ۲/۹۶ میلیون هکتار شور و ۳/۷۷ میلیون هکتار را خاک سدیم تشکیل می دهد. بنابراین، ۲ درصد از کل منطقه جغرافیایی هند تحت تأثیر نمک قرار دارد، که تهدیدی بالقوه برای کشاورزی پایدار و امنیت غذایی هند است. گزارش شده است که تغییرات اقلیم و افزایش میانگین دمای جهانی تأثیر مستقیمی بر عملکرد، بهره‌وری محصول و پایداری کلی سیستم‌های غذایی دارد. اگرچه برخی تخمین ها نشان می‌دهد که چند منطقه می‌توانند از تغییرات اقلیم به دلیل افزایش بهره وری و بازده بهره ببرند، این افزایش برای تغذیه تعداد بیشتری از ساکنان در سطح جهان کافی نخواهد بود (Saxena et al., 2018). افزایش دمای هوا، رویدادهای شدید بارندگی، شرایط آب و هوایی (مانند خشکسالی و سیل طولانی مدت)، تغییر حاصلخیزی و سلامت خاک و هجوم آفات جدید همراه با افزایش مناطق آسیب دیده از نمک، عوامل عمده ای هستند که در رشد کشاورزی ایستا نقش دارند. تغییر اقلیم به تغییرات طولانی مدت در شرایط آب و هوایی و سیستم‌های اقلیمی اشاره دارد. در نتیجه، دمای هوای جهانی ۱/۵ درجه سانتیگراد بالاتر از سطح قبل از صنعتی شدن افزایش یافته است و افزایش غلظت دی اکسید کربن در جو از سال ۲۰۰۰ تا کنون ۲۰ میکرومول بر مول در هر دهه افزایش یافته است و اکنون به بیش از ۴۰۰ میکرومول بر مول رسیده است. در نتیجه، تغییرات شدید زیر قبلاً مشاهده شده است که تأثیر زیادی بر توسعه شوری خاک دارد:

۱) افزایش در فراوانی حد شرایط آب و هوایی شدید مانند افزایش دمای هوا، نرخ تبخیر، بارندگی بیش از حد و تنش گرمایی.

۲) گرم شدن کره زمین به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای (به عنوان مثال CO_2، N_2O، CH_4) که گرما را در جو به دام می اندازد.

۳) تغییر پذیری مکانی و زمانی توزیع بارندگی منجر به تغییر در محتوای رطوبت خاک می‌شود.

۴) افزایش بارندگی منجر به فرسایش خاک، تغذیه آب زیرزمینی، نفوذ و ذخیره‌سازی می شود، در حالی که افزایش دما باعث تعرق و کاهش رطوبت از نیمرخ خاک می شود.

۵) افزایش سطح دریا و نفوذ آب دریا در مناطق ساحلی کاربرد آنها را برای آبیاری محدود می کند. پیش بینی می شود تا ۱۲۰ سال آینده ۱۳۰ میلیون نفر در اثر بالا آمدن سطح آب دریاها سیل زده خواهند شد (Chen and Mueller, ۲۰۱۸).

رحیمیان و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر تغییر اقلیم بر شوری‌زایی در پهنه‌های مرکزی و شرق ایران را تحلیل کردند. نتایج آن‌ها نشان داد تحت تأثیر تغییرات اقلیمی محتمل در طی ۹۰ سال آینده، میزان شوری متوسط خاک بین ۱/۵ تا ۴/۷ دسی زیمنس بر متر افزایش خواهد داشت. افشاری نیا و پناهی (۱۴۰۰) نیز نقش خشکسالی را با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده در تشدید شوری خاک در دشت کاشان در دوره ۲۰۱۷-۲۰۰۰ بررسی و بیان کردند کاهش فراوان بارندگی و زیاد شدن خشکسالی در منطقه کاشان از علل اصلی شوری خاک است.

نتیجه‌گیری

تنش شوری در خاک به دلیل فعالیت‌های انسانی (مانند استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و کودهای مصنوعی) به دلیل فشار روزافزون جمعیت جهانی در حال برجسته شدن است. اخیراً، تأثیر نگران کننده تغییرات اقلیم بر ایجاد شوری خاک توجه تحقیقات گسترده ای را به خود جلب کرده است. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر و در نتیجه افزایش دمای هوا و کاهش رطوبت نسبی همراه با رویدادهای شدید بارندگی، شاخص‌های احتمالی تغییرات اقلیمی هستند که تأثیر زیادی بر سرعت توسعه شوری خاک دارند. تخمین زده می‌شود حدود ۶۰۰ میلیون نفر در مناطق ساحلی در سراسر جهان ممکن است تحت تأثیر شوری خاک قرار گیرند. احیای خاک‌های متاثر از نمک می تواند به طور بالقوه به افزایش تولید میلیون‌ها تن غلات غذایی در سراسر جهان کمک کند. بنابراین، یک بسته کامل از فناوری‌های هوشمند اقلیم برای احیای خاک‌های متاثر از نمک، نیاز روز است. برخی از این رویکردهای احیا، که ممکن است سطح زیر خاک متاثر از نمک را کاهش دهد، به حفظ پایداری کشاورزی و امنیت غذایی جهانی کمک می کند، که در ادامه بیان می شوند. اصلاح‌کننده‌های آلی مانند biochar، کمپوست زباله‌های جامد شهری و مواد معدنی غنی از کلسیم و زئولیت‌ها برای بازیابی خاک‌های سدیمی استفاده شده‌اند. استفاده از مواد اصلاحی فوق باعث بهبود چگالی ظاهری خاک، پایداری سنگدانه ها، هدایت هیدرولیکی و کاهش pH، EC، و ESP خاک‌های متاثر از نمک می‌شود (Mukhopadhyay et al., 2021). ژیپس به دلیل در دسترس بودن بیشتر و ظرفیت تامین قابل توجه Ca^{2+} موثرترین اصلاحیه برای بازیابی خاک سدیم است. کمپوست‌هایی مانند کمپوست زباله سبز، کمپوست کود سبز و کمپوست زباله جامد شهری در ابتدا باعث افزایش شوری خاک می‌شوند، اما در مرحله بعد آن را به میزان قابل توجهی کاهش خواهند داد.

منابع

امینی، د.، توکلی، م.، فرامرزی، م. (۱۳۹۹). بررسی ارتباط بین روند تغییر شوری خاک، کاربری اراضی و فاکتورهای اقلیمی (مطالعه موردی: شادگان، خوزستان). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۹)، ۴۳-۵۸.

افشاری‌نیا، م.، پناهی، ف. (۱۴۰۰). تأثیر خشکسالی اقلیمی بر شوری خاک سطحی در دشت کاشان. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۱(۲)، ۳۶-۴۶.

رحیمیان، م.ح.، پورمحمدی، س.، هاشمی نژاد، ی.، مشکوه. م.ع. (۱۳۹۲). تأثیر تغییر اقلیم بر شوری‌زایی در پهنه‌های مرکزی و شرق ایران. پژوهش های خاک، ۲۷(۱)، ۱-۱۱.

Chen, J., Mueller, V., 2018. Coastal climate change, soil salinity and human migration in Bangladesh. Natural Climate Change. ۸(۱۱), ۹۸۱-۹۸۵.

Koch, A., McBratney, A., Adams, M., Field, D., Hill, R., Crawford, J., ... & Zimmermann, M. (2013). Soil security: solving the global soil crisis. Global Policy, 4(4), 434-441.

Koriem, M., Gaheen, S., El-Ramady, H., Prokisch, J., & Brevik, E. (2022). Global Soil Science Education to Address the Soil–Water–Climate Change Nexus. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, *6*(2022), 27-39.

Mukhopadhyay, R., Sarkar, B., Jat, H. S., Sharma, P. C., & Bolan, N. S. (2021). Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. Journal of Environmental Management, 280, 111736.

Saxena, R., Vanga, S. K., Wang, J., Orsat, V., & Raghavan, V. (2018). Millets for food security in the context of climate change: A review. Sustainability, 10(7), 2228.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Changes in soil salinity under impacts of future climate change

Sharif Joorabian Shooshtari[1*]

1- Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

(Corresponding author: Joorabian@asnrukh.ac.ir)

Abstract

Soil salinity as one of the most important indicators of soil quality widely controls land use policies with the aim of effective management. Environmental and soil-forming factors such as climate and topography are concentrated in the spatial variability of soil salinity. Soil salinity is one of the biggest global challenges in arid and semi-arid regions that affect agricultural production. Soil salinity currently covers 20% of the total cultivated area and 33% of irrigated agricultural lands worldwide, and it is expected to increase at a faster rate by 2050 than now. Lands with different degrees of salinity in Iran cover an area of 55.6 Mha, which is 34% of Iran's total. Climate change can accelerate the infiltration of salt water into fertile soils due to the increase in sea level and excessive extraction of groundwater in the dry regions of the world can also increase the salinity of soil and groundwater. Therefore, climate change is likely to become one of the main obstacles to sustainable agriculture and global food security. Organic amendments such as biochar, municipal solid waste compost and calcium-rich minerals and zeolites can reduce the subsoil affected by salt.

Keywords: Soil salinity, Climate change, Agricultural productivity.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

قابلیت استفاده برخی عناصر کم مصرف تحت تاثیر کاربرد انفرادی و ترکیبی مواد آلی در یک خاک آهکی پس از کشت دانهال نارنج (*Citrus aurantium* L.)

حمیدرضا بوستانی[1*]، مهدی نجفی‌قیری[1]، عباس میرسلیمانی[1] . امیرحسین نامورمنصورآبادی[1]

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز ؛ Hr.boostani@shirazu.ac.ir

چکیده

استفاده از مواد آلی به‌ویژه در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک ممکن است از طریق تغییر خواص فیزیکی و بیوشیمیایی خاک بر دسترس بودن عناصر غذایی کم‌مصرف و غلظت آن‌ها در گیاهان تأثیر بگذارد. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر کاربرد انفرادی و ترکیبی اسید هیومیک (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، سرکه چوب (رقت ۷۵ برابر) و زغال‌زیستی (زغال-زیستی کاه‌ذرت و زغال‌زیستی بقایای‌پنبه هر کدام ۲ درصد وزنی) بر قابلیت استخراج آهن، منگنز، مس و روی توسط عصاره‌گیر DTPA در یک خاک آهکی پس از کشت دانهال نارنج در شرایط گلخانه بود. نتایج نشان داد که تنها کاربرد اسید هومیک سبب افزایش معنی‌دار قابلیت استفاده آهن در خاک نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۵/۶ درصد شد. تمام تیمارهای انفرادی و ترکیبی منگنز قابل استفاده در خاک را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند، به طوری که بیشترین افزایش مربوط به تیمار زغال‌زیستی کاه ذرت (۱۳۶ درصد) بود. کاربرد زغال‌های زیستی به تنهایی سبب کاهش معنی‌دار مس قابل استفاده خاک نسبت به تیمار شاهد شدند. در میان همه‌ی تیمارها، بیشترین افزایش روی قابل استخراج توسط DTPA مربوط به کاربرد تیمار انفرادی هیومیک اسید به میزان ۲۶/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد، استفاده مجزا از هیومیک اسید به عنوان یک ترکیب آلی و دوستدار محیط زیست، می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم‌مصرف در خاک‌های آهکی باشد.

واژگان کلیدی: زغال‌زیستی، دانهال نارنج، اسید هومیک، سرکه چوب

مقدمه

کشاورزی ارگانیک به دلیل پتانسیل آن برای تولید مواد غذایی سالم به سرعت در حال رشد است. کشاورزی فشرده می‌تواند منجر به از دست رفتن مواد آلی خاک و به مرور زمان سبب کاهش حاصلخیزی خاک‌ها و آلوده‌سازی محیط زیست شود. علاوه بر این، کشاورزان مقادیر فزاینده‌ای از کودها را در کشت فشرده استفاده می‌کنند که عمدتاً حاوی عناصر پرمصرفی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم است، و این عمل ممکن است به افزایش شیوع کمبود عناصر کم-مصرف در خاک و گیاه کمک کند (Maqueda et al. 2011). در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل میانگین دمای بالای سالیانه و میزان بارندگی سالیانه پایین، محتوای مواد آلی خاک بسیار پایین است. از طرفی، پهاش قلیایی خاک‌های آهکی و محتوای کربنات کلسیم بالای آن سبب شده است که قابلیت استفاده عناصر کم-مصرف در آن‌ها به شدت پایین باشد (Najafi-Ghiri et al. 2013). بنابراین در کشاورزی پایدار استفاده از مواد آلی سازگار با محیط زیست در افزایش باروری خاک، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، که تحت کشت مرکبات

هستند، ضروری است. سرکه چوب مایعی قهوه‌ای تیره، غنی از اسیدهای آلی است که از محصولات جانبی به‌دست‌آمده در طول کربن‌سازی چوب تولید می‌شود (Chen et al. 2016). اسید هیومیک یکی از اجزای اصلی مواد هیومیک است که بخش قابل توجهی از اجزای آلی خاک را تشکیل می دهد که تا حد زیادی از تخریب (بیولوژیکی) بقایای گیاهی و حیوانی توسط فعالیت میکروبی تولید می‌شود (Gulser et al. 2010). زغال‌زیستی (یک ماده آلی غنی از کربن که توسط تجزیه در اثر حرارت بقایای آلی در شرایط اکسیژن محدود تولید می شود) به دلیل تخلخل، گروه های عاملی سطحی متعدد و محتوای بالای کربن مقاوم به عنوان یک اصلاح کننده مفید خاک در نظر گرفته می‌شود (Zheng et al. 2018). اطلاعات محدودی در مورد اثرات زغال‌زیستی همراه با اسیدهومیک و سرکه چوب، بر قابلیت استفاده عناصر کم‌مصرف در خاکهای تحت کشت پایه‌های مرکبات در خاک‌های آهکی وجود دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش، تعیین اثر کاربرد انفرادی و ترکیبی زغال‌زیستی، سرکه چوب و اسیدهومیک بر قابلیت استخراج آهن، منگنز، مس و روی توسط عصاره‌گیر DTPA در یک خاک آهکی با بافت سبک پس از کشت دانهال نارنج بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها شامل شاهد، زغال‌زیستی کاه‌ذرت (۲ درصد وزنی)، زغال‌زیستی بقایای پنبه (۲ درصد وزنی)، هیومیک اسید (۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، سرکه چوب (با درجه رقت ۷۵)، و ترکیبی از تیمارهای فوق الذکر، شامل هیومیک اسید+زغال‌زیستی کاه‌ذرت، سرکه چوب+زغال‌زیستی کاه‌ذرت ، هیومیک اسید+زغال‌زیستی بقایای پنبه و سرکه چوب+زغال‌زیستی بقایای پنبه. هر تیمار ۳ تکرار داشت. زغال‌های زیستی به روش گرماکافت آهسته در دمای ۴۰۰ درجه‌سلسیوس به مدت ۴ ساعت در شرایط اکسیژن محدود از مواد اولیه بقایای پنبه و کاه ذرت بدست آمد (Boostani et al. 2023). سرکه چوب مورد استفاده در این مطالعه از دود زغال چوب مرکبات تولید شده بود. علاوه بر این، پودر خالص هیومیک اسید ساخته شده توسط شرکت سیگما آلدریچ در این مطالعه استفاده شد. خصوصیات مواد آلی توسط روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندزه-گیری شد. نمونه خاک نیز به روش مرکب از افق سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) مزارع دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب جمع‌آوری، هواخشک و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری برخی ویژگی‌های آن توسط روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. مقدار روی، آهن، منگنز و مس استخراج شده توسط DTPA به ترتیب ۰/۷، ۱/۱۵، ۲/۲۰ و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. بافت خاک لومی شنی و پ‌هاش آن ۷/۶۰ بود. مقدار ماده آلی و کربنات کلسیم معادل به ترتیب ۰/۵ و ۵۱ درصد بود. تیمارها بر اساس طرح آزمایشی به طور کامل با خاک مخلوط شده و سپس به گلدان های پلاستیکی ۲ کیلوگرمی منتقل شدند. دانهال‌های یک‌ساله نارنج (*Citrus aurantium* L.) از یک نهالستان تجاری تهیه و به گلدان‌ها (تک نهال در هر گلدان) انتقال داده شدند. رطوبت خاک گلدان‌ها در نزدیکی سطح ظرفیت مزرعه توسط روش وزنی با استفاده از آب مقطر حفظ شد. سرکه چوب و هیومیک اسید سه بار (۳، ۶ و ۹ هفته پس از کاشت) به صورت محلول با آب آبیاری به خاک اضافه شدند. نود روز پس از نشاء، شاخساره‌های گیاه برداشت و ریشه‌ها از خاک جدا شدند. پس از هواخشک شدن خاک و عبور از الک ۲ میلی‌متری، آهن، منگنز، مس و روی توسط عصاره-گیر DTPA استخراج (Lindsay and Norvell 1978) و بلافاصله توسط دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (PG 990,

PG Instruments Ltd. UK) اندازه گیری شد. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی های مواد آلی

برخی از خواص شیمیایی زغال‌زیستی کاه‌ذرت، زغال‌زیستی بقایای پنبه و سرکه چوب در جدول ۱ آورده شده است. نسبت مولی هیدروژن به کزبن زغال‌های زیستی کمتر از ۰/۷ و محتوای کربن آن‌ها بالاتر از ۵۰ درصد بود (جدول ۱)، بنابراین زغال‌های‌زیستی تهیه شده از استانداردهای تعریف شده برای آن‌ها پیروی می‌کنند (EBC 2012-2022). محتوای نیتروژن و کربن برای زغال‌زیستی بقایای‌پنبه بیشتر از زغال‌زیستی کاه‌ذرت بود در حالی که غلظت روی، آهن و منگنز زغال‌زیستی کاه‌ذرت به مراتب بیشتر از زغال‌زیستی پنبه بود (جدول ۱). هر دو زغال‌زیستی مقادیر پ‌هاش مشابهی داشتند (واکنش قلیایی) درحالی‌که مقدار قابلیت هدایت الکتریکی زغال‌زیستی کاه‌ذرت به‌طور قابل توجهی کمتر از زغال‌زیستی بقایای پنبه بود (جدول ۲). پ‌هاش سرکه چوب اسیدی و ۱۰/۱ درصد کربن آلی داشت. علاوه بر این، مقدار قابلیت هدایت الکتریکی آن ۵/۱۵ دسی زیمنس بر متر بود و از نظر غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف به مراتب فقیرتر از زغال‌های زیستی مورد استفاده بود (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی مواد آلی مورد استفاده

ویژگی	زغال‌زیستی کاه ذرت	زغال‌زیستی بقایای پنبه	سرکه چوب
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۶۸	۳/۵۲	۵/۱۵
پ هاش (۱:۲۰)	۱۰/۲	۱۰	۳/۵۴
کربن (٪)	۵۲/۶	۷۴/۴	۱۰/۱
نیتروژن (٪)	۱/۵۰	۳/۰۰	۰/۰۵
نسبت مولی هیدروژن به کربن	۰/۶۸	۰/۴۴	----
کربن به نیتروژن	۱۷/۵	۲۷/۱	----
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۶۴۲	۲۱۸	۴۰/۴
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۱/۵	۲۷/۱	۵/۵
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۰/۲	۱۲/۵	۲/۸
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۳/۷	۳۰/۱	trace

تاثیر مواد آلی بر قابلیت استفاده آهن، منگنز، مس و روی در یک خاک آهکی پس از کشت دانهال نارنج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کاربرد تیمارهای آلی مختلف بر قابلیت استفاده عناصر غذایی آهن، منگنز، مس و روی (استخراج شده توسط DTPA) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. از بین تیمارهای انفرادی مواد آلی، تنها کاربرد اسید هومیک سبب افزایش معنی‌دار قابلیت استفاده آهن در خاک نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۵/۶ درصد شد، درحالی که کاربرد تیمارهای سرکه چوب و زغال‌زیستی بقایای پنبه تغییر معنی‌داری را ایجاد نکردند.

از طرفی، کاربرد زغال‌زیستی کاه‌ذرت مقدار آهن قابل استخراج توسط DTPA را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در بین تیمارهای مرکب نیز بیشترین مقدار آهن استخراج شده توسط DTPA مربوط به تیمار ترکیبی زغال‌زیستی بقایای پنبه و هیومیک اسید به میزان ۱/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، هرچند از نظر آماری با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). به‌طور کلی با کاربرد تمام تیمارهای انفرادی و ترکیبی مواد آلی منگنز قابل استفاده در خاک به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد به طوری که در بین تیمارهای انفرادی بیشترین و کمترین میزان افزایش به ترتیب مربوط به تیمارهای زغال‌زیستی کاه ذرت (۱۳۶ درصد) و سرکه چوب (۷ درصد) بود. بیشترین مقدار منگنز نیز در زغال‌زیستی کاه‌ذرت بود (جدول ۱). همچنین بین تمام تیمارهای ترکیبی نیز تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در افزایش منگنز استخراج شده توسط DTPA نبود (جدول ۲). ماده آلی می تواند به عنوان دهنده الکترون عمل کند و از طریق ایجاد پتانسیل رداکس منفی، منگنز به شکل احیا شده تبدیل شده و حلالیت آن افزایش می‌یابد (Sparks et al. 2022). کاربرد زغال‌های زیستی به تنهایی سبب کاهش معنی‌دار مس قابل استفاده خاک نسبت به تیمار شاهد شدند. این درحالی است که کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار (۱۰ درصد) و سرکه چوب تغییر معنی‌داری را ایجاد نکرد (جدول ۲). در بین تیمارهای ترکیبی نیز بجز تیمار زغال‌زیستی کاه ذرت و سرکه چوب که سبب کاهش معنی دار میزان مس قابل استخراج توسط DTPA شدند، دیگر تیمارهای ترکیبی تاثیر معنی داری را بر آن نداشتند (جدول ۲). مواد آلی قابلیت استفاده مس در خاک را به دلیل تمایل زیاد اتصال آن به گروه‌های عاملی سطحی کاهش می دهند (Gonzaga et al. 2020) تنها تیمار انفرادی آلی که سبب افزایش معنی‌دار قابلیت استفاده روی نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۶/۷ درصد شد، کاربرد هیومیک اسید بود (جدول ۲). همچنین در بین تیمارهای ترکیبی کاربرد زغال‌زیستی بقایای پنبه و هیومیک اسید بیشتر تاثیر را در افزایش میزان روی قابل استخراج توسط DTPA نسبت به تیمار شاهد داشت، هرچند با تیمار کاربرد انفرادی هیومیک اسید تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). هنگامی که اسید هیومیک در خاک استفاده می‌شود، یون‌های آزاد مس و روی در محلول خاک ممکن است تا حدی توسط رادیکال‌های اسید هیومیک کمپلکس شوند که منجر به تولید کمپلکس‌های محلول روی و مس در شرایط پهاش قلیایی شده و قابلیت زیست فراهمی این فلزات را افزایش دهد (Morais et al. 2021).

جدول ۲- اثر تیمارهای آلی مختلف بر قابلیت استفاده برخی عناصر کم‌مصرف (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در یک خاک آهکی پس از کشت دانهال نارنج.

تیمار	آهن	منگنز	مس	روی
شاهد	۱/۲۱ b-d	۲/۳۱ c	۰/۵۰ b	۰/۷۱ bc
زغال‌زیستی کاه‌ذرت	۰/۸۰ e	۵/۴۶ a	۰/۴۵ c	۰/۷۷ bc
زغال‌زیستی‌بقایای‌پنبه	۱/۱۸ b-d	۵/۲۱ a	۰/۴۶ c	۰/۸۱ ab
هیومیک اسید	۱/۵۲ a	۳/۰۹ b	۰/۵۵ a	۰/۹۰ a
سرکه چوب	۱/۲۸ bc	۲/۴۷ bc	۰/۴۸ bc	۰/۸۳ ab
زغال‌زیستی‌کاه‌ذرت و	۱/۰۲ de	۵/۰۹ a	۰/۵۰ b	۰/۸۱ ab

هیومیک اسید	۰/۹۰ e	۵/۴۰ a	۰/۴۶ c	۰/۶۶ c
زغال‌زیستی‌کاه‌ذرت و سرکه چوب	۱/۳۷ ab	۵/۲۰ a	۰/۵۰ b	۰/۹۳ a
زغال‌زیستی‌بقایای‌پنبه و هیومیک اسید	۱/۱۳ cd	۵/۵۹ a	۰/۴۷ bc	۰/۸۴ ab
زغال‌زیستی‌بقایای‌پنبه و سرکه چوب				

اعداد با حروف لاتین کوچک یکسان در هر ستون تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

نتیجه‌گیری

مرکبات رشد یافته در خاک‌های آهکی به دلیل محتوای کم مواد آلی، میزان کربنات کلسیم و پ‌هاش بالا، معمولا با کمبود عناصر کم‌مصرف مواجه هستند. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که استفاده مجزا از هیومیک اسید به عنوان یک ترکیب آلی و دوستدار محیط زیست در خاک‌های آهکی، می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم‌مصرف به ویژه آهن، مس و روی در خاک و در نتیجه افزایش جذب این فلزات توسط گیاه باشد.

فهرست منابع

Boostani HR, Hardie AG, Najafi-Ghiri M, Zare M (2023) Chemical speciation and release kinetics of Ni in a Ni-contaminated calcareous soil as affected by organic waste biochars and soil moisture regime. Environmental Geochemistry and Health 45 (1):199-213

Chen J, Wu J, Si H, Lin K (2016) Effects of adding wood vinegar to nutrient solution on the growth, photosynthesis, and absorption of mineral elements of hydroponic lettuce. Journal of Plant Nutrition 39 (4):456-462

EBC (2012-2022) European biochar certificate–guidelines for a sustainable production of biochar. European Biochar Fondation (EBC): Arbaz, Switzerland (http://european-biocharorg) Version 101 from 10th Jan 2022

Gonzaga MIS, Matias MIdAS, Andrade KR, de Jesus AN, da Costa Cunha G, de Andrade RS , de Jesus Santos JC (2020) Aged biochar changed copper availability and distribution among soil fractions and influenced corn seed germination in a copper-contaminated soil. Chemosphere 240:124828

Gulser F, Sonmez F, Boysan S (2010) Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. Journal of Environmental Biology 31 (5):873

Lindsay WL, Norvell W (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil science society of America journal ۴۲۸-۴۲۱:(۳) ۲

Maqueda C, Herencia J, Ruiz J, Hidalgo M (2011) Organic and inorganic fertilization effects on DTPA-extractable Fe, Cu, Mn and Zn, and their concentration in the edible portion of crops. The Journal of Agricultural Science 149 (4):461-472

Morais EGd, Silva CA, Jindo K (2021) Humic acid improves Zn fertilization in Oxisols successively cultivated with maize–brachiaria. Molecules 26 (15):4588

Najafi-Ghiri M, Ghasemi-Fasaei R, Farrokhnejad E (2013) Factors affecting micronutrient availability in calcareous soils of Southern Iran. Arid land research and management 27 (3):203-215

Sparks DL, Singh B, Siebecker MG (2022) Environmental soil chemistry. Elsevier ,

Zheng H, Wang X, Chen L, Wang Z, Xia Y, Zhang Y, Wang H, Luo X, Xing B (2018) Enhanced growth of halophyte plants in biochar-amended coastal soil: roles of nutrient availability and rhizosphere microbial modulation. Plant, cell & environment 41 (3):517-532

Availability of some micronutrients as influenced by individual and combined application of organic materials in a calcareous soil after cultivation of Sour Orange (*Citrus aurantium* L.) seedlings

Hamid Reza Boostani[1], Mahdi Najafi-Ghiri[1], Abbas Mirsoleimani[1], Amirhossein Namvarmansurabadi[1]

1. College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University
(Hr.boostani@shirazu.ac.ir)

Abstract

The use of organic materials, especially in the calcareous soils of arid and semi-arid regions, may affect the availability of soil micronutrients and their concentrations in plants through changing the physical and biochemical properties of the soil. The goal of this study was to investigate the effect of individual and combined application of humic acid (150 mg kg^{-1} of soil), wood vinegar (75 times dilution) and biochar (corn straw and cotton residue each at 2% w/w) on the extractability of iron, manganese, copper and zinc with DTPA solution in a calcareous soil after cultivation of Sour Orange under greenhouse conditions. The results showed that only the application of humic acid caused a significant increase in the availability of soil iron compared to the control by 25.6%. All the individual and combined treatments significantly increased soil manganese availability compared to the control, so that the highest increase was related to the corn straw biochar (136%). The use of biochars alone caused a significant reduction in soil copper availability compared to the control treatment. Among all the treatments, the highest increase of soil zinc extracted by DTPA was related to the application of humic acid by 26.7% compared to the control. According to the results, it seems that the separate use of humic acid as an organic and environmentally friendly compound can be a suitable option for increasing the availability of micronutrients in calcareous soils.

Keywords: biochar, Sour orange seedling, humic acid, wood vinegar

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

شبیه‌سازی انتقال آب در ستون خاک آهکی دست‌خورده توسط نرم‌افزار HYDRUS-1D

سامان ملک‌نیا[1*]، علی خانمیرزایی[2]، مسعود سلطانی[3]، محبوبه مظهری[4]، شکوفه رضائی[5]

۱*- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران
Saman.maleknia@kiau.ac.ir
۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران
۳- استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین، ایران
۴- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران
۵- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

چکیده

آزمایش در ستونی از جنس پلی‌اتیلن با ارتفاع ۵۰ و قطر ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. تا ارتفاع ۴۱ سانتی‌متری خاک دست‌خورده ریخته و متراکم شد. خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم رسی شنی و ۱۵/۲ درصد آهک می‌باشد. برای شبیه‌سازی انتقال آب شرط اولیه رطوبت‌های اندازه‌گیری شده در عمق‌های مختلف خاک بوده است. تخمین اولیه پارامترهای هیدرولیکی خاک توسط برنامه ROSSETA در نرم‌افزار HYDRUS-1D انجام شد. برای ارزیابی شبیه‌سازی از شاخص‌های MSE, RMSE, ME استفاده شد. بر اساس این شاخص‌ها به ترتیب ۱۱۷ دقیقه، ۱۶ روز، ۲۰ دقیقه و ۳۴ روز پس از گذشت آزمایش بهترین عملکرد را داشتند. در مجموع شبیه‌سازی از دقت بالایی برخوردار بود. پیشنهاد می‌شود در خاک‌هایی از جنس خاک مورد مطالعه برای آبیاری گیاهان و درختان دوره آبی ۷ و ۱۰ روزه برای فصل بهار در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی

رطوبت خاک، پارامترهای هیدرولیکی خاک، حل معکوس

مقدمه

نفوذ آب در خاک از مهم‌ترین پدیده‌های فیزیکی است، توجه به این موضوع از نقطه نظر میـزان آب مصـرفی و افـزایش راندمان در کشاورزی پر اهمیت می‌باشد. از عوامل مهمی که بر روی نفوذ تاثیرگزار است می‌توان به رطوبت اولیه خاک، عمق آب روی سطح خاک، بافت و ساختمان خاک اشاره کرد. خاک‌های مختلف رفتارهای متفاوتی در رابطه بـا حرکـت آب، املاح و میزان ذخیره رطوبت از خود نشان می‌دهند. تحقیقات زیادی در خصوص میزان و نحوه حرکت آب و املاح و مدل‌سازی آن‌ها با مدل‌های ریاضی انجام شده است (sharma et al., 2014).

نرم‌افزار HYDRUS-1D یکی از مدل‌های پیشرفته در ارتباط با حرکت یک بعدی آب، املاح و گرما می‌باشد. در ایـن نرم‌افزار جریان یک بعدی آب در محیط غیر اشباع توسط نسخه اصلاح شده معادله ریچاردز در فاز مایع بررسی می‌شود (simunek, 2018). بـرای شبیه‌سـازی توزیـع آب و میـزان آب خـارج شـده‌ی زیـر ناحیـه ریشـه گیـاه از نرم‌افـزار HYDRUS-1D استفاده گردید که نتایج آن قابل قبول بوده است (اژدری، ۱۳۸۷). همچنین در آزمـایش دیگـری بـر روی یک ستون خاک ۳ متری سرعت نفوذ لحظه‌ای، تجمعی و عمق جبهه خیس شده با دو نرم‌افـزار Green-Ampt و HYDRUS-1D بررسی شد که نتایج نشان دهنده دقت بیشتر نرم‌افزار HYDRUS-1D بوده است (Yiang, 2010). در این پژوهش، هدف شبیه‌سازی انتقـال آب توسـط نرم‌افـزار HYDRUS-1D در سـتون خـاک آهکـی دسـت‌خورده می‌باشد که بر اساس آن بتوان برنامه‌ریزی خوبی در زمینه آبیاری زمین‌های کشاورزی صورت گیرد.

مواد و روش

در این آزمایش، ستونی از جنس پلی‌اتیلن با ارتفاع ۵۰ و قطر ۲۰ سانتی‌متر تهیه شد و در محـل آزمـایش قـرار گرفـت. درون ستون تا ارتفاع ۴۱ سانتی‌متری، خاک دست‌خورده ریخته و متراکم شد. نمونه‌برداری از خـاک مـورد نظـر، بـرای تعیین ویژگی‌های خاک، انجام شد و نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱-خصوصیات خاک

خاک	آهک (درصد)	بافت	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	چگالی ظاهری (g/cm^3)	چگالی حقیقی (g/cm^3)
کرج	۱۵/۲	لوم رسی شنی	۱۶	۴۵	۳۹	۱/۲۶	۲/۶۱

در انتهای ستون خاک مجرایی برای خروج زهاب در نظـر گرفتـه شـد کـه روی آن توسـط صـافی سـرامیکی و نمـدی پوشانده و سپس خاک داخل ستون ریخته شد. در طول آزمایش و همچنین قبل از شروع آبیاری، ابتدا رطوبت وزنـی و

سپس رطوبت حجمی خاک بدست آمد. شش مرحله آبیاری و اندازه‌گیری روزانه تبخیر در طول آزمایش در دستور کار قرار گرفت. پس از آبیاری اول و دوم در زمان‌های ۲۰ و ۱۱۷ دقیقه، نمونه‌برداری از خاک به‌وسیله اوگر صورت گرفت. از آبیاری سوم به بعد به دلیل اشباع شدن خاک، مقدار فلاکس خروجی اندازه‌گیری شد. همچنین پس از آخرین آبیاری، دو نمونه‌برداری رطوبتی در روزهای ۱۶ و ۳۴ آزمایش انجام شد.

شرط مرزی بالا و پایین ستون خاک به ترتیب Atmospheric BC with Surface Layer و Free Drainage در نظر گرفته و از مدل ون‌گنوختن-معلم با فرض $m = 1 - \frac{1}{n}$ استفاده شد. شرط اولیه برای شبیه‌سازی حرکت آب در خاک، رطوبت‌های اندازه‌گیری شده‌ی قبل از شروع آبیاری تعریف شد. پارامترهای مدل ون‌گنوختن-معلم با استفاده از درصدهای(رس، سیلت، شن) و چگالی ظاهری خاک با کمک برنامه ROSSETA در نرم‌افزار HYDRUS-1D برآورد شدند. زمان نهایی آزمایش ۴۸۹۶۰ دقیقه در نظر گرفته شد.

برای ارزیابی شبیه‌سازی عددی انجام گرفته توسط مدل از شاخص‌های آماری میانگین مربعات خطا (MSE)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و حداکثر خطا (ME) استفاده شد. هر چه مقادیر (MSE), (RMSE), (ME) به صفر نزدیک‌تر باشند، مدل از خطای شبیه‌سازی کمتری برخوردار است.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{N}(I_i - \hat{I}_i)^2}{N} \quad (۱)$$

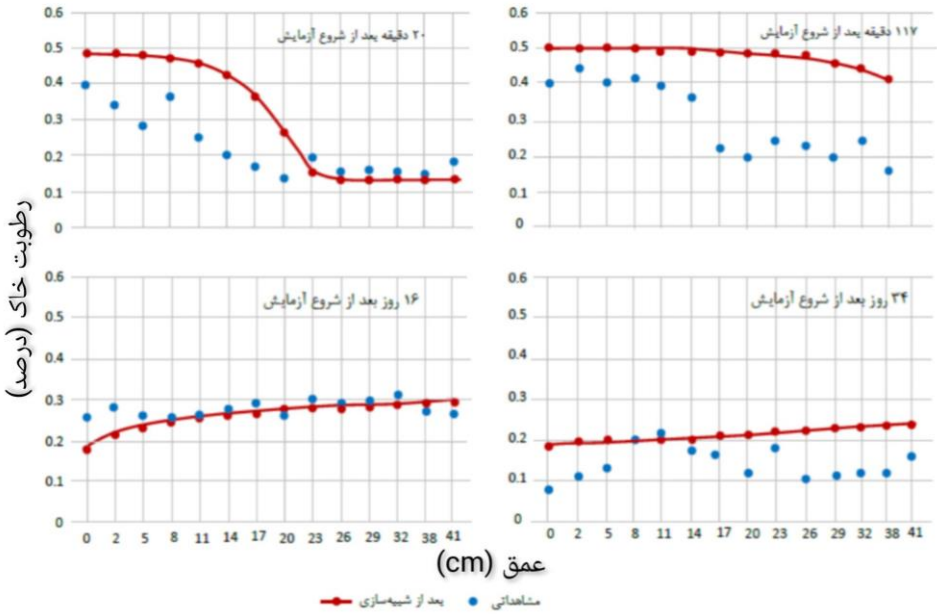
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(I_i - \hat{I}_i)^2}{N}} \quad (۲)$$

$$ME = MAX|I_i - \hat{I}_i|_{i=1}^{N} \quad (۳)$$

در این روابط N تعداد مشاهدات، I_i میزان نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده، $\hat{I}_i$ میزان نفوذ تجمعی شبیه‌سازی شده می‌باشد.

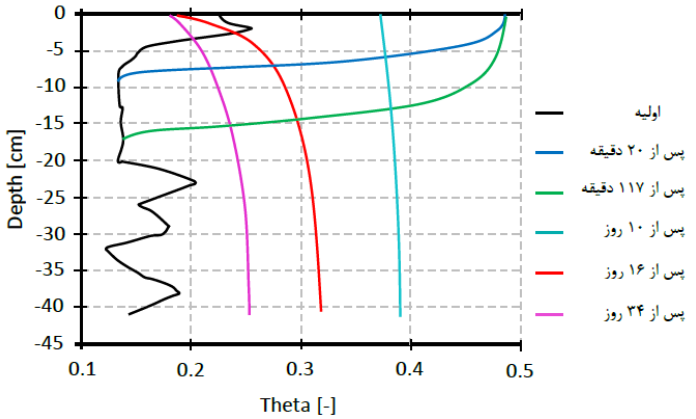
نتایج و بحث

در این مطالعه داده‌برداری‌های انجام شده در طول آزمایش را که شامل رطوبت در عمق‌های مختلف، زمان‌های متفاوت و فلاکس‌های خروجی بود را به عنوان داده‌های مشاهداتی به نرم‌افزار وارد کرده تا بر اساس این اطلاعات، شبیه‌سازی انتقال آب در خاک انجام شود. در شکل ۱ به ترتیب در زمان های مختلف مقدار رطوبت‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده نشان داده شده است.



شکل۱- مقایسه رطوبت‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده

بر اساس شکل ۱ در ابتدای آزمایش به دلیل آبیاری بالای ستون خاک، افزایش رطوبت صورت گرفته است ولی با گذشت زمان، اتمام آبیاری و اثر تبخیر، میزان رطوبت در بالای ستون خاک کاسته و در پایین ستون خاک افزایش یافته است. در شکل ۲ نیز نمودار رطوبت و عمق قابل مشاهده است.



شکل۲- رطوبت در برابر عمق

جدول۲-مقایسه شاخص‌های آماری

زمان	ME	MSE	RMSE
۲۰ دقیقه	۰/۱۴۲۶	۰/۰۰۵۳	۰/۰۷۳۲
۱۱۷ دقیقه	۰/۰۶۸۹	۰/۰۰۲۹	۰/۰۵۴۱
۱۶ روز	۰/۱۶۳۹	۰/۰۰۳۷	۰/۰۶۱۴
۳۴ روز	۰/۱۴۵۹	۰/۰۰۷۹	۰/۰۸۹

بر اساس نتایج جدول ۲ کمترین و بیشترین خطا برای ۱۱۷ دقیقه و ۳۴ روز پس از گذشت آزمایش می‌باشد. در مجموع در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری شده مقادیر موجود در جدول ۲ به هم نزدیک هستند که نشان از دقت بالا و قابل قبول بودن این آزمایش می‌باشد. پیش از این نیز ژاکس و همکاران (۲۰۰۲) از نتایج انتقال آب و املاح در آزمایشات خود توسط نرم‌افزار HYDRUS-1D ابراز رضایت کرده بودند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده برای آبیاری گیاهان و درختان در خاک مورد مطالعه که دارای درصد آهک بالا و همچنین بافت لوم رسی شنی می‌باشد باید دوره آبیاری برای گیاهان ۷ روز و برای درختان ۱۰ روز باشد. این آزمایش در نیمه دوم اردیبهشت ماه شروع و در خرداد ماه به پایان رسیده است. بنابراین تبخیر نسبت به تابستان کمتر بوده است لذا پیشنهاد می‌شود دوره آبیاری برای تابستان باید با فاصله کمتری در نظر گرفته شود. در آزمایش‌های آینده شبیه‌سازی میزان جذب آب توسط ریشه گیاهان مختلف با نرم‌افزار HYDRUS-1D توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از پدرم مهندس ابوالقاسم ملک‌نیا که اینجانب را در تمامی مراحل آزمایش یاری کردند، مهندس غلامرضا بابایی که در طراحی سازه‌های آزمایش نهایت تلاش رو انجام دادند، خانواده‌ام که در طول انجام آزمایش صبوری کردند و همچنین از اساتید محترم تشکر و قدردانی می‌کنم.

منابع

اژدری، خ. (۱۳۸۷). استفاده از نرم‌افزار HYDRUS-2D در شبیه‌سازی جریان آب از زیر ناحیه ریشه گیاه در سیستم کودآبیاری. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱ بهمن ماه، دانشگاه چمران، اهواز.

Sharma, P.K., Savant, V.A., Shukla, S.K. and Khan, Z. (2014). Experimental and numerical simulation of contaminant transport through layered soil. International Journal of Geotechnical Engineering, ۸(٤): ۳٤٥-۳٥۱.

Simůnek, J., ˇSejna, M., Saito, H., Sakai, M., van Genuchten, M.T. (2018). The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Riverside, California.

Jacques, D., Simunek, J., Mallants, D. and Van Genuchten, M. TH. (2002). Multicomponent transport model for variably- saturated porous media: Application to the transport of heavy metals in soils. PP. 53-64. In: Hassanizadeh, S. M., Schotting, R. G., Gray, W. G., Pinder, G. F. (Eds.), Computational Methods in Water Resources. Development of Water Science, Elsevier Press, The Netherlands.

Yiang, M., Shaoyuan, F., Dongyuan, S., Guangyuo, G. and Zailin, H. (2010). Modeling water infiltration in a large layered soil column with a modified Green–Ampt model and HYDRUS-1D. Computers and Electronics in Agriculture, 71, 40–47.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Simulation of Water Transport in The Column of Disturbed Calcareous Soil by HYDRUS-1D Software

Saman Maleknia[1*], Ali KhanMirzaee[2], Masoud Soltani[3], Mahbobeh Mazhari[4], Shokoofeh Rezaei[5]

1*- Ph.D. Student, Department of Soil Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Iran. Saman.maleknia@kiau.ac.ir
2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Iran.
۳- Assistant Professor, Department of irrigation and drainage, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Soil Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Iran.
5- Assistant Professor, Department of Soil Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Iran.

Abstract
The experiment was carried out using a polyethylene column with a height of 50 cm and a diameter of 20 cm. The disturbed soil was poured up to the height of 41 cm of the column and then compacted. The soil has a sandy clay loam texture and contains 15.2% ($CaCO_3$). Measurement of moisture in different soil depths was a prerequisite for simulating water transport. Initial estimations of soil hydraulic parameters were done by ROSSETA of HYDRUS-1D software. MSE, RMSE, and ME indicators were used to evaluate the simulation. Based on the indicators, the best performances were obtained after 117 minutes, 16 days of irrigation, 20 minutes and 34 days of irrigation, respectively. The accuracy of the simulation was high in general. 7 and 10 days irrigation periods are suggested in the spring for irrigation of plants and trees in soils similar the soil of the current experiment.

Keywords: Soil moisture, Soil hydraulic parameters, Inverse solution.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی اثر برگشویی بر کاهش خسارت وقوع ریزگرد بر عملکرد گندم

فاطمه مسکینی ویشکایی[1*]، علیرضا جعفرنژادی [2]

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؛ * ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.meskini@yahoo.com

۲- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

چکیده

مدیریت زراعی مزارع گندم و زمان وقوع پدیده ریزگرد بر میزان خسارات ناشی از تنش ریزگرد بر محصول گندم بسیار تأثیرگذار است. لذا، این مطالعه به منظور بررسی اثر برگشویی در کاهش اثرات ریزگرد بر شاخص‌های عملکرد گندم در یک خاک آهکی و شور در استان خوزستان انجام شد. در این مطالعه، چهار تیمار شامل بدون برگشوئی، برگشوئی بعد از وقوع پدیده ریزگرد ۱) در مرحله پنجه‌زنی، ۲) در مرحله سنبله‌رفتن و ۳) در دو مرحله پنجه‌زنی و سنبله‌رفتن در کرت‌هایی با سطح ۲۰ متر مربع در سه تکرار اعمال شد. نتایج نشان داد که در مدیریت عرف زارع، استفاده از شستشوی سطح گیاه در یک مرحله رشد پس از وقوع ریزگرد به‌طور متوسط موجب افزایش ۳۰ درصد عملکرد دانه گندم شد (۲۴ و ۳۵ درصد افزایش عملکرد دانه در اثر برگشویی پس از ریزگرد به‌ترتیب در مرحله پنجه‌زنی و سنبله-رفتن). در حالی‌که برگشویی در هر دو مرحله رشد گندم، موجب افزایش ۴۳ درصد عملکرد دانه گندم شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد راهکارهای زراعی ساده‌ای همچون شستشوی سطح برگ پس از وقوع پدیده ریزگرد در کاهش خسارت عملکرد دانه گندم بسیار موثر است.

واژگان کلیدی: خوزستان، شاخص برداشت، عملکرد زی‌توده، وزن هزار دانه.

مقدمه

گرد و غبار بر گیاهان و محصولات کشاورزی هم به طور مستقیم و هم غیر مستقیم تأثیرگذار است. در تاثیر مستقیم فعالیت‌های مختلف و حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تبخیر و تعرق و تنفس تحت تاثیر قرار می‌گیرد و در تأثیر غیر مستقیم، بازار پسندی، کیفیت و در آمد نهایی محصول متأثر می‌شود (Maleki et al., 2017). آثار گرد و غبار بر رشد و عملکرد گیاهان با توجه به میزان گرد و غبار و نوع گیاه متفاوت است. کاهش حدود ۵ تا ۳۰ درصد تولیدات کشاورزی در اثر وقوع پدیده ریزگرد گزارش شده است (Yang et al., 2003). این تأثیر بر سطح برگ که مهم‌ترین بخش انجام فعالیت‌های حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تعرق و تنفس است، اهمیت بیشتری دارد. ذرات ریزگرد با نشست بر اندام هوایی گیاهان باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی مختلفی همچون مسدود کردن روزنه ها، کاهش فعالیت فتوسنتزی، ریزش برگ‌ها و مرگ بافت‌های گیاهی، افزایش دما و تغییر رنگدانه‌های برگ، تغیر در محتوای نسبی آب

برگ و محتوای کلروفیل برگ و همچنین کاهش دریافت اشعه‌های فعال فتوسنتزی و درنهایت کاهش عملکرد محصو ت زراعی می‌شوند (Chturvedi et al., 2013). شریفی و همکاران (۱۳۹۸) اثرات سوء ریزگردها بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم را در استان کرمانشاه بررسی نمودند. نتایج این پژوهشگران نیز نشان داد که بسته شدن روزنه‌ها در اثر رسوب ذرات ریزگرد دلیل اصلی کاهش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز برگ ها و عملکرد دانه گندم است.

استان خوزستان یکی از مهمترین قطب‌های کشاورزی ایران است که در کانون اصلی آسیب ناشی از پدیده گرد و غبار قرار دارد. استان خوزستان با دارا بودن بیش از ۴۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت گندم آبی با میانگین عملکرد چهار تن هکتار نقش بسزایی در تولید گندم در کشور دارد. بنابراین، زیان وارد شده به بخش کشاورزی در این استان سهم عمده‌ای را به خود اختصاص خواهد داد. پدیده ریزگرد موجب خسارتی در حدود ۷ الی ۱۷ میلیون تن به تولیدات زراعی و باغی استان خوزستان در سال ۱۳۸۸ و بیش از ۱۸۸۲ میلیارد ریال خسارت در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ گردیده است (Khomam, 2014). بنابراین، استفاده از روش‌ها و فناوری‌های مدیریت زراعی برای به حداقل رساندن تاثیر ریزگردها بر تولید اقتصادی، سالم و با کیفیت کشاورزی و حفظ پایداری تولید با نگاه افزایش بهره‌ورانه در مناطق هدف ضروری است. در این پژوهش، تاثیر برگشویی (شستشوی سطح گیاه) پس از وقوع پدیده ریزگرد بر عملکرد گندم مطالعه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در شهرستان اهواز 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 ۲۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۸ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از کشت گندم، به منظور بررسی وضعیت خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیائی آن از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به‌صورت مرکب نمونه‌برداری انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که خاک مورد مطالعه شور است ($EC > 4\ dS\ m^{-1}$) و بافت خاک مورد مطالعه لوم رسی است و با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد آهک، جزء خاک‌های آهکی محسوب می‌شود.

بذر گندم رقم برات براساس توصیه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با تراکم ۱۶۰-۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کشت شد. سطح کرت‌ها در ابعاد چهار در پنج متر برابر ۲۰ مترمربع در نظر گرفته شد. در انتهای فصل رشد، نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و باقی‌مانده به صورت کف‌بر برداشت گردید. مقدار مصرف کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل به‌ترتیب ۳۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. کود سوپر فسفات تریپل به-صورت خاک کاربرد و نواری در زمان کشت استفاده شد، اما کود اوره در سه قسط در آبیاری دوم، مرحله تکمیل پنجه

و ظهور سنبله گندم مصرف شد. براساس بیشترین فراوانی وقوع پدیده ریزگرد در استان خوزستان و آسیب آن به محصول گندم، دو مرحله رشد گندم شامل مرحله پنجه‌زنی و سنبله‌رفتن انتخاب شد. در انتهای مرحله پنجه‌زنی و در مرحله سنبله رفتن گندم، طوفان گرد و غبار (ریزگرد) در اهواز با غلظت بیش از ۶ برابر حدمجاز اتفاق افتاد، پس از آن چهار تیمارهای برگشویی شامل بدون برگ‌شوئی، برگ‌شوئی بعد از وقوع ریزگرد در مرحله پنجه‌زنی، برگ‌شوئی بعد از وقوع ریزگرد در مرحله سنبله‌رفتن و برگ‌شوئی بعد از وقوع ریزگرد در دو مرحله پنجه‌زنی و سنبله‌رفتن در کرت‌های آزمایشی اعمال شدند. در پایان آزمایش پس از حذف اثر حاشیه‌ای از سطح یک مترمربع در هر کرت آزمایشی، عملکرد دانه، بیوماس، شاخص برداشت در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه در واحد سطح، طول سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS v. 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین عملکرد زی‌توده تیمارهای مورد مطالعه ۱۳۴۷۵ کیلوگرم در هکتار و در دامنه ۱۰۷۰۰-۱۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۱). عملکرد دانه گندم در تیمارهای مورد مطالعه در دامنه ۲۸۳۰ تا ۴۵۵۰ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت در دامنه ۲۳/۷ تا ۳۲/۵ درصد متغیر بود. میانگین وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر سنبله گندم در تیمارهای مورد مطالعه به‌ترتیب برابر با ۴۰/۱ گرم و ۴۱ به دست آمد.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی برخی از شاخص های عملکرد گندم

	عملکرد زی‌توده ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزار دانه (g)	تعداد پنجه در هر مترمربع	شاخص برداشت (%)
میانگین	۱۳۴۷۵	۳۸۶۱	۴۱	۴۰/۱	۶۰۴	۲۸/۶
کمینه	۱۰۷۰۰	۲۸۳۰	۳۵	۳۵/۸	۵۲۸	۲۳/۷
بیشینه	۱۵۴۰۰	۴۵۵۰	۴۷	۴۳/۷	۶۸۰	۳۲/۵

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف برگشویی بر شاخص‌های عملکرد گندم در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که بین مقادیر عملکرد زی‌توده، عملکرد دانه گندم و تعداد پنجه در مترمربع در تیمارهای مختلف مورد مطالعه، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اما بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۲- مقادیر تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه بر شاخص‌های عملکرد گندم

	درجه آزادی	عملکرد زی‌توده ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزار دانه (g)	تعداد پنجه در هر مترمربع	شاخص برداشت (%)
بین تیمارها	۳	۳/۹۵۰*	۰/۹۹۰**	۵/۲۵ ns	۱/۶۳ ns	۵۰۹۵/۱*	۱۵/۲ ns
خطا	۸	۰/۶۷۴	۰/۰۸۳	۲۳/۵	۸/۵۳	۲۳۹۷/۳	۷/۶۲

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه بر شاخص‌های عملکرد گندم نشان می‌دهد که برگشویی در یک یا هردو مرحله پنجه‌زنی و به سنبله رفتن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و زی‌توده گندم می‌شود. درصورتی که در فصل رشد گندم در هر دو مرحله از رشد، پنجه‌زنی و سنبله‌رفتن پدیده ریزگرد اتفاق افتد، اگر از مدیریت عرف منطقه برای تأمین نیازهای کودی مزرعه و انجام عملیات زراعی استفاده شود، تنها با استفاده از شستشوی سطح گیاه در مرحله پنجه‌زنی، عملکرد زی‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب ۹، ۲۴ و ۱۴ درصد افزایش می‌یابد. اما اگر برگشویی پس از وقوع پدیده ریزگرد در مرحله سنبله‌رفتن انجام شود، افزایش عملکرد دانه گندم بیشتر است (۳۵ درصد). به نظر می‌رسد وجود ذرات گرد و غبار بر سطح برگ در مرحله سنبله‌رفتن با مسدود کردن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز جاری برگ و همچنین افزایش دمای برگ بر روی پر شدن دانه تأثیر می‌گذارد (سیاحی و همکاران، ۱۳۹۴). به همین دلیل شستشوی برگ‌ها در مرحله سنبله‌رفتن، تاثیر مثبت بیشتری بر افزایش عملکرد دانه گندم نسبت به شستشو در مرحله پنجه‌زنی داشت. در شرایطی که برگشویی در هر دو مرحله پنجه‌زنی و سنبله‌رفتن انجام شود عملکرد زی‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب ۱۸، ۴۳ و ۲۱ درصد افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت عدم برگشویی گیاه پس از وقوع پدیده ریزگرد، عملکرد زی‌توده و دانه گندم به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای برگشویی هستند (جدول ۳). مطالعه شهبازی و همکاران (۱۳۹۵) در استان کرمانشاه نیز مؤید کاهش عملکرد دانه گندم ناشی از رسوب ذرات گرد و غبار بر سطح برگ بود. این پژوهشگران، کاهش عملکرد در این شرایط را به ویژگی‌هایی مانند کاهش فتوسنتز، افزایش تنفس و دمای برگ نسبت داده‌اند. نتایج مطالعات شریفی و همکاران (شریفی و همکاران، ۱۳۹۸) در استان کرمانشاه نشان داد که شستشوی تاج‌پوشش پس از وقوع ریزگرد در مقایسه با تیمار عدم شستشو موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم (به طور متوسط ۱۸ درصد) می‌شود. شستشوی سطح برگ و زدودن ذرات گرد و غبار از سطح برگ باعث کاهش دمای برگ می‌شود. افزایش دمای برگ در شرایط گرد و غبار و عدم شستشو را می‌توان به انسداد روزنه‌های برگ در اثر نشست این ذرات بر سطح برگ و در نتیجه کاهش تعرق نسبت داد (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف مورد مطالعه بر شاخص های عملکرد گندم

	عملکرد زی‌توده ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	تعداد دانه در هر سنبله -	وزن هزار دانه (g)	تعداد پنجه در هر مترمربع -	شاخص برداشت (%)
عدم برگشویی	۱۲۰۱۷ b	۳۰۷۳ b	۳۹/۵ a	۴۰/۸ a	۶۱۴ ab	۲۵/۶ a
برگشویی در مرحله پنجه زنی	۱۳۱۳۳ ab	۳۸۲۵ a	۳۹/۵ a	۴۰/۴ a	۵۹۳ ab	۲۹/۲ a
برگشویی در به سنبله رفتن	۱۴۵۸۳ a	۴۱۵۹ a	۴۱/۴۷ a	۴۰/۲ a	۵۵۴ b	۲۸/۶ a
برگشویی در هر دو مرحله	۱۴۱۶۷ a	۴۳۸۹ a	۴۲ a	۳۹/۱ a	۶۵۳ a	۳۱ a

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از راهکارهای زراعی ساده همچون برگشویی گیاه پس از وقوع پدیده ریزگرد می‌تواند در کاهش خسارت عملکرد گندم موثر باشد. در صورتی که امکان برگشویی در دو مرحله پنجه‌زنی و به سنبله رفتن فراهم باشد، در صورت وقوع پدیده ریزگرد توصیه می‌شود در هر دو مرحله، برگشویی انجام شود. اما در صورت محدودیت در منابع آب یا انرژی و امکان برگشویی تنها در یک مرحله از رشد گیاه، با توجه به تاثیر مثبت بیشتر برگشویی در مرحله به سنبله رفتن بر عملکرد زی‌توده و دانه گندم توصیه می‌شود که برگشویی در این مرحله از رشد گندم انجام شود. البته ذکر این نکته حائز اهمیت است که با وجود اثر مثبت و معنی‌دار شستشوی سطح گیاه پس از وقوع پدیده ریزگرد بر کاهش خسارت عملکرد، باید به این نکته توجه نمود که زمان استفاده از این روش بسیار مهم است زیرا در صورتی که بلافاصله پس از شستشوی سطح گیاه، مجددا پدیده ریزگرد در منطقه رخ دهد، مرطوب بودن سطح برگ موجب رسوب بیشتر ذرات بر سطح آن شده و خسارت ناشی از ریزگرد بر شاخص‌های عملکرد گندم افزایش می‌یابد.

فهرست منابع

سیاحی، ن.، مسکرباشی، م.، حسیبی، پ. و شمیلی، م. (۱۳۹۴). اثر ریزگردها بر فلئورسانس کلروفیل و خصوصیات فتوسنتزی نیشکر (Saccharum officinarum L.) در اهواز، مجله تولید گیاهی، ۲۲ (۳): ۲۷۷-۲۹۳.

شریفی، ز.، سعیدی، م.، نصرتی، ا. و حیدری، ح. (۱۳۹۸). بررسی تاثیرات سوء ریزگردها بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمایی گندم در غرب ایران. تولیدات گیاهی، ۴۲ (۲): ۱۴۹-۱۶۴.

شهبازی، ه.، ارزانی، ا.، اسماعیل زاده مقدم، م. (۱۳۹۵). تاثیر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک در لاین های اینبرد نوترکیب گندم. فرایند و کارکرد گیاهی، ۵(۱۵): ۱۲۳-۱۳۲.

Chturvedi, R.K., Prasad, S., Rana, S., Obaidullah, S.M., Pandey, V. and Singh, H. (2013). Effect of dust load on the leaf attributes of the tree species growing along the roadside. Environmental Monitoring and Assessment, 185(1): 383-391.
Khoman, A. (2014). Investigation of Damage Caused by Dust in Agriculture (Case Study: Khuzestan Province). Special dust and monitoring conference, effects and strategies for dust management, Geological Survey and Mineral Exploration Organization of Tehran, July 25.
Maleki, T., Sahraie, M., Sasani, F. and Shahmoradi, M. (2017). Impact of dust storm on agricultural production in Iran. International Journal of Agricultural Science, Research and Technology in Extension and Education Systems (IJASRT in EESs), 7(1): 19-26.
Yang, B., Brauning, A. and Shi, Y. (2003). Late holocene temperature variations on the Tibetan plateau. Quaternary Science Reviews, 22: 2335–2344.

Evaluating the effect of leaf washing on reducing the damage caused by dust on wheat yield

Fatemeh Meskini-Vishkaee [1*], Ali Reza Jafarnejhadi [۲]

[1] Assistant professor of 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 email: Fatemeh.meskini@yahoo.com)

[2] Associate professor of Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Abstract

Agricultural management of wheat farms and the occurrence time of dust phenomenon have a great influence on the amount of damage caused by dust stress on the wheat yield. Then, this study was conducted in order to investigate the effect of leaf washing in reducing the effects of dust occurrence on wheat yield indices in a calcareous and saline soil in Khuzestan province. In this study, four treatments including without leaf washing, applying leaf washing after the dust occurrence in 1) the tillering stage, 2) the booting stage and 3) the two stages of tillering and booting in plots with an area of 20 m^2 were performed in three replicates. In the traditional management of the farmer, using the plant leaves washing at only one wheat growth stage after the dust occurrence caused about 30% increase in wheat grain yield on average (24 and 35% increase in grain yield as a result of leaf washing after dust, respectively, in the tillering and booting stages). While washing the leaves at both two wheat growth stages, it increased the wheat grain yield by 43%. Based on the results of this research, it was found that the use of simple agricultural managements in the farms, such as the leaves washing after the dust occurrence is very effective in reducing the damage of wheat grain yield.

Keywords: Khuzestan, Harvest index, Biomass, Thousand kernel weight.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی برخصوصیات مورفولوژیکی ودرصداسانس و فلورسانس مرزه خوزستانی

سیده اسما شاهرخی [۱*]، محمد فیضیان [۲]، صادق موسوی فر [۳]

۱- دانشجودانشگاه لرستان دانشکده کشاورزی گرایش علوم و مهندسی خاک؛

*as.shahrokhi1400@gmail.com

۲- استاد راهنما دانشگاه لرستان دانشکده کشاورزی

۳- استاد مشاور دانشگاه لرستان دانشکده کشاورزی

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی NPK بر عملکرد وخصوصیات مورفولوژیکی و درصد اسانس و فلورسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح ورمی‌کمپوست (صفر،۱۴ و ۲۸ گرم در گلدان پنج کیلویی) وچهار سطح کودشیمیایی(NPK) صفر، (۵۰-۷۵-۲۶۰)، (۱۰۰-۱۵۰-۳۶۰)، (۱۵۰-۲۳۰-۴۶۰) میلی گرم در کیلوگرم بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تلفیقی ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی برتعدادو سطح برگ ، وزن خشک بوته و درصد اسانس روند افزایشی داشت ولی کاربرد ورمی‌کمپوست در فلورسانس گیاه اثر معنی‌داری نداشت. باتوجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از ورمی‌کمپوست در کنار کود شیمیایی به کاهش مصرف کود شیمیایی و هم چنین سبب افزایش عملکرد گیاه دارویی مرزه خوزستانی می‌شود.

واژگان کلیدی: اسانس، فلورسانس، گیاه دارویی، مرزه خوزستانی

مقدمه

امروزه برای رسیدن به حداکثر رشد و عملکرد گیاهان زراعی در سیستم‌های کشاورزی فشرده نیاز به مصرف عناصر غذایی و در دسترس قرار دادن آن‌ها از طریق افزودن کودهای شیمیایی می‌باشند(ابیانه و همکاران،۲۰۱۷). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی مشکلاتی از جمله کاهش کیفیت ماده آلی خاک و کیفیت محصولات، آلودگی منابع طبیعی و آبهای سطحی و زیرزمینی و... را ایجاد کرده است (لی و همکاران؛ ۲۰۱۷). طی تلاش برای دستیابی به کشاورزی پایدار فناوری جدیدی پدیدار شدکه در آن بقایای زائد کشاورزی، خانگی و صنعتی می‌تواند به وسیله‌ی فعالیت کرم‌های خاکی به محصول باارزشی به نام ورمی کمپوست تبدیل شوند که امروزه استفاده از آن به عنوان یک کود آلی در کشاورزی در حال افزایش می‌باشد (ادوارد و همکاران،۲۰۱۰). کود ورمی‌کمپوست به‌خاطر افزایش جمعیت و فعالیت میکرواورگانیسم‌های خاک و در دسترس قرار دادن عناصر غذایی محلول مورد نیاز گیاه نه تنها عملکرد محلول را بالا می‌برد بلکه موجب افزایش بازده کود شیمیایی می‌شود (سجادی‌نیک و همکاران، ۱۳۹۲). مرزه خوزستانی

متعلق به جنس مرزه (*Satureja*) و خانواده نعناعیان (*Lamicacea*) می‌باشد. مرزه خوزستانی گونه‌ی انحصاری ایران است که محل رویش طبیعی آن در استان لرستان به ویژه پلدختر، روستای پالان و پل تنگ و در استان خوزستان، اندیمشک و در کوهپایه و روی صخره‌های آهکی پراکنش دارد (جمزاد، ۲۰۱۱). استفاده از اندام‌هوایی گل‌دار مرزه در طب سنتی برای درمان ضد نفخ، ضد کرم، محرک وخلط‌آور و همچنین شستشو دهنده کلیه و مجاری ادراری،کاهش دهنده‌ی فشار خون عرضه می‌گردد و دارای اثرات ضد درد و ضد میکروبی می‌باشد (مجد، ۱۳۸۷). وجه تمایز این پژوهش نسب به پژوهش‌های مورد مطالعه در مقدار ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی و نوع گیاه مورد مطالعه می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق کاربرد ورمی‌کمپوست در کنار کودشیمیایی به کاهش مصرف کودشیمیایی کمک می‌کند و هم‌چنین باعث افزایش عملکرد و رنگیزه‌ها ی فتوسنتزی گیاه مرزه خوزستانی می‌شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۰ انجام شد. تیمارها شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، ۱۴،۲۸ گرم در گلدان) و کودشیمیایی در چهار سطح صفر، (۵۰-۷۵-۲۶۰)، (۱۰۰-۱۵۰-۳۶۰)، (۱۵۰-۲۳۰-۴۶۰) میلی گرم در کیلوگرم در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. ابتدا قبل از کاشت خاک را الک دو میلی متر عبور داده و سپس برخی از خصوصیات خاک و ورمی‌کمپوست اندازه گیری شدند که شامل: بافت خاک به روش هیدرومتر(گی و بادر،۱۹۶۸)، pH با استفاده از دستگاه pH متر، مواد آلی به روش والکی بلاک، کربنات کلسیم،(لوپرت و سوارز، ۱۹۹۶)، عناصر نیتروژن ، فسفر وپتاسیم می باشند جدول(۱).

جدول شماره۱- برخی ویژه‌گی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست

بافت خاک	pH	موادآلی	EC	N	P	K
Sandy loam	۸/۰۳	۰/۴۷	۰/۳۷۵	۰/۰۱۵	۲/۱۹	۱۷۱
ورمی‌کمپوست	۸	۳٤/٦۰	۱/٦۹۲	۲	٪ ۱۲	۰/۵

برای کشت ابتدا گلدان‌های پنج کیلویی انتخاب کرده مقداری خاک کف گلدان‌ها ریخته شد و سپس به اندازه‌ی عمق ریشه‌ی گیاه مرزه خاک و ورمی‌کمپوست را با هم مخلوط کردیم و با آن بقیه گلدان‌ها را پر کردیم. کود شیمیایی را براساس آزمون خاک، اوره را در سه تقسیط مساوی و سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم را در ابتدای کشت به گلدان‌های مورد نظر داده شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. رطوبت خاک در طول آزمایش در حدود رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شد. سپس بعد از مدت سه ماه برداشت مرزه خوزستانی بدون صدمه زدن به ساقه و ریشه‌ی آن صورت گرفت. و گیاه را بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل کردیم وصفات مورد نظر نظیر وزن خشک بوته، تعداد و سطح برگ، درصد اسانس ، فلورسانس، اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده ها براساس نرم افزار SAS و رسم شکل توسط نرم افزار Excel انجام می شود.

نتایج و بحث

-وزن خشک بوته، سطح وتعداد برگ

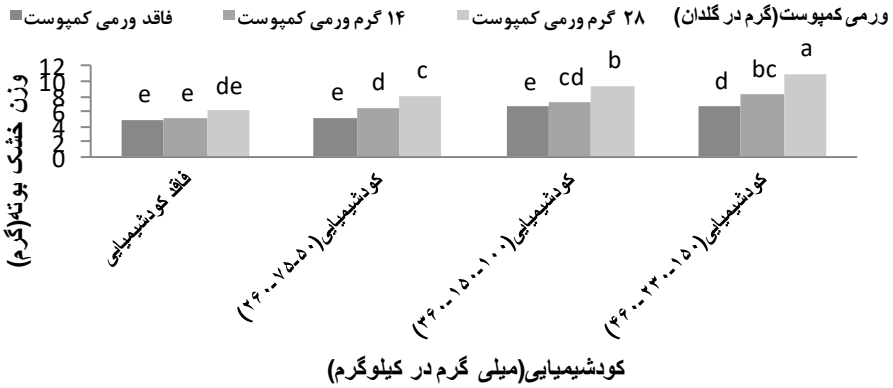
نتایج تجزیه واریانس درجدول(۲) نشان داد که سطوح ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی NPK بروزن خشک بوته، تعداد وسطح برگ معنی دارشد.

جدول۲.تجزیه واریانس اثر ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر ویژه‌گی‌های مورفولوژیکی مرزه

منبع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	تعداد برگ	وزن خشک بوته
ورمی کمپوست	۲	۱۰۴۸۵**	۸۲۰۸۵**	۳۱/۸۲**
کودشیمیایی	۳	۱۷۰۶۹**	۴۷۵۲۳**	۲۳/۴۹**
ورمی کمپوست * کودشیمیایی	۶	۴۶۸۱*	۳۵۷۶*	۱/۸۴*
خطا	۳۶	۱۸۹۰	۱۷۶۷	۰/۶۸

***و ** به ترتیب از لحاظ آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج و یک درصد می باشد. ns از لحاظ آماری معنی دار نمی باشد.**

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کودشیمیاییNPK بیشترین وزن خشک بوته به V۳۴(۲۸ گرم ورمی کمپوست و کودشیمیایی NPK (۱۵۰-۲۳۰-۴۶۰) به مقدار (۱۰/۹۸گرم) بود وکمترین تیمارV1F1 شاهد (۴/۹۶گرم) می باشد هرچند از لحاظ آماری با برخی تیمارها اختلاف معنی داری ندارد شکل(۱).



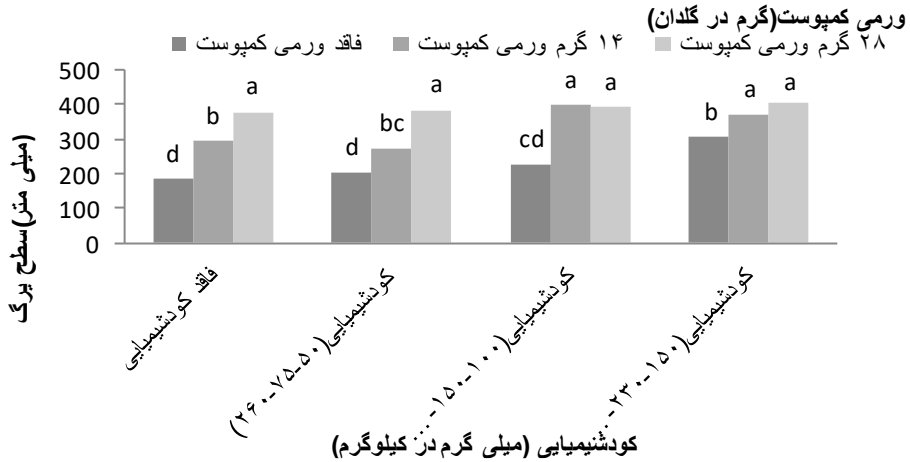
شکل ۱. اثر متقابل ورمی کمپوست و کودشیمیایی بر وزن خشک بوته

طبق تحقیقات انجام شده وزن تر و خشک گوجه فرنگی با افزایش ورمی‌کمپوست افزایش می‌یابد که این دلیل افزایش به خاطر تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی و خصوصیات میکروبی و زیستی محیط کشت گزارش کردند (بندر اوزنس، ۲۰۰۶). اکبری و همکاران (۱۳۸۸) طبق مطالعات خود روی آفتابگردان بیان کرد که عملکرد بیولوژیکی در سیستم تغذیه تلفیقی افزایش قابل قبولی داشته است و بیان داشتند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی باعث پایداری بیشتر محصول در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی می‌شود پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد سیستم تلفیقی (کودشیمیایی و کود آلی) را به دلیل مطابقت بیشترین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه دراین سیستم تلفیقی می‌دانند(ملکی و همکاران، ۲۰۰۴). درزی و همکاران(۲۰۱۸) در پژوهشی روی گل همیشه بهارمشاهده کردند

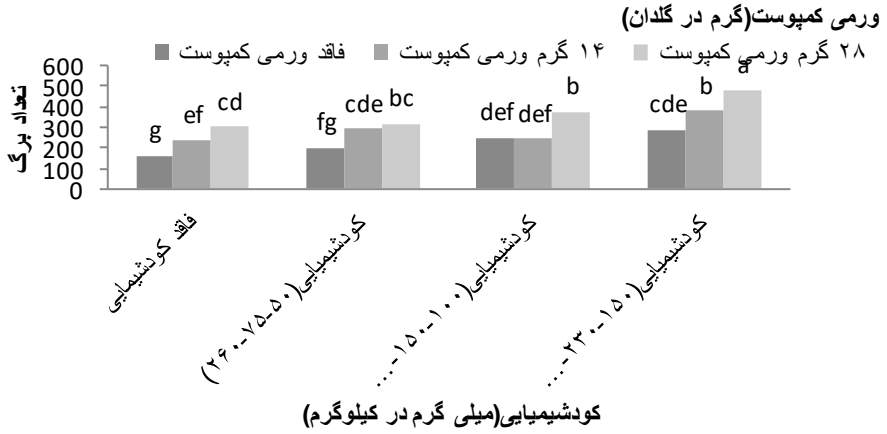
که کاربرد ۶تن ورمی‌کمپوست بر وزن خشک بوته در مقایسه با مصرف ۱۸ و۱۲ تن ورمی‌کمپوست دارای تاثیر یکسانی بوده و بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجودنداشت.

- سطح برگ، تعداد برگ

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی بیشترین سطح برگ مربوط به تیمار V3F4 (۲۸ گرم ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی NPK (۱۵۰-۲۳۰-۴۶۰ میلی گرم) بامقدار (۴۰۳/۵۰mm) بود هرچند تفاوت معنی داری با برخی تیمارهای دیگر نداشت و کمترین سطح برگ پس از پایان دوره رشد مربوط به تیمارV1F1 شاهد با مقدار(۱۸۳/۲۵mm) بود. (شکل۲). باتوجه به تجزیه واریانس جدول(۳) سطوح ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی در سطح پنج درصد برای تعداد برگ معنی دار شد. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمارV3F4 (۲۸ گرم ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی NPK (۱۵۰-۲۳۰-۴۶۰ میلی گرم) به مقدار(۴۷۹/۲۵) بود و کمترین تعداد برگ مربوط به تیمارV1F1 (شاهد) به مقدار (۱۶۳/۲۵) هرچند از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با تیمار V2F1 (۱۴ گرم ورمی‌کمپوست و فاقد کودشیمیایی) نداشت (شکل۳). مکگینس و همکاران(۲۰۰۳)، طبق بررسی های خود دریافتند علت افزایش سطح برگ ریحان در حضور ورمی‌کمپوست را ناشی از افزایش فعالیت ریزجانداران و بهبود خواص فیزیکی محیط، افزایش ظرفیت نگهداری آب بیان کردند. سینگ و همکاران(۲۰۰۸)، دریافتند که افزایش سطح برگ و تعدادبرگ در توت فرنگی به دلیل اسید هیومیک در ورمی‌کمپوست می‌باشد. طبق تحقیقات انجام شده کاربرد ورمی‌کمپوست به دلیل بهبود حاصلخیزی خاک از جمله تامین تدریجی عناصر غذایی بویژه نیتروژن سبب بهبود رشد رویشی و تعداد برگ در گیاهان ریحان(Ocimum basilicum) شد(تهامی زرندی و همکاران،۱۳۸۹و سینگ و رامش ۲۰۰۲،).



شکل ۲. اثر متقابل ورمی کمپوست و کودشیمیایی بر سطح برگ



شکل۳. اثر متقابل ورمی کمپوست و کودشیمیایی بر تعداد برگ

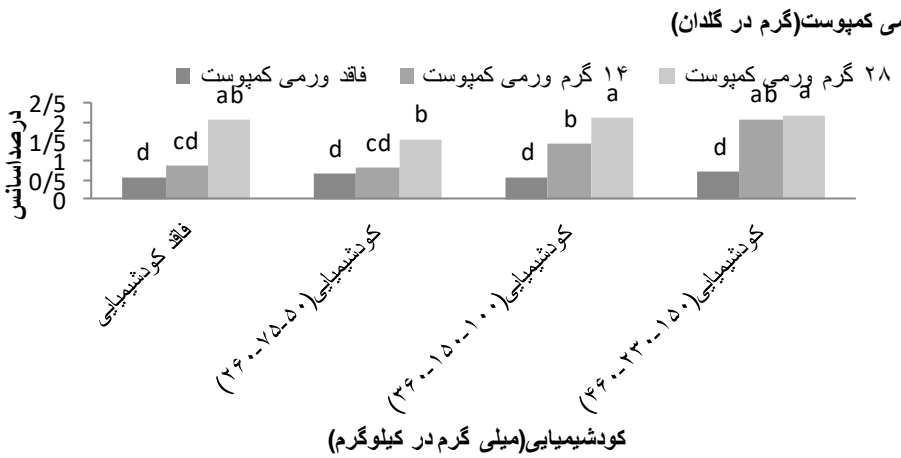
درصد اسانس و فلورسانس: طبق نتایج تجزیه واریانس جدول(۳) حاکی از آن است که اثر سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی NPK در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی در سطح پنج درصد بر درصد اسانس معنی دار شد. باتوجه به تجزیه واریانس جدول(۳) بیانگر آن است که سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی بر فلورسانس گیاه بی تاثیر بوده و اثر معنی داری نداشت.

جدول۳. نتایج تجزیه واریانس ورمی‌کمپوست‌وکودشیمیایی بر ویژه‌گی‌های فلورسانس و درصد اسانس مرزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	فلورسانس	درصداسانس
ورمی کمپوست	۲	۰/۰۰۶۰۳ ns	۷/۱۴۶**
کودشیمیایی	۳	۰/۰۰۴۴۴ ns	۰/۹۲۹**
ورمی کمپوست* کودشیمیایی	۶	۰/۰۰۶۲۵ ns	۰/۳۹۳*
خطا	۳۶	۰/۰۰۵۰۶	۰/۱۹۶

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمارV3F4 (۲۸) گرم ورمی‌کمپوست باکودشیمیایی(mg ۱۵۰- ۲۳۰-۴۶۰) به مقدار(۲/۱۶) بود هرچند با برخی تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشت و کمترین درصد اسانس مربوط به تیمارV1F3 بدون ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی (mg ۱۰۰ -۱۵۰- ۳۶۰)، به مقدار (۰/۵۶) بود هرچند از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با برخی تیمارها ازجمله V1F1 شاهد نداشت. شکل(۴). کارکرد دستگاه فتوسنتزی از طریق اندازه‌گیری فلورسانس می‌توان مورد بررسی قرار داد که بیان کننده‌ی عملکرد کوانتومی مراکز واکنش فتوسیستم II است (حضرتی و همکاران، ۲۰۱۶) .یداللهی وهمکاران (۱۳۹۳) نتایج مشابهی دریافتند که کود آلی بر فلورسانس کلروفیل گیاه گلرنگ تاثیر گزار نبوده است

کودهای آلی با افزایش عناصر غذایی در دسترس گیاه و آزاد سازی تدریجی آن‌ها باعث افزایش رشدگیاه شده و میزان بیوماس تولیدی را افزایش می‌دهد. دلیل بالا بودن درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی را شاید بتوان به تاثیر عمومی و مثبت این کودها بر ویژه‌گی‌های رشد گیاه نسبت داد از آنجایی که تحقیق فوق کودهای آلی و شیمیایی تاثیر مثبتی بر درصد اسانس داشتند می‌توان چنین استنباط کرد که از آنجایی که اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها نیازمند ATP و NADPH می باشد و با توجه به این مطلب که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری است بنابراین مصرف کودهای شیمیایی و کودهای آلی موجب افزایش اسانس گیاه دارویی مرزه شده است. مکی‌زاده و همکاران بیان کردندکه پژوهش روی گیاه ریحان ۲۰ و۵ تن ورمی‌کمپوست موجب بهبود بارز کیفیت اسانس نسبت به شاهد شد، به طوری که مقادیر لینالول و متیل کاویکول موجود در اسانس به طرز چشمگیری بیشتر بود (مکی زاده و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل۴.اثر متقابل ورمی کمپوست و کودشیمیایی بر درصد اسانس

نتیجه‌گیری

طبق نتایج تجزیه واریانس نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست در کنار کودشیمیایی باعث افزایش وزن خشک بوته، سطح وتعداد برگ و درصد اسانس در سطح پنج درصد شد ورمی‌کمپوست به دلیل فراوانی افزایش ظرفیت نگهداری آب، عناصر غذایی در دسترس گیاه به ویژه نیتروژن، آزادسازی تدریجی ان‌ها، بهبود خصوصیات فیزیکی وشیمیایی محیط کشت و به دلیل جمعیت میکروبی در ورمی‌کمپوست و اسید هومیک موجود در ورمی‌کمپوست باعث افزایش درصد اسانس، وزن خشک بوته، سطح و تعداد برگ می‌شوند. و درآخر می توان گفت ورمی‌کمپوست در کنار کودشیمایی به کاهش مصرف بی رویه‌ی کودشیمیایی کمک می کند و هم چنین باعث افزایش عملکرد گیاه مرزه خوزستانی می‌شود.

فهرست منابع

اکبری، پ.، قلاوند، ا و مدرس ثانوی، ع. تاثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (آلی، شیمیایی و تلفیقی) و کود زیستی بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان(*Helianthus annuus L.*). مجله دانش کشاورزی پایدار. جلد ۱، شماره۱۹. صفحه ۸۴-۹۳، ۱۳۸۸.

تهامی زندی، م. ک.، رضوانی مقدم، م.، و جهان، م. (۱۳۸۹) مقایسه تاثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان(Ocimum basilicum). نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۲(۱): ۶۳-۷۴.

مکی زاده تفتی، م.، نصراله زاده، ص.، زهتاب سلماسی ، س.، چایی‌چی، م.ح. و خاوازی، ک.(۱۳۹۱) اثر کودهای زیستی ، آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی ریحان (*Ocimum basilicum L.*)، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد۲۲، شماره۱.

مجد، ا.، نژاد ستاری، ط.، خاوری نژاد، ر.، و دوستی ب. بررسی تغییرات کمی و کیفی ترکیبات سازنده گیاه دارویی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica Jamzad*) در طول تکوین گیاه وخواص ضد میکروبی اسانس آن در شرایط in vitro، مجله ی علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۸(۷۰/۱)، ۶۰-۵۱، ۱۳۸۷.

یداللهی، پ؛ اصغری‌پور، م.ر.، خیری، ن.ا.، قادری، ا.،(۱۳۹۳) اثر تنش خشکی وانواع کود آلی بر عملکرد کود آلی بر عملکرد روغن و ویژه‌گی‌های بیوشیمیایی گلرنگ(Carthamus tinctorius L.). نشریه تولید گیاهان روغنی، شماره ۲، صص ۲۷-۴۰.

Bender Ozenc, D.(۲۰۰۶)Effects of composted hazelnut husk on growth of tomato plants. Compost Science and Utilization. 14, 271-275,

Darzi MT and Haj Seyed Hadi MR,(2017a). Effects of organic and bio-fertilizers on some quantitative and qualitative characters of dragonhead (Dracocephalum moldavica L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(6): 1060-1072. (In Persian).

Edwards, C.A., N.Q. Arancon, M. Vasko-Bennett, A. Askar and G. Keeney.(2010) Effect of aqueous extracts from Vermicomposts on attacks by cucumber beetles (Acalymna vittatum) (Faber.) on cucumbers and tobacco hornworm (Manduca sexta) (L.) on tomatoes. Pedobiol. ۵۳(۲): ۱۴۱-۱۴۸,.

Gee. G. w., Bauder. J.W., & Klute. A. (1986). Particle-size analysis. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 383-4۱۱.

Hazrati, S.,Tahmasebi-Sarvestani, Z., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli.A.andNicola,S.(2016).Effectsofwaterstressandlightintensityonchlorophyllfluorescenceparametesand pigments of AloeveraL.–Plant Physiol. Biochem.106:141-148.

Jamzad, z., (2011) Thyme and Savory Iran. Research Institute of Forests and Rangelands Tehran,171p.

Liu, M., Wang, C., Wang, F. and Xie, Y.(2019). Vermicompost and humic fertilizer improve coastal saline soil by regulating soil aggregates and the bacterial community. Archives of Agronomy and Soil Science, 65(3), 281-293,

Loeppert, R.H., and Suarez, D.L. (1996). Carbonate and gypsum. In: Methods of Soi

Analysis. Part 3. Chemical methods, Sparks, D. L. (Ed.). Soil Sci. Soc. Am. and Am.Soc. Agro., Madison, WI. pp. 437-474.

Mcginnis, M., Cooke, A., Bilderback, T. and Lorscheider, M.,(2003) Organic Fertilizers for basil transplant production. Acta Horticulturea. 49(1), 213-218

Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Charles, J.L. and Wen, G.(2004) Effect of rate, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskachwan. Canadian Journal of Soil science 84: 199-210.

Singh, M., and Ramesh, S. (2002). Response of sweet basil (Ocimum basilicum) to organic andinorganic fertilizer in semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 24(4): 947-950.

چکیده انگلیسی

The effect of vermicompost and chemical fertilizers on the morphological characteristics, percentage and fluorescence of Khuzestani marzeh

Seyede asma shahrohi, mohammad feizian, sadegh mousavifar
1-Student of Lorestan University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Engineering; *as.shahrokhi1400@gmail.com
2- Supervisor of Lorestan University, Faculty of Agriculture
3- Consultant professor of Lorestan University, Faculty of Agriculture

Abstract

In order to investigate the effects of different levels of vermicompost and NPK chemical fertilizer on the yield and morphological characteristics and the percentage of essential oil and fluorescence of Khuzestani spicy medicinal plant, a factorial research was carried out in the form of a completely randomized design in four replications in the greenhouse of the Faculty of Agriculture of Lorestan University. Experimental treatments include three levels of vermicompost (zero, 14 and 28 grams in a five-kilogram pot) and four levels of NPK chemical fertilizer (zero, (50-75-260), (100-150-360), (150-230-460) mg were in kilograms. The results of the experiment showed that the combined effect of vermicompost and chemical fertilizers on the percentage of essential oil and characteristics of the number and surface of leaves, as well as the effect of vermicompost on the fresh and dry weight of the plant, had an increasing trend, but the use of vermicompost had no significant effect on plant fluorescence. According to the

results obtained in this research, it can be concluded that the use of vermicompost along with chemical fertilizer reduces the consumption of chemical fertilizer and also increases the properties of Marzeh Khuzestani medicinal plant.

Keywords: Essential oil, fluorescence, medicinal plant, Khuzestan flavor

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی تغییرات کوتاه مدت فسفر در جریان‌های سیلابی مختلف در حوضه پسیخان استان گیلان

عیسی ابراهیمی[۱]، اسماعیل کامران[۲]، میثم رحیمی[۳*]

۱- دکترای خاکشناسی دانشگاه گیلان

۲- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳-دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

Rahimi.M@ag.iut.ac.ir

خلاصه

سیل یکی از مهمترین عوامل طبیعی است که با دخالت انسان رخ می‌دهد و باعث کاهش کیفیت منابع آب و خسارات مالی زیادی می‌شود. سالانه کشاورزان بیش از حد نیاز نیتروژن و فسفر را به صورت کود در اراضی کشاورزی توزیع می‌کنند، که مازاد این ترکیبات توسط باران و سیل وارد رودخانه می‌شود و سبب آلودگی و پدیده غنی‌شدن در منابع آبی می‌شود. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر رخدادهای سیلابی بر خروج فسفر در رودخانه پسیخان واقع در استان گیلان است. برای انجام این پژوهش از پنج رخداد سیلابی در سه ایستگاه هیدرومتری مبارک‌آباد، علیسرا و نوخاله در حوضه پسیخان واقع در بخش مرکزی استان گیلان به صورت ساعتی نمونه‌برداری شد. رودخانه پسیخان مهمترین رودخانه ورودی به تالاب انزلی است. پارامترهای کیفی شامل فسفر (کل، ذره‌ای و محلول) و دبی جریان در پنج سیلاب اندازه‌گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار خروج فسفر در ایستگاه نوخاله بیشتر از دو ایستگاه مبارک‌آباد و علیسرا است. علت این موضوع مساحت بیشتر و تجمع آلودگی در ایستگاه نوخاله است. همچنین در این زیر حوضه فعالیت‌های کشاورزی نسبت به دو زیر حوضه دیگر در سطح وسیعتری در حال انجام است. دامنه تغییرت فسفر کل در سیلاب‌های مورد بررسی در ایستگاه نوخاله ۰/۴۵-۳/۹۳ میلی‌گرم بر لیتر است. با گذر زمان از شروع سیل و افزایش دبی جریان سیل غلظت فسفر به دلیل اثر رقت و کاهش مقدار این عناصر در لایه‌های سطحی خاک کاهش یافت.

کلمات کلیدی: آلودگی، تالاب انزلی، تغذیه‌گرایی کیفیت، محیط زیست

مقدمه

تأثیر مهم آب به عنوان شکل دهنده و ضامن بقای تمدن‌ها در طول تاریخ بشر ثابت شده است. در سه دهه پایانی قرن بیستم نگرانی در خصوص کیفیت آب به طور گسترده‌ای احساس شد، به طور که در حال حاضر کیفیت آب اهمیتی به اندازه کمیت آن پیدا کرده است. آلودگی آب نه تنها کیفیت آن را تحت تاثیر قرا می‌دهد بلکه سلامت انسان، توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی را تهدید می‌کند (Milovanovic, 2007; Carroll et al., 2006). از میان ۴۵ بلایای طبیعی شناخته شده، سیل از جمله ویرانگرترین آنها است که خسارات و تلفات جانی فراوانی را به بار می‌آورد. در بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به طور متوسط ۲۳۲ میلیون نفر در سال تحت تاثیر بلایای طبیعی قرار گرفتند که از این تعداد ۱۰۶ میلیون نفر آنها با سیلاب مواجه بوده‌اند که فقط در سال ۲۰۱۰ بیش از ۱۷۸ میلیون نفر در سراسر جهان به نوعی تحت

تاثیر سیلاب قرار گرفتند (Kjha et al., 2012). سیل ناشی از بارش بیش از اندازه باران بر روی سطح زمین است که می تواند به صورت آهسته یا ناگهانی رخ دهد. پدیده سیل یک پدیده طبیعی است اما فعالیت‌های انسانی تاثیر بسیار زیادی در رخ داد آن دارند (UNESCO, 2011; Noori et al., 2010). سیل در واقع مضرترین پدیده از همه خطرات طبیعی است که بر جنبه‌های اقتصادی در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد. عوارض منفی سیل شامل گسترش بیماری‌های واگیردار، تخریب زیستگاه‌های طبیعی، محصولات زراعی، دامی، خانه‌ها، تخریب کیفیت آب و از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی و حیوانات است (Ching et al., 2015).

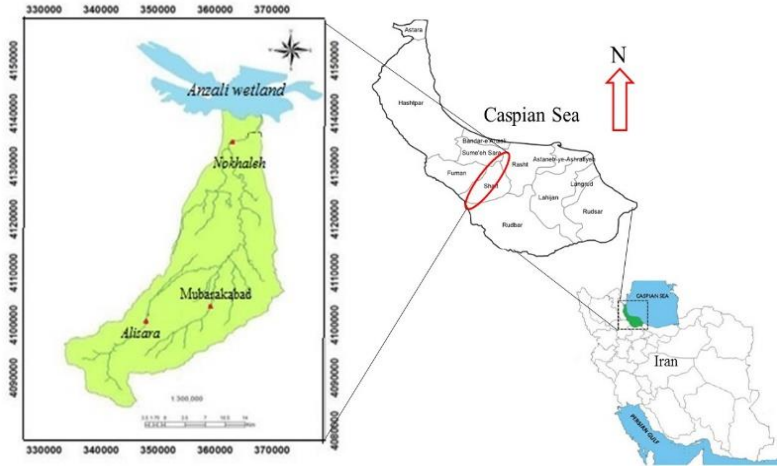
رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله، رواناب‌های سطحی باعث گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب شده‌اند (Samadi et al., 2015). از مهمترین عناصری که به عنوان آلاینده وارد محیط زیست می‌شود می‌توان به فسفر و نیتروژن اشاره کرد (Asadi et al., 2018; Latifi et al., 2018). وجود این عناصر در منابع آبی سبب پدیده مخرب غنی‌شدن می‌شود (Schindler et al., 2016). غنی‌شدن اصلی‌ترین عامل تخریب کیفیت آب‌های سطحی است. این پدیده باعث رشد شدید جلبک‌ها و سیانوباکترها، ترشح مواد سمی از جلبک‌ها به داخل آب، کاهش نفوذ نور به عمق آب، کاهش اکسیژن محلول آب و غیره می‌شود (Eastman et al., 2010). Asadi (۲۰۱۶) و Asadi et al., (2018) به بررسی وضعیت کیفیت آب در رودخانه‌های استان گیلان واقع در شمال ایران در طول سال در شرایط جریان عادی پرداخت. این پژوهشگر بیان کردند که تغییرات فسفر، نیتروژن، رسوب و ماده آلی در این رودخانه‌ها تابع تغییرات زمانی و مکانی است. نیز بیان کردند که تغییرات فسفر و نیتروژن در رودخانه دارای تغییرات زمانی و مکانی است. Karbasi et al., (2006) بیان کردند که عمده منابع آلودگی آب‌های سطحی به ویژه رودخانه‌ها، منابع نقطه‌ای مانند زهکش‌های کشاورزی، پساب‌های شهری و صنعتی و منابع گسترده مانند زهاب‌های کشاورزی می‌باشند. Bu et al., (2010) ، برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب و تشخیص عوامل و منابع آلودگی در رودخانه جین شو در جنوب کین لینگ چین روش‌های آماری چند متغیره و روش-های شبکه‌ای را مورد استفاده قرار دادند و نتایج تحلیلی نشان داد که آلودگی آب در درجه اول از فاضلاب داخلی و جاری شدن ضایعات کشاورزی منتج می‌شود.

بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات خروج فسفر در طول سیلاب‌های مختلف و رابطه آن با تغییرات دبی جریان در سه ایستگاه هیدرومتری علیسرا، مبارک‌آباد و نوخاله است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در حوضه پسیخان واقع در مرکز استان گیلان در شمال ایران انجام شد (شکل ۱). این حوضه دارای سه ایستگاه هیدرومتری به نام مبارک‌آباد، علیسرا و ایستگاه خروجی حوضه به نام نوخاله است. حوضه مورد مطالعه دارای ارتفاعی حدود ۲۸۶۷ متر است. طول رودخانه‌ی پسیخان از سر شاخه تا تالاب انزلی ۹۴/۴۵ کیلومتر است و وسعت حوضه‌ی آبریز آن حدود ۷۷۵ کیلومتر می‌باشد (جدول ۱). تقریباً نیمی از حوضه‌ی آبریز این رودخانه در مناطق همواره و پست و نیمی را مناطق کوهستانی تشکیل می‌دهد. حوضه‌ی رودخانه‌ی پسیخان در محدوده‌ی مختصات جغرافیایی

´۸ °۴۹ تا ´۳۴ °۴۹ طول شرقی و ´۵۴ °۳۶ تا ۲۷ °۳۷ عرض شمالی قرار گرفته است. ضریب شکل گراولیوس حوضه‌ی پسیخان تا ایستگاه نوخاله ۱/۵۷ می‌باشد (جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات حوضه مورد مطالعه

ایستگاه	طول رودخانه	میانگین شیب	میانگین ارتفاع	ضریب گراولیوس	طول حوضه	محیط	مساحت
نوخاله	۹۴٫۴۵	۱۹٫۶	۴۷۵٫۷	۱٫۵۷	۵۳٫۷۵	۱۶۳٫۹	۷۷۵٫۰
مبارک‌آباد	۱۷٫۹۳	۳۷٫۶	۱۲۳۸٫۵	۱٫۲۱	۱۶٫۵۵	۴۵٫۵	۱۱۱٫۵
علیسرا	۲۹٫۹۸	۴۱٫۵	۱۶۲۶٫۰	۱٫۴۶	۲۳٫۷۵	۷۱٫۰	۱۸۴٫۲

به منظور تعیین هدررفت فسفر کل (TP) نیز به روش رنگ سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. برای اندازه‌گیری فسفر محلول (SP)، قبل از هضم، از سه لایه کاغذ صافی واتمن شماره‌ی ۴۴ عبور داده شد و سپس هضم و قرائت گردید (Carlson and Simpson, 1996). مقادیر فسفر ذره‌ای از تفاضل مقادیر کل و محلول به دست آمد. نمودارها نیز در نرم افزار Excel 2013 رسم شدند.

نتایج و بحث

تغییرات فسفر کل، محلول و ذره‌ای در نمونه‌های آب و رسوب رودخانه، در طی رخدادهای سیلابی در ایستگاه نوخاله، مبارک‌آباد و علیسرا به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ آمده است. مشاهده می‌شود که با گذر زمان از شروع نمونه‌برداری در ایستگاه مبارک‌آباد و علیسرا دبی جریان کاهش یافته است که علت این موضوع کاهش بارندگی بوده است. اما در ایستگاه نوخاله دبی جریان افزایش یافته است، علت افزایش دبی در ایستگاه نوخاله با گذر زمان را بایستی به تاخیر در

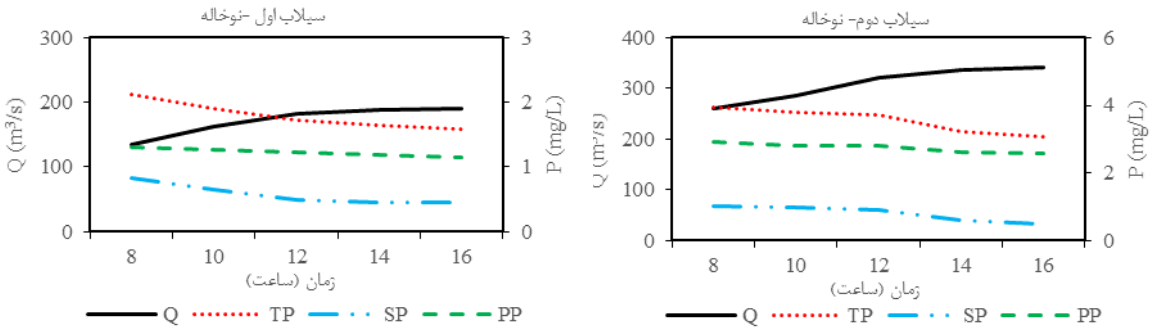
رسیدن جریان از نقاط بالادست حوضه به ایستگاه نسبت داد. در صورتیکه نمونه‌برداری در زمان ادامه پیدا می‌کرد در ایستگاه نوخاله نیز کاهش دبی رخ می‌دهد. به عبارتی تغییرات دبی در طول سیلاب دارای یک توزیع نرمال است و در ابتدا یک روند افزایشی دارد به یک اوج رسیده و سپس دبی کاهش می‌یابد. مقدار دبی اوج زمانی رخ می‌دهد که جریان آب از تمام شاخه‌های فرعی به رودخانه اصلی در منطقه مورد نظر رسیده باشد. Mohamadpour et al., (2016) در مقیاس کوچک نتایج مشابهی به دست آوردند. این پژوهشگران برای مطالعه تغییرات فرسایش در دامنه زمانی کوتاه صفر تا ۱۵ دقیقه مشاهده کردند که در ابتدا دبی افزایش یافته و در یک اوج نسبتا ثابت شده و در انتها کاهش دبی جریان رخ داده است.

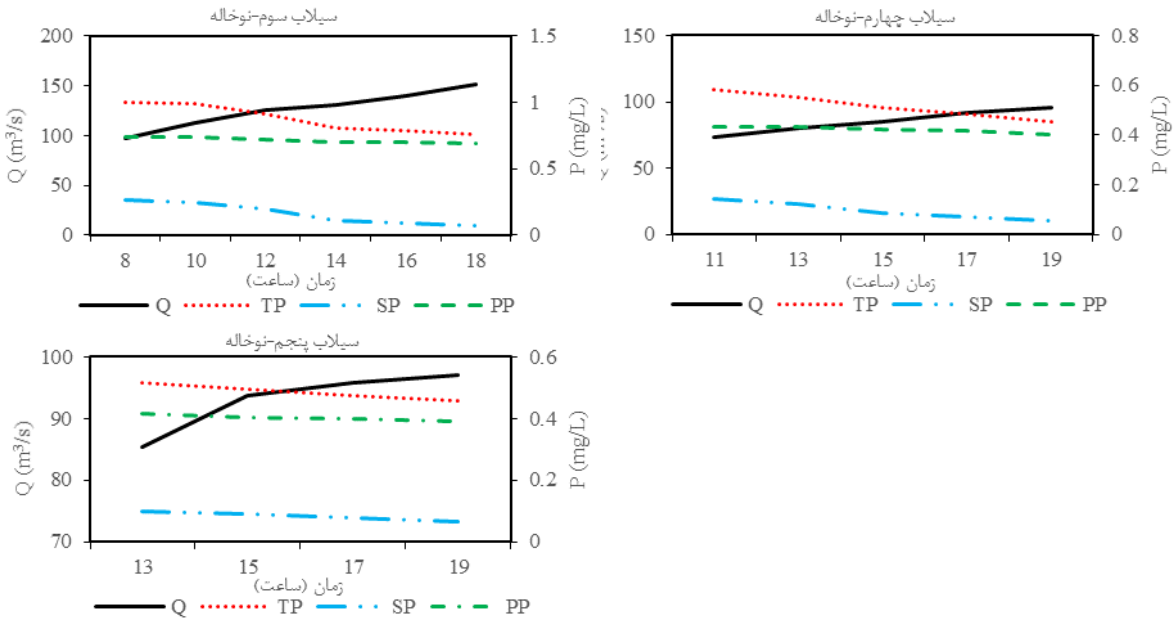
همان‌طور که مشاهده می‌شود روند تغییرات فسفر کل، محلول و ذره‌ای در طی همه سیلاب‌های اندازه‌گیری شده و در هر سه ایستگاه نوخاله، مبارک‌آباد و علیسرا یکسان می‌باشد. سیلاب دوم با میانگین دبی ۳۰۹/۵ مترمکعب در ثانیه دارای بیشترین دبی بوده است که به صورت میانگین ۳/۵ میلی‌گرم در لیتر خروجی فسفر کل داشته است. علت این افزایش چشمگیر در خروج فسفر را می‌توان به افزایش فرسایش سطحی در اراضی کشاورزی چای و برنج، فرسایش در مراتع بخش جنوبی حوضه، فرسایش دیواره رودخانه و خندق‌های موجود در بخش بالادست حوضه نسبت داد. روند کلی تغییرات فسفر کل در طول یک رخداد نشان داده است که با گذر زمان مقدار فسفر کل در سیلاب در هر سه ایستگاه کاهش یافته است. علت این موضوع را می‌توان به حساسیت بیشتر خاک به فرسایش در شروع بارش و سیلاب، افزایش اثر رقت، کاهش نسبت غنی‌شدگی، شستشوی لایه سطحی خاک توسط رواناب، شستشوی دیواره رودخانه، انتقال مواد آلی در لایه سطحی خاک توسط رواناب و انتقال مواد آلی که در حاشیه رودخانه به دام انداخته شده بودند نسبت داد (Mihara et al., 2005). Vaezi and Foroumadi (۲۰۱۷) بیان کردند که وقتی فرسایش آبی رخ می‌دهد با گذر زمان میزان فرسایش در ابتدا افزایش می‌یابد و بعد از گذر زمان میزان فرسایش خاک تقریبا ثابت می‌شود. بنابراین با توجه به نتایج Vaezi and Foroumadi (۲۰۱۷) نیز می‌توان استدلال کرد که با گذر زمان میزان فرسایش کاهش یافته ولی در نقطه مقابل میزان دبی سیلاب افزایش یافته است، با در نظر گرفتن اثر رقت مقدار فسفر کل و سایر شکل‌های فسفر در حجم آب کاهش یافته است. Liu et al., (2018) مقدار فسفر کل را در بعضی از رودخانه‌های چین بین ۰/۰۳ تا ۰/۵۶ میلی‌گرم بر لیتر به دست آوردند که این مقادیر نزدیک به دامنه به دست آمده در بخش بالایی حوضه (دو ایستگاه مبارک‌آباد و علیسرا) است. همچنین در مطالعات مختلف بیان شده است که دلیل دیگر این کاهش غلظت فسفر را اینگونه بیان کردند که در دبی‌های بالا مواد دانه درشت زیادی انتقال می‌یابد. این مواد دانه درشت حاوی مقادیر کمی فسفر هستند، بنابراین غلظت فسفر در آب رودخانه در شرایط سیلابی کاهش می‌یابد (Mihara et al., 2005).

برای تعیین خروج فسفر از حوضه در سیلاب‌های مختلف از نسبت TP/Q (فسفر کل به دبی جریان) استفاده شده تا خروج فسفر در هر سیلاب را با سیلاب بعدی خود مقایسه شود. با توجه به این نسبت در ایستگاه نوخاله مشاهده شد که بیشترین خروج فسفر در سیلاب اول و کمترین خروج آن در سیلاب پنج رخ داده است. به عبارت دیگر در طول

سال هر چقدر سیلاب دیرتر رخ دهد میزان کمتری فسفر از حوضه خارج می‌شود. علت این موضوع کاهش ذخایر فسفر در حوضه توسط سیلاب‌های ابتدایی هست.

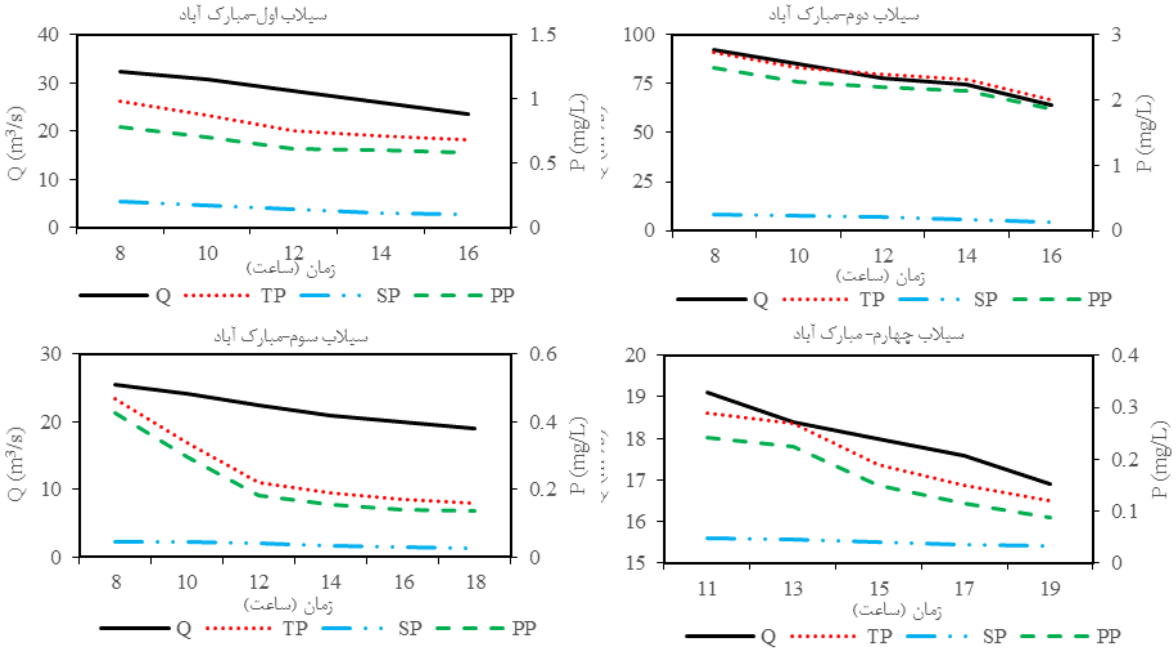
مقدار فسفر نمونه‌های آب ایستگاه نوخاله، به مراتب بیشتر از دو ایستگاه دیگر می‌باشد که می‌توان علت آن را به افزایش فرسایش در منطقه ناشی از سیلاب نسبت داد. دو شکل دیگر فسفر، فسفر ذره‌ای و فسفر محلول نیز دارای روند تغییرات مشابه فسفر کل هستند. نتایج نشان داده است که فسفر عمدتا به صورت فسفر ذره‌ای انتقال می‌یابد. دامنه تغییرات فسفر ذره‌ای در ایستگاه نوخاله بین ۰/۳۹ تا ۲/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر است. Liu et al., (2018) نشان دادند که دامنه تغییرات فسفر ذره‌ای در برخی رودخانه‌های چین بین ۰/۰۱ تا ۰/۲۲ میلی‌گرم بر لیتر است. علت اختلاف دامنه بین مطالعه حاضر و Liu بررسی جریان عادی در مطالعه Liu *et al.*, (2018) است. مطالعات فراوانی نشان داده‌اند که فسفر عمدتا به صورت فسفر ذره‌ای از حوضه‌های خارج می‌شود (Asadi et al., 2018; Latifi et al., 2018; Asadi, ۲۰۱۶; Ide et al., 2008). فسفر بر روی ذرات خاک و از طریق جذب سطحی و ایجاد پیوندهای قوی با آلومینوسیلیکات‌ها و اسیدها و هیدروکسیدهای فلزی مانند آلومینیوم و آهن، در اثر بارندگی شدید و ایجاد فرسایش به همراه ذرات خاک توسط رواناب حمل شده و وارد رودخانه‌ها می‌شود. در سیلاب دوم که بیشترین دبی را دارد به طور متوسط در هر ساعت ۳/۹۰۸ تن فسفر از حوضه در موقعیت ایستگاه نوخاله خارج می‌شود. به صورت متوسط پنج رخداد سیلابی به صورت متوسط در هر ساعت ۱/۱۴۳ تن فسفر خارج می‌شود. در همین راستا Asadi (2016) بیان کرد که در جریان عادی در رودخانه پسیخان سالانه ۲۴۵ تن فسفر از حوضه خارج می‌شود که از این مقدار ۸۵ درصد فسفر خارج شده مربوط به فصل پاییز و زمستان بوده است و در تابستان کمترین مقدار خروجی فسفر را اندازه‌گیری کردند.

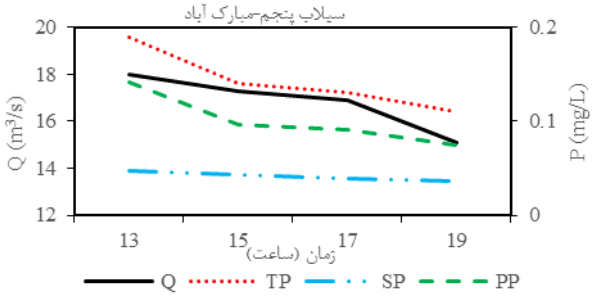




شکل ۲- تغییرات دبی و فسفر در ایستگاه نوخاله

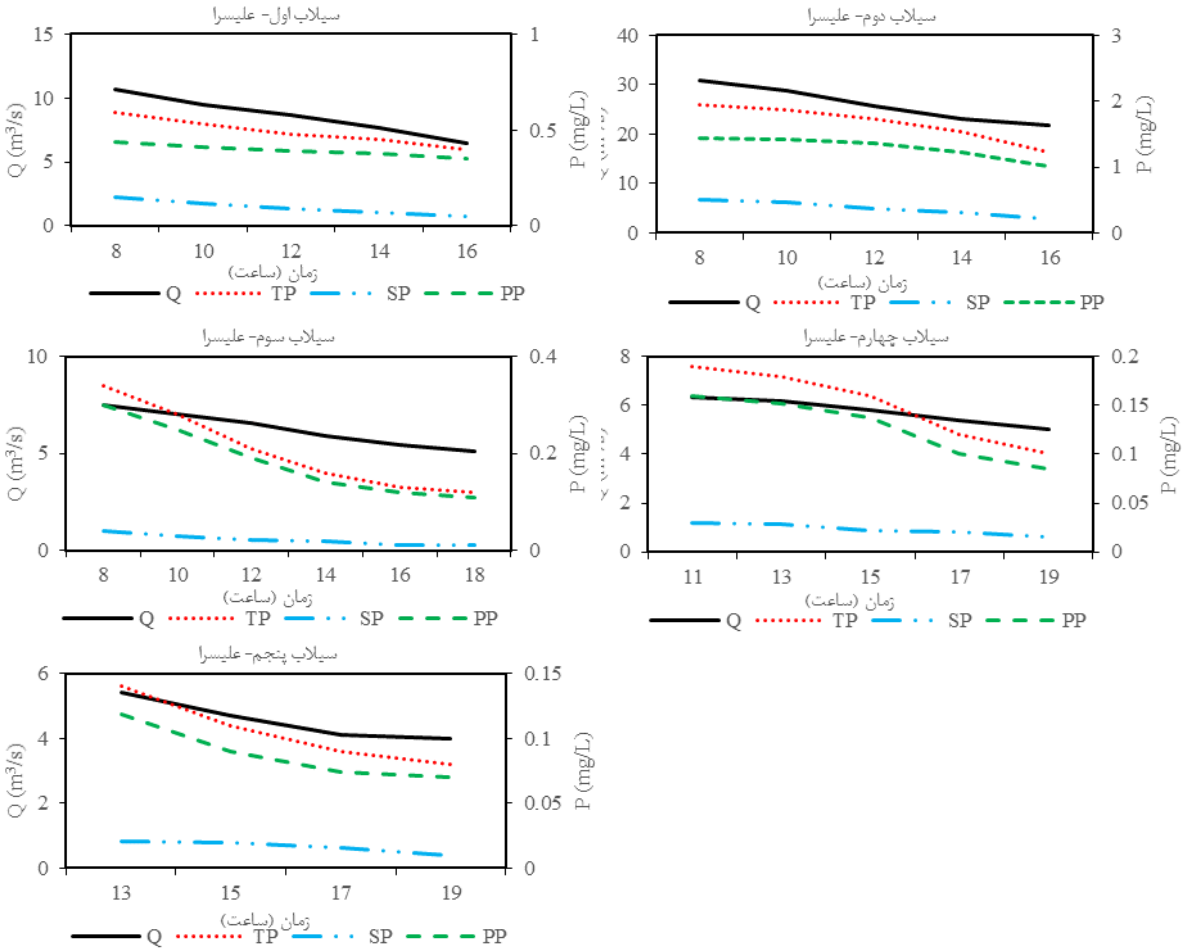
Q، دبی جریان سیلاب؛ **TP**، فسفر کل؛ **PP**، فسفر ذره‌ای؛ **SP**، فسفر محلول





شکل ۳- تغییرات دبی و فسفر در ایستگاه مبارک‌آباد

Q، دبی جریان سیلاب؛ TP، فسفر کل؛ PP، فسفر ذره‌ای؛ SP، فسفر محلول



شکل ۴- تغییرات دبی و فسفر در ایستگاه علیسرا

Q، دبی جریان سیلاب؛ TP، فسفر کل؛ PP، فسفر ذره‌ای؛ SP، فسفر محلول

نتیجه‌گیری

تالاب انزلی یکی از مناطق طبیعی بسیار زیبا و حساس در شمال ایران است. این تالاب در استان گیلان واقع شده و به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آبی و محیط‌زیستی منطقه شناخته می‌شود. تالاب انزلی به عنوان یک محل مرتفع از نظر اهمیت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در این منطقه محسوب می‌شود. این تالاب از طریق رودخانه‌ها، جریان‌های زیرزمینی و ورودی‌های دیگر به منطقه تغذیه می‌شود. برخی از گونه‌های حیاتی از جمله پرندگان مهاجر و ماهیان در این تالاب زیست‌گاه دارند. همچنین، تالاب انزلی از لحاظ گردشگری نیز مورد توجه بسیاری از گردشگران قرار دارد و تأثیر مهمی در توسعه اقتصادی منطقه دارد. با این حال، تالاب انزلی نیز با چالش‌ها و مشکلاتی همچون تغذیه‌گرایی و افزایش سطح فسفر مواجه است که نیازمند مدیریت و نظارت دقیق برای حفظ و بهبود وضعیت زیست‌محیطی آن است. تدابیر موثر و هماهنگی بین مراکز مختلف مسئول در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است. سیل مانند سایر پدیده‌های هیدرولوژیکی نتیجه عوامل پیچیده‌ای هست که ترکیب آنها خیلی مشکل‌تر از آن است که مکانیسم آن را بتوان به طور کامل تجزیه و تحلیل نمود. یکی از مشکلات اصلی تالاب انزلی پدیده تغذیه‌گرایی تالاب است. به طور کلی نتایج نشان داد که وقوع سیل در منطقه به شدت کیفیت آب در تالاب انزلی را کاهش می‌دهد. برای کنترل این موضوع نیاز است در بخش جنوبی حوضه مرتع داری به شیوه صحیح، کنترل تخلیه فاضلاب‌های شهری و روستایی، کاهش فرسایش در اراضی کشاورزی و جنگلی، کنترل مصرف کودهای شیمیایی و آلی، کنترل دیواره رودخانه و سایر اقدامات حفاظتی صورت گیرد. همچنین با ایجاد تله‌های رسوب‌گیر و بندهای در مسیر حرکت رودخانه خصوصا در نواحی شیب‌دار می‌توان باعث کاهش حرکت ذرات خاک شد. به طور کلی با توجه به دبی بالای رودخانه و نقش اساسی آن در تامین آب و ورود آلاینده‌ها به تالاب انزلی در صورتی که اقدامات حفاظتی صورت نگیرد، تخریب و مرگ تالاب با حداکثر سرعت رخ خواهد داد.

روند تغذیه‌گرایی و افزایش سطح فسفر در تالاب انزلی به عوامل متعددی بستگی دارد. در ادامه، چندین عامل موثر در این روند بیان می‌شود:

منابع مختلف فسفر: فسفر به عنوان یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان و ارگانیسم‌های آبزی، از منابع مختلف به تالاب وارد می‌شود. این منابع شامل نمک‌ها، کودها، زباله‌های کشاورزی و شهری، ورودی‌های صنعتی و... می‌باشند.

تخلیه زباله‌های کشاورزی و شهری: تخلیه زباله‌های کشاورزی و شهری به تالاب می‌تواند حاوی فسفر باشد. این زباله‌ها معمولاً در مناطق اطراف تالاب جمع‌آوری و به تالاب منتقل می‌شوند.

رفتار آب دریاچه‌ای: عواملی مانند تغییرات در دما و تراکم آب، تغییرات سرعت و جهت جریان‌های آب، تراکم گیاهان آبزی و... می‌توانند تأثیرگذار بر فرآیند تغذیه‌گرایی و فسفر در تالاب داشته باشند.

روند تصفیه طبیعی: تالاب‌ها توانایی تصفیه طبیعی آب را دارند. در این فرآیند، مواد آلی و مواد معلق در آب توسط گیاهان و میکروب‌های موجود در تالاب تجزیه و تحلیل می‌شوند. اگر این فرآیند به درستی کار نکند، می‌تواند منجر به تجمع فسفر در آب شود.

تغییرات آب و هوا و نقش باران: تغییرات در الگوی بارندگی و سطح آب رودخانه‌ها می‌تواند موجب حمل فسفر از مناطق کشاورزی به تالاب شود.

فعالیت‌های انسانی: کشاورزی، شهرنشینی، فعالیت‌های صنعتی و تخلیه پساب‌های صنعتی و فاضلاب شهری نیز می‌توانند منبع فسفر برای تالاب باشند.

برای مقابله با این مشکلات، استراتژی‌هایی مانند مدیریت مستمر منابع آب، کنترل استفاده از کودها و مواد شیمیایی، مانیتورینگ دقیق و نظارت بر ورودی‌های آب به تالاب، و افزایش آگاهی از اهمیت حفظ تالاب انزلی و محیط زیست می‌تواند کمک کننده باشد.

منابع

Asadi, H., Aligoli, M., and Gorji, M. (۲۰۱۷). Dynamic Changes of Sediment Concentration in Rill Erosion at Field Experiments. Journal of Water and Soil Science. 20(78), 125-139. (In Persian with English abstract).

Asadi, H., Latifi, V., and Ebrahimi, E. (۲۰۱۸). Study of the Phosphorus Losses from Different Watersheds in Guilan Province. Amirkabir Journal of Civil Engineering. 50(4), 641-654. (In Persian with English abstract).

Asadi, H. (۲۰۱٦). Estimation of sediment, organic carbon, and phosphorous loads from Pasikhan River into Anzali wetland, Iran. IJEP. 6 (1), 129-133.

Bu, H., Tan, X., Li, S., and Zhang, Q. (۲۰۱۰). Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety. 73(5), 907–913.

Carlson, R.E., and Simpson, J. (۱۹۹٦). A coordinators guide to volunteer lake monitoring. North American Society. 96.

Carroll, S.P., Dawes, L., Hargreaves, M., and Goonetilleke, A. (۲۰۰٦). Water quality profile of an urbanising Catchment Ningi Creek catchment; Technical Report; School of Urban Development, Queensland University of Technology: Caboolture Shire Council, QLD, Australia. pp. 1–93.

Ching, Y.Ch., Lee, Y.H., Toriman, M.E., Abdullah, M. (۲۰۱۵). Effect of the big flood events on the water quality of the Muar River, Malaysia. Sustain. Water Resources Management. 1, 97–110

Eastman, M., Gollamudi, A.N., Stampfli, C., Madramootoo, A., and Sarangi, A. (۲۰۱۰). Comparative evaluation of phosphorus losses from subsurface and naturally drained agricultural fields in the Pike River watershed of Quebec, Canada. Agricultural Water Management. 97, 596–604.

Karbasi, A., Bayati, A., and Nabibidhendi, G. (۲۰۰٦). Investigated of Pollution intensity of heavy metals in The Shafaroud river sediments. Journal of Environmental Studies. 39(32), 41-48.

Kjha, A., Bloch, R., and Almond, J. (۲۰۱۲). A manual to integrated urban flood risk management for 21th century (Cities and flooding). The World Bank report Washington, D.C, 173 pp.

Latifi, V., Asadi, H., Ebrahimi, E., and Moussavi, S.A. (۲۰۱۸). Study of temporal variations of phosphorus pollution along Siahroud River in Guilan province. J. of Water and Soil Conservation. 25 (3), 43-59. (In Persian with English abstract).

Liu, Y., Zhu, Y., Qiao, X., Zheng, B., Chang, S. (۲۰۱۸). Investigation of nitrogen and phosphorus contents in water in the tributaries of Danjiangkou Reservoir. Royal Society Open Science. 5, 1-11.

Mihara, M., Yamamoto, N., and Ueno, T., 2005. Application of USLE for the prediction of nutrient losses in soil erosion processes. Paddy Water Environ. 3, 111–119.

Milovanovic, M. (۲۰۰۷). Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. Desalination. 213(1), 159–173.

Mohamadpour, S., Rouhani, H., Ghorbani Vaghei, H., and Seyedian, S.M. (۲۰۱۶). Understanding rill erosion rate in dry-wet condition. Quarterly journal of Environmental Erosion Research. 6 (21), 17-29. (In Persian with English abstract).
Noori, R., Sabahi, M.S., Karbassi, A.R., Baghvand, A. (۲۰۱۰). Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. Desalination. 260, 129–136.
Samadi, M.T., Sadeghi, Sh., Rahmani, A(۲۰۱۵). Survey of water quality in Moradbeik River basis on WQI index by GIS. Environmental Health Engineering and Management Journal. 2(1), 7–11.
Schindler, D.W., Carpenter, S.R., Chapra, S.C.(۲۰۱۶). Reducing phosphorus to curb Lake Eutrophication is a success. Environmental Science & Technology. 50, 8923–8929.
UNESCO. (۲۰۱۱). The impact of global change on water resources: the response of UNESCO's International Hydrological Programme. International Hydrological Programme, UNESCO/Division of Water Science, Paris
Vaezi, A.R., and Foroumadi, M. (۲۰۱۷). Temporal variation of runoff production and rill erosion in a marl soil under different rainfall intensities. Journal of Water and Soil Conservation. 24(1), 303-309. (In Persian with English abstract).

Short-Term Variation of Phosphorus Levels in Various Flood Streams

Eisa Ebrahimi[1], Esmaeil Kamran[2], Meisam Rahimi[3*],

۱. Ph.D. in Soil Science, Guilan University
۲. Agricultural Research, Education and Extension Organization
۳. PhD student in soil science, Isfahan University of Technology
Rahimi.M@ag.iut.ac.ir

Summary
Floods, a significant natural phenomenon often influenced by human activities, lead to a decline in water resource quality and substantial financial losses. Annually, farmers apply nitrogen and phosphorus fertilizers to agricultural lands. The excess of these compounds is carried into rivers through rainfall and floods, resulting in water pollution and enrichment. This study aims to assess the impact of flood events on phosphorus release in the Pasikhan River situated in Guilan province. Five flood events were sampled hourly at three hydrometric stations: Mubarakabad, Alisara, and Nokhale in the Pasikhan basin, located in the central part of Guilan province. The Pasikhan River is a vital tributary to Anzali wetland. Qualitative parameters, including phosphorus (total, particulate, and dissolved), along with flow rate, were monitored in the five floodplains. The findings revealed a higher phosphorus release in Nokhale station compared to Mubarakabad and Alisara stations, attributed to the larger area and accumulated pollution in Nokhale station. Additionally, agricultural activities in this sub-basin are more extensive than in the other two. The total phosphorus range observed during the studied floods at Nokhale station was 0.45-۳.۹۳ □□/□□□□□. Over time, as flood discharge increased from the onset, phosphorus concentration diminished due to dilution effects and a reduction in these elements' presence in the soil's surface layers.
Keywords: Pollution, Anzali wetland, Nutrient quality, Environment

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی شوری و برخی یون‌های مهم در عصاره گل اشباع و نسبت‌های آب به خاک

فهیمه بهزادی مقدم[۱]، امیر بستانی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله bostaniamir@gmail.com

چکیده

شوری خاک یکی از عوامل محدود کننده مهم در رشد گیاهان است. به همین دلیل توسعه روش‌های قابل اطمینان و ساده و در عین حال ارزان برای اندازه‌گیری شوری خاک اهمیت زیادی دارد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع روشی استاندار است که می‌توان شوری خاک را اندازه گرفت. به‌منظور بررسی ارتباط شوری و غلظت برخی یون‌های مهم در عصاره گل اشباع و نسبت‌های آب به خاک، آزمایشی در آزمایشگاه‌های گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد اجرا شد. ۵۳ نمونه خاک تهیه شد و ۱۵۹ عصاره حاصل از گل اشباع و نسبت‌های آب به خاک (۱:۵) و (۱:۲) به‌منظور آزمایشات اولیه و تعیین معادلات رگرسیونی بین شوری و یون‌های مورد مطالعه استفاده شد. نتایج نشان دادند که می‌توان هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع را با هدایت الکتریکی عصاره نسبت آب به خاک ۱:۵ با R=۰/۹۶ و S=۸/۳ و مدل خط EC_e=۹/۷۴$EC_{1:5}$_۱/۶۸ بدست آورد. همچنین مقادیر عناصر مختلف همبستگی بالایی با مقادیر هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و نسبت های آب به خاک داشتند. بنابراین با استفاده از نتایج به دست امده می‌توان به برآورد مقادیر یون‌های خاک با استفاده از هدایت الکتریکی عصاره‌های یاد شده، با روشی ساده و ارزان پرداخت.

واژگان کلیدی: عصاره گل اشباع، نسبت‌های آب به خاک، شوری، کاتیون، آنیون.

مقدمه

امروزه امنیت غذایی برای هر کشوری بسیار مهم تلقی می‌شود که بدون داشتن خاک مناسب امکان تحقق آن وجود ندارد. یکی از عوامل محدود کننده که مانع کشاورزی و توسعه شهری و روستایی است وجود خاک‌های شور بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است. براوردها نشان می‌دهد حدود ۹۹۵ میلیون هکتاراز اراضی در سطح جهان از مشکلات شوری رنج می‌برند (Szabolcs,1986). حدود ۱۵٪ اراضی کشور ایران هم تحت تاثیر نمک با درجات مختلف است که کلریدها و سولفات‌ها فراوان‌ترین نمک‌ها در این مناطق می‌باشند (همایی، ۱۳۸۱). شوری خاک معیاری برای سنجش غلظت تمام نمک‌های محلول در آب خاک است و معمولاً بر حسب هدایت الکتریکی (EC) بیان می‌شود. زمانی که رسانایی الکتریکی عصاره گل اشباع (EC_e) برابر یا بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر (dS/m^{-1}) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد، خاک شور گفته می‌شود (USSL Staff, 1954). تهیه عصاره گل اشباع استانداردترین و رایج-

ترین روش اندازگیری شوری خاک است که ویژگی‌های طبیعی محلول خاک راشبیه سازی می‌کند و با رشد گیاه در ارتباط است اما متأسفانه این روش کیفی، خسته کننده و زمان بر است، و برای رسیدن به نقطه اشباع در خاک‌های رسی نیاز به مهارت و تخصص دارد (Kargas et al., 2018). بنابه دلایل ذکر شده بسیاری از محققین پیشنهاد می‌کنند بجای اندازگیری ECe از EC نسبت‌های مختلف آب به خاک مانند ۱:۱، ۱:۲، ۱:۲,۵، ۱:۵ که آسان‌تر ودر دسترس‌تر است استفاده شود. . پرکاربردترین نسبت جرم خاک به آب ۱:۱ و ۱:۵ است. نسبت ۱:۵ برای ارزیابی شوری خاک در استرالیا و چین ترجیح داده می‌شود (Shirokova et al., 2000; Wang *et al*, 2011)، در حالی که نسبت ۱:۱ معمولاً در ایالات متحده استفاده می‌شود (Hogg and Henry, 1984; He *et al*., 2013).

مواد و روش‌ها

برای این پژوهش ۵۳ نمونه خاک با شوری‌های مختلف از کمربندی جنوب تهران و مسیر تهران تا شهرستان ملایر به صورت تصادفی جمع‌آوری شد. ۱۵۹ عصاره حاصل از گل اشباع و نسبت‌های آب به خاک (۱:۵) و (۱:۲) به‌منظور آزمایشات اولیه و تعیین معادلات رگرسیونی بین هدایت الکتریکی با کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر تهیه شد. پس از تهیه عصاره‌ها هدایت الکتریکی در آنها به کمک دستگاه EC متر (هدایت سنج) اندازه‌گیری شد. کلسیم و منیزیم موجود در عصارها با تیتراسیون محلول توسط EDTA در حضور معرف‌های ویژه و مشاهده تغییر رنگ نیز به دست آمد. اساس اندازه‌گیری یون کلرید در خاک تشکیل رسوب کلرید نقره در حضور نیترات نقره و معرف کرومات پتاسیم است که با همین روش یون کلر موجود در عصاره‌ها بدست آمد. هم‌چنین اندازگیری سدیم توسط دستگاه نورسنج تابشی یا فلم فتومتر انجام شد. سپس داده‌های به دست آمده از آزمایشات توسط نرم افزار (CurveExpert Professional) برای ایجاد رگرسیون خطی و بدست آوردن معادله خط، R2 و خطای معیار استاندارد (SEE) آنالیز شدند.

نتایج و بحث

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میزان هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع از ۰/۵۵ تا ۱۵۲/۰۴ دسی زیمنس بر متر متفاوت و میانگین آن ۱۵/۱۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین میزان هدایت الکتریکی در نسبت ۱:۲ از ۰/۲۳ تا ۳۶/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۳/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد و در نسبت ۱:۵ بین ۰/۱۳ تا۱۶/۱۰ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۱/۷۳ متفاوت بود. میانگین هدایت الکتریکی در گل اشباع ۴/۳ برابر نسبت ۱:۲ و در نسبت ۱:۵، ۸/۷ برابر هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع است. این نتایج به نتایج حاصل از تحقیقات انجام گرفته توسط Sonmez و همکاران (۲۰۰۸) شباهت داشت. با توجه به نتایج به دست آمده، هدایت الکتریکی در گل اشباع بیش‌رین مقدار و در نسبت ۱:۵ کم‌ترین مقدار را داشت. علت کاهش مقدار هدایت الکتریکی در نسبت‌ها، افزایش نسبت آب به خاک بود (Rhoades, 1982; USDA, 1954). افزایش درجه رقت برای موارد خاک‌های دارای گچ یا آهک تغییر زیادی در غلظت یون نسبت به محلول طبیعی خاک ایجاد می‌کند، که علت این تغییر وجود نمک‌های کم

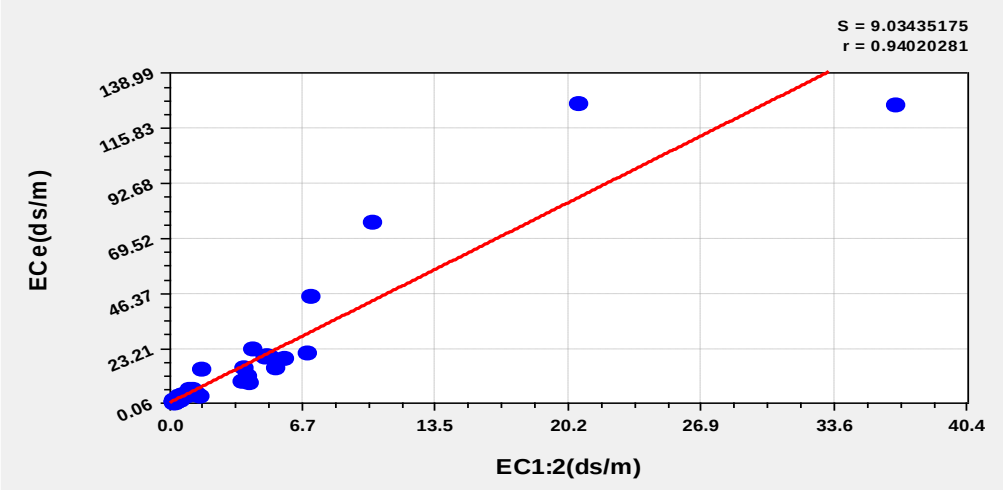
محلول است (Khorsandi et al, ۲۰۱۱). همچنین مقدار سدیم در عصاره گل اشباع از ۰/۸۶ تا ۸۹۶/۹۳ میلی‌اکی والان بر لیتر با میانگین ۶۴/۷۹ مشاهد شد که در مقایسه با میانگین کلسیم ۴ برابر و میانگین منیزیم ۱۰ برابر بیشتر است. میزان بالای سدیم در محلول خاک می‌تواند اثر مخربی بر ساختمان خاک و در نهایت رشد و نمو گیاه داشته باشد.

جدول۱.ترکیبات یونی موجود در عصاره گل اشباع ونسبت ۱:۲و۱:۵

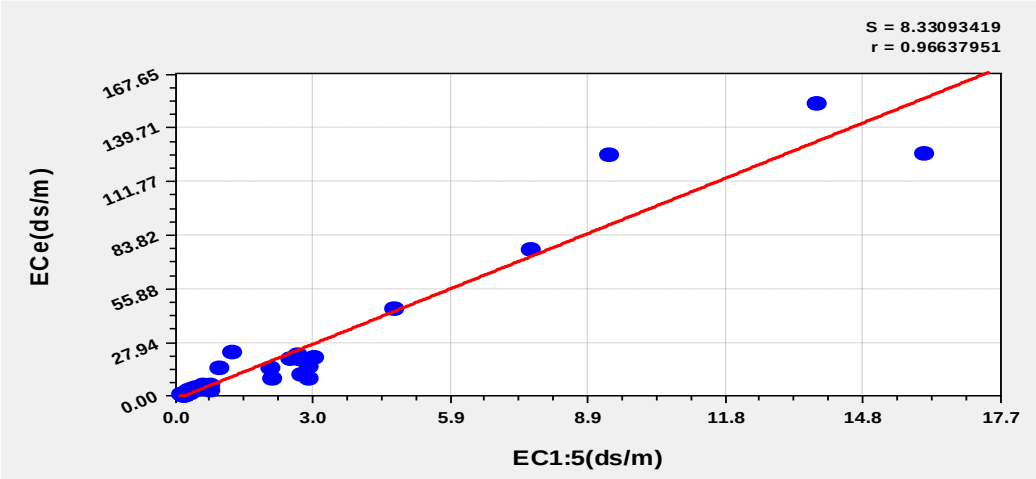
پارامتر های مورد بررسی	عصاره گل اشباع			عصاره نسبت ۱:۲			عصاره نسبت ۱:۵		
	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین
EC (ds/m)	۰/۵۵	۱۵۲/۴	۱۵/۱۹	۰/۲	۳۶/۷	۳/۵	۰/۱۳	۱۶/۱	**۱/۷**
Ca^{+2}(meq/l)	۱/۰۴	۳۶۵/۳۶	۴۵/۱۲	۱/۰۳	۷۷/۱۹	۱۲/۸۷	۰/۴	۴۳/۸	**۷/۰۵**
Mg_{+2}(meq/l)	۱/۰۴	۷۴/۶۹	۱۷/۲۴	۰/۰۲	۵۱/۸۴	۴/۴۰	۰/۰۲	۲۰/۴۷	**۲/۱۷**
Na^{+}(meq/l)	۰/۸۶	۳۰۶۱/۷۱	۱۷۲/۲۸	۰/۳۱	۵۷۶/۵۲	۳۰/۶۰	۰/۰۲	۱۴۲/۲۳	**۱۰/۷۱**
CL^{-}(meq/l)	۲/۶۰	۲۰۷۰/۲۶	۱۵۳/۹۵	۱/۰۳	۳۳۱/۸۳	۲۳/۹۵	۰/۶۱	۱۲۷/۹۴	**۱۰/۰۸**

. روابط کمی بین هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و نسبت‌های خاک به آب ۱:۲ و ۱:۵

نتیجه برازش خطی هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با نسبت آب به خاک یک به دو در شکل (۱) نشان داده شد. هم‌چنین نقاط اندازه‌گیری شده و خط برازش شده بین هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و هدایت الکتریکی نسبت یک به پنج در شکل ۲ نشان داده شد. ارزیابی مدل‌ها یا میزان تطابق مدل برداده‌های آزمایشی، به وسیله ضریب تعیین (r^2) و خطای معیار تخمین (SEE) صورت گرفت.(Martin, Sparks.1983). مدل برتر مدلی است که ضریب تعیین بیشتر و خطای معیار تخمین کمتری داشته باشد (Dang,et al 1994. Carski, Sparks 1987)



شکل ۱. رابطه هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در عصاره گل اشباع با عصاره نسبت ۱:۲ آب به خاک



شکل۲. رابطه هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در عصاره گل اشباع با عصاره نسبت ۱:۵ آب به خاک

نتایج به دست آمده بیانگر این است که بین نسبت‌های مختلف آب به خاک و عصاره گل اشباع رابطه خطی وجود دارد و نسبت‌های آب به خاک دارای شیب‌های متفاوتی بودند و هرچه میزان آب به خاک افزایش یافت میزان شیب هم افزایش پیدا کرد به‌طوری که در نسبت ۱:۲ برابر با ۴/۱۷ و در نسبت ۱:۵ برابر با ۹/۷۴ بود و این روند افزایشی کاملاً محسوس بود. اثر رقت دلیل افزایش یافتن شیب خط در نسبت‌های بیشتر آب به خاک بود، و توسط Sonmez وهمکاران (۲۰۰۸) نتیجه‌ای مشابه گزارش شد. معادله خط به دست آمده از داده‌ها برای نسبت ۱:۲ به‌صورت $ECe=۴/۱۷EC_{1:2}+۰/۳۶$ (شکل۱) و برای نسبت ۱:۵، $ECe=۹/۷۴EC_{1:5}_۱/۶۸$ بود (شکل ۲). ضریب همبستگی و انحراف معیار بین هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و نسبت ۱:۲ به صورت R=۰/۹۴ وS=۹/۰۲ و در نسبت ۱:۵، R=۰/۹۶ و S=۸/۳ گزارش شد. با توجه به نتایج ارائه شده، هدایت الکتریکی نسبت ۱:۵ با R=۰/۹۶ و ۸/۳ =Sو معادله $ECe=۹/۷۴EC_{1:5}_۱/۶۸$ مناسب‌ترین مدل خطی برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی گل اشباع را داشت. یافته‌های این آزمایش مشابه یافته‌های محققان دیگر Khorsandi، YazdiSonmez (۲۰۰۷) وSonmez همکاران (۲۰۰۸) بود که خطی بودن قوی را برای رابطه ECe با نسبت ۱:۵گزارش کردند. مقدار شیب این تحقیق بیشتر از آن چیزی است که توسط Aboukila (۲۰۱۱) به دست آمد. این تفاوت‌ها را می‌توان به میزان رس و نوع رس خاک‌های مورد بررسی نسبت داد. هم‌چنین ویژگی‌هایی مثل محتویات گچ، و بافت خاک بر نتایج به دست آمده مؤثر هستند (Kargas et al, 2018). یکی دیگر از عوامل احتمالی که، در مقایسه با سایر کارهای مشابه، می‌تواند بر نسبت EC1:5در این کار تأثیر بگذارد، دامنه وسیع مقادیر ECe است که با استفاده از آن رابطه ECe = f (EC1:5) برآورد شد.

روابط کمی بین هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و نسبت‌های آب به خاک۱:۲و ۱:۵ با غلظت یون‌ها

با توجه به همبستگی بالای هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با هدایت الکتریکی عصاره نسبت‌های مختلف آب به خاک، انتظار می‌رود، همین شرایط برای همبستگی یون‌های یاد شده با هدایت الکتریکی عصاره نسبت‌های مختلف آب به خاک نیز صادق باشد، و بلعکس. در بیشتر موارد، مقادیر R^2 خطی بودن قوی یا کافی را نشان داد. بیش‌ترین ضریب همبستگی به ترتیب برای یون‌های Cl^-، Na^+، Ca^{2+} ، Mg^{+2} بدست آمد. توسط Sonmez و همکاران (۲۰۰۸) و Ozcan و همکاران (۲۰۰۶) روابط بین غلظت یون باعصاره گل اشباع و نسبت ۱:۵ ارائه شد که ضرایب تبدیل مانند پژوهش انجام شده برای یون‌های تک ظرفیتی بیشتر از دو ظرفیتی بود

جدول۲. رابطه کمی بین هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها

یون‌های مورد بررسی	عصاره گل اشباع			عصاره نسبت آب به خاک۱:۲			عصاره نسبت آب به خاک ۱:۵		
	معادله	R^2	SES	معادله	R^2	SES	معادله	R^2	SES
CL^-	CL^-=۴/۵۱ECe_۱/۳۲	۰/۸۹	۴/۴۳	CL^-=۷/۸۹$EC_{1:2}$_۳/۶۱	۰/۹۷	۵/۷	CL^-=۸/۶۴$EC_{1:5}$_۶/۴۹	۰/۹۸	۱۱/۶
Na^+	Na^+=۷/۱۲ECe_۴/۸	۰/۹۶	۸/۰۹	Na^+=۷/۹۸$EC_{1:2}$_۳/۰۶	۰/۹۶	۱۰/۹	Na^+=۷/۸۳$EC_{1:5}$_۲/۸۷	۰/۹۷	۶/۰۵
Ca^{2+}	Ca^{2+}=۴/۴۹ECe_۲/۲۷	۰/۹۵	۱۹/۲	Ca^{2+}=۵/۴$EC_{1:2}$_۸/۰۸	۰/۹۴	۴/۳	Ca^{2+}=۴/۸۲$EC_{1:5}$_۰/۳	۰/۹۵	۱/۲
Mg^{2+}	Mg^{2+}=۰/۸۵ECe+۵/۱۷	۰/۸۶	۶/۷	Mg^{2+}=۱/۲۴$EC_{1:2}$+۰/۵	۰/۸۵	۱/۸	Mg^{2+}=۱/۰۶$EC_{1:5}$+۰/۳	۰/۹۲	۱/۳

نتیجه‌گیری

با استفاده از مدل خطی ECe =9.74$EC_{1:5}$-۱،۶۸ با مقدار R=0.96 می‌توان هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع را از هدایت الکتریکی عصاره نسبت آب به خاک ۱:۵با نتیجه قابل قبولی بدست آورد. در بین نمونه خاک‌های بررسی شده، کاتیون غالب سدیم و کلسیم و آنیون غالب کلر بود. نشان داده شد که مقادیر یون‌ها مختلف همبستگی خوبی با مقدار هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و عصاره نسبت‌های مختلف از خود نشان می‌دهد. بنابراین، با دقت خوبی و با روش بسیار کم هزینه می‌توان به برآورد مقادیر یون‌های مختلف موجود در خاک با استفاده از اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و نسبت‌ها در کنار استفاده از رابطه داده شده در این مطالعه پرداخت.

فهرست منابع

همائی، م. (۱۳۸۱). واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۹۷ صفحه.

Aboukila E.F., Norton. J.B. (2017). Estimation of saturated soil paste salinity from soil-water extracts. Soil Sci. 182(3): 107-113

Corwin, D.L., Lesch, S.M. Lobell, D. B. (2012). Laboratory and field measurements, in Wallender, W. W., and Tanji, K. K. (Eds.), Agricultural Salinity Assessment and Management. second ed. Am. Soc. Civil Eng., New York, NY. pp. 295-341.

He, Y., DeSutter, T., Hopkins, D.; Jia, X., Wysocki, D. (2013). Predicting ECe of the saturated paste extract fromvalue of EC1:5. Can. J. Soil Sci. 93: 585–594.

Hogg, T.J., Henry, J.L. (1984). Comparison of 1:1 and 1:2 suspensions and extracts with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 64:669-704

Kargas, G., Chatzigiakoumis, I., Kollias, A., Spiliotis, D., Kerkides, P. 2018. An Investigation of the Relationshipbetween the Electrical Conductivity of the Soil Saturated Paste Extract ECe with the Respective Values of theMass Soil/Water Ratios 1:1 and 1:5 (EC1:1 and EC1:5). Proceedings 2018: *2*, 66

Khorsandi, F., Yazdi, F.A. (2007). Gypsum and texture effects on the estimation of saturated paste electrical conductivity by two extraction methods. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 38:1105-1117

Khorsandi, F., Yazdi, F.A. (2011). Estimation of saturated paste extracts' electrical conductivity from 1:5 soil/water suspension and gypsum. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 42: 315-321

Ozcan, H., Ekinci, H., Yigini, Y., Yuksel, O., (2006). Comparison of four soilsalinity extraction methods. Proceedings of 18th International Soil Meetingon "Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology",

Rhoades, J.D. (1982). Soluble salts, In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2 Second Edition. American Society of Agronomy, Inc, Madison, WI, USA, p. 167- 179

Shirokova, Y.I., Forkutsa, I., Sharafutdinova, N. (2000). Use of electrical conductivity instead of solubl salts for soil salinity monitoring in Central Asia. Irrig Drain Syst 14(3):199–205

Szabolcs, I. (1986). Agronomical and ecological impact of irrigation on soil and water salinity. In Advances in SoilScience; Stewart, B.A., Ed.; Springer: Berlin, Germany, 1986

Sonmez, J.S.; Buyuktas, D.; Okturen, F.; Citak, S. (2008). Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2:5, 1:5) in soil salinity studies. Geoderma, 144: 361–369

USSL Staff (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No 60Washington DC, USA, 160 pp

Wang, Y., Wang, Z. X., Lian, X. J., Xiao, H., Wang, L.Y., He, H.D. 2011. Measurement of soil electrical conductivity and relationship between soluble salt content and electrical conductivity in Tianjin coastal area. Tianjin Agric. Sci. 17: 18-2

Martin, H. W. and Sparks, D. L., 1983. Kinetics of nonexchangeable potassium release from two coastal plain soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 47: 883-887.

Carski, T.H. and Sparks, D.L., 1987. Differentiation of soil nitrogen fractions using a kinetic approach. Soil Sci. Soc. Am. J., 51:314-317.

Dang, Y.P., Dalal, R.C., Edwards, D.G. and Tiller, K.G., 1994. Kinetics of Zinc Desorption from Vertisols. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1392-1399

Dang, Y.P., Dalal, R.C., Edwards, D.G. and Tiller, K.G., 1994. Kinetics of Zinc Desorption from Vertisols. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1392-1399

Evaluation Salinity and Some Important Ions Using Saturated Past and Soil to Water Ratios

Fahimeh Behzadi Moghadam[1], Amir Bostani[2]*

۱ and ۲ Master's student, Associate Professor and Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Iran

*E-mail of the author responsible for the article **bostaniamir@gmail.com**

Abstract

Soil salinity is one of the important limiting factors in plant growth. For this reason, it is very important to develop reliable and simple and at the same time cheap methods for measuring soil salinity. Measuring the electrical conductivity of saturated flower extract is a standard way to measure soil salinity. In order to investigate the relationship between salinity and concentration of some important ions in saturated flower extract and water-to-soil ratios, an experiment was conducted in the laboratories of the Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahed University. 53 soil samples were prepared and 159 extracts from saturated mud and water to soil ratios (1:5) and (1:2) were used for preliminary tests and to determine the regression equations between salinity and studied ions. The results showed that the electrical conductivity of the saturated flower extract can be obtained with the electrical conductivity of the extract with a ratio of water to soil of 1:5 with R=0.96 and S=8.3 and the line model ECe=9.74EC1:5-1.68. Also, the values of different elements had a high correlation with the values of electric conductivity of saturated flower extract and water-to-soil ratios. Therefore, by using the obtained results, it is possible to estimate the amount of soil ions using the electrical conductivity of the mentioned extracts, with a simple and cheap method.

Keywords: Saturated Paste Extract, Aater to Aoil Ratios, Aalinity, Cation, Anion.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

قابلیت سیانوباکترها در تولید مواد محرک رشد گیاه به عنوان کود زیستی

صاحب سودائی مشائی[1*]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، چهارمحال و بختیاری، ایران ؛
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول soodaie@sku.ac.ir

چکیده

یکی از روش‌های تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بهره‌گیری از توان زیستی خاک و استفاده از میکروارگانیسم‌های محرک رشد گیاه می‌باشد. پس از جداسازی سیانوباکترها از اراضی شالیزاری، خالص‌سازی و شناسایی مورفولوژیک سیانوباکترها، مقدار فیکوبیلی‌پروتئین‌ها، مقدار فعالیت نیتروژنازی، حل‌کنندگی فسفات، تولید اکسین و تولید سیدروفور سویه‌ها ارزیابی گردید. این بررسی نشان داد که در میان جدایه‌های سیانوباکتر، *Nostoc* sp. GGuCy-47 از لحاظ تولید فیکوبیلی پروتئین‌ها، *Cylindrospermum* sp. GGuCy-25 و *Anabaena* sp. GGuCy-42 بیشترین فعالیت نیتروژنازی، *Anabaena* sp. GGuCy-17 حل‌کنندگی فسفات بالا (۶۴۱ میکروگرم فسفر بر میلی‌لیتر)، *Chrococcous* sp. GGuCy-34 و *Anabaena* sp. GGuCy-42 در تولید IAA در تیمار بدون ال-تریپتوفان، *Anabaena* sp. GGuCy-21 و *Nostoc* sp. GGuCy-47 در تولید سیدروفور برتر بودند. این سویه‌هارا می‌توان همانند سویه‌های برتر در بهبود رشد و عملکرد برنج بعد از آزمایش در شرایط گوناگون شالیزار در تولید کود زیستی سیانوباکتر بکار برد.

واژگان کلیدی: اکسین، سیدروفور، فسفات، فیکوبیلی پروتئین، نیتروژن

مقدمه

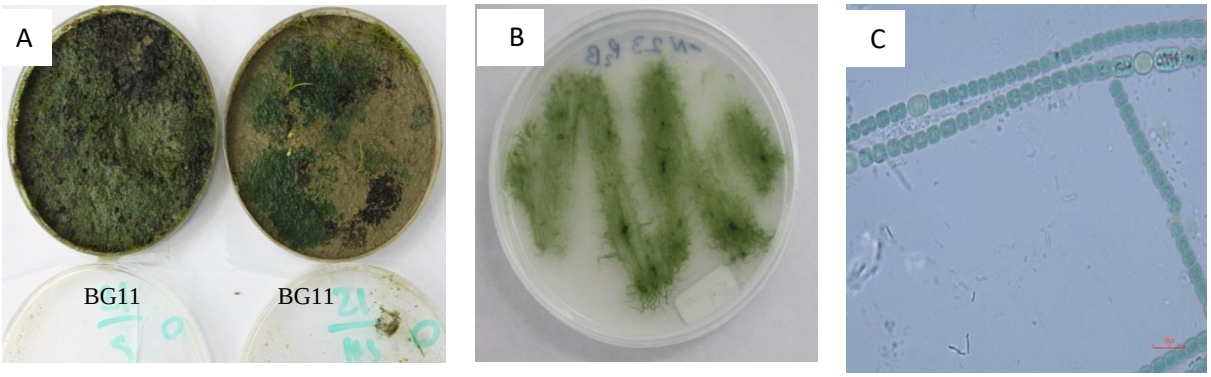
سیانوباکترها میکروارگانیسم‌های نوظهور برای توسعه کشاورزی پایدار هستند، اگرچه جلبک‌های سبز- آبی گروه پروکاریوت‌ها هستند، اما در سال ۲۰۰۸ در یکی از ۹ شاخه جلبک‌ها، یعنی سیانوباکترها قرار گرفتند. در حال حاضر، این گروه بزرگ و متنوع از نظر مورفولوژیک از پروکاریوت‌های فوتواتوتروف به عنوان «سیانوباکترها» که در یکی از سه حوزه حیات، یعنی "باکتری‌ها" طبقه‌بندی می‌شوند، تا آنها را به وضوح از جلبک‌های یوکاریوتی که به حوزه دیگر یوکاریوت‌ها تعلق دارند، متمایز کنند (Ramakrishnan et al., 2023). سیانوباکترها از اجسام حجیم آلی متعددی تشکیل شده‌اند که می‌توانند عملکردهای تخصصی مختلفی را انجام دهند. این اجسام شامل آنتن‌های جمع‌آوری نور، فیکوبیلی‌زوم‌ها، اجسام پلی‌فسفات، گرانول‌های سیانوفیسین، گرانول‌های پلی‌هیدروکسی آلکانوات (PHA)، کربوکسی-زوم‌ها، اجسام لیپیدی، مراکز تیلاکوئیدی، مناطق حاوی DNA، ریبوزوم‌ها و واکوئل‌های گازی هستند (Chittora et al., 2020؛ Purwani et al., 2021). سیانوباکترها نقش اصلی را در حفظ و ایجاد حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند، در نتیجه عملکردی به عنوان یک کود زیستی طبیعی دارند. این عملکردهای اصلی عبارتند از: الف) تولید خاک متخلخل و

تولید مواد چسبنده، (ب) دفع فیتوهورمون‌ها (اکسین، جیبرلین و غیره)، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه، (ج) بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک از طریق ساختار ژله‌ای، د) افزایش زیست توده خاک پس از مرگ و تجزیه آنها، (ه) کاهش شوری خاک، (و) کنترل رشد علف‌های هرز، (ز) فراهمی فسفات خاک از طریق دفع اسیدهای آلی، (ح) جذب کارآمد فلزات سنگین بر روی سطح میکروبی (زیست پالایی) (Chittora et al., 2020).

جمعیت امروزی به طور مداوم در حال افزایش است که این افزایش جمعیت به طور مستقیم و غیرمستقیم به تقاضا برای غذای سالم بدون آلودگی بستگی دارد (Singh et al., 2017). برنج (*Oriza sativa* L.) یک محصول غلات بسیار مهم است که غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان است. به منظور پاسخگویی به تقاضای فزاینده جهانی، بایستی تلاش‌های مستمری برای بهبود عملکرد برنج صورت گیرد (Zhang et al., 2023). سیانوباکترهای آزادزی می‌توانند حدود ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را در فصل کشت برنج برطرف کند، اما سیستم Azolla-Anabaena می‌تواند حدود ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در حدود ۲۵ روز به محصول برنج کمک کند (Setiawati et al., 2018). با توجه به ارزش بیوتکنولوژیک سیانوباکترها در کشاورزی، نیاز به بررسی‌های همه جانبه این موجودات در کشور احساس می‌شود. هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی سویه‌های شناسایی شده از لحاظ تولید مواد محرک رشد گیاه، تولید متابولیت ثانویه و ارزیابی اثر سویه‌ها بر رشد و عملکرد برنج در شرایط گلدانی بود.

مواد و روش‌ها

کشت نمونه‌های خاک مطابق روش کشت سیانوباکترهای خاکزی انجام گرفت (Kaushik, 1987). شناسایی جدایه‌ها به روش مورفولوژیک، با استفاده از میکروسکوپ نوری و کلیدهای شناسایی سیانوباکترها (John et al., ۲۰۰۳) انجام گرفت.



شکل ۱: مراحل مختلف جداسازی، خالص‌سازی و شناسایی مورفولوژیک یک نمونه سیانوباکتر جداسازی شده

مقادیر فیکواریترین (PE)، فیکوسیانین (PC) و آلوفیکوسیانین (AP) طبق روابط تجربی برآورد شده و مجموعه سه رنگیزه مقدار فیکوبیلی پروتئین کل هر نمونه بدست آمد (Bermejo et al., 2002). توان تثبیت نیتروژن مولکولی با روش احیا استیلن به اتیلن (ARA) با دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) (Soltani et al., 2006)، میزان حل-کنندگی فسفات در محیط کشت مایع حاوی تری‌کلسیم فسفات (۰/۳ درصد) (Aliasgharzad et al., 2009)، تولید

IAA سیانوباکترها براساس روش پیشنهادی Shrivastava and Kumar (۲۰۱۱) و آزمون نیمه‌کمی توان تولید سیدروفور سیانوباکترها با استفاده از محیط کشت CAS-Agar انجام گرفت (Ito and Butler, 2006). محاسبات آماری به کمک نرم افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

با انجام کشت‌های اولیه نمونه در محیط کشت BG11 و $BG11_0$ و بررسی‌های مورفولوژیک کلنی‌های ایجاد شده، ۶۰ سویه سیانوباکتر مشاهده و جداسازی شد که در نهایت با کشت‌های پی در پی ۳۰ سویه بصورت خالص جداسازی شدند که مربوط به راسته Chroococcales، Oscillatoriales، Nostocales و Stigonematales بودند.

در میان سویه‌های سیانوباکتر از دیدگاه کمیت فیکوبیلی پروتئین‌ها، سویه‌های *Nostoc* sp. GGuCy-47، *Nostoc* sp. GGuCy-46، *Anabaena* sp. GGuCy-21، *Cylindrospermum* sp. GGuCy-25 و *Anabaena* sp. GGuCy-42 برتر بودند. فیکوبیلی پروتئین‌ها که در سطح استرومای غشا تیلاکوئیدها قرار دارند، مسئول رنگ‌های ویژه سیانوباکترها هستند و هنگامی که این باکتری‌ها تحت شرایط نور کم رشد کنند، می‌توانند حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد پروتئین کل در سلول را تشکیل بدهند (Sekar and Chandramohan, 2008). فیکوبیلی پروتئین‌ها، همانند آنتن‌های نخستین گیرنده نوری برای فتوسیستم II (PSII) عمل می‌کنند. همچنین سویه‌هایی که دارای مقدار بیشتری از فیکوبیلی پروتئین‌ها بودند، توان تثبیت نیتروژن بیشتری نیز داشتند، به‌ویژه دو سویه *Cylindrospermum* sp. GGuCy-25 و *Anabaena* sp. GGuCy-42 که بیشترین فعالیت نیتروژنازی را نشان دادند.

مقدار فعالیت نیتروژنازی در بین سویه‌های سیانوباکتر جداسازی شده از ۴/۴۶ (*Phormidium* sp. GGuCy-12) تا ۵۶/۳۱ (*Cylindrospermum* sp. GGuCy-25) نانومول اتیلن بر ساعت متغیر بود که بیشترین مقدار فعالیت نیتروژنازی برای سویه‌های *Cylindrospermum* sp. GGuCy-25، *Anabaena* sp. GGuCy-42، *Calothrix* sp. GGuCy-43، *Anabaena* sp. GGuCy-23، *Anabaena* sp. GGuCy-17 و *Hapalosiphon* sp. GGuCy-32 به‌دست آمد. تشکیل هتروسیست در شرایط نور کم افزایش می‌یابد که بستگی به قابلیت دسترسی کربن و ATP دارد که از طریق فتوسنتز و متابولیسم‌های اکسیداتیو تأمین می‌شوند. اثبات شده که نزدیک ۴۰ درصد نیتروژن تثبیت شده سیانوباکترها توسط گیاه برنج مصرف می‌شود (Vaishampayan et al., 1998).

انحلال فسفر بعد از ۱۵ روز انکوبه شدن بین ۲۴/۳ تا ۶۴۱ میکروگرم فسفر بر میلی‌لیتر متغیر بود. سویه *Anabaena* sp. GGuCy-17 نسبت به بقیه سویه‌ها از لحاظ توان حل‌کنندگی فسفات (۶۴۱ میکروگرم فسفر بر میلی‌لیتر) برتری قابل ملاحظه‌ای را نشان داد، و بعد از آن سویه *Cylindrospermum* sp. GGuCy-25 (۱۳۰/۴ میکروگرم فسفر بر میلی‌لیتر) بود. در اغلب سویه‌ها میزان فسفر معدنی محلول شفاف رویی محیط کشت با گذشت زمان در روز ۳۰ ام کاهش یافت که می‌تواند به دلیل تغییر مرحله رشدی سویه‌ها و تبدیل شدن به شکل آلی فسفر باشد چون سیانوباکترها به‌عنوان یک مخزن کارآمد برای فسفر عمل می‌کنند. با توجه به اندازه‌گیری pH محیط کشت، عموماً

سویه‌هایی که توانایی حل‌کنندگی فسفر بیشتری داشتند pH محیط کشت آنها کمتر بوده است چرا که اسیدی کردن محیط، یکی از فرآیندهای میکروبی حل شدن فسفات معدنی می‌باشد (Yandigeri et al, 2011).

تولید اکسین در میان سویه‌های جداسازی شده، در تیمار بدون ال-تریپتوفان سویه‌های *Chrococcous* sp. GGuCy-۳۴ و *Anabaena* sp. GGuCy-42 به ترتیب ۱۴/۹۸ و ۱۰/۸۳ میکروگرم IAA بر میکروگرم کلروفیل*a*، در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر ال-تریپتوفان سویه‌های *Chrococcous* sp. GGuCy-34، *Synechococcus* sp. GGuCy-15 و *Anabaena* sp. GGuCy-42به ترتیب ۲۳/۷، ۱۷/۴۶ و ۱۵/۸۱ میکروگرم IAA بر میکروگرم کلروفیل*a* و در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر ال-تریپتوفان سویه‌های *Synechococcus* sp. GGuCy-15 و *Oscillatoria* sp. GGuCy-16 به ترتیب ۲۹/۱۶ و ۲۱/۶۱ میکروگرم IAA بر میکروگرم کلروفیل*a*، بیشترین مقادیر اکسین (IAA) را تولید کردند. گزارشات متعددی تولید فیتوهورمون IAA توسط سویه‌های سیانوباکتریایی آزادزی و همزیست را نشان داده‌اند (Chittora et al., 2020).

بیشترین میزان تولید سیدروفور در روش CAS- آگار مربوط به سویه‌های *Chroococcus* sp. GGuCy-34 و *Anabaena* sp. GGuCy-49 به ترتیب ۴/۱۹ و ۴/۰۸ و در روش اسپکتروفتومتری سویه‌های *Anabaena* sp. GGuCy-۲۱ و *Nostoc* sp. GGuCy-47 به ترتیب ۶/۶۹ و ۵/۷۵ میکرومول بر میلی‌لیتر در روز بود. سیانوباکترها که ریزموجودات گرم منفی فتواتوتروف پروکاریوتی هستند، نوع هیدروکسامات سیدروفور در آنها غالب است (Ueno *et al*., 2019). مطالعات بیوشیمیایی و ژنتیکی نشان داد که همه سیانوباکترها دارای یک سیستم جذب مبتنی بر سیدروفور نیستند و مسیرهای جایگزین برای جذب آهن در آنها وجود دارد. اهمیت احیای آهن به واسطه سوپراکسید به عنوان روش جایگزین در سیانوباکتر *Lyngbya majuscule* به اثبات رسیده است. همچنین هزینه متابولیکی بیوسنتز و انتقال سیدروفور زیاد است (Lis et al., 2015).

نتیجه‌گیری

سیانوباکترها کودهای زیستی ایده‌ال برای بهبود حاصلخیزی خاک و پایداری بلندمدت تولید تحت شرایط اکوسیستم شالیزار مدنظر قرار دارند. کاربرد عملی آنها به عنوان منبع کود آلی نیتروژن برای برنج به‌خوبی معرض شده است. همچنین سیانوباکترها نشان دادند که دارای خاصیت تثبیت نیتروژن و حل‌کنندگی ترکیبات فسفات معدنی خوبی را دارند که اهمیت اقتصادی زیادی در تغذیه گیاه برنج دارد. با توجه به توانمندی آنها در تولید تری‌ایندول استیک اسید و سیدروفور، می‌توانند به عنوان عوامل محرک رشد گیاه مورد استفاده قرار گیرند که موجب بهبود رشد گیاه شوند. کاربرد عملی این سویه‌های برتر در جهت توسعه زاد مایه مختص آن منطقه نیاز است تا سیانوباکترها بتوانند بهتر در آشیان اکولوژیکی خود مستقر شوند و حداکثر مزایا را برای محصول فراهم کنند.

Cyanobacteria ability to produce plant growth promoting substances as biofertilizers

Saheb Soudaei Moshaei
Assistant Professor, Soil Science and engineering, Faculty of Agricultural, Shahrekord University, Iran.

Abstract
One of the methods of supplying the nutrients of plants requirement is to use the bio- power of the soil and microorganisms application that promote plant growth. After isolation of cyanobacteria from paddy fields, purification and morphological identification of cyanobacteria, amounts of phycobili-proteins, nitrogenase activity, phosphate solubilization, auxin production and siderophore production of the strains were evaluated. This study showed that among the isolates of cyanobacteria, *Nostoc* sp. GGuCy-47 in terms of phycobili-proteins production, *Cylindrospermum* sp. GGuCy-25 and *Anabaena* sp. GGuCy-42 has the highest nitrogenase activity, *Anabaena* sp. GGuCy-17 high phosphate solubility (641 µgP/ml), *Chrococcous* sp. GGuCy-34 and *Anabaena* sp. GGuCy-42 on IAA production in L-tryptophan-free treatment, *Anabaena* sp. GGuCy-21 and *Nostoc* sp. GGuCy-47 were superior in siderophore production. These strains can be used like superior strains in improving the growth and yield of rice after testing in various conditions of paddy fields in the production of cyanobacterium biofertilizer.

Keywords: auxin, siderophore, phosphate, phycobili protein, nitrogen

منابع

Aliasgharzad, N, Shirmohamadi, E and Oustan, S. (2009). Siderophore production by mycorrhizal sorghum roots under micronutrient deficient condition. Soil and Environment. 28(2): 119-123.

Bermejo R., Talavera E.M., DelValle C. and Alvarez- Pez J.M. (2002). C-phycocyanin incorporated into reverse micelles: a fluorescence study. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 18: 51-59.

Boyd, E. S. and Peters, J. W. (2013). New insights into the evolutionary history of biological nitrogen fixation, Front. Microbiol., ,4, 201.

Chittora, D., Meena, M., Barupal, T., Swapnil, P. and Sharma, K. (2020). Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture, Biochem. Biophys. Rep., **22**, 100737.

Ito, Y. and Butler, A. (2006). Structure of synechobactins, new siderophores of the marine cyanobacterium Synechococcus sp. PCC 7002. Limnology and Oceanography, 50(6): 1918-1923.

Lis H. Kranzler C. Keren N., and Shaked Y. (2015). A Comparative Study of Iron Uptake Rates and Mechanisms amongst Marine and Fresh Water Cyanobacteria: Prevalence of Reductive Iron Uptake. Life, 5:841-860.

Purwani, J., Pratiwi, E., Sipahutar, I.A. and Husnain, A. (2021). The effect of different species of cyanobacteria on the rice yield and nitrogen use efficiency under different levels of nitrogen fertilizer on Alluvial West Java. 1st International Conference on Sustainable Tropical Land Management, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 648: 012196.

Ramakrishnan, B., Maddela, N. R., Venkateswarluc, K. and Megharaj, M. (2023). Potential of microalgae and cyanobacteria to improve soil health and agricultural productivity: a critical view. Environmental Science Advances, 2: 586-612.

Sekar, S. and Chandramohan, M. (2008). Phycobiliproteins as a commodity: trends in applied research, patents and commercialization. Journal of Applied Phycology, 20:113–136.

Setiawati, M. R., Damayani, M., Herdiyantoro, D., Suryatmana, P., Anggraini, D. and Khumairah, F. H. (2018). The application dosage of Azolla pinnata in fresh and powder form as organic fertilizer on soil chemical properties, growth and yield of rice plant, in AIP Conference Proceedings, AIP Publishing LLC, 2018, vol. 1927, 1, p. 030017.

Shrivastava, U.P. and Kumar, A. (2011). A simple and rapid plate assay for the screening of indole-3-acetic acid (IAA) producing microorganisms. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 2(1): 120-124.

Singh, R., Parihar, P., Singh, M., Bajguz, A., Kumar, J., Singh, S., Singh, V.P., Prasad, S. M. (2017). Uncovering potential applications of cyanobacteria and algal metabolites in biology, agriculture and medicine: current status and future prospects, Frontiers in Microbiology, 8: 515, https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00515.

Soltani N., Khavari-Nejad R., Tabatabaie M., Shokravi S.H. and Valiente E.F. (2006). Variation of Nitrogenase Activity, photosynthesis and pigmentation of cyanobacterium Fischerella ambigua strain FS18 under different irradiance and pH. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 22 (6): ۵۷۱-۵۷۶.

Ueno D. Matsumoto K. Enami T. Nishiyama N. Kato S.I., and Iwasaki K. (2019). Efficacy of an artificial microbial siderophore-Fe(III) with high redox potential on correcting Fe chlorosis in rice. Soil Science and Plant Nutrition, DOI:10.1080/00380768.2019.1648180.

Vaishampayan, A, Sinha, R.P. and Häder, D.P. (1998). Use of genetically improved nitrogen-fixing Cyanobacteria in rice paddy fields: Prospects as a source material for engineering herbicide sensitivity and resistance in plants. Botanica Acta, 111: 176–190.

Yandigeri, M.S., Yadav, A.K., Srinivasan, R., Kashyap, S. and Pabbi, S. (2011). Studies on mineral phosphate solubilization by cyanobacteria Westiellopsis and Anabaena. Microbiology, 80(4): 558-565.

Zhang, W., Meng, Q., Liu, W., Qin, P., Li, B. and Xu, G. (2023). Overexpressing Ugp1 promotes phosphate uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa*). Physiol Mol Biol Plants https://doi.org/10.1007/s12298-023-01368-8.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کلزا با روش انحراف از درصد بهینه (DOP)

سید حسین محمودی نژاد دزفولی[1*]، فریدون نور قلی پور[2]، روح اله رضائی ارشد[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران* Shmn178@yahoo.com

۲- استادیار بخش تحقیقات شیمی و حاصلخیزی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

چکیده

مصرف نامتعادل کودها یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد در مزارع کلزا است. انحراف از درصد بهینه (DOP) از جمله روش‌های تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و بهینه کردن مصرف کود است. این پژوهش در ۳۰ مزرعه کلزا به مدت یک سال زراعی در شمال استان خوزستان انجام و نمونه‌های خاک، برگ و آب تهیه شدند. در این پژوهش عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز برگ با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی انجام گردید. مزارع بر اساس عملکرد های حداکثر به دست آمده در پایان فصل، به دو گروه عملکرد پایین و بالا تقسیم شدند. مطابق با نتایج در روش DOP حد بهینه عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب غلظت‌های ۵/۲۷، ۰/۴۴، ۲/۷۲، درصد و برای آهن، مس، روی و منگنز به ترتیب ۳۱۳، ۳۷، ۷۷ و ۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید و ترتیب کمبود عناصر غذایی به صورت Cu> Zn > Mn> N> Fe> P بدست آمد.

واژگان کلیدی: DOP، تجزیه برگ، تعادل عناصر غذایی

مقدمه

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۸ میزان تولید کلزا در جهان تقریباً ۷۵/۶ میلیون تن بود که بعد از دانه سویا در رده دوم گیاهان زراعی دانه روغنی قرار داشت (Anonymous, 2018). در تأمین روغن جهانی، گیاه پالم و هسته پالم ٪۳۸ ، سویا ٪۲۹، کلزا ٪۱۵، آفتابگردان ٪۱۰، بادام‌زمینی ٪۳، پنبه‌دانه و روغن نارگیل ٪۲ و زیتون ٪۱ سهم داشتند (Anonymous, 2019). بر اساس آمار منتشر شده، کشور کانادا با تولید ۲۱/۱ میلیون تن دانه کلزا اولین کشور تولید کننده این محصول در جهان است. کشورهای چین و هند نیز با تولید ۱۲/۸ و ۸ میلیون تن به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند (Anonymous, 2019). سطح زیر کشت محصول کلزا در سال زراعی ۹۹ - ۱۳۹۸ در استان خوزستان تقریباً ۴۴۵۷۹ هکتار و میزان تولید آن ۶۷۳۲۰ تن بود (بی نام، ۱۳۹۹). از نظر میزان تولید و مساحت کشت کلزا در کشور، استان خوزستان مقام دوم و استان‌های مازندران، فارس، اردبیل، کرمانشاه، ایلام، قزوین و آذربایجان‌شرقی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند (Anonymous, 2019). روش‌های مختلف تفسیر

نتایج تجزیه عناصر تغذیه‌ای گیاهان در محصولات زراعی توسط محققین مختلف مورد توجه قرار گرفته است. در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کدو با روش‌های DOP وCND توسط شریف‌مند و همکاران (۱۳۹۶) در شهرستان خوی و بر اساس شاخص‌های DOP و CND، عناصر پتاسیم و روی منفی‌ترین شاخص‌ها بودند. میران و صمدی (۱۳۹۱) نیز وضعیت تغذیه‌ای چغندرقند را با استفاده از دو روش DRIS و DOP در استان آدربایجان غربی بررسی و گزارش کردند که بر اساس شاخص‌های DRIS و DOP به ترتیب فسفر و مس منفی‌ترین شاخص‌ها بودند.

هدف از این بررسی، برآورد اعداد مرجع و مطالعه وضعیت عناصر غذایی در مزارع کلزای شمال استان خوزستان با استفاده از شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) بود تا بتوان سیاست مصرف بهینه کود را در سطح منطقه با دقت بیشتری اعمال و در سطوح کلان تحقق بخشید و ضمن حفظ حاصلخیزی خاک، سبب حصول عملکرد، با کمیت و کیفیت بیشتر شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزارع کلزای شمال استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی انجام شد. ۵۷ مزرعه در سطح استان انتخاب که پس از بررسی و با توجه به میزان عملکرد، (مزارع با عملکرد زیاد و کم) همچنین وجود دامنه متفاوت از خصوصیات خاک (با استفاده از مطالعات خاک) بین نمونه ها تعداد ۳۰ مزرعه انتخاب نهایی شد. در دوره رشد، کلیه اطلاعات مزارع و فعالیت‌های انجام شده برای هر مزرعه در پرسشنامه‌ای یادداشت‌برداری و ثبت گردید. در اوایل پاییز از هر مزرعه نمونـه مرکـب خاک برداشت و اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز و بافت خاک از آن‌ها مطابق با روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۵). در مرحله خروج از رزت (انتهای مرحله دو رشد فنولوژیکی) (Grant and Bailey, ۱۹۹۰) نمونه‌برداری برگ بدین نحو انجام گردید که از ۲۰ نقطه واقع در یک هکتار ۲۰ برگ انتخاب و جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی به آزمایشگاه ارسال شدند (Bleiholder et al., 2001). نیتروژن کل به روش میکروکلدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی توسط اسپکتروفتومتر با طول موج ۸۸۰ نانومتر و پتاسیم به وسیله فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (احیایی و بهبهانی، ۱۳۷۵). عناصر روی، منگنز، آهن و مس توسط محلول DTPA استخراج و توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perken elemer 3110 قرائت شد (احیایی و بهبهانی، ۱۳۷۵). در هر مزرعه هنگام برداشت، عملکرد، رقم مورد استفاده یادداشت‌برداری شد. اطلاعات حاصل از مناطق وارد مدل انحراف از حد بهینه شد و وضعیت تغذیه‌ای مزارع کلزای منطقه با استفاده از نتایج خاک و گیاه، مورد تحلیل قرار گرفت و محدودیت‌های عملکرد از لحاظ عناصر غذایی شناسایی شد (رابطه ۱). این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Montanes et al., 1993).

$$DOP=[((C\times 100))/ C_{ref}]-100 \quad (1)$$

C: غلظت عنصر غذایی در نمونه مورد ارزیابی است و C_{ref}: غلظت مطلوب (بهینه) عنصر غذایی است. در تفسیر نتایج حاصل از این روش دو قانون ساده وجود دارد که شامل: ۱- مقدار قدر مطلق شاخص DOP اهمیت و یا شدت خروج از

حالت تعادل را نشان می دهد، زیرا عدد صفر بیانگر حالت تعادل و مقادیر بالای قدر مطلق شاخص DOP نشان دهنده انحراف زیاد از حالت تعادل است. ۲- برای هر عنصر مقدار منفی شاخص DOP نشان دهنده حالت کمبود و مقدار مثبت نشانگر حالت زیادی عنصر است. بنابراین در روش DOP اعداد منفی‌تر بیانگر محدودیت بیشتر عنصر غذایی مربوطه و اعداد مثبت‌تر بیانگر مقادیر بیشتر این عناصر و اعداد صفر بیانگر وضعیت متعادل عناصر غذایی مربوطه نسبت به غلظت‌های مرجع می‌باشند که بر اساس این اعداد اولویت یا ترتیب نیاز این عناصر غذایی به دست می‌آید.

نتایج و بحث

شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP)

در روش DOP پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد، نمونه‌ها به دو جامعه با عملکرد بالا و عملکرد کم تفکیک شدند. میانگین غلظت هر عنصر غذایی در نمونه‌های با عملکرد بالا به عنوان غلظت استاندارد محاسبه شد و ۵ مزرعه در گروه با عملکرد زیاد و ۲۵ مزرعه در گروه با عملکرد پایین (کم و متوسط) قرار گرفتند. میانگین عملکرد در مزارع با عملکرد پایین (کم و متوسط) ۲۹۰۶ و در مزارع با عملکرد بالا ۴۰۷۰ کیلوگرم در هکتار بودند. از میانگین غلظت عناصر غذایی در مزارع با عملکرد زیاد به عنوان ارقام استاندارد تعیین شده برای محاسبه شاخص‌های انحراف از درصد بهینه استفاده شد (Monge et al., 1995). حد بهینه عنصر نیتروژن ۵/۲۷ درصد، فسفر ۰/۴۴ درصد، پتاسیم ۲/۷۲ درصد و آهن ۳۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس ۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی ۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و منگنز ۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. متوسط شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای مزارع با عملکرد پایین بصورت نیتروژن ۳/۷۶-، فسفر ۱/۴۳-، پتاسیم ۱۹/۲۰، آهن ۱/۶۴-، مس ۳۴/۸-، روی ۲۱/۰۳- و منگنز ۸/۳۴- بدست آمد. بر اساس تفسیر نتایج شاخص‌های محاسبه شده انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پر نیاز، نیتروژن و فسفر و در میان عناصر کم مصرف، مس و روی منفی‌ترین شاخص بودند. در مزارع با عملکرد پایین ترتیب نیاز عناصر غذایی بصورت Cu > Zn> Mn> N> Fe > P بود. بر اساس شاخص DOP، عناصر Cu و Zn به ترتیب در ۸۰٪ و ۷۶٪ درصد از مزارع مورد بررسی منفی بودند. نکته قابل توجه دیگر این‌که جمع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای باغ‌های با عملکرد پایین، همگی بزرگتر از صفر بود که دلالت بر نبود تعادل بین عناصر غذایی جذب شده در مزارع کلزا دارد. علت اصلی منفی شدن شاخص‌های عناصر مس و روی در روش DOP در منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های خاک مانند pH ، قلیایی و آهکی بودن خاک است (ملکوتی و حامدی، ۱۳۷۰).

ارزیابی وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا به روش DOP برای منطقه شمال خوزستان

با استفاده از روش DOP وضعیت تغذیه شش مزرعه در جدول یک منعکس شده است. بررسی جدول یک با استفاده از روش DOP نشان داد که این روش وضعیت تغذیه را به صورت کمبود و بیش بود نشان داد و در واقع این روش می تواند میزان درصد انحراف از حد بهینه عناصر غذایی را اولویت‌بندی نماید.

جدول ۱ - ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای تعدادی از مزارع کلزا در منطقه شمال خوزستان با استفاده از روش DOP

عملکرد (Kg/ha)	N	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn
۴۱۶۸	بیش بود	بیش بود	بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود
۳۹۰۸	بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود	بیش بود
۳۰۰۰	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود
۲۷۰۰	بیش بود	کمبود	بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود
۲۰۰۰	کمبود	کمبود	بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود
۱۸۰۰	کمبود	کمبود	بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود
درصد مزارع دارای کمبود	**۵۰**	**۸۴**	**۳۳**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۸۴**	**۳۳**
درصد مزارع دارای بیش بود	**۵۰**	**۱۶**	**۶۷**	**۰**	**۰**	**۱۶**	**۶۷**

نتیجه‌گیری

پژوهش اخیر نشان داد که در توصیه‌های کودی تنها استناد به ویژگی‌های خاک کافی نبوده و آزمون برگ حائز اهمیت است. وضعیت عناصر مزارع کلزا در شمال استان خوزستان بیانگر نبود مدیریت صحیح و کوددهی نامتعادل در این مزارع است که با استفاده از روش‌های افزایش کارایی مصرف کودها می‌توان رشد و عملکرد کلزا را در منطقه بهبود بخشید. روش DOP قادر است وضعیت عناصر غذایی را به صورت کمبود و بیش بود نشان دهد و میزان درصد انحراف از حد بهینه عناصر غذایی را اولویت‌بندی نماید.

فهرست منابع

احیایی، ع.، بهبهانی زاده، ا. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه ۸۹۳. وزارت جهاد کشاورزی. موسسه خاک و آب. تهران. ایران.

شریف‌مند، م.، سپهر، ی.، بایبوردی، ا. (۱۳۹۶). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کدو با استفاده از روش‌های DOP و CND در منطقه خوی. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.

مستشاری، م.، گل‌محمدی، م. (۱۳۸۹). شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و تعیین حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در درختان زیتون استان قزوین. گزارش پژوهشی موسسه خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. صفحه ۸۷-۱.

ملکوتی، م.، حامدی، آ. (۱۳۷۰). حاصلخیزی خاک و کودها. مرکز نشر دانشگاهی. شماره انتشارات ۵۹۸.

میران، ن.، صمدی، ع. (۱۳۹۱). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای چغندرقند با استفاده از روش DRIS و مقایسه آن با روش DOP در استان آذربایجان غربی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۶۱: ۱۹۷-۲۰۶

Anonymous. (2018). Oil crops, market summaries (FAO). Available at http:// www. fao. org/ fileadmin/ templates/ est/ Comm_ markets_ Monitoring/ Oilcrops/ Documents/ Food_ outlook_ oilseeds/ FO_ Oilcrops. pdf.

Anonymous. (2019). Oilseeds, world markets and trade (USDA). Available at https:// apps. fas. usda. gov/ psd on line/ circulars/ oilseeds. pdf.

Bleiholder, H., Weber, E., Lancashire, P., Feller, C., Buhr, L., Hess, M., Klose, R. (2001). Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.

Grant, C. A., Bailey, L. D. (1990). Fertility management in canola production. In: Proceed. International Canola Conference, April 1990, Atlanta, GA, USA. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, GA, USA.

Monge, E., Montañés, L., Val, J., Sanz, M. (1995). A comparative study of the DOP and DRIS methods, for evaluating the nutritional status of peach trees. Acta. Horticulturae. J. 383: 191-199.

Montanes, L., Heras, L., Abadia, J., Sanz, M. (1993). Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage. Journal of Plant Nutrition. 16: 1289-1308.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Evaluation of Nutritional Status of Canola by Deviation from Optimum Percentage(DOP) Method

Seyed Hosein Mahmoodi Nezhad Dezfully[1], Fereydon Nur Qolipour[2],Ruhollah Rezaei Arshad[3]

[1]Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran, Shmn178@yahoo.com

[2]Assistant Professor of Soil Chemistry and Fertility Research Department, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran

[3] Expert in Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran

Abstract

Imbalanced fertilization is one of the main reasons for the occurrence of nutritional disorders and low grain yield in the rapeseed farms. Deviation from Optimum Percentage (DOP) is one of the methods for diagnosing nutritional disorders and optimizing fertilizer use. This research was carried out across in 30 Canola (Brassica Napus) fields in the north of Khuzestan province during a cropping season and soil, leaf and water samples were collected. In this study, nutritional elements including nitrogen, phosphorus, potassium, iron, copper, zinc and leaf manganese were determined by standard laboratory methods. Based on the maximum yields obtained at the end of the season, the farms were divided into two low and high yield groups. In DOP method, the optimum limit of N, P and K were 5.27%, 0.44%, 2.72%, and for Fe, Cu, Zn and Mn were 313 mg kg^{-1}, 37 mg kg^{-1}, 77 mg kg^{-1} and 67 mg kg^{-1} dry weight, respectively. In this method the sequence of nutrient deficiency was revealed as Cu> Zn> Mn> N> Fe> P.

Keywords: DOP, plant analysis, nutritional balance

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر کاربرد پتاسیم بر قابلیت استفاده عناصر کم‌مصرف و جذب آن توسط دو پایه مرکبات در یک خاک آهکی

مهدی نجفی قیری[1*]، حمید رضا بوستانی[1]، عباس میرسلیمانی[2]، مریم برفی پور[1]

۱- بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز؛ * mnajafighiri@yahoo.com

۲- بخش تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

چکیده

درختان مرکبات کشت شده در خاک‌های آهکی جنوب ایران از کمبود عناصر کم‌مصرف رنج می‌برند. انتخاب پایه‌های مناسب و مدیریت بهینه پتاسیم می‌تواند بر قابلیت استفاده این عناصر اثر بگذارد. در تحقیق حاضر، تأثیر افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم بر قابلیت استفاده عناصر کم‌مصرف در خاک و جذب این عناصر توسط دو پایه مهم مرکبات شامل نارنج (Citrus aurantium) و لیمو ترش (Citrus aurantifolia) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نارنج در جذب آهن و منگنز بسیار کاراتر بوده و غلظت این دو عنصر در اندام‌های هوایی نارنج به‌ترتیب ۶۵ و ۲۱ درصد بیشتر از لیمو ترش بوده است در حالی‌که در جذب روی و مس لیمو ترش کاراتر بوده و غلظت این دو عنصر در شاخساره لیمو ترش افزایش به‌ترتیب ۳۳ و ۵۴ درصدی را نشان می‌دهد. با توجه به قابلیت استفاده کم آهن در خاک‌های آهکی به نظر می‌رسد این تفاوت قابل ملاحظه نارنج نسبت به لیمو ترش می‌تواند این رقم را به عنوان پایه مناسب پیشنهاد دهد. با توجه به افزایش ۳۳ و ۱۵ درصدی روی و مس در شاخساره گیاه در اثر کاربرد پتاسیم باید در مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک‌های مرکبات این موضوع مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پایه لیمو ترش، پایه نارنج، جذب آهن، شوری خاک

مقدمه

کشت مرکبات در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران علاوه بر تنش‌های مختلف محیطی می‌تواند درختان را دچار کمبود برخی عناصر ضروری از جمله عناصر کم‌مصرف فلزی کند. این به‌دلیل پ‌هاش بالای خاک‌های آهکی مناطق خشک و کمبود مواد آلی خاک می‌باشد (Najafi-Ghiri et al. 2013). انتخاب ارقام مناسب به عنوان پایه مرکبات می‌تواند بخشی از محدودیت‌های ریشه گیاه در جذب و انتقال عناصر به بخش‌های هوایی گیاه را مرتفع ساخته و نیاز به افزودن کودهای مختلف را کاهش دهد.

پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف و مهم در تغذیه مرکبات بوده و کمبود آن می‌تواند سبب بروز اختلالات مهم از جمله کاهش کیفیت میوه گردد. اگرچه بیشتر خاک‌های مناطق خشک به‌دلیل دارا بودن مقدار زیاد کانی‌های پتاسیم‌دار (شامل میکاها و فلدسپات‌ها) دارای مقدار کافی از این عنصر می‌باشند اما تحقیقات نشان داده که کمبود پتاسیم یکی از اختلالات مهم تغذیه‌ای در باغات مرکبات جنوب ایران می‌باشد (Najafi-Ghiri et al. 2017). از دلایل این موضوع می‌تواند کاشت مرکبات در خاک‌های با

بافت درشت باشد که دارای مقدار کافی پتاسیم نیستند و از طرفی وجود غلظت بالای کلسیم در محلول خاک‌های آهکی و رقابت شدید این عنصر با پتاسیم جهت جذب توسط ریشه و انتقال به بخش هوایی گیاه می‌تواند کمبود پتاسیم در گیاه را شدت بخشد. فرض بر این است که ارقام مختلف پایه مرکبات توانایی متفاوتی در جذب عناصر دارند. با توجه به اهمیت دو پایه نارنج و لیمو ترش در باغات جنوب ایران، هدف از این پژوهش مقایسه این دو رقم در جذب عناصر آهن، منگنز، روی و مس و همچنین تأثیر افزودن پتاسیم بر قابلیت استفاده این عناصر در خاک و جذب آنها توسط لیمو ترش و نارنج می باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر برداشت گردید و پس از خشک کردن، آزمایش‌های مختلف فیزیک و شیمیایی و قابلیت استفاده عناصر مختلف به روش‌های متداول تعیین گردید (Sparks et al. ۲۰۲۰).

آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو رقم نارنج (Citrus aurantium) و لیمو ترش (Citrus aurantifolia) و دو سطح پتاسیم (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم) با پنج تکرار انجام شد. دانهال‌ها در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۵ کیلوگرم خاک که با مقدار مناسب پتاسیم (بر اساس طرح آزمایشی) تیمار شده بودند کاشته شدند و به‌روش وزنی در حد رطوبت ظرفیت زراعی آبیاری شدند. پس از ۹۰ روز، بخش‌های هوایی گیاهان برداشت و با آب مقطر شسته شدند. نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شده و توزین گردیدند و پس از آسیاب شدن و حرارت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در اسید کلریدریک دو نرمال حل شده و غلظت پتاسیم (به‌روش شعله‌سنجی) و عناصر آهن، منگنز، روی و مس (به‌روش اسپکتروفتومتری اتمی) اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های خاک گلدان‌ها نیز برداشت گردید و پس از هواخشک کردن، پ‌هاش، قابلیت هدایت الکتریکی و قابلیت استفاده پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس به روش‌های معمول اندازه‌گیری شدند. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

خاک مورد استفاده در این تحقیق دارای بافت لوم‌شنی و رس بسیار کم می‌باشد (جدول ۱). این خاک دارای مقدار کربنات کلسیم معادل بالا و شوری کم می‌باشد. کربن آلی آن ۱/۳۳ درصد و قابلیت استفاده پتاسیم آن ۲۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. بنابراین از نظر مقدار پتاسیم برای گیاهان دارای عملکرد بالا نیاز به استفاده از کودهای پتاسیم‌دار می‌باشد. این خاک از نظر مقدار روی و مس دارای کمبود نمی‌باشد اما مقدار آهن و منگنز در آن کم می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که پایه مرکبات بر قابلیت استفاده پتاسیم، آهن و مس خاک اثر معنی‌دار داشته است. تیمار پتاسیم نیز بر پ‌هاش، قابلیت هدایت الکتریکی و قابلیت استفاده روی در خاک تأثیر معنی‌دار داشته است. قابلیت استفاده منگنز و روی خاک تحت تأثیر اثرات متقابل پایه مرکبات و کاربرد پتاسیم قرار گرفته است.

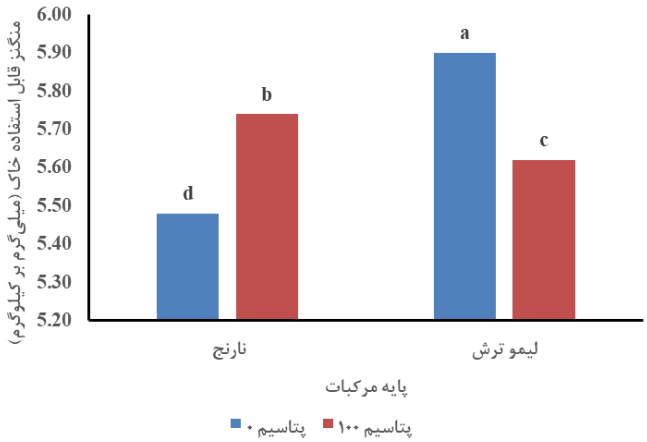
جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و قابلیت استفاده عناصر در خاک مورد استفاده

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
شن، درصد	۵۵	کربنات کلسیم معادل، درصد	۶۰
سیلت، درصد	۳۹	کربن آلی، درصد	۱/۳۳
رس، درصد	۶	پتاسیم قابل استفاده، میلی‌گرم بر کیلوگرم	۲۲۰
پ‌هاش	۷/۸۷	آهن قابل استفاده، میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳/۵
قابلیت هدایت الکتریکی، دسی‌زیمنس بر متر	۰/۴۵	منگنز قابل استفاده، میلی‌گرم بر کیلوگرم	۵/۵
ظرفیت تبادل کاتیونی، سانتی‌مول بار بر کیلوگرم	۷/۲	روی قابل استفاده، میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱/۷
کربنات کلسیم معادل، درصد	۶۰	مس قابل استفاده، میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱/۱

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر پایه مرکبات، سطح پتاسیم و اثرات متقابل آن بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده عناصر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		پ‌هاش	قابلیت هدایت الکتریکی	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
پایه	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۹۸۰**	۰/۵۱۲**	۰/۱۱۲	۰/۰۲۴	۰/۰۱۱*
پتاسیم	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶**	۷۶۸۸۰**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۴۴*	۰/۰۰۱
پایه*پتاسیم	۱	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱	۱۸۰	۰/۰۰۸	۰/۳۶۵*	۰/۲۶۵**	۰/۰۰۵
خطا	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۵۲/۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۹	۰/۰۲۱	۰/۰۰۲

پایه نارنج نسبت به پایه لیمو ترش مقدار پتاسیم (۲۷۹ در مقابل ۲۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مس خاک (۱/۰۸ در مقابل ۱/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را کاهش اما مقدار آهن قابل استفاده خاک (۳/۶۴ نسبت به ۳/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را افزایش داد. پایه مرکبات تأثیری بر مقدار سایر عناصر نداشت. کاربرد پتاسیم سبب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک از ۰/۳۷ به ۰/۴۳ دسی‌زیمنس بر متر شد. مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک نیز در اثر کاربرد پتاسیم از ۲۲۴ به ۳۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت. قابلیت استفاده منگنز با کاربرد پتاسیم در خاک‌های کشت شده با نارنج افزایش ولی با کشت لیمو ترش کاهش نشان داد (شکل ۱). کاربرد پتاسیم قابلیت استفاده روی را در خاک‌های کشت شده با لیمو ترش از ۱/۴۸ به ۱/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش داد اما بر خاک‌های کشت شده با نارنج تأثیری نداشت.



شکل ۱. اثر متقابل پایه مرکبات و پتاسیم بر قابلیت استفاده منگنز خاک

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر پایه مرکبات، سطح پتاسیم و اثرات متقابل آن بر غلظت برخی عناصر در بخش هوایی گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		غلظت پتاسیم	غلظت آهن	غلظت منگنز	غلظت روی	غلظت مس	جذب پتاسیم	جذب آهن	جذب منگنز	جذب روی	جذب مس	ماده خشک
پایه	۱	۰/۰۰۴**	۷۲**	۰/۱۹۸**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۷۱**	۳۱۸۹۰۳**	۳۲۶**	۲۵۷**	۲۰۴**	۴۸/۹**
پتاسیم	۱	۰/۰۰۱*	۰/۲۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۲*	۰/۵۸**	۴۱۱۶	۰/۰۰۱	۲۴۱**	۲۲/۴*	۰/۱۰۱
پایه*پتاسیم	۱	۰/۰۰۱	۱/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۲۶۸۵۲*	۱۴۵**	۱۰۳**	۱/۱۸	۰/۴۹۹
خطا	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۷۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۵۲۷۲	۱۵/۱	۷/۲۸	۴/۲۳	۰/۸۱۰

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان از تأثیر پایه مرکبات بر غلظت پتاسیم، آهن و منگنز و جذب همه عناصر دارد. از طرفی، کاربرد پتاسیم نیز بر غلظت پتاسیم، روی و مس برگ و جذب پتاسیم، روی و مس تأثیر داشته است. جذب آهن، منگنز و روی نیز تحت تأثیر اثرات متقابل پایه مرکبات و پتاسیم قرار گرفته است. غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی لیمو ترش به‌طور معنی‌داری بیشتر از نارنج بود (۱/۶۲ در مقابل ۱/۳۸ درصد) اما غلظت آهن و منگنز در اندام‌های هوایی نارنج به طور معنی‌داری بیشتر از لیمو ترش بود (به‌ترتیب ۶۴۰ در مقابل ۳۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۴۶/۱ در مقابل ۳۸/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم). غلظت روی و مس در اندام‌های هوایی نارنج به‌ترتیب ۲۰/۹ و ۱۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و به طور معنی‌داری کمتر از لیمو ترش بود (به‌ترتیب ۲۷/۷ و ۱۶/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم).

عملکرد ماده خشک گیاه تحت تأثیر پایه مرکبات قرار گرفت و مقدار آن برای نارنج ۱۰/۲ گرم و به طور معنی‌داری بیشتر از لیمو ترش (۷/۱ گرم) بود. مقدار عناصر جذب شده که از حاصلضرب غلظت عناصر در گیاه در عملکرد به‌دست می‌آید تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفت. مقدار جذب پتاسیم توسط نارنج ۰/۱۴۱ گرم و به‌طور معنی‌داری بیشتر از لیمو ترش (۰/۱۱۴ گرم) بود. بر خلاف پتاسیم، جذب مس توسط لیمو ترش بیشتر از نارنج (۰/۱۳ در مقابل ۰/۱۲ میلی‌گرم) بود. کاربرد پتاسیم سبب

جذب بیشتر پتاسیم (۰/۱۳۶ در مقابل ۰/۱۱۹ گرم) و مس (۰/۱۳۴ در مقابل ۰/۱۱۵ میلی‌گرم) توسط گیاه شد. کاربرد پتاسیم همچنین مقدار آهن و منگنز جذب شده در نارنج را کاهش اما در لیمو ترش افزایش داد. مقدار جذب روی در نارنج تحت تأثیر کاربرد پتاسیم قرار نگرفت در حالی که در نارنج مقدار جذب روی افزایش یافت.

خاک مورد مطالعه دارای کمبود پتاسیم، آهن و منگنز بود. استفاده از دو رقم نارنج و لیمو ترش به‌عنوان پایه‌های معمول در جنوب ایران نشان می‌دهد که نارنج در جذب آهن و منگنز بسیار کاراتر بوده و غلظت این دو عنصر در اندام‌های هوایی نارنج به‌ترتیب ۶۵ و ۲۱ درصد بیشتر از لیمو ترش بوده است در حالی‌که در جذب روی و مس لیمو ترش کاراتر بوده و غلظت این دو عنصر در شاخساره لیمو ترش افزایش به‌ترتیب ۳۳ و ۵۴ درصدی را نسبت به نارنج نشان می‌دهد. مقایسه مقدار جذب عناصر کم‌مصرف نیز نشان می‌دهد که نارنج در جذب آهن، منگنز و روی به‌ترتیب ۱۴۰، ۷۴ و ۷ درصد کاراتر از لیمو ترش بوده است. این تفاوت‌ها می‌تواند در نتیجه توانایی متفاوت این دو پایه در ترشح ترکیبات مختلف توسط ریشه به خاک ریزوسفر باشد (Vives-Peris et al. ۲۰۱۸). با توجه به قابلیت استفاده کم آهن در اکثر خاک‌های آهکی جنوب ایران به نظر می‌رسد این تفاوت قابل ملاحظه نارنج نسبت به لیمو ترش می‌تواند این رقم را به عنوان پایه مناسب‌تر برای مرکبات پیشنهاد دهد.

کاربرد پتاسیم علاوه بر افزایش قابلیت استفاده پتاسیم در خاک (۵۵ درصد) و همچنین افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه می‌تواند بر قابلیت استفاده سایر عناصر خاک و جذب آنها توسط گیاه اثر بگذارد. از طرفی کاربرد پتاسیم سبب افزایش شوری خاک می‌شود. به هر حال با توجه به عدم افزایش عملکرد گیاه بر اثر کاربرد پتاسیم، به نظر می‌رسد جذب بیشتر پتاسیم به‌صورت تجملی بوده است. با توجه به افزایش ۳۳ و ۱۵ درصدی روی و مس در شاخساره گیاه در اثر کاربرد پتاسیم باید در مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک‌های مرکبات این موضوع مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

کمبود پتاسیم و عناصر کم‌مصرف در خاک‌های آهکی به دلیل پهاش بالا و کمبود ماده آلی می‌باشد. تغییر پهاش خاک‌های آهکی امکان‌پذیر نبوده اما استفاده از ارقام کارا می‌تواند تا حدودی مشکل جذب عناصر را بهبود بخشد. از طرفی اثرات متقابل کاربرد برخی کودهای شیمیایی از جمله پتاسیم می‌تواند سبب تغییر در قابلیت جذب عناصر گردد. بر اساس نتایج تحقیق حاصل پیشنهاد می‌شود از نارنج به‌عنوان پایه مرکبات استفاده گردد و در استفاده از کودهای پتاسیم، قابلیت استفاده عناصر کم‌مصرف نیز مد نظر قرار گیرد.

منابع

Najafi-Ghiri, M., R. Ghasemi-Fasaei and E. Farrokhnejad (2013). Factors affecting micronutrient availability in calcareous soils of southern Iran. Arid Land Research and Management, 27: 203-2۱۵.
Najafi-Ghiri, M., A. Mirsoleimani and H. Amin (2017). Nutritional status of Washington Navel orange orchards in arid lands of southern Iran. Arid Land Research and Management, 31: 431-445.
Sparks, D. L., A. L. Page, P. A. Helmke and R. H. Loeppert (2020). Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods: John Wiley & Sons.

Vives-Peris, V., L. Molina, A. Segura, A. Gómez-Cadenas and R. M. Pérez-Clemente (2018). Root exudates from citrus plants subjected to abiotic stress conditions have a positive effect on rhizobacteria. J Plant Physiol.228:208-217.

Effect of potassium application on micronutrients availability and uptake by two citrus rootstocks in a calcareous soil

Mahdi Najafi-Ghiri[1*], Hamid Reza Boostani[1], Abbas Mirsoleimani[2] and Maryam Barfipoor[1]
[1]Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University; Email: mnajafighiri@yahoo.com
[2]Department of Crop Production, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University

Abstract

Citrus trees cultivated in the calcareous soils of southern Iran suffer from the nutrient deficiency. Selection of the suitable rootstock and proper management of potassium (K) can affect the availability of these nutrients. In the current research, the effect of adding 100 mg kg^{-1} of K on the availability of micronutrients in soil and their uptake by two important citrus rootstocks including sour orange (*Citrus aurantium*) and Mexican lime (*Citrus aurantifolia*) were investigated. The results showed that sour orange is more efficient in uptake of iron and manganese and the concentration of these two nutrients in the aerial parts of oranges were 65% and 21% higher than those of Mexican lime, respectively while Mexican lime were more efficient in uptake of zinc and copper and the concentrations of these two nutrients in sour orange shoots showed an increase of 33 and 54%, respectively. Considering the low availability of iron in calcareous soils, it seems that this significant difference between sour orange and Mexican lime can suggest this rootstock more suitable. Due to the increase of 33 and 15% of zinc and copper concentration, respectively in the plant shoot due to the application of K, this should be considered for proper management of citrus soil fertility.

Keywords: Mexican lime rootstock, sour orange rootstock, iron uptake, soil salinity

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثرمواد محرک رشد برکارایی مصرف کودهای شیمیایی در مزرعه گوجه‌فرنگی

یعقوب حسینی[۱*]، حامد حسن‌زاده خانکهدانی[۲]

[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]- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان

چکیده

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، تولید محصول سالم و با کیفیت‌تری را نیز بدنبال خواهد داشت و در نهایت سود بیشتری نصیب کشاورز خواهد شد. استفاده از محرک‌های رشد از مهمترین این راهکارهاست. این پژوهش دربرگیرنده دو فاکتور مواد محرک رشد گیاهی و مقدار مصرف کودهای شیمیایی بود و در آن تأثیر فاکتورهای آزمایش برکارایی مصرف کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی در محصول گوجه‌فرنگی بررسی شد. نتایج نشان داد امکان افزایش کارایی مصرف کودهای حاوی عناصر اصلی در مزارع گوجه‌فرنگی، در صورتی که به هر دلیلی مقدار کاربرد آنها کمتر از مقدار توصیه شده ¬باشد، با کاربرد محرک‌های رشدی از قبیل اسید فولوویک، اسید هیومیک و عصاره جلبکی وجود دارد؛ به‌طوری که با کاهش ۲۵ درصدی در کاربرد کود شیمیایی توصیه شده، می‌توان کارایی کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی را با استفاده از محرک‌های رشد گفته شده، به بیش از دو برابر افزایش داد. با توجه به گران شدن کودهای شیمیایی و کاهش مصرف آنها توسط کشاورزان، این نتیجه می‌تواند به‌عنوان راهکاری عملیاتی برای ارتقا کارایی مصرف کودهای شیمیایی و به عبارت دیگر افزایش سود به کشاورزان توصیه شود.

واژگان کلیدی: اسید فولویک، اسید هیومیک، عصاره جلبکی

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 محرک‌های رشد 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). 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 به‌منظور بررسی تأثیر محرکهای رشد بر کارایی کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در گوجه‌فرنگی 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 به عنوان یک فاکتور فرعی و کودهای شیمیایی حاوی عناصر غذایی اصلی (پرمصرف) در ۳ سطح شامل: بدون مصرف عناصر غذایی، مصرف براساس ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی بر اساس آزمایش خاک به عنوان فاکتور اصلی بود. فاکتور محرک‌های رشد شامل تیمارهای: ۱- 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. 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.. 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 از مجموع عملکرد در کل چین‌ها برای تعیین کارایی کودهای شیمیایی استفاده گردید.

محاسبه کارایی مصرف کودهای شیمیایی مورد استفاده با استفاده از معادلات زیر صورت گرفت:

$$FUE_U = \frac{Y_t - Y_c}{U} \quad (1)$$

$$FUE_{TSP} = \frac{Y_t - Y_c}{SPT} \quad (2)$$

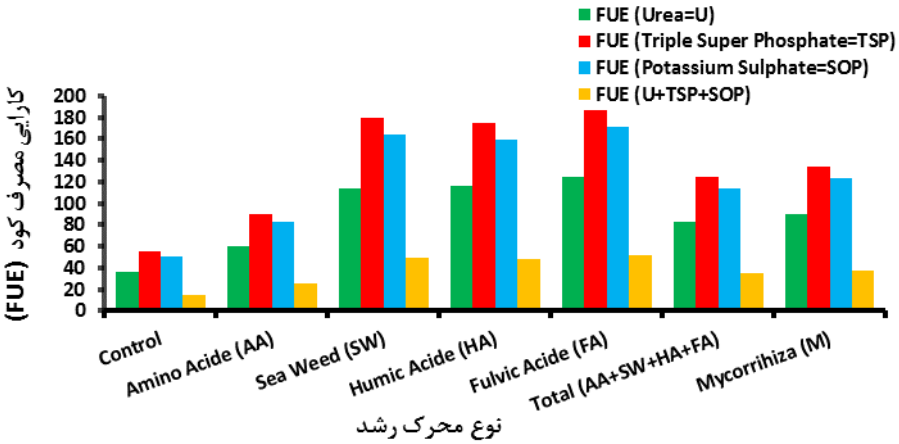
$$FUE_{SOP} = \frac{Y_t - Y_c}{SOP} \quad (3)$$

Y_t عملکرد محصول در تیمار (مصرف کود شیمیایی و کاربرد محرک/های رشد) (کیلوگرم در هکتار)، Y_cعملکرد محصول در تیمار شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی و عدم کاربرد محرکهای رشد) (کیلوگرم در هکتار)، FUE کارایی مصرف کود هر کدام از کودهای مصرفی یا مجموع آنها (کیلوگرم محصول بر کیلوگرم کود)، U کود اوره (کیلوگرم در هکتار)، TSP کود سوپرفسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار)، SOP کود سولفات پتاسیم (کیلو گرم در هکتار)

نتایج و بحث

در آزمایش حاضر، کارایی استفاده هر یک از کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی (شامل اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) و یا مجموع آنها در حضور یا عدم حضور مواد محرک رشد گیاهی با توجه به معادلات ۱ تا ۳ (که در بخش مواد و روشها آورده شده است)، برای گیاه گوجه فرنگی محاسبه گردید که نتایج آن در زیر آورده شده است.

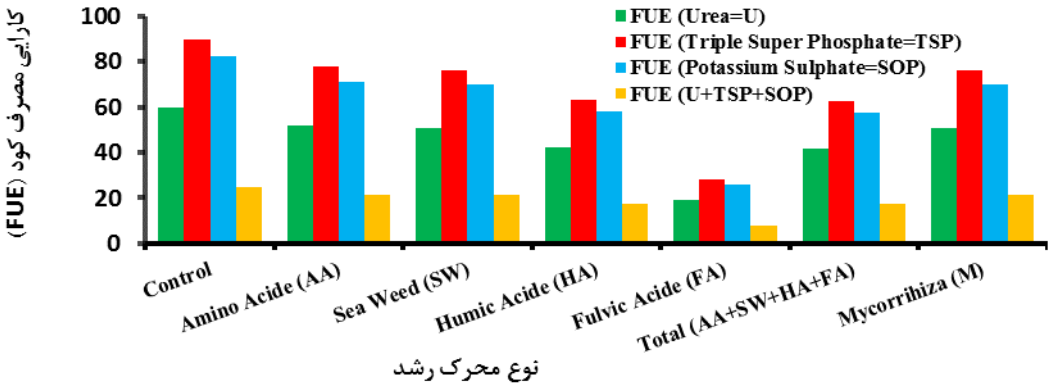
در شکل ۱ کارایی استفاده از کودهای اصلی اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم (به مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی) برای گوجه‌فرنگی، در شرایط عدم کاربرد و یا کاربرد محرکهای رشد نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده میشود بالاترین کارایی مصرف کود در همه تیمارهای کاربرد محرک رشد و یا عدم مصرف محرک رشد، متعلق به کود سوپرفسفات ترپیل است و پس از آن بالاترین کارایی مصرف کود ازآن کود سولفات پتاسیم است. کود اوره در مقایسه با دو کود دیگر پایین‌ترین کارایی مصرف کود را داراست که احتمالا بدلیل راههای هدررفت بیشتر این کود در مقایسه با دو کود دیگر است. بررسی کارایی مصرف مجموع سه کود گفته شده، حاکی از کارایی استفاده پایین می‌باشد که افزایش مقدار کود در محاسبات (محموع مقدار سه کود اصلی در نظر گرفته شد)، میتواند از دلایل کارایی مصرف پایین باشد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر نوع محرک رشد بر کارایی مصرف کودها در گوجه فرنگی به هنگام مصرف ۷۵ درصد توصیه کودهای اصلی

عدم کاربرد محرک رشد در مقایسه با کاربرد محرک رشد (از هر نوع)، سبب کارایی پایین‌تر هر سه نوع کودگفته شده و همچنین مجموع سه کود گردید (شکل ۱). از میان محرکهای رشد مورد استفاده، بالاترین کارایی مصرف هر سه کود شیمیایی، با کاربرد اسید فولوویک، عصاره جلبک و اسید هیومیک بدست آمد.کاربرد اسید آمینه اگرچه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد محرک رشد)، باعث افزایش کارایی مصرف کود شد، در بین محرکهای رشد استفاده شده، کمترین مقدار را به خود اختصاص داد.

در شکل ۲ کارایی مصرف کود های اصلی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) برای هنگامی است که مقدار مصرف کودهای گفته شده معادل ۱۰۰ درصد توصیه کودی بوده است، آورده شده است. همانگونه که در شکل مشاهده میشود باز هم بالاترین کارایی مصرف کود متعلق به کود سوپرفسفات تریپل است و پس از آن کود سولفات پتاسیم و اوره هستند. کارایی مصرف مجموع مقدار سه کود در جایگاه انتهایی قرار دارد که از دلایل آن جمع کردن مقدار سه کود گفته شده و قرار گرفتن آن در مخرج فرمول محاسبه کارایی مصرف کود می‌باشد. کاربرد کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی به مقدار ۱۰۰ درصد توصیه کودی، بدون اضافه کردن محرک رشد، بالاترین مقدار کارایی کود برای هر سه نوع کود اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم را بدنبال داشت. پس از آن کاربرد هر کدام از کودهای شیمیایی اصلی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) توأم با کاربرد اسید آمینه، قارچ میکوریزا و عصاره جلبک تجاری بالاترین مقدار کارایی مصرف کود داشتند.



شکل ۲- اثر نوع محرک رشد بر کارایی مصرف کودها در گوجه فرنگی به هنگام مصرف ۱۰۰ درصد توصیه کودهای اصلی

مقایسه دو شکل ۱ و ۲ نشان می‌دهد که به طور کلی کارایی استفاده از کودهای شیمیایی مورد استفاده، بویژه در حضور محرکهای رشدی همچون اسید فولوویک، اسید هیومیک و عصاره جلبک، به‌هنگام کاربرد کود به‌مقدار ۷۵ درصد توصیه کودی بوده در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد توصیه کودی، دو برابر و حتی بالاتر می‌باشد. بنابراین برای افزایش کارایی کودهای حاوی عناصر اصلی در صورتی که به هر دلیلی مقدار کاربرد آنها کمتر از مقدار توصیه شده در مزارع گوجه‌فرنگی باشد، کاربرد محرکهای رشدی از قبیل اسید فولوویک، اسید هیومیک و عصاره جلبکی توصیه میشود. این نتیجه با توجه به گران شدن کودهای شیمیایی و کاهش مصرف آنها توسط کشاورزان میتواند به عنوان راهکاری عملیاتی برای ارتقا کارایی مصرف کودهای شیمیایی و به عبارت دیگر افزایش عملکرد به کشاورزان توصیه شود.

نتیجه‌گیری

افزایش کارایی کودهای حاوی عناصر اصلی در صورتی که به هر دلیلی مقدار کاربرد آنها کمتر از مقدار توصیه شده در مزارع گوجه‌فرنگی باشد، با کاربرد محرکهای رشدی از قبیل اسید فولوویک، اسید هیومیک و عصاره جلبکی قابل افزایش می‌باشد؛ به‌طوری که با کاهش ۲۵ درصدی در کاربرد کود شیمیایی توصیه شده، می‌توان کارایی کودهای شیمیایی حاوی عناصر اصلی را با استفاده از محرکهای رشد گفته شده، به بیش از دو برابر افزایش داد. این نتیجه با توجه به گران شدن کودهای شیمیایی و کاهش مصرف آنها توسط کشاورزان می‌تواند به عنوان راهکاری عملیاتی برای ارتقا کارایی مصرف کودهای شیمیایی و به عبارت دیگر افزایش عملکرد به کشاورزان توصیه شود.

فهرست منابع

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.

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.
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.
Vance, C.P. (2001). Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiology, 127: 390–397.

Effect of plant growth biostimulants on the chemical fertilizer use efficiency in tomato field

Yaaghoob Hosseini[1], Hamed Hassanzadeh Khnehkahdani[2]
[1]Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
[2] Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Abstract
Strategies that can reduce chemical fertilizers application or increase the use efficiency of them by the plant; In addition to helping to reduce environmental pollution, it will also lead to the production of a healthier and higher quality product and eventually the farmer will get more profit. The use of growth biostimulants is one of the most important of these strategies. This study included two factors of plant growth biostimulants and the amount of chemical fertilizers, in which the effect of experimental factors on the chemical fertilizer use efficiency in tomato crop was investigated. The results showed that it is possible to increase the fertilizer use efficiency in tomato fields, if for any reason their application is less than the recommended amount, by using growth biostimulants such as folvic acid, humic acid and Seaweed extract; by reducing the chemical fertilizers recommended by 25%, chemical fertilizers use efficiency can be more than doubled by using the said growth biostimulants. Due to the increase in the price of chemical fertilizers and the reduction of their consumption by farmers, This result can be recommended as an operational solution to improve the chemical fertilizer use efficiency, in other words, increase profits for farmers.
Keywords: Amino Acid, Folvic Acid, Humic Acid, Mycorrhiza, Seaweed Extract

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مطالعات ترمودینامیکی فسفر در خاک‌های آهکی شمال غرب ایران

عزیز مجیدی[۱]

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران؛ A.majidi@areeo.ac.ir

چکیده

از آنجائیکه گیاهان به فعالیت فسفر در محلول خاک واکنش نشان می‌دهند، درک فرآیندهای جذب و واجذب فسفر در خاک بسیار حیاتی است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی فرآیند جذب سطحی و واجذب فسفر در خاک‌های آهکی و نهایتا ارزیابی درجه برگشت پذیری واکنش های جذب سطحی فسفر بود. در پنج نمونه خاک نماینده تحت گروه‌های Haploxerepts، Haploxerolls، Calcixerepts و Calcixerolls مربوط به مناطق نیمه خشک شمال غرب ایران، آزمایش‌های پیمانه‌ای برای بررسی رفتار جذب سطحی و واجذب فسفر به انجام رسید. مدل لانگمویر بهترین برازش را بر روی داده های جذب سطحی تمامی خاک ها نشان داد (۰/۹۹ > r^2 > ۰/۹۷). بالاترین مقدار حداکثر جذب سطحی فسفر در خاک های رسی با pH بیشتر از ۷/۸ مشاهده شد. نتایج حاصل از داده های واجذب فسفر مشخص کرد که قسمت اندکی از فسفر در خاک‌ها با استفاده از نیترات کلسیم واجذب می‌گردند. بعد از چهار مرحله واجذب با استفاده از محلول ۰/۰۱ مولار نیترات کلسیم، ۰/۷۶ تا ۲/۶۴ درصد فسفر جذب سطحی شده واجذب شدند که بیانگر این واقعیت است که بخش عمده فسفر جذب سطحی شده توسط ذرات خاک با نیروی قابل توجهی نگه‌داری می‌شوند.

واژگان کلیدی: جذب سطحی، ظرفیت بافری، واجذب فسفر، خاک آهکی

مقدمه

فسفر یکی از عناصر مهم در شیمی زیست‌محیطی است. این عنصر برای رشد گیاه ضروری است و یکی از مهمترین عناصر غذائی است که اوتریفیکاسیون را در پیکره آبهای سطحی کنترل می‌کند (Arai and Sparks, 2007). فسفر در خاک درگیر چندین واکنش شیمیائی می‌شود که قابلیت استفاده کوتاه‌مدت و بلندمدت آنرا تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. برآورد شده است که در سال اول مصرف، ۹۰-۸۰٪ فسفر افزوده‌شده به خاک در نتیجه فرآیندهای جذب و رسوب غیرقابل‌جذب می‌شود (Brady, 2008). فرآیند جذب سطحی در غلظت‌های پائین فسفر در محلول خاک‌های آهکی غالب می‌باشد در حالیکه در غلظت‌های بالاتر آن، واکنش‌های تشکیل رسوب فسفات‌های کلسیم فعالیت فسفر در محلول خاک را کنترل می‌کنند (Hamilton, 2018).

کارائی مصرف کودهای معدنی فسفره بر افزایش قابلیت جذب آن، تا حد زیادی به وسیله ظرفیت جذب فسفر در خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Haden, 2007). اثر متقابل بین فسفر مصرفی و ذرات معدنی خاک می‌تواند با اندازه-گیری حداکثر جذب سطحی فسفر (P_{max}) یا فسفر باقیمانده در محلول (P_{rem}) ارزیابی شود (Fink, 2016). علیرغم پیشرفت‌های خیلی زیادی که در مورد رفتار شیمیائی فسفر در خاک صورت گرفته هنوز ناشناخته‌های فراوانی در مورد ظرفیت جذب و واجذب فسفر و به ویژه فرآیند پسماند در خاک وجود دارد (Gérard, 2016). هم‌دماهای واجذب، روند رهاسازی فسفر جذب شده را مشخص می‌کنند، اما این فرآیند بسیار آهسته است و معمولا طی چند ساعته تا چند روز بطور کامل اتفاق نمی‌افتد. سرعت واجذب فسفر با زمان کاهش می‌یابد و به‌طور کلی، پس از تقریبا دو روز، واجذب بسیار آهسته می‌شود. مقدار واجذب فسفر جذب شده در خاک به طبیعت شیمیائی و انرژی پیوندی بین فسفات و اجزای خاک بستگی دارد (Guppy, 2005).

درک فرآیندهای جذب-واجذب فسفرخاک از نظر مدیریت مصرف فسفر برای حفظ و ارتقاء حاصلخیزی خاک حائز اهمیت است. مطالعات کمتری در رابطه با واجذب فسفر نسبت به جذب آن در خاک صورت گرفته هرچند که، برای ارزیابی فسفر قابل استفاده خاک برای گیاهان فرآیندهای واجذب مناسب‌تر است (Barros, 2005). روابط جذب و واجذب فسفر برای خاکهای شمال غرب ایران بطورهمزمان مورد مطالعه قرار نگرفته است. بر این اساس، هدف این تحقیق، ارزیابی جذب-واجذب و ظرفیت بافری فسفر در نمونه‌های انتخابی خاک‌های آهکی شمال غرب ایران بود.

مواد و روش‌ها

نمونه های خاک: از پنج خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی متر) اراضی زراعی شمال غرب کشور متعلق به چهار تحت گروه Haploxerepts،Haploxerolls، Calcixerepts و Calcixerolls نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب گردیدند که دارای گستره‌ای از ویژگی‌های فیزیکی‌وشیمیایی باشند. نمونه‌ها هوا-خشک، آسیاب و از الک دو میلیمتری عبور داده شدند. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی خاک‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش جذب سطحی فسفر: هم‌دمای جذب فسفر به روش پیمانه‌ای در نسبت خاک به محلول ۱ به ۱۰ در دو تکرار اندازه گیری شد (Graetz, 2009). بدین منظور، به (±۰/۰۱) ۲/۵ گرم نمونه خاک، غلظت‌های درجه‌بندی‌شده‌ای در محدوده صفر تا ۰/۶۵ میلی‌مول در لیتر فسفر در ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم اضافه گردید. نمونه‌ها در دستگاه تکان-دهنده رفت و برگشتی در ۱۸۰ دور در دقیقه به مدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۱±C ۲۵ به همزده شدند. پس از سانتریفوژ کردن (۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه، ۲۵°C)، بخشی از مایع صاف رویی با کاغذ صافی ۴۲ واتمن صاف گردید. غلظت تعادلی فسفر در مایع صاف شده به روش رنگ سنجی اندازه گیری شد (Murphy, 1962). pH تعادلی در باقیمانده سوسپانسیون اندازه گیری شد. معادلات خطی، فروندلیچ و لانگمویر برای برازش روی داده‌های بدست آمده با نمونه‌های خاک استفاده شدند.

جدول ۱. نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی نمونه‌های خاک

شماره خاک	عمق (cm)	pH_s	هدایت الکتریکی ($mS\ cm^{-1}$)	کربن آلی ($g\ kg^{-1}$)	کربنات-کلسیم معادل ($g\ kg^{-1}$)	رس (٪)	شن (٪)	فسفر قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol\ kg^{-1}$)
۱	۳۰-۰	۷/۸	۴/۸	۱۰/۵	۲۰/۰	۳۵/۰	۱۴/۰	۱/۹	۳۰/۰
۲	۳۰-۰	۷/۷	۴/۹	۱۰/۷	۳۰/۰	۳۴/۰	۱۱/۰	۱/۳	۲۷/۶
۳	۳۰-۰	۸/۲	۱۳/۰	۵/۰	۴۶/۰	۲۲/۰	۱۶/۰	۳/۹	۸/۲
۴	۳۰-۰	۸/۰	۱۳/۳	۱۱/۳	۷۱/۰	۳۲/۰	۲۳/۰	۶/۰	۱۷/۳
۵	۳۰-۰	۷/۹	۶/۰	۱۰/۷	۳۴/۰	۲۶/۰	۲۷/۰	۲/۹	۱۵/۵

آزمایش واجذب فسفر: برای اندازه‌گیری هم دماهای واجذب فسفر، در ابتدا لوله‌های محتوی نمونه‌های خاک مرحله جذب سطحی توزین شد و سپس ۲۵ میلی لیتر از محلول ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم به آن‌ها اضافه گردید. سپس سوسپانسیون حاصل به مدت ۲۴ ساعت به هم زده شد. پس از سانتریفوژ کردن محلول رویی برداشت گردید. مراحل توزین نمونه‌ها، اضافه کردن نیترات کلسیم، به هم زدن و صاف کردن آنها به طور متوالی چهار مرتبه تکرار شد. مقدار فسفر واجذب از اختلاف بین غلظت تعادلی و اولیه به ترتیب بعد و قبل از واجذب محاسبه شد.

نتایج و بحث

جذب سطحی فسفر: جذب سطحی فسفر تابعی از غلظت تعادلی آن در خاک‌های ۱ تا ۵ اندازه گیری شد (شکل۱). هم دماهای جذب سطحی دو رفتار تا حدی متفاوت را نشان می دهند: در قسمت اول یعنی در غلظت‌های کم تعادلی، جذب سطحی تقریبا به صورت خطی با افزایش غلظت تعادلی افزایش می‌یابد، و در قسمت دوم با افزایش غلظت فسفر در محلول، روند افزایشی جذب سطحی تدریجا کاهش می‌یابد (شکل۱). به عبارت دیگر، در غلظت‌های تعادلی تقریبا بیشتر از ۰/۰۲ میلی مولار، تمایل سطح برای جذب سطحی فسفر به تدریج با میل به سوی حداکثر جذب سطحی کاهش می‌یابد. در غلظت‌های تعادلی بالا، نمونه‌های خاک تفاوت نسبتا زیادی در حداکثر ظرفیت جذب سطحی فسفر

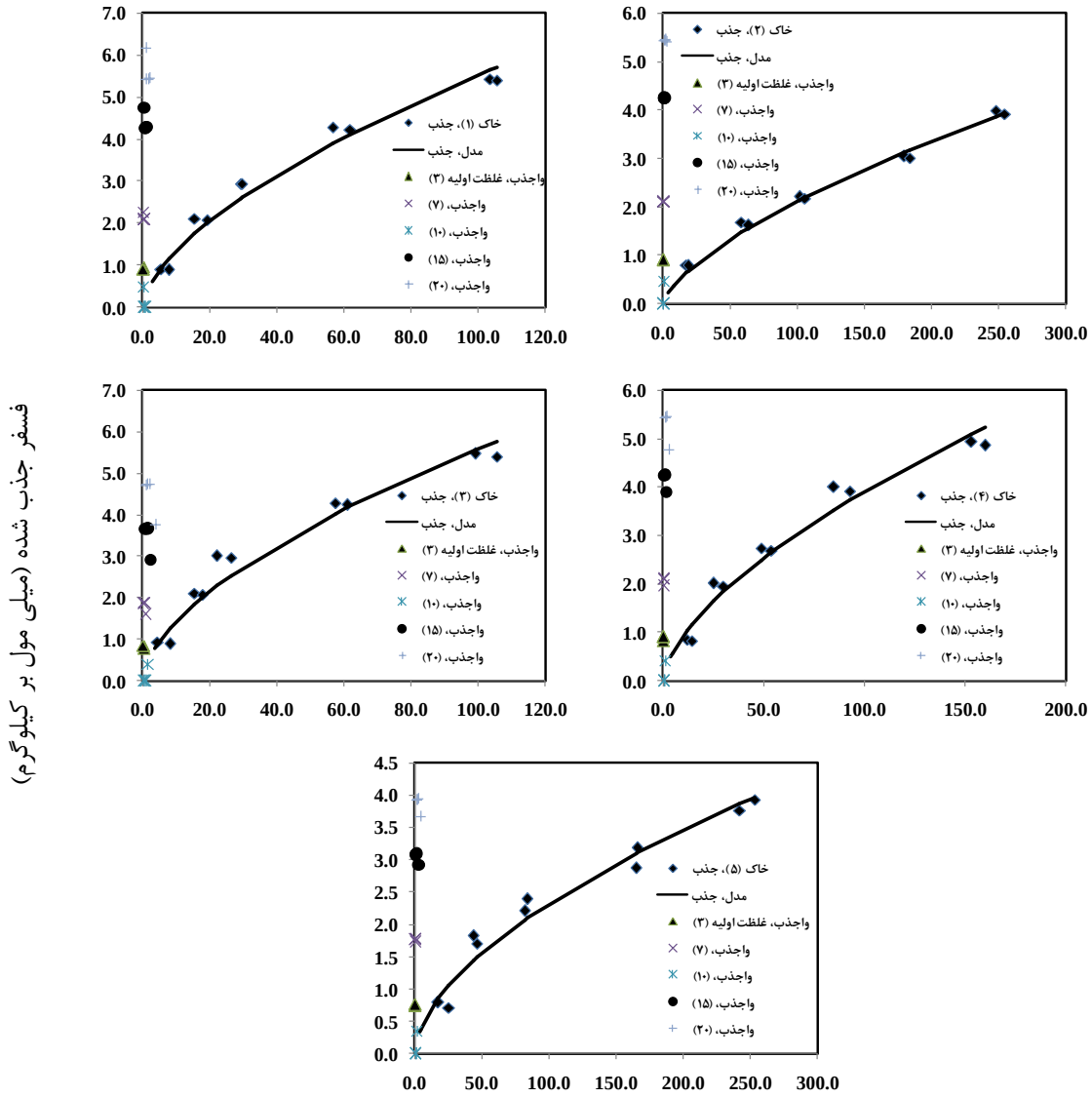
دارند. در بین نمونه‌های خاک بیشترین مقدار جذب سطحی مربوط به خاک ۱ و کمترین مقدار مربوط به خاک ۵ است. خاک ۱ در مقایسه با خاک ۵ دارای مقادیر بیشتری رس و ظرفیت تبادل کاتیونی است. بررسی‌ها نشان داده است که فسفر جذب سطحی شده به بافت خاک وابسته است و با افزایش مقدار رس افزایش می‌یابد (Fontes, 2013). می‌توان انتظار داشت که تفاوت‌های موجود در نمونه‌های خاک ۱ و ۵، به دلیل متفاوت بودن مقدار رس و خصوصیات مینرالوژیکی خاک‌ها باشند. بنابراین، تفاوت در میزان سطح ویژه و مکان های جذب سطحی در سطوح کانی ها، ممکن است بخش اعظم تفاوت در حداکثر جذب سطحی دو خاک را توضیح دهد (Evans, 2004). هرچند که خاک ۱ دارای pH کمتری نسبت به خاک ۵ است، اما میزان تفاوت در pH دو خاک به میزانی نیست که موجب تفاوت قابل ملاحظه ای در حداکثر جذب سطحی آنها گردد.

برای تفسیر داده های جذب سطحی، معادله های جذب سطحی فروندلیچ و لانگمویرمورد استفاده قرار گرفت. هر دو معادله دارای پارامترهای قابل تنظیم کمی هستند، از نظر آماری، نتایج نشان داد که معادله لانگمویر داده های جذب سطحی را بهتر یا مشابه معادله فروندلیچ توصیف می نماید. بنابراین، به علت دارا بودن پایه ترمودینامیکی و پارامترهای قابل تنظیم کمتر، معادله لانگمویر برای توصیف داده های آزمایشگاهی انتخاب شد. مقدار پارامترهای مدل لانگمویر برازش داده شده بر داده های جذب سطحی برای نمونه های خاک ۱ تا ۵ در جدول ۱ و چگونگی توصیف داده ها در شکل ۱ آورده شده است.

محاسبه جزء مولی فسفر جذب سطحی شده، یعنی $\theta = \frac{\Gamma}{\Gamma_{max}}$، نشان داد که از۰/۳۱(خاک۱) تا ۰/۴۳ (خاک ۵) مکان های جذب سطحی قابل دسترس به وسیله فسفر اشغال شده‌اند. این مطلب با نتایج مندرج در جدول ۱ که حداکثر جذب سطحی به ازای واحد جرم خاک (Γ_{max}) برای خاک ۱ بدست آمد، مطابقت دارد. بدین مفهوم که خاک ۱ 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 فسفر دارد، بنابراین در یک غلظت تعادلی مشخص از کمترین مقدار θ برخوردار می باشد.

هم دماهای واجذب فسفر: هم دماهای واجذب فسفر در نمونه های خاک ۱ تا ۵ برای پنج غلظت اولیه فسفر شامل ۰/۱۰، ۰/۲۳، ۰/۳۲، ۰/۴۸، ۰/۶۵ میلی مول در لیتر اندازه گیری گردید. داده های واجذب در شکل ۳ به همراه داده های جذب سطحی نشان داده شده اند. در هر چهار مرحله واجذب، فقط بخش کوچکی از فسفر جذب سطحی وا جذب گردید.

برای مثال در مورد غلظت اولیه ۰/۳۲ میلی مول در لیتر فسفر، در اولین مرحله برای نمونه های خاک ۱ تا ۵ به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۶۸، ۲/۶۲، ۰/۹۹ و ۱/۹۲ درصد از فسفر جذب سطحی شده (معادل ۰/۰۲۵، ۰/۰۲۰، ۰/۰۵۶، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۵۷ میلی مول بر کیلو گرم) از خاک های ۱ تا ۵ واجذب شد، اما در مراحل بعدی یعنی مراحل دوم تا چهارم در مجموع ۰/۰۵، ۰/۰۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۱ درصد از فسفر جذب سطحی شدهٔ واجذب شد. بر مبنای نتایج مندرج در شکل ۱، در تمامی غلظت های مورد مطالعه هم دماهای واجذب از هم دماهای جذب سطحی منحرف شده اند که بر اثر پسماند نسبتا قوی دلالت دارد.



شکل ۱- هم دماهای جذب سطحی و واجذب فسفر در خاک های ۱ تا ۵ و برازش مدل لانگمویر

انحراف هم دماهای واجذب فسفر نمونه های خاک از هم دماهای جذب سطحی ممکن است بر این دلالت کند که بخش کوچکی از فسفر جذب سطحی شده بر روی مکان هائی است که خیلی به آرامی در محلول خاک رها می شوند.

جدول ۱- حداکثر جذب سطحی (Γ_{max}) و ثابت انرژی جذب (K_L) برهمکنش فسفر با خاک حاصل از برازش مدل یک سطحی لانگمویر

شماره خاک	K_L (L mmol-1)	Γ_{max} (mmol kg-1)	RMSE	R^2
۱	۱۷/۳۰	۸/۴۳	۰/۳۱	۰/۹۸
۲	۴/۵۲	۷/۱۳	۰/۱۴	۰/۹۸
۳	۲/۷۳	۷/۹۶	۰/۲۵	۰/۹۷
۴	۱۰/۸۲	۷/۸۶	۰/۱۶	۰/۹۹
۵	۸/۷۵	۵/۴۵	۰/۱۵	۰/۹۸

بر اساس داده های حاصل از مطالعات اسپکتروسکوپی، دو نوع مکانیسم برای جذب سطحی اکسی آنیون‌ها بر روی کانی های مختلف شناسائی شده است: کمپلکس درون کره ای با میل ترکیبی زیاد و کمپلکس های برون کره ای با میل ترکیبی کم (Hamilton, 2018). با توجه به توزیع گونه های فسفر در فاز محلول و توزیع گونه های جذب سطحی آن می توان استدلال کرد که در خاک های مورد مطالعه با pH ۷ تا ۸ اساسا فسفر به صورت کمپلکس درون کره ای جذب سطحی می شود. بنابراین، در اولین مرحله واجذب بخش بسیار اندکی از آن از سطح ذرات خاک جدا می شود و باقیمانده آن که به طور اختصاصی جذب سطحی گردیده است و بسیار به کندی واجذب می گردد.

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان دادکه با افزایش غلظت تعادلی فسفر در محلول خاک (تاحدود ۰/۰۲ میلی مولار)، جذب سطحی فسفر تقریبا به طور خطی افزایش می‌یابد و سپس شیب آن به تدریج کاهش می‌یابد. هر چند که داده‌های جذب سطحی فسفر 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 دادکه جذب سطحی فسفر در خاک به طورنسبی قوی است، به‌طوری که بیشتر از ۹۰ درصد از فسفراضافه شده، جذب سطحی ذرات خاک گردید. حداکثر جذب سطحی (Γ_{max}) فسفر در نمونه‌های خاک در حدود ۵/۵ تا ۸/۵ میلی مول برکیلوگرم خاک محاسبه شد. بخش اندکی از فسفر جذب سطحی شده در مراحل اول، دوم، سوم و چهارم واجذب، رها می گردند ولی درصد تجمعی واجذب فسفر در خاک های درشت بافت بیشتر از خاک های ریز بافت است. فسفر عمدتا با نیروی قوی جذب سطحی ذرات خاک می شود. پدیده پسماند در غلظت های تعادلی کم فسفر بیشتر از غلظت‌های بالاتر مشاهده می شود.

فهرست منابع

Arai, Y., and Sparks, D. (2007). Phosphate reaction dynamics in soils and soil components: a multiscale approach. Advances in Agronomy, 94:135-179.

Barros, N. F., Filhoa, N., Comerford, B., Barros, N. F. (2005). Phosphorus sorption, desorption and resorption by soils of the Brazilian Cerrado supporting eucalypt. Biomass and Bioenergy, 28:229–236.

Brady, N.C., Weil, R. R. (2008). The nature and properties of soils. 14th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Evans, D. J., Johnes, P.J., Lawrence, D.S. (2004). Physico-chemical controls on phosphorus cycling in two lowland streams. Part 2-The sediment phase. Science of The Total Environment, 329:165-182.

Fink, J.R., Inda, A.V., Bavaresco, J., Barrón, V., Torrent, J., Bayer, C. (2016). Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. Soil & tillage research, 155: 62-68.

Fontes, M.P.F., Weed, S.B. (2013). Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. Geoderma, 72:37-51.

Gérard, F. (2016). Clay minerals iron/aluminum oxides and their contribution to phosphate sorption in soils-A myth revisited. Geoderma, 262:213–226.

Graetz, D.A., Nair, V.D. (2009). Phosphorus sorption isotherm determination. In: Kovar, J.L., Pierzynski, G.M. (Eds.), Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters, Southern Cooperative Series Bulletin No. 408. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Guppy, C.N., Menzies, N.W., Moody, P.W., Blamey, F.P.C. (2005). Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. Australian Journal of Soil Reasearch, 43:189–202.

Haden, V.R., Ketterings, Q.M., Kahabka, J.E. (2007). Factors affecting change soil test phosphorus following manure and fertilizer application. Soil Science Society of America Journal, 71:1225–1232.

Hamilton, J.G., Grosskleg, J., Hilger, D., Bradshaw, K., Carlson, T., Siciliano, S.D., , Peak, D. (2018). Chemical speciation and fate of tripolyphosphate after application to a calcareous soil. Geochemical transactions, 19:1-1.

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

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Thermodynamic studies of P in calcareous soils of northwestern Iran

A. Majidi

Associate Professor of Research, Department of Soil and Water Research, West Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran;
A.majidi@areeo.ac.ir

Abstract

The understanding of phosphorus (P) sorption process on soil constituents is crucial because plants respond to P activity in soil solution. The objective of this study was to assessment adsorption and desorption process of P in calcareous soils as well as to evaluate the degree of reversibility of P adsorption reactions. Batch experiment were conducted in five representative soils (Haploxerepts, Haploxerolls, Calcixerepts and Calcixerolls) from arid and semiarid regions of northwest of Iran. Langmuir models was found the best to account for sorption data of all soils ($0.97<r^2<0.99$) and highest values for maximum P adsorption were found in clayey soils with high pH. The P desorption data revealed that a small part of adsorbed P in the soils was desorbed in $Ca(NO_3)_2$. After four successive extractions with 0.01 mmol L^{-1} $Ca(NO_3)_2$, 0.76 to 2.64 % of adsorbed P was desorbed, indicating that a small portion of P was reversibly retained by the soil materials.

Key words: Buffering capacity, Calcareous soil, Phosphorus desorption, Surface adsorption

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه دو ابزار جهت مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی حفاظت خاک

شریف جورابیان شوشتری[1*]، سید محمد جواد سبحانی[2]

۱- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: Joorabian@asnrukh.ac.ir

۲- استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

چکیده

مدل‌های زمین-مکانی معمولاً جهت کمی‌سازی سهم رسوب در مقیاس حوضه استفاده می‌شوند. مدل‌های ارزیابی خدمات اکوسیستمی ابزار مهمی برای سیاست‌گذاران و محققان هستند. با این حال، نتایج شبیه‌سازی مدل‌های مختلف بسیار متفاوت و انتخاب یک مدل مناسب برای حوزه‌های خاص برای سیاست‌گذار دشوار است. به عنوان یک شاخص خدمت حفاظت خاک، تولید رسوب با حفظ خاک همبستگی منفی دارد. این مطالعه، به مقایسه ورودی و خروجی‌های دو مدل رایج در مدل‌سازی رسوب، شامل مدل خدمات بوم‌سازگان نسبت تحویل رسوب ابزار یکپارچه ارزش‌گذاری خدمات محیط زیستی و هم‌کنشی بین آن‌ها (InVEST) و ابزار ارزیابی آب و خاک (SWAT) می‌پردازد. مدل SWAT جزء ابزارهای هیدرولوژیکی سنتی و InVEST جزء مدل‌های ویژه و جدیدتر خدمات اکوسیستم است. مدل SWAT خروجی روزانه با اطلاعات بیشتری از مواد مغذی، بار رسوب و رواناب سطحی فراهم، درصورتیکه مدل InVEST اطلاعات کمتری را در مقیاس سالانه از منظر هدر رفت خاک، میزان و نگهداشت رسوب در سطح حوضه، زیرحوضه و پیکسل تولید می‌کند. کاربرد هر یک از مدل‌ها با عدم قطعیت‌هایی همراه است و انتخاب مدل مناسب باید با توجه به تخصص کاربر، دیتاهای دردسترس، هدف پروژه و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه صورت گیرد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، بوم‌سازگان، مدل هیدرولوژیکی، فرسایش.

مقدمه

فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی است که مسئول شکل دادن به چشم انداز فیزیکی از طریق توزیع مواد هوازده تولید شده توسط فرآیندهای ژئومورفیک است. با این حال، زمانی که فرسایش خاک به دلیل فعالیت‌های انسانی، باد یا آب با سرعتی شتابان رخ می‌دهد، احتمالاً تخریب یا از دست دادن عملکرد طبیعی خاک رخ می‌دهد. خاک‌ها طیف وسیعی از عملکردهای کلیدی را از جمله تولید غذا، ذخیره‌سازی مواد آلی، چرخه آب و مواد مغذی و کیفیت زیستگاه برای طیف

عظیمی از موجودات انجام می‌دهند. حفظ منابع خاک از طریق پیشگیری از فرسایش یک روش حفاظتی برای حفاظت از محیط زیست اکولوژیکی و توانایی خاک برای کمک به عملکرد اکوسیستم است (Wu et al., 2020). هدررفت خاک توسط آب از طریق قدرت جداشدگی قطرات آب که به سطح خاک برخورد می‌کند و تا حدودی از طریق سهم باران در رواناب، ارتباط نزدیکی با بارندگی، ذوب برف و آبیاری دارد. فرسایش خاک توسط آب به یکی از بزرگترین تهدیدات جهانی برای محیط زیست تبدیل شده است (Marques et al., 2021). نگهداشت خاک به عنوان یک خدمت اکوسیستمی به توان اکوسیستم‌ها در حفظ خاک و کنترل فرسایش اشاره دارد که در کل تابعی از پوشش گیاهی، توپوگرافی و حساسیت به فرسایش خاک است (اسداللهی و همکاران، ۱۳۹۴).

خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم به کالاها و خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم‌های مرتبط با آب‌های شیرین گفته می‌شود که شامل محصولات آبی، تأمین آب، کنترل و حفاظت از فرسایش خاک، حفظ تنوع زیستی، تصفیه آب و غیره می‌شود. در سال‌های اخیر، تعداد زیادی از متخصصان تلاش‌های زیادی برای توسعه ابزارها و مدل‌هایی برای کمی‌سازی و تجسم خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم انجام داده‌اند. این مدل‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: مدل‌های سنتی هیدرولوژیکی و مدل‌های ویژه خدمات اکوسیستمی. چندین مدل هیدرولوژیکی سنتی که خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم را ارزیابی می‌کنند می‌توان برای مدیریت منابع منطقه‌ای و سیاست‌گذاری اکولوژیکی، مانند ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) (Arnold et al., 1998) و ظرفیت نفوذ متغیر (VIC) به کار برد. شبیه‌سازی و ارزیابی خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم توسط مدل‌های هیدرولوژیکی سنتی بر اساس فرآیندهای هیدرولوژیکی پیچیده است و اغلب به آموزش تخصصی برای اپراتورها نیاز دارد. در همان زمان، تعدادی دیگر از محققین چندین مدل ویژه برای ارزیابی خدمات اکوسیستمی ایجاد کرده‌اند که برای تصمیم‌گیری شامل انتخاب‌های پایدارتر، مانند هوش مصنوعی برای خدمات اکوسیستم (ARIES) و InVEST (Sharp et al., 2015) استفاده می‌شوند. استفاده از این مدل‌ها آسان‌تر است و تکنیک‌های جامع کمتری دارند (Cong et al., 2020). هدف اصلی مطالعه حاضر مقایسه دو ابزار رایج SWAT و InVEST جهت مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی حفاظت خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر براساس، مطالعات کتابخانه‌ای شامل مطالعه و بررسی پایان‌نامه‌ها، کتاب‌ها، مجلات، و مقالات معتبر انجام شده است.

نتایج و بحث

مدل SWAT

این مدل برای خدمات تحقیقات کشاورزی وزارت کشاورزی آمریکا جهت ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر عملکرد حوضه، رسوبات و آلاینده‌های کشاورزی در حوضه رودخانه ایجاد شد. SWAT (Arnold and Fohrer, 2005) چندین ویژگی هیدرولوژیکی مختلف را که زمینه‌ساز خدمات اکوسیستم مرتبط با آب هستند، مدل می‌کند. این ابزار حجم و کیفیت آب را به صورت روزانه مدل‌سازی می‌کند که می‌تواند برای ارزیابی خدمات اکوسیستمی مانند آب شیرین برای مصارف شهری، صنعتی و کشاورزی، جریان‌های داخلی که ماهیگیری و تفریحات را پشتیبانی می‌کنند، خطر سیل و اطلاعات برای انرژی آبی و سایر زیرساخت های منابع آب استفاده شود (Vigerstol and Aukema, ۲۰۱۱). SWAT فرآیندهای فیزیکی مختلف را در یک حوضه با استفاده از داده‌های ورودی بیوفیزیکی مختلف، مانند اطلاعات آب و هوا، خاک و کاربری زمین مدل می‌کند. برای شبیه‌سازی فرآیندهای فیزیکی، SWAT حوضه را به زیرحوضه‌هایی تقسیم می کند، که واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی نام دارند. این واحدها مناطقی با کاربری زمین، شرایط مدیریتی و ویژگی‌های خاک همگن هستند (Gassman et al., 2007). مدل‌سازی SWAT به مرحله زمین و آب یا مسیریابی چرخه هیدرولوژی تقسیم می‌شود. درحالی که مرحله زمین، میزان آب، رسوب، مواد مغذی و آفت‌کش‌های رسیده به کانال اصلی را در هر زیرحوضه کنترل می‌کند، فاز آب، حرکت آب، رسوب و غیره را از طریق شبکه کانال حوضه به سمت خروجی هدایت می‌کند (Lüke and Hack, 2018). داده‌های ورودی اصلی مدل SWAT شامل داده‌های آب و هوا، نقشه زمین، ویژگی‌های خاک و نقشه کاربری اراضی است. این مدل از معادله جهانی اصلاح شده هدررفت خاک (MUSLE) برای محاسبه فرسایش خاک در سطح واحد پاسخ هیدرولوژیکی استفاده می‌کند. مدل از انرژی رواناب برای جداسازی و انتقال رسوب استفاده و مسیریابی رسوب در کانال شامل فروسایی کانال با استفاده از توان جریان و ته‌نشست در کانال با استفاده از سرعت سقوط است (Betrie et al., 2011).

مدل InVEST

فرسایش خاک توسط آب با استفاده از نرم افزار InVEST از پروژه سرمایه طبیعی مدل‌سازی توسعه و مدل‌سازی می‌شود. مدل‌های InVEST مدل‌های «آماده برای استفاده» هستند، یعنی پس از جمع‌آوری و پیش پردازش داده‌های ورودی مورد نیاز توسط کاربر، مدل در یک رابط ساده اجرا و خروجی‌های مورد انتظار را ارائه می‌کند. مدل نسبت تحویل رسوب مبتنی بر مفهوم اتصال هیدرولوژیکی است که به حداقل تعداد پارامتر نیاز دارد. مدل از معادله RUSLE (معادله هدررفت خاک جهانی تجدید نظر شده) استفاده می‌کند، که در آن پارامترها از نقشه‌های مختلف ارائه شده از منابع متفاوت برای تعیین تلفات سالانه خاک استخراج می‌شوند. RUSLE توسعه یافته‌ای از USLE اصلی (معادله جهانی هدررفت خاک) با بهبود در تعیین عوامل کنترل کننده فرسایش است. این یک مدل تجربی است که معمولاً برای تخمین پتانسیل از دست دادن خاک توسط آب از دامنه‌های تپه در مناطق وسیعی از زمین

استفاده می‌می‌شود. پتانسیل از دست دادن خاک را می‌می‌توان به عنوان میانگین تخمینی ارزش سالانه فرسایش خاک که یک منطقه می‌تواند جمع‌جمع‌آوری کند، با استفاده از یک رویکرد مبتنی بر عامل با بارندگی، فرسایش پذیری خاک، طول شیب، تندی شیب و شیوه‌شیوه‌های مدیریت کاربری و اقدامات حفاظتی به عنوان ورودی توصیف کرد. معادله RUSLE به صورت رابطه ۱ می‌باشد (Winchell et al., 2008).

$$A = R * K * LS * C * P$$

که در آن A هدررفت خاک (تن بر هکتار بر سال)، R عامل فرسایندگی باران، K فاکتور فرسایش پذیری خاک، LS فاکتور گرادیان طول شیب، C فاکتور نوع پوشش و کاربری اراضی، و P عامل اقدامات مدیریتی است.

مدل Sediment Retention نقشه‌نقشه‌سازی و کمی‌کمی‌سازی خدمات انتقال و نگهداشت رسوب در اکوسیستم را تخمین می‌می‌زند. نقشه‌نقشه‌های پایه مورد نیاز جهت اجرای مدل شامل مدل رقومی ارتفاع، کاربری اراضی، فرسایندگی باران، فرسایش‌پذیری خاک و پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌می‌باشد که باید در قالب رستری به مدل ارائه شوند. خروجی‌خروجی‌های مدل هدررفت خاک، تولید رسوب و نگهداشت رسوب در مقیاس پیکسل، حوضه و زیرحوضه می‌می‌باشند (Hamel et al., 2015).

شاخص فرسایش بارندگی شاخص توانایی آب برای جداسازی و انتقال ذرات خاک است. بنابراین، فرسایش به شدت و مدت بارندگی حساس است (Teng et al., 2016). عامل فرسایش‌پذیری خاک نیز نشان‌دهنده یک مقدار متوسط سالانه یکپارچه واکنش نیمرخ خاک به فرآیندهای جداشدگی و انتقال خاک توسط ضربه قطرات باران و جریان سطحی است.

سایر پارامترهای مربوطه مورد استفاده در مدل نسبت تحویل رسوب InVEST شامل تعریف مقادیر تجمع جریان آستانه است که تعداد سلول‌های بالادستی را نشان می‌دهد که قبل از در نظر گرفتن بخشی از یک جریان، باید به داخل یک سلول جریان پیدا کنند. دو پارامتر کالیبراسیون، Borseli k و Borseli ICO، که درجه اتصال از تکه‌های زمین به جریان و درصد تلفات خاک که در واقع به جریان می‌رسد را تعیین می‌کنند.. Max SDR، که حداکثر نسبت تحویل رسوبی است که یک پیکسل در تابعی از بافت خاک می‌می‌تواند به آن برسد (Sharp et al., 2015).

نتیجه‌گیری

قبل از شروع فرآیند انتخاب مدل، کاربران باید تحلیل کنند آیا ارزیابی خدمات اکوسیستم رویکرد مناسبی برای کار آنها است یا خیر. راهنماها و ابزارهایی برای این فرآیند ارزیابی وجود دارد، مانند راهنمای موسسه منابع جهانی برای تصمیم‌سازان و یک ابزار غربالگری که توسط صندوق جهانی حیات وحش، حفاظت از طبیعت و پروژه سرمایه طبیعی توسعه یافته است. چنانچه یک فرآیند غربالگری اولیه نشان دهد که خدمات اکوسیستم واقعاً یک رویکرد مناسب است، گام بعدی این است که آیا مدل‌سازی برای سؤالات مورد نظر ضروری است یا خیر. هنگامی که کاربر تصمیم گرفت

ارزیابی دقیق‌تری از خدمات اکوسیستم مورد نیاز است، باید به دقت سؤالات خاصی را که می‌خواهد به آنها پاسخ دهد، به چه خدماتی علاقه دارد و مقیاس مطالعه را در نظر بگیرد. انتخاب مدل باید سطح جزئیات مورد نیاز سوالات مورد نظر را در نظر گیرد. متخصص پروژه، به ویژه تخصص هیدرولوژیکی و GIS، در شناسایی مدل‌های مناسب برای استفاده بسیار مهم هستند. ملاحظات دیگر عبارتند از خروجی‌های مورد نظر مدل‌ها، اینکه آیا سناریوهای مختلف مقایسه می‌شوند، تغییرپذیری زمانی برای سؤالات مطرح شده چقدر مهم است، و آیا چندین خدمت اکوسیستم بررسی می‌شوند (Vigerstol and Aukema, 2011).

کاربرد ایده‌آل برای InVEST ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی (به دلیل تغییر سیاست یا جمعیت) بر چندین خدمات اکوسیستم در یک حوضه نسبتاً بزرگ با استفاده از مقایسه سناریوها است. محدودیت‌های اصلی مدل‌های هیدرولوژیکی InVEST ناتوانی آن‌ها در محاسبه تغییرات فصلی یا زیر فصلی، زیرساخت‌های زیرزمینی و منابع آبی است که آب را مجدداً توزیع می‌کند. کاربران همچنین باید از ساده‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی در مدل و عدم قطعیتی که ممکن است نشان‌دهنده آن باشد آگاه باشند. انتظار می‌رود که تعدادی از این محدودیت‌ها در نسخه‌های بعدی این مدل که در حال حاضر در دست توسعه هستند، برطرف شود. در نهایت، کاربران InVEST از تخصص در GIS بهره خواهند برد زیرا می‌تواند زمان مورد نیاز برای اجرای مدل‌ها را تا حد زیادی کاهش دهد. مقایسه مدل SWAT با سایر مدل‌های آلودگی غیرنقطه‌ای نشان از افزایش دقت مدل‌سازی مکانی به علت ترکیب با داده‌های سنجش از دور داشت و همچنین به طور معناداری درک این موضوع را که چطور این آلاینده‌ها سراسر حوزه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بهبود داد (Wang et al., 2012).

منابع

اسدالهی، ز.، سلمان ماهینی، ع.، میرکریمی، س.ح. (۲۰۱۵). مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک (مطالعه موردی: ناحیه شرقی حوزه آبخیز گرگانرود). مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۵(۳)، ۷۵-۶۱.

Arnold, J.G., Fohrer, N. (2005). SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. Hydrological Process. 19 (3): 563e572.

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. Journal of the American Water Resources Association, 34: 73–89.

Betrie, G. D., Mohamed, Y. A., van Griensven, A., Srinivasan, R. (2011). Sediment management modelling in the Blue Nile Basin using SWAT model. Hydrology and Earth System Sciences, 15(3): 807-818.

Cong, W., Sun, X., Guo, H., Shan, R. (2020). Comparison of the SWAT and InVEST models to determine hydrological ecosystem service spatial patterns, priorities and trade-offs in a complex basin. Ecological Indicators, 112: ۱۰۶۰۸۹.

Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., Arnold, J.G. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: Historical development, applications, and future research directions. American Society of Agricultural and Biological Engineering, 50: 1211–۱۲۵۰.

Hamel, P., Chaplin-Kramer, R., Sim, S., Mueller, C. (2015). A new approach to modeling the sediment retention service (InVEST 3.0): Case study of the Cape Fear catchment, North Carolina, USA. Science of the Total Environment, 524-۵۲۵: ۱۶۶-۱۷۷.

Marques, S.M., Campos, F.S., David, J., Cabral, P. (2021). Modelling Sediment Retention Services and Soil Erosion Changes in Portugal: A Spatio-Temporal Approach. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10: 262.

Sharp, R., Ricketts, T., Guerry, A.D. et al., (2015). InVEST 3.2.0 Beta User's Guide. Stanford: The Natural Capital Project. 114–131.

Teng, H., Viscarra Rossel, R.A., Shi, Z., Behrens, T., Chappell, A. (2016). Bui, E. Assimilating satellite imagery and visible–near infrared spectroscopy to model and map soil loss by water erosion in Australia. Environmental Modeling & Software, 77: 156–167.

Vigerstol, K. L., Aukema, J. E. (2011). A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. Journal of environmental management, 92(10): 2403-2409.

Wang, X., Wang, Q., Wu, C., Liang, T., Zheng, D., Wei, X. (2012). A method coupled with remote sensing data to evaluate non-point source pollution in the Xin'anjiang catchment of China. Science of the Total Environment, 430: 132–143.

Winchell, M.F., Jackson, S.H., Wadley, A.M., Srinivasan, R. (2008). Extension and validation of a geographic information system-based method for calculating the Revised Universal Soil Loss Equation length-slope factor for erosion risk assessments in large watersheds. Journal of Soil and Water Conservation, 63: 105–111.

Wu, G., Liu, Y., Cui, Z., Liu, Y., Shi, Z., Yin, R., Kardol, P. (2020). Trade-off between vegetation type, soil erosion control and surface water in global semi-arid regions: A meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 57: 875–885.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Comparison of two tools for ecosystem service modeling of soil conservation

Sharif Joorabian Shooshtari[1*], Seyed Mohammad Javad Sobhani [2]

1- Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

(Corresponding author: Joorabian@asnrukh.ac.ir)

2- Assistant Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

Abstract

Geo-spatial models are usually used to quantify sediment contribution at the basin scale. Ecosystem service valuation models are useful tools for policy–makers and researchers. However, the simulation results of various models are very different and it is difficult for the policy–maker to choose ~~a~~an appropriate model for specific areas. As an indicator of soil conservation service, sediment yield has a negative correlation with soil conservation. This study compares the inputs and outputs of two common models in sediment modeling, including SDR Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoff (InVEST) and the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). SWAT model is a traditional hydrological tool and InVEST is part of special and newer models of ecosystem services. The SWAT model provides daily output with more information on nutrients, sediment yield, and surface runoff, while the InVEST model produces less information on an annual scale in terms of soil loss, Sediment yield, and sediment retention at the watershed, sub-watershed, and pixel levels. The application of each model is associated with uncertainties and the selection of the appropriate model should be done according to the expertise of the user, the available data, the purpose of the project, and the characteristics of the study area.

Keywords: Assessment, Ecosystem, Hydrological model, Erosion.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

وضعیت پراکندگی فسفر در اراضی کشاورزی استان همدان

میثم رحیمی[1*]، اسماعیل کامران[2]، عیسی ابراهیمی[3]، قاسم رحیمی[4]، مهدی میرباقری[5]

۱-دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

Rahimi.M@ag.iut.ac.ir

۲- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳- دکترای خاکشناسی دانشگاه گیلان

۴- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۵- ارشد تولیدات گیاهی، معاون جهاد کشاورزی ملایر

چکیده

کودهای شیمیایی یکی از مهمترین منابع تأمین کننده عناصر غذایی برای گیاه است که استفاده بهینه از آنها در دستیابی به نتیجه مورد نظر، نقش اساسی دارند. از جمله ابزارهای مناسب در این زمینه نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر غذایی است. امروزه اندازه گیری، تخمین و شناخت وضعیت فسفر خاک‌ها از اهمیت خاصی برخوردار شده است. زیرا مصرف مداوم کودهای فسفاتی و افزایش فسفر خاک می‌تواند موجب بروز مشکلات زیست محیطی شود. در این پژوهش ۱۰۵ نمونه خاک از لایه سطحی ۰-۳۰ سانتی‌متری، در اراضی کشاورزی دیم و آبی استان همدان جمع‌آوری شد. نتایج به دست آمده نشان داد دامنه تغییرات و میانگین غلظت فسفر فراهم به ترتیب برابر با ۲۵-۵۰۰ و ۸۹/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. که در اراضی آبی با میانگین ۱۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بسیار بیشتر از اراضی دیم و شاهد با میانگین ۸۳/۶۵ و ۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. دامنه تغییرات و میانگین غلظت فسفر کل به ترتیب برابر با ۳۵۰-۲۱۰۰ و ۸۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. با توجه به نقشه پراکندگی فسفر فراهم در قسمت مرکزی و شرق استان و فسفر کل بیشتر در مناطق جنوب استان قرار دارد.

واژگان کلیدی: فسفر، کود شیمیایی، محیط زیست، مواد آلی

مقدمه

خاک از جمله سرمایه‌های ارزشمندی است که در عرصه‌های تولید محصولات کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست نقش اساسی ایفا می‌کند. در صورتی که این سرمایه ارزشمند حفظ نگردد، کمبود مواد غذایی، فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی را به دنبال خواهد داشت. راگر و همکاران (Roger et al., 2014) گزارش کردند که در ده سال اخیر کشاورزان در اروپا و شمال آمریکا برای جلوگیری از کمبود فسفر در گیاهان مقادیر زیادی کودهای فسفاتی مصرف کرده‌اند. با مصرف کودهای فسفاتی در خاک، تنها بخشی از آن در سال اول کشت مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. زیرا فقط ۱۰ تا ۲۵ درصد از کودهای فسفاتی اضافه شده به خاک، برای گیاه قابل جذب بوده و بقیه آن (۷۵ تا ۹۰ درصد) به دلیل آهکی بودن اکثر خاک‌ها، بالا بودن پی‌هاش، تنش خشکی، وجود بی‌کربنات در آب آبیاری و کمبود مواد آلی، عمدتاً در اثر ترکیب با یون کلسیم در خاک به صورت رسوب فسفات کلسیم درآمده و به طور موقت از دسترس گیاه خارج می‌شود (Makttoof et al., 2020). مصرف مداوم و بی‌رویه کودهای فسفاتی می‌تواند موجب تجمع این عنصر

غذایی شده و مشکلات تغذیه گیاهی، زیست محیطی، افزایش هزینه تولید و... را درپی داشته باشند (Sepehr et al., ۲۰۰۹). به دست آوردن توزیع مکانی خیلی مهم است و برای مدیریت کامل خاک، مدیریت کوددهی و کنترل آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از ابزارهای مهم برای بررسی کمی ویژگی‌های اراضی کشاورزی زمین آمار می‌باشد، این روش قادر به ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی با دقت معلوم بوده و در نتیجه می‌توان از آن برای مدیریت بهینه اراضی کشاورزی بهره جست. با توجه به اهمیت فسفر در تغذیه گیاهان و موضوع حفاظت از محیط زیست هدف از انجام این مطالعه بررسی مقادیر فسفر خاک‌های مناطق مختلف استان همدان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

استان همدان با وسعت ۱۹۵۴۷ کیلومترمربع در غرب ایران واقع شده. نمونه برداری از اراضی کشاورزی استان همدان از اراضی آبی و دیم کشت گندم از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به تعداد ۱۰۰ نمونه صورت گرفت. از زمین‌های اطراف زمین‌های کشاورزی که تحت فعالیت‌های انسان نبوده‌اند به عنوان شاهد نمونه برداری شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند و جهت انجام آزمایش‌ها آماده شدند. برای اندازه‌گیری فسفر فراهم و کل خاک از روش‌های عصاره‌گیری السن و هضم اسید استفاده شد و از روش رنگ سنجی مورفی و ریل (Murphy and Riley, 1962) استفاده شد. ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی هم اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه دادها از نرم‌افزارهای Arc GIS 9.3 استفاده شد.

نتایج و بحث

ماده آلی دارای میانگین ۱/۲۲ درصد بود (جدول ۱). در کاربری آبی با ۱/۷۲ نسبت به کاربری دیم و شاهد بیشتر بود. در خاک شاهد کمتر از دو کاربری دیگر بود. استفاده از کودهای حیوانی و لجن فاضلاب از مهمترین عوامل افزایش درصد ماده آلی در خاک می‌باشد (Loveland, 2003). مواد آلی در خاک اگرچه بسیار اندک است، اما تشکیل کمپلکس با عناصر می‌تواند قابلیت جذب این مواد را در خاک توسط گیاهان افزایش دهد (Kabata-pendias, 2011).

جدول ۱- ماده آلی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه

نوع کشت	تعداد	حداکثر	حداقل	میانگین	واریانس	انحراف معیار	ضریب تغییرات(٪)
دیم	۸۴	۲/۹	۰/۰۳	۱/۲۸	۰/۵۵	۰/۷۴	۵۷/۸۵
آبی	۱۶	۳/۳	۰/۱۷	۱/۷۲	۰/۷۵	۰/۸۶	۵۰/۳۷
شاهد	۵	۰/۸۹	۰/۳۱	۰/۶۷	۰/۰۶	۰/۲۵	۳۷/۹۶
کل	۱۰۵	۳/۳	۰/۰۳	۱/۳۲	۰/۶	۰/۷۷	۵۸

میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۹/۱۲ سانتی‌مول بار در کیلوگرم خاک بود و بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب ۵۹ و ۲/۱۶ سانتی‌مول بار در کیلوگرم خاک در کاربری آبی و دیم بود (جدول۲). در کاربری آبی مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بالا بود، که احتمالا به خاطر محتوای رس و ماده آلی بیشتر آنها بود. با افزایش مواد آلی و رس به علت داشتن بار سطحی فراوان باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می‌شوند (Sposito, 1989).

نوع کشت	تعداد	حداکثر	حداقل	میانگین	واریانس	انحراف معیار	ضریب تغییرات(٪)
دیم	۸۴	۳۷/۷۴	۳/۹	۱۸/۹	۴۶	۶/۸۴	۳۶
آبی	۱۶	۵۹	۲/۱۶	۲۱	۱۵۳	۱۲	۵۷
شاهد	۵	۱۸/۲۵	۱۴/۰۱	۱۵/۷	۲/۵۲	۱/۸۵	۱۰/۱۱
کل	۱۰۵	۵۹	۲/۱۶	۱۹/۱۲	۶۱	۷/۸۱	۴۰

جدول ۲- ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه

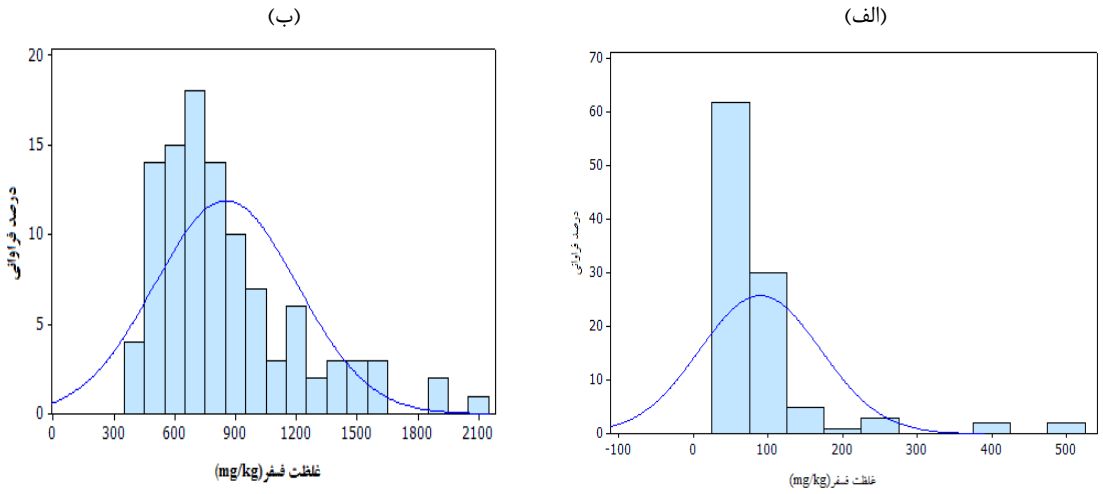
دامنه تغییرات و میانگین غلظت فسفر فراهم به ترتیب برابر با ۲۵- ۵۰۰ و ۸۹/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۳). میزان فسفر قابل عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم در اراضی آبی با میانگین ۱۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بسیار بیشتر از اراضی دیم و شاهد با میانگین ۸۳/۶۵ و ۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین فسفر کل در نمونه‌های خاک استان برابر ۸۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و دامنه تغییرات آن از ۲۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در اراضی آبی تا ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک شاهد به دست آمد. در اراضی آبی فسفر کل با میانگین ۱۱۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم از مقدار فسفر کل در اراضی دیم و شاهد بیشتر است. فسفر کل در اراضی جنوب استان نسبت به سایر نقاط دیگر بیشتر بود.

جدول ۳- مقدار فسفر در منطقه مورد مطالعه

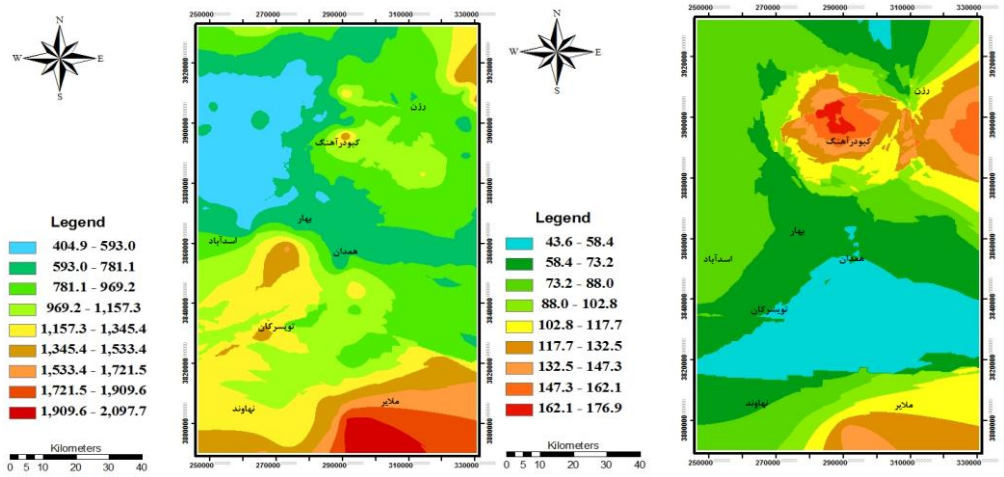
	نوع کشت	تعداد	حداکثر	حداقل	میانگین	واریانس	انحراف معیار	ضریب تغییرات(٪)
فسفر فراهم	دیم	۸۴	۴۷۵	۲۵	۸۳/۶۵	۵۴۸۵	۷۴/۰۶	۸۸/۵۳
	آبی	۱۶	۵۰۰	۵۲	۱۲۹	۱۳۲۱۷	۱۱۴	۸۸/۹۷
	شاهد	۵	۶۷	۵۵	۶۲	۲۲/۷	۴/۷۶	۷/۶۵
	کل	۱۰۵	۵۰۰	۲۵	۸۹/۵۷	۶۵۹۰	۸۱	۹۰/۶۳
فسفر کل	دیم	۸۴	۱۵۸۰	۴۰۰	۸۱۴	۸۱۰۵۶	۲۸۴	۳۴
	آبی	۱۶	۲۱۰۰	۵۲۰	۱۱۶۳	۲۵۲۸۴۹	۵۲۰	۴۳
	شاهد	۵	۶۵۰	۳۵۰	۴۹۰	۱۶۷۵۰	۱۲۹	۲۶
	کل	۱۰۵	۲۱۰۰	۳۵۰	۸۲۵	۱۲۴۱۱۴	۳۵۲	۴۱/۳۳

شکل ۱ که توزیع فروانی فسفر فراهم در اراضی استان را نشان می‌دهد بیشترین درصد فراوانی فسفر فراهم بین غلظت-های ۲۵-۷۵ میلی‌گرم درکیلوگرم بود که حدود ۶۰ درصد از کل فراوانی را به خود اختصاص داده است. با توجه به نقشه پراکندگی فسفر فراهم شکل ۲ این مقدار فسفر فراهم در قسمت مرکزی و شرق استان قرار داشت. حدود ۳۰ درصد از فراوانی فسفر فراهم بین غلظت‌های ۷۵-۱۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که با توجه به نقشه پراکندگی فسفر فراهم این مقدار بیشتر در مناطق شمال شرقی و جنوب شرقی استان قرار داشت. همچنین در کل حدود ۱۰ درصد از فراوانی فسفر فراهم بین غلظت‌های ۱۲۵-۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. با توجه به نتایج به دست آمده میزان فسفر در اراضی کشاورزی بیشتر از شاهد بود می‌تواند عامل اصلی افزایش فسفر در اراضی استان باشد. بنابراین اضافه کردن کود فسفری در اکثر مناطق مورد بررسی نیاز نمی‌باشد و خاک دارای فسفر فراهم کافی برای رشد گیاه می‌باشد. بغوری

(۱۳۷۰) در اصفهان نیز نشان داد میزان فسفر قابل جذب نمونه‌های خاک فراتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که میزان بیشتر فسفر فراهم در اراضی می‌تواند به علت استفاده بیشتر از کود شیمیایی و آلی باشد. فسفر قابل جذب نمونه‌های خاک نسبت به نمونه‌های خاک شاهد منطقه فراتر است و اختلاف قابل توجهی را دارد. طبق بررسی‌های انجام شده بالاتر بودن غلظت فسفر قابل جذب در خاک‌های مختلف اراضی کشاورزی اصفهان در مقایسه با شاهد، همسو با این پژوهش بود (رحمانی، ۱۳۹۰). با توجه به شکل ۱ که توزیع فروانی فسفر کل در اراضی استان را نشان می‌دهد بیشترین درصد فراوانی فسفر کل بین غلظت‌های ۱۰۰۰-۴۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم بود که حدود ۷۰ درصد از کل فراوانی را به خود اختصاص داده بود. همچنین با توجه به نقشه پراکندگی فسفر کل که در شکل ۲ نشان داده شده است این مقدار فسفر در قسمت مرکزی و شمال استان قرار داشت. حدود ۳۰ درصد از فراوانی فسفر کل بین غلظت-های ۱۰۰۰-۲۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که باتوجه به نقشه پراکندگی فسفر کل در شکل ۲ این مقدار در بیشتر در مناطق جنوب استان قرار داشت. با توجه به جدول ۳ نتایج نشان داد میانگین فسفر کل در هر سه کاربری با یکدیگر تفاوت دارند و در کاربری آبی و دیم بیشتر از شاهد بود و همانطور که در مورد فسفر فراهم گفته شد افزایش فسفر کل هم در اراضی کشاورزی نسبت به شاهد می‌تواند به دلیل کاربرد زیاد کودهای فسفری باشد. Kuo (۱۹۹۶) گزارش داد که مقدار فسفر کل بالا در یک منطقه احتمالاً به دلیل مصرف متفاوت کودهای فسفری می‌باشد. غلظت فسفر کل در خاک‌های مختلف اراضی کشاورزی اصفهان در مقایسه با شاهد بالا بود که با این پژوهش همسو بود (رحمانی، ۱۳۹۰).



شکل ۱-نمودار توزیع فراوانی الف) غلظت فسفر فراهم و ب) فسفر کل در منطقه مورد مطالعه



شکل **Error! No text of specified style in document.**۲ - نقشه پراکندگی فسفر فراهم و کل در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که میزان مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی در اراضی مختلف با توجه به نوع کشت، ویژگی‌های خاک و مدیریت متفاوت است که این اختلاف بر روی مقدار فسفر و شکل آن تاثیر مستقیمی دارد. نتایج به دست آمده از انجام این آزمایش نشان می‌دهد که در استان همدان، دامنه غلظت فسفرکل و قابل جذب خاک‌های مزارع کشاورزی وسیع می‌باشد. براساس مطالعات زمین آماری مربوط به تغییرات مکانی فسفر خاک، به نظر می‌رسد مصرف طولانی مدت کودهای فسفاتی و آهکی بودن خاک‌های این منطقه، بایستی مصرف فسفر مورد بازبینی اساسی قرار گیرد و از روش سنتی خودداری شود. توصیه می‌شود که مصرف فسفر در اراضی با نظر کارشناسان صورت گیرد.

منابع

بغوری، ا. (۱۳۷۰) مروری بر نتایج حاصل از کاربرد کودهای فسفره بر کادمیوم خاک و گیاه وبررسی میزان کادمیوم در کودهایی وارداتی. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۲۲.

رحمانی، ح.ر. (۱۳۹۰) کودهای فسفره و آلودگی کادمیم اراضی کشاورزی. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران. تهران.

Kabata-pendias, A. (2011). Trace Elements in soils and Plant. CRC Press is an imprint of theTaylor & Francis Group, Boca Raton London New York. PP. 505.

Kuo, S, (1996). Phosphorus in methods of soil analysis. Part3. Chemical methods". (Ed. D. L. Sparks) Pp. 551-574. Soil Science Society of America: Madison, WI.

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.

Makttoof, E. A., Kassim, J. K., Khuzale, K. H. (2020). Distribution of different forms of phosphorus in calcareous soils from middle and south of Iraq. Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences, 10 (1): 293-303.

Murphy, J., Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Analytica Chimica Acta, 27: 31–36.
Roger, A., Libohova, Z., Rossier, N., Joost, S., Maltas, A. (2014). Spatial variability of phosphorus in the Fribourg canton, Switzerland. Geoderma, 217-218: 26-36
Sepehr, E., Malakouti, M. J., Kholdebarin, B., Samadi, A., Karimian, N. (2009). Genotypics variation in P efficiency of selected Iranian cerrals in greenhouse experiment. Int. Journal of Plant Production, 3: 17-28.
Sposito, G. (1989). The Chemistry of Soils. Published by Oxford University Press, Inc., 200 Madison Avenue, New York 10016.

Phosphorus distribution in agricultural lands of Hamadan province

Meisam Rahimi[1*], Esmaeil Kamran[2], Eisa Ebrahimi[3], Ghasem Rahimi[4]

۱. PhD student in soil science, Isfahan University of Technology
Rahimi.M@ag.iut.ac.ir
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Kamrankhesht@yahoo.com
۲. Ph.D. in Soil Science, Guilan University
Ebrahimi.soilphysic@yahoo.com
Associate Professor, Department of Soil Science, Bu Ali Sina University, Hamadan
Ghasmr@gmail.com

Abstract
Chemical fertilizers serve as one of the most vital sources of nutrients for plants, and their optimal use plays an essential role in achieving desired results. Food element zoning maps are a valuable tool in this regard. Today, assessing, estimating, and understanding the phosphorus status of soils holds particular significance, as continuous use of phosphate fertilizers and an increase in soil phosphorus levels can lead to environmental problems. In this study, 105 soil samples were collected from the surface layer (0-30 cm) in both rainfed and irrigated agricultural lands of Hamadan province. The results obtained revealed that the range of changes and the average concentration of available phosphorus were 500-25 and 89.57 mg/kg, respectively. This was notably higher in irrigated, averaging 129 mg/kg, compared to dry and control lands, which averaged 83.65 and 62 mg/kg, respectively. The range of changes and the mean concentration of total phosphorus were 2100-350 and 825 mg/kg, respectively. According to the distribution map, available phosphorus is concentrated in the central and eastern parts of the province, while total phosphorus is more prevalent in the southern regions.

Keywords: Environment, Fertilizers, Organic matter, Phosphorus

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر بیوچار روی جذب عناصر غذایی و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش آبی

مرضیه قائدی[1*]، احسان بیژن‌زاده[1]، مهدی نجفی قیری[2]

۱- بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز؛ * ebijanzadeh@gmail.com

۲- بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

چکیده

مصرف زغال زیستی و تنش آبی بر میزان جذب عناصر غذایی و عملکرد گلرنگ در پژوهشی مورد مطالعه قرار گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل رژیم آبیاری (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری پس از گلدهی) و تیمار کودی شامل شاهد، مصرف ۳ تن در هکتار از زغال زیستی گندم، پنبه، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره و۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار، مصرف ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره و ۳۷/۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار، مصرف ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره و ۳۷/۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و ۳ تن زغال زیستی گندم در هکتار، مصرف ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره و ۳۷/۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۳ تن زغال-زیستی پنبه در هکتار بودند. نتایج نشان داد تیمار ۱۵۰کیلوگرم اوره در هکتار+۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار با ۳/۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک دارای بیشترین میزان پتاسیم در گیاه بود. همچنین تیمار ۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار+۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار به ترتیب با ۳۸/۶۶، ۰/۲۳۸ و ۲۰/۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک دارای بیشترین میزان عنصر روی، فسفر و مس بود. در شرایط تنش آبی کاربرد ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره در هکتار+ ۳۷/۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار + ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۴/۷ درصد نسبت به شاهد بدون کود گردید.

واژگان کلیدی: تعداد دانه در طبق، میزان پتاسیم، زغال زیستی پنبه، قطع آبیاری

مقدمه

محدودیت منابع آبی در ایران می‌طلبد که گیاهان مقاوم به تنش آبی شناسایی گردد. گلرنگ به علت داشتن خصوصیات مطلوب مانند استفاده‌های غذایی و دارویی از گلهای آن، تولید روغن نباتی با کیفیت بالا و داشتن بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع بخصوص لینولئیک و اولئیک، مقاومت زیاد آن به تنش‌های محیطی (مانند خشکی، شوری و سرمای زمستانه) و تولید کنجاله برای دام به عنوان مکمل غذایی، از اهمیت ویژه‌ای برای تأمین دانه های روغنی مورد نیاز کشور برخوردار است (Bagheri et al.,2013). در طی روش گرماکافت، مواد آلی در شرایط اکسیژن محدود و یا بدون اکسیژن، در دمای بیش از ۴۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده شده و به ماده جامد سیاه رنگ غنی از کربن به نام زغال زیستی (بیوچار) تبدیل می‌شود. به طور تقریبی کلیه ترکیب¬ها و پس¬ماندهای آلی از جمله شاخ و برگ درختان، بقایای گیاهان زراعی (کاه و کلش، بقایای بادام زمینی، پوشال برنج وغیره)، مواد چوبی، انواع کودهای آلی (مرغی، دامی و غیره)، اجساد و لاشه حیوانات، لجن فاضلاب و پس ماندهای آلی صنعتی و شهری قابلیت تبدیل شدن به زغال زیستی را دارند (Lehmann et al., 2011). زغال زیستی به‌وسیله روشهای

متعددی نظیر افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و نگهداری آب، بهبود خصوصیات کیفی خاک (Lehman و همکاران، ۲۰۱۱) کاهش تصعید گازهای گلخانه ای، افزایش میزان ترسیب کربن در خاک، تحریک فعالیت ریزجانداران خاک و بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد (Ippolito و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان بوده و شهرستان داراب دارای آب و هوای نیمه گرمسیری (با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلیمتر در سال) می‌باشد، بنابراین جهت افزایش میزان بهره برداری از امکانات محیطی به منظور بالابردن میزان عملکرد محصولات زراعی، توجه به استفاده بهینه از زیست توده مواد آلی به ویژه بقایا و پس ماندهای کشاورزی و تبدیل آن به زغال زیستی و افزودن آن به خاک، ضروری می‌باشد. این پژوهش با هدف ارزیابی و مصرف زغال زیستی تولید شده از بقایای پنبه و گندم در مناطق گرم و نیمه¬خشک جنوب استان فارس (داراب) با توجه به کمبود آب آخر فصل رشد و تأثیر این دو عامل بر عناصر غذایی و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش آبی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش آبی و مصرف زغال زیستی بر میزان عناصر غذایی و عملکرد گلرنگ، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، در سال زراعی۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. پس از عملیات تهیه بستر کاشت، اقدام به کرت بندی در ابعاد (۳×۲مترمربع) شد. فاکتورهای مطالعاتی شامل رژیم آبیاری بعنوان فاکتور اصلی در ۲ سطح آبیاری مطلوب و قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی و فاکتور فرعی تیمار کودی شامل شاهد بدون کود، مصرف ۳ تن زغال زیستی بقایای گندم در هکتار، مصرف۳ تن زغال زیستی بقایای پنبه در هکتار، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار + ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار، مصرف ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره در هکتار + ۳۷/۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار، مصرف ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره در هکتار+ ۳۷/۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار+۳ تن زغال زیستی گندم در هکتار، مصرف ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره در هکتار+ ۳۷/۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار + ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار بودند. در این آزمایش گلرنگ رقم گلدشت در ابتدای آذر ماه کشت شد. بذرها در ردیف هایی به فاصله۵۰ سانتیمتر و فاصله روی ردیف ۵ سانتیمتر با عمق ۲ سانتیمتر کشت گردید. فاصله¬ی بین تکرارها ۱/۵ متر و فاصله¬ی بین کرتها ۱ متر در نظر گرفته شد. نیاز آبی گلرنگ به صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده های هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب محاسبه شد. برای رسیدن به ۴۰ بوته در متر مربع در مرحله ۴ برگی، بوته های اضافی حذف شدند. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی برای اندازه گیری عملکرد دانه پس از حذف اثر حاشیه، یک متر مربع از بوته ها در هر کرت آزمایشی، از نزدیکی سطح خاک بریده شد و در آون در دمای ۷۲ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. زغال زیستی مورد استفاده حاصل دو نوع بقایای گیاهی مختلف شامل بقایای گندم و پنبه بود که از طریق روش گرماکافت آهسته در شرایط اکسیژن محدود در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت تهیه گردید. جهت تعیین غلظت کل عناصر فسفر، پتاسیم، مس، روی، آهن و منگنز از عصاره حاصل از روش خشک سوزانی و حل خاکستر حاصل در اسید کلریدریک ۲ نرمال استفاده شد. در عصاره حاصل، غلظت فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر، غلظت پتاسیم توسط روش شعله سنجی توسط دستگاه فلیم فتومتر و غلظت عناصر کم مصرف توسط دستگاه جذب اتمی تعیین گردید.

نتایج و بحث

عناصر غذایی

عناصر پتاسیم، روی و سدیم

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری بر تیمار کودی بر روی عناصر پتاسیم، روی و سدیم معنی دار نگردید. ولی اثر ساده تیمار کودی بر میزان پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد و بر میزان عنصر روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. و اثر رژیم آبیاری بر روی عنصر سدیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید. نتایج مقایسه میانگین اثرساده تیمار کودی بر عنصر پتاسیم نشان می‌دهد که در تیمار ۱۵۰کیلوگرم اوره در هکتار+۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار با ۳/۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک شاهد بیشترین میزان پتاسیم بودیم (جدول ۱). تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار میزان عنصر پتاسیم را ۲/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک نشان داده و کمترین میزان عنصر پتاسیم در تیمار شاهد بدون کود به میزان ۱/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک مشاهده گردید. نتایج مقایسه میانگین اثرساده تیمار کودی بر عنصر روی نشان می‌دهد که تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار با ۳۸/۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بیشترین میزان عنصر روی و تیمار شاهد بدون کود به میزان ۱۹/۸۰میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک کمترین میزان عنصر روی را به خود اختصاص داده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرساده رژیم آبیاری بر عنصر سدیم نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری مطلوب میزان عنصر سدیم ۳۱۱/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده و در شرایط تنش آبی در مرحله گلدهی، ۲۵۶/۵۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. (جدول ۱). ارزیابی اثر دو میزان مختلف زغال زیستی و کاج بر عملکرد عدس و گندم مورد بررسی قرار گرفت که نتایج تحقیقات نشان داد کاربرد زغال زیستی موجب بهبود ویژگی های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گندم و عدس شده، باعث افزایش عناصر موجود در خاک شده و همچنین میزان پتاسیم و نیتروژن دانه نیز افزایش یافت (Khurana and Banerjee, 2014). به نظر می‌رسد تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و همچنین تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه درهکتار باعث بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی، بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گلرنگ و به دنبال آن باعث افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه شده است.

عناصر فسفر، مس و کلسیم

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری و تیمار کودی بر روی عناصر فسفر، مس و کلسیم معنی دار نگردید. ولی اثر ساده تیمار کودی بر میزان عنصر فسفر در سطح احتمال ۵ درصد و بر میزان عنصر مس در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. و اثر رژیم آبیاری بر روی عنصر مس در سطح احتمال ۱ درصد و بر روی عنصر کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید. نتایج مقایسه میانگین اثرساده تیمار کودی بر عنصر فسفر نشان می‌دهد که تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار با ۰/۲۳۸میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بیشترین میزان عنصر فسفر می‌باشد (جدول ۲). همچنین تیمار ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار میزان این عنصر را ۰/۲۱۸میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک نشان داده است. کمترین میزان عنصر فسفر مربوط به تیمار شاهد بدون کود به میزان ۰/۱۹۸میلی گرم برکیلوگرم وزن خشک می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین اثرساده تیمار کودی بر عنصر مس نشان می‌دهد که تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار با ۲۰/۴۰میلی گرم بر

کیلوگرم وزن خشک بیشترین میزان عنصر مس و تیمار شاهد بدون کود به میزان ۱۱/۳۶میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک کمترین میزان عنصر مس را به خود اختصاص داده است (جدول ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرساده رژیم آبیاری بر عنصر مس نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری مطلوب میزان این عنصر ۱۷/۲۲میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده و در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی، ۱۳/۶۹میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. در جدول مقایسه میانگین اثرساده رژیم آبیاری بر عنصر کلسیم، در شرایط آبیاری مطلوب میزان این عنصر ۸۱۸/۸۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده و در شرایط تنش آبی در مرحله گلدهی، ۷۱۶/۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد (جدول ۲). نتایج پژوهشهای پیشین، نشان داده است که استفاده از زغالهای زیستی با منابع اولیه مختلف، می تواند تأثیرات کاملاً متفاوتی را در واکنشهای گیاهی، جذب عناصر غذایی و تغیرات غلظت در گیاهان داشته باشد(Chan et all.,2008).

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری در تیمارکودی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف آماری معنی¬داری می باشد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتاربه دست آمد که نسبت به تیمار شاهد بدون کود در شرایط مشابه با میانگین ۱۳۵۲ کیلوگرم در هکتار،۴۵/۷ درصد افزایش عملکرد نشان داد. در تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار در شرایط تنش آبی در مرحله گلدهی با میانگین ۱۶۰۳کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد بدون کود در همین شرایط، با میانگین ۱۱۹۰ کیلوگرم در هکتار، ۳۴/۷ درصد افزایش عملکرد مشاهده گردید. کاربرد زغال زیستی گندم با کود اوره و فسفات به صورت تلفیقی و همچنین استفاده از زغال زیستی پنبه به صورت جداگانه در شرایط تنش آبی، عملکرد را به‌ترتیب نسبت به شاهد ۲۷/۸۱ و ۱۶/۰۵درصد افزایش دادند. گزارش شده است که با مصرف زغال زیستی به دلیل افزایش درصد اشباع بازی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش آب قابل دسترس گیاه، عملکرد ذرت از ۱۷ به ۲۱ تن در هکتار افزایش یافت (Cornelissen et al., 2013).

در واقع مصرف تیمار ۱۱۲/۵ کیلوگرم اوره در هکتار+ ۳۷/۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار +۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد اشباع بازی خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری، افزایش پایداری خاکدانه، بهبود محتوای نسبی آب برگ، افزایش آب قابل دسترس گیاه، فتوسنتز خالص و میزان کلروفیل بیشتر باعث افزایش عملکرد دانه شده است.

نتیجه گیری

صفات اندازه گیری شده به طور معنی داری تحت تأثیر رژیم آبیاری و تیمار کودی قرار گرفتند. به طوریکه تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار به ترتیب با ۳۸/۶۶، ۰/۲۳۸ و ۲۰/۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک دارای بیشترین میزان عنصر روی، فسفر و مس بود و بیشترین میزان پتاسیم در تیمار ۱۵۰کیلوگرم اوره درهکتار+۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار با ۳/۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک مشاهده گردید. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده کاربرد تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار سبب بهبود و افزایش عملکرد دانه در شرایط رژیم آبیاری نسبت به شاهد بدون کود به میزان ۳۴/۷

درصد گردید. بنابراین نتایج کلی این تحقیق نشان داد که استفاده از تیمار تلفیقی با ۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار در شرایط تنش آبی باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ شد. با توجه به اینکه در جنوب استان فارس با تنش آبی انتهای فصل روبرو هستیم، می توانیم با بهره گیری از زغال زیستی بقایای پنبه همراه با کود اوره و سوپرفسفات تریپل، از اثرات منفی تنش آبی بکاهیم.

جدول ۱- اثرات اصلی رژیم آبیاری و تیمار کودی روی عناصر غذایی گلرنگ

		پتاسیم	روی	سدیم
اثرات اصلی رژیم آبیاری	آبیاری مطلوب			^{a}۳۱۱/۳۳
	قطع آبیاری در گلدهی			^{b}۲۵۶/۵۶
تیمار کودی	شاهد بدون کود	^{b}۱/۹۸	۱۹/۸۰^{d}	
	۳تن زغال زیستی گندم در هکتار	۲/۰۹^{b}	۲۴/۹۶^{cd}	
	۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار	۲/۵۷^{ab}	۳۰/۶۱^{bc}	
	۱۵۰کیلوگرم اوره در هکتار+۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار	۳/۲۹^{a}	۳۲/۲۳^{ab}	
	۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار	۲/۶۸^{ab}	۲۶/۹۰^{bc}	
	۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار+۳ تن زغال زیستی گندم در هکتار	۲/۴۸^{ab}	۳۱/۰۵^{bc}	
	۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار+۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار	۲/۹۹^{a}	۳۸/۶۶^{a}	

جدول۲- اثرات اصلی رژیم آبیاری و تیمار کودی روی عناصر غذایی گلرنگ

		فسفر	مس	کلسیم
اثرات اصلی رژیم آبیاری	آبیاری مطلوب		^{a}۱۷/۲۲	^{a}۸۱۸/۸۵
	قطع آبیاری در گلدهی		^{b}۱۳/۶۹	^{b}۷۱۶/۷۳
تیمار کودی	شاهد بدون کود	^{b}۰/۱۹۸	۱۱/۳۶^{d}	۱/۵۸^{c}
	۳تن زغال زیستی گندم در هکتار	۰/۲۰۵^{b}	۱۳/۰۱^{cd}	۱/۸۳^{bc}
	۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار	۰/۲۱۸^{ab}	۱۳/۹۱^{cd}	۱/۸۰^{bc}
	۱۵۰کیلوگرم اوره در هکتار+۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار	۰/۲۰۹^{b}	۱۹/۱۵^{ab}	۱/۷۸^{bc}
	۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار	۰/۲۰۴^{b}	۱۴/۵۳^{cd}	۱/۶۸^{c}
	۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار+۳ تن زغال زیستی گندم در هکتار	۰/۲۱۵^{b}	۱۵/۸۵^{bc}	۲/۲۶^{a}
	۱۱۲/۵کیلوگرم اوره در هکتار +۳۷/۵کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار+۳ تن زغال زیستی پنبه در هکتار	۰/۲۳۸^{a}	۲۰/۴۰^{a}	۲/۰۵^{ab}

منابع

Bagheri, H., Andalibi, B., Azimi Moghaddam, M. R. (2013). Effect of atrazine anti-transpiration application on improving physiological traits, yield and yield components of safflower under rainfed condition. Journal of Crops Improvement,14(2): 1-16. (In Persian)

Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G. D., Rutherford, D. W., Mulder, J. (2013). Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. Agronomy, 3(2): 256-274.

Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., Guzelordu, T. (2006). Genotypic response of chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil and Environment, ۵۲:۸۶۸- ۸۷۶.

Ippolito, J. A., Laird, D. A., Busscher, W. J. (2012). Environmental benefits of biochar. Journal of environmental quality, 41(4):967-972.

Khurana, M., Banerjee, S. G. (2014). Beyond crisis: the financial performance of India's power sector. World Bank Publications.

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): 1812-1۸۳۶ .

Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., Mishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sany soil condition. Soil Use and Management, 27(2): 205-2۱۲.

Wang, T., Camps-Arbestain, M., Hedley, M., Bishop, P. (2012). Predicting phosphorus bioavailability from high-ash biochars. Plant Soil, 357(1- 2): 173-187.

The effect of biochar on nutrient absorption and yield of safflower under water stress conditions

Marzieh Ghaedi[1], Ehsan Bijanzadeh[1], Mahdi. Najafi Ghairi[2]

[1]Department of Agroecology, 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

Abstract

Biochar application and water stress on the absorption of nutrients and the yield of safflower was investigated. The experimental factors include the irrigation regime (normal irrigation and irrigation cut-off after the flowering stage) and fertilizer treatment including the control, consumption of 3 ton/ha wheat biochar, 3 ton/ha cotton biochar, 150 kg/ha urea+50 kg/ha triple superphosphate, 112.5 kg/ha urea+37.5 kg/ha triple superphosphate, 112.5 kg/ha urea+37.5 kg/ha triple superphosphate+3 ton/ha wheat biochar, 112.5 kg/ha urea+37.5 kg/ha triple superphosphate+3 ton/ha cotton biochar. Results indicated that 150 kg/ha urea+50 kg/ha triple superphosphate with 3.29 mg/kg of dry weight had the highest amount of potassium. Also, the treatment of 112.5 kg/ha urea+37.5 kg/ha triple superphosphate+3 ton/ha cotton biochar with 38.66, 0.238 and 20.40 mg/kg of dry weight had the highest amount of Zn, P and Cu, respectively. In general, the application of 112.5 kg/ha urea+37.5 kg/ha triple superphosphate+3 ton/ha cotton biochar in the water stress condition improved the seed yield by 34.7%.

Key words: number of seed per capitula, potassium content, cotton biochar, cutting off irrigation

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی کارایی رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری در نقشه‌برداری رقومی ویژگی‌های خاک

سید روح اله موسوی[۱]، فریدون سرمدیان*[۱]، مارکوس استبان آنجلینی[۲]، پاتریک بوگارت[۳]، محمود امید[۴]

۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشندگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. کرج. ایران (fsarmad@ut.ac.ir)

۲- کارگروه مشارکت جهانی خاک، سازمان خواروبار جهانی فائو، رم، ایتالیا و
دانشگاه ملی لوجین-لوجین، بوئنوس آیرس، آرژانتین.

۳- دانشکده محیط زیست و علوم زمین، دانشگاه کاتولیک لوون، دی لوون، بلژیک

۴-گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. کرج. ایران

چکیده

مدل‌سازی معادلات ساختاری یک روش برای توسعه و آزمون فرضیه‌ها در مورد روابط یک سیستم است و شامل ابزارهای آماری مختلف برای ارزیابی روابط علی و معلولی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش فاکتورهای محیطی بر روی سه ویژگی درصد کربن آلی (SOC)، رس (Clay) و کربنات کلسیم معادل (CCE) در دو افق اصلی A و B با استفاده از رویکرد مدلسازی معادلات ساختاری (SEM) انجام گردید. بدین منظور، از داده‌های ۲۵۹ خاکرخ مشاهداتی و نه متغیر کمکی مستخرج از مدل رقومی ارتفاع، داده‌های سنجش از دور و اقلیمی برای پیش‌بینی ویژگی‌های خاک استفاده گردید. نتایج مدلسازی نشان داد که شاخص NDVI و CCE اثرات مستقیم و معنی‌داری بر روی SOC در افق A و Clay این تاثیر را بر روی SOC در افق B داشت. همچنین نتایج نشان داد که دو فاکتور مدل رقومی ارتفاع (DEM) و میانگین بارش سالانه (MAP) تاثیر مستقیم، منفی و معنی‌داری($p$value=0.05) بر روی CCE وClay در افق A داشتند. نتایج اعتبار سنجی نشان داد که بعد از چهار گام بازبرازش، در نهایت مقادیر واسنجی مدل SEM بر اساس آماره‌های RMSEA،CFI،GFI و SRMR برابر ۰/۹۷، ۰/۹۳، ۰/۰۴۸ و ۰/۰۳۰ بود، که بیانگر کارایی بالای SEM در تجزیه و تحلیل روابط موجود بین ویژگی‌های خاک و عوامل محیطی است.

واژگان کلیدی: روابط علی و معلولی، اثرات مستقیم و غیر مستقیم، مدل گرافیکی، روابط خاک –زمین‌نما، نقشه‌برداری خاک

مقدمه

خاک به‌عنوان مرکز اکوسیستم زمینی در ارتباط مستقیم با سنگ‌کره، هوا کره، آب‌کره و زیست‌کره واقع‌شده است. دست یافتن به دانش پیش‌بینی مکانی ویژگی‌های خاک نقش مهمی را در ایجاد مناطق توسعه کشاورزی و بهره‌برداری پایدار از اراضی فراهم می‌سازد (Adhikari and Hartemink, 2016; Mousavi et al., 2019,). خاک دارای نقش-های متعددی در اکوسیستم می‌باشد که کمی نمودن تعامل بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به عنوان ابزاری برای تعیین وضعیت کیفیت خاک مفید و کابردی است (Jong et al., 2017). بنابراین اهتمام جدی برای کسب دانش

در مورد وضعیت خاک‌ها برای اجرای برنامه‌های حفاظت و مدیریت دقیق آنها با هدف پایش منابع و بهبود حاصلخیزی خاک نیل به کشاورزی پایدار بسیار ضروی است (Costa et al., 2020).

در سال‌های اخیر، فناوری نقشه‌برداری رقومی خاک[۱](DSM) به‌عنوان روشی نوآورانه و مؤثر برای بررسی پراکنش مکانی ویژگی‌های خاک (Rostaminia et al., 2021) شناخته شده است. همچنین این روش پتانسیل قابل توجهی را در به روز رسانی نقشه‌های ویژگی‌های خاک نشان داده است (McBratney et al., 2003). روش‌های DSM شامل انواع مدل‌های خطی، زمین آماری، یادگیری ماشین و ترکیبی[۲]می‌باشد، که در این میان مدل‌های زمین‌آماری و یادگیری ماشین از مهمترین آنها هستند (Zhang et al., 2017). اگرچه الگوریتم‌های یادگیری ماشین[۳](MLA) در مقایسه با روش‌های مرسوم در پیش‌بینی ویژگی‌های خاک از دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردارند، با این حال آنها جز مدل‌های جعبه سیاه[۴]محسوب می‌شوند (Wadoux et al., 2020)، بنابراین قادر به ارائه دانش خاکشناسان در حین فرآیند تجزیه و تحلیل روابط خاک-زمین‌نما نیستند. تفسیرپذیری به عنوان درجه‌ای تعریف می‌گردد که یک انسان می‌تواند علت یک تصمیم را درک کند و ضرورت تفسیرپذیر بودن مدل‌های ML یک الزام مهم در نظر گرفته شده است (Miler, 2019).

بنابراین برای غلبه بر محدودیت‌های مدل‌های ML در تحلیل روابط خاک-زمین‌نما اخیرا رویکرد مدلسازی معادلات ساختاری (SEM) ارائه شده است. مدل‌سازی معادلات ساختاری یکی از روش‌های نوین مدلسازی در علوم محیطی است. SEM درواقع بررسی تئوری‌های مفهومی با استفاده از روش‌های آماری است (Grace et al., 2010) تاکنون در مورد کاربردهای متعدد آن در علوم محیطی از قبیل اکولوژی (Grace et al., 2010) نتایجی گزارش‌شده است، اما در نقشه‌برداری خاک صرفا تعدادی مطالعات معدود (Angelini et al., 2017) صورت پذیرفته و در مطالعات با اهداف بررسی و پیش‌بینی ویژگی‌های خاک در مقیاس‌های بزرگ همچنان نیاز، انجام مطالعات بیشتر احساس می‌باشد. در همین راستا پژوهش حاضر با هدف شناسایی مهمترین فاکتورهای محیطی کنترل کننده ویژگی‌های خاک در افق‌های اصلی (A و B) در منطقه مورد مطالعه با تمرکز بر کشف نوع روابط (مستقیم یا غیر مستقیم) و بررسی کارایی استفاده از رویکرد مدلسازی معادلات ساختاری در نقشه‌برداری رقومی ویژگی‌های خاک صورت پذیرفت.

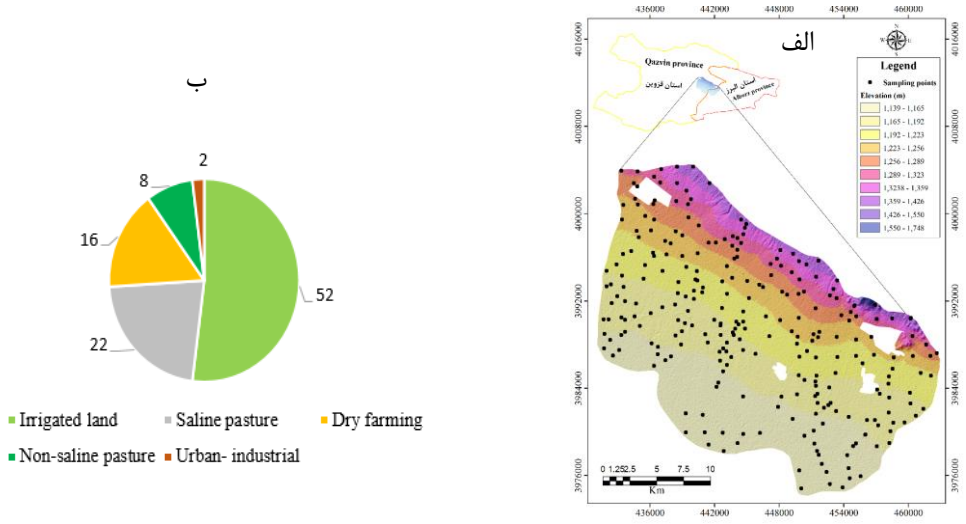
مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی- نمونه‌برداری خاک‌ها

منطقه موردمطالعه شامل بخشی از اراضی شهرستان‌های نظرآباد و آبیک به ترتیب در شمال استان البرز و شرق استان قزوین است که ازنظر وسعت دارای مساحت حدود ۵۵۰۰۰ هکتار و در حد واسط موقعیت‌های جغرافیایی″۳۵/۰۶ ′۱۵

۱. Digital soil mapping
۲. Hybrid
۳. Machine learning algorithms
۴. Black box

۵۰° تا ″۲۵/۵۳ ′۲۹ °۵۰ طول شرقی و ″۳۵°۵۴′۳۰/۳۸ تا ″۳۸/۸۳ ′۵۴ °۳۶ عرض شمالی واقع گردیده است (شکل۱. الف). ازنظر توپوگرافی این منطقه بر اساس طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط (Zinck et al., 2015) دارای زمین-نماهای تپه، فلات، واحدهای دشت‌گون، دشت دامنه‌ای و دشت است. متوسط تغییرات شیب حدود ۵ درصد بوده و حداقل و حداکثر تغییرات ارتفاع منطقه نسبت به سطح دریاهای آزاد برابر ۱۱۳۹ تا ۱۱۷۸ متر متغیر است. از نظر کاربری اراضی به‌ترتیب شامل اراضی تحت کشت زراعت آبی، زراعت دیم، مراتع با پوشش گیاهان شورپسند، مراتع غیر شورو برخی نواحی مسکونی و صنعتی است (شکل ۱.ب).



شکل ۱. (الف) موقعیت نقاط نمونه‌برداری در ارتباط با استان‌های البرز و قزوین در کشور، ب) درصد نسبی کلاس‌های کاربری اراضی

در حین مطالعات میدانی از محل ۲۷۸ خاکرخ مشاهداتی پس از حفر، تشریح و نمونه از افق‌های ژنتیکی قابل شناسایی نمونه‌برداری صورت پذیرفت و سپس نمونه‌های خاک برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. در حین فعالیت‌های آزمایشگاهی سه ویژگی کلیدی (درصد کربن آلی، رس و کربناست کلسیم معادل) که بر روی مدیریت خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک موثر هستند، بر اساس روش‌های استاندارد مورد آنالیز قرار گرفتند و مقادیر کمی آنها در نهایت در پایگاه داده‌های اطلاعات مکانی خاک‌های منطقه ثبت گردید.

متغیرهای محیطی

متغیرهای کمکی مورداستفاده در این تحقیق شامل مجموعه گسترده‌ای از نمایندگان فاکتورهای خاکسازی بودند که تا حد امکان از منابع با حداقل هزینه و با دسترسی بالا انتخاب گردیده‌اند. این متغیرها شامل شش متغیر توپوگرافی

ارتفاع (DEM)، شاخص هموار‌ی دره با درجه وضوح بالا (MrVBF)، شدت تابش پخسیده (Diffuse)، اثـر بـاد (Wind)، موقعیت میانی شیب (Midslope) و شاخص خیسی ساگا (SWI) بودند که از مـدل رقـومی ارتفـاع اسـتخراج گردیدنـد .شاخص تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI به‌عنـوان نماینـده داده‌هـای سـنجش‌ازدور از نسـبت‌گیـری باندهای مـاهواره لندست ۸ و دو پـارمتر میـانگین دمـا و بـارش سـالانه (MAT و MAP) بـه عنـوان نماینـدگان اقلـیم از ایسـتگاه‌هـای هواشناسی منطقه تهیه گردیدند.

مدلسازی معادلات ساختاری

در این پژوهش از SEM برای پیش‌بینی ویژگی‌های خاک (SOC، CCE و Clay) اسـتفاده گردیـد. ایـن روش در هفـت گام اساسی اجرا گردیده است که ابتدا به بررسی فرضیه‌ها و تئوری‌های موجود در مورد سیستم مورد نظر پرداخته شد و، (۱) تهیه مدل مفهومی، (۲) تبدیل مدل مفهومی به یک مدل گرافیکی با هدف درک بهتر روابط موجود در سیسـتم، (۳) مدل محاسباتی و ریاضیاتی، (۴) واسنجی و اعتبارسنجی مدل، (۵) بـازبرازش مـدل در صـورت عـدم کسـب نتـایج مطلوب، (۶) پیش‌بینی و اعتبارسنجی و (۷) تهیه نقشه پیش‌بینی ویژگی‌های خاک است که جزئیات کامـل در مطالعـه هر کدام از این گام‌ها بطور کامل در تحقیق (Angelini et al., 2017) ارائه شده است. تمامی مراحل مدل‌سازی بـا روش SEM با استفاده از بسته تخصصی "Lavann" در محیط نرم افزار آماری R و روش حـداکثر احتمـال[۱] بـرای پـیش‌بینـی پارامترهای مدل SEM صورت پذیرفت.

اعتبار سنجی

ارزیابی کیفیت برازش مدل ساختاری بر اساس شاخص‌های آماری $\chi 2$، درجه آزادی، سطح معنی‌داری، شاخص نیکـوئی برازش (GFI)، شاخص برازش تطبیقی (CFI)، ریشه میانگین مربعات بقایای استاندارد شده (SRMR) و شاخص ریشه دوم مربعات خطای برآورد شده (RMSEA) انجام گردید (Bayram, 2013). مقادیر شـاخص‌هـای GFI و CFI بـین صفر و یک متغیر است و مقادیر ۰/۹ و نزدیک به یک نشان دهنده یک برازش خوب مدل مـی‌باشـد. بـرای دو شـاخص SRMR و RMEA مقادیر کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده یک بـرازش بسـیار خـوب و مقـادیر حـد واسـط ۰/۰۸ – ۰/۰۵ برازش قابل‌قبول است (Bayram, 2013). همچنین از دو شاخص آمـاری ضـریب تبیـین (R^2) و ریشـه دوم میـانگین مربعات خطا (RMSE) به‌منظور ارزیابی دقت نقشه پیش‌بینی استفاده گردید (Grimm et al., ۲۰۰۸) روابط ۱ و ۲.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_{i-}\overline{b_i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(b_{i-}\overline{b_i})^2} \qquad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(a_i - b_i)^2} \qquad (۲)$$

[۱] . Maximum likelihood

در روابط بالا ، n تعداد کل نمونه‌ها، a_i،b_j و $\bar{b}$ به ترتیب مقادیر پیش‌بینی‌شده، مقادیر مشاهده‌شده، و میانگین مقادیر مشاهده شده است.

نتایج و بحث

توصیف آماری

خلاصه آماری مربوط به سه ویژگی SOC، CCE و Clay مربوط به افق‌های اصلی A و B در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج مقادیر SOC در خاک‌های منطقه در افق اصلی A از ۰/۱ تا ۳/۴۰٪ و در افق B کمتر از ۱٪ است که بیانگر پایین بودن مقدار SOC در خاک‌های منطقه است. مقادیر CCE، از (۱-۵۱٪) در افق A و (۲-۶۰٪) در افق B متغیر است، درنتیجه، مطابق با مشاهدات میدانی افق B دارای مقادیر CCE بیشتری نسبت به افق فوقانی خود است. در مورد مقادیر Clay نیز (۱-۷۰٪) در افق A و (۵-۶۵٪) در افق B متغیر است، در حالیکه میانگین آن از سطح به عمق در حال افزایش است. همه‌ی ویژگی‌های موردنظر در دو افق اصلی مورد بررسی بر اساس طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط (Wilding, 1978) در کلاس تغییرپذیری زیاد (بیش از ۳۵٪) قرار دارند.

جدول ۱ - خلاصه آماری ویژگی‌های کلیدی خاک در دو افق اصلی A و B (واحد مقادیر ارائه شده درصد می‌باشد).

ویژگی خاک	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	افراشتگی
SOC.A	۰/۱	۳/۴۰	۰/۹۳	۰/۵۵	۵۹/۲	۱/۳۷	۲/۵۲
SOC.B	۰/۰۱	۱/۴۰	۰/۴۶	۰/۲۵	۵۵/۲	۱/۶۰	۴/۲۴
CCE.A	۱/۰	۵۰/۰	۱۳/۱	۷/۹۹	۶۱/۱	۱/۴۰	۲/۸۵
CCE.B	۲/۰	۵۹/۰	۱۶/۵	۹/۵۲	۵۷/۷	۱/۱۳	۱/۷۵
Clay.A	۱/۰	۷۰/۷	۲۷/۰	۱۳/۱	۴۸/۳	۰/۶۷	۰/۱۴
Clay.B	۵/۰	۶۵/۰	۲۹/۱	۱۳/۶	۴۶/۷	۰/۴۸	-۰/۳۸

پردازش مجدد مدل

مراحل ارزیابی و پردازش مجدد مدل، یکی از مهم‌ترین مراحل در روش SEM هستند. همچنین پردازش مجدد امکان تصمیم-گیری‌های جدید جهت اصلاح روابطی که در مرحله اولیه تعریف مدل مفهومی نادیده گرفته‌شده‌اند فراهم می‌آورد (Grace et al., 2012). در پردازش مجدد از پیشنهادات بسته "Lavaan" در کنار نظر کارشناس استفاده گردید (جدول ۲). پس از برازش مدل SEM در گام نخست، برخی از روابط مابین ویژگی‌های خاک و متغیرهای محیطی از قبیل CCE.B و SOC.B یا WE و CCE.A در گام دوم حذف شدند. هرچند این نتیجه برخلاف مدل مفهومی و مطالعات موجود در منطقه (موسوی و همکاران، ۱۴۰۰) بود و انتظار می‌رفت که WE پیش‌بینی کننده مناسبی برای CCE.A باشد. نتایج حاصل از پیشنهادهای شاخص برازش

مجدد (MI) در گام دوم منجر به تعریف روابط جدید بین CCE.A با MAP و DEM گردید، که منجر به ارتقاء دقت برازش مدل گردید (جدول ۲، گام دوم). در گام سوم سه روابطه جدید دیگری بین Clay.B با Diffuse و DEM همچنین Clay.A با SWI تعریف گردید و مشاهده گردید که مقدار CFI با یک افزایش قابل‌توجه به بیش از ۰/۹ رسید (جدول ۲، گام سوم). درنهایت، درگام چهارم با تعریف روابط جدید مابین SOC.A و CCE.B با Midslope مدل بازبرازش گردید و بر اساس شاخص‌های اعتبارسنجی CFI، GFI ، RMSEA و SRMR برابر ۰/۹۳، ۰/۹۷ ، ۰/۰۴ و ۰/۰۳۰ حاصل گردید، و فرآیند پیش‌بینی بر اساس نتایج این گام صورت پذیرفت.

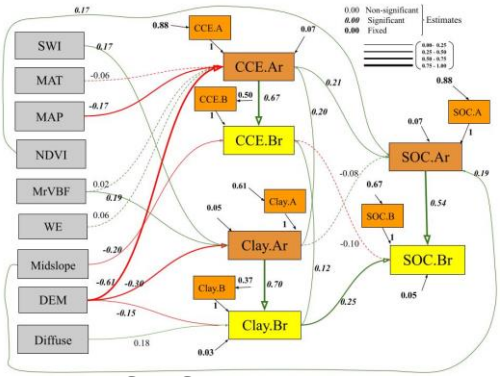
جدول ۲ - تعیین روابط جدید بین ویژگی‌های خاک و متغیرهای محیطی بر اساس پیشنهادهای بسته Lavaan

گام‌های برازش مدل	ویژگی‌های خاک	پیش‌ران[1]	متغیر محیطی	شاخص برازش مجدد (MI)
دوم	CCE.Ar	~	MAP	۱۰
	CCE.Ar	~	DEM	۸/۰۹
	Clay.Br	~	Diffuse	۱۲/۲۰
سوم	Clay.Br	~	DEM	۱۱/۲۰
	Clay.Ar	~	SWI	۱۰/۸۲
چهارم	SOC.Ar	~	Midslope	۹/۵۰
	CCE.Br	~	Midslope	۹/۱۲

گام‌ها نشان‌دهنده مراحل مختلف برازش مجدد مدل است. متغیرها می‌توانند ویژگی‌های خاک یا فاکتورهای محیطی باشند. پیش‌ران نشان‌دهنده نوع رابطه (~، رگرسیون با) است. MI شاخص برازش مجدد مدل است که توسط بسته Lavaanپیشنهاد داده می‌شود.
ویژگی‌های موجود در سیستم خاک با پسوند افق اصلی واقع در آن مخفف شده‌اند، به‌طور مثال CCE.A بیانگر مقدار کربنات کلسیم معادل در افق اصلی A است. عبارت r در انتهای نام هر یک از افق‌ها بیانگر مقدار واقعی متغیر موردنظر است به‌عنوان‌مثال SOC.Ar بیانگر مقدار واقعی SOC در افق A است.

مدل گرافیکی روابط خاک – زمین‌نما

اولین نتیجه قابل استنباط وجود یک همبستگی بسیار قوی بین هر یک از ویژگی‌ها در افق A با مقادیر همان ویژگی در افق B است که این نتیجه بیانگر وجود یک ارتباط پیوسته بین تغییرات سطحی و زیرسطحی در خاک‌های موردمطالعه است. همچنین نتایج مدل‌سازی SOC نشان می‌دهد که در سیستم خاک در افق‌های A و B وابسته به CCE و Clay است و از میان متغیرهای کمکی NDVI و Midslope اثر مثبت، مستقیم و معنی دار(*pvalue=0.05*) بر روی SOC در افق A دارند (شکل ۲). خاک‌های دارای محتوای بالای رس، دارای پتانسیل بالایی در ذخیره‌سازی SOC می‌باشند (Pandey et al., 2010). در سیستم خاک



شکل ۲. مدل گرافیکی نهایی

[1] -Operator

روابط بین CCE و Clay به دلیل وجود روابط مستقیم و علی معلولی که در انتهای فرآیند برازش مدل نیز قابل‌مشاهده است، تائید کننده بخشی از فرضیات تحقیق و روابط تعریف‌شده در مدل مفهومی است. CCE.A روابط مستقیم، معنی‌دار و منفی با دو متغیر محیطی DEM و MAP نشان داد که مقادیر ضرایب پیش‌بینی آن‌ها به ترتیب ۰/۶۱- و ۰/۱۷- بود، در حالیکه تغییرات CCE در افق B متأثر از Midslope مشاهده گردید، که البته شدت رابطه آن بر اساس مقادیر ضرایب پیش‌بینی برابر ۰/۲۰- بود که کمتر از متغیر DEM مشاهده گردید. Clay.A دارای یک رابطه مستقیم و منفی با DEM با ضریب پیش‌بینی ۰/۳۰- و رابطه مستقیم و مثبتی با سه متغیر محیطی SWI و MrVBF با ضرایب پیش‌بینی ۰/۱۷ و ۰/۱۹ بود. همچنین رابطه مثبت و مستقیمی بین Clay.B و Diffuse با ضریب پیش‌بینی برابر ۱۸/ ۰مشاهده گردید. سایر محققین (Riza et al., 2021) رابطه منفی و قوی بین تغییرات رس و ارتفاع گزارش نمودند و بیان داشتند که خاک‌های با بافت سبک و شنی عمدتاً در مناطق بالادست زمین‌نما قله و شانه شیب اغلب قرار دارند و خاک‌های با بافت سنگین و رسی در مناطق پایین دشت زمین‌نما از قبیل پنجه شیب و دره‌ها قابل‌مشاهده می‌باشند. دسته‌ای از روابط ترسیم‌شده در مدل مفهومی از قبیل رابطه بین فاکتورهای محیطی WE، MAT با CCE در افق A یا Clay وMrVBF با SOC در افق A و همچنین CCE و SOC در افق B اشاره نمود که ازنظر آماری معنی‌دار نبوده و بسیار ضعیف مشاهده گردیدند.

ارزیابی پیش‌بینی مکانی

نتایج پیش‌بینی مکانی SOC، CCE و Clay در دو افق اصلی A و B بر اساس روش SEM در در جدول ۳ ارائه‌شده است. دقت پیش‌بینی SOC و CCE در دو افق A و B بر اساس شاخص‌های اعتبارسنجی ضعیف بود. برای Clay نیز در دو افق مورد نظر نتایج نسبتا قابل قبولی حاصل گردید. این نتایج ضعیف در پیش‌بینی ممکن است به دلیل فرضیات تعریف‌شده در مدل مفهومی و یا متغیرهای محیطی منتخب نمایندگان مناسبی از فاکتورهای خاکسازی نبوده‌اند که منجر به کاهش کارایی SEM در پیش‌بینی ویژگی‌های SOC و CCE در منطقه موردمطالعه گردیده است. همچنین با توجه به اینکه SEM یک مدل خطی است، ممکن است روند تغییرات ویژگی‌های خاک و متغیرهای کمکی محیطی به‌صورت غیرخطی باشند، بنابراین، در چنین شرایطی مدل‌های با رویکرد خطی نمی‌توانند از کارایی بالایی برخوردار نباشند (Liu et al., 2020). در مطالعات جداگانه‌ای (Angelini et al., 2017, 2020) به‌طور مشابه گزارش نمودند که که مدل SEM کارایی ضعیفی در پیش‌بینی SOC در افق‌های مختلف خاک داشت که ایشان معتقدند که تغییرپذیری بالای SOC و یا مقدار کم آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند از مهم‌ترین دلایل ممکن باشند.

جدول ۳- نتایج اعتبارسنجی مدل SEM در پیش‌بینی ویژگی‌های خاک

شاخص‌های آماری	SOC.A	SOC.B	CCE.A	CCE.B	Clay.A	Clay.B
R^2	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۳۷	۰/۳۱
RMSE	۰/۵۲	۰/۲۵	۷/۷۴	۹/۴۸	۱۰/۳	۱۱/۲

نتیجه‌گیری

بطورکلی نتایج نشان داد که تغییرات مکانی SOC.A و SOC.B در سیستم خاک به مقدار قابل‌توجه و معنی‌داری به‌وسیله CCE و Clay کنترل می‌گردد، اگرچه تغییرات CCE و Clay تا حد زیادی متأثر از فاکتورهای محیطی بودند. نتایج SEM نشان داد که در بین ویژگی‌های خاک Clay اصلی‌ترین فاکتور تأثیرگذار بر روی پیش‌بینی CCE.A و CCE.B بود. در مورد متغیرهای محیطی NDVI، Midslope، DEM، MAP، Diffuse، MrVBF و SWI به‌عنوان مهم‌ترین نمایندگان فاکتورهای خاکسازی و کنترل‌کننده تغییرات مکانی ویژگی‌های در منطقه موردمطالعه شناخته شدند. در مقابل دو متغیر محیطی اثر باد (WE) و میانگین دمای سالانه (MAT) روابط معنی‌داری در فرآیند مدل‌سازی با ویژگی‌های خاک نشان ندادند. شاخص MI به‌طور قابل‌توجهی بر روی ارتقاء کارایی مدل SEM در تحلیل روابط خاک-زمین‌نما اثرگذار داشت. نتایج ارزیابی پیش‌بینی مکانی نقشه‌های ویژگی‌های خاک با مدل SEM نتایج نسبتاً قابل قبولی را برای پیش‌بینی Clay ارائه نمود، اما برای دو ویژگی SOC و CCE در هر دو افق اصلی موردنظر ضعیف حاصل گردید.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه تهران و همچنین همکاری فرمانداری و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان نظرآباد کمال تشکر را داریم.

فهرست منابع

موسوی، س ر.، سرمدیان، ف.، امید، م.، بوگارت، پ. (۱۴۰۰). مدل‌سازی تغییرات عمقی کربنات کلسیم معادل خاک با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در دشت قزوین, نشریه آب‌وخاک مشهد (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۵، شماره ۵، صفحات ۷۱۹-۷۳۴.

Adhikari, K., Hartemink, A.E. (2016). Linking soils to ecosystem services – a global review. Geoderma 262, 101–111. doi: 10.1016/j.geoderma.2015.08.009.

Angelini, M.E., Heuvelink, G., Kempen, B. (2017). Multivariate mapping of soil with structural equation modelling. European Journal of Soil Science 68, 575–591. doi:10.1111/ejss.12446.

Angelini, M.E., Kempen, B., Heuvelink, G., Temme, A.J., Ransom, M.D. (2020). Extrapolation of a structural equation model for digital soil mapping. Geoderma 367, 114226. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114226.

Bayram, N. (2013). Yapısal eşitlik modellemesine giriş [Introduction to structural equation modeling]. Bursa, Turkey: Ezgi Yayıncılık.

Costa, E.M., Pinheiro, H.S.K., Anjos, L.H.C.d., Marcondes, R.A.T., Gelsleichter, Y.A. (2020). Mapping soil properties in a poorly-accessible area. Revista 476 Brasileira de Ciência do Solo 44. doi:10.36783/18069657rbcs20190107.

Grace, J.B., Anderson, T.M., Olff, H. and Scheiner, S.M. (2010). On the specification of structural equation models for ecological systems. Ecological Monographs, 80(1), pp.67-87.

Grace, J.B., Schoolmaster Jr, D.R., Guntenspergen, G.R., Little, A.M., Mitchell, B.R., Miller, K.M., Schweiger, E.W. (2012). Guidelines for a graph-theoretic implementation of structural equation modeling. Ecosphere 3, 1–44. doi:10. 1890/ES12-00048.1.

Grimm, R., Behrens, T., Märker, M. and Elsenbeer, H. (2008). Soil organic carbon concentrations and stocks on Barro Colorado Island—Digital soil mapping using Random Forests analysis. Geoderma, 146(1-2), pp.102-113.

Jeong, G., Oeverdieck, H., Park, S.J., Huwe, B. and Ließ, M. (2017). Spatial soil nutrients prediction using three supervised learning methods for assessment of land potentials in complex terrain. Catena, 154, pp.73-84.

Liu, E., Liu, J., Yu, K., Wang, Y., He, P. (2020). A hybrid model for predicting spatial distribution of soil organic matter in a bamboo forest based on general regression neural network and interative algorithm. Journal of Forestry Research31, 1673–1680. doi:10.1007/s11676-019-00980-3.

McBratney, A. B., Santos, M. L. M., Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. Geoderma 117 (1), 3–52.

Miller, T. (2019). Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. Artificial intelligence 267, 1–38. doi: org/10.1016/j.artint.2018. 07.007.

Mousavi, S.R., Sarmadian, F., Rahmani, A. and Khamoshi, S.E. (2019). Digital soil mapping with regression tree classification approaches by rs and geomorphometry covariate in the Qazvin plain, Iran. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences.

Pandey, C., Begum, M. (2010). The effect of a perennial cover crop on net soil N mineralization and microbial biomass carbon in coconut plantations in the humid tropics. Soil use and management 26, 158–166. doi:10.1111/j.1475-2743. 2010.00272. x.576.

Riza, S., Sekine, M., Kanno, A., Yamamoto, K., Imai, T., Higuchi, T. (2021). Modeling soil landscapes and soil textures using hyperscale terrain attributes. Geoderma 402, 115177. doi:10.1016/j.g.

Rostaminia, M., Rahmani, A., Mousavi, S.R., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Maghsodi, Z. (2021). Spatial prediction of soil organic carbon stocks in an arid rangeland using machine learning algorithms. Environmental monitoring and assessment 193, 1–17. doi:10.1007/s10661-021-09543-8.

Wadoux, A.M.C., Minasny, B., McBratney, A.B. (2020). Machine learning for digital soil mapping: Applications, challenges and suggested solutions. Earth-Science Reviews 210, 103359. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103359.

Wilding, L., Drees, L. (1978). Spatial variability: A pedologist's viewpoint. Diversity of Soils in the Tropics 34, 1–12. doi:10.2134/asaspecpub34.c1.

Zhang, G.L., Feng, L.I.U. and SONG, X.D. (2017). Recent progress and future prospect of digital soil mapping: A review. Journal of Integrative Agriculture, 16(12), pp.2871-2885.

Zinck, J.A., Metternicht, G., Bocco, G. and Del Valle, H.F. eds. (2015). Geopedology: An integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies. Springer.

Assessing the efficiency of Structural Equation Modeling approach in digital mapping of soil properties

Abstract

The present study utilized Structural Equation Modeling (SEM) to examine the role of environmental factors on three soil characteristics (SOC%, Clay%, and CCE%) in horizons A and B. A total of 259 soil profile observations were collected, along with nine auxiliary variables derived from digital elevation models, remote sensing data, and climatic data. The modeling results revealed that NDVI and CCE had direct and significant effects on SOC in A horizon, while Clay had a similar effect on SOC in B horizon. Additionally, two factors, DEM and MAP, had direct, negative, and significant effects on CCE and Clay in horizon A. The validation results indicated that after four steps of respecification, the final fit indices of the SEM model (GFI, CFI, RMSEA, and SRMR) were 0.97, 0.93, 0.048, and 0.030, respectively. These values suggest a high efficiency of SEM in analyzing the relationships between soil properties and environmental covariate.

Keywords: Causal relationships, direct and indirect effects, graphical modeling, soil-landscape relationships, soil mapping

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مدیریت کم‌آبیاری کینوا در یک خاک شور با بافت رسی

فاطمه مسکینی ویشکایی[1*]، آرش تافته[2]، محی الدین گوشه[3]

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؛ * ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.meskini@yahoo.com

۲- استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسس تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

چکیده

شوری و کم‌آبی از عوامل محدودکننده تولید کشاورزی پایدار هستند. کشت گیاهان مقاوم به تنش‌های محیطی، یکی از عوامل کلیدی مدیریتی برای تولید پایدار است. این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۸ بر روی گیاه کینوا رقم تی‌تی‌کاکا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار در یک خاک با بافت رسی و شور در شهرستان اهواز اجرا شد. تیمارها شامل آبیاری کامل و اعمال سه سطح تنش کم‌آبی در چهار مرحله مختلف رشد گیاه بودند. بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار). کمترین میانگین مقدار عملکرد دانه کینوا در دو تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد در دو مرحله رشد اولیه (۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار) و میانی کینوا (۲۶۹۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که به‌ترتیب مبین کاهش ۴۳ و ۲۷ درصد میانگین عملکرد دانه کینوا نسبت به تیمار آبیاری کامل بود. بنابراین، با وجود اینکه کینوا گیاهی متحمل به خشکی است اما باید توجه نمود که اعمال تنش کم‌آبی در دو مرحله اولیه و میانی (مراحل حساس به تنش کم‌آبی گیاه کینوا)، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد کینوا خواهد شد که در برنامه‌ریزی کم‌آبیاری این گیاه باید مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تنش کم‌آبی، جوانه زنی، خوزستان، مرحله رشد میانی.

مقدمه

شوری خاک با سرعت ۱ تا ۲ میلیون هکتار سالانه در سطح جهان در حال گسترش است و بخش قابل توجهی از تولید محصول و اراضی مناسب کشت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مناطق خشک و نیمه خشک، با توجه به بسیار بیشتر بودن مقدار تبخیر از سطح خاک نسبت به بارندگی، تولید محصول بیشتر متاثر از آبیاری قرار گرفته و نسبت به شوری خاک آسیب پذیر است (Hopmans et al., 2021). تحمل یک گونه گیاهی به شوری به توانایی گیاه برای رشد و تولید محصول قابل برداشت در خاک‌های متاثر از شوری اشاره دارد (Munns et al., 2020). در میان گونه‌های زراعی سازگار با اراضی شور در اقلیم خشک و نیمه خشک، کینوا یک محصول با پتانسیل بالا برای حفظ بهره‌وری و باروری مزرعه در نظر گرفته می‌شود (Rezzouk et al., 2020). کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd) یک گیاه دولپه‌ای از خانواده تاج خروسیان و زیر خانواده اسفناجیان می‌باشد (Jacobsen, 2014). کینوا یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری مورد نیاز بشر از طریق کشت در اراضی کم بازده و

شور است. طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری می‌باشد که کشت آن تا سطح شوری آب دریا امکان‌پذیر است (Adolf et al., 2013).

کمبود آب آبیاری نیز از عمده‌ترین عوامل بازدارنده در زراعت آبی محسوب می‌شود. به دلیل بحران فزاینده کمیت و کیفیت منابع آب، بهینه‌سازی مصرف آب شایان توجه است. کم‌آبیاری با تأمین آب تنها در مراحل بحرانی رشد گیاه، یک راهکار برای تولید بهینه محصول تحت شرایط کمبود آب است. مامدی و همکاران (۱۳۹۴) کاهش ۱۸ درصدی عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش کم‌آبی را گزارش نمودند. نتایج پژوهش جمالی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که کاهش آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد در مراحل رویشی، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه و عملکرد دانه کینوا شد.

براساس نتایج پژوهش‌های موجود، بیشتر خاک‌های استان خوزستان دارای مسائل و مشکلاتی نظیر شوری بالا، زهکشی ضعیف، آهک زیاد و عدم تعادل تغذیه‌ای هستند. کشت گیاهان مقاوم یکی از عوامل کلیدی مدیریتی برای تولید پایدار می‌باشد. بنابراین با کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری مانند کینوا می‌توان بهره‌وری را در سطح مزرعه افزایش داد و معیشت در مناطق مستعد خشکسالی و مستعد شوری را در حد مطلوبی ارتقا داد (Yazar and Kaya, 2014). با اینحال، تعیین مراحل حساس رشد کینوا به تنش کم‌آبی در اقلیم‌های مختلف و شرایط مختلف خاک (به خصوص از نظر بافت و شوری خاک) برای انجام برنامه‌ریزی صحیح کم‌آبیاری این گیاه ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، هدف این مطالعه بررسی اثر اعمال تنش‌های کم‌آبی با شدت‌های مختلف بر عملکرد کینوا در یک خاک شور و آهکی با بافت سنگین در اقلیم استان خوزستان است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خوزستان در ایستگاه تحقیقاتی گلستان شهرستان اهواز (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان) در سال زراعی ۱۳۹۸ اجرا گردید. مقادیر کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید. براین اساس، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در نظر گرفته شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه کینوا

شن	سیلت	رس	بافت خاک	FC	PWP	pH	OC	EC	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل
%	%	%	-	%	%	-	%	dS m^{-1}	mg Kg^{-1}	mg Kg^{-1}	mg Kg^{-1}
۲۴	۳۶	۴۰	رسی	۳۷/۹	۲۶	۸/۲	۰/۸۲	۱۱/۲	۱۶/۳	۲۴۳	۰/۰۸

FC: ظرفیت مزرعه‌ای، PWP: نقطه پژمردگی دائم، pH: اسیدیته خاک، OC: کربن آلی خاک و EC: هدایت الکتریکی خاک.

آماده‌سازی زمین به‌صورت جوی و پشته انجام شد. در خصوص واریته و چگونگی کاشت کینوا (تراکم کشت) مطابق با توصیه‌های موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر از رقم تی تی کا کا و تراکم کاشت ۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای کاهش اثرات شوری خاک بر جوانه‌زنی و رشد گیاه، کشت به صورت دستی بر روی دو طرف پشته در محل دوغاب و

عمق یک سانتی‌متری انجام شد. در این مطالعه، ۱۳ تیمار شامل آبیاری کامل و کم‌آبیاری با اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (I30، ۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، متوسط (I50، ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) و زیاد (I70، ۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) در چهار مرحله رشد گیاه شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و پایانی رشد کینوا در سه تکرار (۳۹ کرت آزمایشی به ابعاد ۲/۲۵ در ۲ متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در هر تیمار، کم‌آبیاری با شدت مشخص (۳۰، ۵۰ یا ۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) در یک مرحله مشخص از رشد گیاه اعمال شده و در بقیه فصل رشد گیاه، آبیاری به صورت کامل انجام شد. دوره رشد گیاه براساس نشریه FAO 56 به صورت چهار مرحله متمایز اولیه، توسعه ، میانی و پایانی در نظر گرفته شد. مرحله اولیه رشد گیاه از تاریخ کشت شروع و نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰ درصد پایان می‌یابد. مرحله دوم رشد (توسعه گیاه) از زمان پوشش گیاهی ۱۰ درصد آغاز و تا زمان پوشش مؤثر کامل ادامه می‌یابد. زمان پوشش مؤثر کامل برای بسیاری از گیاهان مصادف با شروع گل‌دهی است. بنابراین مرحله دوم رشد، همان رشد رویشی یا ساقه‌دهی خواهد بود. مرحله سوم رشد (مرحله میانی) از زمان گل‌دهی شروع شده و تا رسیدن محصول ادامه می‌یابد و مرحله پایانی رشد از شروع رسیدن محصول تا زمان برداشت آن ادامه دارد که برابر با مرحله پرشدن دانه خواهد بود. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS v. 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل و به مقدار ۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۲) که بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط زندی و همکاران (۱۳۹۹) است (عملکرد ۲۴۶۰ کیلوگرم در هکتار در شوری خاک و آب به ترتیب ۱۲/۵ و ۲ دسی زیمنس در متر). دلیل این امر، علاوه بر کمتر بودن مقدار شوری آب و خاک، کشت کینوا در شرایط مزرعه‌ای به روش جوی و پشته، در محل دوغاب پشته برای کاهش اثرات شوری خاک بر جوانه زنی و رشد بذر و گیاهچه در کرت‌هایی با ابعاد بزرگتر (سه متر مربع) نسبت مطالعه مذکور (لایسیمتر با قطر ۶۰ سانتیمتر و مساحت کمتر از نیم متر مربع) است. نتایج جدول ۱ نشان داد که اعمال تنش آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده)، تاثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد دانه کینوا در شرایط مورد مطالعه در استان خوزستان نداشت (جدول ۲). مامدی و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش نمودند که کینوا گیاهی متحمل به شرایط نامطلوب محیطی بوده و در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد. اما، اعمال تنش کم‌آبی متوسط (I50) و شدید (I70) موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کینوا شد. به طور کلی، اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط و زیاد در دو مرحله اولیه و میانی بیشترین تاثیر را بر کاهش عملکرد دانه کینوا داشت. کمترین میانگین مقدار عملکرد دانه کینوا در دو تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد در دو مرحله اولیه (۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار) و میانی (۲۶۹۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که به‌ترتیب مبین کاهش ۴۳ و ۲۷ درصد میانگین عملکرد دانه کینوا نسبت به تیمار آبیاری کامل بود. بنابراین، دو مرحله رشد اولیه و میانی بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی نشان داد. در بیشتر مطالعات، حساس‌ترین مرحله رشد کینوا به تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی گزارش شده است (تافته و همکاران، ۱۴۰۰ ;

(Jacobsen, 2014). اما، Mahmoudzadeh Varzi (۲۰۱۶) نیز دو مرحله اولیه و میانی را به‌عنوان حساسترین مراحل رشد گیاهان نسبت به تنش کم‌آبی گزارش نمود. دلیل حساسیت بالای کینوا به تنش کم‌آبی در مرحله اولیه رشد در اقلیم خوزستان در کشت پاییزه، علاوه بر سنگین بودن بافت خاک، احتمالا می‌تواند ناشی از بالا بودن دمای هوا در زمان کاشت، خشک شدن سریع سطح خاک در تیمارهای تنش کم‌آبی و افزایش مقاومت مکانیکی خاک در برابر جوانه‌زنی بذر باشد. به عبارتی دیگر، در طول مرحله اولیه، گیاه از آب برای جوانه‌زنی استفاده می‌کند و کمبود آب موجب کاهش جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه در واحد سطح و در نهایت کاهش عملکرد نهایی گیاه می‌شود. عامل مهم دیگر که بر عمکلرد گیاه موثر است وزن هزاردانه می‌باشد که نتایج مقایسع میانگین اثر اعمال تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی بر آن در مراحل مختلف رشد گیاه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در مراحل مختلف رشد

مرحله / تیمار	اولیه	توسعه	میانی	پایانی
آبیاری کامل	a۳۷۰۰	a۳۷۰۰	a۳۷۰۰	a۳۷۰۰
I30	ab۳۶۲۰	a۳۶۸۰	a۳۷۰۰	ab۳۶۵۰
I50	e۲۸۴۰	d۳۲۹۶	d۳۲۳۳	bc۳۵۶۶
I70	g۲۱۱۳	e۲۸۶۳	f۲۶۹۶	c۳۴۹۰

I30: اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I50: اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I70: اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک).

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه (گرم) در تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در مراحل مختلف رشد

مرحله / تیمار	اولیه	توسعه	میانی	پایانی
آبیاری کامل	a۳/۹	a۳/۹	a۳/۹	a۳/۹
I30	ab۳/۸۵	b۳/۷	c۳/۵	b۳/۷
I50	a۳/۹۷	ab۳/۸	d۳/۳۳	b۳/۷۲
I70	a۳/۸۸	b۳/۷۲	e۲/۸۸	d۳/۳۲

I30: اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I50: اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I70: اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک).

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، بیشترین تاثیر اعمال تنش کم‌آبی بر وزن هزار دانه در مرحله رشد میانی کینوا بود. کمترین میانگین وزن هزاردانه کینوا در تیمار ۷۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده در مرحله رشد میانی کینوا به دست آمد (۲/۸۸ گرم). اعمال تنش کم‌آبی در هر سه سطح کم، متوسط و شدید (۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده) در مرحله میانی رشد کینوا، اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه داشته و به‌ترتیب موجب کاهش معنی‌دار ۱۰، ۱۴ و ۲۶ درصدی وزن هزار دانه کینوا شد.

نتیجه‌گیری

در مدیریت کم‌آبیاری برای دستیابی به کارایی مناسب، علاوه بر حجم آب مصرفی باید به مرحله رشد گیاه نیز توجه نمود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شرایط خاک شور و اقلیم خوزستان، علاوه بر مرحله میانی رشد، مرحله اولیه رشد کینوا نیز حساسیت زیادی به تنش کم‌آبی داشته و اعمال تنش کم‌آبی متوسط و شدید در هر دو مرحله رشد موجب کاهش معنی‌دار عملکرد کینوا می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود در مدیریت کم‌آبیاری کینوا، در این دو مرحله‌ی رشد کینوا تنش کم‌آبی اعمال نشود.

منابع

تافته، آ. و امداد، م.ر. (۱۴۰۰). تعیین ضرایب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب (Ky) در مدیریت های کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کینوا. نشریه مدیریت‌اب در کشاورزی. ۸ (۲): ۱۰۱-۱۰۶.

جمالی، ص.، گلدانی، م. و زین الدین، م. (۱۳۹۸). بررسی اثر تنش آبی دوره ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره وری مصرف آب گیاه کینوا (رقم NSRCQ). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶ (۱۳): ۱۶۹۷-۱۶۸۷.

زندی، س.، سلطانی محمدی، ا.، گلابی، م. و اندرزیان، ب. (۱۳۹۹). بررسی تاثیر آبیاری با زه آب بر عملکرد کینوا در شرایط اب و هوایی اهواز. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۴۳ (۳): ۵۲-۴۵.

مامدی، آ.، افشاری، ر.ت.، سپهوند، ن.ع. و اویسی، م. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر دما بر جوانه زنی بذر گیاه کینوا (Chenepodium quinoa Willd) تحت تنش شوری. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۶ (۴): ۵۸۹-۵۸۳.

Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., Shabala, S. (2013). Salt tolerance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Environmental and Experimental Botany, 92: 43–54.

Hopmans, J.W., Qureshi, A.S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P.S. (2021). Critical Knowledge Gaps and Research Priorities in Global Soil Salinity. Advances in Agronomy, 169: 1 -191

Jacobsen, S.E. (2014). New climate-proof cropping systems in dry areas of the Mediterranean region. Journal of Agronomy and Crop Science, 200 (5): 399 - 401. □□□:10.1111/□□□.12080.

Mahmoudzadeh Varzi, M. (2016). Crop water production functions—A review of available mathematical method. Journal of Agricultural Science, 8 (4): 76-83.

Munns, R., Day, D.A., Fricke, W., Watt, M., Arsova, B., Barkla, B.J., Bose, J., Byrt, C.S., Chen, Z.-H., Foster, K.J. (2020). Energy Costs of Salt Tolerance in Crop Plants. New Phytologist, 225: 1072-1090.

Rezzouk, F.Z., Shahid, M.A., Elouafi, I.A., Zhou, B., Araus, J.L., Serret, M.D. (2020). Agronomic Performance of Irrigated Quinoa in Desert Areas: Comparing Different Approaches for Early Assessment of Salinity Stress. Agric. Water Management, 240: 106-205.
Yazar, A. and Ç.İ. Kaya. (2014). A new crop for salt affected and dry agricultural areas of Turkey: quinoa (Chenopodium quinoa Wild). Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 2: 1440–1446.

Management of deficit irrigation of quinoa in a saline soil with clay texture

Fatemeh Meskini-Vishkaee [1*], Arash Tafteh [2], Mohiaddin Goosheh [۳]

[1] Assistant professor of 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 email: Fatemeh.meskini@yahoo.com)
[2] Assistant professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
[3] Assistant professor of Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Abstract

Salinity and water scarcity are limiting factors for sustainable agricultural production. Cultivation of resistant plants to environmental stresses is one of the important management factors for sustainable production. This study was performed on quinoa cultivar Titicaca in Ahvaz city in 2019 in a randomized complete block design with 13 treatments and three replications. Treatments including full irrigation and application of three levels of water deficit stress at four different stages of plant growth. The most grain yield was observed in the full irrigation treatment (3700 kg ha^{-1}). The lowest average value of quinoa grain yield was observed in the two treatments of high-intensity water deficit stress in two stages of initial (2113 kg ha^{-1}) and middle (2696 kg ha^{-1}) growth stages, which show a decrease of 43% and 27%, respectively compared to the full irrigation treatment. Although quinoa is a drought-resistance plant, but it should be noted that the water stress in two initial and middle stages (quinoa sensitive growth stages to water stress), significantly reduces the quinoa yield that should be considered in planning of deficit irrigation.

Keywords (Times New Roman, 10pt, Bold): Water stress, Germination, Khuzestan, Middle growth stage.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مدیریت کم‌آبیاری کینوا در یک خاک شور با بافت رسی

فاطمه مسکینی ویشکایی[1*]، آرش تافته[2]، محی الدین گوشه[3]

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؛ * ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.meskini@yahoo.com

۲- استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسس تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

چکیده

شوری و کم‌آبی از عوامل محدودکننده تولید کشاورزی پایدار هستند. کشت گیاهان مقاوم به تنش‌های محیطی، یکی از عوامل کلیدی مدیریتی برای تولید پایدار است. این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۸ بر روی گیاه کینوا رقم تی‌تی‌کاکا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار در یک خاک با بافت رسی و شور در شهرستان اهواز اجرا شد. تیمارها شامل آبیاری کامل و اعمال سه سطح تنش کم‌آبی در چهار مرحله مختلف رشد گیاه بودند. بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار). کمترین میانگین مقدار عملکرد دانه کینوا در دو تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد در دو مرحله رشد اولیه (۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار) و میانی کینوا (۲۶۹۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که به‌ترتیب مبین کاهش ۴۳ و ۲۷ درصد میانگین عملکرد دانه کینوا نسبت به تیمار آبیاری کامل بود. بنابراین، با وجود اینکه کینوا گیاهی متحمل به خشکی است اما باید توجه نمود که اعمال تنش کم‌آبی در دو مرحله اولیه و میانی (مراحل حساس به تنش کم‌آبی گیاه کینوا)، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد کینوا خواهد شد که در برنامه‌ریزی کم‌آبیاری این گیاه باید مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تنش کم‌آبی، جوانه زنی، خوزستان، مرحله رشد میانی.

مقدمه

شوری خاک با سرعت ۱ تا ۲ میلیون هکتار سالانه در سطح جهان در حال گسترش است و بخش قابل توجهی از تولید محصول و اراضی مناسب کشت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مناطق خشک و نیمه خشک، با توجه به بسیار بیشتر بودن مقدار تبخیر از سطح خاک نسبت به بارندگی، تولید محصول بیشتر متاثر از آبیاری قرار گرفته و نسبت به شوری خاک آسیب پذیر است (Hopmans et al., 2021). تحمل یک گونه گیاهی به شوری به توانایی گیاه برای رشد و تولید محصول قابل برداشت در خاک‌های متاثر از شوری اشاره دارد (Munns et al., 2020). در میان گونه‌های زراعی سازگار با اراضی شور در اقلیم خشک و نیمه خشک، کینوا یک محصول با پتانسیل بالا برای حفظ بهره‌وری و باروری مزرعه در نظر گرفته می‌شود (Rezzouk et al., 2020). کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd) یک گیاه دولپه‌ای از خانواده تاج خروسیان و زیر خانواده اسفناجیان می‌باشد (Jacobsen, 2014). کینوا یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری مورد نیاز بشر از طریق کشت در اراضی کم بازده و

شور است. طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری می‌باشد که کشت آن تا سطح شوری آب دریا امکان‌پذیر است (Adolf et al., 2013).

کمبود آب آبیاری نیز از عمده‌ترین عوامل بازدارنده در زراعت آبی محسوب می‌شود. به دلیل بحران فزاینده کمیت و کیفیت منابع آب، بهینه‌سازی مصرف آب شایان توجه است. کم‌آبیاری با تأمین آب تنها در مراحل بحرانی رشد گیاه، یک راهکار برای تولید بهینه محصول تحت شرایط کمبود آب است. مامدی و همکاران (۱۳۹۴) کاهش ۱۸ درصدی عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش کم‌آبی را گزارش نمودند. نتایج پژوهش جمالی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که کاهش آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد در مراحل رویشی، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه و عملکرد دانه کینوا شد.

براساس نتایج پژوهش‌های موجود، بیشتر خاک‌های استان خوزستان دارای مسائل و مشکلاتی نظیر شوری بالا، زهکشی ضعیف، آهک زیاد و عدم تعادل تغذیه‌ای هستند. کشت گیاهان مقاوم یکی از عوامل کلیدی مدیریتی برای تولید پایدار می‌باشد. بنابراین با کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری مانند کینوا می‌توان بهره‌وری را در سطح مزرعه افزایش داد و معیشت در مناطق مستعد خشکسالی و مستعد شوری را در حد مطلوبی ارتقا داد (Yazar and Kaya, 2014). با اینحال، تعیین مراحل حساس رشد کینوا به تنش کم‌آبی در اقلیم‌های مختلف و شرایط مختلف خاک (به خصوص از نظر بافت و شوری خاک) برای انجام برنامه‌ریزی صحیح کم‌آبیاری این گیاه ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، هدف این مطالعه بررسی اثر اعمال تنش‌های کم‌آبی با شدت‌های مختلف بر عملکرد کینوا در یک خاک شور و آهکی با بافت سنگین در اقلیم استان خوزستان است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خوزستان در ایستگاه تحقیقاتی گلستان شهرستان اهواز (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان) در سال زراعی ۱۳۹۸ اجرا گردید. مقادیر کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید. براین اساس، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در نظر گرفته شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه کینوا

شن	سیلت	رس	بافت خاک	FC	PWP	pH	OC	EC	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل
%	%	%	-	%	%	-	%	dS m^{-1}	mg Kg^{-1}	mg Kg^{-1}	mg Kg^{-1}
۲۴	۳۶	۴۰	رسی	۳۷/۹	۲۶	۸/۲	۰/۸۲	۱۱/۲	۱۶/۳	۲۴۳	۰/۰۸

FC: ظرفیت مزرعه‌ای، PWP: نقطه پژمردگی دائم، pH: اسیدیته خاک، OC: کربن آلی خاک و EC: هدایت الکتریکی خاک.

آماده‌سازی زمین به‌صورت جوی و پشته انجام شد. در خصوص واریته و چگونگی کاشت کینوا (تراکم کشت) مطابق با توصیه‌های موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر از رقم تی تی کا کا و تراکم کاشت ۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای کاهش اثرات شوری خاک بر جوانه‌زنی و رشد گیاه، کشت به صورت دستی بر روی دو طرف پشته در محل دوغاب و

عمق یک سانتی‌متری انجام شد. در این مطالعه، ۱۳ تیمار شامل آبیاری کامل و کم‌آبیاری با اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (I30، ۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، متوسط (I50، ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) و زیاد (I70، ۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) در چهار مرحله رشد گیاه شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و پایانی رشد کینوا در سه تکرار (۳۹ کرت آزمایشی به ابعاد ۲/۲۵ در ۲ متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در هر تیمار، کم‌آبیاری با شدت مشخص (۳۰، ۵۰ یا ۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) در یک مرحله مشخص از رشد گیاه اعمال شده و در بقیه فصل رشد گیاه، آبیاری به صورت کامل انجام شد. دوره رشد گیاه براساس نشریه FAO 56 به صورت چهار مرحله متمایز اولیه، توسعه ، میانی و پایانی در نظر گرفته شد. مرحله اولیه رشد گیاه از تاریخ کشت شروع و نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰ درصد پایان می‌یابد. مرحله دوم رشد (توسعه گیاه) از زمان پوشش گیاهی ۱۰ درصد آغاز و تا زمان پوشش مؤثر کامل ادامه می‌یابد. زمان پوشش مؤثر کامل برای بسیاری از گیاهان مصادف با شروع گل‌دهی است. بنابراین مرحله دوم رشد، همان رشد رویشی یا ساقه‌دهی خواهد بود. مرحله سوم رشد (مرحله میانی) از زمان گل‌دهی شروع شده و تا رسیدن محصول ادامه می‌یابد و مرحله پایانی رشد از شروع رسیدن محصول تا زمان برداشت آن ادامه دارد که برابر با مرحله پرشدن دانه خواهد بود. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS v. 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل و به مقدار ۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۲) که بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط زندی و همکاران (۱۳۹۹) است (عملکرد ۲۴۶۰ کیلوگرم در هکتار در شوری خاک و آب به ترتیب ۱۲/۵ و ۲ دسی زیمنس در متر). دلیل این امر، علاوه بر کمتر بودن مقدار شوری آب و خاک، کشت کینوا در شرایط مزرعه‌ای به روش جوی و پشته، در محل دوغاب پشته برای کاهش اثرات شوری خاک بر جوانه زنی و رشد بذر و گیاهچه در کرت‌هایی با ابعاد بزرگتر (سه متر مربع) نسبت مطالعه مذکور (لایسیمتر با قطر ۶۰ سانتیمتر و مساحت کمتر از نیم متر مربع) است. نتایج جدول ۱ نشان داد که اعمال تنش آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده)، تاثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد دانه کینوا در شرایط مورد مطالعه در استان خوزستان نداشت (جدول ۲). مامدی و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش نمودند که کینوا گیاهی متحمل به شرایط نامطلوب محیطی بوده و در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد. اما، اعمال تنش کم‌آبی متوسط (I50) و شدید (I70) موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کینوا شد. به طور کلی، اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط و زیاد در دو مرحله اولیه و میانی بیشترین تاثیر را بر کاهش عملکرد دانه کینوا داشت. کمترین میانگین مقدار عملکرد دانه کینوا در دو تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد در دو مرحله اولیه (۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار) و میانی (۲۶۹۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که به‌ترتیب مبین کاهش ۴۳ و ۲۷ درصد میانگین عملکرد دانه کینوا نسبت به تیمار آبیاری کامل بود. بنابراین، دو مرحله رشد اولیه و میانی بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی نشان داد. در بیشتر مطالعات، حساس‌ترین مرحله رشد کینوا به تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی گزارش شده است (تافته و همکاران، ۱۴۰۰ ;

(Jacobsen, 2014). اما، Mahmoudzadeh Varzi (۲۰۱۶) نیز دو مرحله اولیه و میانی را به‌عنوان حساسترین مراحل رشد گیاهان نسبت به تنش کم‌آبی گزارش نمود. دلیل حساسیت بالای کینوا به تنش کم‌آبی در مرحله اولیه رشد در اقلیم خوزستان در کشت پاییزه، علاوه بر سنگین بودن بافت خاک، احتمالا می‌تواند ناشی از بالا بودن دمای هوا در زمان کاشت، خشک شدن سریع سطح خاک در تیمارهای تنش کم‌آبی و افزایش مقاومت مکانیکی خاک در برابر جوانه‌زنی بذر باشد. به عبارتی دیگر، در طول مرحله اولیه، گیاه از آب برای جوانه‌زنی استفاده می‌کند و کمبود آب موجب کاهش جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه در واحد سطح و در نهایت کاهش عملکرد نهایی گیاه می‌شود. عامل مهم دیگر که بر عمکلرد گیاه موثر است وزن هزاردانه می‌باشد که نتایج مقایسع میانگین اثر اعمال تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی بر آن در مراحل مختلف رشد گیاه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در مراحل مختلف رشد

مرحله / تیمار	اولیه	توسعه	میانی	پایانی
آبیاری کامل	a۳۷۰۰	a۳۷۰۰	a۳۷۰۰	a۳۷۰۰
I30	ab۳۶۲۰	a۳۶۸۰	a۳۷۰۰	ab۳۶۵۰
I50	e۲۸۴۰	d۳۲۹۶	d۳۲۳۳	bc۳۵۶۶
I70	g۲۱۱۳	e۲۸۶۳	f۲۶۹۶	c۳۴۹۰

I30: اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I50: اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I70: اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک).

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه (گرم) در تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در مراحل مختلف رشد

مرحله / تیمار	اولیه	توسعه	میانی	پایانی
آبیاری کامل	a۳/۹	a۳/۹	a۳/۹	a۳/۹
I30	ab۳/۸۵	b۳/۷	c۳/۵	b۳/۷
I50	a۳/۹۷	ab۳/۸	d۳/۳۳	b۳/۷۲
I70	a۳/۸۸	b۳/۷۲	e۲/۸۸	d۳/۳۲

I30: اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I50: اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک)، I70: اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک).

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، بیشترین تاثیر اعمال تنش کم‌آبی بر وزن هزار دانه در مرحله رشد میانی کینوا بود. کمترین میانگین وزن هزاردانه کینوا در تیمار ۷۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده در مرحله رشد میانی کینوا به دست آمد (۲/۸۸ گرم). اعمال تنش کم‌آبی در هر سه سطح کم، متوسط و شدید (۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده) در مرحله میانی رشد کینوا، اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه داشته و به‌ترتیب موجب کاهش معنی‌دار ۱۰، ۱۴ و ۲۶ درصدی وزن هزار دانه کینوا شد.

نتیجه‌گیری

در مدیریت کم‌آبیاری برای دستیابی به کارایی مناسب، علاوه بر حجم آب مصرفی باید به مرحله رشد گیاه نیز توجه نمود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شرایط خاک شور و اقلیم خوزستان، علاوه بر مرحله میانی رشد، مرحله اولیه رشد کینوا نیز حساسیت زیادی به تنش کم‌آبی داشته و اعمال تنش کم‌آبی متوسط و شدید در هر دو مرحله رشد موجب کاهش معنی‌دار عملکرد کینوا می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود در مدیریت کم‌آبیاری کینوا، در این دو مرحله‌ی رشد کینوا تنش کم‌آبی اعمال نشود.

منابع

تافته، آ. و امداد، م.ر. (۱۴۰۰). تعیین ضرایب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب (Ky) در مدیریت های کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کینوا. نشریه مدیریت‌اب در کشاورزی. ۸ (۲): ۱۰۱-۱۰۶.

جمالی، ص.، گلدانی، م. و زین الدین، م. (۱۳۹۸). بررسی اثر تنش آبی دوره ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره وری مصرف آب گیاه کینوا (رقم NSRCQ). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶ (۱۳): ۱۶۹۷-۱۶۸۷.

زندی، س.، سلطانی محمدی، ا.، گلابی، م. و اندرزیان، ب. (۱۳۹۹). بررسی تاثیر آبیاری با زه آب بر عملکرد کینوا در شرایط اب و هوایی اهواز. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۴۳ (۳): ۵۲-۴۵.

مامدی، آ.، افشاری، ر.ت.، سپهوند، ن.ع. و اویسی، م. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر دما بر جوانه زنی بذر گیاه کینوا (Chenepodium quinoa Willd) تحت تنش شوری. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۶ (۴): ۵۸۹-۵۸۳.

Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., Shabala, S. (2013). Salt tolerance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Environmental and Experimental Botany, 92: 43–54.

Hopmans, J.W., Qureshi, A.S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P.S. (2021). Critical Knowledge Gaps and Research Priorities in Global Soil Salinity. Advances in Agronomy, 169: 1 -191

Jacobsen, S.E. (2014). New climate-proof cropping systems in dry areas of the Mediterranean region. Journal of Agronomy and Crop Science, 200 (5): 399 - 401. □□□:10.1111/□□□.12080.

Mahmoudzadeh Varzi, M. (2016). Crop water production functions—A review of available mathematical method. Journal of Agricultural Science, 8 (4): 76-83.

Munns, R., Day, D.A., Fricke, W., Watt, M., Arsova, B., Barkla, B.J., Bose, J., Byrt, C.S., Chen, Z.-H., Foster, K.J. (2020). Energy Costs of Salt Tolerance in Crop Plants. New Phytologist, 225: 1072-1090.

Rezzouk, F.Z., Shahid, M.A., Elouafi, I.A., Zhou, B., Araus, J.L., Serret, M.D. (2020). Agronomic Performance of Irrigated Quinoa in Desert Areas: Comparing Different Approaches for Early Assessment of Salinity Stress. Agric. Water Management, 240: 106-205.
Yazar, A. and Ç.İ. Kaya. (2014). A new crop for salt affected and dry agricultural areas of Turkey: quinoa (Chenopodium quinoa Wild). Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 2: 1440–1446.

Management of deficit irrigation of quinoa in a saline soil with clay texture

Fatemeh Meskini-Vishkaee [1*], Arash Tafteh [2], Mohiaddin Goosheh [۳]

[1] Assistant professor of 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 email: Fatemeh.meskini@yahoo.com)
[2] Assistant professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
[3] Assistant professor of Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Abstract

Salinity and water scarcity are limiting factors for sustainable agricultural production. Cultivation of resistant plants to environmental stresses is one of the important management factors for sustainable production. This study was performed on quinoa cultivar Titicaca in Ahvaz city in 2019 in a randomized complete block design with 13 treatments and three replications. Treatments including full irrigation and application of three levels of water deficit stress at four different stages of plant growth. The most grain yield was observed in the full irrigation treatment (3700 kg ha^{-1}). The lowest average value of quinoa grain yield was observed in the two treatments of high-intensity water deficit stress in two stages of initial (2113 kg ha^{-1}) and middle (2696 kg ha^{-1}) growth stages, which show a decrease of 43% and 27%, respectively compared to the full irrigation treatment. Although quinoa is a drought-resistance plant, but it should be noted that the water stress in two initial and middle stages (quinoa sensitive growth stages to water stress), significantly reduces the quinoa yield that should be considered in planning of deficit irrigation.

Keywords (Times New Roman, 10pt, Bold): Water stress, Germination, Khuzestan, Middle growth stage.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی تناسب اراضی برای کشت جو با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، شاخص‌های کیفیت خاک، روش‌های استوری و ریشه دوم

فوزیه کوهنی*، حمیدرضا متین‌فر[۱]، محمود رستمی‌نیا**

*-دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۱- استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

**- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی تناسب اراضی برای محصول جو، با استفاده از یک مدل مکانی ادغام شده در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شد. پارامترهای اقلیمی و تعدادی از پارامترهای خاک به عنوان عوامل مؤثر بر تناسب اراضی برای محصول جو در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند. از سه شاخص کیفیت شیمیایی، فیزیکی و حاصلخیزی خاک در تهیه مدل پیشنهادی (LS) استفاده شد و نتایج مدل با روش‌های ریشه دوم و استوری مقایسه شد. نتایج مدل نشان داد که اکثر واحدها در کلاس (S2) و پس از آن در کلاس (S1) قرار می گیرند که مجموعاً ۹۷/۶۸ درصد از کل مساحت را تشکیل می دهند و حدود ۲/۳۷ درصد از سطح منطقه برای کشت جو نامناسب است. مقایسه نتایج سه رویکرد نشان داد که مدل حاضر با روش ریشه دوم با مقدار (۰/۲۴۳) و با روش استوری نیز با مقدار (۰/۱۴۴) سطح توافق پایینی دارد. مدل استوری تطابق متوسطی با روش ریشه دوم دارد (۰/۶۱۷). در مدل فعلی، استفاده از شاخص- های مختلف امکان دستیابی به نتایجی را فراهم می‌کند که به نظر می‌رسد با شرایط فعلی منطقه سازگارتر باشد.

واژگان کلیدی: تناسب اراضی، شاخص، استوری، ریشه دوم

مقدمه

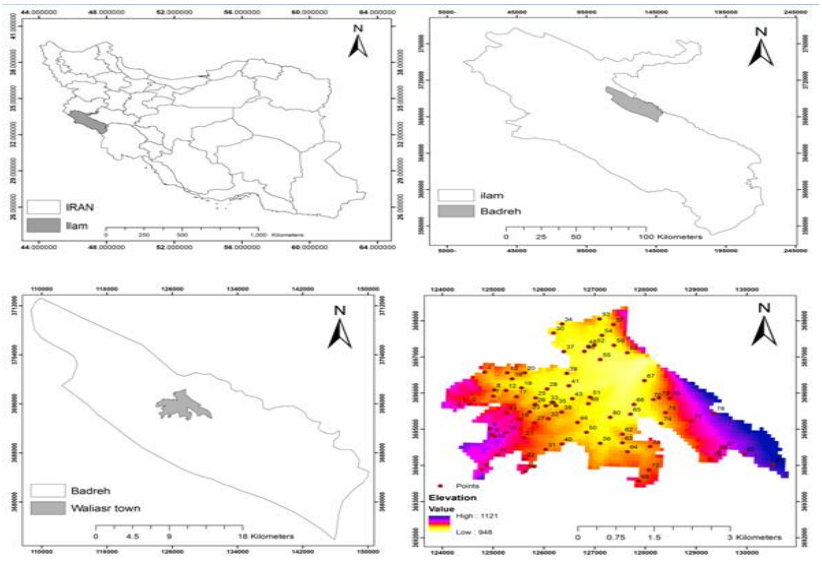
استفاده مطلوبتر از اراضی کشاورزی و افزایش تولید محصولات زراعی و باغی از جمله راهکارهای استفاده بهینه است (Akbari et al., 2022; Kilic et al., 2022). جو یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین غلات است که سابقه کشت و زرع آن به ۵ تا ۷ هزار سال قبل از میلاد برمی‌گردد و هم‌اکنون در سطح وسیعی از جهان کشت می‌شود (khodabandeh, ۲۰۱۰). با توجه به اینکه در تحقیقات مشابه از تعداد محدودی پارامتر استفاده شده، در پژوهش حاضر سعی شده است، برای افزایش دقت کار حدود ۱۴ پارامتر متفاوت فیزیکی و شیمیایی محاسبه و استفاده شود.تاکنون بررسی شاخص‌های فیزیکی، شیمایی و حاصلخیزی و در نهایت رسیدن به شاخص (LS) در منطقه مورد پژوهش انجام نگرفته و می‌تواند

[۱] - نویسنده مسول، matinfar.h@lu.ac.ir

مبنای مطالعات بعدی قرار گیرد. این پژوهش با هدف ارزیابی وضعیت موجود و شناسایی محدودیت‌های اراضی منطقه ولیعصر بدره برای کشت جو، در جهت مدیریت و برنامه‌ریزی بهینه اراضی انجام گرفت. در منطقه مورد مطالعه کشاورزی سنتی رواج دارد و انتخاب زمین زراعی بر اساس تجربه و بدون استفاده از دانش روز انجام می شود. می توان با انتخاب بهتر و دقیق تر مزارع زراعی از هدر رفت منابع و آسیب های احتمالی به خاک جلوگیری کرد. همچنین زمینه ای برای مطالعات دقیق‌تر و جدیدتر در آینده فراهم می شود تا با انجام مقایسه های دیگر هم به پیشرفت کشاورزی منطقه و هم به انتخاب صحیح روش ارزیابی کمک شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مختصات (□□۲۵ □۱۲ □۴۷–″24 ′52 °46 ;N □۱۵ □۲۲ □۳۳–□۳۳ □۳۳ □۱۴ □۳۳) در منطقه جنوب غربی ایران، بخشی از شهرک ولیعصر در غرب شهر بدره، در جنوب شرقی استان ایلام قرار دارد (شکل ۲). میانگین ارتفاع از سطح دریای آزاد بین ۷۰۰ تا ۱۱۰۰ متر و مساحت ناخالص اراضی ۱۵۰۰ هکتار است. منطقه مذکور دارای رژیم رطوبتی Xeric و رژیم حرارتی thermic است می باشد. افق‌های مشخصه سطحی اُکریک و مالیک و افق‌های مشخصه زیرسطحی کمبیک، کلسیک و جیپسیک می‌باشد. بر اساس سیستم رده‌بندی خاک آمریکایی خاک‌ها در رده‌های Inceptisols، Mollisols و Entisols و ۱۱ فامیل خاک رده‌بندی شدند. دارای آب و هوای مدیترانه ای با بارندگی سالانه ۵۵۴,۵ (میلی متر) است و عمده بارش ها در فصل زمستان است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پروفیل‌های خاک.

از تصویر سنجنده متعلق به ماهواره لندست هشت و به تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۸ استفاده شد. تصحیحات هندسی و جوی روی تصاویر انجام شد. تصویر استفاده شده مربوط به WRS-Path 167 و WRS-Row 37 می باشد. با توجه به شناسایی ۸۳ پروفیل خاک در مساحتی حدود ۱۴۰۰ هکتار از اراضی ولیعصر بدره و بر اساس فرمول (Hengl et al.,

۲۰۰۳) از مدل رقومی ارتفاعی ماهواره ای ALOS PALSAR با تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر و از مشتقات اولیه و ثانویه آن برای مدل‌سازی نقاط نمونه بر اساس روش مکعب لاتین مشروط (cLHS) استفاده شد. ۳۲۵ نمونه خاک از افق پروفیل ها جمع آوری و به آزمایشگاه خاک شناسی منتقل شد. نمونه ها در آزمایشگاه هوا خشک شده، خرد شده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد.رنگ خاک بر اساس نمودار رنگ مانسل ،وزن مخصوص حقیقی، وزن مخصوص ظاهری(Jackson, 1973). بافت خاک (Gee & Bauder, 1986) شرایط زهکشی و محدودیت های سیل، شن سطحی و عمق خاک اندازه گیری شدند. هدایت هیدرولیکی خاک (Klute & Dirksen, 1986) هدایت الکتریکی (EC) (Rhodes, ۱۹۸۲)، اسیدیته خاک (pH)کربن آلی (OC) (Nelson & Summers, 1982)، نیتروژن،کربنات کلسیم کل (Nelson, ۱۹۸۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی، کاتیون های محلول کلسیم و منیزیم با تیتراسیون با EDTA، کاتیون های سدیم و پتاسیم محلول به روش فلیم فتومتری، گچ به روش استون، درصد سدیم تبادلی (ESP) با استات آمونیوم (NH4OAC) بر اساس روش توسعه یافته توسط Lavkulich (1981) تعیین شد. در این تحقیق ۱۴ پارامتر برای بررسی شاخص کیفیت خاک برای جو مورد بررسی قرار گرفت. این پارامترها عبارتند از مواد آلی، N، P، K، زهکشی، بافت، عمق، توپوگرافی، سنگ سطحی، ظرفیت نگهداری آب، شوری، ESP، CaCO3 و pH. در این مطالعه، نرخ‌ها به عناصر یک پارامتر خاص با امتیازهای معتبر از ۰، بدترین شرایط، تا ۱۰۰، بهترین شرایط، اختصاص داده شد (جدول ۲). به هر طبقه با توجه به اهمیت نقش آن در تناسب اراضی برای تولید محصول، شاخص وزنی داده شد. مقدار ۰ به مناطق طبقه بندی نشده اختصاص داده شد. سپس رتبه‌بندی‌های مناسب به چهار کلاس تقسیم شدند (S1: بسیار مناسب، S2: حد واسط مناسب، S3: نسبتاً مناسب، و N: نامناسب). سپس نتایج مدل پیشنهادی با دو روش پارامتری کلاسیک روش ریشه مربع و استوری مقایسه شد.

جدول ۱. امتیاز عامل پارامترهای خصوصیات اراضی برای محصول جو در منطقه مورد مطالعه.

(Sys et al, 1993) (Marzaioli et al, 2010) (FAO, 1976)

Proportion Class		S1		S2	S3	N	N2
level of restriction		1		2	3	4	
Grading	unit	100	95	85	60	40	25	0
N	mg/kg	>80	80-60	60-40	40-20	<20		
P	mg/kg	>15	15-12.5	12.5-10	10-7.5	7.5-5	<5	
K	mg/kg	>200	200-175	175-150	150-125	125-100	<100	
Organic matter	g/100 g	>0.8	0.8-0.4	<0.4				
Slope		0-5	5-15	15-30	30-60	>60		
Physical properties								
Drainage		Well	Moderate	Poor	Very poor			
Depth	cm	>90	90-60	60-30	30-10	>10		
Texture	g/100 g	SiCl,Si Cs ,SiL C<60s, SC,CL	SCL, L	SL	LS,Cm,Si Cm	S		
Surface stoniness	g/100 g	0-3	3-15	15-35	35-55			
Water holding capacity(WHC)	g/100 g	>50	50-40	40-30	30-20	20-15	<15	
Chemical properties								
Salinity hazard (EC)	dS m	0-8	8-12	12-16	16-20	>20		
ESP	g/100 g	0-15	15-25	25-35	35-45	>45		
CaCO3 content	g/100 g	0-3 3-20	20-35	35-50	50-60	>60		
Soil reaction (pH)	7.2-7	7.0-6.2	6-2.5.8	5.8-5.5	<5.5			
	7.2-7.5	7.5-8	8-8.2	8.2-8.5		>8.5		

برای ارزیابی تناسب اراضی از سه شاخص (شاخص کیفیت حاصلخیزی)، (شاخص کیفیت شیمیایی) و (شاخص کیفیت فیزیکی) خاک استفاده شد. برای محاسبه تناسب اراضی با استفاده از مدل فضایی GIS از معادله زیر استفاده شد:

$$Ls = (FQI \times CQI_{\times} PQI)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

که در آن LS ضریب تناسب اراضی، FQI شاخص کیفیت حاصلخیزی خاک، CQI شاخص کیفیت شیمیایی خاک و PQI شاخص کیفیت فیزیکی خاک است. شاخص کیفیت حاصلخیزی خاک با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$FQI = (S_N \times S_{P \times} S_{K \times} S_{OM})^{\frac{1}{4}} \quad (۲)$$

که در آن SN، SP، SK و SOM پارامترهایی هستند که فاکتورهایی را به ترتیب برای نیتروژن موجود، فسفر موجود، پتاسیم موجود و محتوای مواد آلی بیان می کنند. شاخص کیفیت شیمیایی با استفاده از معادله زیرمحاسبه شد.

$$CQI = (S_S \times S_{E \times} S_{C \times} S_H)^{\frac{1}{4}} \quad (۳)$$

که در آن SS، SE، SC و SH پارامترهایی هستند که عواملی را برای شوری خاک، درصد سدیم قابل تبادل، محتوای CaCO3 و pH خاک بیان می کنند. شاخص کیفیت فیزیکی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$PQI = (S_R \times S_{T \times} S_{D \times} S_{F \times} S_{Y \times} S_{P \times} S_{G \times} S_W)^{\frac{1}{8}} \quad (۴)$$

که در آن SR، ST، SD، SF، SY، SP، SG و SW پارامترهای به ترتیب: زهکشی، بافت، عمق خاک، شیب خاک، سنگریزه سطحی، عمق لایه غیر قابل نفوذ، هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب در خاک هستند. برای محاسبه شاخص اراضی (I) معادله از روش استوری استفاده می شود.

$$I = A \times B/100 \times C/100 \times D/100 \times \dots \quad (۵)$$

که در آن I شاخص تناسب، A نمره مربوط به پارامتر بافت سطحی و B، C، D مقادیر نمره دهی برای سایر پارامترها هستند. امتیازی از ۰ تا ۱۰۰ درصد برای هر عامل تعیین می‌شود و امتیازها برای ایجاد رتبه‌بندی شاخص با هم ضرب می‌شوند (Storie, 1978). برای محاسبه تناسب خاک با استفاده از روش ریشه دوم از فرمول ۶ استفاده می‌شود.

$$I = Rmin \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots} \quad (۶)$$

که در آن I شاخص ریشه دوم، Rmin پارامتری است که حداقل نمره را به خود اختصاص داده است ، و A، B، C، ... مقادیر مقادیر نمره دهی برای پارامترهای دیگر است (Khiddir, 1986). برای مقایسه روش مورد استفاده با روش استوری و ریشه دوم از ضریب کاپا کوهن (۱۹۶۰) استفاده شد. ضریب کاپا با استفاده از معادله ۷ محاسبه شد.

$$K = \frac{P(A) + P(E)}{1 - P(E)} \quad (۷)$$

که در آن K ضریب کاپا است، P(A) قرارداد نسبی مشاهده شده بین ارزیابها و و P(E) احتمال فرضی قرارداد شانس است. مقدار کاپا ۰ نشان می دهد که توافق ضعیفی بین روش ها وجود دارد و مقدار ۱ نشان دهنده توافق تقریباً کامل است.

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به شاخص کیفیت حاصلخیزی خاک در (جدول ۳) اطلاعات مربوط به شاخص کیفیت شیمیایی در (جدول ۴) نتایج مربوط به شاخص کیفیت فیزیکی خاک (جدول ۵) و نتایج مدل پیشنهادی در (جدول ۶) آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که ۴۴/۶۰ درصد اراضی در طبقه با تناسب بالا (S1) ۵۳/۰۱ درصد از کل مساحت اراضی با تناسب متوسط (S2) و ۰ درصد از مساحت کل در کلاس بی کیفیت (S3) قرار دارند. ۲/۳۷ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس نامناسب (N) برای گیاه جو بودند. درشکل ۲ کلاس‌های کیفیت و تناسب اراضی نمایش داده شده است.

جدول ۲. شاخص حاصلخیزی خاک در منطقه مورد مطالعه

Soil fertility index	Class	Score	area (hectares)	Percentage
High Quality	S1	> 90	223.6605781	18.82811718
medium quality	S2	70-90	936.0734544	78.80021075
low quality	S3	50-70	0	0
Unsuitable	N	<50	28.17326517	2.371672034

جدول ۳. شاخص شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

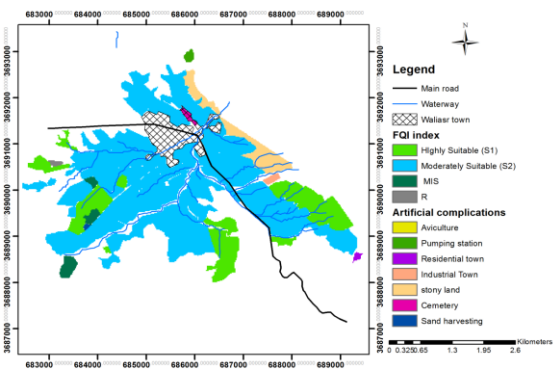
Soil chemical index	Class	Score	area (hectares)	Percentage
High Quality	S1	> 90	33.75763809	2.841773777
medium quality	S2	70-90	810.6468013	68.24158776
low quality	S3	50-70	315.3295931	26.54496640
Unsuitable	N	<50	28.17326517	2.371672034

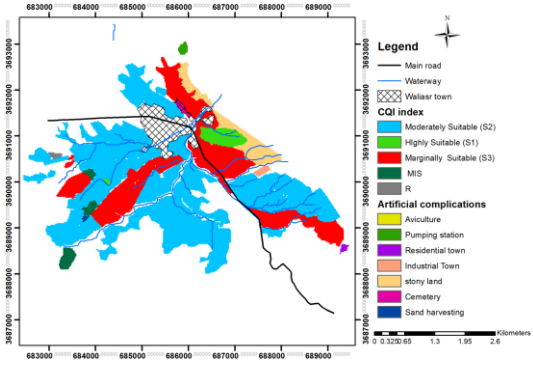
جدول ۴. شاخص فیزیکی خاک در منطقه مورد مطالعه

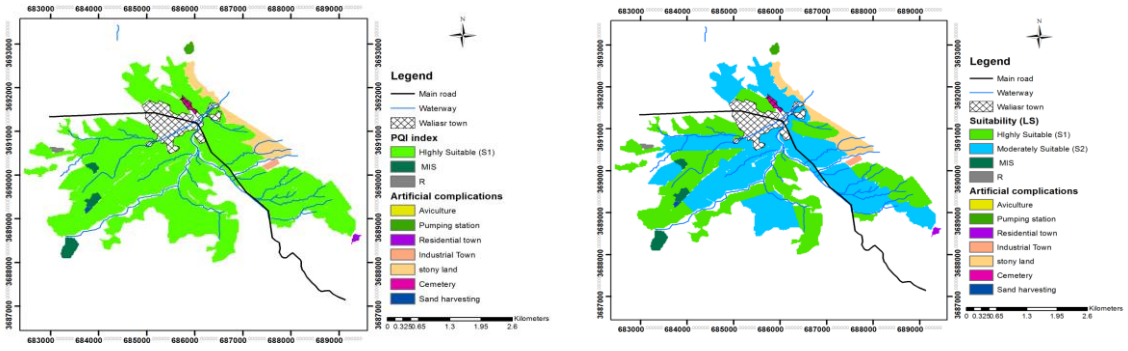
Soil physical index	Class	Score	area (hectares)	Percentage
High Quality	S1	>75	1159.734032	97.62832794
medium quality	S2	50-75	0	0
low quality	S3	25-50	0	0
Unsuitable	N	<25	28.17326517	2.371672034

جدول ۵. تناسب اراضی در منطقه مورد مطالعه(LS)

Suitability of lands	Class	Score	area (hectares)	Percentage
High Suitable	S1	80-100	529.9247205	44.60993895
Moderate Suitable	S2	60-80	629.809312	53.01838898
Marginally Suitable	S3	40-60	0	0
Unsuitable	N	<40	28.17326517	2.371672034







شکل ۲- (FQI) کلاس های کیفیت حاصلخیزی (CQI) کلاس های کیفیت شیمیایی (PQI) کلاس های کیفیت فیزیکی (LS) نقشه تناسب منطقه مورد مطالعه.

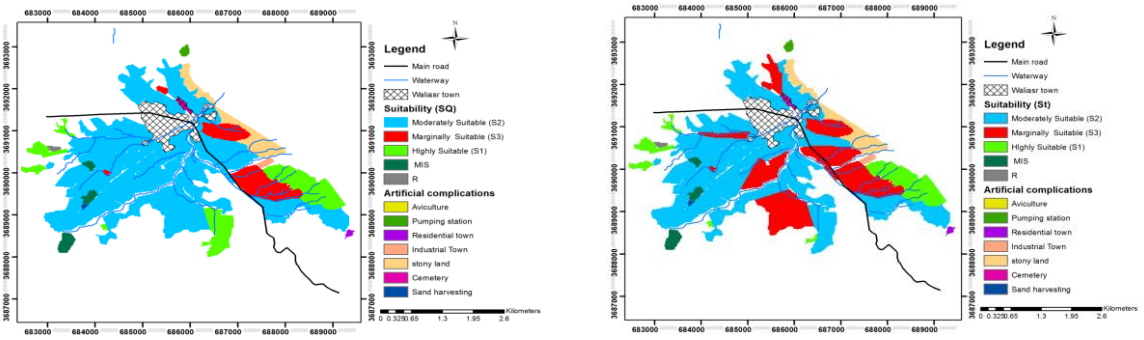
نتایج حاصل از روش ارزیابی ریشه دوم نشان داد که ۱۳/۹۹ درصد از اراضی با تناسب بالا (S1)، ۷۴/۷۵ درصد از اراضی با تناسب متوسط (S2)، ۸/۸۸ درصد از اراضی با تناسب کم (S3) و ۲/۳۷ درصد از اراضی نامناسب (N) است (جدول ۶). نتایج حاصل از روش ارزیابی استوری نشان داد که ۱۰/۰۸ درصد از اراضی با تناسب بالا (S1)، ۶۱/۹۶ درصد از اراضی با تناسب متوسط (S2)، ۲۵/۵۷ درصد از اراضی با تناسب کم (S3) و ۲/۳۷ درصد از اراضی نامناسب (N) است (جدول ۷). همچنین نقشه های تناسب حاصل از این دو مدل در شکل ۳ نمایش داده شده.

جدول ۶. تناسب اراضی به روش ریشه دوم در منطقه مورد مطالعه

Suitability of lands by square root method	Class	Score	area (hectares)	Percentage
High Suitable	S1	75-100	166.2066555	13.991551
Moderate Suitable	S2	50-75	888.0370512	74.75642693
Marginally Suitable	S3	25-50	105.4903258	8.880050005
Unsuitable	N	<25	28.17326517	2.371672034

جدول ۷. تناسب اراضی به روش استوری در منطقه مورد مطالعه

Suitability of lands by story method	Class	Score	area (hectares)	Percentage
High Suitable	S1	75-100	119.8404191	10.08836458
Moderate Suitable	S2	50-75	736.040611	61.96111534
Marginally Suitable	S3	25-50	303.8530024	25.57884802
Unsuitable	N	<25	28.17326517	2.371672034



شکل ۳. نقشه تناسب منطقه مورد مطالعه با روش استوری و ریشه دوم

نتیجه گیری

محاسبه شاخص‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با روش‌های معمول‌تر استوری و ریشه دوم ، امکان بررسی و پایش اراضی را با استفاده از روش‌های جدیدتر را فراهم می‌کند و می‌توان صحت عملکرد شاخص‌ها را مورد بررسی قرار داد. در

روش‌های ریشه دوم و استوری مقدار هر پارامتر طبق منابع و مطالعات انجام شده و طبق نیاز گیاه جو طبقه‌بندی شده و به هر پارامتر درجه‌ای خاص تعلق می‌گیرد با توجه به این درجه بندی‌ها و مقایسه با مقادیر برآورد شده از آزمایش‌های داده‌های زمینی می‌توان تشخیص داد کدام قسمت از اراضی مناسب‌تر و کدام قسمت نامناسب است. بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و تلفیق با داده‌های مشاهداتی زمینی برای ارزیابی اراضی بسیار مفید است. استفاده از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی که مبتنی بر استفاده از داده های ماهواره‌ای هستند نیز مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت این شاخص‌ها تلفیق شده و روش (LS) حاصل شد و کارایی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. از ضریب کاپا برای مقایسه نتایج مدل پیشنهادی و هر دو روش ریشه دوم و استوری برای ارزیابی میزان تطابق بین مدل پیشنهادی و روش‌های پارامتری استفاده شد. ضریب کاپا بین مدل پیشنهادی و روش ریشه دوم ۰/۲۴۳ است. این مقدار نشان‌دهنده تطابق کم دو روش است، ضریب کاپا بین مدل پیشنهادی و روش Story برابر ۰/۱۴۴ محاسبه شده است که نشان‌دهنده تطابق کم بین دو روش برای تناسب اراضی در منطقه مورد مطالعه است. مقایسه نتایج نشان داد که مدل استوری تطابق متوسطی با روش ریشه دوم دارد (حدود ۰/۶۱۷). نتایج نشان داد که اکثر واحدها در کلاس مناسب متوسط (S2) برای تولید جو قرار دارند. نقشه های خاک برای تناسب کشاورزی طراحی شده در این تحقیق می تواند در تصمیم گیری های مدیریتی مفید باشد. مطالعات آینده باید بر استفاده از ابزارهای پیش بینی جدید در پیش بینی تمرکز کنند.

References

Akbari M, Tahmoures M, Azma A, Kiyanfar R, and Tat shahdost F. (2022). Land capability assessment by combining LESA and GIS in a calcareous watershed, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 404.

FAO, (1976). A Framework for Land Evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Soils Bulletin No.32. FAO, Rome.

Gee, G.N. and Bauder, J.W. (1986). Particle Size Distribution. In: Klute, A., Ed., Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Society of America/Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 383-411.

Hengl T., Rossiter D.G., and Stein A. (2003). Soil sampling strategies for spatial prediction by correlation with auxiliary maps. Geoderma, 120:75–93.

Jackson, M. L. (1973). Soil Chemical Analysis. Constable and Co. Ltd. Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi.

Khodabandeh., N. (2010). Cereals. Tehran University Press, Tehran, Iran. 538 p. (In Persian).

Khiddir, S.M. (1986). A Statistical Approach in the Use of Parametric Systems Applied toFAO Framework for Land Evaluation (Dissertation) State University of Ghent, Belgium.

Klute, A., Dirksen, C. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, second ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 687–734.

Lavkulich, LM . (1981). Methods Manual, Pedology Laboratory. Department of Soil Science, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.

Marzaioli R, D'Ascoli R, De-Pascale RA, Rutigliano FA. (2010). Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. Applied Soil Ecology. 2010; 44:205–2۱۲.

Nelson D.W., Sommers L.E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R., editors. Methods of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiological Properties. second ed. ASA-SSSA; Madison: 579–۵۹۵.

Nelson, R.E. (1982). Carbonate and gypsum. In: A.L. Page (Editor), Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy. Monograph, vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 181-۱۹۷.

Rhodes J.D. (1982). Cation exchange capacity. In: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R., editors. Methods of

Shewry, P. R., Hey, S. J. 2015. The Contribution of Wheat to Human Diet and Health. Food Energy Secur., ۴(۳): ۱۷۸–۲۰۲. □□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□. ۲۰۲۰.□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□-Crops.https://www.maj.ir/

Storie, R. (1978). Storie Index Rating. University of California Division of AgriculturalSciences Special Publication 3203, Oakland.

Sys, C., E. Van Ranst, J. Debaveye and F. Beernaert. (1993). Land Evaluation. Part III. Crop Requirements. AgrPublication No. 7. ITC Ghent.

Evaluation of land suitability for barley cultivation using geographic information systems, soil quality indicators, storied and square root methods

Foziyeh Kohani[1], Hamid Reza Matinfar[2*], Mahmood Rostaminia[3]

۱. Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.

۲. Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran. *Email: Matinfar.h@lu.ac.ir

۳. Department of Soil Science, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

Abstract

This study was conducted with the aim of evaluating land suitability for barley crop, using a spatial model integrated in Geographical Information System (GIS). Climatic parameters and a number of soil parameters were identified as factors influencing the suitability of land for barley crops in the study area. Three indices of chemical, physical and soil fertility quality were used in preparing the proposed model (LS) and the results of the model were compared with square root and story methods. The results of the model showed that most of the units are placed in class (S2) and then in class (S1), which make up 97.68% of the total area and about 2.37% of the area is unsuitable for barley cultivation. Is. Comparing the results of three approaches showed that the present model has a low level of agreement with the square root method with a value of (0.243) and with the story method with a value of (0.144). The story model has a moderate agreement with the square root method (0.617). In the current model, the use of different indicators makes it possible to achieve results that seem to be more compatible with the current conditions of the region.

Keywords: Suitability of lands, index, story, square root

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تشخیص اختلالات تغذیه‌ای کلزا با روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

سید حسین محمودی نژاد دزفولی[1*]، فریدون نور قلی پور[2]، روح اله رضائی ارشد[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران* Shmn178@yahoo.com

۲- استادیار بخش تحقیقات حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

چکیده

روش‌های تشخیص چندگانه عناصرغذایی (CND) از جمله روش‌های تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و بهینه کردن مصرف کود است. این پژوهش در ۳۰ مزرعه کلزا به مدت یک سال زراعی در شمال استان خوزستان انجام و نمونه‌های خاک، برگ و آب تهیه شدند. در این مزارع، عملکرد دانه نیز در زمان برداشت محصول اندازه‌گیری شد. جامعه عملکردی از طریق کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای با در نظر گرفتن عملکرد حد واسط به مقدار ۲۸۸۲ کیلوگرم در هکتار به دو گروه عملکرد پایین و بالا تقسیم شدند. سپس براساس روش سامانه CND نرم‌های استاندارد برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی، منگنز و باقیمانده عناصر (Rd) به ترتیب ۰/۱۴± ۳/۲۷، ۰/۱۷± ۰/۸۳، ۰/۲± ۲/۷۳، ۰/۱۳± ۱/۸۹ ، ۰/۵۳± ۴/۲۳-، ۰/۳± ۳/۴۵-، ۰/۲۶± ۳/۴۶ - و ۰/۱۴± ۳/۲۷ تعیین گردید. نتایج روش سامانه CND نشان داد بیشترین عامل محدودیت در تولید عملکرد در بین عناصر پر مصرف، پتاسیم و در بین عناصر کم مصرف، منگنز بود.

واژگان کلیدی: CND، تجزیه برگ، تعادل عناصر غذایی

مقدمه

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۸ میزان تولید کلزا در جهان تقریباً ۷۵/۶ میلیون تن بود که بعد از دانه سویا در رده دوم گیاهان زراعی دانه روغنی قرار داشت (Anonymous, 2018). در تأمین روغن جهانی، گیاه پالم و هسته پالم ۳۸٪ ، سویا ۲۹٪، کلزا ٪ ۱۵، آفتابگردان ٪۱۰، بادام‌زمینی ٪۳، پنبه‌دانه و روغن نارگیل ۲٪ و زیتون ٪۱ سهم داشتند (Anonymous, 2018). بر اساس آمار منتشر شده، کشور کانادا با تولید ۲۱/۱ میلیون تن دانه کلزا، اولین کشور تولید کننده این محصول در جهان است. کشورهای چین و هند نیز با تولید ۱۲/۸ و ۸

[1] CND: Compositional nutrient diagnosis

میلیون تن به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند (Anonymous, 2019). سطح زیر کشت محصول کلزا در سال زراعی ۹۹ - ۱۳۹۸ در استان خوزستان تقریباً ۴۴۵۷۹ هکتار و میزان تولید آن ۶۷۳۲۰ تن بود (بی نام، ۱۳۹۹). از نظر میزان تولید و مساحت کشت کلزا در کشور، استان خوزستان مقام دوم و استان‌های مازندران، فارس، اردبیل، کرمانشاه، ایلام، قزوین و آذربایجان‌شرقی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند (Anonymous, 2019). روش‌های مختلف تفسیر نتایج تجزیه عناصر تغذیه‌ای گیاهان در محصولات زراعی توسط محققین مختلف مورد توجه قرار گرفته است. گیکلوی و همکاران (۱۳۹۷) عدم تعادل عناصر غذایی گیاه گندم را با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی در منطقه مغان بررسی و نرم‌های عناصر غذایی را با احتساب عملکرد ۴/۲ تن در هکتار برای N، P، K، Ca، Mg، Fe، Cu، Zn، Mn و B محاسبه کردند. Khiari و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از روش CND توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم‌های استاندارد CND را برای عناصر غذایی N، P، K، Ca و Mg جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای ذرت در مرحله رشد V4 تا V8 تعیین و ارتباط بسیار خوبی را (R^2=۰/۹۶) بین شاخص تعادل عناصر غذایی روش دریس با شاخص تعادل عناصر غذایی به روش CND برای مرحله رشدی مذکور گزارش کردند.

در استان خوزستان با توجه به اهمیت و جایگاه محصول کلزا در منطقه از نظر سطح زیر کشت و لزوم مدیریت تغذیه‌ای مناسب جهت دستیابی به عملکرد مطلوب و اقتصادی از یک طرف و عدم وجود اعداد مرجع روش CND جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کلزا در منطقه از طرف دیگر، ضرورت اجرای این پژوهش مشخص می‌گردد. لذا، هدف از این بررسی، برآورد اعداد مرجع و مطالعه وضعیت عناصر غذایی در مزارع کلزای شمال استان خوزستان با استفاده از تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) بود تا بتوان سیاست مصرف بهینه کود را در سطح منطقه با دقت بیشتری اعمال و در سطوح کلان تحقق بخشید و ضمن حفظ حاصلخیزی خاک، سبب حصول عملکرد، با کمیت و کیفیت بیشتر شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزارع کلزای شمال استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی انجام شد. جهت اجرای این آزمایش ۵۷ مزرعه در سطح استان انتخاب که پس از بررسی و با توجه به میزان عملکرد (شامل مزارع با عملکرد زیاد و کم) همچنین وجود دامنه متفاوت از خصوصیات خاک (با استفاده از مطالعات خاک) تعداد ۳۰ مزرعه انتخاب نهایی شد. در اوایل پاییز از هر مزرعه نمونه مرکب خاک برداشت و اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز و بافت خاک از آن‌ها مطابق با روش‌های موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۵). در مرحله خروج از رزت (انتهای مرحله دو رشد فنولوژیکی) (Grant and Bailey, ۱۹۹۰) نمونه‌برداری برگ بدین نحو انجام گردید که از ۲۰ نقطه واقع در یک هکتار ۲۰ برگ انتخاب و جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی به آزمایشگاه ارسال شدند (Bleiholder et al., 2001). نیتروژن کل به روش میکروکلدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی توسط اسپکتروفتومتر با طول موج ۸۸۰ نانومتر و پتاسیم به وسیله فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (احیایی و بهبهانی، ۱۳۷۵). عناصر روی، منگنز، آهن و مس توسط محلول DTPA استخراج و توسط دستگاه

جذب اتمی مدل Perken elemer 3110 قرائت شد (احیایی و بهبهانی، ۱۳۷۵). در هر مزرعه هنگام برداشت، عملکرد یادداشت‌برداری شد. اطلاعات حاصل از مناطق وارد مدل تشخیص چندگانه عناصر غذایی شد و وضعیت تغذیه‌ای مزارع کلزای منطقه با استفاده از نتایج خاک و گیاه، مورد تحلیل قرار گرفت و محدودیت‌های عملکرد از لحاظ عناصر غذایی شناسایی شد.

نتایج و بحث

برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه عملکرد کم و زیاد از ارتباط بین عملکرد و مقادیر تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی استفاده شد. بر این اساس عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه از مزارع با عملکرد کم و زیاد (۲/۸۲ تن در هکتار) ملاک قرار گرفت. در نتیجه از مجموع ۳۰ مزرعه تعداد ۱۹ مزرعه معادل ۶۳/۳ درصد در گروه عملکرد زیاد و ۱۱ مزرعه معادل ۳۶/۶ درصد در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) :

با توجه به اینکه میانگین غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (مستشاری و گل محمدی، ۱۳۸۹)، با در نظر گرفتن عملکرد حد ۲/۸۲ تن در هکتار مقدار V^*_N، V^*_P، V^*_K، V^*_{Mn}، V^*_{Zn}، V^*_{Fe}، V^*_{Cu}، V^*_{Rd} منعکس شده در جدول ۲، به عنوان اعداد مرجع CND برآورد شد. بر این اساس غلظت‌های بهینه این عناصر نیز بدست آمد.

جدول ۲- اعداد مرجع مطلوب عناصر غذایی مربوط به میانگین عملکردهای مطلوب و اعداد مرجع تشخیص چند گانه مزارع مورد مطالعه (خوزستان، ۹۸-۱۳۹۷)

عناصر غذایی	غلظت مطلوب عناصر غذایی(٪)	انحراف معیار	اعداد مرجع CND	انحراف معیار	میانگین
نیتروژن	۵/۲۴	۰/۴۶	V^*_N	۰/۱۴	۳/۲۷
فسفر	۰/۴۷	۰/۰۷	V^*_P	۰/۱۷	۰/۸۳
پتاسیم	۲/۹۷	۰/۴۲	V^*_K	۰/۲۰	۲/۷۳
آهن	۰/۰۳۳۸	۰/۰۰۶	V^*_{Fe}	۰/۱۳	-۱/۸۹
مس	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱	V^*_{Cu}	۰/۵۳	-۴/۲۳
روی	۰/۰۰۷۰	۰/۰۰۲	V^*_{Zn}	۰/۳۰	-۳/۴۵
منگنز	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۱	V^*_{Mn}	۰/۲۶	-۳/۴۶

بر مبنای نتایج حاصله، عملکرد مطلوب کلزا در منطقه مورد مطالعه از مقدار ۲۸۸۲ کیلوگرم در هکتار به بالا بدست آمد. غلظت‌های مطلوب عناصر غذایی برای این عملکرد بر اساس میانگین غلظت عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در مزارع بیشتر و کمتر از عملکرد فوق‌الذکر، برای نیتروژن ۰/۴۶± ۵/۲۴ درصد، فسفر۰/۰۷± ۰/۴۷ درصد، پتاسیم۰/۴۲± ۲/۹۷ درصد، آهن ۶۵/۹±۳۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس ۱۷/۵±۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی ۲۱/۹±۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، منگنز ۱۰/۴±۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

ارزیابی وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا به روش CND برای منطقه شمال خوزستان

برای تعیین محدوده بحرانی شاخص عناصر غذایی به روش CND برای کلزا، مربع شاخص‌های بحرانی ($I^{۲}_{x}$) به ترتیب ۰/۶۹ برای I^2_N ، ۰/۸۳ برای I^2_P، ۰/۹۰ برای I^2_K، ۶۴/ ۱برای I^2_{Fe}، ۰/۷۸ برای I^2_{Cu}، ۰/۷۲ برای I^2_{Zn}، ۰/۷۹ برای I^2_{Mn} و ۰/۸۹ برای I^2_R بدست آمد (جدول ۳). سپس با استفاده از این شاخص‌ها وضعیت تغذیه عناصرغذایی کلزا با انتخاب شش مزرعه تصادفی با پوشش عملکردهای بالا و پایین انجام شد (جدول ۴). در این جدول وضعیت تغذیه عناصر غذایی به سه وضع نامتعادلی کمبود، نامتعادلی بیش‌بود و متعادل کافی تشریح شده است. بررسی نتایج این شش مزرعه نشان داد میزان نامتعادلی به ترتیب برای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی، و منگنز به ترتیب ۶۷٪، ۶۷٪، ۸۳٪، ۵۰٪،۵۰٪، ۳۳٪ و ۶۷٪ است که کمترین نامتعادلی مربوط به عنصر روی و بیشترین نامتعادلی مربوط به عنصر پتاسیم است. همچنین بررسی نتایج نشان داد بیشترین وضعیت تعادلی عناصر در گروه عملکرد بالا و بیشترین وضعیت نامتعادلی در گروه مزارع با عملکرد پایین (۲/۲۵ تن در هکتار) بود که این نتایج با فلسفه روش CND که غلظت عناصر غذایی گروه‌های عملکرد بالا متعادل‌ترین غلظت هستند، تطابق داشت (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰). جدول ۴ نشان می دهد در گروه عملکرد ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و بالاتر، ۶۲ درصد مورد متعادل کافی عناصر غذایی مشهود است در حالی‌که درگروه عملکرد کمتر از ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار یعنی ۲۷۰۰، ۲۰۰۰ و ۱۸۰۰ کیلوگرم در هکتار، فقط ۱۹ درصد مورد متعادل کافی عناصرغذایی مشاهده گردید.

جدول ۳- مقدار شاخص عناصر غذایی و محدوده بحرانی آن برای ۷ عنصر غذایی کلزا منطقه شمال خوزستان

مربع شاخص CND	عملکرد بحرانی ($Kg\ ha^{-1}$)	I^2_X بحرانی	حد پایین بحرانی	حد بالای بحرانی
I^2_N	۲۴۱۳	۰/۶۹	-۰/۸۳	۰/۸۳
I^2_P	۲۰۸۳	۰/۸۳	-۰/۹۱	۰/۹۱
I^2_K	۲۶۶۶	۰/۹۰	-۰/۹۵	۰/۹۵
I^2_{Fe}	۴۰۰۷	۱/۶۴	-۱/۲۸	۱/۲۸
I^2_{Cu}	۳۳۳۳	۰/۷۸	-۰/۸۸	۰/۸۸
I^2_{Zn}	۴۱۲۶	۰/۷۲	-۰/۸۵	۰/۸۵

I^2_{Mn}	۲۱۰۰	۰/۷۹	-۰/۸۹	۰/۸۹
I^2_R	۲۳۶۱	۰/۸۹	-۰/۹۳	۰/۹۳

جدول ۴ - ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای تعدادی از مزارع کلزا در منطقه شمال خوزستان با استفاده از روش CND

عملکرد($Kg\ ha^{-1}$)	N	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn
۴۱۶۸	نامتعادل.بیش‌بود	متعادل.کافی	نامتعادل. بیش‌بود	متعادل.کافی	نامتعادل.کمبود	نامتعادل.کمبود	متعادل.کافی
۳۹۰۸	متعادل.کافی	متعادل.کافی	نامتعادل.کمبود	متعادل.کافی	متعادل.کافی	نامتعادل. بیش‌بود	متعادل.کافی
۳۰۰۰	متعادل.کافی	نامتعادل.کمبود	متعادل.کافی	متعادل.کافی	متعادل.کافی	متعادل.کافی	نامتعادل. بیش‌بود
۲۷۰۰	نامتعادل.کمبود	نامتعادل.کمبود	نامتعادل. بیش‌بود	نامتعادل.کمبود	متعادل.کافی	متعادل.کافی	نامتعادل. بیش‌بود
۲۰۰۰	نامتعادل. بیش‌بود	نامتعادل.کمبود	نامتعادل. بیش‌بود	نامتعادل.کمبود	نامتعادل.کمبود	متعادل.کافی	نامتعادل. بیش‌بود
۱۸۰۰	نامتعادل.کمبود	نامتعادل.کمبود	نامتعادل. بیش‌بود	نامتعادل.کمبود	نامتعادل.کمبود	متعادل.کافی	نامتعادل. بیش‌بود
درصد مزارع نامتعادل	۶۷٪	۶۷٪	۸۳٪	۵۰٪	۵۰٪	۳۳٪	۶۷٪

نتیجه‌گیری

پژوهش اخیر نشان داد که در توصیه‌های کودی تنها استناد به ویژگی‌های خاک کافی نبوده و آزمون برگ حائز اهمیت است. وضعیت عناصر مزارع کلزا در شمال استان خوزستان بیانگر نبود مدیریت صحیح و کوددهی نامتعادل در این مزارع است که با استفاده از روش‌های افزایش کارایی مصرف کودها می‌توان رشد و عملکرد کلزا را در منطقه بهبود بخشید.

فهرست منابع

احیایی، ع.، بهبهانی زاده، ا. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه ۸۹۳. وزارت جهاد کشاورزی. موسسه خاک و آب. تهران. ایران.

دریا شناس، ع.، ثقفی، ک. (۱۳۹۰). تشخیص چندگانه عناصر غذایی برای چغندرقند (CND). مجله پژوهش‌های خاک. جلد ۲۵. شماره ۱. صفحه ۱۲-۱.

گیکلوی، ا.، ریحانی تبار، ا.، نجفی، ن. (۱۳۹۷). تعیین و اعتبارسنجی نرم‌های تشخیص عناصر غذایی برای گندم در منطقه مغان. نشریه پژوهش‌های خاک. جلد ۳۲. شماره ۳. صفحه ۳۳۰-۳۱۹.

مستشاری، م.، گل‌محمدی، م. (۱۳۸۹). شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و تعیین حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در درختان زیتون استان قزوین. گزارش پژوهشی موسسه خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. صفحه ۸۷-۱.

Anonymous. (2018). Oil crops, market summaries (FAO). Available at http:// www. fao. org/ fileadmin/ templates/ est/ Comm_ markets_ Monitoring/ Oilcrops/ Documents/ Food_ outlook_ oilseeds/ FO_ Oilcrops. pdf.

Anonymous. (2019). Oilseeds, world markets and trade (USDA). Available at https:// apps. fas. usda. gov/ psd on line/ circulars/ oilseeds. pdf.

Bleiholder, H., Weber, E., Lancashire, P., Feller, C., Buhr, L., Hess, M., Klose, R. (2001). Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.

Grant, C. A., Bailey, L. D. (1990). Fertility management in canola production. In: Proceed. International Canola Conference, April 1990, Atlanta, GA, USA. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, GA, 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.

Diagnosis of Nutritional Disorders of Canola by Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Method

Seyed Hosein Mahmoodi Nezhad Dezfully[1], Fereydon Nur Qolipour[2],Ruhollah Rezaei Arshad[3]

[1]Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran, Shmn178@yahoo.com

[2]Assistant Professor of Soil Fertility and Plant Nutrition Research Department, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran

[3] Expert in Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran

Abstract

Compositional Nutrient Diagnosis (CND) is one of the methods for diagnosing nutritional disorders and optimizing fertilizer use. This research was carried out across in 30 Canola (Brassica Napus) fields in the north of Khuzestan province during a cropping season and soil, leaf and water samples were collected. In these fields, grain yield was also measured at harvest time. Yield community were divided into low and high yield groups using the cumulative function of nutrient variance ratio and K-square distribution function considering the intermediate yield of 2882 kg ha^{-1}. Then, according to the CND system method, the standard norms for the nutrients of nitrogen, phosphorus, potassium, iron, copper, zinc, manganese and residual elements (Rd) were determined as 3.27± 0.14, 0.83± 0.17, 2.73± 0.2, -1.89± 0.13, -4.23± 0.53, -3.45± 0.3, -3.46± 0.26, and 3.27± 0.14, respectively. The results of CND system method showed that the most limiting factors in yield were potassium (among macro elements) and manganese (among micro elements).

Keywords: CND, plant analysis, nutritional balance

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

سنگ فسفات، یک جایگزین بالقوه برای تامین فسفر مورد نیاز گیاهان

بهمن خوشرو[۱]، علیرضا فلاح نصرت آباد[۲]، خدیجه اربابی[۳]، ندا علیزاده[۳]

۱- محقق پسادکترا، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛
آدرس پست الکترونیکی: bahmankhoshru@yahoo.com

۲- استاد موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- کارشناس آزمایشگاه تحقیقات بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور.

چکیده

فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین ماده مغذی مورد نیاز گیاه است. با این‌حال با توجه به آهکی بودن، قرارگیری در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، وجود pH بالا، درصد زیاد کربنات کلسیم، کمبود مواد آلی بسیاری از خاک‌ها باعث شده که مقدار قابل جذب فسفر کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد بهینه اکثر محصولات کشاورزی باشد. از راه‌های عمده جبران کمبود این ماده مغذی، کاربرد کودهای شیمیایی فسفاته است که در خاک‌های آهکی و قلیایی چندان مؤثر و کارآمد نیست. ازاین‌رو سیستم‌های کشاورزی نیازمند رویکردهای نوین هستند. در این میان، کاربرد مستقیم سنگ فسفات از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های تأمین فسفر گیاه محسوب می‌شود ولی در خاک‌های آهکی به علت حلالیت ناچیز آن، نتایج چندان ثمربخش نیست. راهکارهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی برای افزایش حلالیت سنگ فسفات در کاربردهای زراعی گزارش شده است. مصرف سنگ فسفات همراه با باکتری‌های حل‌کننده‌های فسفات یکی از راهکارهای دوستدار محیط زیست بوده که نتایج نویدبخش کاربرد زراعی آن در تحقیقات مختلف نشان داده شده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این بررسی سعی شده است به کاربرد سنگ فسفات به عنوان یک منبع ارزان و قابل دسترس به همراه باکتری‌های حل‌کننده فسفات برای تامین فسفر مورد نیاز گیاهان پرداخته شود.

واژگان کلیدی: فسفر، حل‌کننده فسفات، pH، کود شیمیایی، اثرات زیست محیطی.

مقدمه

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصرین ضروری (بعد از نیتروژن) برای گیاه است (Azziz et al., ۲۰۱۲). فسفر از غیر متحرک‌ترین عناصر موجود در خاک است و با وجود درصد بسیار بالای فسفر کل در برخی خاک‌ها، مقدار قابل جذب آن در محلول خاک بسیار کم است (کمتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم). فسفر حساس‌ترین عنصر غذایی نسبت به pH خاک است و مناسب‌ترین pH برای جذب فسفات توسط گیاهان ۶/۵ تا ۷ است (Alori et al. 2017). به طور معمول کودهای شیمیایی فسفره (مانند سوپر فسفات‌ها) برای رفع کمبود فسفر به خاک استفاده می‌شوند. این کودها به‌سرعت با ترکیبات خاک واکنش داده و درنتیجه این واکنش‌ها ترکیبات فسفر کم محلول تشکیل می‌شوند (Lambers and Plaxton, 2018). از سوی دیگر، آبشویی کودهای فسفره می‌تواند مشکلات محیط زیستی متعددی چون پرغذایی منابع آبی[۱](Holman et al., 2010) و آلودگی فلزات سنگین در خاک (Heredia and Cirelli, 2007) ایجاد کند. واردات کودهای شیمیایی فسفره در کشورهای درحال‌توسعه بسیار شایع است. هزینه رو به افزایش تهیه این کودها، استفاده از آن را برای اغلب کشاورزان بسیار محدود کرده است (فلاح نصرت‌آباد و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به مشکلات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی فسفره، همچنین کاهش اتکا به واردات این کودها، نیاز به تامین

[۱] Eutrification

فسفر از یک منبع داخلی جایگزین هست که فراوان و قابل دسترس بوده و قابلیت تامین فسفر گیاهان را داشته باشد. سنگ فسفات[۱] یک منبع حاوی فسفات با چنین مشخصاتی می‌باشد ولی حلالیت فسفات آن کم می‌باشد. بر اساس اهمیت موضوع، در این بررسی سعی شده است به استفاده از پتانسیل میکروبی به ویژه باکتری‌ها برای محول‌سازی سنگ فسفات در کنار سایر روش‌های محلول‌سازی پرداخته شود.

فسفر در گیاه

فسفر در کلیه فرایندهای بیوشیمیایی و انتقال انرژی دخالت داشته و افزون بر این جزئی از پروتئین سلول بوده و به‌عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشاء یاخته‌ای و اسیدهای نوکلئیک در گیاه نقشی ویژه دارد (Nesme et al., ۲۰۱۸). دستیابی به مقدار کافی از فسفر برای گیاهان بسیار حیاتی است. کمبود فسفر در گیاهان جلوی رشد گیاهان را گرفته (کاهش توسعه سلول و برگ، کاهش تنفس و فتوسنتز) و اغلب برگ‌ها به رنگ سبز تیره (غلظت زیادتر کلروفیل) و قرمز متمایل به ارغوانی (افزایش تشکیل آنتوسیانین) در می‌آید (شکل ۱). وجود فسفر جهت انجام فرایندهای متابولیکی در بدن انسان و دام نیز بسیار ضروری و حیاتی بوده و این عنصر یکی از عناصر مؤثر در تأمین امنیت غذایی انسان است.

شکل ۱- علائم کمبود فسفر در ذرت، بنفش شدن برگ‌ها در اثر تشکیل رنگ‌دانه آنتوسیانین.

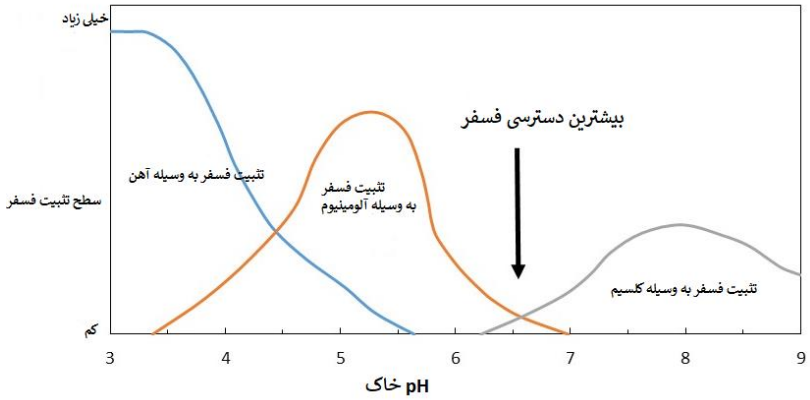
فسفر در خاک

فسفر در خاک به دو شکل معدنی و آلی یافت می‌شود. بخش آلی آن در هوموس و سایر مواد آلی و بخش معدنی آن در خاک‌های اسیدی در ترکیب با آهن و آلومینیوم در ساختار کانی‌های استرنگیت ($FePO_4.2H_2O$) و واریسیت[۲] ($AlPO_4.2H_2O$) (Haneklaus and Schnug, 2016) و در خاک‌های آهکی در ترکیب با کلسیم در ساختار کانی‌های تری‌کلسیم‌فسفات ($Ca_3(PO_4)_2$)، دی‌کلسیم‌فسفات ($CaHPO_4$)، دی‌کلسیم‌فسفات دی‌هیدرات ($CaHPO_4.2H_2O$)، فلوئورآپاتیت ($Ca_5(PO_4)_3F$)، هیدروکسی‌آپاتیت ($Ca_5(PO_4)_3OH$) و اکتاکلسیم‌فسفات ($Ca_4H(PO_4)_3.2.5H_2O$) تجمع می‌یابد (Alori et al., ۲۰۱۷). به منظور جبران کمبود فسفر، سالیانه مقادیر زیادی کودهای شیمیایی فسفره به‌ویژه سوپر فسفات‌ها به خاک اضافه می‌گردد. فسفر موجود در کودهای شیمیایی پس از ورود به خاک به‌تدریج به ترکیبات نامحلول تبدیل‌شده (از طریق جذب شدن، رسوب کردن و یا تبدیل به شکل آلی) و به‌صورت غیرقابل‌استفاده گیاه در خاک ذخیره می‌گردد. همچنین مقداری از فسفر موجود در این کودها تحت‌تأثیر فرایند رواناب و شستشو از خاک خارج می‌شوند؛ بنابراین بازده کودهای فسفره در خاک از ۲۰ درصد تجاوز نمی‌کند

[۱] Phosphate Rock

[۲] Varisite

(Lambers and Plaxton, 2018).



شکل ۱- قابلیت جذب فسفر در pHهای مختلف خاک.

با کاربرد کود شیمیایی فسفاته، بخش اعظمی از هزینه‌های کشاورزان به هدر می‌رود. با توجه به اینکه قیمت کودهای فسفاتی با گذشت زمان افزایش می‌یابد (در برخی سال‌ها به‌عنوان مثال در فاصله سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ حدود ۸۰۰ درصد افزایش یافت) (Cordell and White, 2011)؛ لذا لازم است از منابع ارزان قیمت داخلی استفاده گردد.

سنگ فسفات

سنگ فسفات اصلی‌ترین منبع تولید کودهای فسفره است و بیشتر از ۸۰ درصد فسفر مصرفی در کشاورزی از سنگ فسفات تهیه می‌شود (Biswas et al., 2022). سنگ فسفات به دو صورت خام و تغلیظ شده در کشور یافت می‌شود. از مهمترین معادن سنگ فسفات در کشور می‌توان به معدن آسفوردی یزد که از نوع سنگ فسفات آذرین با ذخایر حدود ۱۷/۵ میلیون تن با عیار ۱۳/۹ درصد P_2O_5 و معادن کهگیلویه و بویراحمد از نوع سنگ فسفات رسوبی با ذخایر قابل استخراج ۱۲۵ میلیون تن با عیار ۱۰/۵ درصد P_2O_5 اشاره کرد که البته فقط معدن آسفوردی یزد به بهره‌برداری رسیده است (قلیزاده، ۱۳۸۷). اگرچه عیار سنگ فسفات آذرین بالاتر از رسوبی می‌باشد ولی واکنش‌پذیری بسیار پایینی دارد (Walan et al., 2014). مقدار فسفر کل سنگ فسفات‌ها زیاد است ولی متاسفانه فسفر محلول در آن بسیار کم می‌باشد. مقدار فسفر محلول سنگ فسفات آسفوردی یزد ۱/۰۱ درصد است که بعد از تغلیظ‌سازی به حدود ۱/۱۳ درصد می‌رسد که هنوز برای مصرف در کشاورزی مناسب نیست (سماوات، ۱۳۹۲).

راهکار افزایش فسفر محلول سنگ فسفات

روش‌های متعددی از جمله روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی جهت افزایش واکنش‌پذیری سنگ فسفات و فسفر محلول آن وجود دارد که قابلیت استفادهٔ آن را افزایش می‌دهند (FAO, 2006). در روش فیزیکی، با اختلاط سنگ فسفات و کودهای فسفاته محلول یا با کاهش اندازه‌ی ذرات آن، در روش شیمیایی با اسیدی کردن کامل یا جزئی سنگ فسفات و در روش زیستی با استفاده از ریزجانداران مختلف، فسفر قابل دسترس سنگ فسفات قابل افزایش است.

در روش فیزیکی افزایش سطح تماس سنگ فسفات با خاک یا ریشه گیاه در اثر کاهش اندازه ذرات سنگ فسفات (با آسیاب کردن آن)، انحلال سنگ فسفات اتفاق می‌افتد (Chien and Menon, 1995). در روش شیمیایی عمدتاً از اسیدهای معدنی

(اسیدسولفوریک، اسیدفسفریک و اسیدسیتریک) و اسیدهای آلی (اگزالیک، سیتریک و فوماریک) استفاده می‌شود (Zapata, ۲۰۰۳). در روش زیستی از ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات مانند باکتری‌ها بهره گرفته می‌شود (Leone et al., 2008).

باکتری‌های حل‌کننده فسفات

ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات گروهی از میکروب‌های مفید هستند که قادرند ترکیبات نامحلول فسفر معدنی و آلی را به محلول تبدیل کنند. در میان این ریزجانداران، باکتری‌ها از مهمترین آنها هستند. جنس‌های باکتریایی *باسیلوس*، *سودوموناس* و *ریزوبیوم* قابل توجه و مهم هستند (Khoshru et al., 2020). استفاده از پتانسیل زیستی باکتری‌ها ار راهکارهای مقرون‌به‌صرفه و سازگاربا محیط زیست بوده که می‌توان آثار مثبت آن را در کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفاته و کاهش اثرات منفی این کودها روی خاک و محیط زیست مشاهده کرد.

مکانیسم‌های انحلال فسفات نامحلول

باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB) در طول استفاده از مواد آلی خاک به عنوان منابع کربن و انرژی، اسیدهای آلی را تولید می‌کنند. این اسیدهای آلی کاتیون‌ها (Al^{3+}، Fe^{3+} و Ca^{2+}) را کیلیت کرده و آنها را در مقابل فسفات، غیر فعال (خلع سلاح) می‌کنند (Sharma et al., 2013). پروتون (H^+) و اسیدهای آلی، pH خاک را کاهش می‌دهند و آنیون‌های اسید آلی، برای مکان‌های جذب روی خاک با فسفات رقابت می‌کنند. بنابراین تثبیت فسفر را کاهش داده و در قابلیت دسترسی آن را افزایش می‌دهند (Shrivastava et al., 2018). دی اکسید کربن (CO_2) تولید شده توسط تنفس میکروبی می‌تواند با H_2O واکنش داده و اسیدهای کربنیک تشکیل دهد (Khan et al., 2009). کربنات (CO_3^{2-}) و بی کربنات (HCO_3^-) تشکیل شده از اسیدهای کربنیک ممکن است در واکنش تبادل آنیون با فسفات و کاهش تثبیت آن شرکت کنند. تنفس PSB نیز ممکن است باعث کمبود O_2 در نواحی موضعی اطراف کلنی میکروب‌ها شده، که آهن فریک (Fe^{3+}) را به فرم آهن فرو (Fe^{2+}) کاهش داده و فسفات آهن ($FePO_4$) را به فسفات آهن $[Fe_3(PO_4)_2]$ تبدیل کند و در نتیجه انحلال فسفر را افزایش دهد (Ahemad et al., ۲۰۰۹). همچنین PSB می‌تواند سیدروفورهای کلات کننده آهن تولید کند و واکنش بین آهن و فسفر را کاهش دهد و فسفر را بیشتر در دسترس گیاهان قرار دهد (Pahari et al., 2017). تولید پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی (ESP[۲]) توسط PSB، و جداسازی فلزات (Fe، Al و Ca) توسط ESP ممکن است مکانیسم دیگر حل شدن فسفر نامحلول باشد (Taguett et al., ۲۰۱۵). همچنین PSB می‌تواند فسفر محلول خاک را جذب کند و غلظت فسفر را در مجاورت خود کاهش دهند و با ایجاد شیب غلظت به طور غیرمستقیم فسفر نامحلول را (برای حفظ غلظت تعادلی فسفر در محلول خاک) حل کنند (Zhang et l., 2021). همچنین این میکروب‌ها می‌تواند فسفر خاک را به شکل فسفر زیست توده میکروبی (MBP[۳]) آلی کنند، بنابراین تثبیت فسفر را توسط خاک کاهش دهند، MBP می‌تواند به مدت کوتاهی فسفر را غیر متحرک کند، پس از مرگ و تجزیه بعدی میکروب‌ها، MBP در دسترس گیاهان قرار خواهد گرفت (Khan et al., 2009). بنابراین PSB به طور مستقیم یا غیرمستقیم، فسفر را از خاک و سنگ فسفات محلول کرده و در عین حال از تثبیت فسفر محلول در خاک نیز جلوگیری می‌کند.

تاثیر سنگ فسفات و حل‌کننده‌های فسفات در تولید محصولات کشاورزی

[۱] Phosphate solubilizing bacteria

[۲] Extracellular polysaccharides

[۳] Microbial biomass P

موسوی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و سنگ فسفات موجب افزایش رشد، عملکرد و جذب فسفر توسط گیاه جو شد. Ben Zineb و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند استفاده تلفیقی از باکتری‌های حل‌کننده فسفر و سنگ فسفات موجب افزایش وزن خشک گیاه ذرت و فسفر گیاه گردید. نتایج آزمایش‌های گلخانه‌ای نشان داده است که وقتی بذرها و نشاهای گندم و پیاز با ریزجانداران حل‌کننده فسفات تلقیح شود پاسخ بهتری نسبت به کاربرد منفرد سنگ فسفات می‌دهد (Wang et al., 2022). Biswas و همکاران (۲۰۲۲) از سنگ فسفات های کم عیار (LGRP) به عنوان منبع فسفر جایگزین برای رشد گندم استفاده کردند. آنها از PSB برای تلقیح به LGRP در آزمایش های گلدانی استفاده کردند و کارایی آن با کود فسفاته شیمیایی مقایسه شد. نتایج آزمایش گلدانی نشان داد که PSB در عمل، فسفر را از LGRP و خاک حل کرد، همچنین با مکانیزم‌هایی مانند تولید اسیدهای آلی، سیدروفورها، آنزیم‌های فسفاتاز از تثبیت فسفر در خاک جلوگیری کرد. بنابراین، کاربرد LGRP تلقیح شده با PSB، عرضه ثابت فسفر قابل دسترس را برای گندم در طول مراحل رشد فراهم کرده و عرضه این عنصر را با تقاضای گیاه هماهنگ کرد. استفاده از LGRP تلقیح شده با PSB، مقدار جذب فسفر را تا ۱۸٪ افزایش و تثبیت آن را تا ۱۱٪ کاهش داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب این بررسی، مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی فسفره در کنار هزینه تهیه و واردات آنها به کشور، ضرورت استفاده از سایر منابع داخلی فسفر را برجسته کرده است. سنگ فسفات اصلی‌ترین منبع تولید کودهای فسفره است و به دلیل قیمت بسیار پایین، سازگاری با محیط‌زیست و کندرها بودن می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای فسفره باشد. بهره‌گیری از پتانسیل میکروبی به ویژه باکتری‌های حل‌کننده فسفات برای افزایش فسفر محلول سنگ فسفات یک راهکار همسو با کشاورزی پایدار بوده و می‌تواند به عنوان یک جایگزین بسیار مناسبی از لحاظ زراعی و اقتصادی جهت کاهش مصرف سوپر فسفات‌های گران‌قیمت در کشور و نقاط مختلف جهان باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی پسادکترا به شماره ۴۰۱۵۷۷۲ می‌باشد که توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همچنین وزارت جهاد کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی) تامین مالی و حمایت شده است.

فهرست منابع

موسوی، ر.، سپهر، ا.، صمدی، ع.، رسولی صدقیانی، م.، صادق‌زاده، ب. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تلقیح میکروبی بر فسفرکارایی ارقام مختلف جو در استفاده از سنگ فسفات. آب و خاک، ۲۹(۶)، ۱۴۸۱-۱۴۹۲.

سماوات، س. ۱۳۹۲. دستیابی به روش تولید کود آلی فسفره با استفاده از دو نوع سنگ فسفات داخلی و کود دامی. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات خاک و آب.

فلاح نصرت آباد، ع. ر.، بشارتی، ح.، نورقلیپور، ف و شهبازی، ک. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد خاک فسفات، باکتری‌های *تیوباسیلوس* و ریزجانداران حل‌کننده فسفات بر عملکرد کمی و کیفی ذرت. مجله دانش کشاورزی، ۱۷ (۳): ۳۶-۲۵.

قلی زاده،ع. ل. ۱۳۸۷. بررسی راهکارهای افزایش کارایی خاک فسفات معادن یزد و یاسوج در برخی خاکهای شمال کشور، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.

[1] Low grade rock phosphates

Ahemad, M., Zaidi, A., Khan, M.S. and Oves, M. (2009). Biological importance of phosphorus and phosphate solubilizing microbes–An overview. Phosphate Solubilising Microbes for Crop Improvement, eds MS Khan and A. Zaidi (New York, NY: Nova Science Publishers, Inc); 1-14.

Alori, E.T., Glick, B.R. and Babalola, O.O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. Frontiers in microbiology, 8: 971.

Azziz, G., Bajsa, N., Haghjou, T., Taulé, C., Valverde, Á., Igual, J.M. and Arias, A. (2012). Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop–pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay. Applied Soil Ecology, 61, 320-326.

Ben Zineb, A., Trabelsi, D., Ayachi, I., Barhoumi, F., Aroca, R. and Mhamdi, R. (2020). Inoculation with elite strains of phosphate-solubilizing bacteria enhances the effectiveness of fertilization with rock phosphates. Geomicrobiology journal, 37(1): 22-30.

Biswas, S.S., Biswas, D.R., Ghosh, A., Sarkar, A., Das, A. and Roy, T. (2022). Phosphate solubilizing bacteria inoculated low-grade rock phosphate can supplement P fertilizer to grow wheat in sub-tropical inceptisol. Rhizosphere, 23: 100556.

Chien, S.H. and Menon, R.G. (1995). Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. Fert. Res., 41: 227–234.

Cordell, D. and White, S. (2011). Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security. Sustainability, 3(10): 2027-2049.

FAO. (2006). Use of phosphate rock for sustainable agriculture. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 13. Rome.

Haneklaus, S.H. and Schnug, E. (2016). Assessing the plant phosphorus status. Phosphorus in Agriculture: 100% Zero, 95-125.

Heredia, O.S. and Cirelli, A.F. (2007). Environmental risks of increasing phosphorus addition in relation to soil sorption capacity. Geoderma, 137(4): 426-431.

Khan, A., V. Jilani, M. S. Akhtar1, S. M. S. Naqvi, and M. Rasheed. (2009). "Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production," Journal of Agricultural and Biological Science, 1: 48–58.

Khoshru, B., Mitra, D., Khoshmanzar, E., Myo, E.M., Uniyal, N., Mahakur, B., Mohapatra, P.K.D., Panneerselvam, P., Boutaj, H., Alizadeh, M. and Cely, M.V.T. (2020). Current scenario and future prospects of plant growth-promoting rhizobacteria: An economic valuable resource for the agriculture revival under stressful conditions. Journal of Plant Nutrition, 43(20): 3062-3092.

Lambers, H. and Plaxton, W.C. (2018). Phosphorus: back to the roots. Annu Plant Rev 48: 3–22.

Leone, A., Ripa, M. N., Boccia, L., and Lo Porto, A. (2008). Phosphorus export from agricultural land. Biosyst. Eng. 101: 270-280.

Nesme, T., Metson, G.S. and Bennett, E.M. (2018). Global phosphorus flows through agricultural trade. Global Environmental Change, 50: 133-141.

Pahari, A., Pradhan, A., Nayak, S.K. and Mishra, B.B. (2017). Bacterial siderophore as a plant growth promoter. Microbial Biotechnology: Volume 1. Applications in Agriculture and Environment, 163-180.

Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H. and Gobi, T.A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus, 2: 1-14.

Shrivastava, M., Srivastava, P.C. and D'souza, S.F. (2018). Phosphate-solubilizing microbes: diversity and phosphates solubilization mechanism. Role of Rhizospheric Microbes in Soil: Volume 2: Nutrient Management and Crop Improvement, 137-165.

Taguett, F., Boisset, C., Heyraud, A., Buon, L. and Kaci, Y. (2015). Characterization and structure of the polysaccharide produced by Pseudomonas fluorescens strain TF7 isolated from an arid region of Algeria. Comptes Rendus Biologies, 338(5): 335-342.

Walan, P., Davidsson, S., Johansson, S. and Höök, M. (2014). Phosphate rock production and depletion: Regional disaggregated modeling and global implications. Resources, Conservation and Recycling, 93: 178-187.

Wang, Y., Liu, L., Hu, Y., Zhang, J., Jia, R., Huang, Q., Gao, H., Awasthi, M.K., Li, H. and Zhao, Z. (2022). The spatio-temporal change in soil P and P-solubilizing bacteria under clover mulching in apple orchards of Loess Plateau. Chemosphere, 304: 135334.

Zapata, F. (2003). FAO/IAEA research activities on direct application of phosphate rocks for sustainable crop production. In S.S.S. Rajan and S.H. Chien, eds. Direct application of phosphate rock and related technology: latest developments and practical experiences. Proc. Int. Meeting, Kuala Lumpur, 16–20 July 2001. Muscle Shoals, USA, IFDC. 441.

Zhang, Y., Li, Y., Wang, S., Umbreen, S. and Zhou, C. (2021). Soil phosphorus fractionation and its association with soil phosphate-solubilizing bacteria in a chronosequence of vegetation restoration. Ecological Engineering, 164; 106208.

Rock phosphate, a potential alternative to supply phosphorus needed by plants

Bahman Khoshru[1], Alireza Fallah Nosratabad[2], Khadijeh Arbabi[3], Neda Alizadeh[3]
1- Postdoctoral Researcher, Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj 31785-311, Iran;
Email address: bahmankhoshru@yahoo.com
۲- Professor of Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj 31785-311, Iran
3- Expert of Soil Biology Researches Lab., Soil and Water Research Institute (SWRI).

Abstract
After nitrogen, phosphorus (P) is the most important nutrient required by plants. However, due to calcareousness, location in arid and semi-arid climates, high pH, high percentage of calcium carbonate, lack of organic matter in many soils, the absorbable amount of P is less than the amount required to ensure optimal growth of most agricultural products. One of the main ways to compensate for the lack of this nutrient is the use of phosphate fertilizers, which are not very effective and efficient in calcareous and alkaline soils. Therefore, agricultural systems need new approaches. Meanwhile, the direct application of rock phosphate (RP) is one of the simplest and least expensive strategies for providing plant P, but in calcareous soils, due to its low solubility, the results are not very efficient. Various physical, chemical and biological solutions have been reported to increase the solubility of RP in agricultural applications. Using RP together with phosphate solubilizing bacteria (PSB) is one of the eco-friendly solutions, the promising results of their agricultural application have been shown in various researches. Considering the importance of the subject, in this study, it has been tried to use RP as a cheap and accessible source of P along with PSB to supply the P needed by plants.

Keywords: Phosphorus, Phosphate solubilization, pH, chemical fertilizer, Environmental effects.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

آزادسازی پتاسیم خاکهای تحت کشت انگور با استفاده از سرکه چوب

حمید حشمتی[۱]، سهیلاسادات هاشمی*[۲]، شهریار مهدوی[۳]

۱- کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر
۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: hashemisohayla@gmail.com

چکیده

انگور گیاهی پتاسیم‌دوست بوده، و می‌تواند تا چندین سال پتاسیم مورد نیاز را از خاک تامین کند. هدف از این تحقیق بررسی رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی از خاک‌های تحت کشت انگور، توسط عصاره‌گیرهای مختلف در زمان کوتاه می‌باشد. این آزمایش در طرح کاملا تصادفی با دو تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار عصاره‌گیر (اسید کلریدریک، کلرید کلسیم، سرکه چوب و اسید اگزالیک) با غلظت ۰/۰۱ مولار، در ۱۰ زمان نیم ساعته پشت سر هم، است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر عصاره‌گیر بر میزان رهاسازی پتاسیم، معنی‌دار است ($P<۰/۰۱$). حداکثر پتاسیم تجمعی آزاد شده در تیمار سرکه چوب برابر با ۳۵۸۶/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شد. لذا عصاره‌گیر سرکه چوب، بیشترین آزادسازی را با بالاترین سرعت رهاسازی بخود اختصاص داد. و معادله‌های تابع توانی، پخشیدگی پارابولیک و الوویچ به عنوان بهترین معادله‌ها برای پیش‌بینی آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از خاک پیشنهاد شدند. سرکه چوب بعنوان یک عصاره‌گیر آلی با بیشترین میزان آزادسازی پتاسیم از خاک برای باغات انگور توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: سرکه چوب، اگزالیک اسید، پتاسیم غیرتبادلی

مقدمه

پتاسیم ازنظر فراوانی هفتمین عنصر شیمیایی و چهارمین عنصر غذایی در لیتوسفر شناخته شده است (Sparks, ۲۰۰۰). چهار شکل مختلف پتاسیم درخاک به ترتیب سهل‌الوصول بودن برای گیاهان شامل پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی (تثبیت شده) و پتاسیم ساختاری می‌باشد. کاهش غلظت پتاسیم در محلول خاک به‌وسیله جذب پتاسیم توسط گیاهان و میکروب‌ها یا شستشوی پتاسیم از خاک‌ها باعث آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی به محلول خاک می‌گردد. چندین فرآیند آزادسازی پتاسیم از کانی‌های رسی را کنترل می‌کند. دو فرآیند معمول آزادسازی شامل: ۱- انحلال میکا و در پی آن تشکیل محصولات هوادیدگی و ۲- خروج پتاسیم بین لایه‌ای میکاها و تبدیل آن‌ها به اسمکتیت و ورمیکولیت می‌باشد (Sparks, 2000). در کنار میزان ماده آلی و نوع رس، نوع عصاره‌گیر نیز بر میزان رهاسازی پتاسیم نقش بسزایی دارند. اسیدهای اگزالیک و سیتریک از اسیدهای آلی مهم درخاک هستند و بر انحلال

کانی خاک و آزادسازی پتاسیم تاثیر گذارند. این اسیدها به دلیل تفاوت در اندازه مولکول، چگالی بار منفی، ترکیب گروه عاملی، پایداری و واکنش با یون‌های محلول (مانند کلسیم) توانایی متفاوتی در استخراج پتاسیم از خاک دارند و در نتیجه مکانیسم‌های متفاوتی برای استخراج پتاسیم از جمله واکنش تبادلی یا انحلالی دارند (Ramos, 2014). سرینیواسارائو و همکاران، نشان دادند که اسید سیتریک در مقایسه با اسید کلریدریک و کلرید کلسیم میزان آزادسازی پتاسیم بیشتری را در خاک‌های ایلایتی نسبت به خاک‌های اسمکتیتی و کائولینیتی داشته است (Srinivasarao et al., 2006). هاشمی و نجفی‌قیری نیز طی تحقیقی نشان دادند که میزان آزادسازی پتاسیم از رس ورمی‌کولیت حاوی آهک، توسط کلریدکلسیم بالاتر از سیتریک اسید است (Hashemi and Najafi ghiri, 2023). سرکه چوب که از آن به عنوان اسید چوب و یا اسید پیروگلینوس یاد می‌شود، محصول فرعی پیرولیز چوب به منظور تولید زغال است. این محصول مایعی قهوه‌ای رنگ، کدر یا شفاف می‌باشد که از فرآیند پرولیز (فرآیندی شیمیایی که طی آن موادآلی در اثر دما تجزیه می‌شوند) به دست می‌آید. کاربرد اصلی سرکه چوب در صنعت کشاورزی است (Najafi-Ghiri et al., ۲۰۲۱). انگور گیاهی است پتاسیم دوست که مقادیر زیادی مصرف کود پتاسه را برای باغات در بر می‌گیرد. ما درصدد آن بوده که از عصاره‌گیرهای آلی بخصوص سرکه چوب، برای آزادسازی پتاسیم از خاک استفاده نموده و میزان آزادسازی آن را با برخی عصاره‌گیرهای آلی و معدنی مقایسه نماییم. لذا هدف از این تحقیق بررسی میزان آزادسازی پتاسیم در خاک‌های تحت کشت انگور با کمک سرکه چوب و مقایسه آن با سایر عصاره‌گیرهاست.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های خاک از ۳ نقطه در باغات انگور منطقه رضوانکده شهرستان ملایر، از افق A خاک‌رخ‌های حفر شده، به طور تصادفی جمع آوری گردید. پس از خشک کردن و رد کردن از الک ۲ میلی‌متری، برخی خصوصیات آنها اندازه گرفته شد. دو گرم از نمونه خاک را در لوله سانتریفیوژ ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره‌گیرهای ۰/۰۱ مولار اسیدکلریدریک، اگزالیک اسید، کلرید کلسیم و سرکه چوب به آن‌ها اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده شده و سانتریفوژ شدند و محلول زلال رویی جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها به صورت متوالی در زمان‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴، ۴/۵ و ۵ ساعت عصاره‌گیری شدند و محلول زلال رویی برای اندازه‌گیری غلظت پتاسیم، جمع آوری گردید که در این مرحله غلظت پتاسیم به روش شعله‌سنجی با استفاده از دستگاه شعله‌سنج (فلیم‌فتومتر) قرائت شد. برای بررسی سرعت آزادسازی پتاسیم، داده‌های مراحل آزادسازی پتاسیم با معادله‌های الوویچ، انتشار پارابولیک، تابع توانی، مرتبه یک و مرتبه صفر برازش داده شدند (Havlin et al., 1985). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 20.0 انجام شد. جهت مقایسه میانگین از آزمون دانکن با سطح احتمال ٪۹۹ در قالب طرح کاملا تصادفی با دو تکرار استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاکها نشان داد که اسیدیته خاکها بازی و میزان کربن آلی خاکها نیز در دامنه ۰/۵ تا ۱/۴ درصد می باشد. حداکثر ظرفیت تبادل کاتیونی ۲۰/۲ سانتی‌مول برکیلوگرم و حداکثر دارای ۳۵ درصد کربنات کلسیم می باشند (جدول ۱). خاک‌رخ‌ها در دو راسته انتی‌سولز و اینسپتی‌سولز قرار گرفتند.

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه.

خاک	pH	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	$CaCO_3$ (%)	CEC ($Cmol_c/Kg$)	EC (dS/m)	O.C (%)
۱	۷/۳	۳۶	۴۲	۲۲	۳۵	۲۰/۲	۰/۱۹	۱/۴
۲	۷/۴	۲۴	۲۸	۴۸	۲۵	۱۹/۵	۰/۱۵	۰/۸۵
۳	۷/۳	۲۴	۵۰	۲۶	۳۵	۱۰/۳	۰/۱۵	۰/۵۷

نتایج شکل‌های مختلف پتاسیم در جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد محتوی پتاسیم شبه ساختاری در کشت انگور در دامنه ۹۳۴۱ تا ۱۲۴۱۸ میلی گرم برکیلوگرم است. و محتوی پتاسیم غیرتبادلی از ۵۸۳ تا ۱۲۲۳ میلی گرم برکیلوگرم متغییر است.

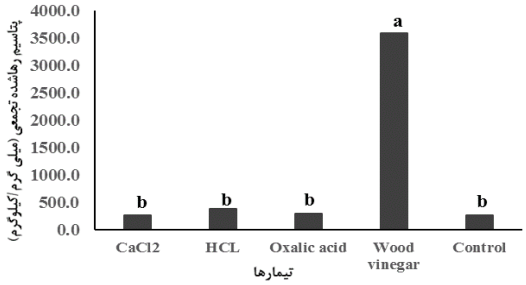
جدول ۲. مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم، در خاک‌های مورد مطالعه.

خاک	پتاسیم محلول $mgkg^{-1}$	پتاسیم تبادلی $mgkg^{-1}$	پتاسیم غیرتبادلی $mgkg^{-1}$	پتاسیم استخراج با HNO_3 $mgkg^{-1}$
۱	۳۵/۷	۴۷۲/۲	۱۰۷۲/۴	۹۶۶۱
۲	۶۰/۲	۴۸۵/۴	۱۲۲۳	۹۳۴۱
۳	۳۰/۱	۳۲۷/۴	۵۸۳/۳	۱۲۴۱۸

نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که اثر عصاره‌گیر بر میزان پتاسیم رهاسازی شده معنی‌دار است (جدول ۳). لذا مقایسه میانگین دانکن بین تیمارها صورت گرفت و همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، سرکه چوب با اختلاف فاحشی دارای بیشترین میزان آزادسازی پتاسیم در مقابل سایر عصاره‌گیرها بوده است. تفاوتی بین عصاره‌گیرهای اسیدکلریدریک، اگزالیک اسید و کلریدکلسیم مشاهده نشد.

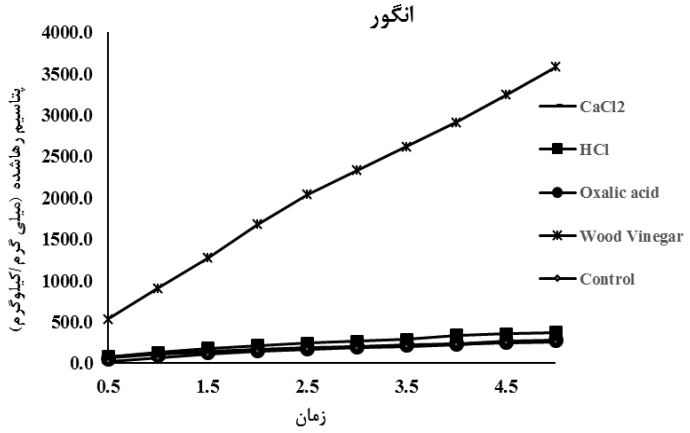
۳. نتایج تجزیه واریانس پتاسیم تجمعی در عصاره‌گیرها و شاهد.

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	sig
Between Groups	۵۱۹۹۴۴۲۱	۴	۱۲۹۹۸۶۰۵/۲۵	۶۰۷/۷۲۷	۰/۰۰۰
Within Groups	۵۳۴۷۲۲/۴۲	۲۵	۲۱۳۸۸/۸۹۷	-	
Total	۵۲۵۲۹۱۴۳/۴۲	۲۹	-	-	



شکل ۱. نتایج مقایسه میانگین دانکن پتاسیم تجمعی در عصاره‌گیرها و شاهد

می‌توان گفت سرکه چوب بعنوان یک عصاره‌گیر آلی بدلیل خاصیت اسیدی که دارد، منجر به انحلال کانی‌های حاوی پتاسیم (ایلایت و اسمگتیت) و آزادسازی پتاسیم شده است (Ramos et al., 2014). نجفی‌قیری و همکاران، در مطالعه آزادسازی پتاسیم از خاک‌های آهکی با محلول‌های مختلف نمکی، اسید آلی و اسید معدنی، دریافتند که اسید اگزالیک در آزمایش بلندمدت پتاسیم بیشتری نسبت به محلول‌های دیگر استخراج کرد و کلرید کلسیم کمترین میزان پتاسیم را آزاد کرد. در آزمایش کوتاه‌مدت اسید سیتریک پتاسیم بیشتری آزاد کرد (Najafi-ghiri et al., ۲۰۱۹). آزادسازی پتاسیم از نمونه خاکها به طور متوسط، در طی ۱۰ استخراج متوالی توسط عصاره‌گیرهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس این شکل سرعت رهاسازی پتاسیم در مراحل اولیه زیاد بوده و سپس با گذشت زمان به تدریج کاهش یافته و ممکن است پس از پنج ساعت با سرعت ثابتی ادامه یابد. همانطور که مشاهده می‌گردد سرکه چوب با اختلاف بسیار زیادی دارای میزان آزادسازی بالایی بوده (۷۱٪ آزادسازی) و اگر زمان آزادسازی همچنان ادامه یابد، امکان آزادسازی بیشتری نیز فراهم است. پس از سرکه چوب، اسیدکلریدریک با ۷/۸٪ در رتبه دوم آزادسازی قرار گرفته است.



شکل ۲. روند رهاسازی پتاسیم در تیمارهای متفاوت از خاک تحت کشت انگور

برای بررسی سرعت آزادسازی پتاسیم، داده‌های مراحل آزادسازی پتاسیم با معادله‌های الوویچ، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی، مرتبه صفر و مرتبه یک برازش داده شدند، که نتیجه برازش یک نمونه خاک در جدول ۴ و ۵ آورده شده است. معادله مرتبه یک و تا حدودی صفر بدلیل ضریب تبیین پایین و خطای بالاتر مورد استفاده قرار نگرفت. معادله‌ای که بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای استاندارد را دارا باشد به عنوان بهترین معادله در توجیه رهاسازی پتاسیم در نظر گرفته می‌شود، که با توجه به جدول ۴، معادله تابع توانی و پارابولیک بهترین برازش را نشان می‌دهند. تابع توانی با بالاترین ضریب تبیین (R^2=۰/۹۹) و کمترین خطای استاندارد (SE=۱/۳) مربوط به عصاره‌گیر اسید اگزالیک مشخص شده است (جدول ۴). حاتمی و همکاران (۱۳۹۵)، در بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم از چند کانی میکایی با استفاده از عصاره‌گیرهای استات آمونیوم و تترافنیل بوران سدیم نشان دادند که سرعت آزاد شدن پتاسیم در کانی-های بیوتیت و فلوگوپیت توسط معادله تابع توانی به خوبی توصیف گردید. همچنین نتایج نشان داد که معادله پخشیدگی پارابولیک دارای بهترین برازش برای کانی موسکویت بود.

جدول ۴. ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد مدل‌های سینتیکی استفاده شده در سرعت آزادسازی پتاسیم

	الوویچ		پارابولیک		تابع توانی	
تیمار	R^2	SE	R^2	SE	R^2	SE
شاهد	۰/۹۹	۳/۷	۰/۹۷	۱۱/۱	۰/۹۰	۲۶/۱
اسید کلریدریک	۰/۹۷	۱۳	۰/۹۹	۲/۶۶	۰/۹۹	۷/۳
کلرید کلسیم	۰/۹۷	۱۱	۰/۹۹	۱/۶	۰/۹۹	۱/۸۸
سرکه چوب	۰/۹۱	۲۷۳	۰/۹۸	۱۲۲	۰/۹۹	۴۲/۵
اسیداگزالیک	۰/۹۵	۱۴/۹	۰/۹۹	۳/۵۴	۰/۹۹	۱/۳۲

شیب معادله (b) نشان‌دهنده سرعت آزادسازی پتاسیم بین لایه‌ای و عرض از مبدأ (a) بیانگر بالاترین سرعت رهاسازی پتاسیم یا همان میزان اولیه آزادسازی پتاسیم می‌باشد. لذا بالاترین شیب مربوط به عصاره‌گیر سرکه چوب و بیشترین میزان آزادسازی اولیه نیز مربوط به همین عصاره‌گیر است. کمترین سرعت رهاسازی مربوط به عصاره‌گیر کلریدکلسیم (۰/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ساعت) در معادله تابع توانی است (جدول ۵). در معادله تابع توانی، ضریب b در عصاره‌گیرها کوچکتر از یک است که نشان می‌دهد سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی با زمان کاهش می‌یابد.

جدول ۵. ثابت‌های معادلات سینتیکی استفاده شده در سرعت آزادسازی پتاسیم

	الوویچ		پارابولیک		تابع توانی	
	b	a	b	a	b	a
عصاره‌گیر	$mgkg^{-1}\ h^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$mgkg^{-1}\ h^{-1/2}$	$mg\ kg^{-1}$	$mgkg^{-1}\ h^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$
شاهد	۸۵/۶۴	۸۰/۹۸	۱۲۳/۷۷	۴۵/۶۶	۰/۹	۶۲/۳۳
اسید کلریدریک	۱۰۹/۳	۱۲۲/۰۸	۱۶۱/۷	۴۵/۵	۰/۶۶	۱۱۲/۶
کلرید کلسیم	۷۹/۰۷	۱۰۱/۲۷	۱۱۷/۵	۲۰/۷۷	۰/۵۸	۹۵/۹
سرکه چوب	۱۱۸۴/۶	۸۸۳/۵	۱۷۹۳/۳	۹۹۷/۶	۰/۸۴	۸۰۴/۷
اسیداگزالیک	۸۷/۹۹	۹۰/۹۹	۱۳۱/۶	۴۶/۲	۰/۶۸	۸۴/۸

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در بین عصاره‌گیرهای معدنی و آلی مورد استفاده، سرکه چوب بالاترین میزان درصد آزادسازی (۷۱٪) را به خود اختصاص داده است. بالاترین سرعت رهاسازی و بیشترین میزان رهاسازی اولیه در عصاره‌گیر سرکه چوب مشاهده شد. سرکه چوب توانایی بالای در مدت زمان کم برای رهاسازی پتاسیم از لایه‌های کانی‌های موجود در خاک، که حاوی پتاسیم هستند را دار بوده و لذا می‌توان از آن بعنوان یک عامل تحریک کننده برای آزادسازی پتاسیم خاک استفاده کرد و میزان مصرف کودهای پتاسه را به حداقل رساند. توصیه می‌گردد آزمایش در بلند مدت تکرار گردد تا میزان روند آزادسازی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

حاتمی، ح.، کریمی، ع.، فتوت، ا.، و لکزیان، ا. (۱۳۹۵). مطالعه سینتیک آزادسازی پتاسیم از چند کانی میکایی با استفاده از عصاره‌گیرهای استات آمونیوم و تترافنیل بوران سدیم. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷(۲)، ۳۸۶-۳۷۷.

- Hashemi, S.S., Najafi-Ghiri, M. (2023). Kinetic of potassium release from vermiculite mineral to calcium chloride and citric acid solutions (emphasis on clay mineralogy changes). Communication in Soil Science and Plant Analysis. https://doi.org/10.1080/00103624.2023.2277412.
- Havlin, J., Westfall, D., Olsen, S. (1985). Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. Soil Science Society of America Journal, 49, 371-376.
- Najafi-Ghiri, M., Niazi, M., Khodabakhshi, M., Boostani, H.R., Owliaie, H.R. (2019). Mechanisms of potassium release from calcareous soils to different salt, organic acid and inorganic acid solutions. Soil Research, 57, 301–309.
- Najafi-Ghiri, M., Mirsoleimani, A., Boostani, H.R., Amin, H. (2021). Influence of wood vinegar and potassium application on soil properties and Ca/K ratio in Citrus root stocks. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1-11.

- Ramos, M.E., Garcia-Palma, S., Rozalen, M., Johnston, C.T., Huertas, F.J. (2014). Kinetics of montmorillonite dissolution: An experimental study of the effect of oxalate. Chemical Geology, 363, 283-292.
- Sparks, D.L. (2000). Bioavailability of soil potassium. In: Sumner, M.E. (Ed.) Handbook of soil science, CRC Press, Boca Raton, FL. Pp.38-52.
- Srinivasarao, C.H., Rupa, T.R., Subba Rao, A., Ramesh, G., Bansal, S.K. (2006). Release kinetics of nonexchangeable potassium by different extractants from soils of varying mineralogy and depth. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 37, 473–491.

Potassium Release of Soils under Grape Cultivation by using Wood Vinegar

Hamid Heshmati[1], Soheila sadat Hashemi[*2], Shahriar Mahdavi[3]

[1] Msc Student, Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University
[2] Assistant Prof., Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University,
[3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University,
[*]Corresponding Author, Email: s.hashemi@malayeru.ac.ir

Abstract

Grape is a potassium-loving plant, and it can supply the required potassium (K) from the soil for several years. The purpose of this research is to investigate the release of non-exchangeable K from the soil under grape cultivation by different extractants in a short time. This experiment was conducted in a completely randomized design with two replications. The experimental treatments include four extractants (hydrochloric acid, calcium chloride, wood vinegar and oxalic acid) with a concentration of 0.01 M, in 10 consecutive half-hour periods. The results of analysis of variance showed that the effect of extractant on K release rate is significant ($P<0.01$). The maximum cumulative K released in wood vinegar treatment was estimated to be 3586.9 $mgkg^{-1}$. Therefore, the wood vinegar extractant had the highest K release with the highest release rate. And the equations of power function, parabolic distribution and Elovich were proposed as the best equations to predict the release of non-exchangeable potassium from soil. Wood vinegar is recommended as an organic extractant with the highest release of K from the soil for vineyards.

Keywords: Wood vinegar, Oxalic acid, Non-exchangeable

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی و مصرف کود ارگانیک بر رشد و اجزای عملکرد نخود

نویسنده محسن جان محمدی*، ناصر صباغ‌نیا

گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

(jmohamad@ut.ac.ir)

چکیده

شخم‌های مرسوم و برگردان در مناطق نیمه خشک یکی از عوامل از دست رفت رطوبت و افزایش احتمال فرسایش خاک می‌باشد. آزمایش حاضر در منطقه همدان به منظور بررسی انواع خاک‌ورزی‌های مرسوم یا رایج کشاورزان (شخم با گاوآهن برگردان دار - T_1) و کم‌خاکورزی (شخم با گاو آهن قلمی - T_2) – و همچنین مصرف سطوح مختلف کودهای ارگانیک و شیمیایی (شاهد: عدم کاربرد کود، C: کود کامل؛ FYM_{20} کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی FYM_{40}: کاربرد ۴۰ تن کود دامی در هکتار، NPK: نیتروژن، فسفر، و پتاسیم) بر اجزای عملکرد نخود انجام گردید. نتایج نشان داد که کاربرد FYM_{40} در شرایط T1 به طور معنی‌داری روز تا سبز شدن گیاهچه را کاهش داد. بیشترین تعداد روز تا گلدهی برای گیاهان کشت شده با کود معدنی و خاک ورزی کاهش یافته ثبت شد. استفاده از مقادیر زیاد FYM به طور قابل توجهی پوشش زمین و عرض تاج پوشش را برای هر دو روش خاک‌ورزی افزایش داد. بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به ترکیب $FYM_{40} - T_1$ و پس از آن $C - T_2$ بود. تعداد غلاف در بوته به طور قابل توجهی به ترکیبات مختلف تیمار حساس بود و بهترین نتایج برای ترکیبات $FYM_{40} - T_2$ ثبت شد. $FYM_{20} - T_2$; و $FYM_{40} - T_1$. روند مشابهی نیز برای کل ماده خشک ثبت شد. سنگین ترین دانه ها در مواردی با کاربرد سطوح بالای FYM مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه برای گیاهان کشت شده با استفاده از $FYM_{40} - T_2$ مشاهده شد. همچنین بیشترین شاخص برداشت برای $FYM_{40} - T_2$ و $C - T_2$ ثبت شد. نتایج نشان داد که روش کم‌خاک‌ورزی همراه با کاربرد FYM_{40} می‌تواند به طور قابل‌توجهی بر سطوح عملکرد نخود تأثیر بگذارد.

واژگان کلیدی: اجزای عملکرد، شخم سنتی، کود دامی، گاو آهن برگردان دار، ماده آلی

مقدمه

تخریب خاک یکی از مهمترین چالشهای کلیدی از نظر حفظ کیفیت خاک و اطمینان از تولید مواد غذایی در سالهای آینده است. خاک دارای بزرگترین مخزن کربن می‌باشد که به تغییرات آب و هوایی و همچنین نظام بندی های کشاورزی نحوه استفاده و آماده سازی زمین و روشهای مدیریت کشاورزی مانند خاکورزی و کوددهی شدیدا حساس

است (Haddaway et al., 2017). یکی از روشهای اصلاح ساختار خاک، نحوه اجرای خاکورزی و اداوات بکاری گیری در حین اجرا است. اگرچه خاک عمدتاً برای بهبود نفوذپذیری و کاهش جمعیت علف های هرز خاکورزی می شود، اما هدف اصلی بهبود خصوصیات خاکی فیزیکی و مکانیکی و نهایتا بهبود رشد گیاه زارعی و افزایش عملکرد است. بنابراین انتخاب بهترین روش خاک‌ورزی که با شرایط اقلیمی و خاکی همخوانی داشته باشد، همواره مورد توجه محققین کشاورزی بوده است. استفاده از کود دامی و مالچ پاشی، مدیریت موثری برای مناطق نیمه خشک و کشت محصولات زراعی محسوب می‌شود. کاربرد کودهای دامی در دراز مدت باعث افزایش نفوذ آب بدرون خاک، بهبود ظرفیت ذخیره آب، تسهیل در عرضه آب، افزایش عملکرد دانه و بهبود کارایی استفاده از بارندگی می شود (Cui et al., 2014). در مجموع با کاربرد کودهای دامی بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را در خاک می‌توان انتظار داشت. بررسی های مختلف حاکی از اثرات مفید کود دامی بر کیفیت ساختاری خاک، از جمله افزایش تخلخل، افزایش سرعت جذب آب، هدایت هیدرولیکی اشباع شده و غیره می‌باشند (Blanco-Canqui et al., ۲۰۱۷). روش‌های خاک‌ورزی فعلی مورد استفاده در مناطق نیمه‌خشک ایران را می‌توان به دو گروه کلی خاک‌ورزی رایج و مرسوم توسط کشاورزان (خاکورزی با گاوآهن های برگردان دار) و خاک‌ورزی حافظتی (بدون برگردان خاک) تقسیم کرد. در خاکورزی رایج و مرسوم یک توالی از عملیات برای آماده کردن بستر مناسب کاشت و محیط مناسب برای رشد گیاهچه می‌باشد که شامل وارونگی کامل خاک برای دفن یا ترکیب بقایای گیاهی کشت قبلی اعمال می‌شود و معمولاً با شخم نسبتا عمیق و برگردان خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری همراه است (Cooper et al., 2016). همچنین مورد دوم به عنوان عمل خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفاظتی (RT) شناخته می‌شود، که بر اساس نیازهای خاص مزرعه‌ای، برهم زدن خاک را با صورت هدفمند و مناسب خاک به حداقل می‌رساند، به این معنی که در مقایسه با خاک‌ورزی معمولی باید دفعات کمتری انجام گردیده و خاک به صورت کامل برگردان نمی‌شود و در این حالت رطوبت ذخیره شده در خاک در حین خاکورزی به هدر نخواهد رفت. در روش مذکور بقایای خاک به لایه بالای خاک ادخال شده ولی هنوز حداقل ۳۰٪ از بقایای گیاهی را در سطح خاک باقی می‌ماند (Janmohammadi et al., 2016). روش‌های RT از توانایی بالایی برای بهبود کیفیت خاک و کاهش تلفات آب و خاک را با حفظ بقایای گیاهی و مالچ ها در روی سطح خاک برخوردار هستند و همچنین با بهبود حفاظت از آب از طریق کاهش تلفات تبخیر ذخیره رطوبتی خاک را بهبود می‌دهند. هدف از این مطالعه بررسی اثرات روش های مرسوم و RT خاکورزی و کوددهی بر روی رشد و عملکرد دانه ای نخود بود.

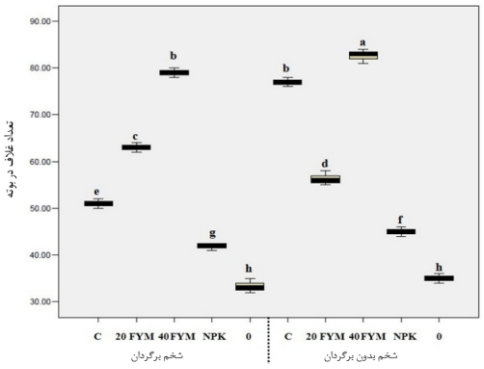
مواد و روش‌ها

این مطالعه در یک مزرعه تحقیقاتی در استان همدان، ایران (طول جغرافیایی ۳۵،۳۹ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹،۰۳ درجه عرض جغرافیایی، ارتفاع ۱۸۰۳ متر از سطح دریا) طی فصل رشد ۱۳۹۹ انجام شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپیلت پلات (۵×۲) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتور اول به عنوان کرت اصلی شامل دو روش خاک‌ورزی (T) است T_1: شخم مرسوم یا رایج کشاورزان (از طریق گاوآهن سنتی برگردان دار با عمق متوسط ۰،۳ متر همراه با دو بار خاک‌ورزی کم عمق به عنوان روش خاک‌ورزی خاکورزی ثانویه؛

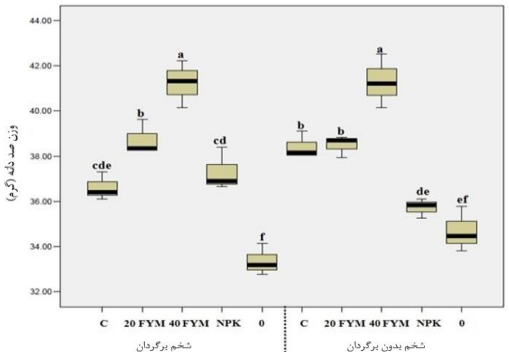
T_2 : شخم حافظتی و بدون برگردان خاک از طریق گاو آهن قلمی با عمق متوسط ۰,۱۵ متر به همراه دو دو بار دیسک کم عمق خاک به عنوان خاکورزی ثانویه انجام گردید. فاکتور فرعی پنج تیمار کود مختلف، شامل کود کامل شیمیایی یا C (۱۰٪ نیتروژن، ۵۲٪ فسفر، ۱۰٪ پتاسیم، ۳,۵۰٪ S، ۰,۱۲٪ آهن، ۰,۰۵٪ روی، ۰,۰۳٪ مس، ۰,۰۵٪ منگنز، ۰,۰۳٪ B در دوز توصیه شده) ، NPK (تهیه شده از اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم که با مقادیر ۹۵، ۶۰، ۴۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید)؛ و کود دامی به میزان ۴۰ و ۲۰ تن در هکتار بود. دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم "آرمان" در اردیبهشت سال ۱۳۹۹ کاشته شد و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (RH: ۹۰ درصد غلافهای به رنگ قهوه ای طلایی تبدیل شده و رطوبت بذور در حد ۱۵ درصد) برداشت شد. هر قطعه شامل شانزده ردیف به طول ۴ متر و با فاصله ۰,۲۵ متر بود کاشت بذور به صورت آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد. سپس در طول دوره رشد چهار بار آبیاری بر حسب ظهور علائم پژومردگی اولیه برگها و میزان بارشهای حادث شده در طی فصل رشد انجام گردید. وزن تر گیاه، عملکرد بیولوژیکی در بوته، عملکرد دانه، و همچنین شاخص برداشت از سطح برداشت ۲,۰ متر مربع و از چهار ردیف مرکزی هر کرت در زمانی که محصول به بلوغ فیزیولوژیکی رسید اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس با برنامه آماری SPSS 15.0 انجام گردیدآزمون LSD برای مقایسه میانگین ها مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

بررسی عرض سایه انداز بوته نشان داد که کاربرد کود شیمیایی تحت T_2 کارآمدتر از T_1 بود. با این حال، کارایی کاربرد FYM در عرض تاج در زیر T_1 مشهودتر بود. بیشترین تعداد شاخه های فرعی تحت T_1 مربوط به گیاهان کشت شده با FYM_{40} و بیشترین تعداد شاخه های فرعی تحت T_2 مربوط به کاربرد کودهای شیمیایی (C و NPK) بود. ارتفاع غلاف اول از سطح زمین تنها در T_1 به تیمارهای مختلف کوددهی حساس بود. تعداد غلاف در بوته به عنوان یکی از مهمترین صفات در تعیین عملکرد، به طور معنی‌داری در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر روشهای خاکورزی و تیمارهای کوددهی قرار گرفت ($P<0.01$). بیشترین تعداد غلاف در بوته برای گیاهان کشت شده با FYM_{40} در زیر T_2 ثبت شد که پس از آن $FYM_{20} - T_2$ و $FYM_{40} - T_1$ قرار گرفتند (شکل ۱). روند مشابهی از نظر ماده خشک گیاهی نیز مشاهده شد. گیاهان کشت شده در شرایط عدم کاربرد کود (شاهد) کمترین ماده خشک را نشان دادند. ارزیابی عملکرد کاه نشان داد که استفاده از سطح بالای کود دامی تحت خاک ورزی رایج و مرسوم به طور قابل توجهی باعث افزایش عملکرد کاه شد. بالاترین عملکرد کاه تحت T_2 توسط گیاهان کشت شده با استفاده از NPK نشان داده شد. علاوه بر این، اندازه بذر (وزن ۱۰۰ دانه) نیز تحت تأثیر تیمار کوددهی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل دو طرفه خاک‌ورزی × کاربرد کود از نظر آماری برای این جزء عملکرد معنی‌دار بود. گیاهان کشت شده در شرایط کاربرد FYM_{40} در هر دو شرایط خاکورزی بذرهای سنگین تری در مقایسه با سایر کودها تولید نمودند (شکل ۲).



شکل۱ - بررسی تاثیر کاربرد کودهای شیمیایی و دامی بر تعداد غلاف در بوته نخود در شرایط شخم محافظتی و برگردان دار.



شکل ۲- بررسی تاثیر کاربرد کودهای شیمیایی و دامی بر وزن صد دانه نخود در شرایط شخم محافظتی و برگردان دار.

مقایسات وزن دانه در بین سطوح خاکورزی حاکی از آن بود که اثربخشی کودهای تحت T2 کمتر از کمتر از T1 است. کاربرد C و کاربرد سطوح بالای کود دامی به طور معنی‌داری تعداد غلاف‌های کامل را در هر دو شرایط خاک‌ورزی افزایش داد. کمترین عملکرد دانه برای گیاهانی که تحت خاکورزی رایج و مرسوم و بدون کاربرد کود کشت شده بودند ثبت شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که رشد فنولوژیکی تحت تأثیر کودها و روش‌های خاک‌ورزی است. توسعه گیاه در خاکهای مناطق نیمه خشک شدیدا تحت تأثیر در دسترس بودن عناصر و سایر شرایط بهینه مانند رطوبت خاک است. نتایج نشان داد که کاربرد NPK و C بیشترین تأثیر مثبت را بر مراحل فنولوژیکی گیاه دارد. این امر ناشی از دسترسی بالا و تامین سریع عناصر از طریق کودهای شیمیایی برای گیاه است. علاوه بر این، اثرات کم خاکورزی و حفاظتی بسیار برجسته‌تر از خاک‌ورزی مرسوم و رایج بود. این تا حدودی به دلیل اختلال کم خاک و رطوبت بالای خاک و همچنین کاهش آبشویی عناصر است. فنولوژی محصول برای پیش‌بینی پاسخ‌های فیزیولوژیکی تحت شرایط مختلف مزرعه ضروری است. به طور خاص، برای جلوگیری از مواجهه مراحل حساس رشد با شرایط نامناسب فصلی، انتخاب و کاربرد کود و روش خاک‌ورزی (تغییر شرایط ریزوسفر) باید در مناطق نیمه‌خشک مورد توجه دقیق قرار گیرد (Janmohammadi et al., 2014). به می‌رسد با بهبود شرایط خاکی و افزایش در دسترس بودن مواد مغذی، فنولوژی محصول را به دلیل دسترسی بیشتر به منبع آلی N تا حدی به تاخیر بیندازد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که اثرگذاری کودها بر صفات ارزیابی شده تا حد زیادی تحت تاثیر روش های خاک ورزی قرار گرفتند. بررسی حاضر نشان داد که روش خاک‌ورزی حفاظتی بدون استفاده از کودهای آلی تأثیر معنی‌داری بر بهبود رشد گیاه در کوتاه مدت ندارد. به دلیل شرایط نامناسب خاک مناطق نیمه خشک، خاکورزی غیر برگردان به تنهایی کارایی کافی نداشت و نیاز به کاربرد سطوح بالای FYM در شرایط یاد شده مشهود بود. بیشترین میزان افزایش رشد گیاه در روش خاک‌ورزی بدون برگردان با استفاده از کود FYM_{40} به ثبت رسید. این ترکیب روش خاک‌ورزی و کود دهی می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی خاک و پایداری ساختاری را بهبود بخشد و پیامدهای منفی نفوذ کم آب یا هوا در لایه‌های زیرین خاک را به حداقل برساند. در نهایت، یافته‌ها نشان داد که در صورت تغییر روش خاک‌ورزی خاک، انتخاب مدیریت خاک‌ورزی مناسب و سازگار با روش های مدیریت کودی ضروری است.

منابع

Blanco-Canqui, H. Wienhold, B. J., Jin, V. L. Schmer, M. R. Kibet, L. C. (2017). Long-term tillage impact on soil hydraulic properties. Soil and Tillage Research, vol. 170, pp. 38–42.

Cooper, J. Baranski, M., Stewart, G., Nobel-De Lange, M., Bàrberi, P., Fließbach, A., PEIGNÉ, J., Berner, A., Brock, C., Casagrande, M., Crowley, O. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. In Agronomy for Sustainable Development, vol. 36, no. 1, pp. 22–29.

Cui, H. Y., Wei-Cheng, X. U., Sun, Y. M., Niu, J. Y., Fang, Z. S. (2014). Effects of different organic manures application on soil moisture, yield and quality of oil flax. Journal of Soil and Water Conservation, vol. 28, pp. 307–312.

Haddaway, N. R., Hedlund, K., Jackson, L. E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I. K., Lugato, E., Thomsen, I. K., Jørgensen, H. B., Isberg, P. E. (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. Environmental Evidence, vol. 6, no. 1, pp. 30.

Hati, K. M., Mandal, K. G., Misra, A. K., Ghosh, P. K., Bandyopadhyay, K. K. (2006). Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in vertisols of central India. Bioresource Technology, vol. 97, no. 16, pp. 2182–2188.

Janmohammadi, M., Amanzadeh, T., Sabaghnia, N., Ion, V. (2016). Effect of nano-silicon foliar application on safflower growth under organic and inorganic fertilizer regimes. Botanica Lithuanica, vol. 22, no. 1, pp. 53–64.

Janmohammadi, M., Nasiri, Y., Zandi, H., Kor-Abdali, M., Sabaghnia, N. 2014. Effect of manure and foliar application of growth regulators on lentil (*Lens culinaris*) performance in semi-arid highland environment. Botanica Lithuanica, vol. 20, no. 2, pp. 99–108.

The effect of non-inversion tillage and organic fertilizer consumption on the growth and yield components of chickpea

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Mohsen Janmohammadi*, Naser Sabaghnia
Department of Plant Production and Genetics, Agriculture College, University of Maragheh,
P.O. Box 55181-83111, Iran.

*E-mail: jmohamad@alumni.ut.ac.ir

Abstract

Traditional and reversible tillage in semi-arid areas is one of the factors of moisture loss and increasing the possibility of soil erosion. The present experiment carried out in Hamedan region in order to investigate the types of tillage (Full inversion tillage with moldboard plowing - T1) and non-inversion (tillage with chisel - T2) - as well as the consumption of different levels of organic and chemical fertilizers (C: complete fertilizer) FYM20, application of 20 tons of farmyard manure per hectare, FYM40: application of 40 tons of manure per hectare, NPK: nitrogen, phosphorus, and potassium in a ratio of 2-1-1; control: no fertilizer) was done on the components of chickpea yield. The experiment was conducted in the form of a split block design in three replications. The results showed that the application of FYM40 in T1 conditions significantly reduced the number of days of seedling germination. The highest number of days to flowering was recorded for plants grown with mineral fertilizers and reduced tillage. Application of high amounts of FYM significantly increased ground cover and canopy width for both tillage methods. The highest number of sub-branches was related to the combination FYM40-T1, followed by C-T2. The number of pods per plant was significantly sensitive to different treatment combinations and the best results were recorded for FYM40-T2 combinations. FYM20 - T2; and FYM40–T1. A similar trend was recorded for the total dry matter. The heaviest seeds were observed in cases with high levels of FYM. The highest seed yield was observed for plants grown using FYM40-T2. Also, the highest harvest index was recorded for FYM40-T2 and C-T2. The results show that non-inversion tillage with high level FYM application can significantly affect yield levels.

Keywords: yield components, traditional tillage, manure, moldboard plowing, organic matter

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی تأثیر برهمکنش شوری و سمیت بور بر رشد و آستانه تحمل برخی از صفات رویشی در دانهال پایه لیموترش در شرایط هرمزگان

یعقوب حسینی[1*]، مریم یکتن خدایی[2]، حامد حسن‌زاده خانکهدانی[2]

[1]- 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)

[2]- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان

چکیده

با توجه به کاهش کیفیت منابع آب و خاک استان هرمزگان در سال‌های اخیر، تعیین آستانه کاهش رشد رویشی نهال مرکبات در شرایط مزرعه‌ای، اهمیت عملی زیادی دارد. آزمایش حاضر دارای دو فاکتور شوری و بور و شامل چهار سطح از آب شور منطقه (آب غیر شور (۰/۷۵)، ۱/۵ ، ۳ و ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتور بور دارای پنج مقدار بور (شاهد (<۰/۳)، ۱ ، ۲، ۳ و ۴میلی گرم بور در لیتر) بود. به‌طور کلی آستانه تحمل به شوری تحت تأثیر غلظت بور در آب آبیاری قرار گرفت. برهمکنش شوری و بور در آب آبیاری برای هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده، به‌ویژه در مقادیر بالای این دو فاکتور، در بیشتر مواقع با غالبیت یکی از این دو فاکتور آزمایش همراه بود که منجر به تأثیر ناچیز فاکتور دیگر بر پاسخ گیاهی مورد بررسی می‌شد. بر اساس صفات مورد بررسی و نتایج بدست آمده، توصیه می‌شود در مکان-هایی که شوری آب آبیاری بیش از ۳ دسی‌زیمنس بر متر و یا غلظت بور در آب آبیاری بیشتر از یک میلی‌گرم در لیتر می‌باشد، اقدام به احداث نهالستان مرکبات (با پایه لیموترش) نگردد و شایسته است کمیته فنی نهال استان نیز برای این‌گونه مکان‌ها مجوز تولید نهال صادر ننماید.

واژگان کلیدی: آب شور، آستانه تحمل، مرکبات

مقدمه

کاهش کیفیت منابع آب و خاک، سبب شده تا رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان و از جمله مرکبات که برای سالیان طولانی در استان‌های جنوبی کشت و منبع اصلی درآمد برای بیشتر خانواده‌ها بوده‌اند، در معرض خطر جدی قرار گیرند. این موضوع سبب مشکلاتی برای باغداران مرکبات استان‌های جنوبی بویژه استان هرمزگان شده است که از جمله می توان به ضعف و خشکیدگی حاشیه و نوک برگ درخت و بدنبال آن کاهش سطح فتوسنتز کننده اشاره کرد. در مورد دانهال‌های مرکبات، با در نظر گرفتن این موضوع که عموما نهال در مقایسه با گیاه بالغ آسیب پذیرتر است، این عارضه مرگ نهال را موجب می‌شود. از طرفی به‌منظور بازسازی باغات قدیمی و توسعه آنها و همچنین احداث مجدد باغاتی که در اثر جاروک لیموترش و یا بیماری گرینیگ و عارضه زوال مرکبات از بین رفته‌اند نیاز فزاینده‌ای به نهال‌های سالم و قوی مرکبات وجود دارد. در حاضر اغلب نهال‌های مرکبات استان از استان‌های مجاور وارد می‌شود که

این موضوع علاوه بر کاهش گیرایی و استقرار نهال‌های وارداتی در زمین اصلی، عامل ورود بسیاری از عوامل زنده مضر و بیماری‌ها به استان شده و سبب ایجاد بیماری‌های جدید و به هم خوردن شرایط اکولوژیک خاک گردیده و در درازمدت تأثیرات جبران ناپذیری بر میکروارگانیزم‌های بومی خاک و سلامتی درخت خواهد داشت. افزون بر این واردات نهال از استان‌های مجاور فرصت اشتغال نیروهای بومی در بخش تولید نهال را از بین خواهد برد. با این وجود تولید نهال سالم و قوی در استان نیز با موانعی روبروست که از جمله آنها کاهش کیفیت منابع آب و خاک در سالهای اخیر به‌سبب خشکسالی‌های متوالی است. به‌طوری که در بسیاری از آب‌های مورد استفاده در بخش کشاورزی، علاوه بر شور شدن آب آبیاری، غلظت بور آن نیز به حدی رسیده است که برای گیاه به‌ویژه نهال آسیب‌زا است و با تداوم خشکسالی این مقدار رو به افزایش است.

اگرچه بور یکی از عناصر ریز مغذی مورد نیاز برای رشد گیاه است. اما، دامنه غلظت‌های بور در محلول خاک که سبب بروز علائم کمبود و یا سمیت می‌شوند بسیار به هم نزدیک می‌باشد. در شرایطی که گفته شد همواره این سئوال برای تولیدکنندگان نهال و همچنین کمیته فنی نهال در استان مطرح بوده است که آستانه تحمل نهال مرکبات به محدودیتهای آب و خاک تا کجاست؟ به‌عبارت دیگر غلظتی از نمک و سایر املاح مضر همچون بور در آب که توسط نهال‌های مرکبات تحمل می‌شود، چه مقدار است؟ اگرچه در منابع علمی می‌توان آستانه تحمل به شوری و یا به سمیت بور (هر کدام به‌طور جداگانه) را پیدا کرد اما باید توجه داشت که معمولاً آستانه تحملی که در منابع علمی آمده برای درخت است و نه نهال یعنی بر اساس عملکرد درخت است درصورتی که برای نهال باید آستانه تحمل به شوری و یا سمیت بور بر اساس رشد رویشی مانند ارتفاع، سبز بودن برگها، قطر ساقه و ... باشد. حتی اگر آستانه تحمل برای نهال هم قابل دسترس باشد در شرایط هیدروپونیک، کشت‌های شنی و ... می‌باشد و با شرایط واقعی، که تولیدکننده درگیر آن است، متفاوت است.

از دیگر سو، آستانه تحمل به شوری و یا سمیّت بور با تغییر شرایط محیطی، برای مثال تغییرات اقلیمی (دما، خشک یا شرجی بودن هوا و ...)، نوع یون‌های تشکیل‌دهنده آب شور و یا خاک شور و .... تغییر می‌کند و بدیهی است که از این منظر (شرایط محیطی) وضعیت استان هرمزگان با اغلب نقاط کشور متفاوت است و آستانه تحمل به شوری و سمیت بور نهال مرکبات باید با توجه به شرایط استان تعیین گردد. معمولاً در شرایط آب و خاک استان مشکل شوری و سمیّت بور با هم مشاهده می‌شود، اما مسائل مربوط به سمیّت بور در مناطق شور، غالبا تحت‌الشعاع مسائل مربوط به شوری قرار داشته و کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین مطالعه این دو عامل محدودکننده به‌طور همزمان، از دیگر دلایل انجام این پژوهش بود؛ زیرا وجود زیادی بور می‌تواند بر روی آستانه تحمل به شوری تأثیرگذار باشد و از طرف دیگر، شوری هم ممکن است آستانه تحمل به شوری را متأثر سازد. با توجه به آنچه گفته شد هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر شوری و زیادی بور بر رشد رویشی پایه لیموترش و تعیین آستانه تحمل به دو عامل گفته شده در شرایط هرمزگان بود.

مواد و روش‌ها

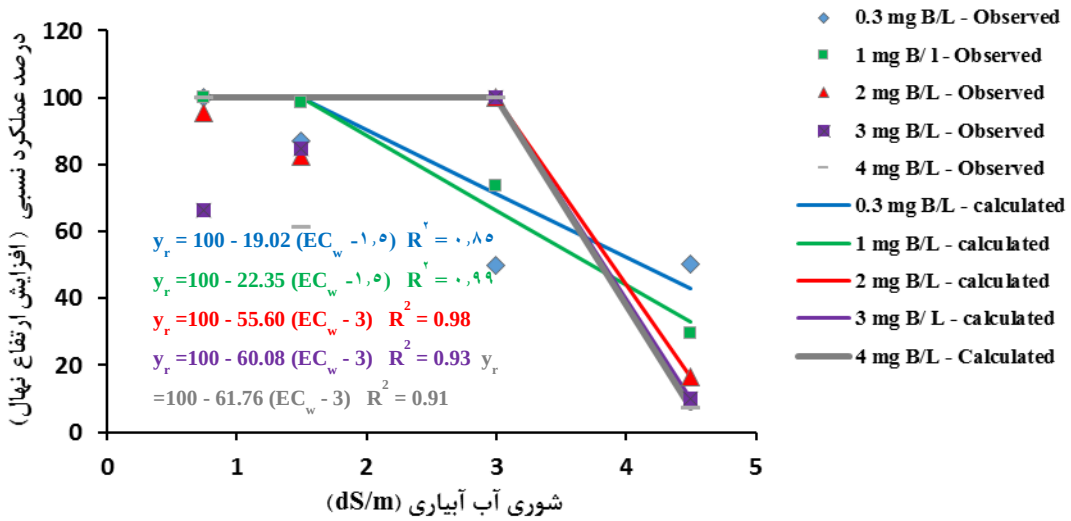
پژوهش حاضر به‌صورت گلدانی با دو فاکتور شوری و بور به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی دانهال‌های پایه لیموترش (*Citrus aurantifolia*) انجام شد. شوری شامل چهار سطح (آب غیر شور (۰/۷۵)، ۱/۵ ، ۳ و ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتور بور در برگیرنده پنج مقدار بور (شاهد (زیر ۰/۳)، ۱ ، ۲، ۳و ۴ میلی گرم بور در لیتر به صورت اسید بوریک) بود. تیمارهای شوری و بور از طریق آب آبیاری اعمال شدند. آب شور موردنیاز از چاه‌های آب شور منطقه تهیه و مطابق تیمارهای آزمایش رقیق‌سازی انجام گرفت برخه آبشویی نیز به مقدار ۰/۲ اعمال شد. پس از ۱۰ ماه از اعمال تیمارهای آزمایش، نهال‌ها از طوقه قطع گردیدند صفات رویشی از قبیل ارتفاع، قطر ساقه و شاخص کلروفیل برگ اندازه‌گیری شدند.

داده‌های به‌دست آمده از دو مرحله قبل بوسیله برنامه‌های مناسب آماری تجزیه و تحلیل شدند. و آستانه کاهش رشد برای شوری و بور بر اساس صفات رویشی اندازه‌گیری شده، تعیین گردیدند.

نتایج و بحث

همه صفات رویشی اندازه‌گیری شده در پایه لیموترش تحت تأثیر معنی‌دار تیمار شوری و یا بور و برهکمنش آنها قرار گرفتند. ارتفاع نهال یکی از پارامترهای مهم برای تولید نهال سالم و مشتری پسند می‌باشد و نهال مطلوب بایستی دارای ارتفاع مناسبی باشد. از آنجا که ارتفاع دانهال‌ها قبل از اعمال تیمارها تفاوتهایی با هم داشتند و دقیقا یک‌اندازه نبودند، بنابراین درصد افزایش ارتفاع دانهال در پایان آزمایش در مقایسه با قبل از اعمال تیمارها بررسی گردید.آستانه تحمل به شوری آب آبیاری (EC_w) برای ارتفاع دانهال پایه لیموترش بر اساس مدل Maas – Hoffman ، ۳ دسی-زیمنس بر متر بدست آمد. بر اساس این مدل، هنگامی که شوری آب آبیاری بیش از ۳ دسی‌زیمنس بر متر باشد، به ازاء هر واحد افزایش شوری آب آبیاری ارتفاع دانهال لیموترش به مقدار ۴۶/۶۵ درصد کاهش خواهد یافت.آستانه تحمل به زیادی بور در آب آبیاری برای افزایش ارتفاع دانهال یک میلی‌گرم در آب آبیاری بدست آمد.همچنین در غلظت بالاتر از آستانه تحمل، به‌ازاء افزایش هر میلی‌گرم بور در لیتر آب آبیاری، حدود ۱۸ درصد از افزایش ارتفاع دانهال کاسته خواهد شد. بررسی برهمکنش سطوح شوری و سطوح غلظت بور در آب آبیاری بر افزایش ارتفاع دانهال پایه لیموترش نشان داد که در غلظت‌های کمتر بور در آب آبیاری، با افزایش سطوح شوری آب آبیاری استفاده شده، به‌طور کلی افزایش ارتفاع نهال روند کاهشی داشته است. اما در مقادیر بالاتر غلظت بور در آب آبیاری با افزایش سطوح شوری، روند کاهشی گفته شده (به استثناء بالاترین سطح شوری) متوقف گردید که علت احتمالی آن، می‌تواند غالب شدن عامل محدودکننده سمیت بور نسبت به عامل شوری باشد. برخی از محققان کاهش اثر سمیت شوری با کاربرد بور را به کاهش جذب یون کلر توسط گیاه نسبت دادند اما اشاره کردند که مکانیزم این عمل هنوز مشخص نشده است (Yermiyahu et al., 2011; Yermiyahu et al., 2008).

شکل ۱ آستانه تحمل به شوری در مقادیر مختلف غلظت بور در آب آبیاری برای ارتفاع دانهال پایه لیموترش را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مذکور مشاهده می‌شود آستانه تحمل به شوری برای ارتفاع دانهال پایه لیموترش با افزایش غلظت بور در آب آبیاری افزایش یافته است. در مقادیر کمتر غلظت بور در آب آبیاری (۰/۳ و یک میلی‌گرم بور در لیتر آب آبیاری)، آستانه تحمل به‌شوری برای ارتفاع دانهال پایه لیموترش، ۱/۵ دسی زیمنس بر متر بدست آمد؛ لیکن در مقادیر بالاتر غلظت بور در آب آبیاری، آستانه تحمل به شوری آب آبیاری برای صفت گفته شده دو برابر شده و به ۳ دسی‌زیمنس بر متر رسید. غالب شدن عامل محدودکننده زیادی غلظت بور در آب آبیاری در مقایسه با مقدار شوری آبیاری برای صفت ارتفاع دانهال پایه لیموترش، می‌تواند از دلایل این مشاهده باشد. همچنین شیب کاهش ارتفاع دانهال به‌ازاء افزایش یک واحد شوری (پس از شوری آستانه تحمل)، برای مقادیر بالاتر بور آب آبیاری بیشتر بود (شکل ۱).



شکل ۱- آستانه تحمل به شوری در آب آبیاری (EC_w) در مقادیر مختلف غلظت بور برای ارتفاع دانهال لیموترش با کمک مدل Maas - Hoffman

قطر ساقه که در محل طوقه نهال اندازه‌گیری گردید یکی از پارامترها در انتخاب یک نهال سالم است. به‌طور کلی با افزایش غلظت بور در آب آبیاری، آستانه تحمل به شوری برای قطر طوقه افزایش یافت، همچنین شیب کاهشی قطر طوقه در مقادیر شوری بیش از آستانه تحمل به شوری، افزایشی بود. آستانه تحمل به شوری در غلظت کم بور آب آبیاری (۰/۳ میلی‌گرم در لیتر)، غلظت متوسط بور در آب آبیاری (یک تا ۳ میلی‌گرم در لیتر) و غلظت زیاد بور در آب

آبیاری (۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌ترتیب برابر با ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. از دلایل احتمالی این مشاهده غلبه عامل غلظت بور در آب آبیاری بر عامل شوری آبیاری برای صفت قطر طوقه دانهال پایه لیموترش، می‌باشد.
غلظت سبزینه یا کلروفیل برگ بر ظاهر و مشتری‌پسندی آن و همچنین بر مقدار فتوسنتز نهال تأثیرگذار است. در آزمایش حاضر این صفت گیاهی بوسیله "شاخص کلروفیل برگ" نمایندگی می‌شود. بررسی برهمکنش تأثیر سطوح شوری و غلظت بور در آب آبیاری بر شاخص کلروفیل برگ دانهال پایه لیموترش نشان داد در همه غلظت‌های بور آب آبیاری، افزایش سطوح شوری آب آبیاری سبب تغییرات کاهشی در مقدار شاخص کلروفیل برگ شده است؛ لیکن بیشترین کاهش به هنگام کاربرد آب با شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

تعیین آستانه تحمل نهال مرکبات به محدودیت‌های آب و خاک و از جمله شوری و غلظت بور در آب آبیاری از پرسش‌های همیشگی سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان نهال مرکبات بوده است. اگرچه در منابع علمی می‌توان آستانه تحمل به شوری و یا به سمیت بور (هر کدام به‌طور جداگانه) را پیدا کرد اما باید توجه داشت این حدود آستانه باید با شرایط واقعی، که تولیدکننده با آن سر و کار دارد، هماهنگ باشد. در پژوهش حاضر آستانه تحمل به شوری و بور آب آبیاری برای دانهال پایه لیموترش (مکزیکن لایم) که از پایه‌های رایج در منطقه می‌باشد، تعیین گردید. برای پایه لیموترش آستانه تحمل به شوری آب آبیاری برای پارامترهای ارتفاع، قطر طوقه، شاخص کلروفیل برگ، به ترتیب ۳، ۳، ۳ دسی زیمنس بر متر و آستانه تحمل به غلظت بور در آب آبیاری برای پارامترهای مذکور به ترتیب ۱، ۳، ۲ میلی-گرم بور در آب آبیاری حاصل شد. بنابراین آستانه تحمل به شوری و غلظت بو در آب آبیاری برای لیموترش بر اساس صفات اندازه‌گیری به ترتیب ۳ دسی‌زیمنس بر متر و یک میلی‌گرم بور در لیتر آب آبیاری پیشنهاد می‌شود.همچنین آستانه تحمل شوری تحت تأثیر غلظت بور قرار گرفت. برهمکنش شوری و بور در آب آبیاری برای هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده، بویژه در مقادیر بالای این دو فاکتور، عمدتاً با غالبیت یکی از این دو فاکتور همراه بود که منجر به تأثیر اندک فاکتور دیگر بر پاسخ گیاهی مورد بررسی می‌شد.

فهرست منابع

Maas, E. V., and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civil Eng. 103IR2:115-۱۳۴.

Yermiyahu, U., A. Ben-Gal and R. Keren. 2011. Treated Wastewater in ariculture: Use and Impacts on the Soil Environment and Crops, Edited by Guy J. Levy, Pinchas Fine and Asher Bar-Tal. Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-۴۰۵-۱۴۸۶۲-۷.

Yermiyahu, U., A. Ben-Gal, R. Keren and R. J. Reid. 2008. Combined effect of salinity and excess boron on plant growth and yield. Plant Soil 304: 73–8۷.

Assessing how salinity and boron toxicity affect vegetative growth and threshold value of some acid lime rootstock seedlings in Hormozgan condition

Yaaghoob Hosseini[1], Maryam Yektan Khodaee[2], Hamed Hassanzadeh Khnehkahdani[2]

[1]Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

[2] Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Abstract

Given the recent decline in the quality of water and soil resources in Hormozgan Province, determining the threshold of reduction in vegetative growth of citrus seedlings in field conditions holds significant practical significance. The present experiment comprises two factors, namely salinity and boron. It includes four levels of saline water, namely non-saline water (0.75), 1.5, 3, and 4.5 dS/m. Additionally, the boron factor comprises five levels of boron, namely control (0.3), 1, 2, 3, and 4 mg boron per liter. In general, the salinity tolerance threshold value was influenced by boron concentration in irrigation water. The interaction of salinity and boron in irrigation water for each of the measured parameters, especially in high values of these two factors, was associated with the dominance of one of these two factors in most cases, which led to an insignificant effect of the other factor on the plant response. Based on the investigated traits and the obtained results, it is recommended to not build a citrus nursery in places where the salinity of irrigation water is more than 3 dS/m or the concentration of boron in irrigation water is more than 1 mg/l, and it is appropriate that the technical committee of seedlings of the province should not issue a permit for the production of seedlings for such places.

Keywords: Citrus, Saline water Tolerance threshold value

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb. 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی و طبقه‌بندی سی‌وپنج هزار هکتار از اراضی دشت قزوین با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی

اعظم خسروی نژاد*[۱]، مهرزاد مستشاری [۲]

۱-محقق بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش کشاورزی و ترویج کشاورزی. قزوین، ایران .azam_khosravinejad@yahoo.com

۲ -دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، البرز، ایران. mm_mohasses@yahoo.com

چکیده

خاک یک عامل کلیدی در تولید محصولات کشاورزی است و میزان محصول در هر واحد سطح به خصوصیات آن وابسته است؛ بنابراین، آگاهی از انواع خاک‌ها و ویژگی‌های آن‌ها می‌تواند به ما کمک کند تا محدودیت‌ها و پتانسیل‌های آن‌ها را شناسایی کرده و به بهره‌وری بالاتر از خاک دست‌یابیم. با توجه به رشد سریع جمعیت و توسعه شهرها عوامل مؤثری در محدود شدن زمین برای کشاورزی به شمار می‌آیند نیاز به استفاده بهینه از اراضی بیش از هر زمان دیگری احساس می‌گردد. کشاورزی پایدار در صورتی تحقق می‌یابد که اراضی بر مبنای تناسب برای انواع مختلف کاربری‌ها طبقه‌بندی‌شده و مورداستفاده قرار گیرند با توجه به مطالعات صحرایی و نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و با استفاده از نشریه طبقه‌بندی اراضی، تمام اراضی موردمطالعه به کلاس‌ها و تحت کلاس‌ها تقسیم‌بندی گشت.

واژگان کلیدی: تیپ اراضی، روش ماهلر، نقشه خاک

مقدمه

ایران هجدهمین کشور وسیع دنیا است، اما ازنظر خاک به‌ویژه خاک مناسب کشاورزی چنین جایگاهی را ندارد. از ۱۰۰ میلیون هکتار وسعت کشور، تنها حدود ۷۹ میلیون هکتار سطح کشور پوشیده از خاک است (روزی‌طلب و همکاران، ۲۰۱۸) که از این مقدار حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار در چرخه تولید محصولات کشاورزی قرار دارد. اراضی زیر کشت آبی که حدود ۱۲ درصد محصول کشور در آن‌ها تولید می‌شود، حدود هشت میلیون هکتار است. نکته قابل‌توجه این است که ۶/۸ میلیون هکتار از این ۸ میلیون هکتار، دارای محدودیت‌های مختلف (ازجمله شوری، سنگریزه دار بودن، کم‌عمقی) بوده و تنها ۱/۲ میلیون هکتار از اراضی آبی کشور فاقد هرگونه محدودیتی است (بی نام، ۱۳۹۳). مطالعات

خاک‌شناسی باهدف تعیین خصوصیات خاک‌ها و طبقه‌بندی اراضی و ارائه روش‌های بهره‌وری برای بالا بردن کشت و بازده محصول در واحد سطح صورت می‌گیرد. اطلاعات خاک‌شناسی یکی از مهم‌ترین منابع اطلاعات در مدیریت منابع طبیعی است در این تحقیقات خاک‌ها با توجه به خصوصیات ظاهری از قبیل شیب و پستی بلندی و فرسایش و مشخصات فیزیکی و شیمیائی موردمطالعه و بررسی قرارگرفته و بر اساس روش F.A.O/UNESCOطبقه‌بندی گردیده است (فائو،۲۰۰۶). هدف از این طبقه‌بندی، ارزیابی مقدماتی از اراضی، شناخت محدودیت‌های فعلی و خطرات تخریب و انحطاط آن‌ها را در رابطه با عوامل خاکی (مانند شوری و سدیمی بودن)، فرسایشی (مانند ناهمواری) و زهکشی بوده است (فائو، ۲۰۰۶).

مواد روش

این مطالعه بر روی ۳۵ هزار هکتار از اراضی دشت قزوین که دارای مطالعات خاکشناسی در سال ۱۳۵۰ بود انجام پذیرفت برای این منظور ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مرز منطقه واحدهای فیزیوگرافی جدا شدند. سپس با تفسیر عکس‌های هوایی و نقشه ۱/۵۰۰۰۰ و کمک نقشه توپوگرافی منطقه با همان مقیاس محل دقیق پروفیل شاهد تعیین‌شده و پس از انطباق به حفر ۱۶پروفیل گردید که از هر افق نمونه‌برداری انجام گرفت. خصوصیات هر یک از افق‌های نمونه‌برداری شده نظیر رنگ، بافت و ساختمان، درصد سنگریزه، تجمع آهک و گچ، میزان پایداری ذرات خاک، پراکندگی ریشه و خصوصیات حاصلخیزی در (آزمایشگاه خاکشناسی) انجام شد و سپس در کارت تشریح پروفیل خاک ثبت گردید. خصوصیات اراضی از قبیل شکل اراضی، انواع واحدهای فیزیوگرافی، پوشش گیاهی، شیب، میکرورلیف، فرسایش، زهکشی، نفوذپذیری، سیل گیری، شوری و قلیاییت، عمق آب زیرزمینی و خصوصیات دیگر در هر واحد اراضی مطالعه گردیدو بروزرسانی مطالعات بر اساس داده های جدید صورت پذیرفت

مرحله تجزیه آزمایشگاهی

آزمایش‌های فیزیکی خاک که شامل تعیین بافت خاک (با استفاده از روش هیدرومتری)، تعیین درصد سنگ و سنگریزه (با استفاده از روش الک)، تعیین درصد گچ و آهک (با استفاده از روش تیتراسیون) انجام گردید (امامی و احیایی ۱۳۷۶ و ۱۳۷۵). آزمایش‌های شیمیایی خاک که شامل اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (با استفاده از دستگاه EC متر)، اسیدیته (با استفاده از دستگاه PH متر)، کربنات کلسیم و منیزیم (با استفاده از روش تیتراسیون)، میزان سدیم و نسبت جذب سدیم (با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر) انجام پذیرفت (امامی و احیایی ۱۳۷۶ و ۱۳۷۵). سپس از روش ارزیابی ماهلر نشریه ۲۰۵ جهت طبقه‌بندی اراضی استفاده گردید.

نتایج

در منطقه موردمطالعه با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی خاک‌ها، نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و وضعیت اراضی به‌طورکلی دو کلاس و پنج تحت کلاس به شرح زیر تشخیص داده‌شده است.

۱- اراضی کلاس II

اراضی قابل‌کشت برای زراعت‌های آبی که دارای اشکالات و محدودیت‌های کمی است و به علت داشتن یک و یا چند عامل محدودکننده درآمد کلی در واحد سطح در این اراضی کمتر از اراضی درجه I می‌باشد. مساحت این اراضی ۳۰۴۶۹/۳ هکتار معادل ۸۶ درصد از کل اراضی را شامل شده و از سه تحت کلاس به شرح زیر تشکیل یافته است:

IIS: اراضی در این تحت کلاس دارای محدودیت‌های کمی است که به وجود کمی سنگریزه در خاک سطحی و قابلیت نفوذ آهسته مربوط می‌شود. مساحت این اراضی ۲۸۲۵/۶ هکتار معادل ۸ درصد از کل اراضی می‌باشد.

IIT: اراضی در این تحت کلاس دارای محدودیت‌های کمی است که به وجود کمی سنگریزه در خاک سطحی و یا به وجود کمی فرسایش بادی مربوط می‌شود. مساحت این اراضی ۱۱۱۸۷/۶ هکتار معادل ۳۱/۶ درصد از کل اراضی می‌باشد.

IIST: اراضی در این تحت کلاس دارای محدودیت‌های کمی است که به وجود کمی فرسایش بادی و سنگریزه در خاک سطحی و قابلیت نفوذ آهسته سریع مربوط می‌شود. مساحت این اراضی ۱۶۴۵۶/۱ هکتار معادل ۴۶/۴ درصد از کل اراضی می‌باشد.

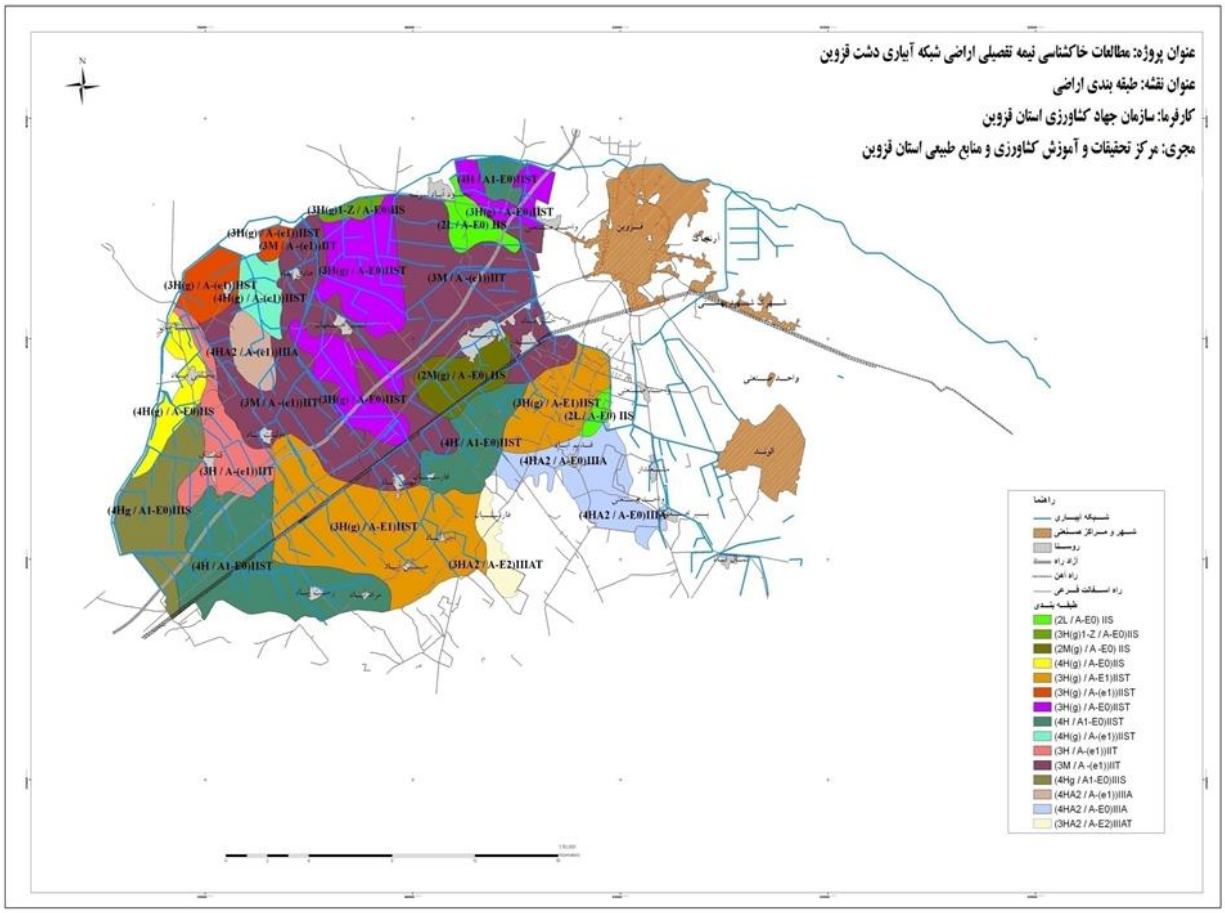
۲ - اراضی کلاس III

اراضی قابل‌کشت که برای زراعت‌های آبی دارای اشکالات و محدودیت‌های نسبتاً زیادی است و به علت داشتن یک و یا چند عامل محدودکننده درآمد کلی در واحد سطح در این اراضی کمتر از اراضی درجه II می‌باشد. مساحت این اراضی ۴۸۸۸ هکتار معادل ۱۴ درصد از کل اراضی را شامل شده و از سه تحت کلاس به شرح زیر تشکیل یافته است:

IIIS: اراضی در این تحت کلاس دارای محدودیت‌های نسبتاً زیادی است که به وجود سنگ‌ریزه در سطح خاک مربوط می‌شود. مساحت این اراضی ۱۹۶۳ هکتار معادل ۵/۶ درصد از کل اراضی می‌باشد.

IIIA: اراضی در این تحت کلاس دارای محدودیت‌های نسبتاً زیادی است که به وجود قلیاییت نسبتاً زیاد خاک مربوط می‌شود. مساحت این اراضی ۲۴۴۷/۶ هکتار معادل ۶/۹ درصد از کل اراضی می‌باشد.

IIIAT: اراضی در این تحت کلاس دارای محدودیت‌های نسبتاً زیادی است که به قلیاییت نسبتاً زیاد خاک و فرسایش آبی نسبتاً زیاد مربوط می‌شود. مساحت این اراضی ۴۷۷/۴ هکتار معادل ۱/۴ درصد از کل اراضی می‌باشد



شکل ۱-نقشه طبقه‌بندی اراضی تحت شبکه آبیاری

منابع

۱-احیایی، م. (۱۳۷۶). شرح روش‌های تجزیه خاک’جلد دوم، نشریه شماره ۱۰۲۴’ موسسه تحقیقات خاک و آب.

۲-امامی، ع.(۱۳۷۵). روش‌های تجزیه خاک جلد اول. نشریه شماره ۹۸۲، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۳- بی نام .(۱۳۹۳) .گزارش مبانی و ارکان برنامه راهبردی موسسه تحقیقات خاک و آب .سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی

۴-FAO(2006) World reference base for soil resources A framework for international classification,correlation and communication

۵-□ahler,p.j.Manual of land classification for Irrigation soil and water research institute,pub.No205,1979

6-□□□□□□□□□□, □.□. □. □□□□□□, □□□ □. □□□□□□□. ۲۰۱۸. □□□ □□□□□ □□ □□□□. □□□□□ □□□□□ □□□□ □□□□□□.
Speringer, Switzerland.

Evaluation and classification of 35 thousand lands of Qazvin Plain using geographic information system technique

Azam Khosrovinejad [1], Mehrzad Manshesari [2]

Researcher of soil and water research department, research center, agricultural education and natural resources of Qazvin province, research organization, agricultural education and agricultural extension. Qazvin, Iran. azam_khosravinejad@yahoo.com.
Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Alborz, Iran.
mm_mohasses@yahoo.com

Abstract

Soil is a key factor in agricultural production and crop yield per unit area depends on its characteristics. Therefore, knowledge of different types of soils and their properties can help us to identify their limitations and potentials and achieve higher productivity from soil. Considering the rapid population growth and urban development, which are effective factors in limiting land for agriculture, the need for optimal use of land is felt more than ever. Sustainable agriculture is achieved when lands are classified based on suitability for different types of uses and are used accordingly. Based on desert studies and laboratory results of soil samples, using the land classification publication, all lands under study were divided into classes and subclasses.

Keywords: Land type, Mahler's method, soil map

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb. 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

پهنه‌بندی و تناسب اراضی کشاورزی در دشت قزوین جهت کشت جو و یونجه

اعظم خسروی نژاد [۱]، مهرزاد مستشاری [۲]، جعفر شهابی فر [۳]

۱-محقق بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش کشاورزی و ترویج کشاورزی. قزوین، ایران. ایران .azam_khosravinejad@yahoo.com

۲-دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، البرز، ایرانmm_mohasses@yahoo.com

۳- شهابی فر عضو استاد یار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش کشاورزی و ترویج کشاورزی. قزوین، ایران .shahabifar1@yahoo.com

چکیده

این مطالعه در اراضی دشت قزوین به مساحت سی‌وپنج هزار هکتار باهدف تناسب اراضی برای محصول جو و یونجه انجام گرفت. منطقه مطالعاتی دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی ترمیک می‌باشد. ابتدا در هر واحد خاک یک پروفیل حفر و سپس خاک‌ها بر اساس تاکسونومی ۲۰۱۴ طبقه‌بندی گردید. خاک‌ها در دو رده انتی سول و رده اینسپتی سول طبقه‌بندی شد. سپس با استفاده از نیازهای رویشی، اقلیمی و نیازهای خاکی به‌دست‌آمده کلاس تناسب اراضی برای محصول به روش فائو مشخص گردید. نتایج نشان می‌دهد که کلاس اقلیمی برای محصول جو S1 کلاس تناسب خاک S2 دارای محدودیت حاصلخیزی خاک، اسیدیته خاک و بالا بودن آهک خاک است یونجه نیز دارای کلاس اقلیمی S1 و تناسب خاک S2 می‌باشد مهم‌ترین عوامل محدودکننده منطقه اسیدیته وآهک خاک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نقشه تناسب اراضی، محصولات زراعی، محدودیت، دشت قزوین

مقدمه

استفاده بهینه از اراضی برای تأمین احتیاجات جمعیت در حال رشد یکی از موضوعات بسیار مهم و اساسی در اغلب کشورهای درحال‌توسعه ازجمله ایران است .بهره‌برداری پیوسته و دائمی از اراضی کشاورزی بدون توجه به‌تناسب آن‌ها در دهه‌های گذشته سبب وارد شدن بیشترین خسارت به منابع طبیعی گردیده، لذا ارزیابی مناسب و به‌موقع اراضی بر اساس خصوصیات و کیفیت اراضی و نیازمندی‌های کاربری برای حل این مشکل ضروری است (FAO,1 976). در همین زمینه معصومی و همکاران (۱۳۹۷) با ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت درختان گـردو و بـادام دربرشی از اراضی پایاب سد آزاد در شهرستان سنندج استان کردستان نشان دادند کلاس تناسب سرزمین بـرای ایـن دو محصول با وجود اقلیم مناسب، به دلیل عمق خاک، بافت و سنگریزه و گـاهی آهـک، بیشـتر در کلاس‌های تناسـب بحرانی S3 تا نامناسب N قرار دارد. برمبنای یافته‌های این تحقیق، یگان‌های مؤلف این سرزمین بـه دلیـل ویژگی‌های متفاوت خاک و ناهمواری، کلاس تناسب گوناگونی برای محصولات مدنظر دارند. خسروی نژاد و همکاران (۱۴۰۰) اراضی دشت

قزوین را مورد ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی برای محصولات چغندرقند، گندم، کلزا، خیار و لوبیا از طریق روش پارامتریک قراردادند .بر اساس نتایج طبقه‌بندی تناسب اراضی محصولات زراعی، بیشترین وسعت اراضی کلاس S1 مربوط به چغندرقند، S2 به گندم، S3 به کلزا، N1 به خیار و N2 به لوبیا است. نتایج ارزیابی تناسب اقلیمی برای کاشت نخل خرمای کبکاب توسط دیالمی (۱۳۹۶) در استان‌های بوشهر، فارس و خوزستان با استفاده از روش‌های فائو شامل محدودیت ساده، تعداد و شدت محدودیت و پارامتریک، نشان داد که مناطق موردمطالعه در هر سه استان، دارای کلاس تناسب اقلیمی S2 می‌باشند. در این مطالعه، ارزیابی کیفی تناسب اراضی (خاک و اقلیم) برای کاشت نخل خرمای کبکاب بر اساس روش محدودیت ساده، نشان داد که ۲۹٪، ۶۸٪ و ۳٪ اراضی موردمطالعه در استان بوشهر به ترتیب در کلاس‌های تناسب S2، S3 و N؛ ۳۰٪ و ۷۰٪ اراضی موردمطالعه در استان فارس به ترتیب در کلاس‌های تناسب S2 و S3 و ۸۲٪ و ۱۸٪ اراضی موردمطالعه در استان خوزستان به ترتیب در کلاس‌های تناسب S2 و S3 قرار می‌گیرند. همچنین نتایج ارزیابی کیفی بر اساس روش پارامتریک (ریشه دوم)، نشان داد که ۷۱٪ و ۲۹٪ اراضی موردمطالعه در استان بوشهر به ترتیب در کلاس‌های تناسب S3 و N؛ ۹۰٪ و ۱۰٪ اراضی موردمطالعه در استان فارس به ترتیب در کلاس‌های تناسب S3 و S2 و ۱۰۰٪ اراضی موردمطالعه در استان خوزستان در کلاس تناسب S3 واقع می‌شوند.

مواد و روش

منطقه موردمطالعه در ۳۵ هزار هکتار از اراضی تحت شبکه آبیاری شهر قزوین (قسمتی از دشت قزوین)، واقع در استان قزوین است. این محدوده در حدفاصل ´۵۶ °۴۹ و ´۰۳ °۵۰ طول جغرافیایی شرقی و ´۱۰ °۳۶ و ´۱۹ °۳۶ طول جغرافیایی شمالی واقع‌شده است که در فاصله حدود ۱۵۰ کیلومتری شمال غربی تهران قرارگرفته است. ارتفاع حداکثر در منطقه ۲۸۳۳ متر و ارتفاع حداقل ۱۱۴۱ متر و متوسط ارتفاع ۱۲۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس اقلیم نمای دومارتن جزء اقلیم نیمه‌خشک و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. منطقه مطالعاتی دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی ترمیک می‌باشد. برای این منظور ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مرز منطقه واحدهای فیزیوگرافی جدا شدند. سپس با تفسیر عکس‌های هوایی و نقشه ۱/۵۰۰۰۰ و کمک نقشه توپوگرافی منطقه با همان مقیاس محل دقیق پروفیل تعیین‌شده و پس از انطباق به حفر پروفیل گردید. سپس در هر افق نمونه‌برداری انجام گرفت. خصوصیات هر یک از افق‌های نمونه‌برداری شده نظیر رنگ، بافت و ساختمان، درصد سنگریزه، تجمع آهک و گچ، میزان پایداری ذرات خاک، پراکندگی ریشه و خصوصیات حاصلخیزی در (آزمایشگاه خاکشناسی) انجام شد و سپس در کارت تشریح پروفیل خاک ثبت گردید. خصوصیات اراضی از قبیل شکل اراضی، انواع واحدهای فیزیوگرافی، پوشش گیاهی، شیب، میکرورلیف، فرسایش، زهکشی، نفوذپذیری، سیل گیری، شوری و قلیاییت، عمق آب زیرزمینی و خصوصیات دیگر در هر واحد اراضی مطالعه گردید. آزمایش‌های فیزیکی خاک که شامل تعیین بافت خاک (با استفاده از روش هیدرومتری)، تعیین درصد سنگ و سنگریزه (با استفاده از روش الک)، تعیین درصد گچ و آهک (با استفاده از روش تیتراسیون) انجام گردید (علی احیایی، ۱۳۷۶) آزمایش‌های شیمیایی خاک که شامل اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (با استفاده از دستگاه EC متر)، اندازه‌گیری

اسیدیته (با استفاده از دستگاه PH متر)، اندازه‌گیری کربنات کلسیم و منیزیم (با استفاده از روش تیتراسیون)، اندازه‌گیری میزان سدیم و نسبت جذب سدیم (با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر) و اندازه‌گیری گچ (با استفاده از استون) انجام پذیرفت (امامی،۱۳۷۵). سپس داده‌های هواشناسی جمع‌آوری گردید و در مرحله آخر روش پارامتریک ریشه دوم تناسب اراضی و کلاس اراضی به دست می‌آید (ایوبی،۱۳۷۵).

در این روش از رابطه زیر استفاده می‌شود

$$CI = Rmin \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100}}$$

CI = شاخص

Rmin = درجه حداقل

A و ... درجات اختصاص داده‌شده به مشخصه‌ها می‌باشند. با استفاده از شاخص‌های محاسبه‌شده، کلاس تناسب تعیین می‌شود

که بر این اساس به دو رده تناسب مناسب و رده مناسب با علامت (S) و رده نامناسب با علامت (N) و چندین کلاس تناسب اراضی شامل. کلاس‌های (S1) با تناسب زیاد، (S2) با تناسب متوسط و کلاس (S3) با تناسب کم، سه کلاس توصیه‌شده برای رده مناسب است، همچنین کلاس (N1) یا نامناسب در حال حاضر و کلاس (N2) به‌عنوان نامناسب دائمی دو کلاس توصیه‌شده برای رده نامناسب است. تحت کلاس‌های تناسب اراضی نوع محدودیت‌ها و یا نوع عملیات اصلی اصلاحی لازم برای کلاس‌ها را مشخص می‌کنند؛ که عبارت‌اند از:

c: محدودیت‌های اقلیمی،w: محدودیت‌های رطوبتی

t: محدودیت‌های مربوط به پستی‌وبلندی، s: محدودیت‌هایی مربوط به خاک

f: محدودیت‌های حاصلخیزی،n: محدودیت‌های شوری و سدیمی

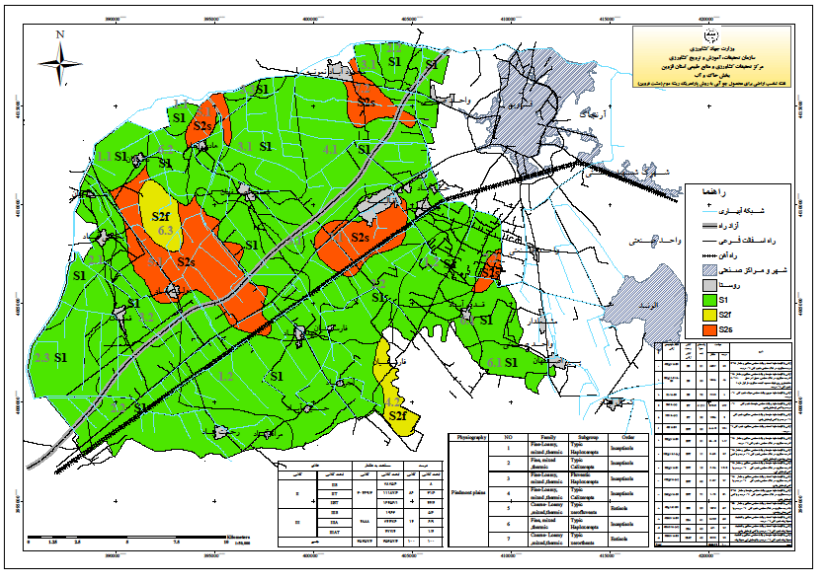
نتایج و بحث

با توجه به جدول مربوط به نیازهای اقلیمی جو آبی و دیم و همچنین جدول مربوط به اطلاعات هواشناسی منطقه موردمطالعه، اقلیم منطقه برای کشت جو آبی در کلاس مناسب (S1) است و نتایج تناسب اراضی برای محصول جو نشان داد که ۲۹۵۶۵ هکتار دارای تناسب فعلی مناسب (S1) است که ۸۳/۶۱ درصد کل اراضی منطقه می‌باشد؛ و ۱۰۴۸/۴ هکتار معادل ۲/۹۷ درصد کل اراضی منطقه دارای تناسب فعلی نسبتاً مناسب (S2f) و دارای محدودیت حاصلخیزی خاک، اسیدیته خاک است که پس از اصلاح اسیدیته، این اراضی دارای تناسب آتی مناسب (S1) خواهند

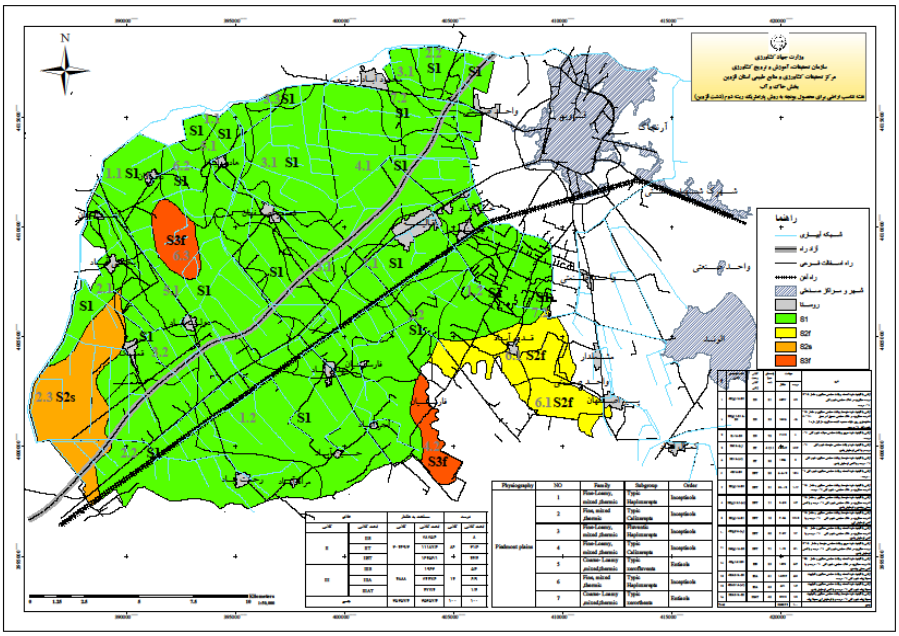
بود و ۴۷۷۴ هکتار از اراضی معادل ۱۳/۴۲ درصد کل اراضی دارای تناسب فعلی نسبتاً مناسب (S2s) و دارای محدودیت آهک خاک است که به علت دارا بودن عامل غیرقابل اصلاح در آینده هم در کلاس آتی آن دارای تناسب نسبتاً مناسب (S2s) باقی خواهند ماند (شکل ۱).

ارزیابی خصوصیات اراضی برای محصول یونجه

با توجه به جدول مربوط به نیازهای اقلیمی یونجه و همچنین جدول مربوط به اطلاعات هواشناسی منطقه موردمطالعه، اقلیم منطقه برای کشت یونجه در کلاس مناسب (S1) قرار می‌گیرد و تناسب اراضی به روش پارامتریک نشان داد که ۳۰۴۶۹/۳ هکتار معادل۸۶/۱۸ درصد دارای تناسب فعلی مناسب (S1) است و تناسب آتی آن نیز مناسب (S1) خواهد بود و ۱۸۷۶/۷ هکتار معادل ۵/۳ درصد دارای تناسب فعلی نسبتاً مناسب (S2f) و دارای محدودیت حاصلخیزی خاک، اسیدیته خاک است که پس از اصلاح اسیدیته، این اراضی دارای تناسب آتی مناسب (S1) خواهند بود. ۱۹۶۳ هکتار معادل ۵/۵۵ درصد کل اراضی منطقه‌ای دارای تناسب فعلی نسبتاً مناسب (S2s) و دارای محدودیت فیزیکی، شامل آهک نسبتاً زیاد خاک است که به علت دارا بودن عامل غیرقابل اصلاح در آینده هم در کلاس آتی آن دارای تناسب نسبتاً مناسب (S2s) باقی خواهند ماند (شکل ۲).



شکل ۱-نقشه تناسب اراضی محصول جو



شکل ۲-نقشه تناسب اراضی محصول یونجه

منابع

۱-احیایی، م.(۱۳۷۶). شرح روش‌های تجزیه خاک’جلد دوم، نشریه شماره ۱۰۲۴’ موسسه تحقیقات آب‌وخاک

۲-امامی، ع.(۱۳۷۵). روش‌های تجزیه خاک جلد اول. نشریه شماره ۹۸۲، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۳-ایوبی، ش.(۱۳۷۵). ارزیابی تناسب اراضی (کاربرهای کشاورزی و منابع طبیعی) مرکز نشر دانش گاه صنعتی اصفهان.

۴-دیالمی، ح. گیوی. م. ج. نادری خوراستگانی. م. تقی زاده مهرجردی. ر. ا، احمد پور برازجانی. م. ۱۳۹۶. ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرمای رقم کبکاب (Phoenix dactylifera L.cv Kabkob) در استان بوشهر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد ۷. شماره ۲.

۵-خسروی نژاد، ا.نویدی، ن.مستشاری، م.اسکندری، م.محمد اسماعیل، ز.دلسوز خاکی، ب.باقر بداغی، م.ضیایی، ع. ابراهیمی میمند، ف. (۱۴۰۰). تعیین تناسب اراضی برای محصولات زراعی و باغی در دشت های آبی کشورقزوین نشریه شماره ۹۴۵۲-۱۰-۱۰-۰۱۴. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۶-معصومی، ح. فاتحی، ش، فلاحی، ش. علوی، س. (۱۳۹۷) ارزیابی کیفی تناسب سرزمین جهت کشت درختان گردو و بادام در بخشی از اراضی پایاب سد آزاد شهرستان سنندج، استان کردستان ششمین کنفرانس بین المللی پروژه های کاربردی در علوم کشاورزی، دانشگاه خوارزمی، تهران.

۷-□□□. ۱۹۷۶. □ □□□□□□□□□ □□□ □and evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome, Italy

۸-Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy, 12th ed. USDA, NRCS. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

۹-□□□, □. □□□ □□□□□, □. □□□ □□□□□□□□, □. ۱۹۹۱□. □□□□ □□□□□□□□□□. □□□□ □. □□□□□□□□□□ □□ □□□□ evaluation and crop production calculation, International training center for post graduate soil scientist. Ghent University, Ghent, 274 pp.

Zoning and suitability of agricultural lands in Qazvin city for barley and alfalfa cultivation

Azam Khosrovinejad [1], Mehrzad Manshesari [2], Jaafar Shahabifar [3]

Researcher of soil and water research department, research center, agricultural education and natural resources of Qazvin province, research organization, agricultural education and agricultural extension. Qazvin, Iran.
Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Alborz, Iran.
member of the academic staff of the Soil and Water Research Department, Qazvin Province
Assistant Professor of soil and water research department, research center, agricultural education and natural resources of Qazvin province, research organization, agricultural education and agricultural extension. Qazvin, Iran.. shahabifar1@yahoo.com.

Abstract

This study was conducted in the Qazvin plain with an area of 35,000 hectares to determine the suitability of land for barley and alfalfa crops. The study area has a xeric moisture regime and a thermic temperature regime. First, a profile was dug in each soil unit and then the soils were classified according to the 2018 taxonomy. The soils were classified in two orders of Entisols and Inceptisols. Then, the growth, climatic and soil requirements were obtained and the land suitability class for the crop was determined by the FAO method. The results show that the climatic class for barley crop is S1 and the soil suitability class is S2 with soil fertility, soil acidity and high soil lime limitations. Alfalfa also has a climatic class of S1 and a soil suitability class of S2. The most important limiting factors in the area are soil acidity and limitations soil lime.

Keywords: land suitability map, agricultural crops, limitation, Qazvin plain

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

جداسازی و ارزیابی کارایی باکتری‌های بومی حل کننده ترکیبات نامحلول فسفر خاک در کشت نیشکر

علی محوحی*، حسنعلی خاتین‌زاده
تحقیقات کشاورزی، کشت و صنعت نیشکر کارون، شوشتر، ایران

چکیده
ضرورت دستیابی به یک گونه میکروبی کارآمد از باکتری‌های بومی حل کننده فسفات و قابلیت جایگزینی آن با کودهای شیمیایی از اهداف این پژوهش است. به‌منظور بررسی فلور میکروبی خاک، پس از نمونه‌برداری خاک از ریزوسفر واریته‌های مختلف نیشکر در سنین مختلف اراضی شرکت کشت و صنعت کارون، باکتری‌های توانمند در انحلال ترکیبات نامحلول فسفره در محیط کشت اختصاصی جامد و مایع جداسازی شدند. ترکیبی از این باکتری‌ها به خاک نمونه‌برداری شده از مزارع تحت کشت نیشکر مایه زنی شده و غلظت فسفر قابل دسترس خاک با شاهد مقایسه شد. نتایج نشان داد که کارایی باکتری‌ها در افزایش قابلیت دسترسی فسفر خاک در تمام سنین راتون، نسبت به سن پلنت بیشتر بود. از سوی دیگر، با افزایش سن راتون، درصد کاهش اکتا کلسیم فسفات در حضور باکتری‌ها بیشتر بود که نشان دهنده اثر قابل توجه باکتری‌ها در انحلال ترکیبات نامحلول فسفر خاک و تبدیل آن به فرم قابل دسترس است. همچنین، کارایی این باکتری‌ها در مزرعه تحت کشت نیشکر بررسی و با تیمارهای شاهد و کودهای معدنی مقایسه شد. نتایج نشان داد که استفاده از منابع بومی میکروبی خاک نقش قابل توجهی در ارتقای فسفر قابل دسترس خاک و در نتیجه، افزایش عملکرد کمی و کیفی نیشکر داشته و جایگزین مناسبی برای کودهای معدنی است.

واژگان کلیدی: فسفر قابل دسترس خاک، باکتری‌های بومی حل کننده فسفات، ریزوسفر، نیشکر، بازرویی

مقدمه

سالانه بین ۱۱ الی ۲۳ درصد فسفر اضافه شده به خاک به دلیل آهکی بودن اکثر خاک‌ها، وجود pH بالا، تنش خشکی و وجود بی‌کربنات در آب آبیاری و کمبود مواد آلی موجود در خاک و همچنین در اثر ترکیب با یون‌های کلسیم، آلومینیوم و آهن در خاک به صورت رسوب در می‌آید و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Kacar and Katkat, 2010). بخش زیادی از فسفر غیرآلی که به صورت کودهای شیمیایی به کاربرده می شود به سرعت تثبیت شده و به فرم غیرقابل دسترس و غیرقابل حل برای گیاه تبدیل می شود (Kacar and Katkat, 2010). با توجه به اهمیت فسفر به عنوان یکی از عناصر غذایی پرمصرف برای محصولات کشاورزی، استفاده از کود میکروبی فسفاته مورد توجه است (ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده از کودهای زیستی ازجمله کودهای حاوی باکتری های حل کننده فسفات در راستای کشاورزی پایدار ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش برداشت محصولات کشاورزی است. مطالعات زیادی بر روی امکان استفاده از کودهای زیستی بر روی محصولات متعدد به عمل آمده است (احتشامی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Liu and Chen,

(۲۰۰۷. باکتری‌های حل‌کننده فسفات مناسب‌ترین جایگزین کودهای شیمیایی و سازگارترین کودهای زیستی با محیط زیست در کشاورزی پایدار می‌باشند که به دلیل اثرات جداگانه و متقابل روی یکدیگر و گیاهان میزبان، مورد توجه بسیاری از محققین قرارگرفته‌اند (Franco et al., 2010; Garbaye, 1994). در واقع کودهای زیستی به مواد حاصلخیز کننده‌ای گفته می شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چندگونه از موجودات مفید خاکزی هستند که روی مواد نگه دارنده مناسبی عرضه می‌شوند (Izquierdo *et al*., 2005). بهره گیری از باکتری‌های حل کننده فسفات به فرآیند انحلال و فراهمی فسفات برای گیاه کمک خواهد نمود (حیدریان و ساریخانی، ۱۳۹۰). ضرورت دستیابی به یک گونه میکروبی کارآمد با زمان ماندگاری بالا و قابلیت جایگزینی با کودهای شیمیایی موضوع این تحقیق است و ضرورت پرداختن به آن احساس می‌شود تا با دستیابی به ترکیب مناسب باکتری و بستر شیمیایی آلی بتوان کود میکروبی فسفاته تولید و عرضه کرد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- بررسی وضعیت فسفر خاک

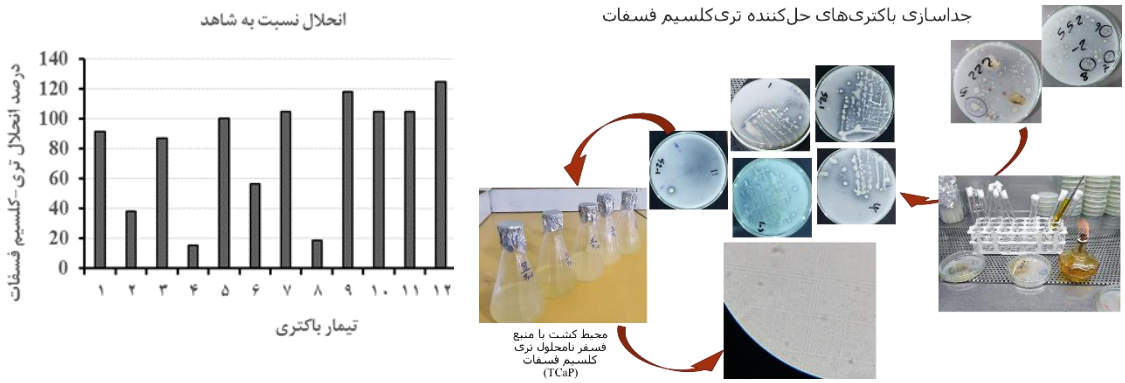
نمونه‌های خاک از محیط رشد ریشه واریته (CP48_103, CP69_1062, CP73_21) و سنین رشد مختلف (P, R_1, R_2, R_3) نیشکر از مزارع داشت تحت کشت و صنعت نیشکر کارون انتخاب و پس از هوا خشک کردن خاک مورد نظر و عبور از الک دو میلی‌متری، فسفر قابل دسترس (Olsen and Sommers, 1982) اندازه‌گیری شد.

۲-۲-جداسازی باکتری‌های حل‌کننده فسفر:

به‌منظور بررسی فلور میکروبی خاک نمونه‌برداری از ریزوسفر واریته‌های مختلف نیشکر با سنین مختلف در اراضی کشت و صنعت کارون انجام شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک حاشیه پشته کشت نیشکر جمع آوری و درون ظروف یک بار مصرف استریل به آزمایشگاه منتقل شدند. در ابتدا ۵ گرم از خاک مزارع به ۴۵ میلی لیتر محیط کشت اختصاصی حاوی تری کلسیم فسفات ۱۰ درصد اضافه گردید (Susilowati and Syekhfani, 2014). محیط کشت‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۸ درجه سلسیوس گرمخانه قرار گرفته و در ادامه کلنی‌های دارای هاله شفاف حل شده تری کلسیم فسفات جداسازی شدند (Karpagam and Nagalakshmi, 2014).

۲-۳-ارزیابی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای کارایی باکتری‌ها:

از بین باکتری‌های با قابلیت انحلال تری کلسیم فسفات، تعداد ۱۲ گونه فعال‌تر (تولید هاله شفاف با قطر بیشتر) انتخاب و برای ارزیابی‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی کمی انحلال فسفر نامحلول در محیط کشت مایع در حضور جداگانه و همزمان این باکتری‌ها انجام و باکتریای‌های با بهترین عملکرد جهت آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس، ترکیبی هشت گونه باکتری با بیش‌ترین فعالیت جهت ارزیابی خاکی مورد استفاده قرار گرفت. در این مرحله یک ماه پس از مایه زنی باکتری‌ها به خاک، فرآهمی فسفر قابل دسترس با تیمار شاهد مقایسه شد.



شکل ۱- جداسازی، خالص‌سازی و تکثیر باکتری‌های حل‌کننده تری کلسیم فسفات و مقایسه انحلال تری‌کلسیم فسفات در محیط کشت مایع نسبت به شاهد در حضور جداگانه باکتری‌ها.

از آنجایی که تیمار آزمایشگاهی در محیط خاکی بدون گیاه انجام گرفته است و همچنین از آنجایی که در طول دوره رشد گیاه بخشی از فسفر قابل دسترس از خاک خارج می‌شود و نوع واکنش باکتری تحت تأثیر فرآهمی فسفر در خاک است، بنابراین تغییر در فرآهمی فسفر در مزارع تحت کشت، واکنش متفاوتی از باکتری را به همراه خواهد داشت. این آزمایش در سطح مزرعه نیز مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی کارایی باکتری‌های حل کننده فسفر در محیط رشد گیاه، هشت باکتری که عملکرد بهتری در انحلال فسفر نامحلول در محیط کشت مایع و خاک داشتند، تکثیر شدند. بدین منظور، باکتری‌ها بطور جداگانه در محیط کشت مایع و با هوادهی توسط شیکر دورانی، به مدت ۴۸ ساعت تکثیر شدند. فراوانی باکتری‌ها توسط شمارش با لام هماسیتومتر انجام شد. در نهایت مخلوطی از باکتری‌های تکثیر شده (حجم نهایی ۲ لیتر) به شکل کودآبیاری در مساحت دو هکتار از مزرعه تحت کشت نیشکر سن بازرویی ۲ (R_2) واریته CP69_1062 استفاده گردید. تیمار باکتری با تیمار شاهد و منابع دیگر فسفره، تحت عنوان تیمارهای کودی NPK (۳۰-۱۵- ۱۵ و ۲۰-۲۰-۲۰ به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار)، در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مقایسه شد. پیش از برداشت مزرعه، نمونه‌برداری جهت ارزیابی عملکرد کمی و کیفی نیشکر صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی آزمایشگاهی

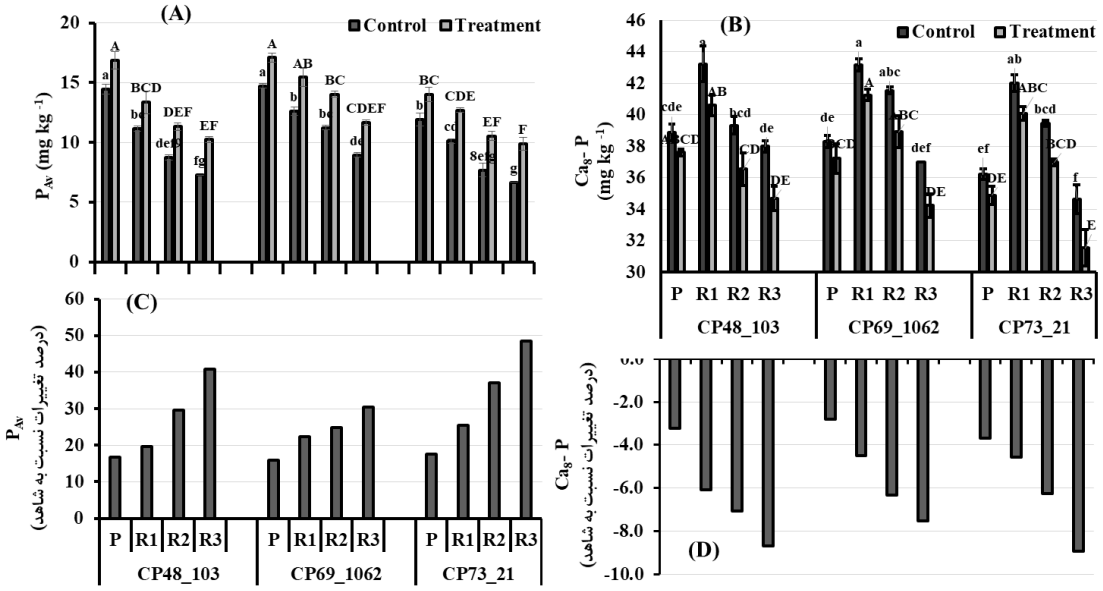
به‌طورکلی، فسفر قابل دسترس و شکل اکتا کلسیم فسفات تحت تأثیر واریته، سن و اثر متقابل آنها قرار گرفتند (جدول ۲)، به‌طوری که، فسفر قابل دسترس در سن پلنت در مقایسه با سنین بازرویی بیشتر بود و با افزایش سن بازرویی، فسفر قابل دسترس خاک به میزان قابل توجهی کاهش یافت (شکل ۳). بخش قابل توجهی از کود فسفر به شکل پایدار (مانند اکتا فسفات کلسیم) تبدیل می‌شود. از آنجایی که کود فسفر مورد استفاده در سنین مختلف نیاز گیاه را برآورده نمی‌کند، بنابراین بخشی از منابع پایدارتر فسفر خاک (مانند اکتا کلسیم فسفات) مصرف می‌شود. نتایج تغییرات اکتا کلسیم فسفات به عنوان بخشی از فسفر نامحلول خاک نشان داد که اکتا کلسیم فسفات در سن اول بازرویی (R_1) افزایش و سپس تا سن سوم بازرویی (R_3) روند نزولی داشت (شکل ۳). در ارزیابی کارایی باکتری‌ها در انحلال ترکیبات نامحلول در محیط خاک، نتایج نشان داد تیمار باکتری‌ها در تمام خاک‌های سنین مختلف منجر به افزایش فرآهمی فسفر خاک شدند (شکل ۳). این افزایش با توجه به سن و نوع واریته و همچنین مقدار فسفر قابل دسترس خاک متفاوت بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گونه‌های مختلف فسفر در خاک و گیاه نیشکر

	درجه آزادی	P_{Av}		Ca_8-P	
		قبل از تیمار	بعد از تیمار	قبل از تیمار	بعد از تیمار
واریته V	۲	۲۳/۴۶***	۲۳/۳۷***	۱۳/۸***	۱۳/۳**
بازرویی R	۳	۶۲/۵***	۴۹/۵***	۶۳/۴***	۷۸/۱***
V*R	۶	۰/۹۴۴*	۱/۴۹ns	۲/۳۳*	۲/۵۶ns
MSe	۲۴	۰/۲۸۱	۰/۸۰۶	۰/۹۰۳	۰/۹۰۳
C.V.	-	۲۵/۳	۱۹/۳	۷/۰۴	۸/۱۱

ns: نامعنی‌دار در سطح پنج درصد (P>۰/۰۵)، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد (P≤۰/۰۵)، **: معنی‌دار در سطح یک درصد (P≤۰/۰۱) و ***: معنی‌دار در سطح یک‌دهم درصد (P≤۰/۰۰۱)، C.V.: ضریب تغییر، MSe: میانگین مربع‌های خطا، P_{Av}: فسفر قابل دسترس، Ca_8-P: اکتا کلسیم فسفات

اثر باکتری‌ها در افزایش قابلیت دسترسی فسفر خاک در تمام سنین بازرویی نسبت به پلنت بیشتر بود. از آنجایی که فرآهمی فسفر تابعی از بخش‌های نامحلول فسفر (به عنوان منبع ذخیره‌ای) مانند اکتاکلسیم فسفات است، اثر باکتری‌ها بر این بخش نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش سن بازرویی، درصد کاهش اکتا کلسیم فسفات در حضور باکتری‌ها بیشتر بود که نشان دهنده اثر قابل توجه باکتری‌ها در انحلال ترکیبات نامحلول فسفر خاک و تبدیل آن به فرم قابل دسترس است.



شکل ۲- مقایسه غلظت و درصد تغییرات فسفر قابل دسترس (A&C) و بخش اکتا کلسیم فسفات خاک (B&D) در تیمار باکتری و شاهد. حروف ناهمانند بالای هر ستون (تیمار باکتری،حروف بزرگ؛ شاهد، حروف کوچک) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهاست (آزمون دانکن P≤۰/۰۵). اعداد میانگین و خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند (n=۳).

۲-۳- ارزیابی مزرعه‌ای

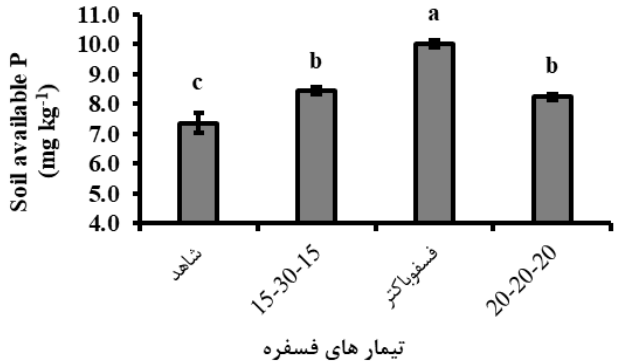
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد تمامی فاکتورهای کمی و کیفی نیشکر (به جز قطر نی)، تحت تأثیر تیمارهای منابع کودی فسفره و باکتری‌ها قرار گرفت. به طور کلی، فاکتورهای کمی همچون ارتفاع نی قابل آسیاب،

عملکرد نی قابل آسیاب و عملکرد شکر در تیمارهای فسفره و باکتری در مقایسه با شاهد بیشتر بود (جدول ۴). از سوی دیگر، افزایش فسفر گیاه در نتیجه تیمارهای فسفره منجر به کاهش بریکس و درصد استحصال شکر شد. با این وجود عملکرد شکر در این تیمارها در مقایسه با شاهد بیشتر بود (جدول ۴). افزایش ارتفاع بوته در نتیجه افزایش فسفر قابل دسترس توسط گیاه را می‌توان این چنین توجیه نمود که عنصر فسفر با اثرات مثبتی که بر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای دارد، میزان جذب آب و عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن را افزایش داده است که این امر موجب بهبود ارتفاع ساقه شده است (Dordas, 2009). از طرف دیگر، برخی تحقیقات نشان داده است که فسفر باعث افزایش سودمندی نیتروژن می‌شود که به تبع آن رشد و نمو بخش رویشی گیاه نیز افزایش می‌یابد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تیمار مختلف فسفر بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر

منابع	درجه آزادی	Soil available P	N cane/m^2	Cane Height	Cane Diameter	Millable Cane Yield	Sugar Yield	Brix	RS
MSt	۳	۳/۶۱***	۸/۵۲**	۳۵۱۴***	۰/۲۷۲ns	۲۳۵***	۱/۵۰***	۲/۶۶***	۲/۳۳***
MSe	۸	۰/۱۰۷	۰/۷۶۶	۷۳/۱	۰/۶۲۱	۱/۸۱	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳
C.V.	–	۵/۲۵	۱۳/۵	۱۷/۸	۳/۸۸	۱۱/۲	۸/۰۵	۴/۵۵	۷/۱۹

ns: نامعنی‌دار در سطح پنج درصد (P>۰/۰۵)، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد (P≤۰/۰۵)، **: معنی‌دار در سطح یک درصد (P≤۰/۰۱) و ***: معنی‌دار در سطح یک‌دهم درصد (P≤۰/۰۰۱)، MSt: میانگین مربع‌های تیمار، MSe: میانگین مربع‌های خطا، .C.V: ضریب تغییر، Brix: مواد جامد محلول، RS: درصد بازیابی شکر



شکل ۳- مقایسه غلظت فسفر قابل دسترس خاک در تیمار باکتری و کودهای NPK. حروف ناهمانند بالای هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهاست (آزمون دانکن P≤۰/۰۵). اعداد میانگین و خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند (n=۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمار مختلف فسفر بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر

منابع	N cane/m^2	Cane height (cm)	Cane diameter (mm)	Millable cane yield (ton/ha)	Sugar yield (ton/ha)	Brix (%)	RS (%)
شاهد	۱۳/۰±۸۹/۷۸ a	۱۳۵ ± ۶ c	۱۸/۰±۳۷/۷۳ a	۶۱/۰±۰۱/۹۲ c	۷/۰±۴۲/۱۳ b	۲۰/۰±۲۵/۰۹ a	۱۲/۰±۱۷/۱۹ a
۱۵-۳۰-۱۵	۱۰/۰±۱۰/۴۲ b	۲۰۵ ± ۲ a	۱۸/۰±۸۹/۱۶ a	۷۱/۰±۹۸/۹۶ b	۷/۰±۷۴/۰۸ b	۱۸/۰±۸۵/۲۰ b	۱۰/۰±۷۵/۰۳ b
فسفوباکتر	۱۲/۰±۹۲/۴۸ a	۲۰۷ ± ۶ a	۱۸/۰±۵۷/۳۶ a	۸۲/۰±۵۵/۷۵ a	۸/۰±۶۳/۰۵ a	۱۸/۰±۰۰/۰۱ c	۱۰/۰±۴۵/۰۳ b
۲۰-۲۰-۲۰	۱۳/۰±۳۳/۰۶ a	۱۶۸ ± ۴ b	۱۹/۰±۰۴/۳۷ a	۷۳/۰±۹۱/۲۷ b	۸/۰±۹۱/۱۴ a	۱۹/۰±۳۵/۰۹ b	۱۲/۰±۰۵/۱۴ a

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهاست (P≤۰/۰۵). ±: نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین (n=۳)

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از منابع بومی میکروبی خاک نقش قابل توجهی در ارتقای فسفر قابل دسترس خاک و در نتیجه، افزایش عملکرد کمی و کیفی نیشکر داشت. نتایج ارزیابی کارایی این باکتری‌ها در مزرعه تحت کشت نیشکر نشان داد که استفاده از منابع بومی میکروبی خاک نقش قابل توجهی در ارتقای فسفر قابل دسترس خاک و در نتیجه، افزایش عملکرد کمی و کیفی نیشکر داشت. از آنجایی که بخش قابل توجهی از کود فسفره مورد استفاده در خاک تثبیت می‌گردد، کاربرد این باکتری‌ها تحت عنوان کود بیولوژیک، می‌تواند روند تثبیت فسفر را معکوس کرده و نیاز استفاده از کودهای شیمیایی در سنین بالاتر نیشکر را تا حدود زیادی مرتفع کند.

منابع

احتشامی، م.ر.، حکیمیان، ف.، یوسفی راد، م. و چائی چی، م.ر. (۱۳۹۳). تأثیر تلفیق مقادیر مختلف کود فسفر و باکتری حل کننده فسفات بر کمیت و کیفیت علوفه دو رقم جو. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۷ (۱۰۲): ۱۴۱-۱۵۰.

حیدریان، ز.، ساریخانی، م.ر. (۱۳۹۰). باکتریهای محرک رشد (PGPR) رویکردی امیدبخش برای کشاورزی پایدار. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی. اهواز، ایران.

ضیائیان، ا.، سلیم پور، س.، سیلسی پور، م. و صفری، ه. (۱۳۸۸). ارزیابی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی فسفره روی ذرت. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود. ۱۰-۱۲ اسفند، تهران، ایران.

نورمحمدی، ق.، سیادت، س.ع.، کاشانی، ع. (۱۳۸۹). زراعت غلات .انتشارات شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ص ۱۸۳-۱۸۷.

Franco-Correaa, M., Quintana, A., Duque, C., Suarez, C., Rodriguez, M.X., Barea, J.M. (2010). Evaluation of actinomycete strains for key traits related with plant growth promotion and mycorrhizal helping activities. Appl Soil Ecology, 45: 209–217.

Garbaye, J. (1994). Helper bacteria-a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. New Phytol 128: 197-210.

Dordas, C. (2009). Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation: partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relation. European Journal of Agronomy, 30: 129-139.

Izquierdo, I., Caravaca, F., Alguacil, M.M., Hernandze, G., Rolan, A. (2005). Use of microbiological indicators for evaluating success in soil restoraionafter revegtation of a mining area under subtropical conditions. Appl Soil Ecology, 30: 3-10.

Kacar, B. and Katkat,V. (2010). Bitki besleme,4.Baski.Nobel Yaymevi,Ankara.pp. 217-289.

Karpagam T, Nagalakshmi PK. Isolation and characterization of Phosphate solubilizing microbes from agricultural soil. IJCMAS. 3(3): 601-614.

Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. Canadian Journal of Soil Science 63: 671-678.

Liu, R.J., Chen, Y.L. (2007). Mycorrhizology (in Chinese). Science Press (www.sciencep.com), Beijing. ISBN 978-7-03-017290-7. p 447

Olsen, S.R. and Sommers, L.E.. (1982). Phosphorus. p. 403-430. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI

Susilowati, L.E., Syekhfani, (۲۰۱٤). Characterization of phosphate solubilizing bacteria isolated from Pb contaminated soils and their potential for dissolving tricalcium phosphate. Journal of Degraded and Mining Lands Management. ISSN: 2339-076X, 1: 57-62.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Isolation and evaluation of the efficiency of indigenous bacteria that dissolve insoluble soil phosphorus compounds in sugarcane cultivation

Ali Mahohi*, Hasan Ali Khatinzadeh
Agricultural Researches Department, Karun Agro Industrial, Inc, Shushtar, Iran

Abstract

The necessity of obtaining an efficient microbial species of native phosphate-dissolving bacteria and the ability to replace it with chemical fertilizers is one of the goals of this research. In order to investigate the soil microbial flora, after sampling from the soil rhizosphere of different sugarcane varieties at different ages of Karun agro and industry Company, bacteria capable of dissolving insoluble phosphorus compounds were isolated in a special solid and liquid culture medium. A combination of these bacteria was inoculated into the soil sampled from sugarcane fields and the available phosphorus concentration of the soil was compared with the control. The results showed that the efficiency of bacteria in increasing the availability of soil phosphorus was higher in all ratoon ages than in the plant age. On the other hand, with the increase of ratoon age, the percentage of reduction of octa calcium phosphate in the presence of bacteria was higher, which indicates the significant effect of bacteria in dissolving the insoluble compounds of soil phosphorus and converting it into an accessible form. Also, the efficiency of these bacteria in the sugarcane field was investigated and compared with control treatments and mineral fertilizers. The results showed that the use of indigenous soil microbial resources has a significant role in improving the available phosphorus of the soil and as a result, increasing the quantitative and qualitative yield of sugarcane and is a suitable alternative to mineral fertilizers..

Keywords: Soil available phosphorus, native phosphate-dissolving bacteria, rhizosphere, sugarcane, ratoon

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه شاخص های فیزیکی سلامت خاک با استفاده از مدل کرنل در مدیریت‌های زراعی مختلف

ارسلان صادقیان[1*]، غلامعباس صیاد[2]، احمد فرخیان فیروزی[3]، مجتبی نوروزی مصیر[4]

۱- دانشجوی مقطع دکتری رشته خاکشناسی،مدیریت منابع خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان
(arsalan_13701@yahoo.com)

۲و۳ - دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

ارزیابی سلامت خاک به منظور دسترسی به شیوه های مدیریت خاک، بهره‌وری هرچه بیشتر محصولات و همچنین حصول اطمینان از کیفیت خاک امری ضروری است. بنابراین برای بررسی فرآیندهای کشاورزی لازم است که شاخص سلامت خاک تعیین شود. پژوهش حاضر با هدف مقایسه شاخص‌های فیزیکی سلامت خاک با استفاده از مدل سلامت خاک کرنل در سه مدیریت زراعی مختلف صورت گرفت. مدیریت‌های زراعی مختلف شامل سیستم تک کشتی، تناوب گندم- ماش و مدیریت بقایا بود و ویژگی‌های فیزیکی ارزیابی سلامت خاک شامل پایداری خاکدانه‌ها ، ظرفیت آب قابل استفاده و مقاومت فروروی خاک بودند. به منظور ارزیابی سلامت خاک، مقدارهای ویژگی‌های فوق در مدل کرنل بر اساس دستورالعمل اطلاعات خاک مدل کرنل اجرا گردید و شاخص فیزیکی سلامت خاک به دست آمد. با تعیین نمره سلامت خاک، کلاس بندی آن بر اساس راهنمای سلامت خاک کرنل انجام شد. بررسی نتایج نشان داد که مدیریت بقایا (با نمره ۵۰) اثر مثبت بیشتری در سلامت خاک نسبت به تناوب زراعی (با نمره ۴۳/۶) و تک کشتی (با نمره ۳۶/۶) داشت. همچنین نتایج کلی نشان داد که نقش بررسی سلامت خاک از این نظر مهم است که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی را در کنارهم بررسی می‌کند.

واژگان کلیدی: سلامت خاک، مدل کرنل، مدیریت بقایا، تناوب زراعی

مقدمه

خاک سالم تمام شرایط لازم برای رشد و تولید محصولات غذایی را فراهم می کند و سلامت گیاه، غذا و اکوسیستم زمانی حاصل می گردد که خاک سالم باشد (Chang et al., ۲۰۲۳). ارزیابی سلامت خاک به منظور دسترسی به شیوه های مدیریت خاک، بهره‌وری هرچه بیشتر محصولات کشاورزی و حصول اطمینان از کیفیت خاک امری بسیار ضروری است و در سال‌های اخیر نقش مهم سلامت خاک در دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار توجه بسیاری را به خود جلب کرده است (Jhang et al.,2023). مدیریت‌های زراعی مختلف از جمله عوامل موثر بر شاخص های سلامت خاک هستند که به کارگیری نادرست از آنها می تواند منجر به کاهش سلامت خاک گردد. همچنین وضعیت سلامت خاک با تفاوت در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن دچار تغییر می گردد که نوع عملیات مدیریتی انجام شده را می توان از جمله عوامل موثر بر آن دانست(صادقیان و همکاران،۱۳۹۸). از جمله روش هایی که می توان بوسیله آن شاخص سلامت خاک را به صورت کمی مورد ارزیابی قرار داد روش نمره‌دهی کرنل است که توسط دانشگاه کرنل ایالات متحده آمریکا تهیه شده است. در این روش هر یک از شاخص ها بر اساس اهمیت نسبی خود نمره‌دهی می شوند. پس از بررسی نمرات هر شاخص، مجموع نمرات شاخص‌های مورد بررسی به منظور دست‌یابی به مقادیر کمی سلامت خاک بر تعداد آنها تقسیم می شود و نمره نهایی به آنها تعلق می گیرد که این نمره عددی بین صفر تا صد (صفر تا یک) است. در نهایت مجموع این امتیازها

نشان‌دهنده وضعیت سلامت خاک می باشد که به صورت ۷۰-۱۰۰ خوب، ۳۰-۷۰ متوسط و ۰-۳۰ ضعیف بیان می گردد(Moebius Clone et al., ۲۰۱۷). Jhang و همکاران (۲۰۲۳) به‌منظور کمی کردن روابط بین شاخص های سلامت خاک و مدیریت های زراعی پژوهشی در مزارع شمال کشور چین انجام دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که شاخص سلامت خاک اندازه‌گیری شده این مزارع بوسیله روش ارزیابی جامع سلامت خاک برابر ۶۳ بود و بیش از ۶۰ درصد از این مزارع از نظر سلامت خاک در سطح متوسط یا پایین قرار داشتند. باتوجه به اینکه تاکنون پژوهش‌های اندکی به بررسی کارایی مدل کرنل در تعیین کمی شاخص فیزیکی سلامت خاک مدیریت‌های زراعی مختلف پرداخته‌اند، این پژوهش به منظور تعیین کمی شاخص فیزیکی سلامت خاک توسط این مدل در سه مدیریت زراعی مختلف انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه آزمایشی شماره ۲ دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (ایران) با موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه عرض جغرافیایی و ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی طول جغرافیایی و در حاشیه غربی رود کارون با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا در پاییز ۱۳۹۵ اجرا گردید. بدین منظور سه مزرعه با مدیریت‌های زراعی مختلف شامل: سیستم زراعی تک کشتی، تناوب گندم- ماش و مدیریت بقایای گیاهی بررسی شدند. تیمار تک کشتی به مدت ۸ سال تحت کشت مداوم گندم بود. در تیمار تناوب، به مدت ۲ سال گندم و ماش در تناوب با یکدیگر کشت شدند و تیمار مدیریت بقایا شامل کشت گندم بود که بقایای گیاه پس از برداشت با خاک به مدت ۱۰ سال مخلوط شدند. پس از برداشت ۴۰ نمونه خاک از هر مزرعه (در مجموع ۱۲۰ نمونه) به صورت سیستماتیک و از عمق ۱۵-۰ سانتیمتری، این نمونه ها توسط کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس نمونه ها هواخشک شده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شده و جهت انجام آزمایشات آماده شدند. در نمونه‌های ذکر شده خصوصیات فیزیکی خاک از جمله مقاومت فروروی، ظرفیت آب قابل استفاده و درصد پایداری خاکدانه‌ها اندازه‌گیری شد. مقاومت فروروی به طور مستقیم در مزرعه با استفاده از دستگاه فروسنج مخروطی اندازه گیری شد (Anonymous,2003) و ظرفیت آب قابل استفاده (AWC) نیز با استفاده از رابطه ۱ به صورت زیر به‌دست آمد.

$$AWC = \left(\frac{\theta_{FC}-\theta_{PWP}}{۱۰۰}\right) \times D \times \frac{\rho_b}{\rho_w} \qquad (۱)$$

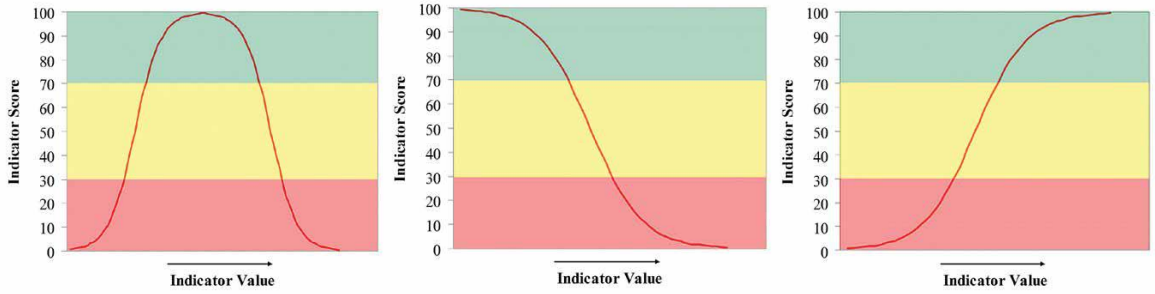
که در آن AWC ظرفیت آب قابل استفاده بر حسب سانتی‌متر، θ_{FC} و θ_{PWP} به ترتیب رطوبت وزنی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، D عمق خاک بر حسب سانتی‌متر و ρ_b و ρ_w به ترتیب جرم مخصوص ظاهری خاک و آب بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد(Hillel, ۱۹۹۸).

همچنین شاخص درصد پایداری خاکدانه ها(ASI) با دو بار الک کردن نمونه خاک و به صورت درصد نسبت MWD در الک کردن نوبت دوم (MWD_2) به MWD در الک کردن نوبت اول (MWD_1) تعیین شد (Jacobe and Clarke, ۲۰۰۲) و با استفاده از رابطه ۲ به‌دست آمد:

$$ASI = \frac{MWD_۲}{MWD_۱} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

در روش تعیین کمی شاخص سلامت خاک به وسیله مدل کرنل، توابع نمره‌دهی برای هر ویژگی دارای یک منحنی هستند که محور افقی آن نشان‌دهنده مقدار ویژگی و محور عمودی نشان‌دهنده نمره ویژگی است و بر اساس مقدار آن ویژگی نمره‌ای بین صفر تا۱۰۰ را به آن اختصاص یافته است. بهترین حالت هر ویژگی نمره ۱۰۰ و بدترین یا ضعیف‌ترین حالت هر ویژگی نمره صفر را به خود اختصاص می‌دهد. برای هرکدام از ویژگی‌ها و با توجه به توزیع داده‌ها منحنی جداگانه‌ای ارائه شد و این

توابع نمره‌دهی شاخص ها متشکل از منحنی‌های توزیع نرمال تجمعی (CND) بود (اندرو و همکاران، ۲۰۰۴). (شکل ۱).



شکل ۱ منحنی‌های توزیع نرمال تجمعی ارزیابی سلامت خاک کرنل برای توابع نمره‌دهی (موبیوس کلون و همکاران، ۲۰۱۷)

در نهایت نمره کلی سلامت خاک بر اساس میانگین مجموع نمرات تمامی شاخص‌های مورد بررسی، برحسب درصد تعیین شد.

نتایج و بحث

کلاس‌بندی خاک‌ها، پس از تعیین نمره سلامت خاک با استفاده از مدل و به صورت ۱۰۰-۷۰ خوب، ۷۰-۳۰ متوسط و ۳۰-۰ ضعیف انجام شد. رنگ‌بندی شاخص کلی سلامت خاک نیز بر اساس محدوده شاخص سلامت در دستورالعمل کرنل تعیین شد، به طوری که محدوده ۷۰-۱۰۰ رنگ سبز، ۳۰-۷۰ رنگ زرد و ۰-۳۰ رنگ قرمز تعلق گرفت. بدین ترتیب شاخص فیزیکی سلامت خاک بر اساس مدل کرنل برای تیمارهای تک کشتی، تناوب زراعی و مدیریت بقایا به‌ترتیب برابر با نمره ۳۶/۶ ، ۴۳/۶ و ۵۰ بود که همه مدیریت‌های زراعی در کلاس متوسط با رنگ‌های زرد قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بر اساس مدل کرنل، نمره شاخص فیزیکی سلامت خاک با تغییر مدیریت زراعی از سیستم تک‌کشتی به مدیریت بقایا از ۳۶/۶ به ۵۰ افزایش یافته اما این امر منجر به تغییر کلاس خاک از کلاس متوسط به کلاس خوب نشد. نتایج فوق با گزارش امامی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت داشت. آن‌ها تاثیر موادآلی بر توابع نمره‌دهی سلامت خاک را با استفاده از روش ارزیابی سلامت خاک کرنل به روش نمره‌دهی با ۱۴ شاخص ارزیابی نمودند. نمره تیمار شاهد ۵۲/۷ بود، که بر اساس طبقه‌بندی دانشگاه کرنل کلاس سلامت خاک این تیمار در کلاس ۴ یعنی سلامت پایین قرار دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن مواد آلی مختلف به خاک مورد بررسی، سبب بهبود سلامت خاک شد و کلاس سلامت خاک نیز بین یک یا دو درجه ارتقا پیدا نمود. همچنین Singh و همکاران (۲۰۲۱) به منظور ارزیابی امکان‌سنجی استفاده از روش ارزیابی جامع سلامت خاک کرنل در سه مدیریت زراعی مختلف، پژوهشی را در مزارع جنوب شرقی آمریکا انجام دادند و نمره سلامت خاک تیمارهای موردنظر را از کم تا متوسط طبقه‌بندی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که مدل کرنل حساسیت لازم برای اندازه‌گیری شاخص سلامت خاک در مدیریت‌های زراعی مختلف را داراست اما با انجام اعتبارسنجی می‌توان به استفاده از این مدل در مناطق مختلف اطمینان بیشتری نمود. نتایج شاخص‌های سلامت خاک با استفاده از مدل کرنل برای مدیریت‌های مختلف زراعی در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۱- مدل ارزیابی سلامت خاک کرنل برای مدیریت زراعی مدیریت بقایای گیاهی

تیمار مدیریت بقایای گیاهی بافت لومی شنی موقعیت جغرافیایی ۱۹′ ۳۱° شمالی و ۴۱′ ۴۸° شرقی				ارزیابی سلامت خاک مدل کرنل
بافت خاک لومی شنی	شن: ۳۰/۵	سیلت: ۴۹/۵	رس:۲۰	
نتایج ارزیابی				
	شاخص	مقدار	رتبه	محدودیت‌ها
شاخص های فیزیکی	پایداری خاکدانه	۱/۰۴	۰	هوادهی، نفوذ آب، نفوذ ریشه، فرسایش و رواناب
	ظرفیت آب قابل استفاده	۰/۱۵	۵۰	
	مقاومت فروروی	۰/۱۱	۱۰۰	
نمره سلامت کل			۵۰	متوسط

جدول ۲- مدل ارزیابی سلامت خاک کرنل برای مدیریت زراعی تناوب زراعی

تیمار تناوب زراعی بافت لومی شنی موقعیت جغرافیایی ۱۹′ ۳۱° شمالی و ۴۱′ ۴۸° شرقی				ارزیابی سلامت خاک مدل کرنل
بافت خاک لومی شنی	شن: ۳۰/۵	سیلت: ۴۹/۵	رس:۲۰	
نتایج ارزیابی				
	شاخص	مقدار	رتبه	محدودیت‌ها
شاخص های فیزیکی	پایداری خاکدانه	۰/۹۲	۰	هوادهی، نفوذ آب، نفوذ ریشه، فرسایش و رواناب
	ظرفیت آب قابل استفاده	۰/۱۳	۳۵	نگهداری و در دسترس بودن آب
	مقاومت فروروی	۰/۲۰	۹۶	
نمره سلامت کل			۴۳/۶	متوسط

جدول ۳- مدل ارزیابی سلامت خاک کرنل برای مدیریت زراعی تک کشتی

تیمار تک کشتی بافت لومی شنی موقعیت جغرافیایی ۱۹′ ۳۱° شمالی و ۴۱′ ۴۸° شرقی				ارزیابی سلامت خاک مدل کرنل
بافت خاک لومی شنی	شن: ۳۰/۵	سیلت: ۴۹/۵	رس:۲۰	
نتایج ارزیابی				
	شاخص	مقدار	رتبه	محدودیت‌ها
شاخص های فیزیکی	پایداری خاکدانه	۰/۶۹	۰	هوادهی، نفوذ آب، نفوذ ریشه، فرسایش و رواناب
	ظرفیت آب قابل استفاده	۰/۱۱	۲۰	نگهداری و در دسترس بودن آب
	مقاومت فروروی	۰/۴۰	۹۰	
نمره سلامت کل			۳۶/۶	متوسط

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج مدل کرنل نشان داد که، نمره سلامت فیزیکی خاک برای سیستم تک‌کشتی پایین‌تر از سایر مدیریت‌های زراعی بود و علت آن را می‌توان محدودیت در شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی، حاصل‌خیزی و زیستی دانست که در نهایت سبب کاهش نمره سلامت خاک در سیستم تک کشتی شده است. همچنین مدیریت بقایای گیاهی با نمره ۵۰ بیشترین نمره سلامت فیزیکی خاک را به خود اختصاص داد و در کلاس متوسط سلامت خاک قرار گرفت. این امر موید نقش مثبت بقایای گیاهی در ارتقای سلامت خاک‌های کشاورزی می‌باشد. در واقع نقش بررسی سلامت خاک از این نظر مهم است که همه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی را در کنار هم بررسی می‌کند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بر اساس مدل کرنل، نمره شاخص فیزیکی سلامت خاک با تغییر مدیریت زراعی از سیستم تک‌کشتی به مدیریت بقایا افزایش یافته اما این افزایش منجر به تغییر کلاس سلامت خاک از کلاس متوسط به کلاس خوب نشد.

فهرست منابع

امامی، ح. آستارایی، ع. فتوت، ا. (۱۳۹۳). ارزیابی تاثیر موادآلی بر توابع نمره دهی کیفیت خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۸ (۳). ۵۶۵-۵۷۴.

صادقیان، ا. صیاد، غ. فرخیان فیروزی، ا. نوروزی مصیر، م. (۱۳۹۸). اثر مدیریت‌های زراعی مختلف بر برخی از شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۳۳ (۲).۲۸۸-۲۷۵.

Andrews, S.S., Karlen, D.L. and Cambardella, C.A.(2002). The soil management assessment framework. Soil Science Society of America Journal. 68(6)p.

Anonymous.(2003). Soil compaction: Detection, Prevention and alleviation.212 p.

chang,T. , Feng,G. Paul,V. Adeli,A. , Brooks,J. , Jenkins,J.(2023). Soil health assessment for different tillage and cropping systems to determine sustainable management practices in a humid region .soil and tillage reaserch.233(1):211-221.

Hillel, D.(1998). Environmental Soil Physics, Academic. San Diego, Calif.684 p.

Jacob, H. and Clarke, G .(2002). Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA.

Jhang,J. , Li,Y. Vjia,J. Liao,W. , Amsili,J. , Shneider,R. , Vanes,H. , Li,Y. , Jhang,J.(2023). Applicability of soil health assessment for wheat-maize cropping systems in smallholders' farmlands.Agriculture, Ecosystems & Environment.353(1):271-279.

Moebius-Clune, B.N,. Schindelbeck, R.R., van Es, H.M., Abawi, M.B., Mcbride, H.A., Shyler, K.S., Kurtz, D.W., Wolf, O.J. (۲۰۱۷). Comprehensive assessment of soil health, The Cornell Framework. 3(2-4)

Singh,S. , Jagadamma,S. Yoder,D. Yin,X. , Walker,F.(2021). Cropping system management responses to Cornell and Alabamasoil health assessment methods in the southeastern United States. Soil & Water Management & Conservation.411(1):261-273

Comparison of physical soil health indecies using cornell model in different crop management

Arsalan Sadeghian[1], Gholam Abbas Sayyad[2], Ahmad Farrokhian Firouzi[2], Mojtaba Norouzi Masir[3]

۱- PhD student in Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
۲- Associate Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
۳- Assistant Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Abstract

Soil health assessment is essential in order to access soil management practice, produce as much productivity as possible and also ensure soil quality. Thus, determination of a soil health index is necessary for evaluation of agricultural processes. The effect of various crop managements on soil health was investigated in the present study. Various crop managements included mono-culture (wheat-wheat), wheat-mung bean rotation and residue management. Soil health evaluation indicators were aggregate stability, available water capacity and penetration resistance. To evaluate the soil health, the values mentioned above were run in the Cornell model based on the United States soil information guidelines and physical soil health index was obtained. After determination of soil health score, classification was performed based on Cornell soil health guide. Investigating the results of Cornell model showed that residue management (with scores 50) had more positive effect on soil health compared to crop rotation (with scores 43.6) and mono-culture (with scores 36.6). In overall, the results demonstrated that study of soil health is important due to investigating physical, chemical and biological characteristics altogether.

Keywords: soil health**,** cornell modell**,** residue management, crop rotation

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک:شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

نانو ذرات، فناوری جدید برای پاکسازی خاک‌های آلوده

علیرضا آل ابراهیم[1*]، محبوبه جلالی[2]

۱ مربی،پژوهشکده حفاظت خاک و آب،سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی،دانشگاه لرستان،خرم آباد،ایران؛alebrahimalireza@gmail.com

۲ استادیار گروه علوم خاک،دانشکده کشاورزی،دانشگاه لرستان،خرم آباد،ایران؛jalali.mah@lu.ac.ir

چکیده:

آلودگی خاک با فلزات سنگین یک مشکل جدی زیست محیطی است که می‌تواند سلامت انسان و اکوسیستم را تهدید کند. روش‌های مختلفی برای پاکسازی خاک‌های آلوده وجود دارد، از جمله روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی. در این مقاله، کاربرد نانوذرات برای تثبیت فلزات سنگین در خاکهای آلوده مورد بررسی قرار گرفته است. نانوذرات به دلیل اندازه کوچک، سطح ویژه زیاد و واکنش پذیری بالا، می‌توانند به طور موثری با فلزات سنگین واکنش دهند و آنها را غیرقابل دسترس برای موجودات زنده کنند. نتایج نشان داد که نانوذرات می‌توانند به طور موثری فلزات سنگین را در خاک تثبیت کنند. این تثبیت می‌تواند از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند جذب، رسوب شیمیایی و تشکیل کمپلکس صورت گیرد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که نانوذرات یک روش امیدوارکننده برای پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین هستند. این روش نسبت به روش‌های سنتی مزایای متعددی دارد، از جمله سرعت بالای واکنش، هزینه پایین و سازگاری با محیط زیست. نانوذرات یک ابزار بالقوه قدرتمند برای پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین هستند. تحقیقات بیشتری برای بهبود کارایی و ایمنی این روش مورد نیاز است.

کلمات کلیدی: نانوذرات، تثبیت فلزات سنگین، خاک آلوده، آلودگی خاک

مقدمه:

آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از جدی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است که سلامت انسان و محیط زیست را تهدید می‌کند. آنها می توانند باعث مشکلاتی مانند مسمومیت، سرطان و آسیب به سیستم عصبی شوند. فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، نیکل و جیوه می‌توانند از طریق منابع مختلف مانند فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و معدنی وارد خاک شوند. این فلزات می‌توانند به راحتی در خاک جذب شوند و به زنجیره غذایی منتقل شوند. در حال حاضر روش های مختلفی برای کاهش آلودگی فلزات سنگین در خاک و آب وجود دارد. روش های مهندسی: این روش ها شامل شستشوی خاک با اسید، خاک برداری و دفن خاک در مکانی امن

و استفاده از مواد جاذب می شوند. روش های زیستی: این روش ها شامل استفاده از میکروارگانیسم ها برای تجزیه فلزات سنگین می شوند.

با این حال، هیچ یک از این روش ها به طور کامل موثر نیستند و اغلب دارای معایب خاصی هستند. به عنوان مثال، روش های مهندسی می توانند پرهزینه و مخرب باشند، در حالی که روش های زیستی ممکن است زمان بر و کم اثر باشند. یکی از روش‌های جدید و کارآمد برای تثبیت فلزات سنگین، استفاده از نانوذرات است. نانوذرات موادی با ابعاد در مقیاس نانومتر (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) هستند. این مواد دارای سطح ویژه بالا و خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فردی هستند که آنها را برای تثبیت فلزات سنگین مناسب می‌سازد. هدف این مقاله ارائه مروری جامع و به‌روز بر آخرین یافته‌های پژوهشی در زمینه کاربرد نانوذرات جهت تثبیت فلزات سنگین در خاکهای آلوده است. این مرور می‌تواند به محققان، مهندسان و سایر متخصصان حوزه محیط زیست در درک بهتر پتانسیل نانوذرات در این زمینه کمک کند. در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد نانوذرات جهت تثبیت فلزات سنگین در خاک انجام شده است. این تحقیقات نشان داده‌اند که نانوذرات می‌توانند فلزات سنگین را از طریق مکانیسم‌های مختلفی تثبیت کنند. این مکانیسم‌ها عبارتند از: جذب سطحی(فلزات سنگین را از طریق نیروی جاذبه بین سطوح جذب کنند)،تشکیل کمپلکس(با فلزات سنگین ترکیبات کمپلکس تشکیل دهند که حلالیت آنها را کاهش می‌دهد)،تشکیل رسوب(نانوذرات می‌توانند با فلزات سنگین رسوب تشکیل دهند که در خاک رسوب می‌کند)(Wang et al.,2022).

نقش نانوذرات درپاکسازی خاک

آلودگی خاک یکی از چالش های مهم زیست محیطی است که می تواند سلامت انسان، اکوسیستم و اقتصاد را تحت تأثیر قرار دهد. فناوری نانو به دلیل اندازه کوچک، سطح ویژه بالا و خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد، پتانسیل زیادی برای تصفیه خاک دارد. نانوذرات می توانند برای حذف طیف گسترده ای از آلاینده ها از جمله، فلزات سنگین مانند سرب، جیوه و آرسنیک،آلاینده های آلی مانند نفت، آفت کش ها و حشره کش ها،مواد رادیواکتیو از خاک استفاده شوند.

تخمین زده می‌شود که در کشورهای عضو آژانس محیط زیست اروپا، حدود ۲۵۱،۱۱۱ مورد خاک آلوده و نیازمند پالایش وجود دارد. اما فعالیت‌های آلاینده زا در حدود ۳ میلیون محل جریان دارد. از طرفی، با پیشرفت نانوتکنولوژی در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات فلزی مانند آهن، تیتانیوم و روی برای پالایش زیستی آب و خاک آلوده رایج شده است. برای مثال، نانوذرات آهن قادر به سنتز از مواد معمولی مانند آهن (II) و آهن (III) هستند و در خاک و آب به طور مداوم واکنش پذیر می‌مانند(Wang et al.,2022). همچنین، این نانوذرات قادر به جریان در آب زیرزمینی به فاصله بیش از ۲۱ متر هستند. در ضمن، استفاده از نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با کیتوسان می‌تواند به طور مؤثری یون‌های مس (II) را در محدوده pH 2 حذف کند (Zhang et al.,2022). همچنین، نانوذرات آهن صفر تثبیت شده با سلولز کربوکسی متیل نیز قابلیت بالایی در تثبیت کروم در خاک و

محلول‌های آبی دارند. به طور خلاصه، استفاده از این نانوذرات می‌تواند به عنوان یک تکنولوژی جدید و سازگار با محیط زیست در زمینه پالایش مواد آلوده معرفی شود

در تحقیقی توسط لیو و ژائو ، نانوذرات فسفات آهن (ویویانایت) سنتز شده و با استفاده از سلولز کربوکسی متیل (NaCMC) تثبیت شدند. آزمایشات نشان داد که استفاده از این نانوذرات منجر به کاهش قابل توجهی در قابلیت آبشویی و دسترسی زیستی مس در سه نمونه خاک (آهکی، خنثی و اسیدی) شد. این نتایج نشان می‌دهد که این نانوذرات می‌توانند در فرآیندهای پالایش و تصفیه آب و خاک موثر باشند. در تحقیق دیگری توسط لیو و ژائو، تأثیر نانوذرات فسفات آهن بر دسترسی زیستی و قابلیت آبشویی سرب در خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از این نانوذرات منجر به کاهش قابل توجهی در ورود فسفات آهن به آب‌های زیرزمینی و کاهش قابل توجهی در قابلیت آبشویی سرب در خاک می‌شود(Zhou et al.,2022).در تحقیق دیگری توسط ژو و همکاران ، اثر نانوذرات آهن تثبیت شده با سلولز کربوکسی متیل بر تثبیت مس (II) در خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این نانوذرات قادر به کاهش قابل توجهی در قابلیت آبشویی مس در خاک بوده و می‌توانند در فرآیندهای تصفیه و پالایش آب و خاک مؤثر باشند(Jiang et al.,2017). همچنین، فانگ و همکاران جابجایی نانوذرات تیتانیم در خاک را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که مسافت جابجایی این نانوذرات در خاک بین ۳,۴۱ تا ۳۸۱ سانتیمتر است و به شدت وابسته به جریان آب می‌باشد(Fang et al.,2019).به طور کلی، استفاده از نانوذرات فسفات آهن و نانوذرات آهن تثبیت شده با سلولز کربوکسی متیل می‌تواند به عنوان یک تکنولوژی مؤثر در فرآیندهای پالایش و تصفیه آب و خاک مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهش دیگری جذب کبالت و نیکل از سه جاذب متفاوت استفاده شد. ظرفیت جذب برای هر دو فلز به اینصورت بود:

(خاک تیمار شده با نانوذره روی) > (خاک تیمارشده با نانو ذره مس)> (خاک تیمار شده با زئولیت) > (خاک شاهد) .همچنین معادله فروندلیچ بهتر از معادله لانگمویر توانست ایزوترم جذب کبالت و نیکل را توصیف کند. بنابراین قدرت جذب نانو ذره روی نسبت به نانو ذره مس و زئولیت در جذب هر دو فلز بیشتر بود و میتوان از این جاذب برای جذب فلزات سنگین در آب و خاک استفاده کرد(Yousefi et al., 2021).

نانوذرات می توانند از طریق مکانیسم های جذب،تبادل یونی،اکسیداسیون و واکنش شیمیایی برای حذف آلاینده ها از خاک عمل کنند. جذب یکی از رایج ترین مکانیسم های حذف آلاینده ها توسط نانوذرات است. نانوذرات دارای سطح ویژه بالایی هستند که باعث می شود آنها به آلاینده ها جذب شوند. این جذب معمولاً یک فرآیند خود به خودی است که نیازی به انرژی خارجی ندارد.

تبادل یونی یک فرآیند شیمیایی است که در آن نانوذرات یون های آلاینده را با یون های خود جایگزین می کنند. نانوذرات دارای گروه های عاملی هستند که می توانند با یون های آلاینده واکنش دهند.

اکسیداسیون یک فرآیند شیمیایی است که در آن نانوذرات آلاینده ها را به مواد غیر سمی تبدیل می کنند. نانوذرات می توانند به عنوان کاتالیزورها برای واکنش های اکسیداسیون عمل کنند.

واکنش شیمیایی یک فرآیند شیمیایی است که در آن نانوذرات با آلاینده ها واکنش داده و آنها را به ترکیبات غیر سمی تبدیل می کنند. نانوذرات می توانند به عنوان واکنشگرها در واکنش های شیمیایی عمل کنند.

نانوذرات در زمینه های مختلفی از تصفیه خاک آلوده به فلزات سنگین، خاک های آلوده به آلاینده های آلی و خاک های آلوده به مواد رادیواکتیو کاربرد دارند. معایبی که این روش دارد ازجمله تأثیرات زیست محیطی،گران بودن نانوذرات ومدیریت پسماند ناشی از آن که بسیار خطرناک است. با این حال، تحقیقات در مورد استفاده از نانوذرات در تصفیه خاک در حال پیشرفت است و امید است که این چالش ها در آینده برطرف شوند.

نتیجه گیری

فناوری نانو پتانسیل زیادی برای بهبود تصفیه خاک دارد. نانوذرات می توانند برای حذف طیف گسترده ای از آلاینده ها از خاک استفاده شوند. در سالهای اخیر، نانو ذرات فلزی به دلیل کاربردهای بالقوه‌ای که برای تصفیه خاک و آب آلوده دارند، توجه بیشتری را جلب کرده‌اند. نانو ذرات فلزی به دلیل واکنش‌پذیری بالا و برهم‌کنش‌های درون رتیکولاسیون، تمایلی به متراکم شدن سریع دارند و در نتیجه رتیکولاسیون متراکم و بزرگ (در مقیاس میکرو) و کاهش واکنش‌پذیری و تحرک در خاک ایجاد می‌کنند. بنابراین، نانو ذرات‌ها با استفاده از مواد ارزان و موجود در طبیعت، پوشش و تثبیت می‌شوند. نانو ذرات‌های تثبیت شده، پایداری فیزیکی، تحرک در خاک و واکنش‌پذیری بهتری را نسبت به نانو ذرات‌های آهن تثبیت نشده نشان داده‌اند.با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده، نانو ذرات‌ها دارای مزایایی مانند کارایی حذف بالا و زمان واکنش کوتاه هستند و می‌توانند به عنوان گزینه‌ای مناسب برای تثبیت فلزات سنگین در خاک مورد استفاده قرار گیرند. تحقیقات در مورد استفاده از نانوذرات در تصفیه خاک در حال پیشرفت است و امید است که این فناوری در آینده به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گیرد.

فهرست منابع:

Wang, Y., Wang, J., & Zhang, W. (2022). Removal of heavy metals from water and soil by nanosorbents: A review. Journal of Hazardous Materials, 418, 126653.

Zhang, X., Zhang, Y., & Shen, Q. (2022). Removal of heavy metals from water and soil by nanosorbents based on ion exchange: A review. Environmental Science and Pollution Research, 30(1), 1699-1725.

Zhou, P., Liu, Y., & Chen, X. (2022). Removal of heavy metals from water and soil by nanosorbents based on ion exchange: A review of recent advances. Journal of Environmental Management, 333, 114094.

Jiang, L., Zhang, Y., Liu, X., & Zhang, W. (2017). Effect of carboxymethyl cellulose-stabilized iron nanoparticles on the immobilization of Cu(II) in soil. Journal of Environmental Science and Technology, 62(3), 241-248.

Fang, X., Jiang, L., & Zhang, W. (2019). Migration of titanium dioxide nanoparticles in soil. Journal of Environmental Science and Technology, 64(1), 75-81.

Yousefi, M., et al. (2021). Removal of cobalt and nickel from soil by different adsorbents. Iranian Journal of Environmental Sciences, 32(4), 491-501.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک:شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Nanoparticles, a new technology for cleaning polluted soils

Alireza Aleebrahim[1]*, Mahboobeh Jalali [2]

Instructor, Soil and Water Conservation Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Lorestan University, Khorram Abad, Iran; alebrahimalireza@gmail.com

Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran; jalali.mah@lu.ac.ir

Abstract:

Soil with heavy metals is a serious environmental problem that can threaten human and ecosystem health. The existing methods for cleaning contaminated soils include chemical, chemical and biological methods. In this article, the use of nanoparticles for the stabilization of heavy metals in polluted soils has been investigated. Nanoparticles with small size, high specific surface area and high reactivity can react in a way with heavy metals and make them unavailable to living organisms. The results showed that nanoparticles can naturally stabilize heavy metals in soil. This stabilization can take place through mechanisms such as adsorption, chemical precipitation and complex formation. The findings of this study show that nanoparticles are a promising method for cleaning soils contaminated with heavy metals. This method is unique to private methods, including high reaction speed, low cost, and environmental friendliness. Particles are a powerful potential nano-tool for remediation of soils contaminated with heavy metals. Research is needed to improve the efficacy and safety of this method.

Keywords: nanoparticles, stabilization of heavy metals, contaminated soil, soil

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک:شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مطالعه تغییرات شیمیایی خاک در طول فرایندهای انتقالی و تأثیر آن بر حاصلخیزی

علیرضا آل ابراهیم[1*]، محبوبه جلالی[2]

۱ مربی،پژوهشکده حفاظت خاک و آب،سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی،دانشگاه لرستان،خرم آباد،ایران؛alebrahimalireza@gmail.com

۲ استادیار گروه علوم خاک،دانشکده کشاورزی،دانشگاه لرستان،خرم آباد،ایران؛jalali.mah@lu.ac.ir

چکیده:

خاک یک سیستم پیچیده است که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله آب و هوا، پوشش گیاهی، فعالیت های انسانی و فرایندهای انتقالی قرار می گیرد. بررسی چالش ها و مسائل حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران شامل کمبود ماده آلی و عناصر غذایی در خاک، عدم تعادل تغذیه های گیاه، کارایی کم استفاده از کودهای شیمیایی، وجود تنشهای محیطی و تغییرات شیمیایی خاک پیچیدگی و چند بعدی بودن این موضوع را مشخص مینماید. فرایندهای انتقالی شامل حرکت مواد در خاک، از جمله مواد آلی، مواد معدنی و آب است. این فرایندها می توانند تأثیر قابل توجهی بر خصوصیات شیمیایی خاک و در نتیجه حاصلخیزی آن داشته باشند. این تغییرات می‌تواند منجر به افزایش یا کاهش مواد مغذی، pH، و سایر خواص شیمیایی خاک شود. درنتیجه،این تغییرات می‌تواندبررشدگیاهان وعملکردآنهاتأثیربگذارد.

واژگان کلیدی: خاک،حاصلخیزی، فرایندهای انتقالی،تغییرات شیمیایی

مقدمه:

خاک، یک ترکیب پیچیده از مواد بیولوژیک و شیمیایی است که در سطح زمین قابل مشاهده است. خاک ها نقش بسزایی در فرآیندهای زیستی و اکولوژیکی دارند و می توانند تحت تأثیر عوامل مختلف مانند آب، هوا، فعالیت زیستی، تغییرات محیطی و غیره تشکیل و تحول پیدا کنند. خاک ها معمولاً به صورت سیستم های اکولوژیکی فعال عمل می کنند و تحت تأثیر فرایندهای طبیعی و انسانی قادر به فرسایش و تغییر شکل می باشند. عواملی مانند نوع خاک، شرایط محیطی، و وقوع تغییرات ناگهانی می توانند سرعت فرسایش و تحول خاک را تعیین کنند. مطالعه تغییرات شیمیایی خاک و تأثیر آن بر حاصلخیزی یکی از موضوعات مهم در علوم خاک شناسی است. در طول فرآیندهای انتقالی، شیمی خاک تحت تأثیر عواملی مانند جریان آب، حرارت، پایداری pH و تغییرات شیمیایی مواد آلی و معدنی قرار می‌گیرد. این تغییرات شیمیایی می‌توانند تأثیر زیادی بر خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک و در نهایت بر حاصلخیزی آن داشته باشند (Harden,2002). برخی از تغییرات شیمیایی مهم در خاک شامل

تغییرات pH، میزان عناصر مغذی موجود در خاک (مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، مواد آلی، مواد معدنی و سایر عناصر شیمیایی می‌باشد. تغییرات در میزان این عناصر و نسبت آنها می‌تواند تأثیر مستقیمی بر حاصلخیزی خاک و عملکرد گیاهان داشته باشد. به عنوان مثال، کاهش pH خاک می‌تواند تأثیر منفی بر جذب عناصر مغذی توسط گیاهان داشته باشد. همچنین، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان سه عنصر مغذی اصلی موجود در خاک، نقش مهمی در رشد و توسعه گیاهان دارند و تغییرات در میزان آنها می‌تواند تأثیر چشمگیری بر حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول داشته باشد.

در این مطالعات، تغییرات شیمیایی خاک می‌تواند با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و تحلیل‌های شیمیایی مانند آنالیز pH، تعیین میزان عناصر مغذی و تعیین میزان مواد آلی و معدنی در خاک مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، اندازه‌گیری عملکرد گیاهان و بررسی تأثیر تغییرات شیمیایی در خاک بر آنها نیز می‌تواند بخشی از این مطالعات باشد. با توجه به اهمیت حاصلخیزی خاک و تأثیر آن بر عملکرد و توسعه خاک، لایه‌ای از مواد معدنی، آلی، هوا، و آب است که روی سطح زمین قرار دارد. خاک برای رشد گیاهان و سایر موجودات زنده ضروری است. حاصلخیزی خاک، توانایی آن برای تأمین مواد مغذی مورد نیاز گیاهان است.تغییرات شیمیایی خاک در طول فرایندهای انتقالی، تأثیر قابل توجهی بر حاصلخیزی خاک دارد.

تغییرات شیمیایی خاک در طول فرایندهای انتقالی:

فرایندهای انتقالی می توانند منجر به تغییرات قابل توجهی در خصوصیات شیمیایی خاک شوند می توانند تأثیرات قابل توجهی بر حاصلخیزی خاک داشته باشند و بنابراین بر این منابع طبیعی تأثیر می گذارند. به عنوان مثال، فرسایش خاک می تواند منجر به از بین رفتن مواد آلی و معدنی از خاک شود. این امر می تواند منجر به کاهش حاصلخیزی خاک و افزایش خطر فرسایش بیشترشود.این فرایند ها میتواند به طور طبیعی یا به طور مصنوعی رخ دهد.

برخی از فرایندهای انتقالی طبیعی عباتند از:

فرسایش خاک: در بخش فرسایش، می توان به تأثیرات فرسایش بر مواد آلی و مواد معدنی خاک اشاره کرد. فرسایش فرایندی است که باعث حرکت مواد از یک مکان به مکان دیگر می شود. فرسایش خاک می تواند توسط عوامل مختلفی مانند آب، باد و فعالیت انسانی ایجاد شود. فرسایش می تواند منجر به از بین رفتن مواد آلی شود که منبع مهمی از مواد مغذی برای گیاهان است. فرسایش همچنین می تواند منجر به از بین رفتن مواد معدنی شود که برای رشد گیاهان ضروری هستند. مواد آلی خاک منبع مهمی از مواد مغذی برای گیاهان است. مواد آلی به بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تأمین مواد مغذی برای گیاهان کمک می کند. مواد معدنی خاک نیز برای رشد گیاهان ضروری هستند. مواد معدنی به گیاهان برای تولید پروتئین، کربوهیدرات و سایر مواد مغذی ضروری کمک می کند. فرسایش می تواند منجر به از بین رفتن مواد معدنی خاک شود که میتواند باعث کاهش رشد گیاهان و کاهش عملکرد آنها شود (Lal,2014).

آبشویی: آبشویی فرایندی است که باعث حرکت مواد مغذی از خاک به آب می شود. آبشویی می تواند توسط عوامل مختلفی مانند بارندگی شدید، آبیاری نامناسب و فعالیت های کشاورزی ایجاد شود. آبشویی می تواند منجر به از بین رفتن مواد مغذی ضروری برای گیاهان شود.مواد مغذی خاک برای رشد گیاهان ضروری هستند. آبشویی می تواند منجر به از بین رفتن مواد مغذی خاک شود که می تواند باعث کاهش رشد گیاهان و کاهش عملکرد آنها شود (Harden,2002).

رسوب‌گذاری: رسوب‌گذاری باعث افزودن مواد معدنی و آلی به خاک می‌شود. این امر می‌تواند منجر به افزایش مواد مغذی خاک و بهبود حاصلخیزی آن شود. رسوبات مواد جامدی هستند که توسط آب یا باد حمل می شوند. رسوبات می توانند از منابع مختلفی مانند رودخانه ها، دریاچه ها و فعالیت های انسانی ایجاد شوند. رسوبات می توانند مواد آلی و مواد معدنی را به خاک اضافه کنند.

این امر می تواند باعث افزایش حاصلخیزی خاک شود. مواد آلی رسوبات می توانند به بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تأمین مواد مغذی برای گیاهان کمک کنند. مواد معدنی رسوبات نیز می توانند برای رشد گیاهان ضروری باشند (Hatfield,2009).

برخی از فرایند های انتقالی مصنوعی عبارتند از:

کشاورزی: کشاورزی می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در ترکیب و ساختار خاک شود. این تغییرات می‌تواند ناشی از استفاده از کود، علف‌کش، و سایر مواد شیمیایی باشد.

صنعتی شدن: صنعتی شدن می‌تواند منجر به آلودگی خاک شود. آلودگی خاک می‌تواند بر حاصلخیزی خاک تأثیر منفی بگذارد.

تأثیر تغییرات شیمیایی خاک بر حاصلخیزی:

تغییرات شیمیایی خاک می تواند تأثیر قابل توجهی بر حاصلخیزی خاک داشته باشد. به عنوان مثال، کاهش مواد آلی میتواندمنجر به کاهش حاصلخیزی خاک شود. این امر به این دلیل است که مواد آلی نقش مهمی در نگهداری مواد مغذی، بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب ایفا می کنند.

از بین رفتن مواد معدنی نیز می تواند منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شود. این امر به این دلیل است که مواد معدنی منبع مواد مغذی برای گیاهان هستن (Martin,2015).

شستشوی مواد مغذی نیز می تواند منجر به کمبود مواد مغذی برای گیاهان شود. این امر می تواند بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر منفی بگذارد.

تجمع مواد مغذی می تواند منجر به افزایش حاصلخیزی خاک شود. این امر می تواند به افزایش رشد و عملکرد گیاهان کمک کند.

راهکارهای کاهش تأثیر تغییرات شیمیایی خاک بر حاصلخیزی:

برای کاهش تأثیر تغییرات شیمیایی خاک بر حاصلخیزی، می توان اقدامات مختلفی انجام داد. به عنوان مثال، می توان از فرسایش و شستشوی خاک جلوگیری کرد. این امر می تواند با استفاده از روش های مدیریت خاک پایدار، مانند حفظ پوشش گیاهی و استفاده از خاک ورزی حفاظتی،انجام شود.همچنین می توان از تجمع مواد مضر در خاک جلوگیری کرد. این امر می تواند با مدیریت صحیح مواد آلی و کودهای شیمیایی، انجام شود.در نهایت، می توان با اصلاح خاک، حاصلخیزی آن را بهبود بخشید. این امر می تواند با افزودن مواد آلی و معدنی به خاک، انجام شود.

نتیجه گیری:

فرایندهای انتقالی می توانند تأثیرات قابل توجهی بر حاصلخیزی خاک داشته باشند. این تأثیرات می توانند مثبت یا منفی باشند. تأثیرات مثبت شامل افزایش مواد مغذی و کاهش فرسایش است. تأثیرات منفی شامل کاهش نفوذپذیری خاک و از بین رفتن مواد آلی است.

برای حفظ حاصلخیزی خاک، ضروری است که تأثیرات منفی فرایندهای انتقالی کاهش یابد. این امر می تواند با انجام اقداماتی مانند کنترل فرسایش، کاهش آبشویی و بهبود نفوذپذیری خاک انجام شود.

منابع:

J. W. Harden, "The nature and importance of soil organic matter," Advances in Agronomy, vol. 81, pp. 1-68, 2002.

R. Lal, "Soil erosion and the global food crisis," International Soil and Water Conservation Research, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2014.

J. L. Hatfield, "Water erosion and the environment," Advances in Agronomy, vol. 103, pp. 1-46, 2009.

J. P. Martin, "Soil pollution," in Soils and Soil Management, R. Lal, Ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2015, pp. 229-254.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک:شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Studying soil chemical changes during transitional processes and its effect on fertility

Alireza Aleebrahim[1]*, Mahboobeh Jalali [2]

Instructor, Soil and Water Conservation Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Lorestan University, Khorram Abad, Iran; alebrahimalireza@gmail.com

Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran; jalali.mah@lu.ac.ir

Abstract:

Soil is a complex system that is affected by various factors such as climate, vegetation, human activities and transition processes. Investigating the challenges and problems of soil fertility and plant nutrition in Iran, including the lack of organic matter and nutrients in the soil, the imbalance of plant nutrition, the low efficiency of using chemical fertilizers, the existence of environmental stresses and soil chemical changes, the complexity and multidimensionality of this issue. specifies Transport processes involve the movement of materials in the soil, including organic matter, minerals, and water. These processes can have a significant effect on the chemical properties of the soil and consequently its fertility. These changes can lead to increases or decreases in nutrients, pH, and other soil chemical properties. As a result, these changes can affect the growth and performance of the universe.

Key words: soil, fertility, transition processes, chemical changes

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

پهنه‌بندی پراکنش و ارزیابی آلودگی فلزات سرب، نیکل، کروم و روی درخاک‌های مرکزی استان خوزستان

نسیم صحرایی[۱]، احمد لندی[۲*]،سعید حجتی[۲]

۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز*؛ landi@scu.ac.ir

۳-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

ارزیابی وضعیت آلودگی خاک برای توسعه پایدار کشاورزی و احیا خاک‌های آلوده به فلزات با پتانسیل آلایندگی امری ضروری است. مطالعه حاضر با هدف کمی سازی آلودگی فلزات سرب، نیکل، کروم و روی برای ارزیابی زیست‌محیطی خاک با استفاده از شاخص‌های آلودگی در بخشی از اراضی مرکزی استان خوزستان انجام شد. به‌منظور برآورد میزان آلودگی خاک، ۲۰۰ نمونه از خاک سطحی (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری) تهیه گردید. پس از نمونه‌برداری و آماده‌سازی خاک‌ها، غلظت فلزات (روی، نیکل، سرب و کروم) با روش تیزآب سلطانی و دستگاه ICP- OES اندازه‌گیری و با استفاده از شاخص‌های زیست‌محیطی، میزان خطر زیست‌محیطی عناصر روی، نیکل، کروم و سرب در منطقه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه روی، نیکل، کروم و سرب به ترتیب ۶۰/۲۶، ۵۰/۹۶، ۵۰/۳۸ و ۱۲/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج ارزیابی فاکتور آلودگی و شاخص زمین انباشتگی نشان داد که فلزات روی، نیکل، کروم و سرب به‌صورت منفرد، آلودگی بالایی در خاک سطحی منطقه ندارند و شاخص غنی‌شدگی نیز سطح آلودگی متوسط را در منطقه نشان می‌دهد. همچنین بیشترین میزان غلظت فلزات در مناطق شمالی منطقه مطالعاتی در مجاورت مناطق صنعتی مشاهده گردید. بنابراین انجام نظارت و مدیریت بیشتر محیط‌زیستی در منطقه جهت کنترل منابع آلودگی خاک پیشنهاد می گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک، فاکتور آلودگی، شاخص زمین انباشتگی ، شاخص غنی‌شدگی

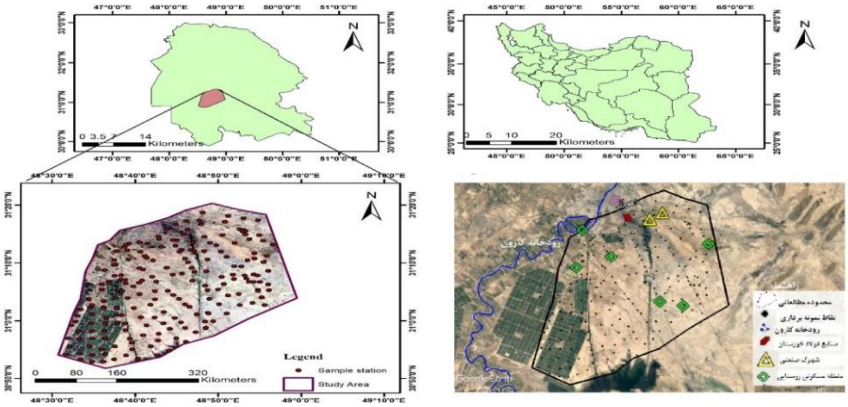
مقدمه

فلزات با پتانسیل آلایندگی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیطی هستند که در تمام جوامع صنعتی یافت می‌شوند. این فلزات در خاک به دلیل سمیت، ماندگاری، جذب آسان توسط گیاهان و نیمه‌عمر طولانی می‌توانند عملکرد طبیعی خاک‌ها را از بین برده و باعث ایجاد تنش در محصولات زراعی و جلوگیری از رشد آن‌ها گردد. به‌طورکلی فلزات با پتانسیل آلایندگی با رسوب در خاک و جذب توسط پوشش گیاهی بر حاصلخیزی، توسعه گیاهان و بهره‌وری خاک تأثیر می‌گذارند. همچنین قرار گرفتن انسان در معرض این فلزات باعث اختلالات حاد و مزمن قلب و عروق و ابتلا به سرطان‌های مختلف می‌گردد (Huang et al., 2018). با توجه به اینکه توزیع مکانی فلزات با پتانسیل آلایندگی در

خاک تا حد زیادی تحت تأثیر تغییرات سنگ مادر، خصوصیات محیطی و فرآیندهای خاک‌شناسی قرار می‌گیرد (Rezapour et al., 2014)، تنها تعیین غلظت این فلزات در خاک، میزان آلودگی و اثرات تخریبی آن‌ها را در محیط را نشان نخواهد داد و کارایی لازم برای ارزیابی و مدیریت وضعیت آلودگی در خاک را ندارد. به این منظور پژوهشگران به‌منظور بررسی آلودگی و خطرات زیست‌محیطی ناشی از غلظت فلزات با پتانسیل آلایندگی از شاخص‌های آلودگی مانند فاکتور آلودگی[۱](CF)، فاکتور غنی‌شدگی[۲](EF)، شاخص زمین انباشتگی[۳](Igeo) و شاخص خطر زیست‌محیطی[۴](RI) استفاده کرده‌اند (Kumar et al., 2018; Hojati, 2017).استان خوزستان در جنوب غربی ایران، یکی از مراکز مهم کشاورزی و صنعتی در کشور می‌باشد. کشاورزی گسترده و کاربرد سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی، استفاده از کمپوست و لجن فاضلاب از یک‌سو و تعدد صنایع مستقر در منطقه از جمله صنایع مرتبط با فولاد، نفت و همچنین پدیده غالب گرد و غبار از سوی دیگر، اهمیت زیست‌محیطی و لزوم بررسی میزان آلودگی فلزات با پتانسیل آلایندگی زیاد را در خاک‌های این منطقه دوچندان می‌کند. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آلودگی خاک به عناصر روی، نیکل، کروم و سرب، با استفاده از شاخص‌های مختلف زیست‌محیطی به‌منظور ارزیابی و تعیین توزیع مکانی غلظت این عناصر در قسمتی از اراضی مرکزی استان خوزستان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی ایران با وسعت حدود ۱۵۵ هزار هکتار حد واسط عرض جغرافیایی″۳۰′۵۲°۳۰ تا″۲۰′۲۰°۳۱ شمالی و″۱۰′۵۸°۴۸ تا″۰۱′۰۰°۳۰ ۴۸ طول شرقی، در شرق رودخانه کارون و در ۱۵ کیلومتری جنوب شهر اهواز واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

۱- Contamination Factor
۲ Enrichment Factor
۳ Geoaccumulation Index
۴ Potential eclogical risk

در این مطالعه تعداد ۲۰۰ نمونهٔ خاک سطحی از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری به روش تصادفی طبقه‌بندی‌شده جمع‌آوری شدند نمونه‌ها پس از جداسازی مواد گیاهی و سنگریزه‌ها، هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. غلظت فلزات مورد مطالعه شامل عناصر سرب، نیکل، کروم و روی پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، .با استفاده از دستگاه ICP-OES مدل Varian 710-ES برآورد شدند. عصاره‌گیری برای تعیین غلظت این فلزات از نمونه‌های خاک با استفاده از روش انحلال با تیزآب سلطانی انجام گردید.

در این پژوهش برای تعیین شدت و سطح آلودگی خاک به فلزات مورد بررسی از فاکتور آلودگی (CF)، فاکتور غنی‌شدگی (EF)، شاخص زمین انباشتگی (Igeo) استفاده گردید.

فاکتور آلودگی (CFmetal) یک شاخص ساده و تک مقیاس است که به‌منظور تعیین آلایندگی خاک به فلزات دارای پتانسیل آلایندگی استفاده می‌شود. بر اساس این فاکتور مقدار فلزات در نمونه‌ها نسبت به مقدار طبیعی آن سنجیده می‌شود و میزان آلایندگی خاک تعیین می‌گردد. این فاکتور با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$CFmetal = \frac{Cmetal}{Cbackground} \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، Cmetal غلظت عنصر در سطح خاک و Cbackground غلظت عنصر در زمینه می‌باشد. در این پژوهش میانگین غلظت هر عنصر در پوسته زمین به‌عنوان غلظت زمینه‌ای (طبیعی) در نظر گرفته شد. بر این اساس خاک‌ها از نظر درجه آلودگی به فلزات دارای پتانسیل آلایندگی به چهار کلاس: آلودگی کم: CF<۱، آلودگی متوسط: ۳>CF>۱، آلودگی زیاد: ۶>CF>۳ و آلودگی خیلی زیاد: CF≥۶ گروه‌بندی می‌شوند (Hakanson, 1980).

فاکتور غنی‌شدگی (EF) سطح آلودگی فلزات در خاک را نشان می‌دهد و شاخصی برای ارزیابی میزان تأثیر فعالیت‌های انسانی بر آلودگی خاک توسط فلزات دارای پتانسیل آلایندگی و جدا کردن منابع طبیعی و انسانی این فلزات می‌باشد. فاکتور غنی‌شدگی (EF) بر اساس رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$EF = \frac{(Cx/R)sample}{(Cx/R)Refrence} \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، Cx غلظت فلز مربوطه و R غلظت فلز مبناست. عبارت Sample مقادیر خاکی هر یک از متغیرهای موجود و عبارت Reference نیز به مقادیر متناظر این متغیرها در خاک‌های آلوده نشده اشاره دارد. در این تحقیق، غلظت فلزات مورد مطالعه با توجه به غلظت آهن نرمال شدند. علت انتخاب آهن به‌عنوان عنصر مبنا این است که تصور می‌شود غلظت آن در خاک، مستقل از غلظت فلزات دیگر بوده و در نتیجه از آن‌ها تأثیر نمی‌پذیرد. درجه آلودگی فلزات سنگین، بر اساس فاکتور غنی‌سازی در ۳ سطح تعریف می‌شود: EF<۱/۵ به منشأ عمدتاً پوسته یا هوازدگی طبیعی اشاره دارد، درحالی‌که EF>۱/۵ نشان‌دهنده آلودگی انسانی است و EF>۱۰ به معنای غنی‌سازی قابل توجه است (Ye et al., 2011). درجه آلودگی خاک‌ها به فلزات دارای پتانسیل آلایندگی را می‌توان به پنج دسته طبقه‌بندی کرد. کلاس آلودگی کم EF<۲، کلاس آلودگی متوسط (۵>EF>۲)، کلاس آلودگی زیاد (۲۰>EF>۵)، کلاس آلودگی بسیار زیاد (۴۰>EF>۲۰) و کلاس آلودگی به‌شدت زیاد EF≥۴۰

شاخص زمین انباشتگی (Igeo): یکی دیگر از رویکردهای معمول در ارزیابی میزان آلودگی خاک توسط فلزات دارای پتانسیل آلایندگی می‌باشد که در سال ۱۹۶۹ توسط آقای مولر ارائه شده است. روش محاسبه آن مطابق با رابطه ۳ است:

$$Igeo = \log 2 \left(\frac{Cn}{1.5Bn}\right) \quad (۳)$$

در رابطه (۳)، Igeo شاخص تجمع و یا شدت آلودگی در خاک، Cn میزان غلظت عنصر مورد نظر در نمونه خاک و Bn میزان غلظت همان عنصر در محیط مرجع (شیل) می‌باشد. ضریب ۱/۵ ضریب تصحیح تأثیر لیتوژنیکی مقدار غلظت زمینه می‌باشد. این شاخص درجه آلودگی به فلزات دارای پتانسیل آلایندگی را در قالب ۷ کلاس، بر اساس مقادیر کمی برآورده شده، ارزیابی می‌نماید. ۰≤Igeo غیر آلوده؛ ۱≤Igeo>۰ غیر آلوده تا کمی آلوده؛ ۲≤Igeo>۱ کمی آلوده؛ ۳≤Igeo>۲ کمی آلوده تا خیلی آلوده؛ ۴≤Igeo> ۳ خیلی آلوده؛ ۴≤Igeo>۵ خیلی آلوده تا به‌شدت آلوده و ۵<Igeo به‌شدت آلوده .

نتایج و بحث

در جدول ۱ خلاصه آمار توصیفی فلزات با پتانسیل آلایندگی در منطقه مورد مطالعه آورده شده است. بر این اساس، میانگین غلظت این فلزات در نمونه‌های خاک سطحی برای کلیه عناصر مورد بررسی کم‌تر از محدوده دستورالعمل سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران[۱] و مقادیر پوسته زمین بود (Mirsal, 2008).

میانگین غلظت فلزات روند نزولی روی > نیکل > کروم > سرب را نشان داد. بیشترین مقدار انحراف معیار و تغییرات غلظت در عناصر روی و سرب مشاهده شد. غلظت سرب در نمونه‌های بررسی شده بین ۰/۸ تا ۱۰۰/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود، مقدار بسیار بالای ضریب تغییرات برای فلز سرب (CV> ۷۰) بیانگر توزیع ناهمگن آن در مکان‌های مختلف منطقه می‌باشد (Zhang et al., 2015). بر اساس نتایج جدول ۱، غلظت روی در نمونه‌های مورد بررسی بین ۳۴/۵ تا ۲۹۴/۳ با میانگین۶۰/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، همچنین این فلز با ضریب تغییرات ۴۲ درصد بعد از سرب بیشترین میزان تغییرات در منطقه را داشت. میانگین غلظت نیکل در منطقه مورد بررسی ۵۰/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ضریب تغییرات این فلز ۳۱ درصد بود. نیکل نسبت به سرب و روی دارای تغییرات غلظت کمتری در منطقه بود و بیشترین غلظت نیکل نیز در نزدیکی مناطق صنعتی دیده شد. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد آلودگی نیکل در خاک به‌طور کلی ناشی از مواد شیمیایی کشاورزی یا رسوب ناشی از فعالیت‌های صنعتی است (Maas et al., 2010). کمترین مقدار ضریب تغییرات در منطقه مربوط به فلز کروم (۸/۷۹ درصد) بود در نتیجه می‌توان گفت فلز کروم توزیع همگنی در منطقه مورد مطالعه دارد.

۱-Department of Environmental Protection. (2017)

جدول ۱- آمار توصیفی عناصر در منطقه مورد مطالعاتی (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات	k-s[1]
روی	۳۴/۵	۲۹۴/۳	۶۰/۲۶	۲۵/۴۳	۵/۹۷	۴۴/۴۰	۴۲/۰۰	۰/۰۰
کروم	۲/۵	۸۶/۴	۵۰/۳۸	۴/۴۸	۲/۳۱	۱۰/۵۰	۸/۷۹	۰/۰۰
نیکل	۴۰/۶۰	۷۵/۰۰	۵۰/۹۶	۱۲/۶۷	-۰/۱۷	-۰/۶۰	۳۱/۰۰	۰/۰۰
سرب	۰/۸۰	۱۰۰/۵۰	۷/۰۸	۱۵/۸۵	۴/۴۰	۲۳/۴۵	۱۸۲/۴۵	۰/۰۰

غلظت فلزات مورد مطالعه بر اساس استانداردهای جهانی($mgkg^{-1}$)

	روی (Zn)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)	سرب (Pb)
میانگین پوسته زمین	۷۵	۱۰۰	۸۰	۱۴
میانگین شیل جهانی[2]	۹۵	۹۰	۶۸	۲۰
استانداردهای کیفیت منابع خاک ایران	۲۰۰	۶۴	۵۰	۳۰۰
مقدار متوسط در خاک‌های جهان[a]	۹۰	۱۰۰	۸۵	۳۵
استاندارد اتحادیه اروپا[b]	۱۵۰	۱۰۰	۷۵	۵۰

a:(Adriano,2001); b:(McGrath et al,1994)

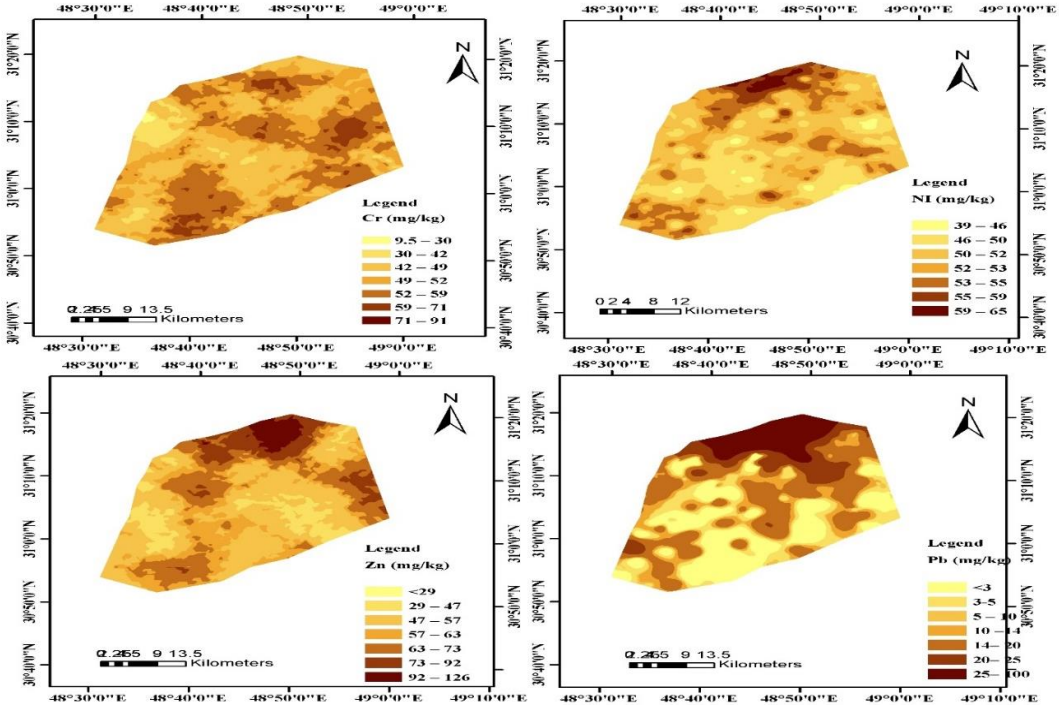
در مطالعه‌ای Baltas و همکاران (۲۰۲۰) بر روی خاک‌های استان سینوب[3]ترکیه گزارش دادند عدم وجود تغییرات زیاد یک عنصر در یک منطقه بیانگر محدود بودن عوامل دخیل در تغییر غلظت این فلز در منطقه می‌باشد. همچنین ضریب تغییرات بالای برخی از ویژگی‌های خاک و تغییرات زیاد این ویژگی‌ها در خاک منطقه را نیز می‌توان دلیل دیگر برای عدم یکنواختی توزیع سایر PTEs در منطقه دانست (Arenas-Lago et al., 2014). با این وجود، بایستی متذکر شد که مشخص نمودن تنها یک عامل به عنوان کنترل‌کننده اصلی توزیع عناصر مختلف در خاک تقریباً غیرممکن است (Mico et al., 2006). در نتیجه، صحت تفسیرهای ارائه شده از نتایج کاربرد روش‌های آماری مختلف در مطالعات آلودگی خاک، مستلزم داشتن اطلاع از شرایط محلی و منابعی است که پتانسیل ایجاد آلودگی در محیط را دارند. شناسایی الگوهای جغرافیایی جهت شناخت رفتار خاک مهم می‌باشد. به همین منظور توزیع مکانی عناصر مورد بررسی در خاک منطقه ابتدا با استفاده از روش زمین‌آماری کریجینگ معمولی[4]انجام شد (شکل ۲).

بر اساس شکل ۲ توزیع مکانی فلزات نیکل، سرب و روی مشابه بود. به نحوی که بیشترین غلظت این فلزات در خاک‌های شمال و شمال شرقی منطقه به خصوص در خاک اطراف کارخانه صنایع فولاد و شهرک‌های صنعتی شمال شرقی و اراضی کشاورزی واقع در جنوب منطقه‌ی مورد مطالعه دیده شد. که این امر بیانگر نقش احتمالی این منابع در

۱-Kolmogorov-Smirnov
۲-Shale Background
۳-Sinop
۴-Ordinary Kiriging

ورود این عنصر به خاک منطقه است. همچنین فلز کروم توزیع یکنواخت‌تری نسبت به سایر عناصر مورد بررسی در منطقه‌ی مورد مطالعه دارد. همچنین بر اساس نقشه پهنه‌بندی مکانی فلز کروم هیچ کلاس آلودگی از این عنصر در منطقه دیده نمی‌شود و در تمامی سطح منطقه میزان غلظت کروم از حد آستانه (غلظت زمینه) کمتر می‌باشد.

بر اساس نقشه‌های تولید شده می‌توان بیان داشت فعالیت‌های انسانی از جمله صنایع فولاد خوزستان و شهرک‌های صنعتی منطقه در انتشار و ورود سرب، روی و نیکل به خاک‌های اطراف خود نقش داشته‌اند. در مطالعه‌ای مشابه (هرمزی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵) نیز در خاک‌های اطراف صنایع فولاد خوزستان گزارش دادند میزان آلودگی فلزات با پتانسیل آلودگی در اطراف و پایین‌دست این کارخانه بیشتر از مناطق بالادست می‌باشد و با فاصله گرفتن از مناطق صنعتی مقدار آلودگی کاهش می‌یابد. همچنین طبق پژوهش‌های انجام شده در دیگر نقاط جهان فعالیت‌های صنعتی مانند ذوب فلزات و تولید سیمان می‌تواند اثرات قابل توجهی در افزایش غلظت برخی عناصر با پتانسیل آلایندگی مانند سرب، روی، کادمیوم در خاک‌های پیرامونی داشته باشند (Ogunkunle and Fatoba., 2014).



شکل ۲- نقشه‌های توزیع مکانی فلزات مورد مطالعه با استفاده از روش کریجینگ معمولی

در این مطالعه از شاخص‌های ژئوشیمیایی CF، EF، Igeo برای درجه‌بندی سطوح آلودگی منطقه استفاده شد. در جدول۲ مقدار شاخص‌های تک عنصری به‌صورت حداقل، حداکثر و میانگین نمایش داده شده است.

جدول ۲-آمار توصیفی برخی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

	CF			EF			Igeo		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
Zn	۰/۴۹	۴/۲۱	۰/۸۶	۱/۸۱	۱۸/۹۰	۳/۵۰	-۱/۷۱	۱/۳۹	-۰/۹۶
Cr	۰/۰۲	۰/۸۶	۰/۵۰	۰/۱۰	۴/۱۶	۲/۰۷	-۵/۹۰	-۰/۸۰	-۱/۶۷
Ni	۰/۵۰	۰/۹۴	۰/۶۴	۱/۸۶	۴/۶۴	۲/۶۱	-۱/۵۶	-۰/۶۸	-۱/۲۴
Pb	۰/۰۲	۷/۱۸	۰/۵۰	۰/۰۹	۲۱/۸۷	۱/۹۳	-۶/۱۳	۲/۲۶	-۲/۵۶

با توجه به این داده‌ها، میانگین فاکتور آلودگی (CF) در همه نمونه‌ها کمتر از ۱ و در محدوده آلودگی کم می‌باشد. از نظر شاخص CF تنها ۱/۵ درصد از نمونه‌ها آلودگی شدید و ۱۰ درصد دارای آلودگی متوسط به عنصر روی بودند و در سایر نمونه‌ها آلودگی مشاهده نگردید. همچنین ۲ درصد از نمونه‌های خاک از نظر عنصر سرب دارای آلودگی شدید و ۸ درصد دارای آلودگی متوسط بودند. با توجه به طبقه‌بندی این شاخص ۱۰۰ درصد نمونه‌های خاک از نظر عناصر کروم و نیکل در طبقه با آلودگی کم قرار دارند. علاوه بر این، متوسط مقدار شاخص غنی‌شدگی (EF) برای فلزات سرب (۱/۹۳)، نیکل (۲/۶۱)، روی (۳/۵۰) و کروم (۲/۰۷) به دست آمد، این نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه میانگین تغییر فاکتور غنی‌شدگی دارای روند: سرب < کروم < نیکل < روی می‌باشد. با توجه به میانگین این شاخص، سطح غنی‌شدگی برای عناصر روی، کروم و نیکل متوسط و برای فلز سرب کم می‌باشد. با این حال مقدار میانگین فاکتور غنی‌شدگی کلیه عناصر مورد مطالعه در منطقه بیشتر از ۱/۵ بود که این امر نشان‌دهنده سهم زیاد فعالیت‌های انسانی در آلودگی‌های محیطی است (Rashed, 2010). غنی‌شدگی فلزات مورد بررسی در برخی نمونه‌های خاک سطحی را می‌توان به فعالیت‌های انسانی از جمله فعالیت‌های صنعتی در منطقه، حمل‌ونقل و ترافیک و کاربرد سموم دفع آفات، کود و غیره مربوط دانست. محاسبه و بررسی شاخص زمین انباشتگی نشان داد که بیشتر نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه مورد نظر در کلاس غیر آلوده قرار دارند و تنها ۲ درصد از نمونه‌های خاک از نظر عنصر روی و نیکل، کمی آلوده بودند، همچنین در ۱۰ درصد از نمونه‌های خاک انباشتگی متوسط فلز سرب دیده شد و بقیه نمونه‌ها فاقد انباشتگی عناصر با پتانسیل آلایندگی تشخیص داده شدند. به‌طورمیانگین شاخص زمین انباشتگی روند سرب <کروم <روی< نیکل را نشان داد. مقایسه میانگین شاخص زمین انباشتگی موجود در جدول ۲ با طبقه‌بندی مولر نشان می‌دهد خاک منطقه نسبت به فلزهای مورد مطالعه کاملاً غیر آلوده است. همچنین برای ارزیابی خطر فلزات مختلف از شاخص خطراکولوژیک (RI) استفاده شد (جدول ۳). این نتایج نشان داد، که میانگین خطر اکولوژیک عناصر روی، کروم، نیکل و سرب در منطقه مطالعاتی در محدوده ریسک کم قرار داشتند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که متوسط غلظت کل عناصر سرب، کروم، نیکل و روی، در خاک‌های منطقه مورد مطالعه، کمتر از دستورالعمل سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و میانگین متوسط پوسته زمین است. بیشترین

مقدار عناصر در قسمت شمالی و نزدیک صنایع فولاد خوزستان و شهرک‌های صنعتی ۱و ۳ اهواز مشاهده گردید. بررسی شاخص‌های مختلف آلودگی نشان داد که خاک‌های منطقه بر اساس شاخص‌های CF و Igeo در کلاس آلودگی کم و بر اساس شاخص EF در کلاس غنی‌شدگی متوسط قرار می‌گیرند. به‌طور کلی اگرچه بر اساس شاخص‌های آلودگی، درجه آلودگی فلزات مورد مطالعه در محدوده کم خطر ارزیابی شدند اما چنانچه ورود این عناصر از منابع آلاینده موجود در منطقه کنترل نگردد، منطقه مطالعاتی پتانسیل لازم جهت پیشروی به سمت آلودگی را دارد. بنابراین انجام نظارت و مدیریت بیشتر محیط‌زیستی در منطقه جهت کنترل منابع آلودگی خاک ضروری است.

فهرست منابع

هرمزی نژاد، ف، راست منش، ف و زراسوندی، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی میزان آلودگی عناصر جزئی (نیکل، آهن، روی، کروم، منگنز و سرب) در خاک‌های اطراف مجتمع صنایع فولاد خوزستان.مجله زمین شناسی اقتصادی،جلد ۸، شماره ۲، صفحات ۴۱۵ تا ۴۲۹.

Arenas-Lago, D., Vega, F.A., Silva, L.F.O., and Andrade, M.L. (2014). Copper distribution in surface and subsurface soil horizons. Environmental Science and Pollution Research, 21:10997-۱۱۰۰۸.

Baltas, H., Sirin, M., Gokbayrak, E., and Ozcelik, A.E. (2020). A case study on pollution and a human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils around Sinop province, Turkey. Chemosphere, 241:125015.

Cerqueira, B., Vega, F.A., Silva, L.F., and Andrade, L. (2012). Effects of vegetation on chemical and mineralogical characteristics of soils developed on a decantation bank from a copper mine. Science of the Total Environment, 421:220-229.

Kumar, V., Sharma, A., Bhardwaj, R. M., and Thukral, A. K. (2018). Temporal distribution, source apportionment, and pollution assessment of metals in the sediments of Beas River, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 24(8): 2162–2181.

Huang, Y., Chen, Q., Deng, M., Japenga, J., Li, T., Yang, X., and He, Z. (2018). Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in Southeast China. Journal of Environmental Management, 207:159–168.

Mico, C., Recatala, L., Peris, M., and Sanchez, J. (2006). Assessing heavy metal sources inagricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere, ۶۵:۸۶۳-۸۷۲.

Maas, S., Schei, R., Benslama, M., Crini, N., Lucot, E., Brahmia, Z., and Giraudoux, P. (2010). Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria. Environmental Pollution, 158:2294-2301.

Mirsal, I.A. (2008). Soil pollution: origin, monitoring and remediation. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70777-6.

Ogunkunle, C.O., and Fatoba, P.O. (2014). Contamination and spatial distribution of heavy metals in topsoil surrounding a mega cement factory. Atmospheric Pollution Research. 5:270-۲۸۲.

Rashed, M.N. (2010). Monitoring of contaminated toxic and heavy metals, from mine tailings through age accumulation, in soil and some wild plants at Southeast Egypt. Journal of Hazardous Materials, 178(1–3):739–746.

Rezapour, S., Golmohammad, H., and Ramezanpour, H. (2014). Impact of parent rock and topography aspect on the distribution of soil trace metals in natural ecosystems. International Journal of Environmental Science and Technology, 11(7): 2075–2086.

Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research, 14(8):975–1001.

Hojati, S. (2017). Pollution assessment and source apportionment of arsenic, lead and copper in selected soils of Khuzestan Province, southwestern Iran. Arabian Journal of Geosciences, ۱۰:۵۲۸.

Ye, C., Li, S., Zhang, Y., and Zhang, Q. (2011). Assessing soil heavy metal pollution in the water-level-fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir, China. Journal of Hazardous Materials, 191(3): 366-372.

Zhang, C., Yang, Y., Li, W., Zhang, C., Zhang, R., and Mei, Y. (2015). Spatial distribution and ecological risk assessment of trace metals in urban soils in Wuhan, central China. Environmental Monitoring and Assessment, 187(9):556.

Zonation and evaluation of lead, nickel, chromium, and zinc metals pollution in the central soils of Khuzestan province

N. Sahraei[1], A. Landi*[2], S. Hojati [3]

[1] PhD Graduate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.

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

[3] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.

* Corresponding author, Email: landi@scu.ac.ir

Abstract

Assessment of soil pollution is essential for sustainable agricultural development and reclamation of soils contaminated with potentially toxic elements (PTEs). The present study was conducted to map and quantify PTEs (Pb, Ni, Cr, and Zn) pollution for soil environmental assessment using pollution indicators in a part of the central plain of Khuzestan Province. For this purpose, 200 soil samples were taken from the surface layer (0-10 cm). After sampling and preparing the soils, total metal content was determined using the aqua-regia solution digestion method and analyzed using Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OEC). The concentration of Pb, Ni, Cr, and Zn pollution was determined based on environmental indicators including contamination factor (Cf), enrichment factor (EF), and geo-accumulation index (Igeo). The total average concentration of Zn, Ni, Cr, and Pb were 60.26, 50.96, 50.38, and 12.67 mg/kg, respectively. The order of metals concentration was arranged as Zn> Ni> Cr> Pb. The results showed that the soil samples taken from the study area are in the low pollution category based on the individual element indices of CF and Igeo, but based on the EF index they were classified in the moderate pollution category. Furthermore, the highest concentration of metals was found in the northern areas of the study area in the vicinity of industrial areas. This study suggests continuous monitoring of potentially toxic elements in soils of the region to control the sources of soil pollution.

Keywords: Enrichment factor, Geo-accumulation index, Pollution factor, Soil pollution.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

برآورد اجزا بافت خاک در بخشی از اراضی دشت خوزستان با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی

نسیم صحرایی[۱]، احمد لندی[۲*]،سعید حجتی[۲]

۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز*؛ landi@scu.ac.ir

۳-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کارائی مدل جنگل تصادفی (RF) با استفاده از رویکرد نقشه‌برداری رقومی خاک (DSM) برای پیش‌بینی اجزا بافت خاک در بخشی از دشت سیلابی استان خوزستان انجام شد. به این منظور، ۲۰۰ نمونه از خاک سطحی (عمق ۰-۱۰ سانتی متری) به صورت تصادفی طبقه بندی شده جمع‌آوری شدند. بر این اساس، ۱۶۰ نمونه برای آموزش و ۴۰ نمونه برای اعتبارسنجی استفاده شد. داده‌های کمکی شامل مشتقات اولیه و ثانویه مدل رقومی ارتفاع (DEM) شامل (شیب، جهت شیب، شاخص شبکه آبراهه‌ای و ...) و شاخص‌های طیفی و گیاهی سنجش از دور (RS) بودند که انتخاب دسته مناسب از آنها با استفاده از روش تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) انجام گرفت. بر اساس روش PCA، نه متغیر توپوگرافی از DEM و هشت شاخص پوشش گیاهی از RS برای پیش‌بینی اجزا بافت خاک (شن، سیلت و رس) گردیدند. برای تعیین دقت مدل از آماره‌های ضریب تبیین (R^2) و ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید. نتایج نشان داد الگوریتم جنگل تصادفی به عنوان روشی مفید و قابل اعتماد در نقشه‌برداری رقومی بافت خاک در منطقه مورد مطالعه استفاده شود.

واژگان کلیدی: داده‌های کمکی، سنجش از دور، نقشه‌برداری رقومی

مقدمه

بافت خاک یک ویژگی مهم خاک است که اکثر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در خاک را از جمله ظرفیت حرارتی، نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری آب، حرکت املاح و عناصر سنگین در خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در علوم خاک روش معمول برای ترسیم خصوصیات خاک توسط محاسبه میانگین هر ویژگی در هر واحد نقشه می‌باشد در این روش‌ها نقشه‌برداری خصوصیات خاک در مقیاس‌ها و کاربری‌های مختلف، نیازمند جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل تعداد نمونه زیاد است تا تغییرپذیری مکانی در خاک برآورد شود. از این‌رو در سطح جهانی، شیوه‌های نقشه‌برداری خاک تا حد زیادی به سمت استفاده از روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک[۱](DSM) و استفاده از فناوری‌های نوین مرتبط با

[۱] Digital Soil Mapping (DSM)

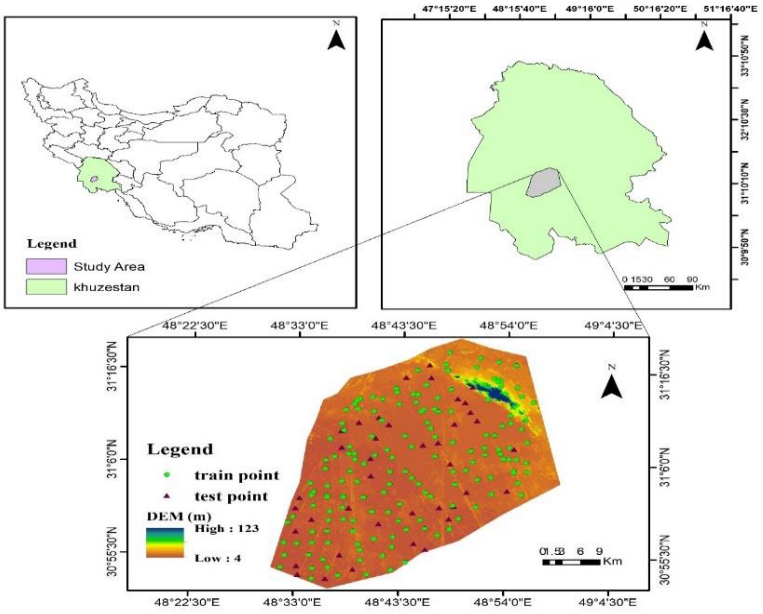
داده‌های سنجش از دور (RS) به عنوان ابزاری برای کاهش هزینه و زمان مورد نیاز برای توسعه نقشه‌های خاک تغییر یافته است (Khaledian and Miller, 2020). مطالعات انجام شده در سالیان اخیر نشان می‌دهد داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند متغیر کمکی مفیدی برای پیش‌بینی ویژگی‌های سطحی خاک باشند (Castaldi *et al.*, 2016; Gomez *et al.*, 2018). به‌طور معمول، این متغیرهای کمکی علاوه بر داده‌های سنجش از دور از داده‌های ژئومورفولوژیکی و داده‌های اقلیمی و مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM) به‌دست می‌آیند، به طور کلی، می‌توان گفت هدف انواع روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک پیش‌بینی ویژگی‌های مختلف خاک از طریق مرتبط نمودن مشاهدات زمینی به پیش‌بینی‌کننده‌های محیطی می‌باشد (McBratney *et al.*, 2003). در نقشه‌برداری رقومی خاک برای توسعه مدل‌سازی خاک-زمین‌نما از روش‌های مختلف یادگیری ماشین، از جمله روش‌های درخت‌های تصمیم‌گیری، منطق فازی، شبکه‌های عصبی و غیره استفاده می‌شود (Heung *et al.*, 2016). در این رویکرد، الگوریتم‌های یادگیری ماشین، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و روش‌های مختلف آماری برای یافتن روابط بین پاسخ متغیرهای خاک و مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی برای پیش‌بینی ویژگی‌های خاک در مکان‌های نمونه‌برداری نشده استفاده می‌شوند.

در دو دهه اخیر مدل‌های مختلف یادگیری ماشین توسط محققان برای پیش‌بینی بافت خاک و کلاس‌های آن به کار گرفته شده است (Mousavi *et al.*, 2022؛ Wu *et al.*, 2018؛ Zhang *et al.*, 2019).

با توجه به اینکه استان خوزستان یکی از قطب‌های صنعتی و کشاورزی ایران می‌باشد، تعیین تغییرات مکانی اجزاء بافت خاک به‌منظور مدل‌سازی اکولوژیکی و مدیریت کشاورزی و محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر، تهیه نقشه تغییرات بافت خاک می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری دقیق، سریع و با هزینه‌ی کمتر در ارزیابی‌های محیطی و مدیریت صحیح در سطح منطقه داشته باشد. از این‌رو، در این پژوهش مدنظر است، تا با بررسی کارایی مدل جنگل نصادفی، پتانسیل استفاده از داده‌های سنجش از دور در کنار سایر متغیرهای محیطی برای پیش‌بینی اجزای بافت خاک در بخشی از دشت سیلابی استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان و در ۱۵کیلومتری جنوب شهر اهواز به مختصات جغرافیایی″۳۰′۵۲°۳۰ تا″۲۰′۲۰°۳۱ عرض شمالی و″۱۰′۵۸°۴۸ تا″۰۱′۰۳ °۴۸ طول شرقی با مساحتی حدود ۱۵۵ هزار هکتار واقع شده است (شکل ۱). دشت رسوبی سیلابی زمین‌نمای غالب منطقه می‌باشد که از نظر مواد مادری دارای منشا رسوبات آبرفتی می‌باشد (عبیات و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده، تعداد ۲۰۰ نمونه خاک سطحی (۰ تا ۱۰ سانتی متر) با سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) برداشت شد. قبل از تعیین بافت در آزمایشگاه، نمونه‌ها هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. توزیع اندازه ذرات خاک در آزمایشگاه به روش هیدرومتری اندازه‌گیری گردید.
برای برآورد اجزای بافت خاک از مدل جنگل تصادفی و متغیرهای کمکی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) و تصاویر سنجنده‌ی OLI ماهواره لندست ۸ به عنوان داده‌های کمکی پیش‌بینی کننده استفاده شد. ۴۰ متغیر محیطی شامل ۲۲ شاخص از مشتقات مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم‌افزار SAGA GIS 7.3 و ۱۸شاخص سنجش از دور در محیط نرم افزار ENVI 5.3 تهیه شدند. برای انتخاب مناسب‌ترین متغیرهای محیطی از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی[۱] (PCA) استفاده شد. با استفاده از این رویکرد ۱۷ متغیر محیطی به منظور ورودی مدل‌های پیش‌بینی انتخاب شدند که شامل ۹ متغیر توپوگرافی از DEM و ۸ شاخص پوشش گیاهی و طیفی بودند (جدول۱). این مراحل در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گردید.

۱-Principal Component Analysis (PCA)

برای ایجاد مدل جنگل تصادفی، داده ها بطور تصادفی به دو دسته آموزش (۸۰ درصد از داده‌های نمونه‌برداری شده) و آزمون (۲۰درصد از داده‌های نمونه‌برداری شده) تقسیم شدند. پارامترهای اصلی مدل RF شامل تعداد درختان (ntree)، تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده برای هر درخت (mtry)، و اندازه گره است (Friedman and Meulman, ۲۰۰۳). در مطالعه حاضر، با استفاده از بسته تخصصی "random Forest" در محیط نرم افزار Rstudio پارامترهای اصلی مدل بهینه‌سازی شدند. برای همگرایی و افزایش دقت مدل، تعداد درختان جنگل (ntree) ۸۰۰ درخت و تعداد گره ۱۴، در نظر گرفته شد. همچنین تعداد متغیرهای تصادفی هر گره (mtry) بر اساس کمترین میزان ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE) و متناسب با فرآیند رگرسیون و تعداد ورودی‌ها، برای کلیه اجزا بافت خاک مقدار ۲ انتخاب گردید.

جدول ۱- متغیرهای محیطی مورد استفاده برای مدلسازی مکانی

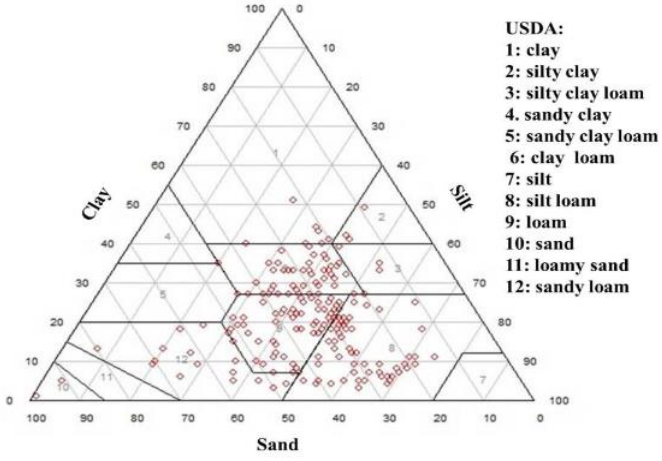
قدرت تفکیک	نماد متغیر	متغیرهای کمکی محیطی
۳۰ m	Reflectance value of Landsat satellite band:(NIR)	باند ۵- مادون قرمز نزدیک
۳۰ m	(SWIR1):Reflectance value of Landsat satellite band	باند۶ - مادون قرمز کوتاه
۳۰ m	Reflectance value of Landsat satellite band):(SWIR2	باند۷ - مادون قرمز کوتاه
۳۰ m	(NIR- Red) / (NIR+ Red)=(NDVI)	شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده
۳۰ m	(Red -NIR) / (Red + NIR)=(NDSI)	شاخص شوری تفاضلی نرمال شده
۳۰ m	(Green× Red) ^ 0.5=(SI)	شاخص شوری
۳۰ m	((Red × Red) + (NIR × NIR))^ 0.5=(BI)	شاخص روشنایی
۳۰ m	(NIR- Red) / (NIR+ Red+0.16)=(OSVI)	شاخص گیاهی تعدیل کننده اثر خاک
۳۰ m	Elevation=DEM (m)	مدل ارتفاع رقومی
۳۰ m	Multi Resolution of Ridge To Flatness index(MRRTF)	شاخص خط الراس با وضوح مکانی بالا
۳۰ m	Aspect	جهت شیب
۳۰ m	Wind effect	شاخص اثر باد
۳۰ m	Flow accumulation	شاخص تجمع جریان
۳۰ m	Mass Balance	شاخص توازن جرم
۳۰ m	Terrain surface Texture	شاخص بافت سطح زمین
۳۰ m	Channel network (m)	شبکه آبراهه‌ای (زهکشی)
۳۰ m	Channel network base level	سطح مبنای شبکه زهکشی
۳۰ m	Terrain ruggedness index(TRI)	شاخص ناهمواری زمین

نتایج و بحث

در این پژوهش مدل‌سازی مکانی اجزا بافت خاک سطحی (شن، سیلت و رس) مورد بررسی قرار گرفت، که توصیف آماری این ویژگی‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف در برآورد متغیرهای وابسته (رس، شن و سیلت) از شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید نتایج نشان می‌دهد میانگین اجزا شن، سیلت و رس در منطقه‌ی مطالعاتی به ترتیب ۳۴/۲، ۴۵و ۲۰/۸ درصد بود. فراوانی شن از ۹٪ تا ۹۸٪ با میانگین و انحراف معیار به ترتیب ۳۴/۲٪ و ۱۳/۳٪ متغیر بود. همچنین میانگین ذرات سیلت و رس به ترتیب ۱۲/۸ ± ۴۵ درصد و ۱۰/۸ ± ۲۰/۸ درصد را نشان می‌دهند. توزیع کلاس‌های بافتی خاک‌های منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود غالب‌ترین بافت خاک مربوط به کلاس بافتی لوم و در ادامه کلاس‌های بافتی لوم رسی، لوم سیلتی و لوم شنی فراوانترین کلاس‌های بافت خاک منطقه می‌باشند.

جدول۲- آمار توصیفی اجزا بافت خاک (۱۰-۰ سانتی متر)

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
شن (%)	۹/۰۰	۹۸/۰۰	۳۴/۱۷	۱۳/۳۲	۱/۵۹	۴/۱۹
سیلت(%)	۱/۰۰	۷۵/۰۰	۴۵/۰۰	۱۲/۸۰	-۰/۱۷	۰/۸۱
رس (%)	۱/۰۰	۵۱/۰۰	۲۰/۸۲	۱۰/۸	۰/۲۷	-۰/۶۴



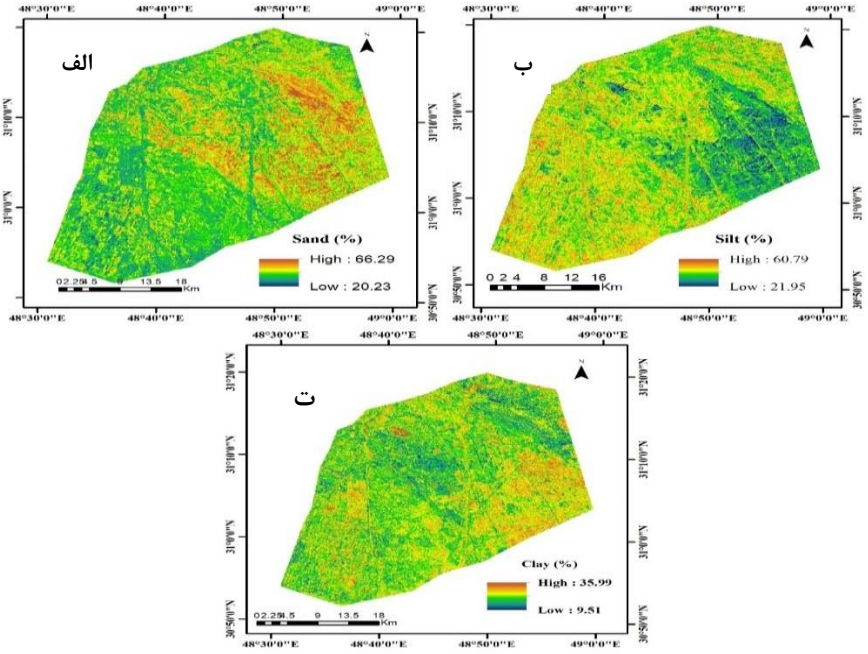
شکل ۲-توزیع کلاس‌های بافتی خاک در منطقه مورد مطالعه

نتایج اعتبار سنجی مدل RF در پیش‌بینی تغییرات مکانی بافت خاک در جدول (۵) ارائه شده است. میزان ضریب تبیین (R^2) در مدل جنگل تصادفی برای ذرات شن ۰/۷۸، سیلت ۰/۸۱ و رس ۰/۷۸ و میانگین ریشه‌ی مربعات خطا (RMSE) در پیش‌بینی این ذرات به ترتیب ۶/۰۲ ، ۵/۸۹ و ۶/۰۲ بود، این نتایج نشان داد در منطقه مورد مطالعه، مدل RF با توجه به میزان صحت و کمینه خطا عملکرد خوبی در پیش‌بینی مکانی تمامی ذرات بافت خاک دارد.

جدول۳- اعتبارسنجی مدل جنگل تصادفی در پیش بینی ذرات بافت خاک بر اساس داده‌های آزمون

شاخص‌های اعتبار سنجی	شن	سیلت	رس
ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)	۶/۰۲	۵/۸۹	۵/۲۵
ضریب تبیین (R^2)	۰/۸۰	۰/۸۱	۰/۷۸

شکل (۳) نقشه نهایی تغییرات مکانی اجزای بافت خاک با استفاده از مدل RF را در منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین تخمین میزان شن در بخش‌های مرکزی و شرقی منطقه مورد مطالعه بود. (شکل ۳ الف) این مناطق در نزدیکی شبکه آبراهه‌ای و کانال‌های موجود در منطقه قرار دارند. مقادیر بالای شن را می‌توان در نتیجه نشست سریع ماسه از حالت تعلیق در هنگام وقوع سیلاب‌های فصلی در منطقه محتمل دانست. بر اساس نتایج اهمیت نسبی (شکل ۳ الف). همچنین بر اساس شکل (۳ ب) میزان سیلت در قسمت‌های مرکزی، شرقی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه کم پیش‌بینی شده است، مقادیر بالاتری از سیلت در بخش‌های جنوبی، جنوب غربی و در اراضی با کاربری کشاورزی یافت شد. براساس نقشه‌ی رس، قسمت‌های شمال شرقی و شرق منطقه دارای کمترین میزان رس هستند که با توجه به ارتفاع بیشتر این ناحیه نسبت به کل منطقه مورد مطالعه قابل توصیف می‌باشد. همچنین در مراتع و اراضی پست فاقد کاربری (اراضی بایر) قسمت جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه که حوضه آبخیز دارای ارتفاع کمتری است، بیشترین میزان رس دیده می‌شود (شکل ۳ پ). به‌طورکلی با توجه به نقشه‌های خروجی می‌توان گفت که مدل RF در پیش‌بینی مکانی تمامی اجزا بافت خاک با شرایط طبیعی و فیزیوگرافی منطقه همگنی مناسبی داشته و توانسته است خصوصیات فیزیکی خاک محدوده مطالعاتی را با دقت و صحت بالایی مدل‌سازی کند. در همین راستا Zeraatpisheh و و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعه خود بیان داشتند که روش جنگل تصادفی در سطح گروه بزرگ و زیرگروه خاک نسبت به سایر مدل‌های مورداستفاده در پیش‌بینی مکانی بافت خاک منطقه مورد مطالعه عملکرد بهتری داشته است. همچنین Pahlavan Rad و همکاران (۲۰۱۸) نیز با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور و توپوگرافی و مدل RF به نتایج مشابهی در پیش‌بینی بافت خاک و pH در دشت‌های سیلابی سیستان و بلوچستان دست یافتند.



شکل ۳- نقشه‌های رقومی اجزا بافت خاک با استفاده از مدل RF

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه توسعه رویکردی برای تخمین و تهیه نقشه اجزا بافت خاک سطحی، با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع بود. نتایج ما نشان داد مدل RF دارای کارایی لازم جهت تخمین بافت سطحی در منطقه است. همچنین با توجه به اینکه الگوریتم RF می‌تواند با حجم زیادی از داده‌ها برای یک زمان پردازش کامپیوتری معین دقت بالایی بدهد، مدلی بهینه در پیش‌بینی بافت خاک است. به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از نقشه‌برداری رقومی می‌تواند فرآیند نقشه‌برداری خاک را بهبود بخشد و سرعت عمل و کارآیی نقشه‌ها را در دسترسی به اطلاعات و داده‌ها جهت استفاده کارشناسان خاک و آب افزایش دهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از روش RF برای نقشه‌برداری از ویژگی‌های خاک در سایر مناطق نیز استفاده گردد.

فهرست منابع

عبیات، ا.، اژدری، ع.، جودکی، م. و درویشی خاتون آبادی، ج . (۱۳۹۶). بررسی و تفکیک محیط های رسوبی کواترنری در دشت خوزستان .زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۷ (۳):۶۴-۴۹.

Castaldi, F.; Palombo, A.; Santini, F.; Pascucci, S.; Pignatti, S.; Casa, R. (2016). Evaluation of the potential of the current and forthcoming multispectral and hyperspectral imagers to estimate soil texture and organic carbon. Remote Sensing. Environment, 179, 54–65.

Friedman, J.H., Meulman, J.J. (۲۰۰۳). Multiple additive regression trees with application in epidemiology. Stat. Med. 22 (9), 1365–1381.

Gomez, C.; Adeline, K.; Bacha, S.; Driessen, B.; Gorretta, N.; Lagacherie, P.; Roger, J.M.; Briottet, X. (2018). Sensitivity of clay content prediction to spectral configuration of VNIR/SWIR imaging data, from multispectral to hyperspectral scenarios. Remote Sensing. Environment, 204, 18–30.

Khaledian, Y., & Miller, B.A. (2020). Selecting appropriate machine learning methods for digital soil mapping. Applied Mathematical Modelling, 81, 401–418.

McBratney, A. B., Mendonça-Santos, M. L., and Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. Geoderma, 117, 3–52.

Pahlavan-Rad, M.R., Akbarimoghaddam, A. (2018). Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). Catena 160, 275–281.

Wu, W., Li, A.-D., He, X.-H., Ma, R., Liu, H.-B., and Lv, J.-K. (2018). A comparison of support vector machines, artificial neural network and classification tree for identifying soil texture classes in southwest China. Computers and Electronics in Agriculture, 144, 86–93.

Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A. and Finke, P. (2017). Comparing the efficiency of digital and conventional soil mapping to predict soil types in a semi-arid region in Iran. Geomorphology, 285, 186-204.

Zhang, M., and Shi, W. (2019). Systematic comparison of five machine-learning methods in classification and interpolation of soil particle size fractions using different transformed data. Hydrology and Earth System Sciences Discussion; 2018-584.

Prediction of soil texture components in part of Khuzestan plain lands implementing Random Forest algorithm

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

N. Sahraei[1], A. Landi*[2], S. Hojati [3]

[1] PhD Graduate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.
[2] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.
[3] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.

Abstract

This study aims to evaluate the efficiency of the random forest (RF) model using digital soil mapping approach to predict soil texture in part of Khuzestan province. For this purpose, 200 soil samples were taken using stratified random sampling from the surface layer (0-10 cm). Accordingly, 160 samples were used for training and 40 samples for independent validation. Auxiliary variables included primary and secondary derivatives of digital elevation model (DEM), remote sensing (RS) spectral indices, from which the appropriate category was selected using principal component analysis (PCA). Based on PCA statistical approach, nine topographic variables from DEM, and eight vegetation indices derived from RS were selected to predict soils texture components (sand, silt, and clay). The efficiency of the model was evaluated using the coefficient of determination (R^2) and the root mean squared of the error (RMSE). The results indicated that the random forest is a useful and reliable algorithm in digitally mapping of the soil texture in the study area.

Keywords: Auxiliary variables, Digital mapping, Remote Sensing.

* Corresponding author, Email: landi@scu.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و داده‌های اقلیمی برای پیش بینی غلظت ذرات PM_{10}

فاطمه خدایار[۱]، محمدرضا انصاری[۲*]، سعید حجتی[۳]، الهام خدایار[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی خوزستان.
m_ansari@asnrukh.ac.ir

۳- استاد گروه علوم ومهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز.

٤- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

چکیده

طوفان های گرد و غبار خطرات طبیعی هستند که بر سلامت افراد و چرخه محیط زیست تأثیر منفی می‌گذارند. بنابراین، اجرای یک سیستم اطلاع رسانی به منظور کاهش خطرات آنها امری ضروری است. از روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی طوفان‌های گرد و غبار استفاده شده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مقایسه با مدل‌های دیگر، به دلیل انجام پردازش در زمان و عملیات کمتر جایگاه خاصی پیدا کرده‌اند. هدف از این مطالعه ساخت یک مدل پیش بینی غلظت ذرات گردو غبار با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین در کلانشهر اهواز بوده است .جهت دستیابی به این هدف ، از داده های روزانه ثبت شده توسط ایستگاه های سازمان حفاظت محیط زیست و داده های هواشناسی ایستگاه فرودگاه اهواز استفاده شده است. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پارامترهای هواشناسی از جمله سرعت باد، بارش، دمای میانگین، تفاضل دمای کمینه و بیشینه و Aod میزان غلظت روزانه ذرات کمتر از ۱۰ میکرون پیش بینی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که، الگوریتم (GBR (Gradient Boosting Regression با معیار های ارزیابی R^2 ، R و RMSE به ترتیب برابر (۰/۷۸ ، ۰/۸۸ و ۰/۳۳) نتایج بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌های مورد استفاده در این مطالعه داشته است.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی طوفان گرد و غبار، یادگیری ماشین، ذرات معلق

مقدمه

طبق تعریف سازمان جهانی هواشناسی، طوفان گرد و غبار به عنوان "بادهای قوی که مقادیر زیادی ذرات گرد و غبار را از این سو به آن سو جا به جا می‌کنند و نقش مهمی در تغییرات آب و هوایی جهانی ایفا می‌کنند" شناخته می‌شوند. (Goudi etal,2006)، این طوفان‌ها تأثیرات گسترده‌ای بر روی محیط زیست و جامعه دارند و به عنوان یک نگرانی عظیم زیست محیطی مطرح می‌شوند. آنها می‌توانند منجر به کاهش کیفیت هوا، اختلال در حمل و نقل، خسارت به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، تأثیرات منفی بر روی تولید کشاورزی و بهداشت عمومی شوند. لذا، درک و مدیریت مناسب

این طوفان‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است (Ackerman et al.,1992)(Meskhidze.,2005)(Slanina,2007) (Weger et al.,2018).بنابراین لازم است اطلاعات به موقع و دقیق در مورد طوفان های گرد و غبار استخراج شود. یادگیری ماشین به دلیل مزایای متمایز، به طور گسترده برای حل مسائل پیچیده که به راه حل های پیچیده نیاز دارند، به کار برده می‌شود. در طول فرایند یادگیری، ماشین قادر است الگوهای پیچیده‌تر را نیز شناسایی کند و از آن‌ها استفاده نماید. این امر در تشخیص و پیش‌بینی تغییرات آینده مفید است، زیرا ممکن است تغییراتی که با الگوهای ساده‌تر قابل تشخیص نیستند، با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده‌تر قابل پیش‌بینی باشند. از این رو، یادگیری ماشین به ما امکان می‌دهد تا به طور دقیق‌تر به تغییرات آینده پاسخ دهیم و تصمیماتی را بگیریم که بهره‌وری و کیفیت کار را بهبود بخشند. در نتیجه، استفاده از یادگیری ماشین برای شناسایی الگوهای مشترک، توانایی ماشین را در تشخیص، طبقه‌بندی، و پیش‌بینی تغییرات آینده افزایش می‌دهد. این امر می‌تواند در حوزه‌های مختلف به ما کمک کند تا تصمیمات بهتری را بگیریم و به نتایج بهتری دست یابیم(Lecun et al.,2015) . الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی پدیده‌های مختلف آب‌وهوا، مانند مسیر و شدت طوفان(Boussioux et al.,2022)، با استفاده از درخت‌های ترکیبی چندوجهی جدید، رمزگذارها، شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) و اجزای ترانسفورماتور و علاوه بر این، در پیش‌بینی‌های کیفیت هوا(Lin et al.,2018)، پیش‌بینی بارش کوتاه‌مدت (Chen et al.,2021)، همچنین برای بهبود پیش‌بینی بارش در سیستم‌های پیش‌بینی عددی آب و هوا (NWP) کاربرد چشمگیری دارند (Singh et al.,2021). بنابراین، یادگیری ماشین پتانسیل درک الگوهای گذشته طوفان‌های گرد و غبار را برای پیش بینی رویدادهای آینده فراهم می کند و به طور گسترده با بهینه سازی پارامترها از دقت بسیار زیادی برای پیش بینی برخوردار است. در این تحقیق، با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پارامترهای هواشناسی و شاخص Aod میزان غلظت روزانه ذرات کمتر از ۱۰ میکرون پیش بینی شده است.

پیشینه تحقیق

توماس پلوکاست و همکارانش (Plocoste et al., 2023) برای پیش‌بینی غلظت PM_{10} در منطقه کارائیب از مدل‌های یادگیری ماشین استفاده کردند. در این مطالعه، از چندین مدل یادگیری ماشین، از جمله رگرسیون بردار پشتیبان، رگرسیون k-نزدیک‌ترین همسایه، رگرسیون جنگل تصادفی و رگرسیون افزایش گرادیان استفاده شد. تنها با سه متغیر ورودی، رگرسیون تقویت‌کننده گرادیان بهترین عملکرد را نسبت به سایر الگوریتم‌ها از خود نشان داد. در بین مدل‌ها، رگرسیون تقویت گرادیان (GBR) با ضریب همبستگی ۰/۷۸، ضریب تعیین ۰/۶۱، میانگین خطای مطلق۶/۸۵و شاخص توافق ۰/۷۴عملکرد برتری داشت.

عبدالله کاویانی راد و همکارانش (Kaviani et al., 2022) با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین، تأثیر تعامل بین آلاینده‌های هوا و پارامترهای محیطی در سه شهر ایران را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. این تحقیق به منظور ارائه راهکارهای مدیریت کیفیت هوا و تاکید بر اهمیت در نظر گرفتن پارامترهای محیطی از جمله دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار هوا و پوشش گیاهی در پیش‌بینی کیفیت هوا انجام گردید. این پژوهش در سه شهر بزرگ ایران،

شامل تهران، تبریز و شیراز، در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ صورت گرفته است و برای پیش‌بینی میزان آلودگی روزانه هوا از مدل XGBoost استفاده شد.

جویی و همکارانش(Gregório et al., 2022) از الگوریتم یادگیری ماشین مبتنی بر مدل‌های رگرسیون خطی چند خروجی چند ورودی توسعه داده شده استفاده کردند تا غلظت‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} را در طول زمان توصیف کنند. این الگوریتم عملکرد سریعی داشته، امکان پیش‌بینی‌های سریع بدون نیاز به محاسبات زیاد را دارد.

جمع آوری داده‌ها

منطقه مورد بررسی در این مطالعه شهر اهواز، مرکز استان خوزستان، بزرگترین شهر جنوب غربی ایران است که در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن حدوداً ۲۰ متر بالاتر از میانگین سطح دریا است. میزان بارندگی سالانه اهواز حدود ۲۳۰ میلی متر می باشد. با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر، داده‌های اقلیمی و غلظت ذرات ریزگرد توسط سازمان‌های هواشناسی و محیط زیست جمع‌آوری شدند. شاخص AOD از پروداکت روزانه ماهواره مادیس در محیط پلتفرم گوگل ارث انجین تعیین گردید. سپس با استفاده از تکنیک یادگیری ماشین و با توجه به تعداد داده‌های در دسترس، داده‌ها به دو دسته آزمون و آزمایش به صورت کاملاً تصادفی تقسیم شدند. در این مطالعه، مجموعه داده‌های آموزش و آزمون به ترتیب ۷۰ و ۳۰ درصد داده‌ها را شامل شدند. سپس با شش نوع الگوریتم یادگیری ماشین شامل: (SVR,RFR,GBR,AdaBR,Tensorflow,DTR) مدل‌سازی انجام گردید. نتایج پیش‌بینی‌ها با استفاده از پارامترهای آماری دقت و صحت مورد مقایسه قرار گرفتند.

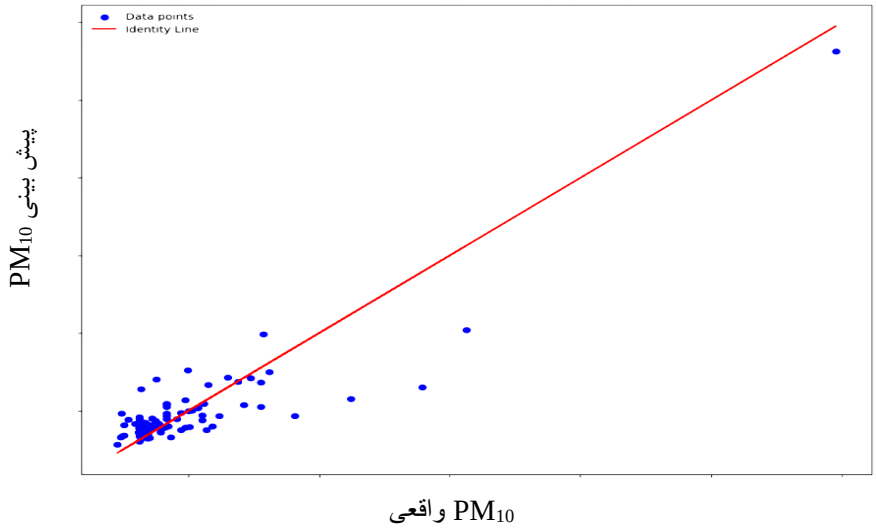
نتایج و بحث

نتایج ضرایب دقت و صحت پیش‌بینی مقادیر PM_{10} برای هر الگوریتم یادگیری ماشین، با در نظر گرفتن پارامترهای بهینه‌سازی شده برای مجموعه داده‌های آموزش و تست در جدول (۱) نشان داده شده است. الگوریتم‌های GBR و AdaBoostRegressor بر پایه درخت تصمیم، از دیگر الگوریتم‌ها عملکرد بهتری داشتند. الگوریتم GBR، بهترین الگوریتم برای پیش‌بینی غلظت ذرات معلق برای مجموعه داده‌های آموزش و تست بوده است. در شکل ۱ مقایسه و میزان پراکندگی مقادیر PM10 واقعی و پیش بینی شده در الگوریتم GBR نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، تجمیع مقادیر PM_{10} واقعی و پیش بینی شده در اطراف خط (۱:۱) نشان از یک رابطه قوی بین مقادیر PM_{10} واقعی و پیش بینی شده مدل می باشد.

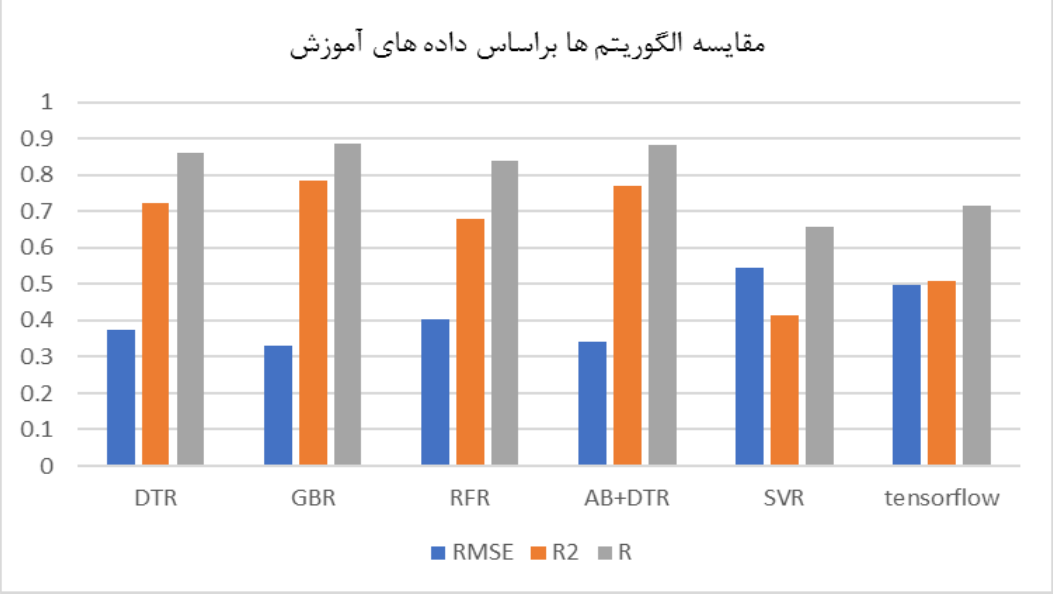
جدول۱-نتایج ضرایب دقت و صحت پیش بینی PM_{10} داده‌های آموزش و تست برای الگوریتم‌های یادگیری ماشین

الگوریتم	مجموعه داده	MAE	RMSE	IOA	R^2	MSE	R	Bias
DTR(Decision Tree Regressor)	Train	0.162	0.254	0.989	0.946	0.064	0.972	-1.030
	Test	0.230	0.374	0.925	0.724	0.140	0.860	0.044
RFR(Random Forest Regressor)	Train	0.122	0.296	0.977	0.927	0.087	0.978	-0.012
	Test	0.251	0.404	0.879	0.678	0.163	0.840	-0.033
AdaBoostRegressor+DecisionTreeRegressor	Train	0.114	0.151	0.995	0.981	0.022	0.991	-0.039
	Test	0.222	0.340	0.926	0.771	0.116	0.881	-0.001
GBR(Gradient Boosting Regressor)	**Train**	**0.058**	**0.103**	**0.997**	**0.991**	**0.010**	**0.995**	**-0.010**
	Test	**0.212**	**0.331**	**0.931**	**0.783**	**0.110**	**0.888**	**-0.004**
SVR	Train	0.154	0.758	0.788	0.525	0.575	0.741	0.058
	Test	0.293	0.545	0.712	0.415	0.297	0.659	0.029
Tensorflow	Train	0.301	0.776	0.778	0.502	0.602	0.719	-0.010
	Test	0.307	0.499	0.807	0.508	0.249	0.715	0.030

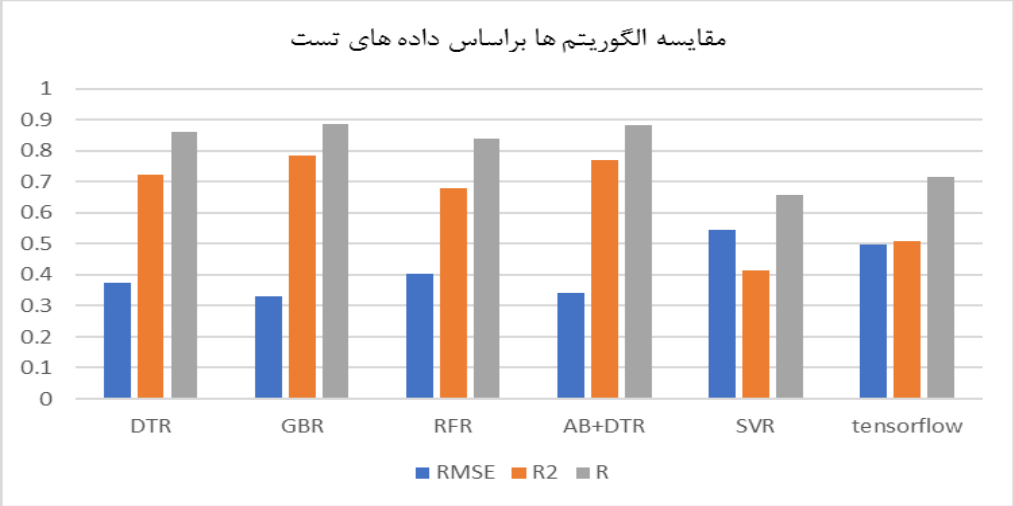
مقایسه نتایج معیارهای آماری $R,R^2,RMSE$ الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای داده‌های آموزش و تست در اشکال ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. با توجه به نتایج آماره‌های دقت و صحت، الگوریتم‌های GBR و ترکیب AdaboostRegressor با Decision Tree Regressor عملکرد بهتری در پیش بینی مقادیر PM10 ، نسبت به سایر الگوریتم‌ها داشتند. الگوریتم GBR با معیار های R^2، R و RMSE به ترتیب (۰/۷۸ ، ۰/۸۸ و ۰/۳۳) برای داده های تست، نتایج بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌های مورد استفاده در این مطالعه داشته است. در عین حال، الگوریتم مبتنی بر SVR دارای ضعف‌ترین عملکرد بوده است. الگوریتم GBR یادگیری و پیش‌بینی بسیار سریعی در مجموعه داده‌های آموزش و آزمون داشته، و بهترین عملکرد پیش بینی را نسبت به سایر الگوریتم ها داشته است.



شکل۱- مقایسه مقادیر PM_{10} واقعی و پیش بینی شده (الگوریتم GBR)



شکل۲-مقایسه معیارهای $R,R^2,RMSE$ نتایج الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای داده‌های آموزش



شکل ۳ - مقایسه معیارهای $R,R^2,RMSE$ نتایج الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای داده‌های تست

نتیجه گیری

آلودگی هوا پدیده‌ای است که منجر به اثرات منفی بر سلامت انسان و اکوسیستم شده است. هرچند برخی اقدامات برای کاهش آن به کار گرفته شده ، اما به طور قابل توجهی تاثیر چندانی نداشته است. در این پژوهش با استفاده از شش الگوریتم یادگیری ماشین، مقادیر PM_{10} هوا پیش بینی گردید. مدل‌ها بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی شهرستان اهواز و شاخص AOD برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ آموزش داده شدند. با توجه به نتایج تحقیق، الگوریتم GBRبا معیار های R^2، R و RMSE به ترتیب برابر (۰/۷۸ ، ۰/۸۸ و ۰/۳۳) نتایج بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌های مورد استفاده در این مطالعه داشته است. نتایج این مطالعه نشان داد که، مدل GBR نسبت به سایر الگوریتم ها میزان PM_{10} را در طول بازه‌های زمانی مختلف و با استفاده از داده‌های هواشناسی و شاخص AOD به خوبی پیش بینی می نماید.

منابع

Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2006). The Nature and Importance of Dust Storms. In: Czeschlik, D., Germany, H., Schlitzberger, A. (Eds.), Desert dust in the global system. Springer Science & Business Media, Berlin, Heidelberg, pp. 1–11.

Ackerman, S.A., Chung, H., (1992). Radiative Effects of Airborne Dust on Regional Energy Budgets at the Top of the Atmosphere. J. Appl. Meteorol. 31 (2), 223–233.

Meskhidze, N., Chameides, W., Nenes, A., (2005). Dust and pollution: a recipe for enhanced ocean fertilization? J. Geophys. Res. 110 (D3) https://doi.org/10.1029/ 2004JD005082.

Slanina, J., (2007). Air pollution: the emission–effect relation. Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 6 (4), 353–374. https://doi.org/10.1007/s11157-006-0017-9.

Weger, M., Heinold, B., Engler, C., Schumann, U., Seifert, A., F¨oßig, R., Voigt, C., Baars, H., Blahak, U., Borrmann, S., (2018). The impact of mineral dust on cloud formation during the Saharan dust event in April 2014 over Europe. Atmos. Chem. Phys. 18 (23), 17545–17572. https://doi.org/10.5194/acp-18-17545-2018.

Lecun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature 521, 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

Boussioux, L., Zeng, C., Guénais, T., Bertsimas, D. (2022). Hurricane forecasting: A novel multimodal machine learning framework. Weather Forecasting 37, 817–831. https://doi.org/10.1175/WAF-D-21-0091.1

Lin, Y., Mago, N., Gao, Y., Li, Y., Chiang, Y.Y., Shahabi, C., Ambite, J.L. (2018). Exploitingspatiotemporal patterns for accurate air quality forecasting using deep learning, in:Proceedings of the 26th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in GeographicInformation Systems, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 359–https://doi.org/10.1145/3274895.3274907

Chen, G., Wang, W.C. (2021). Short-term precipitation prediction using deep learning.arXiv:2110.01843. https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.01843

Singh, M., Kumar, B., Rao, S., Gill, S.S., Chattopadhyay, R., Nanjundiah, R.S., Niyogi, D. (2021).Deep learning for improved global precipitation in numerical weather prediction systems.ArXiv:2106.12045. https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.12045

Plocoste.T. and Laventure.S. ,(2023), Forecasting PM10 Concentrations in the Caribbean Area Using Machine Learning Models, atmosphere, https://doi.org/10.3390/ atmos14010134.

Kaviani Rad.A, Redmond R. Shamshiri , Naghipour.A, Odeen Razmi .S , Shariati.M, Golkar.Sh and Siva K. Balasundram, (2022), Machine Learning for Determining Interactions between Air Pollutants and Environmental Parameters in Three Cities of Iran, sustainability, https://doi.org/10.3390/su14138027.

Gregório.J, Gouveia-Caridade.C and J. S. B. Caridade.P , (2022), Modeling PM2.5 and PM10 Using a Robust Simplified Linear Regression Machine Learning Algorithm, Atmosphere 13, 1334. https://doi.org/10.3390/atmos13081334.

Using machine learning algorithms and climatic data to predict PM10 particle concentration

Fatemeh Khodayar[1] , Mohammad Reza Ansari*[2], Saeed Hojjati[3], Elham Khodayar[4]

1- M.Sc. Student of Soil Science Department, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University.
2- Assistant Professor of Soil Science Department, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University.
m_ansari@asnrukh.ac.ir
3- Professor of Soil Science Department, Shahid Chamran University of Ahvaz.
4- Master of Software Engineering, Islamic Azad University, Ahvaz Branch,.

Abstract

Dust storms are natural hazards that have a negative impact on people's health and the environmental cycle. Therefore, implementing an information system to mitigate their risks is necessary. Various methods have been used to predict dust storms. Machine learning algorithms have gained a special attention compared to other models due to their faster processing time and fewer operations. The aim of this study was to create a model for predicting the concentration of dust particles using machine learning techniques in the city of Ahvaz. To achieve this goal, daily data recorded by the environmental protection organization stations and meteorological data from the Ahvaz airport station were used. Using machine learning algorithms and meteorological parameters such as wind speed, precipitation, average temperature, temperature difference between minimum and maximum, and AOD (Aerosol Optical Depth), the daily concentration of particles less than 10 microns was predicted. The results of this study showed that among all studied algorithms, the GBR (Gradient Boosting Regression) exhibited the most promising results with R2, R, and RMSE criteria of 0.78, 0.88, and 0.33, respectively.

Keywords: dust storm prediction, machine learning, particulate matter**.**

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه کارایی سه نوع خاکپوش نفتی، معدنی و شیمیایی در میزان هدررفت خاک و مقاومت فشاری

داود نامدار خجسته[1*]، حسینعلی بهرامی[2]، فرزانه خدابخشی[3]

۱- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد؛

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله (d.namdar@shahed.ac.ir)

۲- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانش آموخته گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

روش‌های مختلفی برای کنترل فرسایش بادی و تثبیت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند، از جمله روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی، نفتی و مکانیکی (بادشکن). هر روش دارای مزایا و محدودیت‌های خاصی است. هدف این پژوهش، بررسی کارایی سه نوع خاکپوش مختلف در کاهش هدررفت خاک و افزایش مقاومت فشاری است. در این تحقیق، خاکپوش معدنی در پنج سطح (۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) به همراه سه پلیمر شیمیایی (پلی ونیل استات، پلی ونیل الکل نوع یک و دو) در چهار سطح (۱، ۱,۵، ۲ و ۳ درصد) به همراه ترکیبات نانورس و کربنات کلسیم در دو سطح (۰,۵ و ۱ درصد) و خاکپوش نفتی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که خاکپوش‌های شیمیایی بیشترین تاثیر را در افزایش مقاومت فشاری و کاهش هدررفت خاک دارند، اما برای استفاده از خاکپوش شیمیایی در مقیاس وسیع، باید مسایل زیست محیطی نیز در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: اقلیم، سیمان، خاکپوش نفتی، گرد و غبار، مناطق خشک

مقدمه

روش‌های مختلفی برای کنترل فرسایش بادی ازجمله روش‌های بیولوژیکی (استفاده از گیاهان و میکروارگانیسم‌ها)، روش‌های مکانیکی (بادشکن) و تقویت لایه سطحی با استفاده از تثبیت‌کننده‌های خاک مانند خاک‌پوش‌های نفتی و مواد پلیمری وجود داشته و هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و محدودیت‌های خاصی هستند (Movahedan et al., ۲۰۱۲). استقرار پوشش گیاهی در مناطق در معرض فرسایش بادی، بهترین و پایدارترین روش بوده ولی در صورت فراهم نبودن شرایط زیستی برای حیات گیاهان، بهتر است از روش‌های غیر زیستی مانند استفاده از بادشکن‌ها و انواع مختلف خاک‌پوش‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به شرایط مختلف اقلیمی و خاکی هر منطقه، هر روش کارایی و بازده خاصی در هر منطقه دارد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

خاک‌پوش‌ها اغلب در مناطق خشک که امکان کاشت و تثبیت گیاه وجود ندارد، اهمیت دارند. خاک‌پوش‌ها به دلیل به هم چسباندن ذارت خاک و ایجاد قشر یکنواخت باعث مقاوم کردن ذرات در برابر وزش شدید باد شده و از این طریق باعث کاهش فرسایش می‌گردند. لازم به ذکر است که خاک‌پوش‌های استفاده‌شده نباید دارای تأثیرات زیست‌محیطی مخرب باشند (نورعلی‌وند و فرخیان، ۱۳۹۹). با توجه به مطالب ذکر شده، استفاده از روش‌های کارامد و پایدار برای تثبیت خاک و کنترل فرسایش بادی و گرد و غبار امری ضروری می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات قبلی در زمینه استفاده از خاک‌پوش‌های زیست سازگار، معدنی و نفتی، در این مطالعه سه نوع پلیمر پایه سنتزی زیست سازگار (ازجمله پلی وینیل الکل و پلی وینیل استات) با فرمولاسیون جدید برای ارزیابی مورد استفاده قرار گرفتند. علاوه بر سه پلیمر زیست سازگار، پلیمرهای نفتی و معدنی که نتایج مثبت آن‌ها در مطالعات قبلی به اثبات رسیده بود برای مقایسه با فرمولاسیون‌های مختلف این سه پلیمر مورد مقایسه قرار گرفتند. لازم به ذکر است در این تحقیق برای اولین بار یک پایه جدید پلیمر (پلی وینیل الکل نوع ۲) برای فرمولاسیون و آزمون مورد استفاده قرار گرفت.

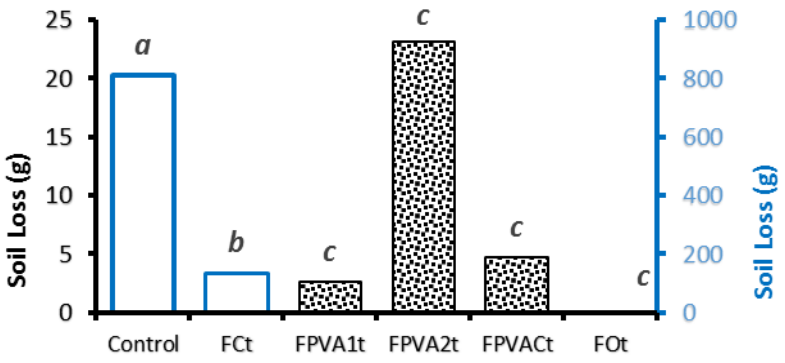
مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، نمونه سطحی خاک از یکی از مناطق منشا گرد و غبار و فرسایش بادی در استان ایلام برداشته شد و پس از هوا خشک‌کردن، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه ها اندازه‌گیری شد. از سه پلیمر شیمیایی (پلی ونیل استات، پلی ونیل الکل نوع یک و دو) در چهار سطح ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد (به همراه ترکیبات نانورس و کربنات کلسیم ۰/۵ و ۱ درصد)، خاکپوش معدنی در ۵ سطح (۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) و خاکپوش نفتی استفاده شد. در ابتدا نمونه خاک در سینی‌های فلزی به ابعاد ۳۰×۳۰×۳ سانتی‌متری ریخته شد و سطح آن‌ها به‌طور کامل صاف و یکنواخت گردید. فرمولاسیون‌های مختلفی که قبلاً تهیه‌شده بودند به میزان ۲ لیتر در مترمربع از طریق سم‌پاش دستی به‌صورت یکنواخت روی سطح خاک روی سینی اسپری شدند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها پس از یک هفته، آزمون‌های تونل باد و مقاومت فشاری اندازه‌گیری شد. آزمون مقاومت فشاری با سه تکرار، بعد از آزمون تونل باد انجام شدند. در این مطالعه از دستگاه تونل باد از نوع مدارباز دمنده ساخت دانشگاه شاهد تهران استفاده شد. نمونه‌ها قبل از قرار گرفتن در قسمت موردنظر دستگاه ابتدا توزین شده و بعد از ۱۵ دقیقه آزمون، مجدد توزین شدند. کاهش وزن خاک در سینی‌ها نشان‌دهنده هدر رفت خاک می‌باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری از پنترومتر فشاری مدل H-۴۱۳۷ استفاده شد. بدین گونه پنترومتر با نوک ۱/۳ اینچی با انتهای مسطح به‌طور تدریجی و عمود به سطح خاک مورد نظر فشار داده می‌شود. با وارد شدن انتهای پنترومتر در خاک، میزان مقاومت فشاری قرائت می‌گردد. در این مطالعه، برای هر فرمولاسیون بیش از سه تکرار انجام و سپس میانگین‌گیری شد.

نتایج و بحث

تأثیر نوع خاک‌پوش پایه بر هدر رفت خاک

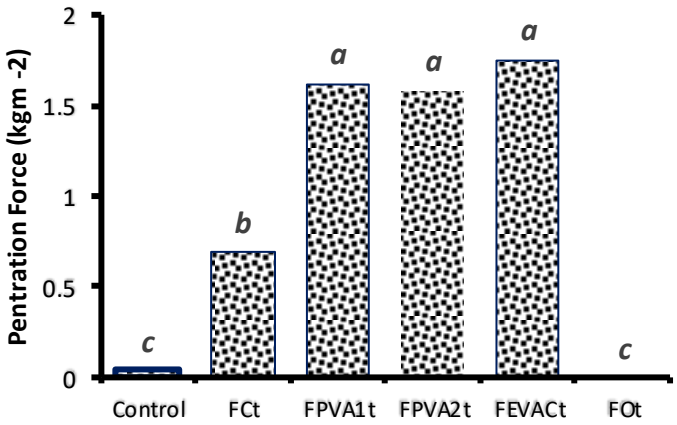
نتایج مقایسه میانگین هدررفت خاک برای خاک‌پوش‌ها نشان داد که بین خاک‌پوش‌های استفاده‌شده در این تحقیق با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود بیشترین میزان هدررفت خاک مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۸۱۲ گرم بود. همچنین کمترین هدر رفت خاک نیز در خاک‌پوش نفتی به مقدار صفر گرم مشاهده شد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که کمترین هدر رفت خاک مربوط به خاک‌پوش نفتی می‌باشد. نتایج نشان داد که استفاده از خاک‌پوش میزان فرسایش بادی خاک را کاهش می‌دهد و در هر تیمار شیب این کاهش متفاوت است. نتایج حاصل از تلفات خاک در این تحقیق با نتایج اسحقی و همکاران (۱۳۹۴)، Meng و همکاران (۲۰۲۰) و نورعلی وند و فرخیان (۱۳۹۹) که همگی بیان داشتند استفاده از خاک‌پوش مقاومت خاکدانه‌ها را در مقابل فرسایش بادی خاک افزایش می‌دهد و میزان فرسایش بادی خاک را کاهش می‌دهند همخوانی داشت.



شکل ۱- تأثیر میانگین خاک‌پوش‌ها بر میزان هدر رفت خاک

تأثیر نوع خاک‌پوش پایه بر مقاومت فشاری

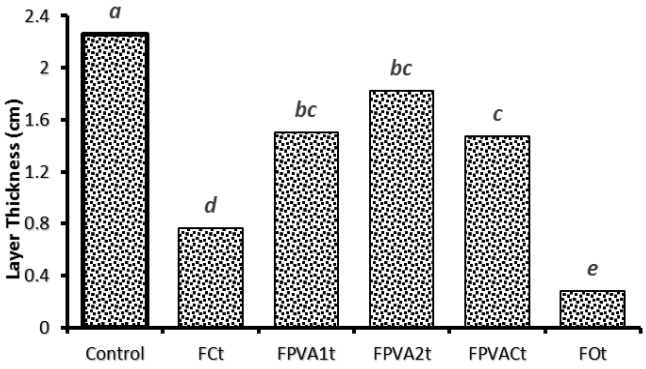
نتایج مقایسه میانگین اثر نوع خاک‌پوش بر مقاومت فشاری (شکل ۲) نشان داد که بین تیمار شاهد و خاک‌پوش نفتی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد اما بین تیمار شاهد و سایر خاک‌پوش‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. بیشترین و کمترین میزان مقاومت فشاری به ترتیب مربوط به خاک‌پوش FPVACt با مقدار ۱/۷۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و خاک‌پوش نفتی (FOt) به مقدار صفر گرم می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌پوش پلی‌وینیل استات بیشترین مقاومت فشاری را در بین خاک‌پوش‌های دیگر دارد.



شکل ۲- تأثیر میانگین خاک‌پوش‌ها بر میزان مقاومت فشاری

تأثیر خاک‌پوش پایه بر ضخامت لایه

نتایج مقایسه میانگین اثر پلیمر بر ضخامت لایه (شکل ۳) نشان داد که بین تیمار شاهد و سایر خاک‌پوش‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین ضخامت لایه مربوط به تیمار شاهد (۲/۲۶ سانتی‌متر) و کمترین نیز مربوط به خاک‌پوش نفتی (۰/۲۸ سانتی‌متر) می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین ضخامت لایه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. دلیل افزایش ضخامت در تیمار شاهد گرانروی پایین‌تر آب نسبت به سایر خاک‌پوش‌ها می‌باشد.



۳- تأثیر میانگین خاک‌پوش‌ها بر میزان ضخامت لایه

کردوانی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی تأثیر خاک‌پوش نفتی در تثبیت خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که خاک‌پوش نفتی باعث تشکیل یک‌لایه محافظتی بر روی خاک و همچنین باعث تثبیت موقت آن‌ها می‌شود. در مناطقی که میزان بارندگی مناسب است، استفاده از خاک‌پوش مانع نفوذ آب باران می‌شود. همچنین استفاده از خاک‌پوش نفتی باعث زیادشدن ضریب حرارتی خاک می‌شود. علاوه بر این، در قسمت‌هایی که مالچ‌پاشی خوب انجام‌نشده و یا لایه خاک‌پوش استفاده‌شده نازک است فرسایش اتفاق می‌افتد.

نامدار و بازیگر (۱۳۹۷) در تحقیقی به بررسی تاثیر خاک‌پوش‌های زیستی، شیمیایی و معدنی بر تثبیت منشاء گرد و غبار در استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که سه فرمولاسیون (پلیمر زانتان-کربنات کلسیم، پلیمر پلی ونیل استات-کربنات کلسیم و زانتان-پلی ونیل استات) برای استان ایلام، به‌عنوان فرمولاسیون‌های بهینه تثبیت منشاء گرد و غبار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بیشترین میزان هدررفت خاک مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۸۱۲ گرم و کمترین هدررفت خاک نیز در خاک‌پوش نفتی به مقدار صفر گرم مشاهده شد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌پوش پلی‌وینیل استات، با بیشترین مقاومت فشاری و هدر رفت خاک پایین، با رعایت مسایل زیست محیطی و ماندگاری برای تثبیت خاک در سطح وسیع پیشنهاد می‌گردد.

فهرست منابع

اسحقی، ن. کاتبی، ه؛ و میرمحسنی، ع. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر اندازه، رطوبت ذرات و مالچ پلی اکریلیک اسید بر میزان فرسایش بادی. مهندسی عمران و محیط زیست (دانشکده فنی). دوره ۴۵، شماره ۴. صفحه ۱ تا ۶ .

علی پور، ع. طویلی، ع. سنگونی، ح؛ و احسان. (۱۳۹۷). امکان‌سنجی عملیاتی، زیست‌محیطی و اقتصادی استفاده از سرباره فولاد به‌عنوان خاک‌پوش برای کنترل فرسایش بادی. نشریه مهندسی اکوسیستم بیابان، دوره ۷. شماره ۱۸. ص ۱۵ تا ۲۶.

کردوانی، پ. علایی، ا. مشیری، س ر؛ و رحیمی، ن. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر کاربرد خاک‌پوش نفتی در تثبیت ماسه‌های روان و توسعه پوشش گیاهی در منطقه آران و بیدگل. گیاه و زیست‌بوم. دوره ۹. شماره ۳۷. ص ۱۰۱ تا ۱۱۲.

نورعلی‌وند، ف. فرخیان فیروزی، ا. (۱۳۹۹). بررسی زغال زیستی اصلاح‌شده، نانورس و پلی‌وینیل استات بر تثبیت خاک و کنترل فرسایش بادی خاک شنی و شنی لومی. تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۱ (۴)، ۹۲۳-۹۳۵.

نامدار، د؛ و بازیگر، م. (۱۳۹۷). تأثیر خاک‌پوش‌های زیستی، شیمیایی و معدنی بر تثبیت منشاء گردوغبار، مطالعه موردی: استان ایلام. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صفحات ۷۰۱-۷۱۳

Meng, H.Gao, Y. He, J. Qi, Y. and Hang, L. (2020). Microbially induced carbonate precipitation for wind erosion control of desert soil: Field-scale tests. Geoderma, 383, 114723.

Movahedan, M. Abbasi, N. and Keramati, M. (2012). Wind erosion control of soils using polymeric materials. Eurasian Journal of Soil Science, 2, 81-86.

Comparing the effectiveness of three types of petroleum, mineral and chemical mulches in terms of soil loss and penetration force

Davood Namdar Khajesteh[1*], Hossein Ali Bahrami[2], Farzaneh Khodabakhshi[3]

[1*]Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahed University
Corresponding author's email (d.namdar@shahed.ac.ir).
[2] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.
[3]Graduated student of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.

Abstract
Various methods are utilized to control wind erosion and soil stabilization, including biological, chemical, oil mulches, and mechanical methods such as wind breakers. Each method has its own set of advantages and limitations. The purpose of this study is to investigate the efficiency of three different soil covers in reducing soil loss and penetration force. In this research, mineral mulch was used in five levels (1, 5, 10, 15, and 20%) along with three chemical polymers (polyvinyl acetate, polyvinyl alcohol type one and two) at four levels of 1, 1.5, 2, and 3% (as well as nanoclay compounds and calcium carbonate at 0.5% and 1%) and petroleum mulch. The results indicated that chemical mulches had the most significant effect in enhancing penetration force and reducing soil loss. However, when considering the large-scale use of chemical mulch, environmental issues must also be taken into account.

Keywords : Climate, Cement, Oil Cover, Dust, Dry Areas

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی تاثیر نانورس و کربنات کلسیم با سه نوع پلیمر شیمیایی در کاهش هدررفت خاک و مقاومت فشاری

داود نامدار خجسته[1*]، حسینعلی بهرامی[2]، فرزانه خدابخشی[3]

۱- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد؛

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله (d.namdar@shahed.ac.ir)

۲- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانش آموخته گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

فرسایش بادی یک مسئله جدی زیست‌محیطی بوده و تهدید جدی برای امنیت زیست‌محیطی و توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. تحقیقات نشان داده که نانورس و کربنات می‌توانند عاملی مهم برای تثبیت خاک و کاهش فرسایش خاک باشد. در این تحقیق از این دو ماده به همراه سه پلیمر شیمیایی در فرمولاسیون‌های مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از نانورس و کربنات کلسیم (به‌خصوص نانو رس) و استفاده هم‌زمان نانو رس و کربنات کلسیم میزان هدررفت خاک را به‌طور معنی‌داری کاهش داده و در برخی فرمولاسیون‌ها میزان مقاومت فشاری افزایش داشت.

واژگان کلیدی: تثبیت خاک، خاکپوش، فرسایش بادی، مقاومت فشاری هدررفت خاک

مقدمه

فرسایش بادی یک فرایند طبیعی بوده که در مناطق خشک و نیمه‌خشک عاری از پوشش گیاهی و با سرعت باد بالا ایجاد می‌شود (Jarrah et al., 2020). فرسایش بادی در کشورهایی ازجمله ایران، آفریقا، آسیای میانه، برخی از مناطق جنوب شرقی آسیا، دشت سیبری، استرالیا و برخی از مناطق آمریکای جنوبی اتفاق می‌افتد و این پدیده ۴۶/۴ درصد از کل سطح تخریب‌شده زمین را تشکیل می‌دهد. فرسایش بادی یک مسئله جدی زیست‌محیطی است که توسعه پایدار صنایع کشاورزی و دامداری را محدود می‌کند و تهدید جدی برای امنیت زیست‌محیطی و توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Xu and Li, 2020) . عواملی مانند رطوبت کم، پوشش گیاهی محدود، خصوصیات فیزیکی خاک و وقوع بادهای شدید احتمال فرسایش بادی را افزایش می‌دهند (Du et al., 2018). روش‌های مختلفی برای مباره با فرسایش بادی و کنترل گرد و غبار وجود دارد. در این مطالعه، سه نوع پلیمر شیمیایی همراه نانورس و کربنات کلسیم در کاهش هدررفت خاک و مقاومت فشاری پرداخته شده است. در تحقیقی Wakhba (۱۹۸۰) با استفاده از پلیمرهای پلی آکریل آمید، پلی وینیل الکل و قیر برای مقاومت در برابر فرسایش باد در یک تونل آیرودینامیکی با سرعت باد ۲۱ متر بر ثانیه به مدت ۴ دقیقه مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد استفاده از

پلیمرها به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و امولسیون قیر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاملاً از فرسایش جلوگیری می‌کند. پدیدار و همکاران در سال ۲۰۱۳ با استفاده از نانورس، پایداری خاک‌های ماسه‌ای را مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. برای بررسی تأثیر تیمارهای نانورس در فرسایش بادی، سه سرعت (۱۳/۵، ۱۶/۵، ۱۹/۵ متر بر ثانیه) و غلظت ۰، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر نانورس با چهار تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت باد، سرعت فرسایش خاک به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. همچنین با افزایش غلظت نانورس، فرسایش بادی به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. در سال‌های اخیر از پلیمرهای شیمیایی، بیولوژیکی و نفتی برای کنترل این پدیده استفاده می‌شود. در این مطالعه تاثیر نانورس و کربنات کلسیم همراه پلیمرهای شیمیایی برای کاهش میزان هدر رفت خاک و مقاومت فشاری سطح خاک پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، نمونه سطحی خاک از یکی از مناطق منشا گرد و غبار و فرسایش بادی در استان ایلام برداشته شد و پس از هوا خشک‌کردن، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه ها اندازه‌گیری شد. از سه پلیمر شیمیایی (پلی‌ونیل استات، پلی ونیل الکل نوع یک و دو) در چهار سطح ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد به همراه ترکیبات نانورس و کربنات کلسیم ۰/۵ و ۱ درصد به صورت فرمولاسیون‌های مختلف استفاده شد. در ابتدا نمونه خاک در سینی‌های فلزی به ابعاد ۳۰×۳۰×۳ سانتی‌متری ریخته شد و سطح آن‌ها به‌طور کامل صاف و یکنواخت گردید. فرمولاسیون‌های مختلفی که قبلاً تهیه‌شده بودند به میزان ۲ لیتر در مترمربع از طریق سم‌پاش دستی به‌صورت یکنواخت روی سطح خاک روی سینی اسپری شدند. بعد از خشک‌شدن نمونه‌ها پس از یک هفته، آزمون‌های تونل باد و مقاومت فشاری اندازه گیری شد. ضمن اینکه آزمون مقاومت فشاری با سه تکرار، بعد از آزمون تونل باد انجام شدند (نامدار و بازگیر، ۱۳۹۷). در این مطالعه از دستگاه تونل باد از نوع مدارباز دمنده[۱]ساخت دانشگاه شاهد تهران استفاده شد. نمونه‌ها قبل از قرار گرفتن در قسمت مورد نظر دستگاه ابتدا توزین شده و بعد از ۱۵ دقیقه آزمون، مجدد توزین شدند. کاهش وزن خاک در سینی‌ها نشان‌دهنده هدر رفت خاک می‌باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری از پنترومتر فشاری مدل H[۲] ۴۱۳۷ استفاده شد. بدین گونه پنترومتر با نوک ۱/۳ اینچی با انتهای مسطح به‌طور تدریجی و عمود به سطح خاک مورد نظر فشار داده می‌شود. با وارد شدن انتهای پنترومتر در خاک، میزان مقاومت فشاری قرائت می‌گردد.

نتایج و بحث

اثر نانورس و کربنات کلسیم بر روی هدر رفت خاک

نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر هدر رفت خاک (شکل۱) نشان داد که با تغییر سطح نانورس و کربنات کلسیم، هدر رفت خاک به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد تغییر یافت. بیشترین هدر رفت خاک در سطح ۱

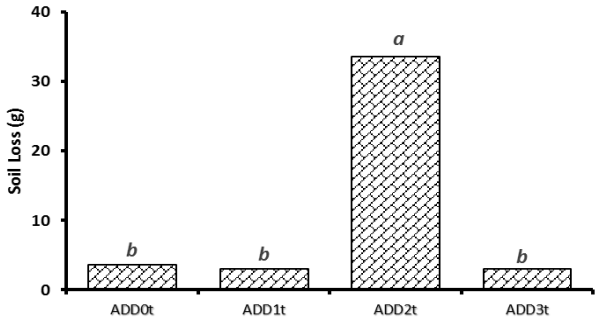
[۱] Open Circuit Wind Tunnel

[۲] Mortar Penetration Resistance Apparatus (H-4137)

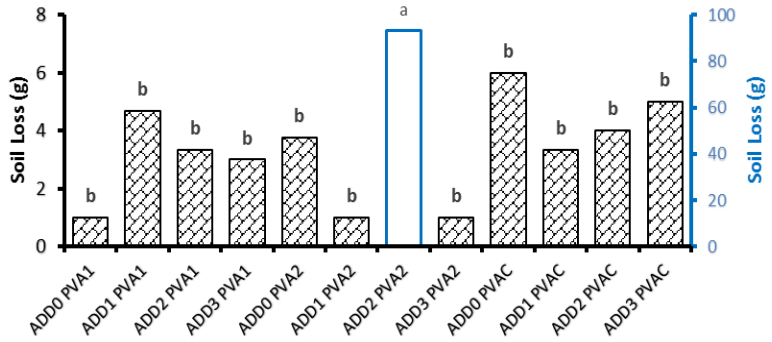
درصد کربنات کلسیم (ADD_2t) با مقدار ۳۳/۵۶ گرم و کمترین مقدار در سطح ۱ درصد نانو رس (ADD_1t) و ۰/۵درصد نانو رس + ۰/۵ درصد کربنات کلسیم (ADD_3t) با مقدار ۳ گرم به دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین اثر نانورس و کربنات کلسیم بر تلفات خاک (شکل ۲) نشان داد که بین سطوح مختلف نانورس و کربنات کلسیم در پلیمرها، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. بیشترین هدر رفت خاک در سطح ۱ درصد کربنات کلسیم (ADD_2) در پلیمر پایه پلی وینیل الکل دو (PVA_2) با مقدار ۹۳/۳۳ گرم و کمترین هدر رفت خاک در سطح ۱ درصد نانو رس (ADD_1) در پلیمر پلی وینیل الکل دو، در سطح صفر درصد ماده افزودنی (ADD_0) در پلیمر پلی ونیل الکل یک و در سطح ۰/۵ درصد نانو رس+ ۰/۵درصدکربنات کلسیم (ADD_3) در پلی وینیل الکل دو به مقدار یک گرم به دست آمد.

به‌طورکلی، کمترین هدر رفت خاک در پلیمر پایه پلی وینیل الکل دو (PVA_2) در سطح ۱ درصد نانو رس (ADD_1)، در سطح صفر درصد ماده افزوده (ADD_0) در پلیمر پلی وینیل الکل یک (PVA_1) و در سطح ۰/۵ درصد نانو رس+ ۰/۵ درصد کربنات کلسیم (ADD_3) در پلی وینیل الکل دو می‌باشد. با وجود معنی‌دار نبودن اختلاف هدررفت خاک در سطوح مختلف نانورس و کربنات کلسیم بین پلیمرها، بیشترین هدر رفت خاک در پلیمر پلی وینیل الکل دو (PVA_2) در مقایسه با سایر پلیمرها مشاهده گردید. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانورس و کربنات کلسیم به‌خصوص نانو رس و استفاده هم‌زمان نانو رس و کربنات کلسیم میزان هدر رفت خاک را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. نتایج این تحقیق با نتایج پدیدار و همکاران (۲۰۱۶) و زورقی و همکاران (۱۳۹۸) که از نانو رس و آهک برای کاهش تلفات خاک استفاده کردند همخوانی دارد.



شکل ۱- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم بر میزان هدر رفت خاک



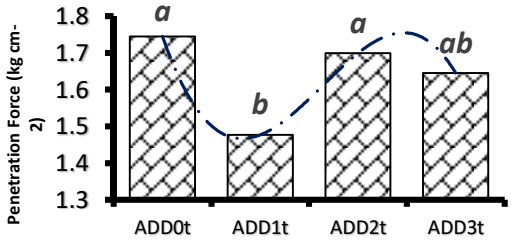
شکل ۲- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم در هر پلیمر بر میزان هدر رفت خاک
(بدون ماده افزودنی (ADD0t)، ۱ درصد نانو رس (ADD1t)، ۱ درصد کربنات کلسیم (ADD2t)، ۰/۵ نانورس درصد + ۰/۵ درصد کربنات کلسیم (ADD3t))

اثر نانورس و کربنات کلسیم بر مقاومت فشاری

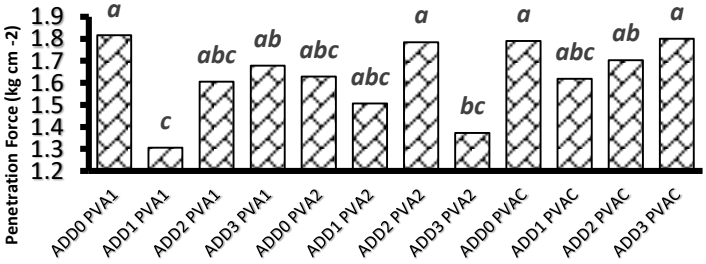
نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر مقاومت فشاری (شکل ۳) نشان داد که ADD_0t با ADD_1t تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد، اما با نانورس و کربنات کلسیم تفاوت معنی‌داری ندارد. نتایج این تحقیق نشان داد که ADD_0t بیشترین تأثیر را بر مقاومت فشاری دارد به‌طوری‌که مقاومت فشاری را به مقدار ۱/۷۴ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش می‌دهد. همچنین ADD_1t با مقدار ۱/۴۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع کمترین تأثیر را بر مقاومت فشاری دارد.

نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر میزان مقاومت فشاری (شکل ۴) نشان داد که ADD_0 و ADD_1 در پلیمر پلی وینیل الکل یک باهم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند. بیشترین میزان مقاومت فشاری هنگام استفاده از نانورس و کربنات کلسیم در سطح صفر درصد (ADD_0) به مقدار ۱/۸۱ کیلوگرم بر سانتی‌گراد در پلیمر پلی‌وینل الکل یک و کمترین میزان مقاومت فشاری نیز در هنگام استفاده از ۱ درصد نانو رس در پلیمر پلی وینیل الکل یک به دست آمد. به‌طورکلی ADD_0 PVA_1 میزان مقاومت فشاری را نسبت به سایر نانورس و کربنات کلسیم بیشتر افزایش می‌دهد.

به‌طورکلی استفاده از نانورس و کربنات کلسیم تقریباً باعث افزایش مقاومت فشاری می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات طبرسا و همکاران (۲۰۱۸) و نورعلی وند و فرخیان (۱۳۹۹) که بیان داشتند استفاده از نانو رس باعث افزایش مقاومت فشاری می‌شود نزدیک می‌باشد.



شکل ۳- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم بر میزان مقاومت فشاری



شکل ۴- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم در هر پلیمر بر میزان مقاومت فشاری

هاتفی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی تأثیر نانوکلی با غلظت‌های ۰/۵ و ۱/۵ گرم بر لیتر بر فرسایش بادی خاک لومی شنی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نانوکلی، میزان فرسایش خاک به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. عباسی و همکاران در سال ۲۰۱۸ در تحقیقی نتایج نشان دادند که افزودن نانو رس با غلظت ۱٪ به خاک‌های رس دیسپرس شده می‌تواند پتانسیل دیسپرس شدگی آن‌ها را به میزان قابل‌توجهی کاهش میابد.

نتیجه‌گیری

استفاده از نانورس و کربنات کلسیم و استفاده هم‌زمان نانو رس و کربنات کلسیم میزان هدررفت خاک را به‌طور معنی‌داری کاهش داده و میزان مقاومت فشاری سطح خاک را افزایش می‌دهند.

فهرست منابع

زورقی، غ ر. شعبانی گورجی، ک. نورا، م ر؛ و راشکی. (۱۳۹۸). نقش دوغاب آهک هیدراته در تثبیت حرکت ماسه‌های بادی. علوم آب‌وخاک. جلد ۲۳. شماره ۲.

نورعلی‌وند، ف. فرخیان فیروزی، ا. (۱۳۹۹). بررسی زغال زیستی اصلاح‌شده، نانورس و پلی‌وینیل استات بر تثبیت خاک و کنترل فرسایش بادی خاک شنی و شنی لومی. تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۱ (۴), ۹۲۳-۹۳۵.

نامدار، د؛ و بازیگر، م. (۱۳۹۷). تأثیر خاک‌پوش‌های زیستی، شیمیایی و معدنی بر تثبیت منشاء گردوغبار، مطالعه موردی: استان ایلام. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صفحات ۷۰۱-۷۱۳

Du, H. Wang, T. Xue, X. and Li, S. (2018). Modelling of sand/dust emission in Northern China from 2001 to 2014. Geoderma, 330, 162-176.

Jarrah, M. Mayel, S. Tatarko, J. Funk, R and Kuka, K. (2020). A review of wind erosion models: Data requirements, processes, and validity. Catena, 187, 104388.

Padidar, M. and Honarjoo, N. (2013). Evaluation of using nanoclay for stabilizing sandy soils. The First International Conference on New Ideas in Agriculture, Isfahan.

Padidar, M., Jalalian, A., Asgari, K., Abdouss, M., Najafi, P., Honarjoo, N., & Fallahzade, J. (2016). The Impacts of Nanoclay on Sandy Soil Stability and Atmospheric Dust Control. Agriculturae Conspectus Scientificus, 81(4), 193-196.

Tabarsa, A. Latifi, N. Meehan, C. L. and Manahiloh, K. N. (2018). Laboratory investigation and field evaluation of loess improvement using nanoclay–A sustainable material for construction. Construction and Building Materials, 158, 454-463.

Wakhba, S. A. (1980). Use of polymers to control wind erosion [of sands and sandy soils]. Moscow University soil science bulletin.

Xu, D and Li, D. (2020). Variation of wind erosion and its response to ecological programs in northern China in the period 1981–2015. Land Use Policy, 99, 104871.

Evaluation of the effect of nanoclay and calcium carbonate with three types of chemical polymers on soil loss and penetration force

Davood Namdar Khajesteh[1*], Hossein Ali Bahrami[2], Farzaneh Khodabakhshi[3]

[1*]Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahed University
Corresponding author's email (d.namdar@shahed.ac.ir).
[2] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.
[3]Graduated student of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.

Abstract

Wind erosion is a critical environmental concern that poses a significant threat to both environmental security and sustainable development in dry and semi-arid regions. Extensive research has demonstrated the potential of nanoclay and calcium carbonate as crucial elements in soil stabilization and erosion reduction. This study aimed to investigate the effects of these two substances, in combination with three chemical polymers, using various formulations. The findings revealed that the simultaneous application of nanoclay and calcium carbonate, particularly nanoclay, resulted in a substantial decrease in soil loss and an increase in penetration force for certain formulations.

Keywords: Soil Stabilization, Soil Cover, Wind Erosion, Soil Loss, Penetration Force

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر قارچ‌های میکوریزا و گلایسین بتائین در زراعت گندم دیم در استان آذربایجان غربی، ایران

عزیز مجیدی[۱]

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران؛ A.majidi@areeo.ac.ir

چکیده

این پروژه به‌منظور ترویج یافته‌های تحقیقاتی مدیریت حاصلخیزی خاک در دیم‌زارهای آذربایجان غربی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل ۱) توصیه تحقیقاتی (استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا به‌صورت بذر مال + برگ پاشی گلایسین بتائین) و ۲) شاهد (عرف زارع) بودند. مایه تلقیح قارچ‌های اندومیکوریزا شامل ترکیبی از سه گونه Glomus mosseae، G. intraradices و G. etunicatum به میزان دو درصد و برگ پاشی گلایسین بتائین با غلظت دو لیتر در ۴۰۰ لیتر آب برای یک هکتار در مراحل تولید اولین گره ساقه و مرحله نمو آبستنی بود. نتایج نشان داد که در تیمار توصیه یافته تحقیقاتی، عملکرد دانه به میزان ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش یافت ($P\leq0.05$). صفات شاخص برداشت، تعداد خوشه در مترمربع و وزن هزار دانه نیز در این تیمار نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۵/۱۳ درصد، ۱۸/۱۰ درصد و ۱۱/۴۴ درصد افزایش یافتند. در تیمار توصیه یافته تحقیقاتی، جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی نیز نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند). به‌طورکلی، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که کاربرد مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا به همراه محلول‌پاشی گلایسین بتائین می‌تواند به‌عنوان یک‌راهکار مناسب برای افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت محصول گندم در شرایط دیم توصیه شود.

کلمات کلیدی: تغذیه بهینه، تنش خشکی، عملکرد محصول، رقم باران

مقدمه

بر اساس آخرین آمار رسمی، میزان تولید محصول گندم دیم در کشور طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۳/۴۲ میلیون تن بوده که ۷۲/۴ درصد کل محصولات زراعی دیم را شامل شده و سطح زیر کشت این محصول نیز ۴/۱۳ میلیون هکتار برآورد گردیده است (احمدی و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به عملکرد پائین (۱۲۰۷ کیلوگرم در هکتار) و سطح قابل‌توجه مناطق تحت کشت گندم دیم در کشور، ضرورت دارد راهکارهای لازم برای بهبود عملکرد در واحد سطح، معرفی گردند.

تنش خشکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده رشد گندم دیم در شرایط دیم محسوب شده و در بیشتر مراحل رشد گیاه با ایجاد محدودیت، دستیابی به عملکرد بهینه را دشوار می‌سازد. از عوامل مهم مقابله با تنش‌های خشکی در دیم‌زارها در کنار توسعه کشت واریته‌های مقاوم گندم معرفی‌شده، بهره‌گیری از روش‌ها و دانش نوین به‌زراعی است. افزایش عملکرد گندم دیم در شرایط تنش خشکی با استفاده از گونه‌های کارا با درجه همزیستی بالای قارچ‌های میکوریزا و استفاده از ترکیبات گلایسین بتائین جهت کاهش خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی، از جنبه‌های مدیریتی نوین کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. نتایج تحقیقات به انجام رسیده در استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد می‌تواند به نحو مؤثری به رشد بهتر محصولات و تولید اقتصادی آن تحت شرایط تنش خشکی مؤثر واقع شود (مجیدی، ۱۳۹۹). در پژوهش مذکور مشخص شد بیشترین عملکرد دانه با بذرمال کردن گندم دیم با مایه تلقیح میکوریزا و محلول‌پاشی گلایسین بتائین به میزان ۲۱۶۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که ۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. همچنین با اعمال این تیمار، نه تنها عملکرد دانه در مقدار بهینه‌ای تولید شد بلکه، محتوی پروتئین دانه و غلظت عناصر فسفر و روی نیز در دانه افزایش یافت. بر این اساس، هدف از اجرای پروژه حاضر، معرفی فنون نوین مدیریت بهینه تغذیه بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی (IPNS) به زارعین با استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا و آمینواسید گلایسین بتائین جهت افزایش تولید کمی و کیفی محصول گندم در اراضی دیم استان آذربایجان غربی بود.

مواد و روش‌ها

این پروژه از مهرماه سال ۱۴۰۰ به مدت یک سال زراعی در اراضی مزروعی روستاهای سیر در شهرستان ارومیه اجرا شد. طرح آماری مورداستفاده آزمون تی و تیمارهای پروژه شامل دو تیمار ۱) استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا جهت بذر مال بذور گندم قبل از کشت + برگ پاشی گلایسین بتائین در مرحله تولید اولین گره ساقه گندم و مرحله نمو آبستنی گندم (بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاه) و ۲) مصرف کود مطابق شرایط بهره‌بردار و بر مبنای عرف زارع بود. مایه تلقیح قارچ اندومیکوریزا شامل ترکیبی از سه گونه G.mosseae، G.intraradices و G.etunicatum به میزان دو درصد (دو کیلوگرم مایه تلقیح به ازای دویست کیلوگرم بذر) بود که توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. قبل از کاشت، قطعه زمین کشاورز متراژ و به دو قطعه مساوی هرکدام به ابعاد طول ۳۰ متر و عرض ۷/۲ متر (مساحت ۲۱۶ مترمربع) تقسیم شدند. نمونه‌های مرکب خاک از قطعات مذکور تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۱)، شامل تجزیه روتین و غلظت عناصر کم‌مصرف شامل آهن، روی، منگنز و مس بر اساس دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات خاک و آب (علی احیائی، ۱۹۹۷) اندازه‌گیری شدند. کودهای شیمیایی پایه بر مبنای تفسیر نتایج آزمون خاک در سطح مزرعه و به هنگام کشت به‌صورت نواری و توسط بذرکار خطی کار جایگذاری شدند. در تیمار عرف زارع مصرف کودها بر اساس نقطه نظرات کشاورز انجام شد. در این تیمار فقط از کودهای اوره و سوپرفسفات‌تریپل استفاده‌شده و نصف کود اوره به همراه تمامی کود فسفاتی به‌صورت پخش مستقیم در خاک قبل از کشت گندم در پائیز مصرف شدند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (۲۵-۰ سانتی‌متری) مکان‌های اجرای آزمایش

Mn	Fe	Cu	Zn	K_{av}	P_{av}	Tex.	Sand	Silt	Clay	N_{tot}	TNV	OC	pH_s	EC_e (dS/m)
(میلی‌گرم در کیلوگرم)							(درصد)							
۶/۴۲	۳/۷۸	۱/۲۲	۰/۴۷	۴۶۵	۱۰/۳۴	رسی	۲۶	۳۳	۴۱	۰/۱۲	۱۰/۸۰	۱/۱۸	۷/۲۹	۰/۵۰

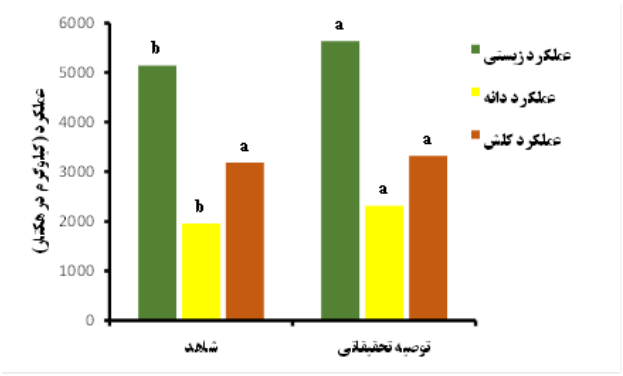
نصف دیگر کود اوره در بهار به‌صورت سرک در مرحله تولید اولین گره ساقه مصرف شدند. در تیمار مصرف بهینه کود، نوع، مقدار و زمان مصرف کودها مطابق آخرین دستاوردهای علمی و بر اساس نتایج آزمون خاک برآورد و مصرف شدند (بلالی و همکاران، ۱۹۹۹). در این تیمار کود پایه اوره در کرت مربوطه تماماً قبل از کاشت در پائیز و به‌صورت نواری مصرف شد. برای مصرف این کودها از دستگاه خطی کار توأم استفاده شد. به‌منظور تلقیح بذر با مایه تلقیح قارچ اندومیکوریزا، نسبت دو در صد (دو کیلوگرم مایه تلقیح همراه با ماده مویان به ازای یک‌صد کیلوگرم بذر گندم) در نظر گرفته شد. مقدار بذر گندم موردنیاز از رقم گندم دیم به مساحت ۲۱۶ مترمربع بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار محاسبه و آن را روی پوشش نایلونی ریخته، سپس مایه تلقیح و ماده مویان بر مبنای نسبت دو درصد محاسبه و با بذر گندم به‌طور کامل مخلوط شدند. پس از خشک شدن بذر گندم (حدوداً نیم ساعت)، بذر تلقیح‌شده را در مخزن بذرکار ریخته و در کرت توصیه یافته تحقیقاتی کشت شد. در مرحله برداشت محصول، برداشت محصول به‌صورت کف بر و کادر فلزی در ۱۵ نقطه هرکرت انجام و عملکرد کل (زیستی)، عملکرد کلش، عملکرد دانه، تعداد سنبله (در واحد سطح)، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. سپس ۱۵ نمونه ساده دانه در هر دو کرت آزمایشی، جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز منتقل شد. غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در نمونه¬های دانه و برگ پرچم مطابق روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). جذب عناصر در دانه با حاصلضرب عملکرد دانه در غلظت عناصر بدست آمد. درنهایت تجزیه‌وتحلیل آماری صفات اندازه‌گیری شده در گندم با استفاده از نرم‌افزار SPSS با استفاده از آزمون تی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

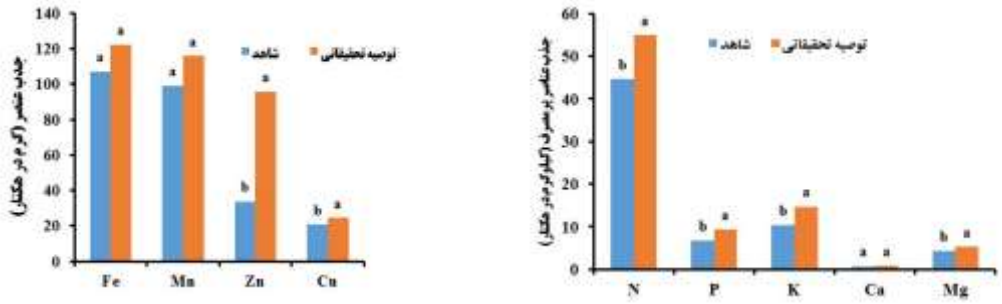
اثر تیمارها بر صفات کمی: نتایج نشان داد که در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی، عملکرد دانه گندم دیم در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی به میزان ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که بر اساس نتایج آزمون تی این اختلاف، در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. عملکردهای زیستی و کلش به ترتیب به میزان ۴۹۳ و ۱۳۷ کیلوگرم در هکتار در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی نسبت به شاهد (عرف زارع) افزایش نشان داد که این اختلاف در مورد صفت عملکرد زیستی نیز برای هر دو قطعه، در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۱). مقایسه تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی با شاهد (عرف زارع) نشان داد که صفات

مذکور در دو تیمار مذکور به ترتیب به میزان ۷۸ خوشه، صفر دانه، ۳/۳۳ گرم و ۰/۰۲ افزایش داشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم در دانه گندم دیم در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی، نسبت به شاهد (عرف زارع) به ترتیب به میزان ۱۰/۳، ۲/۶، ۴/۳ و ۰/۹۲کیلوگرم در هکتار افزایش نشان دادند که این اختلاف در سطوح آماری پنج درصد معنی‌دار بودند. جذب روی و مس در دانه گندم دیم در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی نسبت به شاهد (عرف زارع) به ترتیب به میزان ۶۲ و ۳/۸ گرم در هکتار افزایش داشتند، به‌طوری‌که این اختلاف برای این عناصر در سطوح پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۲). درصد پروتئین دانه در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی برابر ۱۳/۵۶ و در قطعه شاهد ۱۳/۰۳ بود که این اختلاف ازنظر آماری معنی‌داری نبود.



شکل ۱- مقایسه عملکردهای زیستی، دانه و کلش گندم دیم در دو قطعه زمین شاهد و توصیه یافته تحقیقاتی



شکل ۲- مقایسه جذب برخی عناصر پرمصرف و کم مصرف در دانه گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه یافته تحقیقاتی

چنین به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزا و گلایسین بتائین به دلیل افزایش برخی از صفات اجزای عملکرد باشد. اثر تیمارهای تحقیقاتی باعث شده است که تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه‌های پوک کمتر و درنتیجه تعداد دانه‌های بارور بیشتر گردد. جمشیدی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که تیمار گیاهان آفتابگردان با قارچ‌های میکوریزا آربسکولار سبب کاهش درصد پوکی دانه می‌شود. در شرایط دیم، تلقیح قارچ‌های میکوریزا و محلول‌پاشی گلایسین بتائین با بهبود وضعیت آبی گیاه موجب تخصیص میزان بالاتری از مواد فتوسنتزی به مخازن فیزیولوژیک (Physiological sinks) شده و درنتیجه تعداد دانه بیشتری پر گردد، که موجب افزایش عملکرد دانه شده است. ضمن اینکه گلایسین بتائین منبع غنی از نیتروژن و کربن به‌منظور رشد بیشتر می‌باشد، لذا سبب افزایش تولید مواد پرورده برای پر کردن تعداد دانه بیشتری می‌شود (میری و ضمانی مقدم، ۱۳۹۳).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل این پروژه، یافته تحقیقاتی در اراضی مزروعی دیم در استان آذربایجان غربی با آغشته کردن بذر گندم دیم با مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا و دو مرحله برگ پاشی در بهار با محرک رشد گلایسین بتائین در مراحل تولید اولین گره ساقه گندم و نمو آبستنی گندم دیم، عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. علاوه بر این میزان جذب عناصر برخی عناصر غذایی در دانه افزایش نشان داد. بنابراین، از نتایج این پروژه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که یکی از روش‌های مؤثر برای مقابله با تنش خشکی در شرایط دیم، استفاده از محرک‌های رشد بوده و استفاده از مایه تلقیح گونه‌های مرکب قارچ میکوریزا آربسکولار (کود زیستی) به‌صورت بذر مال به همراه محلول‌پاشی تنظیم‌کننده اسمزی گلایسین بتائین نقش مؤثری در مقابله با تنش خشکی در گندم دیم داشته و می‌تواند به‌عنوان یک‌راه حل برای کنترل اثرات نامطلوب تنش خشکی به‌ویژه در شرایط دیم پیشنهاد گردد.

فهرست منابع

احمدی، ک.، قلی زاده، ح.، عباد زاده، ح.، حسین پور، ر.، عبد شاه، ه.، کاظمیان، آ.، رفیعی، م. (۱۴۰۱). آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹. جلد اول: محصول‌های زراعی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فن‌آوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، شماره ۹۸۲، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

بلالی، م.ر.، مهاجر میلانی، پ.، خادمی، ز.، درودی، م.س.، مشایخی، ح.ح.، ملکوتی، م.ج. (۱۳۷۹). مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار گندم. نشر آموزش کشاورزی.کرج، ایران.

علی احیائی، م. (۱۳۷۶). شرح روش‌های تجزیه شیمیائی خاک. جلد دوم، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۰۲۴.

مجیدی، ع.، رجالی، ف.، محمودی کامل‌آباد، ح.، خلیل زاده، غ.، ولی زاده اوصالو، غ. (۱۳۹۹). بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا، هیومیک اسید و گلایسین بتائین روی خصوصیات زراعی و عملکردهای ارقام گندم دیم. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره فروست ۵۸۸۶۹، مراغه، ایران.

جمشیدی، ا.، قلاوند، ا.، صالحی، ا.، جواد زارع، م. جمشیدی، ع. ر. (۱۳۸۸) اثر میکوریزا آربسکولار بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱۱، شماره ۲ :۱۳۶-۱۵۰.

میری، ح.ر.، ضمانی مقدم، علی. (۱۳۹۳). کاربرد خارجی گلایسین بتائین به منظور کاهش اثرات تنش خشکی در ذرت (Zea mays L). پژوهشهای زراعی ایران، ۱۲: ۷۱۷-۷۰۴.

Mycorrhizal fungi and Glycine Betaine effect on dry land wheat in West Azerbaijan, Iran

A. Majidi

Associate Professor of Research, Department of Soil and Water Research, West Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran; A.majidi@areeo.ac.ir

Abstract

Sustainable agriculture production is the most crucial development program of countries in arid and semi-arid regions of the world. Therefore, this Research-Extension project was implemented to extend the former research findings (RF) in the rainfed fields of West Azerbaijan province in the crop season of 2021-2022 for one year. The inoculum of AMF consisted of a combination of three species of Glomus mosseae, G. intraradices, and G. etunicatum at a rate of 2% and GB foliar applications with a concentration of 2L GB/400L.ha of water that were applied in two growth stages of wheat, the first stem node (code 31 Zadox) and the developmental stage of pregnancy (code 49 Zadox). The results showed that the RF treatment increased grain yield by 355 kg/ha compared to the control ($P \leq 0.05$). The characteristics of the harvest index, the number of spikes/m2, and the weight of 1000 seeds increased by 5.13%, 18.10%, and 11.44% respectively, compared to the control ($P \leq 0.05$). Also, in the RF treatment, the uptake of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), zinc (Zn), and copper (Cu) nutrients increased significantly compared to the control ($P \leq 0.05$). Therefore, inoculation with AMF in combination with GB foliar application could be a sustainable approach to increase the yield and improve wheat crops quality in dry conditions.

Keywords: Baran variety, Crop yield, Drought stress, Optimum fertilization

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی تاثیر نانورس و کربنات کلسیم با سه نوع پلیمر شیمیایی در کاهش میزان نفوذ، مقاومت به ضربه و پایداری خاکدانه

داود نامدار خجسته[1*]، حسینعلی بهرامی[2]، فرزانه خدابخشی[3]

۱- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد؛

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله (d.namdar@shahed.ac.ir)

۲- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانش آموخته گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

کنترل و تثبیت خاک در مناطق مولد گرد و غبار و فرسایش بادی در کشور ایران بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، از سه پلیمر شیمیایی (پلی ونیل استات، پلی ونیل الکل نوع یک و دو) در چهار سطح ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد به همراه ترکیبات نانورس و کربنات کلسیم ۰/۵ و ۱ درصد به صورت فرمولاسیون‌های مختلف برای بررسی میزان نفوذ پلیمر، مقاومت به ضربه و پایداری خاکدانه استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از سطح ۰/۵ درصد نانورس+ ۰/۵ درصد کربنات کلسیم (ADD_3) در پلیمر پایه پلی وینیل الکل نوع یک (PVA_1) باعث افزایش مقاومت به ضربه می‌شود. بیشترین پایداری در پلیمر پایه پلی وینیل الکل دو در سطح ۱ درصد نانو رس مشاهده گردید.

واژگان کلیدی: پلیمر، خاک، لزوجت، ضخامت لایه، گرد و غبار، هدررفت خاک

مقدمه

ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان واقع‌شده است که حدود ۵۰ درصد استان‌های ایران با معضل فرسایش بادی روبه‌رو هستند (Fallahzade et al., 2020). کاهش بارندگی، افزایش دمای کره زمین، پوشش گیاهی کم، گسترش سدسازی در کشور از عوامل مهم در ایجاد کانون‌های فرسایش بادی و طوفان‌های شن در کشور می‌باشند (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۷). برای مقابله با این پدیده روش های مختلفی استفاده میشود. در این تحقیق از نانورس و کربنات کلسیم به همراه سه پلیمر شیمیایی برای بررسی افزایش پایداری خاکدانه، مقاومت به ضربه و میزان نفوذ استفاده شد. نتایج محققین دیگر از جمله فیضی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که رس بنتونیت پایداری و مقاومت برشی را بهبود بخشید. حضیرئی و زارع (۱۳۹۲) تأثیر خاک‌پوش رسی- آهکی برای تثبیت خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کـه مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه، ضخامت لایه و مقاومت سایشی با افزایش مقدار رس، به‌طور نسبی افزایش می‌یابند. نورعلی وند و فرخیان (۱۳۹۹) نتایج نشان دادند که تیمار نانورس و پلیمر، مقدار فرسایش بادی را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور چشمگیری کاهش دادن. ضمن اینکه بیش‌ترین میانگین وزنی قطر خاکدانه، مقاومت فشاری و برشی خاک در تیمار نانو رس مشاهده شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، نمونه سطحی خاک از یکی از مناطق منشا گرد و غبار و فرسایش بادی در استان ایلام برداشته شد و پس از هوا خشک‌کردن، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه ها اندازه‌گیری شد. از سه پلیمر شیمیایی (پلی ونیل استات، پلی ونیل الکل نوع یک و دو) در چهار سطح ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد به همراه ترکیبات نانورس و کربنات کلسیم ۰/۵ و ۱ درصد به صورت فرمولاسیون‌های مختلف استفاده شد. در ابتدا نمونه خاک در سینی‌های فلزی به ابعاد ۳۰×۳۰×۳ سانتی‌متری ریخته شد و سطح آن‌ها به‌طور کامل صاف و یکنواخت گردید. فرمولاسیون‌های مختلفی که قبلاً تهیه‌شده بودند به میزان ۲ لیتر در مترمربع از طریق سم‌پاش دستی به‌صورت یکنواخت روی سطح خاک روی سینی اسپری شدند (نامدار و بازگیر، ۱۳۹۷). بعد از خشک شدن نمونه‌ها پس از یک هفته، آزمون‌های پایداری خاکدانه، ضخامت لایه و میزان مقاومت به ضربه انجام شد. ضمن اینکه آزمون ذکر شده با سه تکرار انجام شدند. در این تحقیق از دستگاه الک‌تر برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه استفاده شد این دستگاه از ۸ الک به‌اندازه‌ای ۰/۲۵، ۰/۵، ۱/۲، ۰/۰۵۳، ۰/۰۶۴، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۴۶ میلی‌متر تشکیل‌شده است. در این تحقیق از الک ۰/۵ برای اندازه‌گیری پایداری استفاده شد. در این مطالعه، اندازه میزان ضخامت لایه با استفاده از دستگاه کولیس با سه تکرار اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقاومت به ضربه در این تحقیق با رها کردن میله‌ای آهنی به وزن ۲۰۰ گرم از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری به‌صورت عمودی بر روی سینی‌ها با سه تکرار در مکان‌های مختلف سینی، اندازه‌گیری شد.

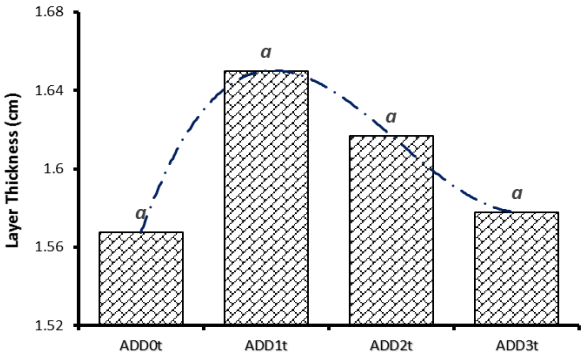
نتایج و بحث

اثر نانورس و کربنات کلسیم بر ضخامت لایه یا نفوذ

نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر روی ضخامت لایه در شکل (۱) نشان داده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که در بین نانورس و کربنات کلسیم‌بیشترین ضخامت لایه مربوط به ADD_1t به مقدار ۱/۶۵ سانتی‌متر است و کمترین آن مربوط به صفر درصد ماده افزودنی (ADD_0t) به مقدار ۱/۵۶ سانتی‌متر بود. به‌طورکلی بیشترین میزان ضخامت لایه در هنگام استفاده از ۱ درصد نانو رس مشاهده شد. بین سطوح ADD_0، ADD_1، ADD_2 و ADD_3 در خاک‌پوش پلی وینیل الکل دو تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج مقایسه میانگین نیز بیانگر این است که کمترین و بیشترین ضخامت لایه، به ترتیب در ADD_0 PVAC (۱/۳۷ سانتی‌متر) و ADD_0 PVA_2 (۱/۸۸ سانتی‌متر) مشاهد گردید.

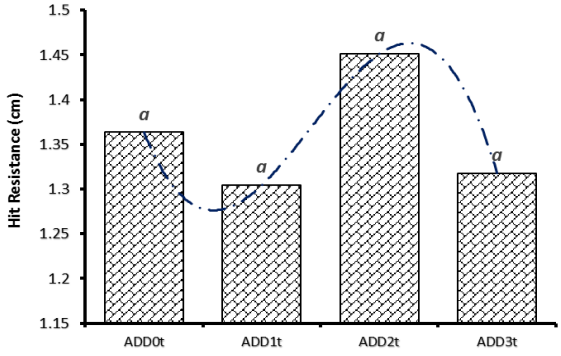
اثر نانورس و کربنات کلسیم بر مقاومت به ضربه

نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر مقاومت به ضربه در شکل (۲) آورده شده است. بیشترین میزان مقاوت به ضربه در سطح ۱ درصد نانو رس (ADD_1t) با مقدار ۱/۳ سانتی‌متر به دست آمد. همچنین کمترین میزان مقاومت به ضربه در (ADD_2t) به مقدار ۱/۴۵ سانتی‌متر بود. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که سطح ADD_{1t} باعث افزایش مقاومت به ضربه می‌شود.



شکل ۱- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم بر میزان ضخامت لایه

نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر مقاومت به ضربه نشان داد که بین سطوح ADD_2 PVAC و ADD_1، ADD2، ADD_3 و ADD_0 در پلیمر پلی وینیل الکل نوع یک (PVA_1) تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بیشترین و کمترین مقاومت به ضربه به ترتیب در ADD_3 PVA_1 به مقدار ۰/۹۵ سانتی‌متر و ADD_2 PVAC به مقدار ۱/۷۲ سانتی‌متر به دست آمد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از سطح ۰/۵ درصد نانورس+ ۰/۵ درصد کربنات کلسیم (ADD_3) در پلیمر پایه پلی وینیل الکل نوع یک (PVA_1) باعث افزایش مقاومت به ضربه می‌شود (شکل ۳).

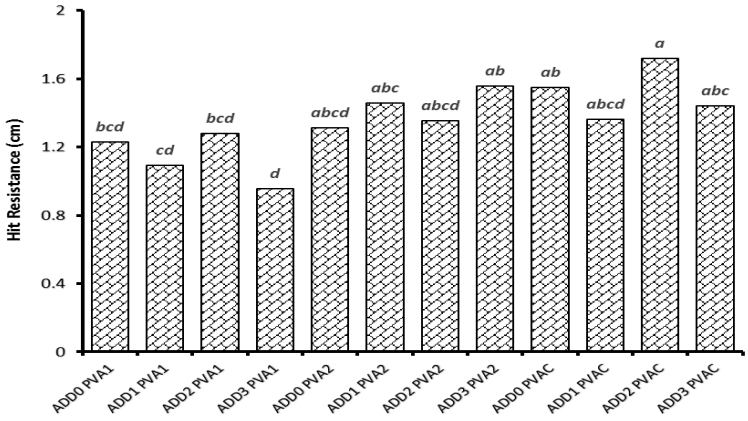


شکل ۲- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم بر میزان مقاومت به ضربه

اثر نانورس و کربنات کلسیم بر پایداری خاکدانه

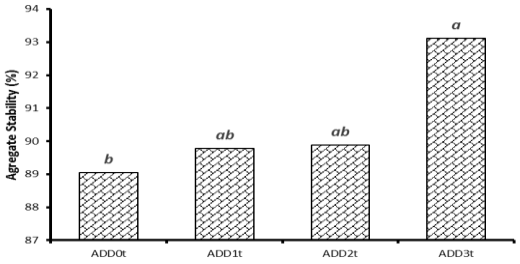
نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر پایداری (شکل۴) نشان داد که ADD_3t با ADD_0t تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد اما با ADD_2t و ADD_1t تفاوت معنی‌دار ندارد. بیشترین پایداری در سطح ۰/۵ درصد نانو رس+ ۰/۵درصد کربنات کلسیم (ADD_3t) با مقدار ۹۳/۱۲ درصد و کمترین مقدار نیز در ADD_0t با مقدار

۸۹/۰۴ درصد به دست آمد. روند افزایش پایداری به‌صورت $ADD_0t < ADD_1t < ADD_2t < ADD_3t$ می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که ADD_3t بیشترین پایداری را داشت.

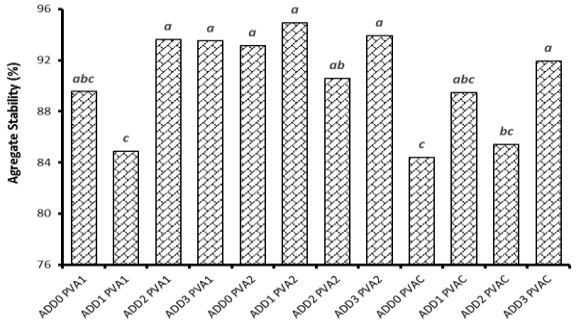


شکل ۳- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیمدر هر پلیمر بر میزان مقاومت به ضربه

نتایج مقایسه میانگین کل اثر نانورس و کربنات کلسیم بر پایداری در (شکل۵) نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ADD_1 PVA_2 با ADD_1 PVA_1، ADD_0 PVAC و ADD_2 PVAC تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند اما با سایر نانورس و کربنات کلسیم تفاوت معنی‌داری ندارد. بیشترین پایداری (۹۴/۹۵ درصد) در ADD_1 PVA_2 و کمترین پایداری (۸۴/۴۱ درصد) در ADD_0 PVAC مشاهده شد. به‌طورکلی، بیشترین پایداری در پلیمر پایه پلی وینیل الکل دو در سطح ۱ درصد نانو رس (ADD_1) می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج پدیدار و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی دارد. در سال ۲۰۱۱، Liu و همکاران تأثیر پلی وینیل استات برای تثبیت خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که این پلیمر مقاومت فشاری، مقاومت برشی، پایداری و مقاومت در برابر فرسایش خاک را به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.



شکل ۴- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیم بر میزان پایداری



شکل ۵- تأثیر میانگین نانورس و کربنات کلسیمدر هر پلیمر بر میزان هدر رفت خاک

نتیجه‌گیری

کمترین و بیشترین ضخامت لایه، به ترتیب در ADD_0 PVAC (۱/۳۷ سانتی‌متر) و ADD_0 PVA_2 (۱/۸۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. استفاده از سطح ۰/۵ درصد نانورس+ ۰/۵ درصد کربنات کلسیم (ADD_3) در پلیمر پایه پلی وینیل الکل نوع یک (PVA_1) باعث افزایش مقاومت به ضربه می‌شود. بیشترین پایداری (۹۴/۹۵ درصد) در ADD_1 PVA_2 و کمترین پایداری (۸۴/۴۱ درصد) در PVAC ADD_0 مشاهده شد. به‌طورکلی، بیشترین پایداری در پلیمر پایه پلی وینیل الکل دو در سطح ۱ درصد نانو رس (ADD_1) مشاهد گردید.

فهرست منابع

سعیدی، ن. قادری ع؛ و دژن، م. (۱۳۹۷). مدیریت بحران و امکان‌سنجی در استفاده از خاک‌پوش نفتی در تثبیت شن‌های روان و کنترل فرسایش بادی. فصلنامه علمی-ترویجی دانش پیشگیری و مدیریت بحران, ۸ (۱), ۸۱-۹۱.

نورعلی‌وند، ف. فرخیان فیروزی، ا. (۱۳۹۹). بررسی زغال زیستی اصلاح‌شده، نانورس و پلی‌وینیل استات بر تثبیت خاک و کنترل فرسایش بادی خاک شنی و شنی لومی. تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۱ (۴), ۹۲۳-۹۳۵.

نامدار، د؛ و بازیگر، م. (۱۳۹۷). تأثیر خاک‌پوش‌های زیستی، شیمیایی و معدنی بر تثبیت منشاء گردوغبار، مطالعه موردی: استان ایلام. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صفحات ۷۰۱-۷۱۳

Fallahzade, J. Karimi, A. Naderi, M. and Shirani, H. (2020). Soil mechanical properties and wind erosion following conversion of desert to irrigated croplands in central Iran. Soil and Tillage Research, 204, 104665.

Feizi, Z. Ayoubi, S. Mosaddeghi, M. R. Besalatpour, A. A. Zeraatpisheh, M. and Rodrigo-Comino, J. (2019). A wind tunnel experiment to investigate the effect of polyvinyl acetate, biochar, and bentonite on wind erosion control. Archives of agronomy and soil science, 65(8), 1049-1062.

Liu, J. Zhang, Y. Qin, S. Feng, W. Sun, Y. Wang, L. and Bai, Y. (2016). Sand fixation experiment of Artemisia sphaerocephala Krasch. gum with different concentrations. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 32(5), 149-155.

Padidar, M., Jalalian, A., Asgari, K., Abdouss, M., Najafi, P., Honarjoo, N., & Fallahzade, J. (2016). The Impacts of Nanoclay on Sandy Soil Stability and Atmospheric Dust Control. Agriculturae Conspectus Scientificus, 81(4), 193-196.

Evaluating the effect of nanoclay and calcium carbonate with three types of chemical polymers in soil surface crust, impact resistance and aggregate stability

Davood Namdar Khajesteh[1*], Hossein Ali Bahrami[2], Farzaneh Khodabakhshi[3]

[1*]Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahed University
Corresponding author's email (d.namdar@shahed.ac.ir).
[2] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.
[3]Graduated student of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.

Abstract

It is crucial to control and stabilize soil in areas prone to dust and wind erosion in Iran. This research aimed to assess the effectiveness of three chemical polymers (polyvinyl acetate, polyvinyl alcohol type one and two) at four different levels (1%, 1.5%, 2%, and 3%), along with nanoclay compounds and calcium carbonate at concentrations of 0.5% and 1%. Various formulations were used to evaluate polymer penetration, impact resistance, and aggregate stability. The results indicated that the combination of 0.5% nanoclay and 0.5% calcium carbonate (ADD_3) with polyvinyl alcohol type one polymer (PVA_1) significantly increased impact resistance. Additionally, the highest level of stability was observed in the formulation containing 1% nanoclay (ADD_1) in polyvinyl alcohol-based polymer.

Keywords: Polymer, Soil, Viscosity, Layer Thickness, Dust, Soil Loss

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در خاک اراضی با کاربری‌های مختلف در حوزه راسوند در استان مرکزی

شقایق حسینی

کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست (ارزیابی وآمایش سرزمین) دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در خاک اراضی با کاربری‌های مختلف در حوزه راسوند در استان مرکزی انجام شد. برای این منظور ۱۹۶ نمونه خاک سطحی از کاربری‌های کشاورزی، صنعتی و مرتع جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد میانگین غلظت As، Cd، Pb، Zn و Ni در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی بیشتر از میانگین خاک‌های جهانی بود درحالی‌که در مقایسه با استاندارد کیفیت خاک کانادا، میانگین غلظت As و Ni در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی بیشتر بود. ارزیابی شاخص‌های آلودگی C_d و PLI نشان داد که کاربری صنعتی نسبت به کاربری‌های کشاورزی و مرتع دارای خطرات قابل توجه آلودگی است. مزیتی که شاخص PLI نسبت به شاخص‌های آلودگی دیگر دارد در این است که در این شاخص ریسک آلودگی به همه فلزاتی که مورد مطالعه قرار می‌گیرد در منطقه مشخص می‌شود و با توجه به این‌که غلظت همه فلزات به جز As در کاربری صنعتی بیشتر کشاورزی و مرتع است؛ در نتیجه شاخص PLI دارای مقادیر بیشتری است.

واژگان کلیدی: راسوند، ریسک آلودگی، شاخص‌های آلودگی، فلزات سنگین

مقدمه

نحوه استفاده از زمین و کارکردی که به آن تعلق می‌گیرد را کاربری زمین گویند. این کارکرد ممکن است در مقیاس منطقه یا در مقیاس سکونت‌گاه‌های انسانی و شهری باشد. اصطلاح و مفهوم کاربری زمین، ابتدا در غرب به منظور نظارت دولت‌ها بر نحوه استفاده از زمین و حفظ حقوق مالکیت مطرح شد، ولی با گسترش سریع شهرنشینی و تحول در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، ابعاد و محتوای آن روز به روز وسیع‌تر شد (روان‌خواه، ۱۳۹۳). از آنجا که مرزهای شهری به سرعت در حال گسترش است، تغییرات کاربری اراضی همراه با تغییر در تولید، نه تنها باعث کاهش کمیت اراضی قابل کشت می‌شود، بلکه کیفیت خاک و امنیت غذایی را نیز تهدید می‌کند (Li et al., 2017). لذا کاربری اراضی شهری، عاملی مؤثر بر آلودگی خاک است. مناطق شهری دارای طیف گسترده‌ای از کاربری اراضی متنوع هستند از جمله: صنعتی، تجاری و مسکونی که از نظر مکانی ثابت نبوده و تولید کننده آلاینده‌ها می‌باشند. نشان داده شده است که تغییرات کاربری اراضی به طور مستقیم و غیر مستقیم بر موقعیت ژئوشیمیایی فلزات سنگین از طریق تغییر در ویژگی‌های خاک مؤثر است (Sun et al., 2020). مطالعات متعددی در رابطه با توزیع غلظت فلزات سنگین در کاربری‌های مختلف انجام شده است. برای مثال: Gabarrón و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی غلظت فلزات سنگین در

کاربری‌های کشاورزی، شهری، جنگل و صنعتی در کشور اسپانیا به این نتیجه رسیدند که غلظت Pb و Zn در کاربری صنعتی بیشتر از کاربری‌های دیگر بود، اما این تفاوت معنی‌دار نبود. آن‌ها بیان کردند که کاربری اراضی نمی‌تواند غلظت Pb و Zn خاک را تعیین کند. Solgi and Oshvandi (۲۰۱۸) با بررسی غلظت فلزات سنگین در شش کاربری (پارک‌های شهری، خیابان‌ها، میدان‌ها، بلوارها، مسکونی و مناطق کشاورزی) اراضی ملایر، بیشترین و کمترین آلودگی را به ترتیب برای کاربری خیابان و مسکونی گزارش کردند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۲۶۵۲ هکتار در دشت شازند می‌باشد که شامل حوزه راسوند استان مرکزی است. در قسمت شرق منطقه، مجموعه صنایع پالایشگاه امام خمینی (ره) و پتروشیمی و نیروگاه حرارتی واقع شده است. این منطقه یکی از قطب‌های اصلی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد به طوری که رتبه اول تولید گندم و لوبیا را در استان مرکزی به خود اختصاص داده است. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰۰ متر و متوسط بارندگی منطقه طبق آمار ایستگاه هواشناسی شازند ۴۲۷ میلی‌متر گزارش شده است. میانگین دمای سالیانه نیز ۱۲/۱ درجه سانتیگراد و باد غالب نیز جنوب غربی می‌باشد. کاربری‌های عمده در منطقه مورد مطالعه شامل اراضی کشاورزی، مرتع و صنعتی است. با توجه به وسعت هر کاربری در مجموع ۱۹۶ نمونه خاک سطحی مرکب از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر از تمام کاربری‌ها جمع‌آوری شد که سهم هر یک از کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی به ترتیب ۱۲۶، ۳۸ و ۳۲ نمونه بود. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک شده و از الک دو میلی‌تر عبور داده شد و مقدار کل فلزات سنگین به روش هضم با اسید نیتریک ۴ نرمال عصاره‌گیری (Sposito et al., 1982) و مقادیر فلزات سنگین سرب، نیکل،روی، مس، کادمیم توسط دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932plus و آرسنیک توسط دستگاه ICP-OES قرائت شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22.0 صورت گرفت.

شاخص‌های ارزیابی آلودگی فلزات سنگین

شاخص درجه آلودگی (C_{deg})

در ابتدا شاخص فاکتور آلودگی (C_f) برای بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین توسط Hakanson (۱۹۸۰) معرفی شد و بر اساس معادله ۱ محاسبه می‌شود:

$$C_f = \frac{C_{heavymetal}}{C_{background}} \qquad (۱)$$

که در آن $C_{heavymetal}$ غلظت اندازه‌گیری شده فلز سنگین در نمونه خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و $C_{background}$ غلظت زمینه‌ای فلز سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) است؛ سپس Hakanson (۱۹۸۰) شاخص فاکتور آلودگی (C_f) را به صورت شاخص درجه آلودگی (C_{deg}) اصلاح کرد که در واقع این شاخص مجموع C_f برای همه فلزات است (معادله ۲). چهار کلاس بر اساس شاخص C_f و C_d تعریف شده است که در جدول ۱ نشان داده شده است.

$$C_d = \sum_{i=1}^{n} C_f \qquad (۲)$$

جدول۱-طبقات آلودگی بر اساس شاخص‌های فاکتور آلودگی و درجه آلودگی

C_f	سطح آلودگی	C_d	سطح خطر
$C_f < ۱$	کم	$C_d < ۵$	کم
۳-۱	متوسط	۱۰-۵	متوسط
۶-۳	قابل توجه	۲۰-۱۰	قابل توجه
$c_f \geq ۶$	زیاد	$C_d \geq ۲۰$	زیاد

شاخص بار آلودگی (PLI)

برای ارزیابی کیفیت خاک از نظر آلودگی فلزات سنگین، شاخص PLI شش فلز سنگین با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد:

$$PLI = (C_{f1} \times C_{f2} \times C_{f3} \times \ldots\ldots \times C_{fn})^{1/n} \qquad (۳)$$

که در آن C_f شاخص فاکتور آلودگی و n تعداد فلزات مورد بررسی است. اگر PLI> ۱ نشان‌دهنده این است که منطقه آلوده است و اگر PLI< ۱، هیچ آلودگی وجود ندارد (Tomlinson et al., 1980).

نتایج و بحث

جدول ۲ برخی ویژگی‌های آماری غلظت فلزات سنگین را در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد. میانگین غلظت As، Cd، Pb، Zn و Ni در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی بیشتر از میانگین خاک‌های جهانی بود (Kabata-Pendias et al., 2010)، درحالی‌که در مقایسه با استاندارد کیفیت خاک کانادا، میانگین غلظت As و Ni در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی بیشتر بود. As بیشترین غلظت را در بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در همه کاربری‌ها نشان داد. میانگین غلظت As در کاربری کشاورزی، مرتع و صنعتی به ترتیب ۱۵۴، ۱۴۷/۵ و ۱۴۰/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. سطح بالای As در کاربری‌های فوق ناشی از منابع طبیعی، همچنین فعالیت‌های صنعتی (پالایشگاه، پتروشیمی و نیروگاه حرارتی) در منطقه است (Hou et al., 2019). تغییرات Cd در کاربری صنعتی بین ۰/۲ تا ۲/۷۵ و میانگین ۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. با مقایسه میانگین غلظت Cd با میانگین غلظت خاک‌های جهانی در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی مشاهده می‌شود که غلظت Cd به ترتیب ۲/۴، ۲/۲، ۳/۱ برابر بیشتر است. بیش از ۷۸ ٪ کل نمونه‌های خاک، غلظتی بیشتر از میانگین خاک‌های جهانی داشتند. غلظت Cd ممکن است به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات باشد که باعث تجمع Cd درخاک‌های منطقه می‌شود. روند تغییرات میانگین غلظت Pb در کاربری‌ها به صورت زیر به دست آمد: (۳۴/۲) کشاورزی < (۳۷/۱) مرتع < (۵۶/۵)

صنعتی. میانگین غلظت Zn نیز در کاربری صنعتی، مرتع و کشاورزی به ترتیب ۱۷۵/۷، ۱۱۵ و ۸۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. میانگین غلظت Cu در کاربری‌های مرتع و کشاورزی ۱۳/۴ و در صنعتی ۱۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت Cu نیز در همه کاربری‌ها کمتر از میانگین خاک‌های جهانی و استاندارد کیفیت خاک کانادا بود. روند تغییرات غلظت Ni در کاربری صنعتی بین ۴۷/۸ تا ۱۶۵/۴ با میانگین ۱۰۴/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

جدول۲-برخی خصوصیات آماری غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در کاربری‌های اراضی مختلف

کاربری		Cd	Pb	Cu	Ni	Zn	As
کشاورزی	حداقل	۰/۱	۶/۸	۵/۳	۲۶/۷	۱۳/۴	۶۶/۵
	حداکثر	۳/۶۵	۲۵۲/۳	۲۴/۶	۱۷۲	۸۵۸	۳۵۷/۲
	میانگین	۱/۱	۳۴/۲	۱۳/۴	۹۲/۶	۸۷/۵	۱۵۴
	انحراف استاندارد	۰/۷	۳۵/۵	۳/۱	۲۹/۵	۱۰۹	۴۶/۵
مرتع	حداقل	۰/۱	۱۱/۴	۵/۱	۲۹/۱	۲۷/۸	۵۵/۷
	حداکثر	۲/۶	۱۹۶/۲	۱۳/۴	۱۵۱/۹	۵۶۵/۲	۲۳۷/۶
	میانگین	۱[b]	۳۷/۱	۱۳/۴	۸۵/۶	۱۱۵	۱۴۷/۵
	انحراف استاندارد	۰/۷	۴۰/۴	۵/۱	۴۰/۶	۱۲۱	۴۰/۶
صنعتی	حداقل	۰/۲	۱۲/۹	۸/۱	۴۷/۸	۱۳/۲	۸۹/۶
	حداکثر	۲/۷۵	۲۵۶	۱۸/۷	۱۶۵/۴	۶۷۶/۹	۲۳۲/۸
	میانگین	۱/۴	۵۶/۵	۱۴/۳	۱۰۴/۶	۱۷۵/۷	۱۴۰/۴
	انحراف استاندارد	۰/۷	۶۸/۶	۲/۸	۳۰/۷	۲۱۰/۸	۳۷/۶
میانگین خاک‌های جهانی**		۰/۴۵	۲۸	۲۳	۲۶	۶۰	۸/۴
کانادا ***		۱/۴	۷۰	۶۳	۵۰	۲۰۰	۱۲

** Kabata-Pendias et al., 2010

*** CCME. 2007

شاخص درجه آلودگی (C_{deg})

مقادیر شاخص C_d و شاخص C_f برای هر فلز در هر کاربری در جدول ۳ ارائه شده است. روند تغییرات C_f فلزات سنگین درکاربرهای صنعتی و مرتع به صورت: As > Cd > Zn > Pb > Ni > Cu است. در همه کاربری‌ها حداکثر شاخص C_f مربوط به As بود که بیان‌کننده سطح زیاد آلودگی ($C_f \geq ۶$) است. بر اساس این شاخص، Cd دارای

سطح قابل توجه آلودگی، Pb، Ni و Zn سطح آلودگی متوسط و Cu آلودگی اندکی را در خاک هر کاربری نشان داد. بیشتر از ۶۰ ٪ نمونه‌های خاک آلودگی قابل توجهی را برای Cd نشان دادند، درحالیکه بیشتر از ۹۰ ٪ نمونه‌های خاک سطح آلودگی زیادی را برای As نشان دادند که خطر بالقوه‌ای را برای اکوسیستم‌های اطراف ایجاد می‌کنند. نتایج حاصل از تحقیقات Islam و همکاران (۲۰۱۵) در خاک‌های با کاربری‌های مختلف بر اساس فاکتور آلودگی حاکی از آن بود کادمیم، مس، سرب و آرسنیک در ۵۰ ٪ از نمونه‌های خاک در همه کاربری‌ها دارای آلودگی زیادی بودند.

جدول۳-مقادیر فاکتور آلودگی (C_f)، درجه آلودگی (C_d) و سطح آلودگی فلزات سنگین مورد بررسی در کاربری‌های اراضی مختلف

	فاکتور آلودگی (C_f)						درجه آلودگی (C_d)	سطح آلودگی
کاربری	Cd	Pb	Cu	Ni	Zn	As		
کشاورزی	۳/۸	۱/۲	۰/۵	۱/۱	۱/۱	**۹/۸**	۱۷/۵	**قابل توجه**
مرتع	۳/۳	۱/۳	۰/۵	۱	۱/۴	**۹/۴**	۱۶/۹	**قابل توجه**
صنعتی	۴/۷	۲	۰/۶	۱/۳	۲/۲	**۸/۹**	۱۹/۷	**قابل توجه**

شاخص بار آلودگی (PLI)

در کاربری‌های صنعتی، کشاورزی و مرتع میانگین شاخص بار آلودگی (PLI) بیشتر از یک بود که بیان‌کننده آلودگی منطقه است (شکل ۱). مقدار شاخص بار آلودگی برابر صفر بیان‌کننده شرایط ایده‌آل است، مقدار یک سطح پایه آلایندگی را نشان می‌دهد و مقادیر بالاتر روند تدریجی تخریب خاک در اثر آلودگی فلزات سنگین را نشان می‌دهد. روند این شاخص در کاربری‌های اراضی به صورت زیر است: (۱/۶۹) کشاورزی < (۱/۷۱) مرتع < (۲/۲۱) صنعتی. مقایسه میانگین شاخص بار آلودگی (PLI) در کاربری‌های مختلف نشان‌داد که این شاخص در کاربری صنعتی به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) بیشتر از دو کاربری دیگر است. مزیتی که این شاخص نسبت به شاخص‌های آلودگی دیگر دارد در این است که در این شاخص ریسک آلودگی به همه فلزاتی که مورد مطالعه قرار می‌گیرد در منطقه مشخص می‌شود و با توجه به این‌که غلظت همه فلزات به جز As در کاربری صنعتی بیشتر کشاورزی و مرتع است؛ در نتیجه شاخص PLI دارای مقادیر بیشتری است. باقری و همکاران (۱۳۹۶) و سلگی و همکاران (۱۳۹۹) نیز میانگین شاخص بار آلودگی را بیشتر از یک گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت Cd، As، Pb، Ni و Zn در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی بیشتر از میانگین خاک‌های جهانی بود، درحالی‌که در مقایسه با استاندارد کیفیت خاک کانادا، میانگین غلظت As و Ni در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و صنعتی بیشتر بود و آرسنیک بیشترین غلظت را در بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در همه کاربری‌ها نشان داد. مقایسه میانگین غلظت فلزات در کاربری‌های مختلف نشان از تأثیر یکسان کاربری اراضی بر تجمع و غلظت As، Pb، Zn و Cu دارد، ولی در مورد Ni و Cd بیان کننده تأثیر متفاوت کاربری اراضی بر تجمع این فلزات است. ارزیابی شاخص‌های C_d و PLI نشان داد که کاربری صنعتی نسبت به کاربری‌های کشاورزی و مرتع دارای خطرات قابل توجه آلودگی است.

فهرست منابع

باقری، ر.، مسکینی، ف.، محمد اسماعیل، زو، سعادت، س.، و رضایی. ح. (۱۳۹۶). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زیست محیطی فلزات سنگین خاک با استفاده از شاخص‌های آلودگی در اراضی زراعی جنوب تهران. محیط زیست طبیعی. جلد ۷۰ (۴): ۸۵۷-۸۶۸.

روان‌خواه، ن. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر کاربری اراضی بر آلودگی فلزات سنگین در خاک سطحی شهرستان آران و بیدگل. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کاشان.ایران.

سلگی، ع.، بیگ محمدی، ف.، و زمانیان، ع. (۱۳۹۹). بکارگیری شاخص‌های آلودگی به منظور بررسی میزان ترسیب فلزات سنگین در خاک (مطالعه موردی کارخانه سیمان همدان). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸ (۳): ۱۸۸-۲۰۱.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2007). Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental. National Guidelines and Standards Office.

Gabarrón, M., Zornoza, R., Martínez-Martínez, S., Muñoz, V.A., Faz, Á. and Acosta, J.A. (2019). Effect of land use and soil properties in the feasibility of two sequential extraction procedures for metals fractionation. Chemosphere. 218: 266-272.

Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research. 14 (8): 975-1001.

Hou, S., Zheng, N., Tang, L., Ji, X., Li, Y. and Hua, X. (2019). Pollution characteristics, sources, and health risk assessment of human exposure to Cu, Zn, Cd and Pb pollution in urban street dust across China between 2009 and 2018. Environment International. 128: 430-437.

Islam, S., Ahmed, K. and Masunaga, S. (2015). Potential ecological risk of hazardous elements in different land-use urban soils of Bangladesh. Science of the Total Environment. 512: 94-102.

Kabata-Pendias, A. (2010). Trace elements in soils and plants. CRC press. 517p.

Li, W., Wang, D., Wang, Q., Liu, S., Zhu, Y. and Wu, W. (2017). Impacts from land use pattern on spatial distribution of cultivated soil heavy metal pollution in typical rural-urban fringe of northeast China. International journal of environmental Research and Public Health. 14 (3): 1-14.

Solgi, E. and Oshvandi, Z. (2018). Spatial patterns, hotspot, and risk assessment of heavy metals in different land uses of urban soils (case study: Malayer city). Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 24 (1): 256-270.

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 of America Journal. 46: 260-265.

Sun, C., Zhu, S., Zhao, B., Li, W., Gao, X. and Wang, X. (2020). Effect of Land Use Conversion on Surface Soil Heavy Metal Contamination in a Typical Karst Plateau Lakeshore Wetland of Southwest China. International Journal of Environmental Research and Public health. 17 (1): 3-12.

Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R. and Jeffrey, D.W. (1980). Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. Helgoländer Meeresuntersuchungen. 33 (1-4): 566-575.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Evaluation of heavy metal pollution indices in the soil of different land uses in Rasvand area in Markazi province

Shaghayegh hosseini

MSc of Environmental Engineering, Islamic Azad University Hamadan

Abstract

This study was conducted with the aim of evaluation of heavy metal pollution indices in the soil of different land uses in Rasvand area in Markazi province. For this purpose, 196 surface soil samples were collected from agricultural, industrial and pasture land uses. The results showed that the mean concentration of As, Cd, Pb, Zn and Ni in agricultural, pasture and industrial land uses was higher than the the global average., while compared to the Canadian soil quality standard, the mean concentration of As and Ni was higher than the agricultural, pasture and industrial land uses. The evaluation of C_{deg} and PLI pollution indices showed that industrial land use has significant pollution risks compared to agricultural and pasture land uses. The advantage that the PLI index has over other pollution indices is that in this index, the risk of contamination to all the metals that are studied in the region is specified, and considering that the concentration of all metals except As is mostly in agricultural and pasture industrial land uses and PLI index has higher values.

Keywords: Rasvand, Pollution risk, pollution indices, heavy metal

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تغییرات غلظت نیترات غده گیاه موسیر (*Allium hirtifolium*. Boiss) تحت شرایط کوددهی اوره و کمپوست گاوی

زهرا خان محمدی [۱*]، ابوالفضل احمدی [۲]، احمدرضا مللی [۳]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب؛ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران؛
(*- نویسنده مسئول: Email: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir)
۲- دانشجوی سابق گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهرکرد، ایران؛
۳- کارشناس ارشد گروه خاکشناسی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه صنعتی اصفهان؛

چکیده

یکی از گیاهان دارویی مهم با خاصیت آنتی اکسیدانی، موسیر ایرانی با نام علمی (*Allium hirtifolium*. Boiss) است. در زراعت موسیر برای تامین مواد مغذی به‌ویژه نیتروژن از کودهای نیتروژنی و حیوانی زیاد استفاده می‌شود که احتمالا منجر به تجمع نیترات در گیاه شود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مقادیر مختلف اوره و کمپوست گاوی بر غلظت نیترات در غده موسیر بود. تیمار اوره در چهار سطح ۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ (کیلوگرم در هکتار) و کمپوست گاوی در سه سطح ۰، ۴۰ و ۶۰ (تن در هکتار) در سه تکرار اعمال شد. غلظت نیترات در موسیر کمتر از حد مجاز اعلام شده توسط استاندارد ملی ایران بود. بیشترین غلظت نیترات (۲۴/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در تیمار ترکیبی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۶۰ تن در هکتار کمپوست گاوی به دست آمد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. با افزایش مقدار اوره به ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت نیترات به طور معنی‌داری کاهش یافت. اما افزایش میزان مصرف اوره به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار و البته مصرف همزمان کمپوست گاوی، سبب افزایش دوباره غلظت نیترات موسیر شد.

واژگان کلیدی: سلامت محصول، کوددهی، موسیر

مقدمه

آلیوم از متنوع‌ترین و بزرگترین جنس‌های گیاهان چند ساله در گروه گیاهان تک‌لپه است و بیش از ۹۰۰ گونه دارد که ۱۲۱گونه آن ایرانی است (Fritch & Abbasi, 2013). موسیر ایرانی با نام علمی (*Allium hirtifolium*. Boiss) یک گیاه چندساله از جنس آلیوم و بومی ایران است. این گیاه غالبا به صورت خودرو در مناطق سردسیر و نسبتا مرتفع استان‌های مختلف کشور از قبیل آذربایجان غربی، لرستان، همدان، اصفهان، کرمانشاه، چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و

بویر احمد، فارس، ایلام و کردستان می‌روید. غده موسیر برای درمان دردهای روماتیسمی و التهابی، تسکین زخم‌های سطحی، درمان برخی بیماری‌های معده، ضد اسپاسم و همچنین به عنوان ادویه و طعم دهنده در برخی غذاها استفاده می‌شود (Jafari-Mofidabadi & Rezaee, 2015). با توجه به خواص درمانی موسیر و نیز کاربرد آن در صنایع غذایی، غده‌های موسیر در عرصه‌های منابع طبیعی، در مراحل مختلف رشد و معمولا به صورت رقابتی توسط بهره‌برداران و روستائیان برداشت می‌شود. متأسفانه به دلیل بهره‌برداری‌های بی‌رویه و برداشت نادرست در بسیاری از مراتع، تراکم گیاه موسیر در واحد سطح به شدت کاهش یافته است و جزء گونه‌های در خطر انقراض قرار دارد (فرهادی و علیزاده سالطه، ۱۳۹۶).

به منظور حفظ زیستگاه‌های طبیعی و نیز تامین نیاز بازار به این گیاه، به نظر می‌رسد تولید موسیر در سیستم‌های زراعی می‌تواند به عنوان یک استراتژی مهم در تأمین بازار رو به گسترش جهانی عمل کند. اخیرا پژوهش‌هایی درباره بررسی شرایط رشد این گونه ارزشمند صنعتی انجام شده است. به عنوان نمونه امیرخانی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی اثر کاربرد تیمارهای شیمیایی، آلی و زیستی بر عملکرد و صفات بیوشیمیایی موسیر ایرانی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان اندازه غده، وزن غده، مقدار نیتروژن، پتاسیم، پروتئین، فنل و آنتی‌اکسیدان به ترتیب در تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی تلقیح شده با کود زیستی به دست آمد. به‌علاوه بیشترین مقدار فسفر و فلاونوئید در تیمار ورمی‌کمپوست تلقیح شده با کود زیستی به دست آمد.

با توجه به کمبود بارندگی‌ها و کاهش منابع آبی و همچنین نیاز آبی کم موسیر، در سال‌های اخیر کشت موسیر در کشور مورد توجه قرار گرفته است، به‌طوریکه در سال ۱۴۰۰ سطح زیر کشت آن در کشور ۲۰۶۱ هکتار با تولید ۱۶۲۶۹ تن بوده است. این گیاه از محصولات درآمدزا به شمار می‌آید و حتی قابلیت صادرات و مصرف در اروپا و کشورهای حوزه خلیج فارس را دارد. بنابراین حفظ کیفیت آن به ویژه از لحاظ عناصر یا مواد سمی از جمله نیترات مورد توجه قرار می‌گیرد.

از آنجا که پژوهش چندانی درباره تغذیه این گیاه و تعیین حدود بهینه کودی برای آن انجام نشده است و نیز با توجه به مصرف خوراکی غده این گیاه، احتمال تجمع نیترات در آن وجود دارد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر مقادیر مختلف اوره و کمپوست گاوی بر غلظت نیترات غده موسیر انجام شد.

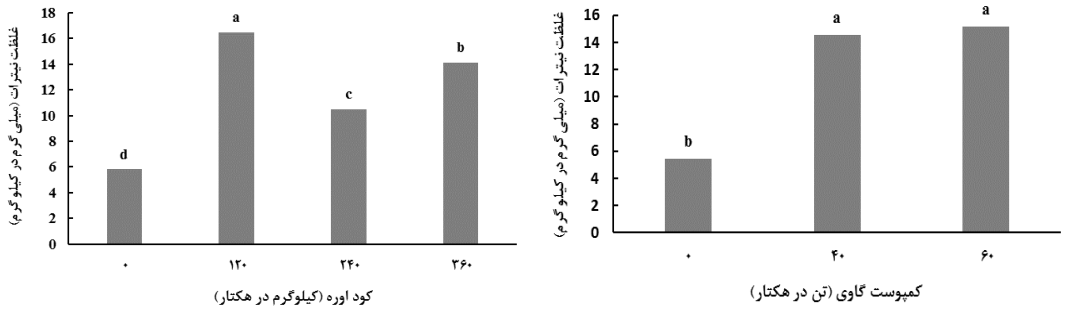
مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در زمینی به مساحت ۳۰۰ متر مربع و با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه و ۴۳ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۵ دقیقه و ۵۳ ثانیه شمالی واقع در شهرستان فریدون‌شهر استان اصفهان به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کرت‌های کامل تصادفی با دو فاکتور کوددهی اوره و کمپوست گاوی به اجرا درآمد. به این منظور کرت‌هایی با ابعاد ۲ در ۳ متر با چهار خط کشت و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. تیمارهای مورد نظر به صورت تیمار کوددهی اوره در چهار سطح (۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار کمپوست گاوی در سه سطح (۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار) در نظر گرفته شد.

پس از کرت‌بندی و اعمال تیمارهای کمپوست گاوی، غده‌های موسیر به صورت جوی و پشته و بر روی یک خط با فواصل ۱۰ سانتی‌متر و در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در آبان سال ۱۴۰۰ کشت شد. تیمارها در ۳ تکرار و در مجموع ۳۶ کرت مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که تیمارها در این پژوهش به صورت ۰-۰ (شاهد)، ۴۰-۰، ۶۰-۰، ۰-۱۲۰، ۱۲۰-۴۰، ۱۲۰-۶۰، ۲۴۰-۰، ۲۴۰-۴۰، ۲۴۰-۶۰، ۳۶۰-۰، ۳۶۰-۴۰ و ۳۶۰-۶۰ نشان داده شده‌اند. غده‌ها در خرداد ۱۴۰۱ برداشت شد. غلظت آنیون نیترات بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۰۶ در غده‌های برداشت‌شده اندازه‌گیری شد (بدون نام، ۱۴۰۰). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

بررسی غلظت نیترات در پیاز موسیر نشان داد که به طور کلی غلظت نیترات در موسیر بسیار کمتر از حد مجاز اعلام شده بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۵۹۶ است (بدون نام، ۱۳۹۲). نتایج اثر مستقیم کاربرد اوره و کمپوست گاوی نشان داد که کاربرد اوره سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیترات پیاز موسیر در مقایسه با تیمار شاهد شد. در بین تیمارهای کود اوره بیشترین غلظت نیترات موسیر به میزان ۱۶/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر در سطح کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره مشاهده شد. کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره سبب کاهش غلظت نیترات در مقایسه با تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره شد، اما با افزایش اوره به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت نیترات مجدد روند افزایشی نشان داد (شکل ۱). کاربرد کمپوست گاوی نیز سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیترات پیاز موسیر در مقایسه با تیمار شاهد شد. در بین تیمارهای کمپوست گاوی، بیشترین غلظت نیترات در تیمار ۶۰ تن در هکتار مشاهده شد، هرچند تفاوت معنی‌داری با تیمار ۴۰ تن در هکتار نداشت (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر اصلی مقادیر مختلف اوره و کمپوست گاوی بر غلظت نیترات

بر اساس بررسی اثرات متقابل کاربرد اوره و کمپوست گاوی، بیشترین غلظت نیترات به مقدار ۲۴/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه، در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۶۰ تن در هکتار کمپوست گاوی (۶۰-۱۲۰) مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۱). پس از تیمار ۶۰-۱۲۰، بیشترین مقادیر نیترات به

ترتیب در تیمارهای ۶۰-۳۶۰، ۴۰-۳۶۰ و ۴۰-۱۲۰ مشاهده گردید. به عبارت دیگر غلظت نیترات در تیمارهای حاوی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مقایسه با تیمار ۶۰-۱۲۰ به‌طور معنی‌داری کمتر بود و با افزایش مقدار کاربرد اوره به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار و البته کاربرد هم زمان کمپوست گاوی، غلظت نیترات پیاز موسیر مجدد افزایش یافت (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل مقادیر مختلف اوره و کمپوست گاوی بر غلظت نیترات غده موسیر

	تیمار											
	۰-۰	۰-۴۰	۰-۶۰	۱۲۰-۰	۱۲۰-۴۰	۱۲۰-۶۰	۲۴۰-۰	۲۴۰-۴۰	۲۴۰-۶۰	۳۶۰-۰	۳۶۰-۴۰	۳۶۰-۶۰
نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱/۳۸^{h}	۱۰/۳۹^{e}	۵/۶۴^{g}	۸/۵^{f}	۱۶/۲۳^{c}	۲۴/۶۳^{a}	۶/۳^{g}	۱۴/۴^{d}	۱۰/۷۹^{e}	۵/۴۴^{g}	۱۷/۳۱^{c}	۱۹/۷۵^{b}

این روند افزایش، کاهش و سپس افزایش دوباره غلظت نیترات با افزایش مقدار کاربرد اوره در پژوهش‌های انجام شده در سایر گیاهان نیز گزارش شده است (منصور بهمنی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Yang et al. 2015). بر اساس پژوهش‌ها در مواردی که مقدار مصرف کود حاوی نیتروژن زیاد باشد معمولا نیترات جذب شده توسط ریشه‌ها احیا نشده، به برگ‌ها فرستاده شده و در آن جا تجمع می‌یابد. در چنین شرایطی کاهش مقدار نیترات در پیاز موسیر با افزایش مقدار کاربرد اوره قابل توجیه است. از سوی دیگر افزایش مجدد غلظت نیترات با افزایش سطح کاربرد اوره به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار می‌تواند به این دلیل باشد که ظرفیت احیا نیترات توسط برگ‌ها نیز محدود است. در زمانی که مقدار کاربرد کودهای نیتروژن بیش از نیاز گیاه باشد، برگ‌ها توانایی احیا نیترات اضافه را ندارند و نیترات به سمت پیاز گیاه یعنی محل مصرف حرکت کرده و در آن‌جا تجمع می‌یابد. به عبارت دیگر احتمالا حرکت نیترات از ریشه به برگ و از برگ به پیاز یا غده زیرزمینی، دلیل افزایش مجدد نیترات پس از یک روند کاهشی با افزایش مقدار کاربرد کودهای نیتروژن‌دار است (منصور بهمنی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Tucker et al. 2004).

نتیجه‌گیری

غلظت نیترات در پیاز موسیر در تیمار تلفیقی کود اوره ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار و کمپوست گاوی ۴۰ تن در هکتار به طور معنی داری کمتر از تیمارهای کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار به همراه ۴۰ یا ۶۰ تن در هکتار کمپوست گاوی بود. از سوی دیگر بر اساس بخش دیگری از نتایج بیشترین عملکرد پیاز موسیر در تیمار تلفیقی کود اوره ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار و کمپوست گاوی ۴۰ تن در هکتار به دست آمد. این نتیجه بیانگر این مطلب است که کاربرد اوره به مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار همراه با کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپوست گاوی بهترین اثر را در کاهش نیترات غده و نیز افزایش عملکرد آن دارد. ضمن آنکه مقادیر ذکر شده اوره و کمپوست گاوی از تحمیل هزینه اضافه بر کشاورز جلوگیری می‌کند.

فهرست منابع

امیرخانی، ر.، آروئی، حسین.، قاسمی پیربلوطی، ع. (۱۴۰۲). تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر عملکرد و صفات بیوشیمیایی موسیر ایرانی(*Allium hirtifulium*). مجله بوم شناسی کشاورزی، ۱۵(۱): ۴۹ -۳۱.

بدون نام. ۱۴۰۰. مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی، استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۵۹۶، سازمان ملی استاندارد ایران.

بدون نام. ۱۳۹۲. روش آزمون اندازه‌گیری نیترات و نیتریت در میوه و سبزی و فرآورده‌های آنها به طریق بیناب‌سنج مولکولی، استاندارد شماره ۴۱۰۶، سازمان ملی استاندارد ایران.

فرهادی، ن.، علیزاده سالطه، س. (۱۳۹۶). تأثیر فورکلرفنورون بر پیازچه‌زایی، ترکیبات فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی موسیر (*Allium hirtifolium*). مجله علوم باغبانی، ۳۱(۳): ۵۷۶ -۵۶۵.

منصور بهمنی، س.، صفاری، و.، مقصودی مود، ع.ا (۱۳۹۲). اثر تقسیط و میزان کود اوره بر تجمع نیترات و عملکرد سوخ پیاز در تولید خارج از فصل در دشت جیرفت مجله علوم باغبانی، ۲۷(۴):۴۱۰ -۴۰۰.

Fritsch, R.M., Abbasi, M. (2013). A taxonomic review of Allium subg. Melanocrommyum in Iran. IPK Gatersleben. ISBN 978-3-9813096-3-8.

Jafari-Mofidabadi, A., Rezaee, M.B. (2015). Domestication of Persian Shallot (Allium hirtifolium) as Cultivated Crop. Journal of Medicinal Plants and By-products. 4(1), 9-12.

Tucker, D.E., Allen, D.J., Ort, D.R. (2004). Control of nitrate reductase by circadian and diurnal rhythms in tomato. Planta. 219(2): 277-285

Yang, S., Peng, S., Xu, J., He, Y., Wang, Y. (2015). Effects of water saving irrigation and controlled release nitrogen fertilizer managements on nitrogen losses from paddy fields. Paddy and Water Enviro.13: 71 -80.

Changes in nitrate concentration of (*Allium hirtifolium*. Boiss) under urea fertilization and cow compost

Zahra Khanmohammadi[1], Abolfazl Ahmadi[2], Ahmad Reza Melali[3]

1- Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Isfahan, Iran.
2- Departments of Horticulture, Shahrekord University, Iran.
3- Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Abstract

One of the important medicinal plants with antioxidant properties is Iranian shallot with the scientific name (*Allium hirtifolium*. Boiss). In order to supply nutrients, especially nitrogen,

fertilizers and manure are used, which probably leads to the accumulation of nitrate in the shallot bulbs. The aim of this study was to investigate the effect of different amounts of urea and cow compost on the nitrate concentration of shallot bulbs. Urea treatment was applied at four levels of 0, 120, 240 and 360 (kg ha^{-1}) and cow compost was used at three levels of 0, 40 and 60 (tons ha^{-1}) in three replications. The concentration of nitrates in shallots was lower than the limit declared by the national standard of Iran. The highest nitrate concentration (24.63 mg kg^{-1} wet weight) was obtained in the combined treatment of 120 kg ha^{-1} of urea and 60 tons ha^{-1} of cow compost, which was significantly higher than other treatments. Nitrate concentration decreased with increasing the amount of urea to 240 kg ha^{-1}, significantly. However, Nitrate concentration increased again, with the urea increment to 360 (kg ha^{-1}) and simultaneous consumption of cow compost.

Keywords: Crop health, fertilization, shallot.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

نقشه برداری رقومی ذرات خاک در دو روش مثلث قدیم و جدید بافت خاک (مطالعه موردی: دشت شبانکاره استان بوشهر)

مرتضی پوزش شیرازی[1*]، سید علی ابطحی[2]، مجید باقر نژاد[3]، علی اکبر موسوی[4]، میرناصر نویدی[5]

۱- دانش آموخته دکتری مدیریت منابع خاک دانشگاه شیراز و استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران.Email: m.shirazi741@gmail.com

۲ و ۳ و ۴- استاد بخش علوم خاک دانشگاه شیراز

۵- دانشیار بخش تحقیقات ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

در طی سه دهه اخیر، تمایل عمومی به تغییر روش در تحقیقات پیرامون مدیریت منابع خاک و نقشه برداری اراضی از روش‌های مرسوم و عمدتاً کیفی به روش‌های کمّی بر اساس مدل‌های همبستگی مکانی بوجود آمده است که به این روش‌ها اصطلاحاً نقشه برداری رقومی خاک (DSM) گفته می‌شود. پژوهش حاضر در دشت شبانکاره استان بوشهر به مساحت پانزده هزار هکتار با واحدهای فیزیوگرافی مختلف که دارای کاربری عمدتاً زراعتی است انجام شد. نقشه رقومی بافت خاک برای دو روش مثلث قدیمی بافت خاک شامل ذرات شن، سیلت و رس و روش مثلث جدید خاک شامل میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک، ترسیم گردید. از دو برنامه زمین آماری GS+ و ArcGIS و روش‌های مختلف تخمین‌گرها شامل روش وزن دهی عکس فاصله و روش کریجینگ معمولی برای این منظور استفاده گردید. بطور کل، خاک‌های سطحی به‌علت تأثیر بیشتر عوامل خاکسازی، غیریکنواخت‌تر بودند.

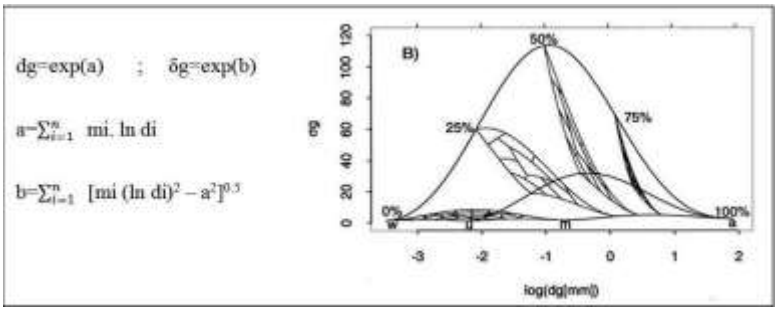
واژگان کلیدی: نقشه رقومی خاک، مثلث‌های جدید و قدیمی بافت خاک، روش‌های زمین آماری، استان بوشهر.

مقدمه

در طی سه دهه اخیر، چرخش محسوسی در تحقیقات پیرامون مدیریت منابع خاک و نقشه برداری اراضی از روش‌های مرسوم و عمدتاً کیفی به روش‌های کمّی بر اساس مدل‌های همبستگی محیطی بوجود آمده است که به آن‌ها اصطلاحاً نقشه برداری رقومی خاک (Digital Soil Mapping) یا بطور مخفف DSM اطلاق می‌شود (McKenzie and Grundy, 2008). در نقشه‌های رقومی باید مختصات جغرافیایی در حاشیه نقشه به‌گونه‌ای واضح درج شده باشند که امکان تعیین موقعیت آن‌ها در طبیعت به راحتی امکان‌پذیر گردد (Bui, 2020). نقشه‌های رقومی خاک در واقع نقشه-هایی هستند که ارتباط فاصله‌ای بین نتایج آزمایشگاهی به‌دست آمده از نمونه‌گیری‌های انجام شده در مزارع را با اطلاعات جغرافیایی یک عرصه بزرگ بصورت فضایی برقرار می‌سازند. جهت حصول این امر لازم است از تکنولوژی‌های جدید شامل سنجش از راه دور (RS)، موقعیت یاب جهانی (GPS)، اسکنرهای طیفی پرتابل، مدل‌های فضایی ارتفاع (DEM) در کنار برنامه‌های رایانه‌ای داده‌کاوی، کلاسه‌بندی اطلاعات و روش‌های زمین آماری به‌کار گرفته شوند. با

توجه به ماهیت تخمینی اطلاعات به‌دست آمده، میزان عدم قطعیت در نقشه‌های رقومی تولیدی نیز باید منظور شوند. این در حالیست که در نقشه‌های مرسوم خاک نمی‌توان میزان خطا یا عدم اطمینان نقشه ترسیمی را محاسبه و عنوان کرد (Behrens *et al.*, 2010). بافت خاک به‌عنوان یک عامل کلیدی از خصوصیات خاک محسوب می‌شود که اثرگذاری آن بر ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی، توسعه و رشد ریشه گیاهان، تنوع زیستی موجودات خاکزی، سرعت نفوذ آب در خاک، چرخه‌های بیوزیستی و قابلیت ذخیره مواد آلاینده در خاک، کاملاً واضح و آشکار است (Dobarco et al., 2019; Mikhailova et al., 2019). همچنین، حصول درک کافی از ارتباط بین عوامل محیطی و بافت خاک در مقیاس های کوچک‌تر از فاکتورهای مؤثر در برنامه‌ریزی و سامان‌دهی طرح‌های منطقه‌ای می‌باشد. افزایش دقت در تخمین تغییرات مکانی خصوصیات خاک با استفاده همزمان از آلگوریتم‌های فازی، روش های زمین آماری و سیستم-های سنجش از راه دور امکان‌پذیر است (Seyedmohammadi *et al.*, 2019).

علاوه بر پارامترهای متداول بافت خاک (شن، سیلت و رس) که جهت تعیین بافت از روی مثلث قدیمی بافت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد، از دو پارامتر بسیار مهم در مدیریت اراضی که در مثلث جدید بافت خاک ارایه شده است نیز استفاده گردید. این دو پارامتر عبارتند از: میانگین هندسی قطر ذرات خاک (dg) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک (δg). مزیت به‌کار گیری این پارامترها آن است که می‌توان خاک‌هایی که دارای ترکیبات مکانیکی متفاوت بوده ولی در یک کلاس بافتی قرار می‌گیرند را از یکدیگر تشخیص داده و متمایز نمود (Shirazi and Boersma, 1984). خاک‌های همگن دارای $\delta g=1$ و خاک‌های با اندازه ذرات مختلف در خاک دارای $\delta g>1$ می‌باشند. فرمول انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک به شرح زیر است که در آن از درصد وزنی mi و متوسط قطر ذرات شن، سیلت و رس di استفاده شده است (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱: روابط و پارامترهای مثلث جدید بافت خاک

مواد و روش‌ها

الف- مشخصات کلی منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در اراضی پایاب سد رئیس علی دلواری در منطقه شبانکاره دشتستان استان بوشهر در سطحی برابر با ۱۵۰۰۰ هکتار با کاربری عمدتاً کشاورزی اجرا گردید. کشت انواع محصولات زراعی مانند گندم و جو، سبزی و سیفی، گیاهان جالیزی، کنجد و کلزا در منطقه رایج می‌باشد. کانال‌های آبیاری درجه یک شامل کانال‌های مسلح بتونی با ابعاد بزرگ و دریچه‌های تنظیم آب تا کانال‌های درجه سه خاکی کوبیده شده با ابعادکوچک در سرتاسر دشت مورد مطالعه

گسترده شده است. با توجه به وسعت زیاد منطقه مورد مطالعه، انواع خاک‌ها با خصوصیات مختلف فیزیک و شیمیایی در آن مشاهده می‌گردد. در ابتدا مرز منطقه مورد نظر روی تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت شناسایی و محدوده مورد مطالعه تعیین گردید. نمونه‌برداری از خاک بر اساس یک شبکه‌بندی تقریباً منظم صورت گرفت با رعایت این اصل که در نقاط با تراکم مزارع بیشتر یا تفاوت‌های ظاهری مشهودتر، نمونه‌برداری نیز به تعداد بیشتری صورت گرفت.
مختصات منطقه مورد مطالعه بین طول‌های ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۸ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۰۴ دقیقه و ۰۲ ثانیه شرقی و عرض‌های ۲۹ درجه و ۲۴ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۲۹ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۸ ثانیه شمالی قرار گرفته است. منطقه بررسی شده شامل واحد فیزیوگرافی دشت دامنه‌ای کوه مشرف به شمال دشت شبانکاره با ارتفاع ۶۰ متری شروع شده و به سمت واحد فیزیوگرافی دشت سیلابی و اراضی گود و مقعر پایین دست جنوبی با ارتفاع صفر (همتراز سطح دریاهای آزاد) امتداد پیدا می‌کرد. این شرایط سبب بوجود آمدن یک توالی توپوگرافی در منطقه مطالعاتی شده است.

ب- مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

نمونه‌گیری از خاک به وسیله مته مخصوص در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شده و نمونه‌ها جهت تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد. مشخصات کلی هر نقطه نمونه برداری در فرم‌های مخصوص ثبت گردید که شامل مختصات جغرافیایی محل توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (جی‌پی‌اس)، نحوه مدیریت زراعی، روش آبیاری، پوشش سطحی، وضعیت زهکشی و نوع محصول زراعی بود.

نتایج و بحث

برای اطمینان از توزیع نرمال ویژگی‌های مورد مطالعه از آزمون کلموگراف- اسمیرنوف نیز استفاده شد که نتایج مشابهی با بررسی‌های چولگی و کشیدگی توزیع داده‌ها نشان داد. نتایج حاصل از آزمون های نرمال سنجی نشان داد که تمامی ویژگی‌های خاک بجز میانگین هندسی قطر ذرات خاک در سطح پنج درصد دارای توزیع نرمال بودند (جدول ۱). برای نرمال سازی توزیع داده غیر نرمال از توابع لگاریتمی استفاده شد (Ersahin S. 2003).

جدول۱- خلاصه آمار توصیفی داده‌های بافت نمونه های خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری

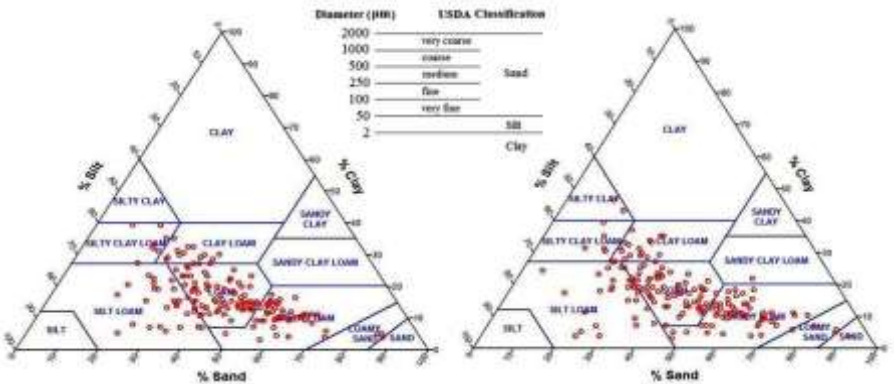
ویژگی		حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار استاندارد	چولگی (a)	کشیدگی (a)	آزمون کلموگروف- اسمیرنوف (b)
sand	۳۰-۰	۸/۵۱	۸۶/۷۴	۴۲/۲۱	۱۵/۱۱	۰/۳۳	-۰/۱۳	۰/۲۰
silt		۸/۷۵	۷۲/۷۲	۴۰/۹۲	۱۰/۸۹	-۰/۰۸	۰/۴۴	۰/۲۰
clay		۳/۳۴	۴۵/۳۳	۱۶/۹۷	۷/۹۹	۰/۸۴	۰/۵۲	۰/۱۲
δg		۵/۳۶	۱۶/۳۴	۱۱/۴۹	۲/۰۸	-۰/۵۲	۰/۲۷	۰/۲۰
dg		۰/۰۱	۰/۵۶	۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۰۲	-۰/۱۷	۰/۰۰
sand	۶۰-۳۰	۴/۹۳	۹۰/۷۱	۴۳/۰۹	۱۷/۳۲	۰/۳۱	-۰/۴۸	۰/۰۶
silt		۵/۳۱	۷۲/۷۸	۳۹/۶۴	۱۲/۵۶	-۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۰۹
clay		۳/۳۵	۴۶/۵۶	۱۷/۳۵	۶/۶۳	۰/۷۳	۰/۲۹	۰/۰۱۸

δg	۴/۷۳	۱۷/۴۲	۱۱/۴۴	۲/۲۹	-۰/۴۳	۰/۲۶	۰/۱۵
dg	۰/۰۱	۰/۶۴	۰/۱۰	۰/۰۹	۲/۴۶	۸/۳۷	۰/۰۰

a: شرط نرمال بودن بین ۲ و ۲- b: شرط نرمال بودن Sig>۰/۰۵

الف- روش مثلث قدیمی بافت خاک

فراوانی کلاس‌های بافت خاک برای عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۰ سانتی متر به روش USDA در مثلث بافت خاک در منطقه مورد پژوهش تعیین شدند که در شکل (۲) ارئه شده است. هر چند تفاوت‌های کمی بین کلاس بافت خاک‌های سطحی و عمقی وجود داشت اما بطور کل، نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه در هشت کلاس بافتی مختلف بر اساس مثلث بافت قدیم قرار گرفتند. در این میان، بافت بیشتر خاک‌های نمونه‌برداری شده در محدوده ۴ کلاس بافتی Loam، Silt loam، Sandy loam و Clay loam قرار داشتند. این امر نشان‌دهنده متوسط بودن بافت خاک (لوم) در بیشتر این اراضی بود که از نظر کشاورزی به‌عنوان خاک مطلوب از نظر تهویه هوا، تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و ظرفیت نگهداری آب در خاک محسوب می‌شود.

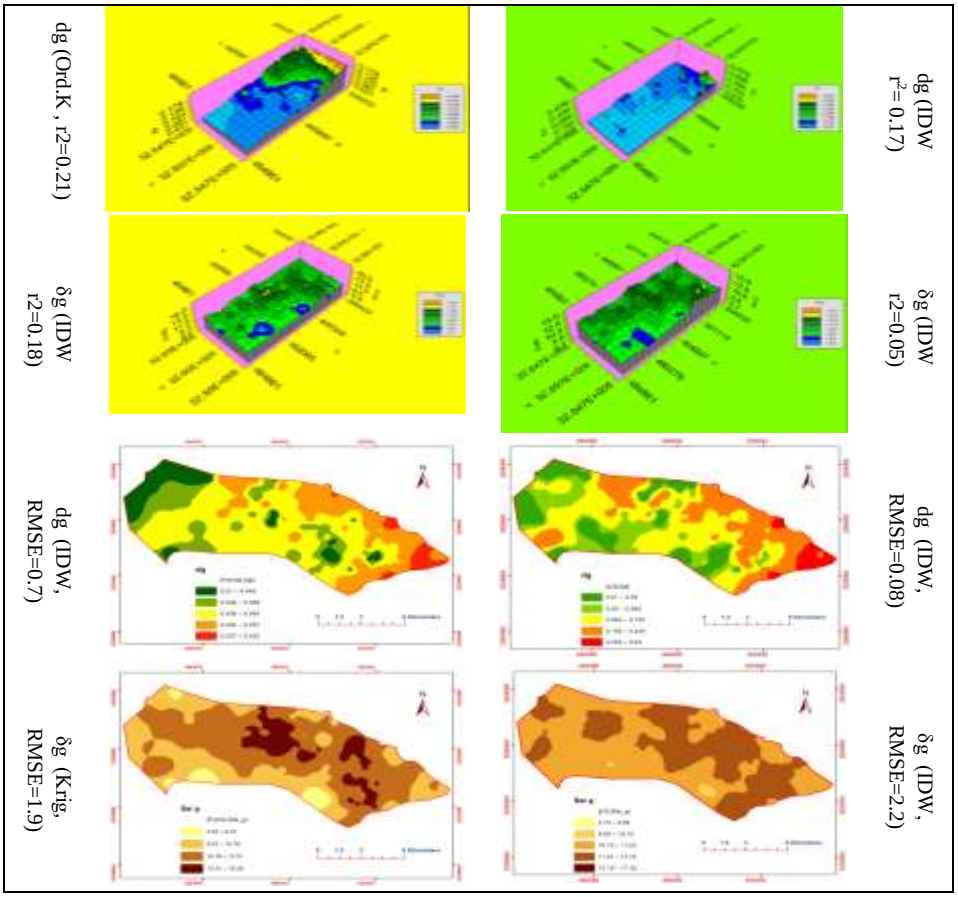


شکل ۲- جانمایی بافت خاک نمونه‌های هدف در مثلث قدیم بافت خاک. چپ (۳۰-۰)، راست (۶۰-۳۰) سانتی متر

ب- روش مثلث جدید بافت خاک

با توجه به نقشه‌های رقومی، میانگین هندسی قطر ذرات خاک (dg) از سمت غرب به سمت شرق دشت شبانکاره با افزایش قابل توجهی همراه بوده است. میزان یکنواختی خاک‌ها در سطح و عمق خاک منطقه مورد مطالعه را با مشاهده نقشه رقومی انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک (δg) می‌توان تشخیص داد. همانطور که در نقشه‌های مذکور مشاهده می شود بطور کل، خاک‌های سطحی غیریکنواخت‌تر بوده‌اندکه دلیل آن نیز تأثیر بیشتر عوامل خاکسازی بخصوص عوامل اقلیمی بر سطح خاک نسبت به عمق آن می‌باشد. میزان غیر یکنواختی در خاک‌های اراضی شمالی و مرکزی دشت شبانکاره بیشتر مشاهده می‌شود که این امر ناشی از تراکم فعالیت‌های کشاورزی در مناطق مذکور بوده است (شکل شماره ۳). از مقایسه نقشه‌های رقومی ترسیم شده توسط دو مدل رایانه‌ای +GS و ArcGIS 10.5 می-توان مشاهده کرد که نقشه‌های رقومی تولید شده توسط برنامه آرک جی آی اس به دو دلیل زیر دارای برتری به نقشه‌های تولیدی توسط جی اس پلاس می‌باشند: اول آنکه مرز زمین و محدوده عرصه مطالعاتی در برنامه رایانه-

ای ArcGIS 10.5 همراه با مختصات جغرافیایی در حاشیه نقشه قابل ترسیم است و از اینرو امکان جانمایی بر روی زمین و تصاویر ماهواره‌ای را دارد که از لحاظ مدیریت اراضی نکته بسیار مهمی تلقی می شود. دوم آنکه از نظر بصری و دیداری، اطلاعات جامع‌تر و کاملتری را در اختیار محقق و بهره بردار قرار می‌دهد.



تصویر ۳: نقشه‌های رقومی ویژگی‌های بافت خاک در مثلث جدید بافت. چپ: ۳۰-۰، راست ۶۰-۳۰

(بالا: برنامه GS+، پایین: ArcGIS 10.5)

نتیجه گیری

استفاده از نقشه‌های رقومی خاک به‌سرعت در سطح جهانی در حال گسترش است. این نقشه‌ها نه تنها در کشاورزی دقیق که بر پایه به‌کارگیری از علوم و فنون جدید مانند سنجش از راه دور استوار است، کاربرد دارد بلکه مطالعات گسترده جهانی و فراکشوری مانند حفظ محیط زیست دنیا و چالش آلاینده‌ها مانند گرد و غبار غیر ناحیه‌ای را نیز امکان‌پذیر ساخته‌اند. ترسیم نقشه بافت خاک بر اساس پارامترهای موجود در مثلث جدید و قدیم بافت خاک برای یکی از دشت‌های عمده کشاورزی جنوب کشور به‌نام دشت شبانکاره در زیر دست سد مخزنی رییس‌علی دلواری در این پژوهش، صورت گرفت. نقشه‌های رقومی تولید شده قابلیت ارایه اطلاعات مکانی از ویژگی‌های مهم خاک مانند وضعیت

نفوذپذیری و زهکشی، ظرفیت نگهداری آب، حاصلخیزی، میزان فرسایش و شوری خاک و نحوه حتی انتقال آلاینده‌ها را دارند که سبب افزایش دقت در مدیریت بهینه اراضی برای گروه‌های مختلف کاربران کشاورزی خواهد گردید

منابع

Behrens, T., Zhu, A. X., Schmidt, K., & Scholten, T. (2010). Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping. Geoderma, 155(3-4), 175-185.
Bui, E. N., Searle, R. D., Wilson, P. R., Philip, S. R., Thomas, M., Brough, D., and D. Van Gool. 2020. Soil surveyor knowledge in digital soil mapping and assessment in Australia. Geoderma Regional, e00299.
Ersahin, S. 2003. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. Soil Science Society of America Journal, 67(6), 1848-1855.
Gee, G. W. 1986. Particle size analysis. In: Klute A (eds) Methods of Soil Analysis. 383-409.
McKenzie, N. J., and M. J. Gurndy. 2008. Approaches to land resource survey. 230 p.
Mikhailova, E. A., Post, C. J., Gerard, P. D., Schlautman, M. A., Cope, M. P., Groshans, G. R., and J. M. Galbraith. 2019. Comparing Field Sampling and Soil Survey Database for Spatial Heterogeneity in Surface Soil: Implications for Ecosystem Services Assessment. 128 p.
Seyedmohammadi, J., Navidi, M. N., and L. Esmaeelnejad. 2019. Geospatial modeling of surface soil texture of agricultural land using fuzzy logic, geostatistics and GIS techniques. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50(12), 1452-1464.
Shirazi, M. A., and L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Science Society of America Journal, 48(1), 142-147.

چکیده انگلیسی

Digital Mapping of Soil Particle in Two Methods of Old and New Soil Texture Triangles (Case Study: Shabankareh Plain, Southern Iran)

Morteza Pouzesh Shirazi[1*], Seyed Ali Abtahi[2], Majid Bagher Nejad[3], Ali Akbar Moosavi[4], Mir Naser Navidi[5]

1- PhD in soil resource management from the University of Shiraz and Faculty Member of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran. Email: m.shirazi741@gmail.com
2, 3, 4 - Prof. of Dep. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Shiraz
5- Assistant Prof. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Abstract

Over the last three decades, there has been a general tendency to change methods in research on soil resource management from conventional and mainly qualitative methods to Quantitative ones based on spatial correlation models which are called digital soil mapping (DSM which has been seriously considered in Iran almost the last ten years. The present study was carried out in Shabankareh plain with an area of 15,000 hectares with different physiographic units that are mainly used as agricultural farms in Bushehr province , Southern Iran. Digital soil texture maps

were drawn for both old soil texture triangle (include sand, silt and clay particles) and new one (include Geometric mean particle diameter and geometric standard deviation of soil particle diameter). Soil texture is considered as one of the most important characteristics in determining the type and density of agricultural activities and types of land use. Two geostatistical programs include GS+ and ArcGIS and various methods of data estimators such as inverse distance weighting and ordinary Kriging method were used in the project. In general, surface soils were more non-uniform due to further influence of soil forming factors on them compared to depth soil.

Key words: Digital soil map, New and old soil triangles, Geostatistical methods, Bushehr province.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی مقایسه‌ای بهره‌وری آب در دو شیوه آبیاری یک‌درمیان و تمام جویچه‌ها در کاشت مستقیم گندم در بقایای ذرت

محمد خرمیان[۱] و هوشنگ غلامی[۲]

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران؛ (khorramy.mohamad@yahoo.com)

۲- دانش‌آموخته دانشگاه آزاد واحد شوشتر

چکیده

این مطالعه در اراضی شمال استان خوزستان با هدف ارزیابی بهره‌وری آب (WP) در شرایط بی خاک‌ورزی به‌صورت آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان (NT-AFI) و آبیاری تمام جویچه‌ها(NT-EFI) و خاک‌ورزی مرسوم به‌صورت آبیاری تمام جویچه‌ها(CT-EFI) در زراعت گندم اجرا شد. در طول دوره رشد، آب ورودی و خروجی به جویچه‌ها، رطوبت خاک، زمان پیشروی و پسروی آب، جرم مخصوص ظاهری و سرعت نفوذ آب در خاک، عملکرد دانه و WP اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که آب کاربردی سه تیمار NT-EFI، NT-AFI و CT-EFI به ترتیب ۲۳۶/۵، ۱۶۶/۷ و ۲۴۲/۴ میلی‌متر و عملکرد دانه (به ترتیب ۵۵۲۵، ۵۳۹۴ و ۵۵۵۸ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشتند. WP بین دو تیمارNT-EFI و CT-EFI در سطح ۵٪ و بین دو تیمار NT-AFI و CT-EFI در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. کاهش تبخیر و رواناب و درنتیجه ذخیره رطوبتی بیشتر در خاک از عوامل برتری تیمارهای NT-EFI و NT-AFI نسبت به CT-EFI بود. لذا در شرایط محدودیت آب و یا اختصاص آب به سطح بیشتری از اراضی تیمارNT-AFI ، و برای کلیه شرایط به ویژه از دست ندادن تاریخ کاشت تیمار NT-EFI پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: بهره‌وری آب، خوزستان، خاک‌ورزی، گندم، آبیاری جویچه‌ای

مقدمه

گندم یکی از محصولات غذایی با ارزش است که حدود ۳۰ درصد از جمعیت جهان را تغذیه می‌کند (FAO, 2021). حدود ۷۵ درصد از کل گندم از اراضی خشک از جمله مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب در معرض خشک‌سالی تولید می‌شود (Zhang et al., 2019).

بارش مؤثر موجود در این مناطق در طی رشد غالباً کمتر از نیاز آبی گندم بوده و در نتیجه قسمتی از نیاز گیاه با آبیاری تأمین می‌شود. از طرفی محدودیت منابع آب در این مناطق موجب ایجاد تنش در گیاه و کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین، توسعه و به‌کارگیری شیوه‌هایی که بتواند از منابع محدود آب به‌خوبی استفاده نمایند از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از آبیاری جویچه‌ای در زراعت گندم یکی از این شیوه‌ها محسوب شده که در صورت طراحی مناسب نقش مهمی در کاهش هدر رفت آب خواهد داشت. از طرفی آبیاری یک‌درمیان جویچه‌ها (AFI) علاوه بر مزایای روش رایج آبیاری تمام جویچه‌ها(EFI)، دارای مزایای دیگری همچون کنترل تعرق و کاهش رشد بیش‌ازحد گیاه است (Ali et al., 2021; Ali et al., 2018; Jia et al., 2021) ضمن آنکه AFI در بهبود توزیع آب و مواد مغذی خاک و در نتیجه در افزایش بهره‌وری آب مؤثر است (Ali et al., 2021). بنابراین، AFI در مقایسه با EFI برای تولید محصول، به ویژه در مناطق با محدودیت آب، نقش مؤثری خواهد داشت.

بی خاک‌ورزی با حفظ بقایا (NT) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم (CT)، باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مانند سرعت نفوذ اولیه آب در خاک، نفوذ تجمعی و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها می‌شود (نوری و همکاران، ۲۰۱۹). فریبارین و همکاران (۱۹۸۶) در استرالیا نشان داد که میزان هدر رفت آب در خاک‌ورزی حفاظتی کاهش یافت و عملکرد گندم نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم ۱۲ درصد افزایش یافت. مریل و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که رشد ریشه در روش NT در سه سال متوالی، ۳۷، ۴۰ و ۱۱۲ درصد بیشتر از روش CT بود و روش کم خاک‌ورزی (MT) بین آن دو قرار داشت. مقدار بیومس درNT، در مقایسه با CT در دو سال پیاپی ۳۶ و ۴۴ درصد افزایش داشت و در یک سال تفاوت معنی‌داری نداشت. در این مطالعه مقدار آب ذخیره شده در روش‌های مختلف خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. دویتا و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی تأثیر خاک‌ورزی مرسوم و بی خاک‌ورزی را بر کیفیت و عملکرد دانه گندم دوروم و محتوای رطوبت خاک مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که در دو سال اول آزمایش عملکرد گندم در شیوه بی‌خاک‌ورزی بیشتر از عملکرد در خاک‌ورزی مرسوم بود. در این خصوص تبخیر کمتر آب از سطح خاک در سیستم کاشت مستقیم در بقایا یکی از دلایل عمده گزارش شد. هانگ و همکاران (۲۰۰۸)، با مطالعه تناوب طولانی‌مدت روش خاک‌ورزی حفاظتی با خاک‌ورزی معمولی در گندم بهاره در یک اقلیم نیمه‌خشک در غرب لس پلاتو[۱]چین نشان دادند که محتوی رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در کاشت مستقیم در بقایا بیشتر از خاک‌ورزی معمولی با حذف کلش بود. در این خصوص بارش مؤثر در تیمار کاشت مستقیم در بقایا تا ۱۸ درصد و در خاک‌ورزی مرسوم ۸ درصد اندازه‌گیری شد و رد مجموع بهره‌وری آب در تیمار بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا برای گندم بهاره بالاترین و در تیمار بدون خاک‌ورزی با حذف بقایا کمترین مقدار بود. این محققان نتیجه گرفتند که تیمار کاشت مستقیم در بقایا به لحاظ کارایی استفاده از آب سبز بهترین گزینه است و منجر به افزایش بهره‌وری و پایداری محصول می‌شود. گوارتز و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که حفظ بقایای گیاهی در روش بی‌خاک‌ورزی و یا کم‌خاک‌ورزی در افزایش نفوذپذیری آب در خاک لومی – رسی و افزایش ۳۵ درصدی عملکرد گندم موثر بوده است. وانگ و همکاران (۲۰۱۸) در چین با انجام فرا تحلیل نشان داد که بی‌خاک‌ورزی بهره‌وری آب و

[۱] Loess Plateau

عملکرد گندم را در نواحی با بارش کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر افزایش داد. نتایج فوق نشان می‌دهد که بی خاک‌ورزی در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و پایداری تولید نقش مهمی دارد. با این وجود مطالعات اندکی درباره بی‌خاک‌ورزی با وجود بقایا و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان و نقش آن در تغییرات رطوبت خاک، حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در شمال استان خوزستان صورت گرفته است. لذا این پروژه با هدف امکان استفاده از بی خاک‌ورزی و کاشت مستقیم در بقایای ذرت و اعمال آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در زراعت گندم در اراضی منطقه شمال استان خوزستان واقع در شبکه آبیاری و زهکشی دز صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در اراضی کشت و صنعت شهید رجایی واقع در شمال استان خوزستان با بافت لوم رسی سیلتی انجام شد(جدول۱). نتایج خاکشناسی این مزرعه حاکی از افزایش مواد آلی خاک به دلیل انجام عملیات بی خاک‌ورزی در دو سال مداوم تناوب ذرت-گندم در این مزرعه می‌باشد. بنابراین در سال سوم پس از برداشت ذرت تابستانه در اواخر آبان، عملیات کاشت مستقیم روی بقایای ذرت با خطی‌کار گاسپاردو صورت گرفت و در مرحله بعد دو روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان (NT-AFI) و آبیاری تمام جویچه‌ها(NT-EFI) با روش خاک‌ورزی مرسوم و آبیاری تمام جویچه‌ها (CT-EFI) مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه ۲ دریچه ۹۳ کشت و صنعت شهید رجایی

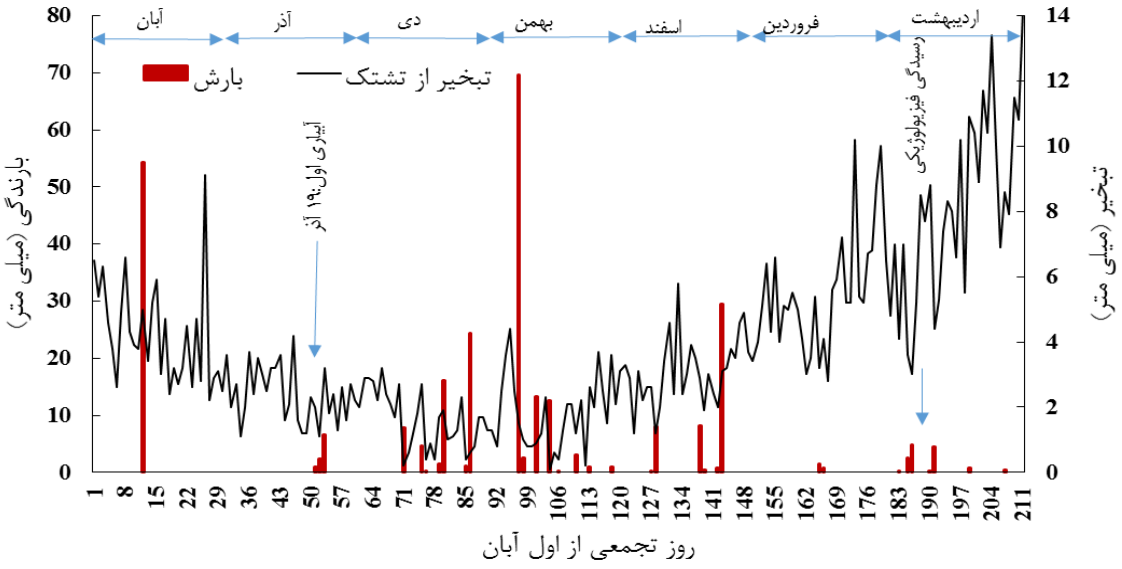
عمق (cm)	OC (%)	TNV (%)	EC (dsm^{-1})	pH	درصد رطوبت حجمی		بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gcm^{-3})
					ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی		
۳۰-۰	۰/۶۳	۴۱/۸	۰/۷۷	۷/۵۳	۳۳	۱۷/۹	لوم رسی سیلتی	۱/۶۵
۶۰-۳۰	۰/۵۳	۴۱/۵	۰/۷	۷/۷۶	۳۳	۱۸	لوم رسی سیلتی	۱/۷۵

عرض هر کرت ۴/۵ متر (۶ جویچه با فواصل پشته ۷۵ سانتی‌متر برای هر تیمار) و طول کرت‌ها ۱۶۰ متر(معادل طول مزرعه) با شیب طولی ۰/۲۶ درصد در نظر گرفته شد. کاشت گندم (رقم چمران) در مناسب‌ترین تاریخ کاشت منطقه یعنی دهه اول آذر صورت گرفت. قبل از اعمال تیمارهای کودی نمونه‌های مرکب خاک از چند نقطه مزرعه و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نیتروژن مورد نیاز به‌صورت اوره، ۵۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر به شکل فسفات آمونیوم و پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم هرکدام به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مطابق آزمون خاک قبل از کاشت (در تیمار خاکورزی مرسوم) و همزمان با کاشت (در تیمارهای بی خاک ورزی) به تمام تیمارها به‌صورت یکسانی داده شد. برای اندازه‌گیری جریان ورودی و خروجی به هر یک از کرت‌ها، از فلومهای WSC

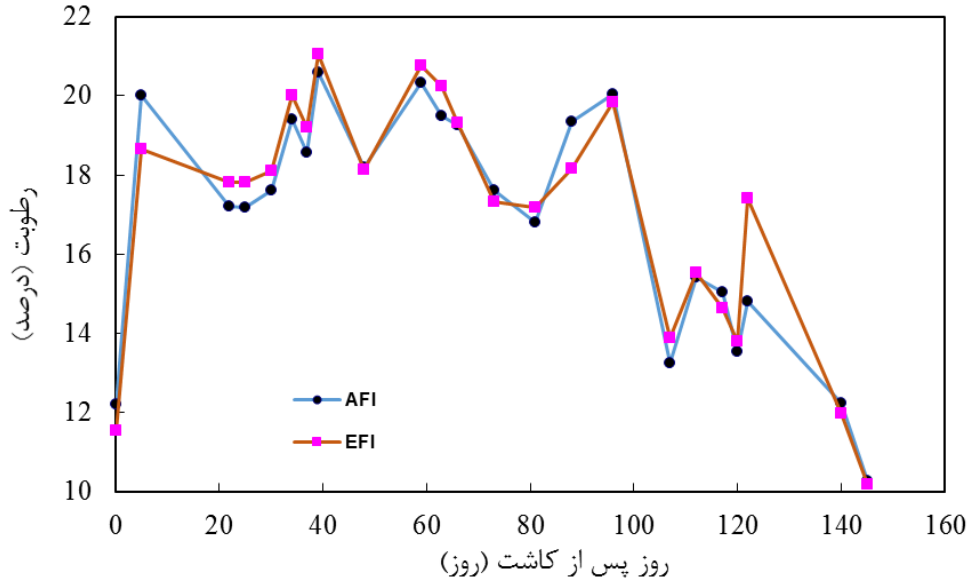
استفاده شد. در هر نوبت آبیاری، زمان آبیاری، میزان آب ورودی به مزرعه، رواناب سطحی، پیشروی و پسروی آب اندازه‌گیری شد. رطوبت خاک طی دوره رشد، در مراحل قبل و پس از هر آبیاری یا بارندگی در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی‌متری به‌صورت وزنی در دو نقطه ابتدا و انتهای مزرعه اندازه‌گیری و از متوسط این مقادیر برای مقایسه تغییرات رطوبت خاک استفاده شد. جرم مخصوص ظاهری با گرفتن نمونه دست نخورده در لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری تا عمق ۶۰ سانتی‌متر در ابتدا دوره رشد و میزان نفوذپذیری خاک با رینگ مضاعف در انتهای دوره رشد اندازه‌گیری شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد با نمونه‌گیری از دو ردیف وسط به طول ۶/۱ متر از هر کرت برداشت و در نهایت شاخص بهره‌وری آب، نسبت بین عملکرد دانه به مجموع آب آبیاری و بارش مؤثر، اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری مقادیر عملکرد، اجزای عملکرد به کمک نرم‌افزار SPSS و استفاده از آزمون T صورت گرفت.

نتایج و بحث

کل بارندگی در فصل رشد ۲۲۳ میلی‌متر بود که بیشترین ان در ماه بهمن اتفاق افتاد (شکل۱). نیاز آبی گندم در طول دوره رشد ۳۳۹ میلی‌متر و بارندگی مؤثر ۱۸۰ میلی‌متر محاسبه گردید. تعداد آبیارها ۴ نوبت بود که ۳ نوبت آن پس از قطع بارش‌ها در ماه‌های اسفند و فروردین صورت گرفت. آبیاری اول قبل از شروع بارش‌ها در ۱۹ آذر زمانی که میانگین رطوبت خاک در عمق ۶۰-۰ در تیمارهای مختلف بین ۱۱/۵ و ۱۲/۲ درصد وزنی بود (شکل۲) صورت گرفت.



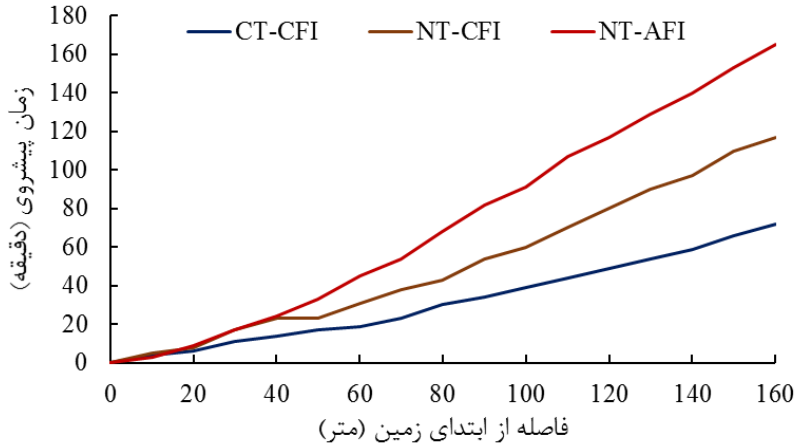
شکل۱- روند تغییرات بارش و تبخیر از تشتک تبخیر در طول دوره رشد گندم



شکل۲- میانگین رطوبت وزنی خاک در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متر در طول دوره رشد در دو روش آبیاری یک‌درمیان و کل جویچه‌ها در روش کاشت مستقیم در بقایا

مقدار کل حجم آب ورودی در روش NT-EFI ، NT-AFI و CT-EFI به ترتیب برابر ۲۳۶/۵ ، ۱۶۶/۷ و ۲۴۲/۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد که بیانگر کاهش آب کاربردی در تیمارهای بی خاک ورزی بین ۱۴/۴ تا ۳۱/۲ درصد است، حال آنکه مقایسه مقادیر رطوبت خاک قبل از آبیاری و یا بارش ها نشان داد که تفاوت قابل توجهی بین میانگین مقادیر رطوبت خاک تا عمق ۶۰ سانتی متر در حالت NT-EFI و NT-AFI وجود نداشت، با این حال میانگین رطوبت خاک به ویژه در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متر در روش NT-EFI در طول دوره رشد بیش از روش NT-AFI بود (شکل۲). این امر نشان می‌دهد که AFI علاوه بر جذب بهتر رطوبت حاصل از آبیاری و یکسانی رطوبت پیشین ناشی از کشت قبلی، مقدار بارش بیشتری را می‌تواند در خود حفظ نماید.

کاه و کلش باقیمانده پس از برداشت ذرت دانه‌ای ۱۰ تن در هکتار بود که غالباً در فاروها تجمع یافته و در کاهش سرعت پیشروی (شکل۳) و حفظ رطوبت بیشتر در تیمارهای بی خاک‌ورزی (NT-EFI و NT-AFI) مؤثر بود (شکل۲). ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که وجود بقایا در کف جویچه در تیمارهای بی خاک‌ورزی باعث نگهداشت رطوبت به دو صورت کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک و کاهش رواناب به ویژه در ابتدای دوره رشد شده است. به‌نحوی‌که میانگین



شکل ۳- مقایسه منحنی پیشروی آب در آبیاری اول در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

فرصت نفوذ (فاصله زمانی بین پسروی و پیشروی آب در هر ایستگاه) در تیمار NT-EFI و NT-AFI به ترتیب ۸۱ و ۶۷ درصد بیش از تیمار شاهد (CT-EFI) حاصل شد. این نتایج با مطالعات کاستیلینی و همکاران(۲۰۱۹) و هانگ و همکاران (۲۰۰۸)کاملاً منطبق است. این محققان گزارش نمودند که همواره سیستم بدون شخم با کمترین به هم خوردگی سطح خاک، رطوبت بیشتری را در خود ذخیره کرده است.

عملکرد و بهره‌وری آب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اختلافات معنی‌داری در سطح ۵٪ بین عملکرد تیمارهای مختلف وجود نداشت (جدول۲). به عبارتی علی‌رغم اینکه عملکرد گندم در NT-EFI و NT-AFI حدود ۰/۶ تا ۳ درصد پایین‌تر از CT-EFI حاصل شد، این مقدار معنی‌دار نبوده و کلیه تیمارها در یک سطح آماری قرار داشتند. وجود بقایا در تیمارهای بی خاک‌ورزی باعث شد تا علاوه بر کاهش رواناب سطحی (شکل۳)، تبخیر از سطح خاک کاهش یافته به‌نحوی‌که در تیمار کم آبیاری(NT-AFI) عملکردی مشابه آبیاری تمام جویچه‌ها (EFI) حاصل شود. نتایج وانگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد که بی‌خاک‌ورزی عملکرد گندم و بهره‌وری آب را در نواحی با بارش کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر افزایش داد. دویتا و همکاران (۲۰۰۷) افزایش عملکرد گندم در سیستم بی‌خاک‌ورزی را ناشی از تبخیر کمتر آب از سطح خاک گزارش نمود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین بهره‌وری آب را نشان می‌دهد. بهره‌وری آب در تیمار شاهد (CT-EFI) ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد که به میزان ۸ درصد کمتر از تیمار NT-EFI بود اما در مجموع اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، حال آنکه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد با تیمار NT-AFI نشان داد. بهره‌وری آب در تیمار NT-

AFI با مقدار ۱/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب ۱۸ درصد بالاتر از روش CT-EFI بود. از طرفی تیمار NT-AFI نسبت به تیمار NT-EFI اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشته و بهره‌وری آن به میزان ۹ درصد بالاتر بود. کاهش قابل توجه آب کاربردی از یک سو و یکسانی عملکرد در تیمار شاهد و تیمارهای بی خاک‌ورزی موجب افزایش بهره‌وری آب در تیمارهای بی خاک ورزی شده است. نتایج کومار و همکاران (۲۰۲۳) در هند منطبق بر این نتایج است. این محققان نشان دادند که استفاده از استراتژی‌های آبیاری مبتنی بر خاک‌ورزی حفاظتی در افزایش بهره‌وری گندم، راندمان آبیاری و حاصلخیزی خاک مؤثر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شیوه بی خاک‌ورزی و کاشت مستقیم گندم در بقایای ذرت در مزارع گندم شمال استان خوزستان نه تنها در افزایش سرعت عمل در کاشت و کاهش هزینه‌های اولیه مربوط به خاک‌ورزی مؤثر است، در حفظ رطوبت، کاهش تبخیر از سطح خاک در مراحل اولیه رشد و کاهش حجم آب کاربردی در مراحل بعدی رشد نیز مؤثر خواهد بود.

جدول ۲- مقایسه دو به دوی تیمارهای آبیاری و خاک‌ورزی برای عملکرد دانه با استفاده از آزمون **t** استیودنت

تیمارها	عملکرد دانه(Kg/ha)	CT-EFI	NT-EFI	NT-AFI
		۵۵۵۸	۵۵۲۵	۵۳۹۴
CT-EFI	۵۵۵۸			
NT-EFI	۵۵۲۵	۲۳۰/۹^{ns}		
NT-AFI	۵۳۹۴	۲۲۶/۶^{ns}	۲۲۲/۵^{ns}	

ns ,* و** : به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه دو به دوی تیمارهای آبیاری و خاک‌ورزی برای صفت بهره‌وری آب با استفاده از آزمون **t** استیودنت

تیمارها	بهره‌وری آب(Kg/m^3)	CT-EFI	NT-EFI	NT-AFI
		۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۵۶
CT-EFI	۱/۳۲			
NT-EFI	۱/۴۳	۰/۰۵۷^{ns}		
NT-AFI	۱/۵۶	۰/۰۰**	۰/۶۱*	

ns ,* و** : به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

نتیجه‌گیری

در این مطالعه برخی خصوصیات فیزیکی خاک، آب کاربردی و بهره‌وری آب گندم در شیوه کشت بی خاک‌ورزی با وجود بقایای گندم به دو صورت آبیاری تمام جویچه‌ها و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان با خاک‌ورزی مرسوم و آبیاری جویچه‌ای مرسوم در اراضی نسبتاً سنگین شمال استان خوزستان مقایسه شد. پایش رطوبت خاک و مقدار آب ورودی به مزرعه بیانگر آن است که پس از برداشت ذرت دانه‌ای (در اوایل ماه آذر) و بلافاصله کاشت گندم روی پشته‌های به جا مانده از کشت قبلی می‌توان از بقایای موجود برای کاهش تبخیر و کند کردن سرعت حرکت آب در داخل جویچه‌ها (افزایش مدت زمان پیشروی) و در نتیجه کاهش حجم رواناب خروجی از انتهای مزرعه از یک سو و افزایش زمان پسروی از سوی دیگر استفاده نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که در یک خاک با بافت نسبتاً سنگین و شیب ۰/۲۶درصد، مقدار فرصت نفوذ (اختلاف بین زمان پیشروی و پسروی) در دو تیمار بی خاک‌ورزی حدود ۶۷ تا ۸۱ درصد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بدون بقایا افزایش یافت، به عبارت دیگر در شرایط پیاده سازی بی خاک‌ورزی و کاشت مستقیم گندم در بقایای ذرت قابلیت افزایش ذخیره رطوبتی خاک برای شرایطی که محدودیت آب وجود داشته باشد به راحتی امکان‌پذیر است. ازاین‌رو در این مطالعه با استفاده از روش بی خاک‌ورزی (آبیاری تمام جویچه‌ها و آبیاری یک در میان) مقدار آب کاربردی بین ۱۴/۴ تا ۳۱/۲ درصد کاهش یافت اما در مقابل مقدار عملکرد بین ۰/۶ تا ۳ درصد کاهش یافت که مقدار آن به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در حال حاضر سطح زیر کشت ذرت دانه ای در استان خوزستان حدود ۵۰ تا ۶۰ هزار هکتار است که پس از برداشت آن غالباً به گندم اختصاص داده می‌شوند. دورنمای نتایج این مطالعه نشان می دهد که در صورت اعمال راهکار استفاده از کاشت مستقیم در قسمتی از این اراضی می‌توان حجم آب کاربردی را به طور متوسط ۲۲/۸ درصد (حدود ۵۵۷ مترمکعب در هکتار) کاهش داد که مجموع آن رقم قابل توجهی خواهد شد.

فهرست منابع

Ali, S., Xu, Y.Y., Jia, Q.M., Ahmad, I., Wei, T., Ren, X.L., Zhang, P., Din, R.X., Cai, T., Jia, Z.K. (2018). Cultivation techniques combined with deficit irrigation improves winter wheat photosynthetic characteristics, dry matter translocation and water use efficiency under simulated rainfall conditions. Agric. Water Manag. 2018, 201, 207–218.

Ali, S., Xu, Y.Y., Ma, X.C., Jia, Q.M., Jia, Z.K. (2021). Farming methods and deficit irrigation management improve winter wheat crop water productivity and biomass through mitigated greenhouse gas intensity under semi–arid regions. Environ. Sci. Pollut. Res. , 28, 27666–27680

Castellini, M., Fornaro, F., Garofalo, P., Giglio, L., Rinaldi, M., Ventrella, D., Vonella, A. V. (2019). Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat. *Water (Switzerland)*, *11*(3). https://doi.org/10.3390/w11030484

De Vita, p. Di Paolo, E. Fecondo, G. Di Fonzo, N. Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil & Tillage Research 92: 69–78.

FAO. 2021. Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (accessed on 24 March 2023).

Freebairn, D. M, Ward, L. D., Clarke, A. L., Smith, G. D. (1986). Research and development of reduced tillage systems for vertisols in Queensland, Australia. Soil and Tillage Research, 8, ۲۱۱-۲۲۹.

Huang, G. B., Zhang, R. Z., Li, G. D., Li, L. L., Chan, K. Y., Heenan, D. P., Bellotti, W. D. (2008). Productivity and sustainability of a spring wheat-field pea rotation in a semi-arid environment under conventional and conservation tillage systems. Field Crops Research, 107(1), 43–55.

Jia, D.Y., Dai, X.L., Xie, Y.Y., He, M.R. (2021). Alternate furrow irrigation improves grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat. Agric. Water Manag. 244, 106606.

Kumar, R., Naresh, R.K., Bhatt, R., Chandra, M.S., Kumar, D., Alamri, S., Siddiqui, M.H., Alfagham, A.T. and Kalaji, H.M., (2023). Tillage crop establishment and irrigation methods improve the productivity of wheat (Triticum aestivum): water use studies, and the biological properties and fertility status of soil. Agronomy, 13(7), p.1839.

Merrill, S. D., Black, A. L., Bauer, A. 1996. Conservation Tillage Affects Root Growth of Dryland Spring Wheat under Drought. Soil Science Society of America journal, 60(2), 575-583.

Nouiri, I., M. Ben Hammouda and K. Mhedhbi. 2009. Conservation agriculture: an alternative to improve water use efficiency in cereal production. 4th World Congress on Conservation Agriculture - February 4-7. New Dehli, India.

Wang, Y., Zhang, Y., Zhou, S. and Wang, Z., 2018. Meta-analysis of no-tillage effect on wheat and maize water use efficiency in China. Science of The Total Environment, 635, pp.1372-1382.

Zhang, X., Li, X.H., Luo, L.C., Ma, Q.X., Ma, Q., Hui, X.L., Wang, S., Liu, J.S., Wang, Z.H. (2019). Monitoring wheat nitrogen requirement and top soil nitrate for nitrate residue controlling in drylands. J. Clean. Prod. 241, 118372.

Comparative evaluation of wheat water productivity in alternate and every furrow irrigation methods in no till direct planting method in

Moammad Khorramian1 , Hooshang Gholamy2
1-Assistant Professor Agricultural Engineering Research Department. Safiabad Agricultural Research and Education Natural Resources Center, AREEO, Dezful, Iran
2- A graduate of Islamic Azad University, Shushtar branch

Abstract

This study was carried out in the northern lands of Khuzestan province with the aim of evaluating water productivity (WP) in no-tillage conditions in the form of Alternate furrow irrigation (NT-AFI) and every furrow irrigation (NT-EFI) and conventional tillage in the form of every furrow irrigation (CT-EFI) in wheat cultivation. During the growth period, furrow inflow and out-flow, soil moisture, advance and recession time, bulk density, soil infiltration rate, grain yield and WP were measured. The results showed that the applied irrigation water of the NT-EFI, NT-AFI and CT-EFI treatments were 236.5, 166.7 and 242.4 mm respectively and didn't have significant difference between grain yields (5525, 5394 and 5558 kg/ha respectively). WP was significant between NT-EFI and CT-EFI treatments at 5% level and between NT-AFI and CT-EFI treatments at 1% level. Reduction of soil evaporation and surface runoff and, as a result, more moisture storage in the soil were the superiority factors of NT-EFI and NT-AFI compared to CT-EFI. Therefore, NT-AFI treatment is recommended in the conditions of water resource limitation or water allocation to a larger area of land, and NT-EFI treatment is recommended for all conditions, especially not to miss the planting date.

Keywords: Water productivity, Tillage, Wheat, Furrow irrigation

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

واکنش صفات عملکردی ارقام گندم به روش‌های مصرف روی

ونوس علیدادی[۱]، احمد کوچک‌زاده[۲*]، سیدعطاءالله سیادت[۳] و سیروس جعفری[۲]

۱، ۲و ۳ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*. نویسنده مسؤول و دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
*koochekzadeh@asnrukh.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر روش‌های مختلف مصرف روی بر ارقام مختلف گندم آزمایشی گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بصورت فاکتوریل و بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. فاکتور اول شیوه‌های مختلف مصرف کود روی در چهار حالت: (شاهد (عدم مصرف)، کلات روی EDTA خاک کاربرد به مقدار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، محلول‌پاشی کود روی با غلظت ۳ در هزار از منبع سولفات روی (در دو مرحله: پنجه زنی و ساقه رفتن)، و سولفات روی خاک کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم ارقام گندم (چمران و افلاک (نان) و بهرنگ (دوروم)) بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار سولفات روی خاک کاربرد، با میانگین ۶۵۱ گرم در مترمربع در رقم افلاک و بهرنگ بدست آمد. بیش‌ترین وزن هزاردانه نیز از تیمار کودی محلول‌پاشی سولفات روی به مقدار ۶۰/۳ گرم و در رقم بهرنگ حاصل شد. در این تحقیق، رقم بهرنگ نسبت به اعمال تیمارها در عملکرد دانه و وزن هزاردانه افزایش چشمگیری از خود نشان داد. از میان تیمارهای کودی اعمال شده، تیمار سولفات روی خاک کاربرد بهترین نتیجه را از خود نشان داد و در صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه بیش‌ترین مقدار را دارا بود.

واژگان کلیدی: سولفات روی، گلدان، محلول‌پاشی برگی، مصرف خاک‌کاربرد

مقدمه

گندم از مهمترین گیاهان خانواده غلات از نظر غذایی و اقتصادی می‌باشد. مصرف بهینه کود خصوصاً مصرف ریزمغذی ها سبب ارتقاء کیفی نان می‌گردد. سیلسپور (۱۳۸۶) بیان کرد که روی به عنوان یکی از عناصر و ترکیبات حیاتی و الزامی برای گندم شناخته شده و در چندین آنزیم از جمله کربنیک آنهیدراز، دهیدرژناز، پروتئیناز و پپتیداز وجود دارد. روی در ساخته شدن و تخریب پروتئین‌ها نیز دخیل است. روی در گندم باعث تسهیل جریان کربوهیدرات‌ها به دانه و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (ملکوتی و داودی، ۱۳۸۲). در مقایسه با سایر غلات، ارقام گندم حساسیت بیش‌تری به کمبود روی دارند (کالایچی و همکاران، ۱۹۹۹). کمبود روی یکی از شایع‌ترین کمبودهای عناصر کم مصرف در غلات می‌باشد. در خاک‌های ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک های زراعی، pH بالا، حضور بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاته و نهایتاً عدم رواج کودهای حاوی عناصر کم مصرف، کمبود این عناصر از جمله روی عمومیت دارد. گزارش شده است که ۴۰ درصد از

اراضی تحت کشت گندم آبی کشور، دچار کمبود شدید روی می‌باشند (بلالی و همکاران، ۱۳۷۸). در سیستم‌های کشاورزی به منظور رفع کمبود روی، از منابع مختلفی چون سولفات روی و کلات‌های مصنوعی روی از قبیل Zn-EDTA استفاده می‌شود. محمد و همکاران (۱۹۹۰) گزارش دادند که کاربرد روی به شیوه‌های مختلف عملکرد گندم را نسبت به شاهد افزایش داد و بیش‌ترین عملکرد دانه با کاربرد روی به روش محلول‌پاشی بدست آمد. از سوی دیگر جذب عناصر کم مصرف تحت تأثیر نوع خاک، شرایط آب و هوایی، گونه و رقم گیاه قرار دارد. از این رو پتانسیل رشدی ارقام مختلف گندم با یکدیگر متفاوت است و توان جذب روی از خاک و واکنش آن‌ها به مصرف کود روی فرق می‌کند (همانترانجان و گارج، ۱۹۸۸). بنابراین انتخاب و استفاده از ارقام زراعی با قدرت بالای جذب و ذخیره سازی روی در سیستم‌های کشاورزی، می‌تواند روشی مناسب برای غلبه بـر کمبـود روی در گیاهان محسوب شود. از طرفی تحقیق بر روی نیازهای غذایی گندم نان در سطح گسترده ای انجام شده در حالی که گندم دوروم کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. پلگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپهای گندم نان و دوروم در کارآیی استفاده از روی وجود دارد. بنابراین با توجه به مطالب فوق این آزمایش طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش بصورت فاکتوریل و بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در گلدان انجام شد. فاکتور اول شیوه های مختلف مصرف کود روی در چهار حالت: (۱) شاهد (عدم مصرف)، (۲) کلات روی EDTA خاک کاربرد به مقدار ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، (۳) محلول‌پاشی کود روی با غلظت ۳ در هزار از منبع سولفات روی (در دو مرحله: پنجه زنی و ساقه رفتن)، (۴) سولفات روی خاک‌کاربرد ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک و فاکتور دوم شامل ارقام: چمران و افلاک (نان) و بهرنگ (دوروم) هستند. شوری خاک ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته ۷/۲، نیتروژن کل ۰/۰۶ درصد، فسفر، پتاسیم و روی قابل جذب به‌ترتیب ۲۰، ۲۱۴ و ۰/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بافت خاک رسی سیلتی بود. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها و جداول مربوطه به‌ترتیب به وسیله برنامه Excel و WORD صورت گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج، اثر روش‌های مختلف مصرف کود روی و ارقام مختلف گندم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال خطای یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بوده اما اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نشد. تیمار خاک‌کاربرد سولفات روی با میانگین ۳۹/۹ دانه در سنبله بالاترین میانگین و تیمار شاهد با میانگین ۲۷/۵ کم‌ترین تعداد دانه در سنبله را دارا بود. همچنین رقم چمران با میانگین ۳۷/۴ و رقم بهرنگ با میانگین ۳۱/۱ به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله را داشتند. دسترسی به مواد غذایی و وجود مواد لازم جهت رشد در طول فصل رشد از اهمیت زیادی برخوردار است و این موضوع در مرحله تشکیل سنبله اهمیت دوچندانی دارد. در این پژوهش با اعمال تیمار کودی مناسب ، گیاه در این مرحله حساس موفق‌تر عمل کرده و در نتیجه تعداد دانه بیشتری را تولید نمود؛ زیرا تأمین مواد غذایی کافی در این مرحله، که همزمان با مرحله نمویی و تشکیل سنبلچه‌ها و سپس گلچه‌ها در هر سنبله می‌باشد برای دستیابی به پتانسیل عملکرد اهمیت بسیاری دارد (برنان، ۱۹۹۱). همچنین محققان نشان دادند که

کاربرد عنصر روی در زراعت گندم، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (ایزدی خرامه و همکاران، ۱۳۹۱).

اثر برهمکنش روش‌های مختلف مصرف کود روی بر ارقام مختلف گندم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها محلول‌پاشی سولفات روی در گندم بهرنگ بیش‌ترین وزن هزار دانه (۶۰/۳ گرم) را دارا بود. کم‌ترین مقدار به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در رقم چمران (۳۴/۰ گرم) تعلق داشت (جدول ۱). وزن هزار دانه از جمله اجزای عملکردی است که سرعت تشکیل دانه و طول دوره پر شدن دانه تعیین کننده این صفت هستند و این عوامل خود تحت تأثیر عامل‌های دیگری چون ژنوتیپ، شرایط تغذیه‌ای و به‌طور کلی شرایط رشدی می‌باشند. وجود اثر متقابل معنی‌دار در میان ارقام و تیمارها نیز به همین دلیل بوده و نشان می‌دهد که ویژگی‌های ژنوتیپی مختلف ارقام و شرایط رشدی متفاوتی که به دلیل حضور تیمارهای کودی ایجاد شده است، هر دو از جمله عواملی هستند که در تشکیل وزن نهایی دانه مؤثر بوده اند. بهرنگ از جمله گندم‌های دوروم بوده و دارای بذری بزرگ‌تر با وزن هزار دانه بیش‌تری است که در اینجا نیز در مقایسه میانگین میان ارقام بیش‌ترین وزن هزار دانه را کسب کرد.

اثر برهمکنش روش‌های مختلف مصرف کود روی بر ارقام مختلف گندم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد بیولوژیک شامل برگ، ساقه و سنبله می‌اشد که در زمان رسیدگی کامل، پس از برداشت نهایی بوته‌ها اندازه‌گیری وزنی شده و بر اساس گرم بر مترمربع محاسبه می‌شود. طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها محلول‌پاشی سولفات روی و همچنین مصرف خاک‌کاربرد آن در گندم افلاک بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را داشت؛ هرچند محلول‌پاشی سولفات روی عدد بزرگتری (۱۴۴۱/۸ گرم بر مترمربع) را نشان داد. کم‌ترین مقدار به تیمار شاهد در رقم بهرنگ (۵۹۶/۰ گرم بر مترمربع) تعلق داشت (جدول ۱). معنی‌داری تیمارها به دلیل تأثیر تغذیه کودی بر اجزاء تشکیل دهنده عملکرد بیولوژیک است. وجود مواد مغذی در دسترس در محدوده ریشه باعث رشد مناسب‌تر بخش‌های هوایی گیاه شده و در نتیجه وزن اندام هوایی بیش‌تر شده و در نهایت عملکرد بیولوژیکی بیش‌تری حاصل می‌شود. درگاهی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند که محلول‌پاشی روی در مرحله ساقه دهی و گلدهی، عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد در گندم افزایش داد.

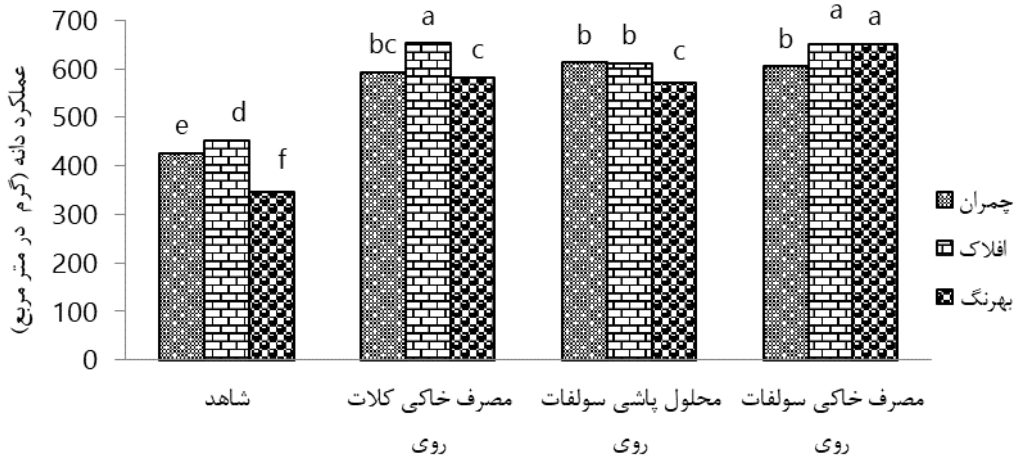
برهمکنش روش‌های مختلف مصرف کود روی بر ارقام مختلف گندم بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمارهای خاک‌کاربرد کلات روی و مصرف خاکی سولفات روی در ارقام افلاک و بهرنگ با ۶۵۱ گرم بر مترمربع و پایین‌ترین مقدار مربوط به تیمار شاهد در رقم بهرنگ با ۳۴۶/۳ گرم بر مترمربع بود (جدول ۱). این اختلاف به معنی تأثیر پذیری متفاوت ارقام نسبت به تیمارهای کودی مختلف و تفاوت در جذب مواد غذایی از خاک یا محلول‌پاشی است. همچنین محمد و همکاران (۱۹۹۰) نیز گزارش دادند که کاربرد روی به روش‌های مختلف، می‌تواند عملکرد گندم را نسبت به شاهد افزایش دهد و عکس العمل ارقام در

بکارگیری تیمارهای مختلف بسیار متفاوت است. کاکماک و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند همراه با افزایش اجزاء عملکرد در اثر مصرف کود روی، عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت.

جدول ۱ مقایسه میانگین وزن هزار دانه، عملکرد بیولوزیک و عملکرد دانه تحت اثر متقابل روش‌های مختلف کوددهی و ارقام گندم

روش‌های مختلف کوددهی	رقم	وزن هزار دانه (گرم)		عملکرد بیولوزیک (گرم بر متر مربع)		عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	
شاهد (عدم مصرف کود)	چمران	۳۴/۰	f	۹۴۴/۷	f	۴۲۶/۵	e
شاهد (عدم مصرف کود)	افلاک	۳۷/۹	e	۱۰۶۱/۹	d	۴۵۱/۵	d
شاهد (عدم مصرف کود)	بهرنگ	۴۷/۵	c	۵۹۶/۰	g	۳۴۶/۳	f
خاک کاربرد کلات روی	چمران	۴۲/۸	d	۱۳۳۲/۶	bc	۶۰۴/۵	b
خاک کاربرد کلات روی	افلاک	۴۳/۹	d	۱۴۳۲/۰	a	۶۵۱/۱	a
خاک کاربرد کلات روی	بهرنگ	۵۸/۶	b	۱۲۴۴/۹	b	۶۵۱/۰	a
محلول‌پاشی سولفات روی	چمران	۴۲/۵	d	۱۲۹۳/۶	c	۶۱۲/۵	b
محلول‌پاشی سولفات روی	افلاک	۴۷/۷	c	۱۴۴۱/۸	a	۶۱۱/۵	b
محلول‌پاشی سولفات روی	بهرنگ	۶۰/۳	a	۹۰۰/۲	de	۵۷۱/۸	c
مصرف خاکی سولفات روی	چمران	۳۷/۹	e	۱۲۸۹/۵	c	۵۹۳/۵	bc
مصرف خاکی سولفات روی	افلاک	۳۵/۵	e	۱۳۸۸/۴	ab	۶۵۱/۸	a
مصرف خاکی سولفات روی	بهرنگ	۵۵/۹	b	۸۷۵/۲	ef	۵۸۱/۳	c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند



نتیجه‌گیری

استفاده از کودهای حاوی عنصر روی سبب قدرت بالای جذب و ذخیره سازی این عنصر در گیاه شده و روش مناسبی در دسترسی به حداکثر عملکرد دانه در گیاه گندم می‌باشد. عکس‌العمل ارقام در خصوص صفات اندازه گیری شده تحت تیمارهای کودی مختلف بسیار متفاوت بود. از میان ارقام بررسی شده در این تحقیق، رقم بهرنگ نسبت به اعمال تیمارها در برخی صفات مانند عملکرد دانه و وزن هزاردانه افزایش چشمگیری از خود نشان داد. اگر چه رقم چمران از نظر تعداد دانه در سنبله بالاترین مقدار را داشت (۳۷/۴) اما به دلیل وزن هزار دانه کمتر، در نهایت از نظر عملکرد دانه نتوانست نتایج مطلوبی را نسبت به دو رقم دیگر تولید کند؛ علت این موضوع را می‌توان به عکس العمل این رقم به تیمارهای کودی و شرایط رشدی نسبت داد. از میان تیمارهای کودی اعمال شده، تیمار سولفات روی خاک‌کاربرد بهترین نتیجه را از خود نشان داد و در صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه بیش‌ترین مقدار را دارا بود.

فهرست منابع

۱. ایزدی خرامه، هاجر، بلوچی، حمید رضا و شبانی، سمیه. ۱۳۹۱. اثر مصرف خاکی آهن و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در تاریخ های مختلف کاشت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴ (۱۱): ۴۶-۳۷.

۲. بلالی، محمد رضا، ملکوتی، محمد جعفر، مشایخی، حمید حسین و خادمی، زهرا. ۱۳۷۸. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک‌های تحت کشت گندم آبی تهران. مجله علوم خاک و آب. ۱۲ (۶):

۳. درگاهی، محسن، صدرآبادی حقیقی، رضا و بخش کلارستاقی، کیومرث. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی کلات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۲): ۱۳۷-۱۴۸.

۴. سیلسپور، محسن. ۱۳۸۶. بررسی اثرات مصرف عناصر آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک های دشت ورامین. مجله پژوهش و سازندگی. ۲۰ (۳): ۱۳۳-۱۲۳.

۵. ملکوتی، محمد جعفر و داودی، محمد حسن. ۱۳۸۲. روی در کشاورزی عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، دام و انسان. انتشارات سنا. معاونت امور باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی. ۲۰۹ صفحه.

۶. Cakmak, I, M. Kalayci, H. Ekiz, H. J. Braun, Y. Kilinc and Y. Yilmaz. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. Field Crops Research. 60: 175-188.

۷. Kalayci M., Torun B., Eker S., Aydin M., Ozturk L, and I. Cakmak. 1999. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivation grown in a zinc – deficient calcareous soil in field and greenhouse. Field Crops Research. 63: 87-98.

۸. Mohammad, W., Iqbal, M.M. and Shah, S.M., 1990. Effect of mode of application of zinc and iron on yield of wheat (CV. Pak-81). Sarhad Journal of Agriculture. 6(6): 615-618.

۹. Hemantaranjan, A. and Grag, O.K., 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *triticum aestivum* L. Journal of Plant Nutrition. 11(6-11): 1439-1450.

۱۰. Brennan, R.F. 1991. Effectiveness of zinc sulfate and zinc chelate as foliar sprays in alleviating zinc deficiency of wheat grown on zinc–deficient soils in Western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture. 31 (6): 831–834.

۱۱. Peleg, Z., Saranga, Y., Yazici, A., Fahima, T., Ozturk, L. and Cakmak, I. 2008. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. Plant and Soil. 306 (1-2): 57-67.

Reaction of yield characteristics of wheat cultivars to zinc application methods

Alidadi, V.[1], Koochekzadeh, A.[*2], Siadat, S. A.[3] and Jafari, S.[2]

۱,۲ and 3, Msc. Student, Associate professor and professor of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

*koochekzadeh@asnrukh.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of different methods of zinc application on different cultivars of wheat, a pot experiment was conducted in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in factorial and based on a randomized complete block design in four

replications. The first factor is the different ways of using zinc fertilizer in four situations: (control (no use), soil application of zinc EDTA chelate in amount of 10 mg. kg^{-1} of soil, foliar spraying of zinc sulfate with a concentration of 3 parts per thousand (in two stages: tillering and stem elongation), and soil application of zinc sulfate in amount of 100 mg. kg^{-1} of soil) and the second factor was wheat cultivars (Chamran and Aflak (bread) and Behrang (Durum)). The results showed that the highest grain yield was obtained from soil application of zinc sulfate, with an average of 651 $g.m^{-2}$ in Aflak and Behrang cultivars. The highest weight of thousand seeds was also obtained from the foliar spraying of zinc sulfate in amount of 60.3 grams and in Behrang cultivar. In this research, Behrang cultivar showed a significant increase in grain yield and thousand seed weight. Among the applied fertilizer treatments, soil application of zinc sulfate treatment with showed the best result with the highest value in number of seeds in the spike and seed yield.

Keywords: foliar spraying, pot, soil application, zinc sulfate

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه کارایی روش‌های مختلف کاربرد سدیم آلژینات در پایدارسازی کانون گردوغبار در جنوب شرقی دریاچه ارومیه

نیکو حمزه پور[1*]، فاطمه نبی پور[1]، مهدی رحمتی[1]، سید بهمن موسوی[1]

۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله (nhamzehpour@maragheh.ac.ir)

چکیده

پسروی سواحل دریاچه ارومیه منجر به برجای ماندن پهنه وسیعی از اراضی با استعداد فرسایش پذیری بادی بالا در برخی نقاط شده است. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی روش های مختلف استفاده از سدیم آلژینات در ایجاد سله سطح و پایدارسازی کانون گردوغبار در جنوب شرق پلایای دریاچه ارومیه بود. نمونه خاک از اراضی مستعد فرسایش بادی در مجاورت روستای آخوندقشلاق در نزدیکی شهر بناب تهیه گردید. سپس سطوح مختلف سدیم آلژینات (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ ٪) با سه روش اسپری خشک (DSp)، اسپری مرطوب (WSp) و مخلوط با خاک و فشرده سازی (MC) تهیه و با سه تکرار اعمال شدند. نتایج نشان داد که هر دو روش DSp و WSp منجر به توسعه سله های با میانگین ضخامت و مقاومت فشاری به ترتیب ۱/۲ و ۱/۶ سانتی متر و ۲۵۵/۸ و ۳۷۷/۲ کیلوپاسکال شدند که نسبت به شاهد افزایش معناداری داشتند. با این حال روش MC، با میانگین ضخامت و مقاومت فشاری ۱/۴۷ و ۸۳۲۱/۱ کیلوپاسکل، کارایی بیشتری در افزایش مقاومت خاک به فرسایش بادی نشان داد. براساس نتایج مطالعه تونل باد، در حضور سدیم آلژینات، میزان هدر رفت خاک از ۴۷/۳ ٪ در تیمار شاهد به ۶/۴ ٪ در تیمار ۱ ٪ سدیم آلژینات کاهش یافت.

واژگان کلیدی: گردوغبار، دریاچه ارومیه، سطوح پلایایی، سله، تونل باد.

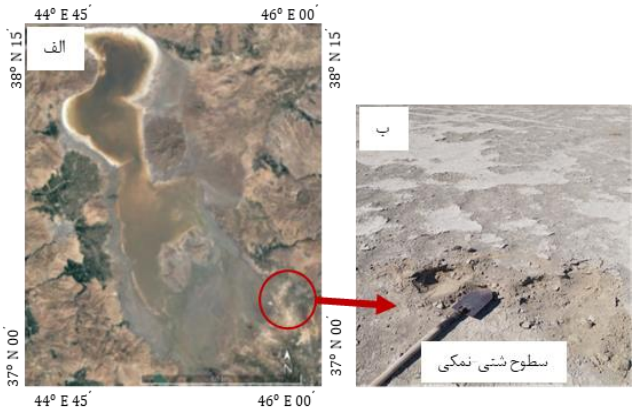
مقدمه

در طول دهه‌های گذشته، سطح دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران، کاهش یافته است و مساحت آن از حدود ۶۰۰۰ کیلومتر مربع در دوره حداکثر گستردگی، به حدود نصف آن در ۲۰۲۱ رسیده است و در سال ۲۰۲۲، بیش از ۹۰ درصد این دریاچه خشک شده است. این اتفاق منجر به برجای ماندن پهنه وسیعی از اراضی بایر با مقدار زیاد نمک و پوشش گیاهی اندک شده است (Hamzehpour et al., 2018; Shadkam et al., 2016). این اراضی پلایایی شور با پوشش گیاهی کم، حساسیت بسیار بالایی به فرسایش بادی دارند. مطالعات نشان داده‌اند که شدت طوفان‌های گردوغبار در اطراف دریاچه ارومیه و در شهرهای مجاور پس از کاهش سطح دریاچه ارومیه، زیاد شده است (Ahmady-Birgani, 2020). از آنجایی که بیشتر اراضی فرسایش‌پذیر بادی اطراف دریاچه ارومیه شوری بالایی ندارد و در موارد متعددی به دلیل کمبود آب یا شور شدن آب آبیاری رها شده‌اند، استفاده از مواد سیمانی‌کننده‌ای که ساختمان خاک را از بین برده و منافذ را کاملا از دسترس خارج کنند، سازگار با محیط‌زیست نمی باشد. سدیم آلژینات (SA) یک پلی ساکارید طبیعی است که به طور گسترده در صنایع غذایی و پزشکی استفاده می‌شود. این ترکیب به دلیل دارابودن خواص پوششی مطلوب، اغلب به عنوان پوشش استفاده می‌شود (Chan et al., 2006). علاوه‌براین، پوشش‌های SA ماتریس‌های آبدوست هستند که مولکول‌های آب به راحتی می‌توانند از آن عبور کنند. در چند سال

گذشته مطالعاتی در مورد تأثیر کاربرد SA بر روی سطح خاک برای بهبود انعطاف‌پذیری سطح در برابر فرسایش بادی و آبی از طریق تشکیل پوسته‌های پایدار انجام شده است و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای تثبیت کننده‌های سنتی خاک استفاده شود زیرا در مقایسه با سیمان یا آهک سازگارتر با محیط زیست است (Lemboye et al., 2021; Almajed et al., 2020). ژائو و همکاران (Zhao et al., 2020) نشان دادند که استفاده از SA در خاک لس، منجر به تشکیل ذرات بزرگتر از طریق هم‌آوری از طریق پر کردن منافذ بین ذرات خاک می‌شود. واده و همکاران (Wade at al., 2021) با استفاده از SA بر روی سطح خاک، قطر خاکدانه‌های خاک را یک و نیم برابر بهبود بخشیدند که از این طریق حساسیت خاک به فرسایش بادی کاهش یافت. لذا هدف از انجام این تحقیق عبارت بود از بررسی کارایی روش های مختلف استفاده از سدیم آلژینات در پایدارسازی یکی از مناطق حساس به فرسایش بادی در جنوب شرق پلایای دریاچه ارومیه.

مواد و روش‌ها

در مطالعات قبلی، تمامی اراضی حاصل از پسروی دریاچه ارومیه در قسمت‌های غربی و جنوب شرقی آن مورد مطالعه قرار گرفته است و همراه با ژئومورفولوژی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، نوع و مقاومت آن‌ها در برابر فرسایش بادی نیز مشخص شده است (Hamzehpour et al., 2022; Taghizadeh et al., 2021; Mothaghi et al., 2020; Alkhayer et al., 2019).



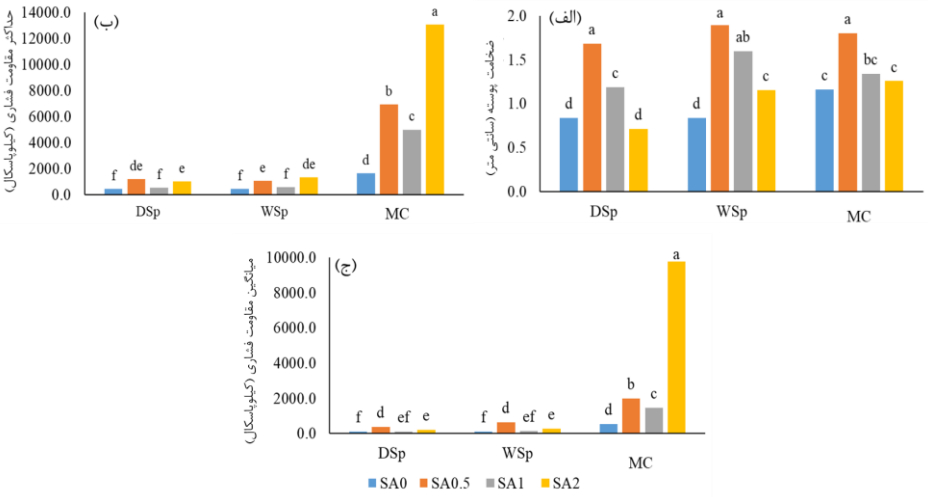
شکل ۱- منطقه مطالعاتی در حاشیه جنوب شرقی دریاچه ارومیه، در مجاورت دشت بناب در نزدیکی روستای آخوندقشلاق. الف: نمای کلی دریاچه ارومیه در مردادماه ۱۴۰۰ و در زمان نمونه برداری، ب: تصویری از سطوح شنی-نمکی نمونه برداری شده.

در قالب مطالعه حاضر، سفره‌های شنی-نمکی واقع در جنوب شرق دریاچه ارومیه و در مجاورت روستای آخوندقشلاق، مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱). بدین منظور، نمونه‌های خاک از بخش‌های مختلف این منطقه از عمق ۰-۵ سانتی-متری بالایی جمع‌آوری شدند. سپس نمونه ها با هم ترکیب و به صورت یک نمونه واحد به آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه مراغه منتقل شدند.

غلظت‌های مختلف سدیم آلژینات در چهار غلظت (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) و سه تکرار روی سطح خاک، به دو طریق اسپری کردن (اسپری روی خاک خشک (DSp) و اسپری روی خاک با میزان رطوبت بهینه (WSp)) و نیز مخلوط با خاک و فشرده سازی (MC) اعمال شدند. ضخامت پوسته‌ها، با استفاده از کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. برای تعیین استحکام سطحی پوسته‌های طبیعی، از یک نفوذسنج خودکار (مدل MP11، ایران) برای اندازه‌گیری مقادیر حداکثر و میانگین فشار نفوذ در نمونه‌های سله با سرعت ۰/۳ میلی‌متر بر ثانیه تا عمق ۳۰ میلی‌متر با حداکثر فشار اعمالی ۱۲۰۰۰ کیلو پاسکال استفاده شد. سپس فرسایش پذیری بادی آنها در تونل باد با حداکثر سرعت باد ۲۰متر بر ثانیه تعیین شد. برای بررسی نقش سدیم‌آلژینات در افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی، از طرح کاملا تصادفی با سدیم آلژینات به عنوان تیمار و در سه تکرار استفاده شد. داده‌های تجربی با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دامنه چندگانه (یا آزمون چند دامنه‌ای دانکن) دانکن (DMRT) ($P<0.05$) مقایسه شد.

نتایج و بحث

در شکل ۲، نمودارهای مقایسه میانگین روش های مختلف استفاده از سدیم آلژینات بر روی ضخامت و مقاومت فشاری نمونه خاک از سطوح شنی-نمکی جنوب شرق دریاچه ارومیه ارائه شده اند. در هر دو حالت اسپری سدیم آلژینات (WSp, DSp)، ضخیم ترین سله ها با مقادیر ۱/۶۸ سانتی متر در اسپری خشک و ۱/۸۹ سانتی متر در اسپری مرطوب در تیمار ۰/۵ ٪ مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (Sp_0)، به ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۴۹ سانتی متر افزایش در ضخامت پوسته ها داشتند (شکل ۲، الف).

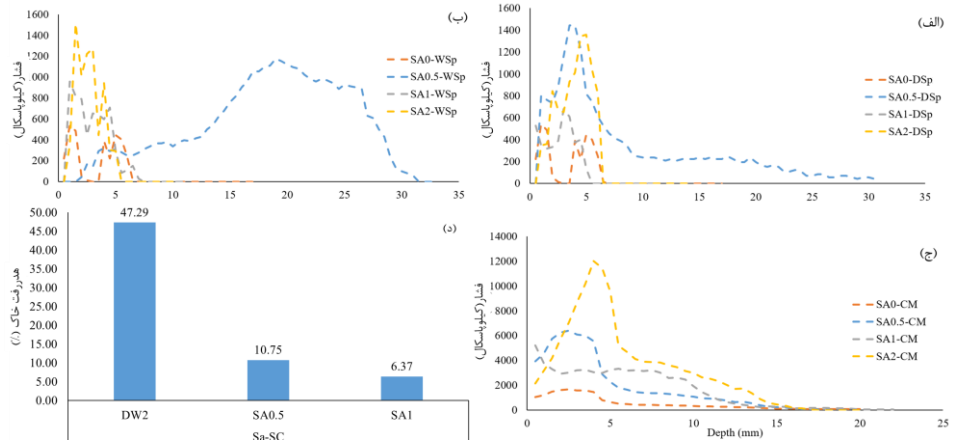


شکل ۲- الف: ضخامت؛ ب: حداکثر مقاومت فشاری؛ ج: میانگین مقاومت فشاری سله های توسعه یافته در اثر اسپری خشک (DSp)، مرطوب (WSp) و روش مخلوط و فشرده سازی (MC) سدیم آلژینات. تیمارهای با حروف کوچک انگلیسی متفاوت از هم، تفاوت معنادار آماری در سطح ۱٪ باهمدیگر دارند.

به طور کلی اسپری مرطوب از نظر ضخامت پوسته، نتایج بهتری از اسپری خشک داشت که به دلیل عمق نفوذ بیشتر در حضور رطوبت اولیه خاک بود. حداکثر مقاومت فشاری، در تیمار WSp_2 با مقدار ۱۳۳۵/۶ کیلوپاسگال و در در تیمار $DSp_{0.5}$ با مقدار ۱۲۱۰/۸ کیلوپاسگال مشاهده شد (شکل۲،ب) که تفاوت آماری معناداری باهم نداشتند و نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب منجر به افزایش مقاومت فشاری نمونه به میزان ۸۹۱/۹ و ۷۶۷/۱ کیلوپاسگال شد. از آنجایی که از نظر میانگین مقاومت فشاری نیز بهترین نتایج برای هر دو نوع روش اسپری، برای سطح ۰/۵٪ بدست آمد (شکل ۲،ج) به نظر میرسد در صورت انتخاب روش اسپری برای پایدارسازی سطح شنی-نمکی، هر کدام از روش های $WSp_{0.5}$ و یا $DSp_{0.5}$، میتواند نتایج مطلوبی در کاهش تولید ریزگرد داشته باشد.

به طور کلی، در تیمار MC نیز همانند تیمارهای Sp، ضخامت پوسته ایجاد شده در سطح $Sp_{0.5}$ بهتر از سایر سطوح بود و تفاوت معناداری با سطح ۰/۵ ٪ اسپری خشک و مرطوب نشان نداد (شکل ۲، الف). با توجه به شکل ۲، تیمارهای CM در تمامی سطوح منجر به نتایج بهتر با تفاوت معنادار از نظر آماری با تیمارهای Sp شده اند. بالاترین مقاومت فشاری در تیمار CM_2 با مقدار ۱۳۰۵۲/۶ کیلوپاسکال مشاهده شد که تقریبا ۱۳ برابر بیشتر از میزان حداکثر مشاهده شده در تیمارهای SP است. حداقل مقاومت فشاری مشاهده شده در تیمارهای CM، ۱۶۶۷/۳ کیلوپاسگال و در CM_0 بود که این مقدار نیز بیش از حداکثر مقدار مشاهده شده در تیمارهای Sp است.

در شکل ۳، میانگین منحنی های مقاومت فشاری برای سه تکرار با روش های مختلف (DSp، WSp و MC) نمایش داده شده اند. براساس این نتایج، بالاترین مقاومت فشاری اندازه گیری شده در اکثر نمونه ها، مربوط به ۵ الی ۱۰ میلی متر بالایی است و بعد از آن، مقاومت فشاری افت چشمگیری را نشان می دهد.



شکل ۳- منحنی‌های مقاومت فشاری سله‌های توسعه یافته با افزایش عمق بر روی خاک از سطح شنی-نمکی جنوب شرق دریاچه ارومیه در چهار سطح غلظت (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ ٪ محلول SA) و سه روش استفاده از سدیم آلژینات. الف: DSp؛ ب: WSp؛ ج: CM. د: هدر رفت خاک تحت تیمارهای مختلف سدیم آلژینات در تونل باد با حداکثر سرعت ۲۰ متربرثانیه.

با در نظر گرفتن شکل ۳، مقادیر مقاومت فشاری در تیمارهای CM، بسیار بیش از مقادیر اندازه گیری شده برای تیمارهای DSp و WSp می باشد و این روند در تمام سطوح سدیم آلژینات در تمام عمق اندازه گیری، قابل مشاهده است (شکل ۳، ج). در شکل (۳، د)، نتایج مربوط به هدررفت خاک توسط تیمارهای SA در سه سطح غلظتی نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که سطح SA_2 به دلیل نتایج ضعیف، مورد آزمایشات تونل باد قرار نگرفت. براساس نتایج به دست آمده، هدررفت خاک در تیمار شاهد (DSp_0) ۴۷/۲۹ ٪ بود که در تیارهای $DSp_{0.5}$ و DSp_1 به ترتیب به ۱۰/۷۵ ٪ و ۶/۳۷ ٪ کاهش یافت. این نتایج نشان داد که اسپری سدیم آلژینات روی سطوح فرسایش پذیر جنوب شرق دریاچه ارومیه به میزان قابل توجهی می تواند میزان گردوغبار حاصل از فرسایش بادی در این مناطق را کاهش دهد و باعث پایداری سطوح گردد.

نتیجه‌گیری

به طور جمع بندی، براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه تیمار $DSp_{0.5}$ الی DSp_1 و تمام تیمارهای CM توانسته اند به طور موثرتری و تا عمق بیشتری، مقاومت فشاری نمونه خاک از سطوح شنی-نمکی در جنوب شرق دریاچه ارومیه را از طریق توسعه سله های سطحی پایدار، بهبود بدهند. مقایسه دو روش اسپری SA بر روی سطح خاک مرطوب و خشک نشان داد که در هر دو روش استفاده، مقاومت فشاری و ضخامت سله های ایجاد شده نسبت به تیمار شاهد بهبود قابل ملاحظه ای دارد. با وجود آنکه روش مخلوط و فشرده‌سازی به طور معناداری از روش‌های اسپری، عملکرد بهتری نشان داد، با این حال به دلیل دشواری انجام چنین کاری در سطح کلان و در طبیعت، روش اسپری در سطح ممکن است روش عملی‌تر و اقتصادی‌تری به حساب بیاید. در صورت استفاده از روش اسپری، به نظر می‌آید انجام اسپری SA در خاک بعد از آخرین مرحله از بارش‌های بهاره و زمانی که خاک به زیر حد رطوبت بهینه رسیده است، می‌تواند منجر به نتایج قابل قبولی شود و میزان فرسایش خاک را از تقریبا ۵۰٪ در تیمار شاهد به زیر ۱۰ ٪ در تیمار ۱ ٪ سدیم آلژینات کاهش دهد.

فهرست منابع

Ahmady-Birgani, H., Ravan, P., Schlosser, J. S., Cuevas-Robles, A., AzadiAghdam, M., Sorooshian, A. (2020). On the chemical nature of wet deposition over a major desiccated lake: Case study for Lake Urmia basin. Atmospheric Research, 234: 104762.

Alkhayer, M., Eghbal, M. K., Hamzehpour, N. (2019). Geomorphic surfaces of eastern lake Urmia Playa and their influence on dust storms. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 23(8): 1511-1520.

Almajed, A., Lemboye, K., Arab, M. G., Alnuaim, A. (2020). Mitigating wind erosion of sand using biopolymer-assisted EICP technique. Soils and Foundations, 60(2): 356-371.

Chan, L. W., Lee, H. Y., Heng, P. W. (2006). Mechanisms of external and internal gelation and their impact on the functions of alginate as a coat and delivery system. Carbohydrate Polymers, 63(2): 176-187.

Hamzehpour, N., Eghbal, M. K., Abasiyan, S. M. A., Dill, H. G. (2018). Pedogenic evidence of Urmia Lake's maximum expansion in the late Quaternary. Catena, 171: 398-415.

Lemboye, K., Almajed, A., Alnuaim, A., Arab, M., Alshibli, K. (2021). Improving sand wind erosion resistance using renewable agriculturally derived biopolymers. Aeolian Research, ۴۹: ۱۰۰۶۶۳.

Shadkam, S., Ludwig, F., van Oel, P., Kirmit, Ç., Kabat, P. (2016). Impacts of climate change and water resources development on the declining inflow into Iran's Urmia Lake. Journal of Great Lakes Research, 42(5):942-952.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Hamzehpour, N., Hassanzadeh, M., Heung, B., Goydaragh, M. G., Schmidt, K., Scholten, T. (2021). Enhancing the accuracy of machine learning models using the super learner technique in digital soil mapping. Geoderma, 399: 115108.

Wade, E., Zowada, R., Foudazi, R. (2021). Alginate and guar gum spray application for improving soil aggregation and soil crust integrity. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2: 100114.

Zhao, Y., Zhuang, J., Wang, Y., Jia, Y., Niu, P., Jia, K. (2020). Improvement of loess characteristics using sodium alginate. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, ۷۹(۴): ۱۸۷۹-۱۸۹۱.

Comparing the effectiveness of different methods of sodium alginate application in the stabilization of the dust sources in the southeast of Lake Urmia

Nikou Hamzehpour[1*], Fateme Nabipour[1], Seyed Bahman Mosavi[1], Mehdi Rahmati[1]

۱- Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Maragh.

Corresponding Author's Email Address (nhamzehpour@maragheh.ac.ir)

Abstract

The retreat of the shores of Lake Urmia has left vast lands with high susceptibility to wind erosion in some places. The purpose of this research was to investigate different methods of using sodium alginate in inducing surface crusts and stabilizing the dust sources in the southeastern part of Lake Urmia playa. The soil sample was collected from highly erodible playa surfaces in the vicinity of Akhundgashlaq village near Banab city. Then different levels of sodium alginate (zero, 0.5, 1 and 2%) were prepared by three methods of dry spray (DSp), wet spray (WSp) and mixed with soil and compression (MC) were applied with three repetitions. The results showed that both DSp and WSp methods led to the development of crust with an average thickness and compressive strength of 1.2 and 1.6 cm and 255.8 and 377.2 kPa, which were significantly higher than control samples. However, the MC method, with the average thickness and compressive strength of 1.47 and 8321.1 kPa, showed more efficiency in increasing soil resistance to wind erosion. Based on the results of the wind tunnel study, in the presence of sodium alginate, the amount of soil loss decreased from 47.3% in the control treatment to 6.4% in the 1% sodium alginate treatment.

Keywords: crust, dust, playa surfaces, Urmia lake, wind tunnel.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تثبیت نیتروژن و تولید اکسین در باکتری‌های جداسازی شده از ریزوسفر بادام (*Prunus dulcis*)

سمیه قاسمی پیربلوطی[۱]، صاحب سودائی مشائی[۲*]، عبدالرحمان محمدخانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مدیریت حاصل‌خیزی و زیست‌فناوری خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
ghasemisomayeh60@gmail.com

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران
soodaie78@sku.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران
Mkhani7@yahoo.com

چکیده

کاهش مواد آلی و آلودگی‌های زیست محیطی باعث شده تا در سال‌های اخیر توجه به کودهای بیولوژیک بیشتر شود. یکی از شاخص‌های مهم استفاده از باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک، توانایی تثبیت نیتروژن ملکولی و تولید اکسین است. از ۴۰ نمونه خاک ریزوسفری باغات بادام در محیط‌های کشت عمومی و اختصاصی در آزمایشگاه حدود ۸۰ جدایه باکتری جداسازی شد و بعد از خالص سازی ۳۴ جدایه انتخاب شدند. آزمایش توانایی تثبیت نیتروژن و تولید تری‌ایندول استیک اسید (IAA) انجام شد. از میان جدایه‌ها ۶۴ درصد جدایه‌ها توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری را داشتند که مقدار آن بین ۶۱/۲ تا ۶۶۵/۷ میکروگرم نیتروژن بر گرم محیط کشت بود. در حضور تریپتوفان همه جدایه‌های انتخاب شده توانایی تولید تری‌ایندول استیک اسید را داشتند که مقدار آن بین ۱/۱۴ تا ۱۸۶/۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. جدایه‌های برتر برای تولید یک کود زیستی باکتریایی ویژه بادام درختی مناسب خواهند بود.

کلمات کلیدی: بادام، ریزوباکتری، تثبیت نیتروژن اتمسفری، تری‌ایندول استیک اسید.

مقدمه

بادام (*Prunus dulcis*) متعلق به خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) بومی جنوب غربی آسیا، یکی از محصولات کشاورزی با تقاضای بالا در بازار است (Zhang et al., 2019). ایالات متحده آمریکا ۸۱ درصد از کل تولید بادام جهان را به خود اختصاص داده است و به دنبال آن استرالیا و اسپانیا به ترتیب با ۷ و ۴ درصد تولید در رتبه‌های بعدی قرار دارند و ایران با تولید سالانه بالغ بر ۲۰۰ هزار تن انواع بادام در رتبه پنجم جهان قرار دارد (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). مصرف بادام موجب بهبود سطح کلسترول و قند خون می‌شود (Berryman et al., 2015). این ویژگی‌های مثبت، منجر به تقاضای بالای بازار برای محصول بادام شد، اما استفاده از حداکثر عملکرد درختان بادام، نیاز به کود زیاد و

مصرف آب فراوان دارد (Zhang et al., 2019). از طرفی، وجود وضعیت مطلوب سلامت خاک و قابلیت دسترسی زیستی کافی عناصر غذایی برای تولید غذای سالم و بهبود عملکرد محصول بسیار مهم و حیاتی است. به منظور بهبود عملکرد محصولات کشاورزی، کودهای شیمیایی استفاده می‌شود که به طور همزمان کیفیت خاک را تخریب کرده، ساختار طبیعی جامعه میکروبی خاک و چرخه طبیعی عناصر غذایی را بهم ریخته و مفهوم تولید پایدار را مختل کرده است (Ward et al., 2018). محققین نشان دادند که باکتری *Azospirillum brasilense* Sp245 از طریق توانایی تثبیت نیتروژن و تولید فیتوهورمون‌ها بر ریزازدیادی پایه آلو، هلو، بادام و سیب تأثیر مثبت داشته و ریشه‌زایی زودتر و درصد ریشه‌زایی بیشتر را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. از این رو، آنها نتیجه گرفتند که این باکتری می‌تواند به عنوان جایگزین مناسب برای مواد شیمیایی در طول مرحله سازگاری گیاهان ریزازدیاد شده استفاده شود (Vettori et al., 2009). Arikan and Pirlak (۲۰۱۶) نشان دادند که باکتری‌های *Bacillus mycoides* و *Bacillus subtilis* باعث افزایش عملکرد درخت، طول ساقه و سطح برگ نسبت به شاهد شد و نتیجه گرفتند که این دو باکتری به تنهایی و یا به صورت ترکیبی پتانسیل بالایی برای افزایش عملکرد و رشد گیاه آلبالو دارد و ازاین رو، برای تقویت رشد در کشت گیلاس پیشنهاد کردند. Arikan et al. (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد بر جذب آهن در هلو (*Prunus persica*) در خاک‌های آهکی نشان دادند که باکتری‌های *Alcaligenes*، *Agrobacterium*، *Staphylococcus*، *Bacillus* و *Pantoea* محتوی اسیدهای آلی برگ، فعالیت آنزیم فریک رداکتاز ریشه و برگ، و محتوی آهن فعال در برگ هلو افزایش دادند و پتانسیل زیادی در بهبود دسترسی آهن برای گیاهان را دارند. برای کاهش اثرات منفی مستقیم و غیرمستقیم کشاورزی مدرن روی اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی، راهبردهای پایدارتر مورد نیاز است که در این رهگذر روی آوردن به مصرف کودهای زیستی و استفاده از پتانسیل ریزجانداران محرک رشد گیاه به عنوان مکمل کودهای شیمیایی و استفاده از فناوری تثبیت زیستی نیتروژن بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی توان تولید تری‌ایندول استیک اسید و توانایی تثبیت نیتروژن جدایه‌های باکتری بومی جداسازی شده از ریزوسفر بادام در استان چهارمحال بختیاری بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک ریزوسفر و جداسازی باکتری‌ها

برای جداسازی، خالص‌سازی و بررسی توان تولید مواد محرک رشد گیاهی توسط باکتری‌های ریزوسفری بومی بادام درختی، نمونه‌های خاک ریزوسفری از ۴۰ نقطه از بادامستان‌های استان جمع‌آوری شد. برای جداسازی ریزوباکتری‌ها از یک محیط‌کشت عمومی نوترینت آگار (NA) برای رشد عمومی جدایه‌ها و چند محیط کشت اختصاصی مانند کینگ B، باسیلوس آگار و محیط کشت کنگورد نیز استفاده شد (Dastager & Damare, 2013). برای این کار، ۱۰ گرم خاک به ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر (حاوی ۰/۵ درصد هگزامتافسفات سدیم) استریل افزوده شد. سوسپانسیون به مدت ۲۰ دقیقه روی شیکر(۱۵۰ دور در دقیقه)تکان داده شد. رقت‌های سریالی بر پایه ۱۰ در حجم نهایی ۱۰ میلی-لیتر از سوسپانسیون ساخته شده و در سه تکرار روی محیط کشت‌ها پخش و در انکوباتور در دمای ۲±۲۶به مدت دو

روز تا یک هفته انکوبه شدند (Lebeis, 2014). پس از مشاهده کلنی باکتری‌ها خالص‌سازی با کشت‌های مکرر انجام شده و نهایتا ۸۲ جدایه باکتری جداسازی شد.

اندازه گیری تولید تری ایندول استیک اسید و توانایی تثبیت نیتروژن مولکولی جدایه‌ها

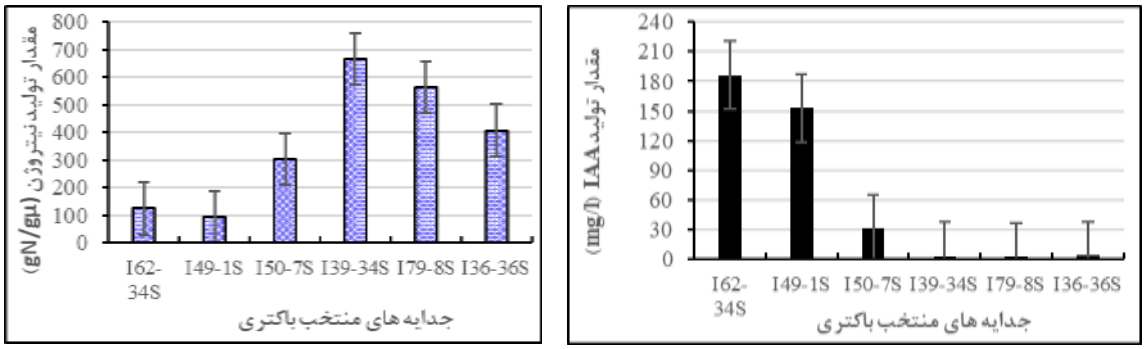
توان تولید ایندول استیک اسید جدایه‌ها، با بهره‌گیری از محیط کشت مایع LG، فاقد برموتیمول بلو و دارای نیتروژن (یک گرم درلیتر کلریدآمونیوم) استفاده شد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). ارلن‌های دارای محیط مایع LG دارای ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آمینه L تریپتوفان با کشت شبانه هر جدایه (با چگالی نوری ۰/۸) در سه تکرار به همراه نمونه شاهد بدون تلقیح در شیکر انکوباتور در تاریکی و با دمای ۲۶ درجه سلسیوس برای یک هفته نگهداری و با ۱۲۰ دور در دقیقه تکان داده شد. پس از یک هفته یک میلی‌لیتر از محلول شفاف سوسپانسیون باکتری (بعد از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه) با چهار میلی‌لیتر معرف سالکوفسکی (مقدار ۴۹/۳ میلی‌لیتر از اسید پرکلریک ۷۱ درصد با دو میلی‌لیتر محلول ۰/۵ مولار آهن سه ظرفیتی) مخلوط و درون بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. این مخلوط برای ۴۵ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداشته و سپس جذب نور با طول موج ۵۲۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و توان ساخت ایندول استیک اسید هر جدایه با سنجش جذب نور در سوسپانسیون آن جدایه با منحنی استاندارد آماده شده برآورد شد (Deaker et al., 2011).

برای اندازه‌گیری قابلیت و میزان تثبیت نیتروژن باکتری‌ها در محیط کشت جامد بدون نیتروژن، ابتدا کشت شبانه جدایه‌ها در محیط NB مایع و سپس محیط LG (Linden Grain) جامد انجام شد. در محیط جامد LG کشت چمنی انجام شد تا رشد میکروبی در کل سطح پلیت هشت سانتی‌متری ظاهر شود. بعد از گذشت هفت روز از کشت جدایه‌ها در محیط جامد، از محیط‌کشت حاوی رشد میکروبی برای ادامه آزمایش و عمل هضم و تعیین میزان نیتروژن استفاده شد. محیط جامد LG بدون انجام کشت میکروبی به عنوان کنترل منفی یا شاهد نیز در آزمایش در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن در کشت‌های جامد ازروش کجلدال (Waling et al., 1989) استفاده شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش از نمونه‌های خاک ریزوسفری بادام حدود ۸۰ جدایه باکتری جداسازی و در نهایت براساس شباهت کلنی و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی مثل تست گرم ۳۴ باکتری خالص‌سازی شدند. از لحاظ دو ویژگی اندازه‌گیری شده تولید اکسین و تثبیت نیتروژن بین جدایه‌های انتخاب شده تفاوت معنی‌داری (در سطح یک درصد) وجود داشت. آزمون مقایسه میانگین تولید اکسین در بین جدایه‌ها نشان داد که جدایه I62-34S (ایزوله ۶۲- از خاک شماره ۳۴) بیشترین تولید تری‌ایندول استیک اسید (۱۸۶/۳ میلی‌گرم بر لیتر) در کلاس آماری A و جدایه I49-1S با تولید ۱۵۲/۹ میلی‌گرم بر لیتر در کلاس آماری B و بقیه جدایه در کلاس آماری C قرار گرفتند (شکل ۱). مقایسه میانگین تولید یا تثبیت نیتروژن در بین جدایه‌ها نشان داد که که جدایه I39-34S (ایزوله ۳۹- از خاک شماره ۳۴) بیشترین تولید نیتروژن (۶۶۵/۷ میکروگرم نیتروژن در گرم) در کلاس آماری A و جدایه I79-8S (۵۶۳/۷ میکروگرم نیتروژن در گرم) و جدایه I36-36S (۴۰۷/۱ میکروگرم نیتروژن در گرم) در کلاس آماری AB و بقیه جدایه‌ها در کلاس آماری

C قرار گرفتند (شکل۱). ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) با جداسازی باکتری‌های ازتوباکتر از خاک نشان دادند که جدایه 34SPII با ۱۰/۶۵ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین توان تولید اکسین را در حضور تریپتوفان در محیط کشت LG داشت و جدایه 14SP2 با میانگین ۱۲۹/۳ میکروگرم نیتروژن در هر گرم از محیط کشت، بیشترین توانایی تثبیت نیتروژن داشت. برخی از جدایه‌ها از تریپتوفان به عنوان پیش‌ماده برای تولید اکسین استفاده کردند. راه‌های مختلفی برای ساخت IAA گزارش شده است که هر یک از انها با ساخت تریپتوفان، تریپتامین، ایندول ۳-پیرووِیک اسید و لیندول۳-اسیدآمید شروع می‌شوند (Gravel et al., 2007). توانایی تولید ایندول استیک اسید در گونه‌های مختلف ازتوباکتر و سودوموناس در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده است (Jasim et al., 2014). اکسین یک فیتوهورمون است که در بزرگ شدن سلول، شروع رشد ریشه و تقسیم سلولی نقش دارد. بنابراین، فعالیت‌های تولید IAA میکروارگانیسم‌ها برای رشد گیاه بسیار مهم است. علاوه بر این، میکروارگانیسم‌های تولیدکننده IAA می‌توانند رشد ریشه و همچنین طول ریشه گیاهان را بهبود بخشند، که سطح ریشه بیشتری را تشکیل می‌دهد و گیاه را قادر می‌سازد تا مواد مغذی بیشتری از خاک دریافت کند (Kudoyarova et al., 2019).



شکل ۱: مقدار تولید نیتروژن (تثبیت شده) و تری‌ایندول استیک اسید (IAA) توسط باکتری‌های جداسازی شده منتخب از ریزوسفر بادام

نتایج تعیین توانایی تثبیت نیتروژن نشان داد که از میان ۳۴ جدایه، ۲۲ جدایه (۶۴ درصد) توانایی تثبیت نیتروژن داشتند. در پژوهشی توانایی تثبیت نیتروژن ۳۰ جدایه باکتری آزوسپیریلوم به روش میکروکجلدال بررسی شد و نتایج نشان داد که ۲۸ جدایه توانایی تثبیت نیتروژن را دارند که مقدار آن بین ۳/۳ تا ۱۵/۶ میلی‌گرم نیتروژن بر گرم محیط کشت بود (Kanimozhi and Panneerselvam, 2010). مطالعات مختلف نشان دادند که باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌توانند عملکرد را به طور قابل توجهی افزایش دهند، حاصلخیزی خاک و ساختار جامعه میکروبی خاک را بهبود بخشند، و همچنین به طور قابل توجهی بر محتوای پروتئین گیاه تأثیر بگذارند (Guo-xing et al., 2020). نیتروژن، فسفر و پتاسیم از مواد مغذی ضروری برای رشد و نمو گیاهان عالی هستند. در پژوهشی نشان داده شد که پس از تلقیح سویه‌های باکتریایی تثبیت کننده نیتروژن، افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌تواند جذب همزمان فسفر و پتاسیم را افزایش دهد و در نتیجه رشد گیاهچه را بهبود بخشد (Shi et al., 2023).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ۲۲ جدایه از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و ۳۴ جدایه از باکتری تولید کننده اکسین از خاک ریزوسفر بادام درختی جداسازی شد که برخی از آنها دارای توانایی تثبیت نیتروژن و تولید اکسین بالایی بودند. جدایه-های برتر برای تولید یک کود زیستی باکتریایی مناسب هستند. این یافته‌ها مبنایی برای استفاده از این باکتری‌های کارآمد به عنوان یک عامل محرک رشد گیاه (PGRP) خوب برای کشت علمی بادام درختی را فراهم می‌کنند.

منابع

ابراهیمی، م.، صفری‌سنجانی، ع.ا.، ساریخانی، م.ر.، محمدی، ا.، علی‌اصغرزاد، ن. (۱۳۹۷). جداسازی، شناسایی و اندازه‌گیری ویژگی‌های افزایندگی رشد جدایه‌های ازتوباکتر از نمونه خاک‌های شمال غرب کشور با کاربرد گوناگون. نحقیقات کاربردی خاک، ۶ (۲)، ۲۷-۴۳.

احمدی، ک.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه .و عبادزاده، ح.ر. (۱۴۰۰). آمار نامه کشاورزی در سال۱۳۹۹، جلد ۳ محصولات باغی. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ص.۱۵۸.

Arikan, S. and Pirlak, L. (2016). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth, yield and fruit quality of sour cherry (*Prunus cerasus* L.), Erwerbs-Obstbau, DOI 10.1007/s10341-016-0278-6.

ArIkan, S., Eşitken, A., Ipek, M., Aras, S., Sahin, M., Pirlak, M., Figen, M. and Turan, M. (2018): Effect of plant growth promoting rhizobacteria on Fe acquisition in peach (*Prunus Persica* L.) under calcareous soil conditions. Journal of Plant Nutrition. DOI: 10.1080/01904167.2018.1482910.

Berryman, C. E., West, S. G., Fleming, J. A., Bordi, P. L., and Kris-Etherton, P. M. (2015). Effects of daily almond consumption on cardiometabolic risk and abdominal adiposity in healthy adults with elevated LDL cholesterol: a randomized controlled trial. Journal of the American Heart Association. 13: 44-60.

Dastager, S., & Damare, S. (2013). Marine actinobacteria showing phosphate solubilizing efficiency in Chorao Island, Goa. Current Microbiology. 66 (5):421- 427.

Deaker R., Laszlo Kecskes M. Timothy Rose M. Amprayn K. Krishnen G. Thi Kim Cuc T. Thuy Nga V. Thi Cong P. Thanh Hien N. and Robert Kennedy I. (2011). Practical Methods for the Quality Control of Inoculant Biofertilizers. ACIAR. 101p.

Guo-xing H, Cai-ting L, Juan Q, Jian-chao S, Ya-jie W. (2020). Efects of diferent rhizobium fertilizers on alfalfa productivity and soil fertility. Acta Pratacul Sin. 29 (5):109–20. https://doi.org/10.11686/cyxb2019344 .

Jasim B., Joseph A. A., John C. J., Mathew J. and Radhakrishnan E. K. (2014). Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic bacteria from the rhizome of *Zingiber officinale*. *Biotechnology*, 4(2): 197-204.

Kanimozhi K. and Panneerselvam A. (2010). Studies on isolation and nitrogen fixation ability of *Azospirillum* spp. isolated from Thanjavur district. Der Chemica Sinica, 1(3):138-145.

Kudoyarova, G., Arkhipova, T., Korshunova, T., Bakaeva, M., Loginov, O. , & Dodd, I. C. (2019). Phytohormone mediation of interactions between plants and non -symbiotic growth

promoting bacteria under edaphic stresses. Frontiers in Plant Science, 10, 1368. DOI: 10.3389/fpls.2019.01368.

Lebeis, S.L. (2014). The potential for give and take in plant–microbiome relationships. Frontiers in plant science. 5: 287- 289.

Shi, Z., Guo, X., Lei, Z., Wang, Y., Yang, Z., Niu, J. and Liang, J. (2023). Screening of high-efficiency nitrogen-fixing bacteria from the traditional Chinese medicine plant *Astragalus mongolicus* and its effect on plant growth promotion and bacterial communities in the rhizosphere. BMC Microbiology, 23, 292.

Vettori, L.; Russo, A.; Felici, C.; Fiaschi, G.; Toffanin, A.; Morini, S. (2009). Improving micropropagation: effects of plant growth promoting rhizobacteria on fruit tree rootstocks, Italus Hortus. 16(2): 249-252.

Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G. and Van der lee, J.J. (1989). Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agricultural University, the Netherlands.

Ward, M.H., Jones, R.R., Brender, J.D., De Kok, T.M., Weyer, P.J., Nolan, B.T., Van Breda, S.G. (2018). Drinking water nitrate and human health: an updated review. International Journal of Environmental Research and Public Health. 15(7): 1557.

Zhang, Z., Jin, Y., Chen, B., and Brown, P. (2019). California almond yield prediction at the orchard level with a machine learning approach. Frontiers in Plant Science. 10: 809-905.

Nitrogen fixation and auxin production in bacteria isolated from rhizosphere of almond (*Prunus dulcis*)

Somayeh Ghasemi[1], Saheb Soodaie mashaei[2]*, Abdolrahman Mohammad-Khani[3]

1- Ms student in Soil Fertility Management and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University

2- Assistant Professor of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahre Kord University

3- Department of Horticulturer Science, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord.

Abstract

The reduction of organic matter and environmental pollution has caused more attention to biological fertilizers in recent years. One of the important indicators of using bacteria in biological fertilizers is the ability to fix molecular nitrogen and produce auxin. About 80 bacterial isolates were isolated from 40 rhizosphere soil samples of almond orchards in general and special cultivation environments in the laboratory and 34 isolates were selected after purification. The ability to fix nitrogen and produce tri-indole acetic acid (IAA) was tested. Among the isolates, 64% of the isolates had the ability to fix atmospheric nitrogen, which ranged from 61.2 to 665.7 micrograms of nitrogen per gram of culture medium. In the presence of tryptophan, all the selected isolates had the ability to produce tri-indole acetic acid, which ranged from 1.14 to 186.3 mg/liter. The superior isolates will be suitable for the production of a special bacterial biofertilizer for tree almonds.

Keywords: almonds, rhizobacteria, atmospheric nitrogen fixation, tri-indole acetic acid.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

نقش انواع جانداران خاک در امنیت غذایی

کوثر اسدزاده

Asadzadeh.Kosar@yahoo.com

چکیده

امنیت غذایی یکی از مسائل مهم در جوامع امروزی است که به تأمین غذای سالم و کافی برای جمعیت جهان کمک می‌کند. در این راستا، میکروارگانیسم و ماکروارگانیسم‌های خاکزی نقش مهمی در حفظ امنیت غذایی دارند. میکروارگانیسم‌های خاک شامل باکتری‌ها، جلبک‌ها و قارچ‌ها هستند. این ارگانیسم‌ها در فرآیندهای زیستی خاک مشارکت دارند و نقش بسیار مهمی در حفظ سلامت خاک و تأمین مواد غذایی برای گیاهان دارند. برخی از باکتری‌ها قادر به تثبیت نیتروژن هوا هستند که گیاهان برای رشد به آن نیاز دارند. همچنین، قارچ‌ها نقش مهمی در تجزیه مواد آلی و بازگرداندن عناصر غذایی به خاک دارند. ماکروارگانیسم‌های خاکی مانند هزارپا و کرم خاکی نیز نقش بسیار مهمی در حفظ امنیت غذایی دارند. آن‌ها با حرکت در خاک، سبب تهویه بهتر خاک می‌شوند و مواد آلی را تجزیه کرده و به عناصر غذایی قابل جذب برای گیاهان تبدیل می‌کنند. همچنین، حفر کانال‌های آن‌ها باعث افزایش نفوذپذیری خاک می‌شود که باعث رشد بهتر ریشه‌ها و جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان می‌شود. بنابراین، میکروارگانیسم و ماکروارگانیسم‌های خاکزی نقش بسیار مهمی در حفظ امنیت غذایی دارند. ارتقاء شناخت درباره این ارگانیسم‌ها و حفاظت از آن‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت خاک و تأمین غذای سالم برای جامعه کمک کند.

واژگان کلیدی: امنیت غذایی، ماکروارگانیسم، میکروارگانیسم

مقدمه

کلمه "امنیت غذایی" برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ در جلسه جهانی مشکلات غذایی رم به وجود آمد و سپس در یک کنفرانس مشابه در سال ۱۹۹۶ به صورت دقیق‌تر بیان شد. در این مفهوم، "امنیت غذایی" به معنای قابل استفاده و در دسترس بودن و اقتصادی بودن مواد غذایی است. از نظر در دسترس بودن مواد غذایی، بایستی تعداد و تنوع محصولات غذایی که تقاضای حوزه های مورد نظر را براورده می‌سازد، را در نظر بگیریم که این نوع عرضه به منطقه یا کشور بستگی دارد (Djraeva, 2010). با توجه به رشد جمعیت و تقاضای روزافزون، استفاده ناصحیح و بیش از حد منابع محدود و نیز چالش‌هایی مانند تغییرات اقلیم، امنیت غذایی بسیار اهمیت دارد. بانک جهانی امنیت غذایی را به عنوان دسترسی همه مردم به غذای کافی در تمام اوقات تعریف می‌کند. برای دست‌آوردن به این هدف، سه محور "موجود بودن غذا"، "دسترسی به غذا" و "پایدار بودن در درخواست غذا" بسیار مهم هستند. در حوزه امنیت غذایی، کمّیت و کیفیت غذا با توجه به منابع تولید، ساماندهی سیستم عرضه و توزیع، و جلب توجّه به جوانب اقتصادی، زیست‌محیطی

و اجتماعی، با رویکرد پایداری، از محورهای کلیدی محسوب می‌شوند. سالم بودن و پایدار بودن یک سیستم غذایی، می‌تواند نشانه امنیت غذایی یک جامعه باشد. در ایران، تاکید بر تولید در حوزه کشاورزی و توسعه روستایی وجود دارد. اما این مرحله نقص‌ها و چالش‌های زیادی دارد. به همین دلیل، مدیریت بهینه و استفاده صحیح و پایدار از منابع تولید (آب، خاک، پوشش گیاهی، مراتع و جنگل) بسیار ضرورت‌آفرین در دسترسی به امنیت غذایی است (اسلامی، ۱۴۰۰). امنیت غذایی به کشاورزی پایدار وابسته بوده و بخش قابل توجهی از مواد غذایی جهان را تولید می‌کند. با این حال، چندین عامل مانند فرسایش و تخریب خاک، شست و شوی عناصر غذایی، تنش های زیستی و غیرزیستی، ضمن ایجاد چالش‌های جدی برای کشاورزی پایدار، به مقدار کافی عناصر غذایی برای رشد و عملکرد گیاه ندارند. تغییرات آب و هوا تنش غیر زیستی را ایجاد و رشد گیاه را محدود می‌کند. (FAO, 2020). از این رو مدیریت عناصر غذایی خاک و محصولات کشاورزی از طریق رویکردهای تلفیقی یک جنبه مهم است که در آن کودهای آلی، معدنی و شیمیایی عمدتاً ارائه می‌شود (Xie *et al*., 2022). از آنجایی که خاک منبع غنی از میکروارگانیسم‌ها است که گستره ای از روابط متقابل و مبادلات با سایر ارگانیسم‌های زنده دیگر را شکل می‌دهند، ریشه‌های گیاه با خاک در تماس مستقیم قرار گرفته و و آب و عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد را جذب می‌کنند. ترشحات ریشه مواد آلی محلولی است که توسط ریشه ها سنتز و رها می‌شود و شامل اسیدهای آمینه، قندها، عوامل رشد و آنزیم‌ها است. مواد منتشر شده باعث جذب گسترده ای از سلول های میکروبی به ریشه های گیاه و تشکیل ارتباطات متنوعی بین گیاه و میکروب می‌شود (Guda *et al*., 2018).

نقش انواع میکروارگانسیم ها در امنیت غذایی

با توجه به افزایش تقاضای جهانی برای غذا، باکتری‌های مفید نقش مهمی در تامین امنیت غذایی از طریق کشاورزی پایدار دارند. گونه‌هایی از باکتری‌های محرک رشد در سال‌های اخیر به طور پیوسته در حال افزایش بوده است. این مساله به دو دلیل است: پیشرفت‌های کنونی در فناوری‌های زیست‌شناسی مولکولی و بیوانفورماتیک، و جداسازی باکتری‌های محرک رشد از مکان‌های تاکنون ناشناخته. این باکتری‌ها به عنوان کودهای زیستی، محرک‌های زیستی و عوامل کنترل زیستی بر اساس نحوه عملکردشان عمل نموده و به رشد گیاه از طرق مختلف مانند اثرات مستقیم، غیر مستقیم و هم افزایی کمک می‌کنند. از فواید این باکتری‌ها می‌توان به افزایش دسترسی به مواد مغذی مانند (N، P، Fe)، تشکیل کلروفیل، تولید فیتوهورمون‌هایی مانند جیبرلین‌ها، اکسین و مواد شیمیایی زیستی جهت محافظت از گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیر زنده اشاره کرد همچنین باعث ایجاد مقاومت القایی (ISR) و مقاومت اکتسابی سیستمیک در گیاهان (SAR) می‌شوند. مطالعات بایستی به سمت توسعه "بیوکودهای فوق العاده" هدایت شود که شامل تشکیل کارتل‌های سویه های فعال با توانایی های استثنایی در افزایش سلامت خاک، رشد گیاه و عملکرد گیاه، به منظور کاهش تفاوت بین تولید و مصرف غذا و تضمین امنیت غذایی باشند (Al-Tammar and Khalifa, 2022). استفاده از میکروب‌های مفید مانند قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار (AMF) به وضوح ثابت کرد که از طریق برقراری پیوند همزیستی با ریشه‌ها به گیاه میزبان کمک می‌کند (Imran and Amanullah, 2020). گونه‌های AMF متعلق

به زیر شاخه Glomeromycota از شاخه Mucoromycota هستند. رابطه همزیستی قارچ‌های میکوریزی و گیاهان نقش مهمی در سیستم دفاعی گیاه ایفا کرده و به‌نحو موثری می‌تواند فلزات سنگین و اثرات آن را کاهش دهد (Latef *et al*., 2016). مکانیسم‌های عمل قارچ میکوریزا جهت کاهش اثرات منفی فلزات سنگین شامل: کلات و غیرپویا کردن فلزات سنگین در میسیلیوم‌های خارجی قارچ، بهبود تغذیه‌ی معدنی به‌ویژه فسفر از طریق ترشح آنزیم فسفاتاز، تغییر pH ریزوسفر با ترشح اسیدهای آلی، تنظیم بیان ژن‌های ناقل فلزی، تولید هورمون‌های محرک رشد و ... است (Zhang *et al*., 2019). این قارچ‌ها ضمن ارتباط با گونه‌های مختلف گیاهی، سبب بهبود محتویات متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه بهبود تغذیه گیاه مخصوصا جذب فسفر شده که این افزایش رشد و توسعه سبب سنتز مولکول‌های مختلف و ترپنوئیدها، گلوکوزینولات‌ها و اسانس‌ها و ترکیبات فنلی می‌شود. علاوه بر این، همزیستیAMF با گیاهان، سبب رشد و نمو بیشتر در خاک با حاصلخیزی کم یافت می‌گردد (Yang *et al*., 2022). استفاده از ریز جلبک‌ها هم در بحث امنیت غذایی به دلایل زیر می‌تواند مفید باشد: ۱- کاهش پسماندها: جلبک ها می‌توانند به عنوان بخشی از سیستم تصفیه فاضلاب استفاده شوند و با جذب آلاینده ها و مواد مغذی از آب، آلودگی محیطی را کاهش دهند. این بهبود کیفیت آب و حذف آلاینده ها به معنای کاهش هزینه‌های تصفیه فاضلاب است (Herrera *et al*., 2021). ۲- حمایت از چرخه زیست بومی: استفاده از جلبک‌های کوچک برای تولید محصولات می‌تواند به حفظ تنوع زیستی و حمایت از چرخه زیست بومی کمک کند (Raheem *et al*., 2018). ۳- کاهش مصرف انرژی: کشت جلبک‌ها نسبت به گیاهان بالاترین قدرت جذب نور را دارند و در نتیجه مصرف انرژی برای رشد آنها کمتر است. این به معنای صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش هزینه های مرتبط با آن است تولید زیست توده جلبک‌ها به عنوان سوخت‌های زیستی و محصولات همراه می‌تواند به توسعه چرخه اقتصادی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند. (Ahmad *et al*., 2019). ۴- کاهش آلودگی: جلبک‌ها قادر به جذب دی اکسید کربن (CO_2) هستند و در نتیجه می‌توانند به کاهش آلودگی هوا کمک کنند. استفاده از جلبک‌ها در سیستم‌های کشت بر پایه آب می‌تواند به عنوان یک روش سبز برای کاهش آلودگی هوا و کاهش اثرات گلخانه ای مورد استفاده قرار گیرد (Banu *et al*., 2020). ۵- تولید زیست توده: جلبک‌ها می‌توانند به عنوان منبع غنی از پروتئین، روغن و کربوهیدرات استفاده شوند. (Herrera *et al*., 2021). به طور کلی، به طور خلاصه، استفاده از جلبک های کوچک در چرخه اقتصادی می‌تواند به کاهش پسماندها، مصرف انرژی و آلودگی محیطی کمک کند و در عین حال به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست کمک کند.

نقش ماکرو ارگانیسم‌ها در امنیت غذایی

بی‌مهرگان خاک جزء بسیار مهمی هستند تنوع زیستی کشاورزی و تا حد زیادی ساختار و عملکردهای اساسی اکوسیستم‌های طبیعی را تعیین می‌کند. آن‌ها جزء جدا نشدنی در اکوسیستم‌ها بوده و اعضای کلیدی در حفظ سلامت خاک هستند. خاک در مواجه با تغییرات نامساعد محیطی قطعا به افزایش تخریب زمین، کاهش مواد مغذی، کاهش باروری، کمبود آب، کاهش بهره وری محصول و کاهش بازده منجر خواهد شد (Chauvel *et al*., 1999). از دست دادن گونه‌هایی با نقش‌های منحصر به فرد می‌تواند سبب اثرات شدید اکولوژیکی که منجر به زوال بلندمدت

حاصلخیزی خاک و کاهش تولید محصولات کشاورزی منجر شود. مطالعات در مراتع آمازون نشان داد که ناپدید شدن گونه‌های بی‌مهرگان خاک هنگامی که جنگل با مرتع جایگزین می شود، پس از بریدگی و سوختن منجر به هجوم یک کرم خاکی می‌شود. این گونه (Glossoscolecidae) به سرعت جمعیت خود را افزایش، تغییر شکل داده، ساختار خاک را تخریب کرده و باعث کاهش بهره وری چمن می‌شود. علاوه بر این، حذف یکی از گونه‌های بزرگ کرم خاکی کلمبیایی منجر به تخریب خاک شده و مشکلاتی مانند فشردگی بیشتر خاک، هجوم علف‌های هرز، کاهش کربن خاک و کاهش زیست توده گیاهی را در مقایسه با مناطقی که گونه از آن حذف نشده بود، به وجود آورد (Decae *et al.*, ۱۹۹۹). استفاده از کرم‌های خاکی و شبه حشرات به عنوان راه حلی برای تبدیل ضایعات میوه و سبزیجات به صورت زیستی و تولید پروتئین با ارزش، می‌تواند راه حلی معتبر برای تأمین نیاز به منابع پروتئینی جدید باشد. کرم‌های خاکی گونه *Eisenia foetida* منبع خوبی از پروتئین‌های ارزشمند، ریزمغذی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها، محتوای پروتئین بالا و چربی هستند. با این حال، برای استفاده از کرم‌های خاکی به عنوان غذا برای حیوانات، بایستی استانداردهای بهداشتی رعایت شود و محصول غذایی باید ارزیابی شده و تست شود تا اطمینان حاصل شود که ایمن است. این ارزیابی شامل آزمایش‌های میکروبیولوژیکی، آزمایش شاخص‌های میکروارگانیسم‌ها، تأیید انطباق با پارامترهای ایمنی غذا و بررسی مواد شیمیایی و کیفیت محصول غذایی است. استفاده از کرم‌های خاکی به عنوان منبع جایگزین پروتئین می‌تواند به کاهش ضایعات مواد غذایی کمک کرده و در عین حال نیاز به منابع پروتئینی جدید را تأمین کند (Sun *et al.*, 2017). نتایج حاصل از پژوهش Tedesco و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که کرم های خاک قادر به تبدیل ۳۷۵۰ کیلوگرم بقایای سبزی و میوه به مدت سه ماه با تولید ۱۰۵۰ کیلوگرم کمپوست و ۸۲ کیلوگرم کرم خاک تازه با تأثیر زیست محیطی حداقل هستند و کارآمدی خوبی در کاهش ضایعات دارند. علاوه بر این، به منظور تضمین ایمنی کامل غذایی محصول نهایی، اقدامات اصلاحی شامل اجرای عملیات حرارتی و استریل کردن در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل های میکروبیولوژیکی انجام شده بر روی پودر کرم خاکی پس از استریلیزاسیون نشان داد که ایمنی میکروبیولوژیکی را برای مصرف کننده تضمین می کند. در نهایت، کنجاله کرم خاکی کنسانتره ای از مواد مغذی ارزشمند برای تغذیه دام بوده و همچنین می تواند ضایعات میوه و سبزیجات را به یک منبع تبدیل کند. برخی از موجودات مزوفون و ماکروفون خاکزی که از طریق خرد کردن (شکستن ذرات) و هضم در تجزیه بستر گیاهی شرکت کنند. آنها عمدتاً از استراتژی شکمبه ای استفاده می کنند: گلوله‌های مدفوع آنها دوباره بلع شده و پس از مدتی انکوباسیون، ترکیبات آلی قابل جذب آزاد و زیست توده میکروبی آزاد می‌شود. آنها ساختارهایی را تولید کرده که عمدتا ارگانیک، شکننده و دوام کوتاه مدتی دارند. برخی از انتقال دهنده‌های بستر، منابع از یک حالت فیزیکی به حالت دیگر، تبدیل می‌کنند. نقش شکارچیان ریز مانند نماتدها، در خاک افزایش معدنی شدن مواد آلی خاک بوده و آن‌ها از موجودات بزرگ‌تر نیز تغذیه می‌کنند. به عنوان مثال، Diplopoda (هزارپا) بستر برگ را خورد و گلوله های مدفوعی با ساختار و فیزیکی تولید می‌کند (Alexandratos and Bruinsma, 2012). کنترل بیولوژیکی در اینجا به معنای استفاده از دشمنان طبیعی برای کنترل جمعیت آفات است. این دشمنان طبیعی، که به عنوان BCA مخفف (Biological Control) شناخته می‌شوند، یک استراتژی به

منظور کاهش جمعیت آفات با استفاده حداکثر از نیروهای کنترل طبیعی مانند شکارچیان و پارازیتوئیدها و استفاده حداقل از تاکتیک‌های دیگر با حداقل اختلال و آسیب در محیط زیست است. بنابراین، کنترل بیولوژیک، پایه همهٔ برنامهٔ های مدیریت یکپارچه آفات است. BCA ها در اکوسیستم‌های کشاورزی و مناطق اطراف آن وجود دارند و ضمن تغذیه از آفات، جمعیت آن‌ها را کنترل می‌کنند. آفات عموماً شامل همه گونه‌های (بی مهرگان، مهره‌داران، علف‌های هرز و بیماری‌ها) است که به سود انسان (غذا، فیبر، سایر محصولات کشاورزی، محیط زیست و سلامت) آسیب می‌رسانند (Yeung *et al*., 2006).

نتیجه‌گیری

میکروارگانیسم و ماکروارگانیسم‌های خاک نقش بسیار مهمی در امنیت غذایی و کشاورزی پایدار دارند. میکروارگانیسم‌ها شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و برخی جلبک‌ها هستند و ماکروارگانیسم‌ها شامل کرم‌ها، حشرات و نماتدها می‌شوند. این ارگانیسم‌ها در فرآیندهای مختلف خاکی مانند تجزیه مواد آلی، افزایش فعالیت آنزیمی، تثبیت نیتروژن و سایر عناصر غذایی، تجزیه سموم و آلودگی‌ها، حفظ ساختار خاک و افزایش نفوذ پذیری آب در خاک نقش دارند. بازدهی محصولات کشاورزی به‌طور مستقیم به عوامل خاک و به ویژه به موجودات زنده در خاک وابسته است. این موجودات با افزایش تجزیه مواد آلی، زنجیره غذایی خاک را بهبود می‌بخشند و موجب افزایش تأمین عناصر غذایی برای گیاهان می‌شوند. همچنین، این ارگانیسم‌ها می‌توانند به عنوان مثال حشرات می‌توانند به کنترل آفات در مزارع کمک کنند. بنابراین، حفظ و بهبود سلامت خاک و حفظ تنوع زیستی در آن باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و بهبود امنیت غذایی می‌شود. استفاده از تیمارهای بیولوژیکی مانند کودهای آلی، کودهای بیولوژیکی و استفاده مناسب از سموم شیمیایی می‌تواند به حفظ و بهبود سلامت خاک و کاهش تأثیرات منفی بر روی محیط زیست کمک کند.

منابع

۱. اسلامی، ع. (۱۳۹۹). اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات بخش کشاورزی و امنیت غذایی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۷(۳): ۸۳-۸۷.

۲. Ahmad, A., Bhat, A. H., Buang, A., Shah, S. M. U., Afzal, M. (2019). Biotechnological application of microalgae for integrated palm oil mill effluent (POME) remediation: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology, 16,* 1763-۱۷۸۸.

۳. Herrera, A., D'Imporzano, G., Fernandez, F. G. A., Adani, F. (2021). Sustainable production of microalgae in raceways: Nutrients and water management as key factors influencing environmental impacts. *Journal of Cleaner Production, 287,* 125005.

٤. Raheem, A., Prinsen, P., Vuppaladadiyam, A. K., Zhao, M., Luque, R. (2018). A review on sustainable microalgae based biofuel and bioenergy production: Recent developments. *Journal of cleaner production, 181,* 42-59.

٥. Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision.

٦. Al-Tammar, F. K., Khalifa, A. Y. Z. (2022). Plant growth promoting bacteria drive food security. *Brazilian Journal of Biology*, *82*, e267257.
٧. Chauvel, A., Grimaldi, M., Barros, E., Blanchart, E., Desjardins, T., Sarrazin, M., Lavelle, P. (1999). Pasture damage by an Amazonian earthworm. *Nature*, *398*(6722), ٣٢-٣٣.
٨. Decaëns, T. (1999). Effect of exclusion of the anecic earthworm Martiodrilus carimaguensis Jimenez and Moreno on soil properties and plant growth in grasslands of the eastern plains of Colombia. *Pedobiologia*, *43*(6), 835-٨٤١.
٩. Food and Agriculture Organization – FAO. (2020). Food security and nutrition in the world. Rome: FAO.
١٠. Gouda, S., Kerry, R. G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H. S., Patra, J. K. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological research*, *206*, 131-140.
١١. Imran, Amanullah, M. Al-Tawaha, A. R. (2020). The productivity of subsequent wheat enhanced with residual carbon sources and phosphorus under improved irrigation system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *51*(10), 1306-1٣١٤.
١٢. Banu, J. R., Kavitha, S., Gunasekaran, M., Kumar, G. (2020). Microalgae based biorefinery promoting circular bioeconomy-techno economic and life-cycle analysis. *Bioresource technology*, *302*, 122822.
١٣. Latef, A. A. H. A., Hashem, A., Rasool, S., Abd_Allah, E. F., Alqarawi, A. A., Egamberdieva, D., Ahmad, P. (2016). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and abiotic stress in plants: a review. *Journal of plant biology*, *59*, 407-٤٢٦.
١٤. Sun, Z., Jiang, H. (2017). Nutritive evaluation of earthworms as human food. *Future foods*, *127*.
١٥. Tedesco, D. E. A., Castrica, M., Tava, A., Panseri, S., Balzaretti, C. M. (2020). From a food safety prospective: The role of earthworms as food and feed in assuring food security and in valuing food waste. *Insects*, *11*(5), 293.
١٦. Xie, Q., Liu, G., Zhang, Y., Yu, J., Wang, Y., Ma, X. (2022). Active edible films with plant extracts: A updated review of their types, preparations, reinforcing properties, and applications in muscle foods packaging and preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-23.
١٧. Yang, Y., Dou, Y., Wang, B., Xue, Z., Wang, Y., An, S., Chang, S. X. (2023). Deciphering factors driving soil microbial life-history strategies in restored grasslands. *iMeta*, *2*(1), e66.
١٨. Yeung, C. Y., Lee, H. C., Lin, S. P., Yang, Y. C., Huang, F. Y., Chuang, C. K. (2006). Negative effect of heat sterilization on the free amino acid concentrations in infant formula. *European journal of clinical nutrition*, *60*(1), 136-141.
١٩. Zhang, X., Zhang, H., Lou, X., Tang, M. (2019). Mycorrhizal and non-mycorrhizal Medicago truncatula roots exhibit differentially regulated NADPH oxidase and antioxidant response under Pb stress. *Environmental and Experimental Botany*, *164*, 10-١٩.

The role of soil organisms in food security

Kosar Asadzadeh
Asadzadeh.Kosar@yahoo.com

Abstract

Food security is one of the important issues in today's societies, which contributes to healthy and sufficient food for the world's population. In this regard, microorganisms and soil microorganisms play an important role in maintaining food security. Soil microorganisms include bacteria, algae, and fungi. These organisms participate in soil biological processes and play a very important role in maintaining soil health and nutrients for plants. Some bacteria are able to fix air nitrogen, which plants need for growth. Also, fungi play an important role in breaking down organic matter and returning nutrients to the soil. Soil microorganisms such as millipedes and earthworms also play a very important role in maintaining food security. By moving in the soil, they cause better soil ventilation and decompose organic matter and turn it into nutrients that can be absorbed by plants. also, digging their channels increases soil permeability, which causes better growth of roots and absorption of water and nutrients by plants. Therefore, microorganisms and soil microorganisms play a very important role in maintaining food security. Improving knowledge about these organisms and protecting them can help improve soil quality and provide healthy food for society.

Keywords: Food security, macro-organism, microorganism

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه روش‌های مختلف تهیه منحنی سنجه رسوب در برآورد بارمعلق حوضه-های آبخیز

(مطالعه موردی : حوضه آبخیز لیقوان استان آذربایجان شرقی)

سعید شهبازی کیا[۱]، شجاع قربانی دشتکی[۲*]، جمشید یاراحمدی[۳]، یاسر استواری[۴]، سلمان میرزایی[۵]

[۱] دانشجوی دکترای مدیریت منابع خاک-فیزیک و حفاظت خاک گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهرکرد

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهرکرد ، مسئول مکاتبه ghorbani-sh@agr.sku.ac.ir

[۳] استادیار بخش آبخیزداری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

[۴]پژوهشگر پسادکتری دانشگاه فنی مونیخ – آلمان

[۵]دانشجوی پسادکترا گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهرکرد

چکیده

برآورد دقیق از میزان رسوب حمل شده توسط شبکه رودخانه‌های یک حوضه از مشکلات اصلی در طراحی سازه‌ها و برآورد عمر مفید سدها بوده و از مسائل مهم و دارای اهمیت در پروژه‌های کلان مدیریت منابع آب می‌باشد و در این راستا مدیران دنبال یافتن دقیق‌ترین میزان رسوب منتقله توسط آبراهه‌ها به سدها و ابنیه های فنی می‌باشند لذا تعیین بهترین معادله برای برآورد رسوب در رودخانه‌ها ضروری است. به منظور تخمین بار رسوب، روش‌های مختلفی از جمله روابط رگرسیونی در قالب معادلات سنجه رسوب بکار می‌رود که این منحنی های سنجه رسوب در برآورد میزان بار رسوبی رودخانه‌ها در حال حاضر توسط محققین مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از روابط رگرسیونی حاصل از تبدیل داده‌های لگاریتمی دبی-رسوب باعث ایجاد اریب در برآورد رسوب گردیده و روش‌های مختلفی جهت رفع ناریبی رسوب برآوردی بکار می‌رود. در این مطالعه اقدام به مقایسه روش‌های برآورد منحنی سنجه رسوب روش تک خطی و روش حدوسط دسته ها در منطقه لیقوان گردید. دراین راستا دو روش مورد اشاره به کمک سه فاکتور اصلاحی شامل FAO، QMLE وSmearing تهیه و سپس کارایی آنها ارزیابی گردید. کارایی روش‌ها و ضرایب اصلاحی با استفاده از معیارهای R^2 ، RMSE، MAE، r، p و نش_ساتکلیف با همدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که روش حد وسط دسته‌ها با برآورد میزان رسوب ۴۳۰۰/۹۱ تن در سال نسبت به میزان رسوب مشاهده‌ای ۴۷۸۷/۴۱ تن در سال در منطقه مورد مطالعه نسبت به روش‌های دیگر از نظر R^2 ، RMSE ، r، p و نش_ساتکلیف دارای عملکرد بهتری برای برآورد میزان بار رسوبی منتقله توسط رودخانه لیقوان‌چای می‌باشد.

واژگان کلیدی: منحنی سنجه رسوب، روش حدوسط دسته‌ها، روش تک خطی، ضرائب اصلاحی.

مقدمه

رسوب معلق که عمدتاً از فرسایش سطح حوضه تامین میشود ونونی (۲۰۰۶)، نقش مهمی در جریان بسیاری از عناصر و مواد موجود خاک و تغییر شکل زمین، در سطح منطقه‌ای و محلی دارد. امروزه مطالعات زیادی در مورد چگونگی فرایند انتقال رسوب در رودخانه‌ها انجام می گیرد اندازه‌گیری و برآورد بار معلق رودخانه‌ها در طول سالیان متمادی جهت مدیریت حوضه‌های آبخیز مورد توجه می‌باشد (اولیو و ریجر، ۱۹۹۲). بایستی اذعان داشت برآورد میزان رسوب در ایستگاههای رسوب سنجی تا حدود زیادی نشانگر وضعیت بالادست حوضه‌ها از نظر میزان فرسایش و تخریبات موجود می‌باشد (اولیو و ریجر، ۱۹۹۲).

به طورکلی روش‌های برآورد رسوب معلق رودخانه‌ها را به سه دسته کلی مشتمل بر روش‌های میانگین‌گیری، معادلات همبستگی و نسبی تقسیم‌بندی می‌کنند (هورویتر، ۲۰۰۲). روش‌های معادله همبستگی که روش منحنی سنجه نیز نامیده می‌شود به طور گسترده‌ای در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (کیاس و رادکلیف، ۲۰۰۲). دراین روش برای ترسیم منحنی سنجه رسوب با انتقال هم زمان داده‌های دبی جریان و غلظت رسوب معلق متناظر با دبی بر روی صفحه مختصات‌دار لگاریتمی و رسم بهترین خط از بین ابر نقاط بر مبنای حداقل مربعات، معادله سنجه رسوب بدست خواهد آمد (یوسفی و زرگری، ۱۳۹۴). اما بایستی اشاره کرد که این روش میزان رسوب معلق برآوردی را خیلی کم برآورد می‌کند (توماس، ۱۹۸۵ ؛ آسلمان، ۲۰۰۰ ؛ کوهن، ۲۰۰۵ ؛ ذرتی‌پور و همکاران، ۲۰۰۹). برای رفع این مشکل از ضرائب اصلاح عاملی (فرگوسن، ۱۹۸۶؛ میلر، ۱۹۸۴) غیرعاملی (میلر، ۱۹۸۸) فائو (جونس و همکاران، ۱۹۸۱) و روش منحنی سنجه حد وسط دسته (جانسون، ۱۹۹۶) استفاده می‌شود.

به طور معمول غلظت رسوب برحسب میلی‌گرم بر لیتر و دبی جریان برحسب مترمکعب بر ثانیه، همزمان به صورت لحظه‌ای در ایستگاههای هیدرومتری اندازه‌گیری می‌شود و سپس بین غلظت یا دبی رسوب و دبی جریان آب رابطه همبستگی برقرار می‌شود و در نهایت بر اساس معادله رگرسیونی استخراجی و با استفاده از آمار دبی جریان روزانه، ماهانه، رسوب‌دهی معلق برای دوره زمانی موردنظر برون‌یابی می‌شود.

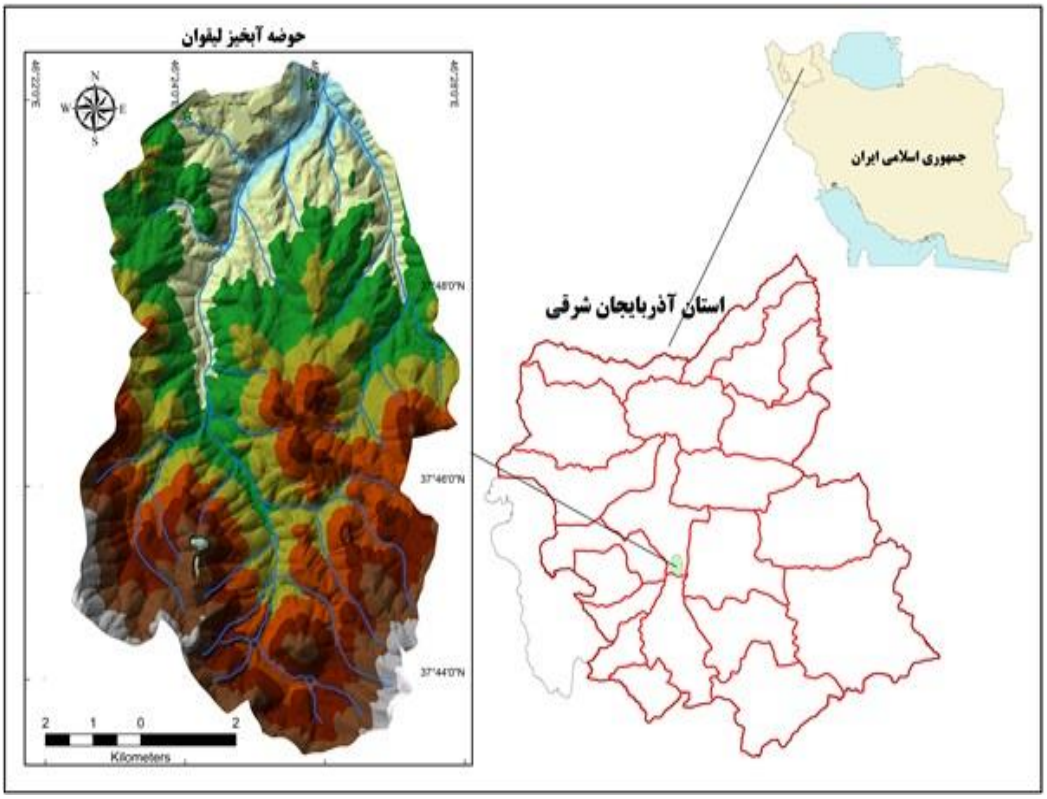
ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی مقایسه‌ای بین چند روش برآوردی بار معلق در حوضه طالقان به این نتیجه رسید که این حوضه جز حوضه‌هائی با رسوبدهی بالا قلمداد می‌شود و نیز روش برآوردی بار معلق حد وسط دسته‌ها، مناسب‌ترین روش در برآورد بار معلق این حوضه است. شیرده و عمادی (۱۳۹۵) با بررسی داده‌های ایستگاه کره‌سنگ بر روی رودخانه هراز و استفاده از روش منحنی سنجه رسوب USBR، FAO و روش حد وسط دسته‌ها میزان بار رسوب را برآورد و به این نتیجه رسید که تلفیق مدل حد وسط دسته‌ها با روش USBR بر روی داده‌های روزانه دبی بجای داده‌های ماهانه دبی مدل مناسبی برای برآورد بار معلق رودخانه هراز در محل ایستگاه کره‌سنگ می-باشد. بهمنش و همکاران (۲۰۱۸) در سه ایستگاه هیدرومتری استان آذربایجان غربی نسبت به بررسی مقدار بار رسوب

محاسباتی از طریق الگوریتم ژنتیک و رگرسیون معمولی و منحنی سنجه رسوب پرداختند و اعلام کردند روش الگوریتم ژنتیک به جای روش رگرسیون‌گیری برای برآورد ضرائب معادله توانی انتقال رسوب در منطقه مطالعاتی نتایج بهتری ایجاد می‌کنند. افتیموح (۲۰۱۹) با بررسی چهار روش برآورد رسوب منحنی سنجه ساده، منحنی سنجه استخراجی برای ماههای خشک و مرطوب، منحنی سنجه برای شاخه بالا رونده و پائین رونده هیدروگراف رواناب و منحنی سنجه دو خطه برای برآورد با رسوب در حوضه ونیتکوس در یونان برای دوره آماری ۱۹۸۲-۱۹۶۵ به این نتیجه رسید که روش استخراج رسوب از روی داده‌های ماهانه مشاهده‌اتی و روش منحنی دو خطه از روش‌های دیگر بهتر می باشد. رئیسی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی روش‌های مختلف رسوب سنجی و منحنی سنجه رسوب و تاثیر زمان اندازه‌گیری در رودخانه گامسیاب استان همدان به این نتیجه رسید که استفاده از منحنی سنجه تک خطی بدون در نظر گرفتن زمان اندازه‌گیری باعث ایجاد خطا و کاهش رسوب برآوردی رودخانه گامسیاب خواهد شد.

این پژوهش به منظور بررسی روش‌های مختلف برآورد بار رسوب همچون منحنی سنجه تک خطی ، روش حد وسط دسته‌بندی و روش‌های اصلاح‌گر همچون FAO، QMLE و Smearing باداشتن آمار بلندمدت از دبی‌های متناظر با رسوب اندازه‌گیری شده طراحی گردید و سعی شد با کمک روش تداوم جریان و احتمال وقوع هر دبی برآورد دقیق‌تری از میزان رسوب منتقله به پائین دست حوضه را مورد برآورد قرار داد. بایستی اذعان داشت روش‌های برآوردی دارای دقت مناسبی برای مناطقی که به آمار دبی و رسوب اندازه گیری شده دسترسی ندارد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز لیقوان از نظر مختصات جغرافیایی متریک (**UTM**) در زون ۳۸ و بین طول‌های ۶۲۰۹۹۲ تا ۶۲۹۱۵۶ متر شرقی و عرض‌های ۴۱۷۵۶۵۳ تا ۴۱۸۸۹۴۲ متر شمالی واقع شده است. وسعت حوضه آبخیزلیقوان برابر ۷۵۷۶ و محیط حوضه نیز ۳۹/۷۴۰ کیلومتر می‌باشد. ایستگاه هیدرومتری درجه یک لیقوان در مختصات ۶۲۶۲۴۹ مترشرقی و ۴۱۸۸۶۶۴ متر شمالی بر روی رودخانه لیقوان چای درمحل خروجی حوضه می‌باشد این ایستگاه دارای آمار دبی از سال ۱۳۳۲ و رسوب از سال ۱۳۴۹ می‌باشد. نقشه ۱ موقعیت حوضه آبخیز لیقوان در کشور، استان و شهرستان را نشان می‌دهد بیشترین ارتفاع حوضه۳۵۶۲ متر در شمالغربی حوضه و کمترین مقدار آن ۲۲۰۴ متر در نقطه خروجی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت حوضه پژوهشی لیقوان

با بررسی تعداد آمار رسوب برداشتی در طی ۵۰ سال اخیر (۱۳۴۹ تا ۱۳۹۹) مشخص می شود فروردین ماه با بیشترین تعداد برداشت نمونه (۱۳۴ نمونه برای ۵۰ سال) و دی ماه با کمترین میزان نمونه برداشتی (۴۷ نمونه برای ۵۰ سال) میباشد. همانطور که از تعداد داده‌های برداشتی (۱۰۱۷جفت داده) از میزان رسوب متناظر با رسوب مشخص است این تعداد داده جهت برآورد دقیق میزان رسوب منتقله توسط رودخانه لیقوان‌چای کافی نیست لذا هیدرولوژیست‌ها معمولا در صورت کمبود داده‌های غلظت رسوب معلق، از منحنی‌های سنجه برای پیش‌بینی و برآورد غلظت رسوب معلق جریان استفاده می‌کنند (هورویتز، ۲۰۰۲). روش‌های برآورد رسوب از نظر نوع منحنی سنجه و استفاده از دبی جریان به منحنی سنجه یک خطی، چندخطی و حد وسط دسته‌ها تقسیم می‌شوند که تمامی آنها از رابطه شماره۱ اداره احیای اراضی امریکا[۱](USBR) پیروی می کنند (شیرده و عمادی، ۱۳۹۵). این رابطه به صورت زیر است :

$$Q_s = a\,Q_w^b \qquad (۱)$$

[۱] U.S. Bureau of Reclamation

که در آن Q_s : دبی رسوب بر حسب $^{mgr}/_{lit}$ یا $^{ton}/_{day}$، Q_w : دبی جریان بر حسب $^{m^3}/_{sec}$ و a وb ضرائب ثابت معادله هستند.

همچنین برای تبدیل مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت متوسط مواد رسوبی معلق به دبی رسوب معلق از رابطه شماره ۲ که روش مستقیم تعیین دبی رسوب می‌باشد استفاده می‌گردد.

$$Q_s = 0.0084.C.Q_w \qquad (۲)$$

که در آن Q_s : دبی مواد رسوبی بر حسب $^{ton}/_{day}$، Q_w : دبی جریان بر حسب $^{m^3}/_{sec}$ و C متوسط غلظت مواد رسوبی بر حسب $^{mgr}/_{lit}$ معادله هستند.

رابطه شماره ۱به دلیل داشتن اریب[۱]در بیشتر مواقع نتوانسته غلظت رسوب در دبی‌های مختلف جریان را به خوبی برآورد کند و اریب در واقع باعث شده تا مقدار باقیمانده ها (اختلاف بین مقادیر مشاهده‌ای با مقادیر محاسباتی) توزیع نرمالی نداشته و مقدار آن بیشتر از صفر شود (کائو وهمکاران، ۲۰۰۵). اریب منحنی‌های سنجه از دو عامل نشات می‌گیرد، ۱- تغییر شکل معادله از حالت لگاریتمی به حالت طبیعی مدل رگرسیون خطی که در اصل مربوط به ذات منحنی سنجه است. ۲- ناشی از عمل برون‌یابی برای برآورد دبی‌های بالاست که در ارتباط با کمیت و کیفیت داده‌ها بوده و باعث می‌شود رسوب برآوردی خطای زیادی داشته باشد (آیادنزا و ناپولیتانو، ۲۰۰۶). عوامل بالا باعث کم برآوردی[۲]مقدار رسوب انتقالی می‌شود که با پراکندگی[۳]نقاط نمونه ارتباط مستقیم دارد بنابراین برای بدست آوردن برآوردهای نااریب یک سری فاکتورهای اصلاحی[۴](CF) به شکل رابطه شماره ۳ در معادله منحنی سنجه رسوب به کار گرفته می‌شود.

$$Q_s = CF.a.Q_w^b \qquad (۳)$$

a وb وQ_sوQ_w همان پارامترهای رابطه شماره ۲ بوده و CF ضریب اصلاحی است. بر این اساس چند فاکتور اصلاحی در سالهای اخیر توسط محققان به صورت زیر جهت رفع نااریبی داده‌ها ارائه شده است.

[۱] Bias
[۲] underestimation
[۳] scatter
[۴] Correction factor

۱-ضریب اصلاحی FAO : روش فائو توسط (جونز و همکاران، ۱۹۸۱) برای تعدیل ارقام و نزدیک کردن مقادیر محاسباتی به مقادیر مشاهده‌ای برای مناطق خشک و نیمه خشک مطرح شده است. در این روش ضریب α به عنوان فاکتور اصلاحی، به صورت زیر جایگزین ضریب a در رابطه USBR شده است (عرب خدری و هکاران، ۲۰۰۴).

$$Q_s = \alpha\, Q_w^b \qquad (۴)$$

فاکتور اصلاحی α از رابطه شماره ۵ به دست می‌آید

$$\alpha = \frac{\overline{Q_s}}{Q_w^b} \qquad (۵)$$

که در آن $\overline{Q_s}$:میانگین دبی رسوب مشاهداتی بر حسب $^{mgr}/_{lit}$ و $\overline{Q_w}$: میانگین دبی جریان نمونه‌های مشاهده‌ای است. $^{m^3}/_{sec}$

۲-ضریب اصلاحیQMLE: روش تخمین گر شبه بیشینه درست نمائی توسط (فرگوسن، ۱۹۸۶) برای اصلاح اثر تبدیل لگاریتمی با فرض نرمال بودن توزیع نرمال خطاهای باقی مانده به کار گرفته شده است و بیش‌تر در مورد اریب منفی ذاتی منحنی رسوب به کار برده می شود. این روش که به نام روش پارامتری (CF_1) نیز گزارش شده، از یک ضریب تصحیح بر اساس مجذور خطای استاندارد باقیمانده رگرسیون استفاده می کنند و معادله آن به شکل رابطه شماره ۶ می‌باشد (آیادنزا و ناپولیتانو، ۲۰۰۶).

$$CF_{QMLE} = e^{(۲.۶۵\, S^2)} \qquad ۶)$$

که در آن، e تابع نمایی و S^2 خطای استاندارد (مجذور میانگین) معادله رگرسیون در لگاریتم با مبنای ۱۰ است که از رابطه شماره ۷ به دست می‌ید.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\log c_o - \log c_e)}{n-2} \qquad (۷)$$

در این رابطه c_o غلظت رسوب مشاهده‌ای (تن در روز)، c_e غلظت رسوب برآوردی (تن در روز) و n تعداد نمونه‌های مشاهده‌ای است.

[1] Quasi-Maximum Likelihood Estimator

۳-ضریب اصلاحی بازسازی[۱]: این روش اصلاحی توسط (دون، ۱۹۸۳) درمورد برازش جذر مربع و یا جذرمکعب داده‌ها استفاده می‌شود. این روش که به ضریب اصلاحی غیرپارامتری (CF_2) نیز معروف است با رد توزیع نرمال خطاهای باقی‌مانده، برای حذف اریبی داده‌ها ارائه شده و شکل کلی معادله آن به صورت رابطه شماره ۸ می‌باشد (وروانی وهمکاران ، ۲۰۰۸).

$$CF_{smearing} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{\varepsilon_i} \quad (۸)$$

$$\varepsilon_i = (\log c_o - \log c_e) \quad (۹)$$

که در آن ε_i باقیمانده حداقل مربعات مدل رگرسیونی، c_o غلظت رسوب مشاهده‌ای (تن در روز)، c_e غلظت رسوب برآوردی (تن در روز) و n تعداد نمونه‌های مشاهده‌ای است.

معیارهای اعتبار سنجی:

به منظور ارزیابی نتایج منحنی سنجه و ضرائب اصلاحی و مقایسه آن با مشاهدات واقعی، از معیارهای میانگین مربعات خطا (RMSE)[۲]، میانکین قدر مطلق خطای نسبی (MAE)[۳]، ضریب تبیین (R^2)[۴]، نسبت اختلاف(r)[۵]، شاخص صحت (p)[۶] و ضریب نش-ساتکلیف (NS)[۷] طبق روابط زیر استفاده گردید.

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(SSE_o - SSC_e)^2}{N}\right)} \quad (۱۰)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(SSE_O - SSE_E)^2}{N} \quad (۱۱)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (SSE_e - SSE_O)^2}{\sum SSE_e^{\,2}} \quad (۱۲)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(SSE_o - SSE_e)^2}{\sum_{i=1}^{n}(SSE_o - SSE_m)^2} \quad (۱۳)$$

[۱] smearing
[۲] Root Mean Square Error
[۳] Mean Absolute Error
[۴] R-squared
[۵] relative difference
[۶] Precision
[۷] Nash Sutcliffe efficiency

$$r = \frac{\sum Q_{ssee}}{\sum Q_{sseo}} \quad (۱۴)$$

$$p = \left[\frac{\sum_{i=}^{n}\left(\frac{ssc_e}{ssc_o}\right)}{N}\right] \quad (۱۵)$$

در روابط بالا SSE_O غلظت رسوب مشاهده‌ای (ton/day)، SSE_e غلظت رسوب برآوردی (ton/day) ، $SSEm$ متوسط غلظت مشاهده‌ای رسوب (ton/day) و N تعدادنمونه‌های مشاهده‌ای می‌باشد.

بایستی در نظر گرفت که به غیر از ضریب $RMSE$ هرچه مقدار بقیه شاخص‌های محاسبه شده به یک نزدیک باشد دقت مدل جهت برآورد میزان رسوب بهتر می‌باشد.

نتایج و بحث

استفاده از معادلات منحنی سنجه رسوب یکی از روش‌های ساده در برآورد بار معلق است و این سهولت باعث شده است که کاربرد زیادی را در برآورد های بار معلق داشته باشند اما این معادلات معمولا میزان رسوب برآوردی را درست بدست نمی‌آورند که برای رفع این مشکل از ضرائب مختلف و یا روش حدوسط دسته ها برای واقعی‌تر شدن برآورد رسوب استفاده می‌شود.

جدول شماره ۱ نتیجه مقایسه و اعتبار سنجی میزان رسوب برآوردی با روش‌های مختلف را ارائه می‌کند. همچنین اشکال شماره ۶ تا ۱۰ نمودارهای مقایسه‌ای مابین روش‌های مختلف برآورد میزان رسوب با رسوب مشاهداتی را نشان می‌دهد. با بررسی معیارهای اعتبارسنجی، روش حد وسط دسته‌ها و منحنی سنجه تک خطی در مجموع برآوردهای صحیح‌تری در مقایسه با سایر روش‌ها داشته و برای استفاده در شرایط مشابه توصیه می‌شود. اثرات مثبت حد وسط دسته‌ها در بهبود برآوردها با نتایج پژوهش‌های عرب خدری و همکاران (۲۰۰۴) و میرزائی و همکاران (۱۳۸۴) همخوانی دارد. مزیت عمده استفاده از منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها را می‌توان در خنثی کردن اثر وجود نمونه‌های بیشتر در دبی‌های کم در روش‌های آمارگیری ذکر کرد زیرا با متوسط‌گیری از دسته‌های جریان، تعداد زیاد مشاهدات در دبی‌های پایه دیگر اثری بر روند منحنی سنجه نخواهد داشت و از طرف دیگر چون در این روش تعداد نمونه‌ها به حداقل رسیده است تعداد خطای ناشی از تبدیل لگاریتمی که به پراکنش و تعداد نقاط بستگی دارد نیز تا حدود زیادی کاهش می‌یابد (جانسون، ۱۹۹۶). زیادی برآورد در مدل FAO نیز به دلیل وجود داده‌های استثنایی با مقادیر رسوب بیشتر در زوج متناظر دبی جریان و رسوب، تاثیر زیادی بر افزایش مقدار رابطه ۵ دارد که در آن تغییرات مخرج کسر، محدودتر از صورت کسر است از این امر به عنوان یکی از نقاط ضعف این روش یاد می‌شود و آن به این

معنی است که رابطه‌ی ۵ میزان رسوب معلق برآوردی را بیش از مقدار رسوب مشاهده‌ای نشان می‌دهد که به وضوح در شکل ۸ دیده می‌شود.

جدول شماره (۱) – نتایج اعتبار سنجی انواع مدلهای برآورد دبی رسوب

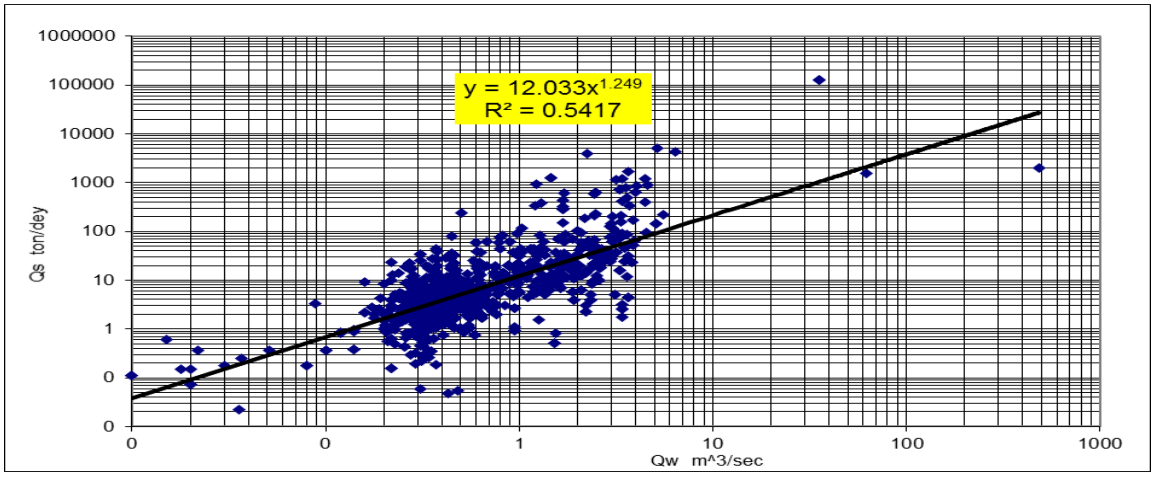
روش برآورد رسوب	مقدار رسوب برآوردی (تن درسال)	RMSE	R2	MAE	NS	r	p
USBR	۷/۷۳۰۲	۹۸/۴۰۹	۱۴/۰	۸۱/۲۱۸	۲۷/۰	۴۳/۱	۵۵/۵
حد وسط دسته-ها	۱۱/۴۰۸۳	۱۱۶	۲۸/۰	۴۳/۳۰۶	۹۴/۰	۸۳/۰	۲۳/۳
FAO	۷۲/۲۱۱۱	۶۲/۲۲۴	۰۱/۰	۵/۹۹۷۰	۹۳/۹۳۱-	۹۸/۱۹	۵۳/۷۷
QMLE	۲۵/۷۰۱۶	۷۲/۱۴۲۳	۰۸/۰	۳۷/۱۲۶۷	۷,۸۰-	۷۶/۲	۷۱/۱۰
smearing	۳۹/۱۷۳۲۶	۶۹/۱۹۹۲	۰۶/۰	۸۹/۱۶۴۱	۳/۱۶-	۵/۳	۶/۱۳

با کمک داده‌های روزانه ثبت شده دبی، میزان رسوب مشاهداتی با استفاده از روش داده‌های روزانه برابر۴۱٫۴۷۸۷ تن در سال محاسبه شده است. جدول شماره ۲ قسمتی از رسوبات اندازه‌گیری شده در ایستگاه لیقوان را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۲) – قسمتی از رسوب اندازه گیری شده بر حسب تن در هکتار در ایستگاه لیقوان

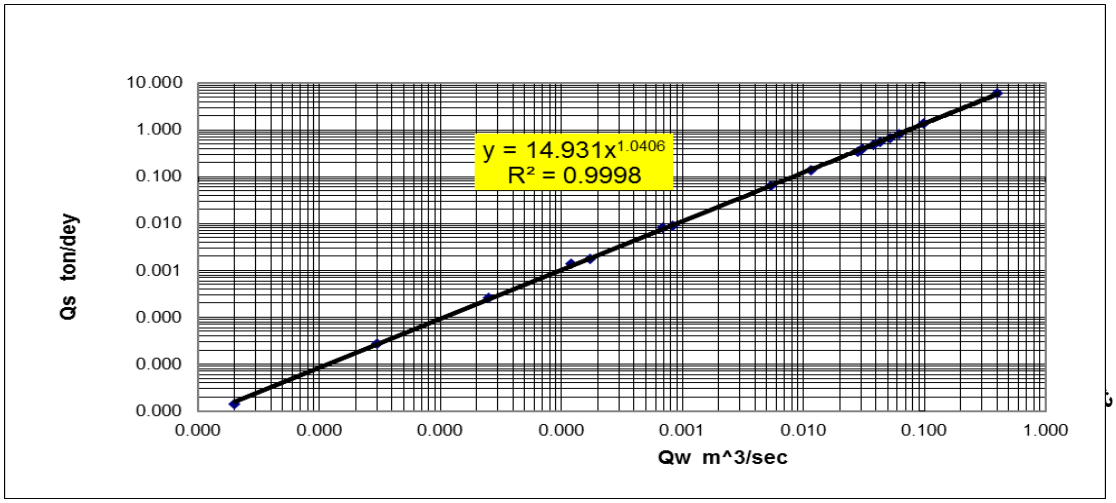
سال	ماه												جمع
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	
۸۴	۹۹۵.۴	۱۱۲۹.۵	۴۴۲.۴	۶۰.۴	۵.۰	۱۳.۷	۲.۷	۱۰.۵	۹.۶			۸.۳	۲۶۷۷.۵
۸۵	۹.۵	۶۳.۲	۳۳.۱	۶.۶	۱۵۳۱.۸	۹.۸	۱۷.۴	۸.۲	۹.۱		۸.۷	۱۹.۰	۱۷۱۶.۶
۸۶	۱۶.۹	۲۲.۱	۱۴.۰	۲۵.۹	۷.۲	۲۴.۸	۹.۴	۱۹.۹	۱۶.۱			۳۸.۱	۱۹۴.۳
۸۷	۳.۴	۱۷.۱	۱۷.۵		۸.۵	۰.۰	۲.۱	۱۱.۶	۱۲.۱	۱.۶	۵.۶	۳۷۶.۱	۴۵۵.۵
۸۸	۱۹.۸	۸۹۹.۵	۴۶.۵	۵.۶	۱.۹	۰.۶	۲۲.۹	۰.۲	۱.۲	۰.۱	۲.۷	۰.۷	۱۰۰۱.۷
۸۹	۹.۰	۶۱.۴	۱۲.۵	۶.۶	۰.۸	۵.۷	۲.۸	۱۱.۲	۴.۰	۱۰.۳	۷.۱	۷.۲	۱۳۸.۵
۹۰	۲.۹	۴۱.۵	۳۳.۷	۹.۶	۵.۴	۰.۰		۳.۸	۲۶.۶	۱.۵		۵.۱	۱۳۰.۲
۹۱	۶۳.۶	۲۶.۲	۳۸.۷	۵.۸	۱.۲	۰.۴	۱۳.۱	۲.۳	۰.۰	۰.۱	۶.۰	۸.۶	۱۶۵.۹
۹۲	۲۰.۹	۹۷.۲	۴۶.۰	۱۸۶.۴	۵.۴	۰.۹	۱.۷	۸.۲	۴.۱	۶.۷	۲.۵	۲۰.۰	۴۰۰.۲
۹۳	۲۰.۲	۶۲.۵	۵۰.۲	۱.۰	۰.۳	۰.۰	۱.۹	۵.۰	۶.۳	۱.۷	۲۵.۶	۵.۳	۱۸۰.۱
۹۴	۳.۷	۳۴.۲	۲۶.۷	۸۸.۷	۲.۰	۳۹۹۴.۷	۵.۰	۸.۵	۱۰.۵	۱.۶	۷.۱	۸۳.۸	۴۲۶۶.۵
۹۵	۳.۲	۱۵۳.۳	۲۳۲.۶	۱۸.۸	۱۲.۹	۰.۲	۰.۷	۳.۹	۴.۰	۰.۹	۲.۱	۴۵.۱	۴۷۷.۹

نمودار شماره ۳ منحنی استخراجی از روی داده‌های متناظر دبی–رسوب بعد از پیرایش داده‌ها و حذف داده‌های تکراری می‌باشد. که در نمودار به وضوح تاثیر پراکنش داده‌ها در دبی‌های کم بر روی منحنی سنجه رسوب را نشان می‌دهد.

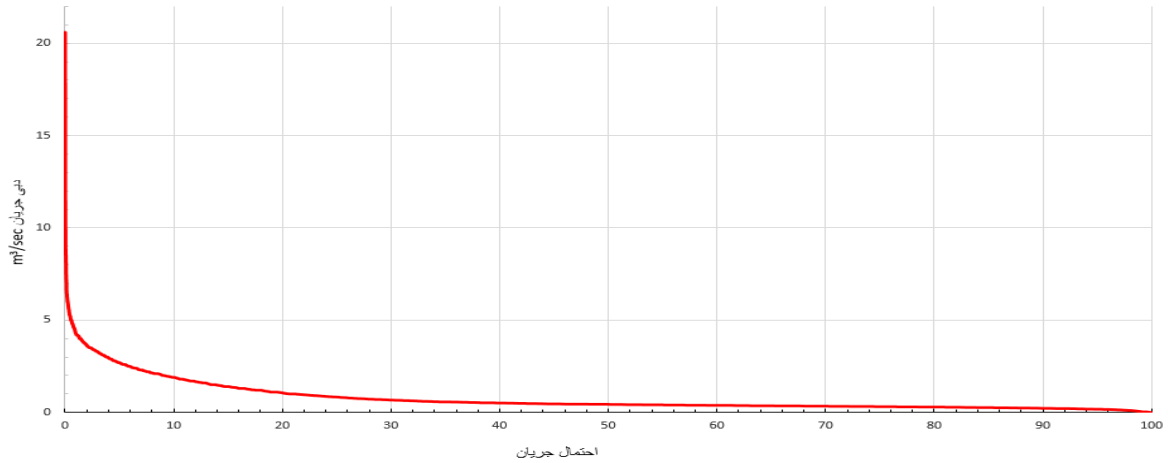


شکل شماره(۳) منحنی دبی و رسوب رودخانه لیقوان‌چای در ایستگاه لیقوان به روش منحنی سنجه رسوب

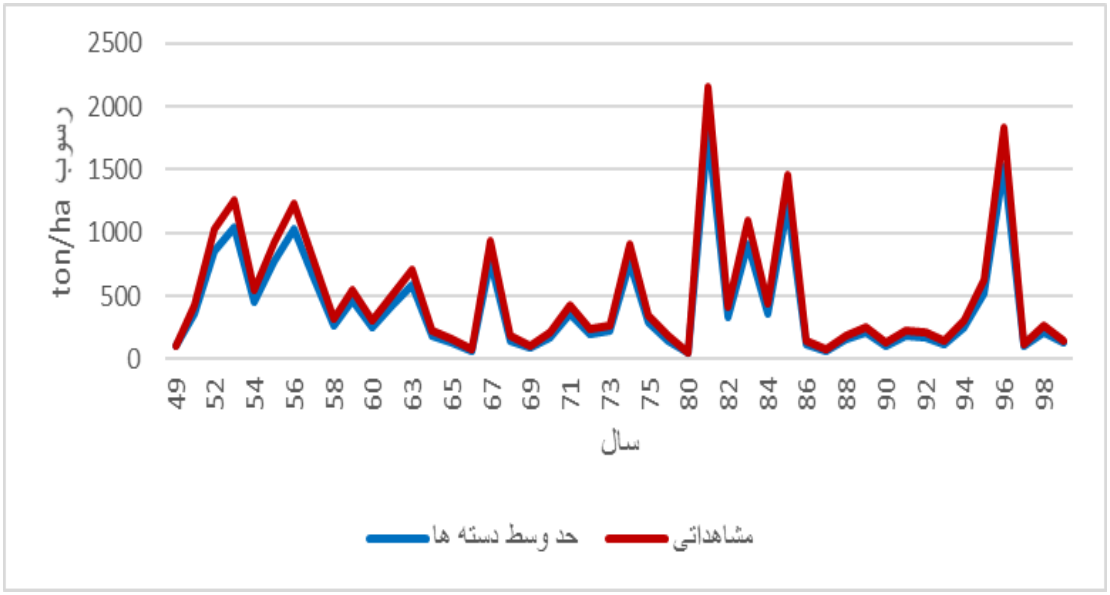
منحنی حد وسط دسته‌ها شکل ۴ از روی داده‌های رسوب معلق و دبی جریان متناظر و منحنی تداوم جریان درازمدت سالانه رودخانه (شکل شماره ۵) بدست می‌آید. لازم به توضیح است جهت بدست آوردن منحنی تداوم، ابتدا جریان دبی روزانه ثبت شده ایستگاه لیقوان ماخوذه از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌شرقی به صورت نزولی مرتب شده و بر روی محور Yها نشان داده می شود و در روی محور Xها احتمال وقوع تجربی آن از فرمول تجربی ویبول (زارع چاهوکی، ۱۳۹۲) بدست می‌آید. در این تحقیق ضرائب اصلاحی $CF1$ و $CF2$ نسبت به روش FAO برآوردهای مناسب‌تری را ارائه داده است.



شکل ۴- منحنی دبی و رسوب رودخانه لیقوان‌چای در ایستگاه لیقوان به روش منحنی حد وسط دسته‌ها



شکل شماره (۵) نمودار تداوم جریان رودخانه لیقوان‌چای در محل ایستگاه لیقوان



شکل شماره (۶) – منحنی رسوب مشاهداتی و رسوب برآوردی به روش حد وسط دسته‌ها

نتیجه‌گیری

استفاده از معادلات منحنی سنجه رسوب یکی از روش‌های ساده در برآورد بار معلق است و این سهولت باعث شده است که کاربرد زیادی را در برآوردهای بار معلق داشته باشند اما این معادلات معمولا میزان رسوب برآوردی را دقیق برآورد نمی‌کند که برای رفع این مشکل از ضرائب مختلف و یا روش حدوسط دسته ها برای واقعی‌تر شدن برآورد رسوب استفاده می‌شود. در این پژوهش برای واقعی‌تر کردن برآورد میزان رسوب در حوضه‌های آبخیز فاقد ایستگاه هیدرومتری از جمله روابط رگرسیونی در قالب معادلات سنجه رسوب استفاده شد. استفاده از روابط رگرسیونی حاصل از تبدیل داده‌های لگاریتمی دبی-رسوب باعث ایجاد خطا در برآورد رسوب می‌شود و روش‌های مختلفی جهت رفع خطای رسوب برآوردی وجود دارد که می‌توان به منحنی سنجه رسوب روش تک خطی و روش حدوسط دسته ها و*FAO*، *QMLE* و*Smearing* اشاره کرد. با بررسی معیارهای اعتبارسنجی، روش حد وسط دسته‌ها و منحنی سنجه تک خطی در مجموع برآوردهای صحیح‌تری در مقایسه با سایر روش‌ها داشته و برای استفاده در شرایط مشابه توصیه می‌شود. اثرات مثبت حد وسط دسته‌ها در بهبود برآوردها با نتایج پژوهش‌های عرب‌خدری و همکاران (۲۰۰۴) و میرزائی و همکاران (۱۳۸۴) همخوانی دارد. مزیت عمده استفاده از منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها را می‌توان در خنثی کردن اثر وجود نمونه‌های بیشتر در دبی‌های کم در روش‌های آمارگیری ذکر کرد زیرا با متوسط‌گیری از دسته-های جریان، تعداد زیاد مشاهدات در دبی‌های پایه دیگر اثری بر روند منحنی سنجه نخواهد داشت و از طرف دیگر چون در این روش تعداد نمونه‌ها به حداقل رسیده است تعداد خطای ناشی از تبدیل لگاریتمی که به پراکنش و تعداد نقاط بستگی دارد نیز تا حدود زیادی کاهش می‌یابد (جانسون، ۱۹۹۶). زیادی برآورد در مدل *FAO* نیز به دلیل وجود داده‌های استثنایی با مقادیر رسوب بیشتر در زوج متناظر دبی جریان و رسوب، تاثیر زیادی بر افزایش مقدار رابطه فائو دارد که در آن تغییرات مخرج کسر، محدودتر از صورت کسر است از این امر به عنوان یکی از نقاط ضعف این روش یاد می‌شود و آن به این معنی است که رابطه‌ی فائو میزان رسوب معلق برآوردی را بیش از مقدار رسوب مشاهده‌ای نشان می‌دهد.

فهرست منابع

-ذرتی پور، ا.، مهدوی، م.، خلیقی سیگارودی، ش.، سلاجقه، ع.، و شمس المعالی، ن. (۱۳۸۷). بررسی تاثیر طبقه بندی رسوب بر بهبود روش های هیدرولوژیکی برآورد بار معلق رودخانه ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان). منابع طبیعی ایران، ۶۱(۴).

رنجبر، ع.، امامقلی زاده، ص.، و کریمی، ر. (۱۳۹۵). برآورد میزان رسوبات معلق رودخانه هراز آمل با استفاده از روش FAO، USBRو رگرسیون خطی P .پانزدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران-http://www.civilica.com/paper-ihc15

رئیسی، م.، نجفی‌نژاد، ع. وعظیم محسنی، ع. (۱۳۹۸). بررسی پدیده های زمانی منحنی سنجه رسوب و مقایسه آن با چند روش آماری برای برآورد بار رسوب معلق (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گاماسیاب). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۱۰(۲۰)، ۸۳-۹۶

زارع چاهوکی، ا.، سلاجقه، ع.، مهدوی، م.، خلیقی سیگارودی، ش.، و اسدی، س. (۱۳۹۲). مدل منطقه ای منحنی تداوم جریان حوزه های آبخیز بدون آمار مناطق خشک (مطالعه موردی: ایران مرکزی). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۶(۲).

شیرده، ح.، و عمادی، ع. (۱۳۹۵). ارزیابی روش‌های مختلف منحنی سنجه در برآورد بار رسوب معلق رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه هراز، ایستگاه کرهسنگ **(**دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران)**https://civilica.com/doc/555106.**

کالوندی، س.م.، خداشناس، س. ر.، قهرمان، ب.، و بوستانی، آ. (۲۰۱۰). آنالیز روش‌های مختلف منحنی سنجه در برآورد رسوب ورودی به سدها (مطالعه موردی: سد دوستی). نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱(۱)، ۱۰-۲۰

میرمعینی، آ. (۱۳۸۶). بررسی صحت و دقت منحنی سنجه رسوب چند متغیره در برآورد باررسوبی (مطالعه موردی در چند رودخانه منتخب). پایان نامه کارشناسی ارشد. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

میرزایی، م.، عرب خدری، م.، فیض نیا، س.، و احمدی، ح. (۱۳۸۴). مقایسه روش های آماری برآورد رسوب معلق رودخانه ها. منابع طبیعی ایران، ۵۸(۲).

نجفی نژاد، ع.، مردیان، م.، وروانی، ج.، و شیخ، و. (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی ضرایب اصلاحی در بهینه سازی منحنی سنجه رسوب (مطالعه موردی: حوضه سد کمال صالح استان مرکزی). پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۸(۲).

یوسفی, م.، وبرزگری، ف. (۱۳۹۴). تعیین مناسب ترین روش منحنی سنجه و مقایسه آن با شبکه عصبی مصنوعی به منظور برآورد رسوبات معلق (مطالعه موردی: استان لرستان). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران، ۶۸)

Arabkhedri, M., varvani, J., and hakimkhani, S. (2004). the validity of extrapolation methods in estimation of annual mean suspended sediment yield (17 hydrometric stations). *journal of agricultural sciences and natural resources*, *11*(3).

Asselman, N. E. M. (2000). Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, *234*(3), 228-248. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00253-5

Bahmanesh, j., Mohammadpour, m. and Bateni, m.m. (2018). Comparison of River Suspended Sediment Load Estimation, using Regression and GA Methods. journal of watershed management research, 8(16), 132-141. doi: 10.29252/jwmr.8.16.132

Cohn, T. A. (2005). Estimating contaminant loads in rivers: An application of adjusted maximum likelihood to type 1 censored data. *Water Resources Research*, *41*(7).

Duan, N. (1983). Smearing estimate: a nonparametric retransformation method. *Journal of the American Statistical Association*, *78*(383), 605-610.

Efthimiou, N. (2019). The role of sediment rating curve development methodology on river load modeling. Environmental monitoring and assessment, 191(2), 108.

Ferguson, R. (1986). River loads underestimated by rating curves. *Water Resources Research*, 22(1), 74-76.

Hayatzadeh, M., Chezgi, J., and Dastorani, M. T. (2015). Evaluation of Sediments Using Rating Curve and Artificial Neural Network Methods by Combining Morphological Parameters of Basin (Case Study: Bagh Abbas Basin). Journal of Water and Soil Science, 19(72), 217-2۲۸.

Horowitz, A. J. (2002). *The use of rating (transport) curves to predict suspended sediment concentration: a matter of temporal resolution.* Paper presented at the Proceedings of the workshop, Turbidity and other sediment surrogates, April 30-May 2, 2002, Reno, NV, USA.

Iadanza, C., and Napolitano, F. (2006). Sediment transport time series in the Tiber River. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 31*(18), 1212-1227.

Jansson, M. B. (1996). Estimating a sediment rating curve of the Reventazón river at Palomo using logged mean loads within discharge classes. *Journal of Hydrology, 183*(3), 227-241. https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02988-5

Jones, K., Berney, O., Carr, D., and Barrett, E. (1981). *Arid zone hydrology for agricultural development*.

Kao, S.-J., Lee, T.-Y., and Milliman, J. D. (2005). Calculating highly fluctuated suspended sediment fluxes from mountainous rivers in Taiwan. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences, 16*(3), 653.

Keyes, A. M., and Radcliffe, D. (2002). A protocol for establishing sediment TMDLs. *The Georgia Conservancy: Atlanta, GA*.

Miller, D. M. (1984). Reducing transformation bias in curve fitting. *The American Statistician*, 38(2), 124-126.

Miller, T. K. (1988). Comment on "River loads underestimated by rating curves" by RI Ferguson. *Water Resources Research, 24*(7), 1217-1219.

Mosaedi, A., Najafi, F. H., Heydarnejad, M., Nabizade, M., and Meshkati, M. (2009). Estimation of settling loads in Karaj and Dez Dam reservoirs. *Journal of Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, 16*(2), 261-272.

Olive, L., and Rieger, W. (1992). Stream suspended sediment transport monitoring-why, how and what is being measured.

Refahi, H.G. 2005. Water erosion and its control. Tehran University Publication, 552 pages (in Persian).

Thomas, R. B. (1985). Estimating total suspended sediment yield with probability sampling. *Water Resources Research, 21*(9), 1381-1388.

Vanoni, V.A. (۲۰۰۶). Sedimentation engineering. American Society of Civil Engineers, 418 pages

Varvani, J., NAJAFI, N. A., and MIRMOEINI, K. A. (2008). Improving of sediment rating curve using minimum variance unbiased estimator.

Zoratipour, A., Mahdavi, M., Sigaroudi, S. K., Salajegheh, A., and Almaali, N. S. (2009). Assessment of the effect of classification on the improved estimation of suspended sediment load using hydrological methods (case study: Taleghan basin). *Iranian Journal of Natural Resources*, *61*(4), 809-819.

چکیده انگلیسی

Comparison of different methods for estimating watershed sediment

(Case study: Liqvan watershed of East Azerbaijan province)

Saeed ShahbaziKia: Ph.D Candidatė **in soil resource management-physics and soil conservation Department of Soil Science and Engineering, Shahrekord University.**

Shoja Ghorbani Dashtaki: professor of soil science and engineering department of Shahrekord University, responsible for correspondence .

Jamshid Yarahmad: Assistant Professor of Watershed Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of East Azarbaijan Province.

Yasser Estwari: Post-doctoral researcher at the Technical University of Munich – Germany.

Salman Mirzaei: Post-doctoral Researcher, Department of Soil Science and Engineering, Shahrekord University

Abstract:

Accurate estimation of the amount of sediment transported by the hydrologic network or rivers of a basin is one of the main problems in the design of structures and estimating the useful life of dams and is one of the important issues in large water resources management projects. In this regard, managers seek to find the most accurate amount of sediment transferred by rivers to dams and technical buildings, so it is necessary to determine the best equation for estimating sediment in rivers. To estimate the sediment load, various methods including regression relationships are used in the form of sediment measurement equations that these sediment measurement curves are currently used by researchers to estimate the sediment load of rivers. The use of regression relations resulting from the conversion of logarithmic discharge-sediment data causes a bias in sediment estimation and various methods are used to eliminate the uncertainty of sediment estimation. In this study, the methods of estimating the sediment measurement curve of the single-line method and mean clusters method of categories in the Liqvan region were compared. In this regard, the two mentioned methods were prepared with the help of three correction factors including FAO, QMLE, and Smearing, and then their efficiency was evaluated. The efficiency of correction methods and coefficients were compared using R^2, RMSE, MAE, r, p, and Nash-Sutcliffe criteria. The results showed that the mean clusters method of the categories by estimating the amount of sediment of 4343.91 tons per year compared to the observed sediment of 4787.41 tons per year in the study area compared to other

۱ **Corresponding Author:** shahbazikia00027@gmail.com

methods in terms of R2, RMSE, r, p, and Nash-Sutcliffe has a better performance for estimating the sediment load transferred by the Liquvanchai River.

Keywords: Sediment measurement curve, mean clusters method, single line method, correction coefficients.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(تخریب اراضی: آلودگی خاک)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر پراکنش فلزات سنگین بر جمعیت نماتد در خاک‌های اطراف محل دفن زباله شهری گرگان

علی سودمند[۱]، سهیلا ابراهیمی[۲]*، فرشاد کیانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

*۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگانsohebrahimi@gmail.com

۳-دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

موجودات زنده نقش مهمی در اجرای وظایف خاک در سامانه محیط زیست برعهده دارند. از آنجاییکه حضور فلزات سنگین می‌تواند فعالیت ارگانیسمهای خاک ا را تحت تاثیر قرار دهد، می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک استفاده نمود. نماتدهای آزادزی توانایی ویژه‌ای در تجمع فلزات سنگین دارند. در شناساگرهای بیولوژیک، جمعیت نماتدهای خاک بعنوان شاخصهای آلودگی منعکس¬کننده شدت آلودگی خاک مورد بررسی قرار گرفت. به منظور سنجش بیولوژیک، نماتدها با استفاده از روش‌هاس استاندارد از خاک استخراج شدند. برای تجزیه و تحلیل داده-ها از نرم افزار SPSS-23 استفاده شد. نتایج مربوط به بررسی همبستگی اسپیرمن بین متغیرها به منظور تعیین تأثیر پراکنش فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب بر نماتد در هر دو گروه سطحی و عمقی نشانگر ارتباط منفی و معنادار بوده و بیشترین شدت همبستگی بین مس و نماتد بوده است. با کاهش میانگین غلظت فلزات در نمونه های خاک عمقی، مقدار میانگین نماتد افزایش پیدا کرد و میانگین رتبه ای نماتد در خاک عمقی بیشتر از سطحی افزایش پیدا کرد.

واژگان کلیدی: نماتد، فلزات سنگین، سرب، کادمیوم، روی، مس

مقدمه

حیات بر روی کره زمین به اکوسیستم خشکی و بخش ویژه آن یعنی خاک بستگی دارد. خاک محل وقوع فرآیندهای مهمی است که اغلب توسط موجودات زنده انجام و یا هدایت می‌شوند به طوری که خاک را به محیطی پویا تبدیل می کنند. با وجود اهمیت این اکوسیستم امروزه فعالیت‌های بشر از جمله دفن زباله‌ها صنعتی و خانگی، فعالیت‌های صنعتی و استفاده بی رویه از کودها و آفت‌کش‌ها سبب آلودگی خاک شده است. همانطور که بیان شد موجودات زنده نقش مهمی در اجرای وظایف خاک در سامانه محیط زیست برعهده دارند و به دنبال آن حضور فلزات سنگین می‌تواند فعالیت آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد به گونه‌ای که می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک استفاده نمود (شلوتر و همکاران، ۲۰۰۳). البته انتخاب یک موجود زنده خاص به عنوان شاخص نیز بسیار مهم است. بدین منظور باید موجودی انتخاب گردد که دارای ویژگی‌هایی مانند قابلیت حضور در انواع خاک‌ها، تنوع و فراوانی و دارای نقش مهم در فرآیندهای خاک باشد (شلوتر و همکاران، ۲۰۰۳)، لذا نماتدهای آزادزی می‌توانند گزینه مناسبی باشند (شکووا

و همکاران، ۲۰۰۶). نماتدهای آزادزی توانایی ویژه‌ای در تجمع فلزات سنگین دارند (فیشت و همکاران، ۱۹۹۹). مکانیسم اصلی نماتدها در مواجهه با فلزات سنگین، جذب فعال از طریق سطح بدن (هاول، ۱۹۸۳) و یا بلعیدن ذرات آلوده به فلزات می‌باشد(فیشت و همکاران، ۱۹۹۹). اکثر مطالعات موجود بر اثرات جداگانه و منفرد فلزات سنگین بر نماتدها اشاره دارند و گزارش‌های اندکی در رابطه با اثر توام فلزات سنگین بر جوامع نماتدی موجود است. بنابراین تفسیر اثرات متقابل ممکن است کمی دارای پیچیدگی بوده و در همه موارد عمومیت نداشته باشد. در آزمایشی در همین راستا، پیتر ناجی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که حضور فلزاتی مانند کادمیوم، کروم، مس و سلنیوم در خاک منجر به کاهش تراکم جمعیت نماتدها می‌شود. در مطالعه دیگری دیچانگ و همکاران (۲۰۰۹) اذعان کردند که با فاصله گرفتن از منبع آلودگی، جمعیت نماتدها افزایش می‌یابد و کمترین تعداد نماتد، در نزدیکترین فاصله از آلودگی دیده می‌شود. مطالعات سانچز مورینو و ناواس (۲۰۰۷) کاهش جمعیت نماتد در خاک‌های آلوده به فلزاتی چون نیکل، سرب، روی و مس را تایید کرد. اثرات فلز سنگین سرب بر نماتدها توسط محققین زیادی گزارش شده است، به عنوان نمونه محمودی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که نماتدها نسبت به حضور سرب حساسیت زیادی دارند و با افزایش غلظت سرب، افزایش مرگ و میر گونه‌های نماتد و کاهش در تنوع و تراکم نماتدها مشاهده می‌شود. بنابراین هدف از این مقاله بررسی تأثیر پراکنش فلزات سنگین (cu, cd, zn, pb) بر جمعیت نماتدهای در خاک‌های اطراف محل دفن زباله شهری گرگان در عمق های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متر می باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر حضور فلزات سنگین، نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده پس از انتقال به آزمایشگاه در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا رطوبت خود را حفظ نموده و از کاهش جمعیت نماتدها جلوگیری شود. سپس نماتدها با استفاده از روش تکمیل شده دگریس (۱۹۶۹) و جنکینز (۱۹۶۴) از خاک استخراج شدند. به طور اختصار در این روش ۲۵۰ گرم خاک به ظرفی منتقل و مقداری آب به آن اضافه شد. سپس از سری الک عبورداده شد و در ادامه محلول خاک صاف شده طی دو مرحله سانتریفوژ شد. پس از استخراج نماتدها با استفاده از روش تکمیل شده دگریس (۱۹۶۹) از محلول‌های تثبیت کننده برای نگهداری طولانی مدت آنها استفاده شد. پس از طی این مراحل، نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد شمارش قرار گرفت.

نتایج و بحث

توصیف متغیرهای پژوهش

در جدول ۱ به توصیف آماری اطلاعات جمع آوری شده در نمونه های خاک سطحی و عمقی پرداخته شده است.

جدول۱- شاخص های آمار توصیفی برای متغیرهای پژوهش در گروه سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی متر) و عمقی (۳۰ تا ۶۰ سانتی متر)

گروه	متغیر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	حداقل	حداکثر
سطحی (۰-۳۰سانتی‌متر)	نماتد	۳۹۳/۹۹	۲۹/۳۸	۰/۰۷	۳۲۱	۴۲۹

عمقی (۳۰-۶۰ سانتی متر)	نماتد	۴۰۶/۱۴	۳۰/۳۶	۰/۰۷	۳۵۶	۴۵۴

بررسی نرمال بودن توزیع داده های جمع آوری شده

با توجه به حجم نمونه از شاخص‌های توصیفی و آزمون کلموگروف اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده می‌کنیم. ضریب چولگی و ضریب کشیدگی، دو شاخص توصیفی اساسی توزیع داده‌ها هستند؛ که با داشتن این شاخص‌ها تا حدودی می‌توان به نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها پی برد. در حالت کلی چنانچه مقدار چولگی بخش بر خطای آن و یا مقدار کشیدگی بخش بر خطای آن داده‌ها خارج از فاصله (۲ و ۲-) باشد، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند. با توجه به مقادیر گزارش شده در جدول۲ متغیرهای پژوهش از توزیع نرمال برخوردار نیستند.

جدول ۲- آزمون کلموگروف اسمیرنوف متغیرهای گروه سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی متر) و عمقی (۳۰ تا ۶۰ سانتی متر

گروه	متغیر	چولگی	خطای چولگی	کشیدگی	خطای کشیدگی	آماره آزمون	درجه آزادی	سطح داری	معنی
سطحی (۳۰-۰سانتی‌متر)	نماتد	-۰/۰۰۷	۰/۲۳	-۱/۰۷	۰/۴۵	۰/۰۸	۱۱۰	۰/۰۳	
عمقی (۶۰-۳۰ سانتی متر)	نماتد	-۱/۳۶	۰/۲۳	۱/۱۵	۰/۴۵	۰/۱۵	۱۱۰	۰/۰۰۰۱	

مقادیر ضریب همبستگی میان نماتد در خاک سطحی و خاک عمقی

با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های نماتد، نتایج مربوط به بررسی همبستگی اسپیرمن بین نماتد در خاک سطحی و خاک عمقی نشان داد که بین نماتد در عمق ۰ -۳۰ سانتی متر و نماتد در عمق ۳۰ - ۶۰ سانتی متر ارتباط مثبت و معناداری وجود داشته است (جدول۳).

جدول۳- آزمون همبستگی اسپیرمن بین مقادیر سطحی و عمقی نماتد

متغیر	نماتد
آماره پیرسون	۰/۵۶
سطح معنی داری	۰/۰۰۰۱

بررسی تأثیر پراکنش فلزات سنگین (cu, cd, zn, pb) بر نماتد در عمق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر

با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های پژوهش، نتایج مربوط به بررسی همبستگی اسپیرمن بین متغیرها نشان داد که در گروه سطحی بین متغیر نماتد و فلزات سرب، روی، کادمیوم و مس ارتباط منفی و معناداری وجود داشته است.

بیشترین شدت همبستگی بین مس و نماتد بوده است (جدول۴). در پژوهش سمسار و همکاران (۱۳۹۰) نیز که به بررسی تاثیر فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم بر تغییرات جمعیت نماتدهای خاک پرداخته اند، مشخص شد که با افزایش میزان فلزات سنگین، جمعیت نماتدها کاهش پیدا کرده است. پیتر ناجی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که حضور فلزاتی مانند کادمیوم، کروم، مس و سلنیوم در خاک منجر به کاهش تراکم جمعیت نماتدها می‌شود. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های پژوهش، نتایج مربوط به بررسی همبستگی اسپیرمن بین متغیرها نشان داد که در گروه عمقی بین متغیر نماتد و فلزات سرب، روی، کادمیوم و مس ارتباط منفی و معناداری وجود داشته است. بیشترین شدت همبستگی نیز بین مس و نماتد بوده است (جدول۴).

جدول۴- آزمون همبستگی اسپیرمن بین نماتد و فلزات در خاک سطحی

عمق	متغیر	سرب	روی	کادمیوم	مس
سطحی	آماره پیرسون	-۰/۷۳	-۰/۷۰	-۰/۵۰	-۰/۸۳
	سطح معنی داری	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
عمقی	آماره پیرسون	-۰/۳۴	-۰/۲۰	-۰/۳۶	-۰/۴۳
	سطح معنی داری	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

بررسی اختلاف میانگین نماتد در خاک سطحی و عمقی

با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های نماتد، نتایج مربوط به بررسی اختلاف میانگین نماتد در خاک سطحی و عمقی به کمک آزمون ناپارامتری من ویتنی نشان داد بین میانگین نماتد خاک سطحی و عمقی اختلاف معناداری وجود داشته است. با توجه به جدول زیر میانگین رتبه‌ای نماتد در خاک عمقی بیشتر از سطحی بوده است (جدول ۵ و ۶). دیچانگ و همکاران (۲۰۰۹) اذعان کردند که با فاصله گرفتن از منبع آلودگی، جمعیت نماتدها افزایش می‌یابد و کمترین تعداد نماتد، در نزدیکترین فاصله از آلودگی دیده می‌شود.

جدول۵- میانگین رتبه ای نماتد در دو خاک سطحی و عمقی

متغیر	گروه	میانگین رتبه‌ای
نماتد	سطحی	۱۰۲/۰۳
	عمقی	۱۱۸/۹۷

جدول۶- آزمون من ویتنی

	نماتد
آماره من ویتنی	۵۱۱۸/۵۰
آماره ویلکاکسون	۱۱۲۲۳/۵
آماره Z	-۱/۹۷
سطح معنی داری	۰/۰۴

نتیجه‌گیری

شاخص¬های زیستی بسیاری وجود دارند که می¬توانند در جهت شناسایی آلودگی فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرند. از جمله این شناساگرهای زیستی که به خوبی نسبت به شرایط محیطی واکنش نشان می دهند می¬توان به نماتدها اشاره نمود. نتایج مربوط به بررسی همبستگی اسپیرمن به منظور تعیین ارتباط بین نماتد خاک سطحی و خاک عمقی نشان داد که بین نماتد در عمق ۰ -۳۰ سانتی متر و نماتد در عمق ۳۰ - ۶۰ سانتی متر ارتباط مثبت و معناداری وجود داشته است و نتایج مربوط به بررسی همبستگی اسپیرمن بین متغیرها به منظور تعیین تأثیر پراکنش فلزات سنگین (cu,cd,zn,pb) بر نماتد در هر دو گروه سطحی و عمقی نشان داد که بین متغیر نماتد و فلزات سرب، روی، کادمیوم و مس ارتباط منفی و معناداری وجود داشته است. بیشترین شدت همبستگی بین مس و نماتد بوده است. همچنین نتایج نشان داد که مقدار میانگین غلظت فلزات در خاک عمقی کمتر از خاک سطحی می باشد و با کاهش میانگین غلظت فلزات در نمونه های خاک عمقی، مقدار میانگین نماتد افزایش پیدا کرد و میانگین رتبه ای نماتد در خاک عمقی بیشتر از سطحی بوده است.

فهرست منابع

پژمان، ا.ج. (۱۳۸۹). پایش نشر مکانی کادمیوم و سرب در خاک اطراف محل دپوی زباله شهری گرگان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

حسین زاده، ف.، مومنی، ع.، و باقری، ر. (۱۳۸۸).. بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک های اطراف لندفیل بهشهر. یافته های نوین زمین شناسی کاربردی.۱۲(۲۴)، ۷۷-۸۸ .

حمیدی، م. و بازگیر، م. (۱۳۹۷).. ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم و کلرید کبالت بر برخی شاخص‌های میکروبی خاک تحت کشت گیاه مرزه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۲، ۳۰۳ -۲۹۱ .

یزدان‌پناه، ن.، فتوت، ا.، لکزیان، ا. و حق‌نیا، غ. (۱۳۸۷).. تاثیر فلزات سنگین روی و کادمیم بر فرآیند تنفس میکروبی در دو خاک آهکی و غیرآهکی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۲، ۶۹ -۵۹.

Fonge, B. A., Nkoleka, E. N., Asong, F. Z., Ajonina, S. A., & Che, V. B. (2017). Heavy metal contamination in soils from a municipal landfill, surrounded by banana plantation in the eastern flank of Mount Cameroon. African Journal of Biotechnology. 16(25), 1391-1399.

Guo-Li, Y., Tian-He, S., Peng, H., & Jun, L. (2013). Environmental geochemical mapping and multivariate geostatistical analysis of heavy metals in topsoils of a closed steel smelter: Capital Iron Steel Factory, Beijing, China. Journal of Geochemical Exploration. 130. 15–21.

Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water research. 14(8). 975-1001.

Han, Y., Xie, H., Liu, W., Li, H., Wang, M., Chen, X., & Yan, N. (2016). Assessment of pollution of potentially harmful elements in soils surrounding a municipal solid waste incinerator. Frontiers of Environmental Science & Engineering. 10(6), 7.

Makuleke, P., & Ngole-Jeme, V. M. (2020). Soil Heavy Metal Distribution with Depth around a Closed Landfill and Their Uptake by Datura stramonium. Applied and Environmental Soil Science. 2020.

Vongdala, N., Tran, H. D., Xuan, T. D., Teschke, R., & Khanh, T. D. (2019). Heavy metal accumulation in water, soil, and plants of municipal solid waste landfill in Vientiane, Laos. International journal of environmental research and public health. 16(1), 22.

Wu, H., Liu, Q., Ma, J., Liu, L., Qu, Y., Gong, Y., & Luo, T. (2020). Heavy Metal (loids) in typical Chinese tobacco-growing soils: Concentrations, influence factors and potential health risks. Chemosphere. 245, 125591.

The effect of heavy metal distribution on the nematode population in the soil around the urban landfill of Gorgan

Ali Soodmand[1], Soheila Ebrahimi[2*], Farshad Kiani[3]
1- PhD student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
*2- Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
sohebrahimi@gmail.com
3- Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Living organisms play an important role in the implementation of soil functions in the environmental system. Since the presence of heavy metals can affect the activity of soil organisms, they can be used as indicators of soil quality nematodes have a special ability to accumulate heavy metals. In biological indicators, the population of soil nematodes was investigated as indicators of pollution reflecting the intensity of soil pollution. In order to biologically measure, nematodes were extracted from the soil using standard methods. SPSS-23 software was used for data analysis. The results of Spearman's correlation between the variables in order to determine the influence of heavy metal distribution of copper, zinc, cadmium and lead on nematodes in both surface and deep groups showed a negative and significant correlation and the highest intensity of correlation was between copper and nematodes. By reducing the average concentration of metals in deep soil samples, the average value of nematodes increased and the average rank of nematodes in deep soil increased more than in surface soil.

Keywords: nematode, heavy metals, lead, cadmium, zinc, copper

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb. 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر میکروپلاستیک بر اسیدیته خاک لوم شنی

روژین سرلک[۱]، سهیلا ابراهیمی[۲]*، الهام ملک¬زاده[۳] ، سید علیرضا موحدی نائینی [۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

[۲*] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگانsohebrahimi@gmail.com

[۳]استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۴]دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

وجود میکروپلاستیک ها می تواند اثرات نامطلوبی بر خواص بیوفیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد. با این حال، درک محدودی از تأثیرات روی اکوسیستم‌های زمینی، تغییرات در ویژگی‌های غیر زنده خاک، و انتشار میکروپلاستیک‌ها در اجزای مختلف برهمکنش‌های خاک و گیاه، از جمله جوامع میکروبی خاک و صفات گیاهی وجود دارد.این پژوهش با هدف بررسی تغییرات اسیدیته خاک لوم شنی حاوی تیمارهای مختلف میکروپلاستیک در شرایط گلدانی و با سه تکرار طراحی و اجرا شد. بدین منظور آلاینده پلاستیکی در ۳ تیمار وزنی (۰ – ۲/۵ – ۵ ٪) به گلدان ها اضافه شد. تیمارها حاوی ۲/۵ درصد وزنی (اندازه ۱-۲ میلی متر و ۲< میلی متر) و ۵ درصدوزنی (اندازه ۱-۲ میلی متر و ی و ۲< میلی متر) بودند. پس از اختلاط میکروپلاستیک هایی از جنس پلی اتیلن با خاک ، تیمار ها یک دوره ۶۰ روزه انکوباسیون را سپری کردند. سپس آزمایش های تعیین pH خاک به ترتیب هر ۱۵ روز یکبار انجام شد. با بررسی نتایج بدست آمده اثراندازه و وزن میکروپلاستیک ها بر اسیدیته خاک لوم شنی کاملاً مشهود است. بدین صورت که با گذر زمان میزان pH تیمارها بطور متناوب دچار کاهش شدند. بیشترین دامنه تاثیر مربوط اندازه ۲< میلی متر و وزن ۵ درصد مشاهده شد.

کلمات کلیدی: اسیدیته، لوم، میکروپلاستیک، خاک، اندازه ذرات

مقدمه

طی سال‌های اخیر، اصطلاح جدیدی با عنوان "نگرانی آلاینده‌های نوظهور" در مجامع علمی، ملی و بین المللی مطرح شده است. میکروپلاستیک‌ها، آلاینده‌های نوظهوری هستند که به‌طور گسترده در اکوسیستم‌های طبیعی آب و خاک شناسایی شده‌اند. در دهه‌های اخیر افزایش مصرف پلاستیک‌ها و انباشت بقایای حاصل از آن در محیط‌زیست به شدت رو به افزایش است. میکروپلاستیک‌ها از انواع پلیمرها تشکیل شده‌اند که با مجموعه‌ای از افزودنی‌ها تکمیل می‌شوند که می‌توانند به محصولات مختلفی تبدیل شوند. در حال حاضر، اسناد زیادی در مورد اثرات نامطلوب میکروپلاستیک ها بر محیط زیست دریایی وجود دارد، اما توجه بسیار محدودی به آلودگی میکروپلاستیک در محیط خشکی در سطح جهانی وجود دارد (Choi et al., 2022).آلودگی میکروپلاستیک یک نگرانی در حال رشد زیست محیطی است. اکوسیستم زمینی به عنوان مخزن و منشاء غالب میکروپلاستیک ها شناخته می شود (Geyer et al., 2017; Horton et al., 2017).میکروپلاستیک ها می توانند از طریق اصلاح خاک، مالچ پلاستیک و آبیاری و همچنین منابع دیگر، مانند رواناب شهری، سیلاب و ریزش جوی وارد خاک شوند (Erkes-Medrano et al., 2015). مطالعات اخیر غلظت‌های میکروپلاستیک را در خاک‌های کشاورزی از ۷۰۰۰ تا ۴۳۰۰۰ ذره در هر کیلوگرم خاک شناسایی کرده‌اند (Zhang and Liu., 2018) که شامل ۰/۰۳ تا ۷/۶ درصد از وزن خاک در مناطق صنعتی مورد مطالعه شامل میکروپلاستیک‌ها بود (Fuller and Gautam., 2016). اگرچه مالچ‌پاشی با لایه‌های پلاستیکی نقش مهمی در تولید کشاورزی در مناطق خشک بازی کرده است، اما این عمل منجر به تجمع مقادیر زیادی فیلم پلاستیکی باقی‌مانده (RPF) در خاک شده که در دراز مدت، تجمع میکروپلاستیک ها در خاک، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر خواهد داد(Lozano et al., 2021).از آن‌جایی که پیش‌بینی کیفیت خاک به عنوان جزئی از اکوسیستم طبیعی و بستر رشد گیاه زیربنای سلامت محیط زیست به‌شمار می‌رود، و از سوی دیگر مطالعات جامعی که بتوان در موارد ضروری به آن استناد کرد در این زمینه هنوز موجود نیست، در این پژوهش تاثیر میکروپلاستیک باقیمانده بر برخی ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، پایداری خاکدانه و ویژگی های شیمیایی شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، ماده آلی و همچنین ویژگی بیولوژیکی شامل تنفس میکروبی مورد بررسی قرار می‌گیرد .

مواد و روش ها

در این پژوهش **خاک لوم** از منطقه ی روستای زیارت ، یکی از روستاهای شهرستان گرگان ، استان **گلستان** می باشد که از عمق ۳۰ سانتی متری خاک برداشته شد . پس از انتقال به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان هوا خشک و سپس به نرمی کوبیده و از الک ۴ میلی متری عبور داده شدند. خاک لوم شنی ملزم به اصلاح بافت بود بنابراین خاک نمونه برداری شده پس از انجام آزمایش تعیین بافت به خاک لوم شنی و بافت مورد نظر حصول شد بدین صورتکه با نسبت ٪۶۰ ماسه شسته شده و ۴۰ ٪ خاک لومی اختلاط و بافت لوم شنی تشکیل داده شد. در نهایت نمونه ها در گلدان های ۲

کیلویی قرار گرفت. بعد از ترکیب با میکروپلاستیک ها **در ۳ تیمار وزنی (۰ – ۲/۵ – ۵ ٪) و هر کدام در دو اندازه شامل تیمار شاهد، تیمار حاوی ۲/۵ درصد وزنی(اندازه۱-۲ میلی‌متر(W2.5S1-2) و ۲ < میلی‌متر(W2.5S>2)) و ۵ درصدوزنی(اندازه ۱-۲ میلی‌متر(W5S1-2) و ۲< میلی‌متر(W5S>2))** با خاک لوم شنی مخلوط با گذشت دوره انکوباسیون به مدت ۶۰ روز، pH اندازه گیری شد.

در **اندازه گیری اسیدیته خاک** ابتدا ۵ گرم از نمونه خاک توزین و داخل بشر ریخته شد. سپس۵۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و هم زده شد. بدین صورت محلول ۱ : ۱۰ آماده شد. بعد از اتمام این مرحله نمونه¬ها را در بشر ریخته، در دستگاه شیکر قرار داده و ۴۵ تا ۶۰ دقیقه شیک شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و زمانی که محلول به تعادل رسید با استفاده از دستگاه pH متر اسیدیته نمونه ها اندازه گیری شد (Jobson., 1972).

تجزیه آماری و تجزیه واریانس داده ها با کمک نرم افزار SAS v.9.0 و مقایسه میانگین ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی دار (LSD) و با رعایت برش دهی اثرات متقابل در $p<0.05$ انجام پذیرفت. برای رسم نمودار ها نیز از نرم افزار Microsoft Excel v.2016 MSO بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

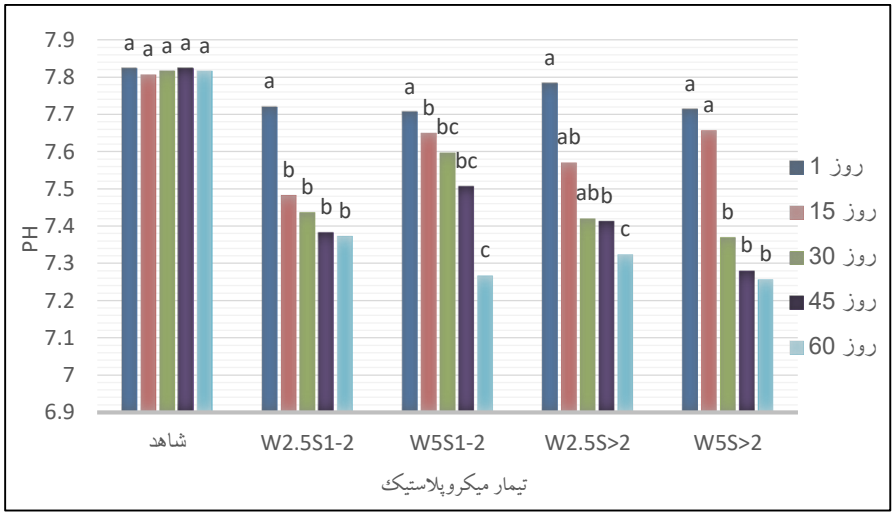
هدف از این پژوهش بررسی اثر میکروپلاستیک بر اسیدیته خاک لوم شنی بود.برخی از خصوصیات اولیه خاک مورد مطالعه در جدول (۱) قابل مشاهده است.

جدول (۱) – سنجش پارامترهای خاک لوم شنی مورد آزمون

پارامتر	خاک لوم شنی
اسیدیته	۷/۲
هدایت الکتریکی	۱/۲۴ d S / m
کربن آلی	۱/۵۴ %
ماده آلی	۲/۶۵٪
وزن مخصوص ظاهری	۱/۳۲۱ gr/cm3
درصد شن	٪ ۶۸/۵
درصد رس	٪۱۷/۵
درصد سیلت	٪۱۳/۵

pH خاک عامل مهمی است که می‌تواند بر ترکیب و فعالیت جوامع میکروبی خاک تأثیر بگذارد. خاک‌های با pH تقریباً خنثی در مقایسه با خاک‌های اسیدی دارای تنوع باکتریایی بالاتری هستند. این امر اهمیت حفظ pH خاک برای اطمینان از شرایط بهینه جوامع میکروبی و عملکرد سالم خاک را برجسته می‌کند. از سویی دیگر اسیدیته خاک می‌تواند در دسترس بودن کربن برای میکروب‌های خاک را کاهش دهد و به عنوان یک فیلتر محیطی برای انتخاب گروه‌های میکروبی خاص و تنظیم ترکیب جامعه میکروبی خاک عمل می کند (Wang et al.,2017).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار میکروپلاستیک بر pH نمونه‌های خاک لوم شنی در سطح ۱درصد معنی‌دار بود. اثر زمان نیز بر pH در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. علاوه بر این اثر متقابل تیمار در زمان بر میزان pHخاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد (شکل ۲) ، اعمال میکروپلاستیک باعث کاهش pH در تمام دوره‌های ۱۵ روزه آزمایش شد. این امر می تواند ناشی از تغییراتی که میکروپلاستیک ها در خاک ایجاد می‌کنند باشد. تغییر در اندازه خاکدانه ها، نفوذپذیری، تخلخل، هوادهی مسبب تغییر جمعیت میکروارگانیسم ها می باشد که خود بر اسیدیته خاک تأثیر گذارند. نتایج این آزمایش با یافته های Bandoo و همکاران (۲۰۱۷)، Boots و همکاران (۲۰۱۹) تطابق داشت که دریافتند افزایش میزان میکروپلاستیک در خاک به طور کلی منجر به کاهش pH خاک گردیده بود. بر اساس داده های بدست آمده با وجود میکروپلاستیک ها در خاکهای مورد آزمایش اسیدیته کاهش پیدا کرده است و این کاهش در تمام تیمار ها آشکار است. بیشترین کاهش pH متعلق به تیمار W5S>2 بود که کاهش ۵/۹۶ درصدی نسبت pH اولیه خاک داشت. بالاترین pH مربوط به تیمار W2/5S>2 بود. از سوی دیگر در نمونه‌های شاهد (بدون میکروپلاستیک) تغییراتی واقع نشد که میتوان میکروپلاستیک را موجد تغییرات ایجاد شده در تیمارها دانست.



شکل(۱)- نتایج اثر تیمار های میکروپلاستیک بر pH خاک لوم شنی در طی ۶۰ روز

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، تأثیراندازه و وزن میکروپلاستیک ها بر pH خاک لوم شنی بررسی شد. نتایج نشان داد با حضور آلاینده های پلاستیکی در خاک فرآیندهای زیستی، فیزیکی و شیمیایی به درجات متفاوت تحت تأثیر قرار می گیرند. همچنین گذر زمان نیز در تشدید این امر نقش بسزایی دارد. شایان ذکر است میکروپلاستیک‌ها می‌توانند سبب برهم زنش تعادل و ترکیب شیمیایی در خاک گشته و اثرات منفی بر ویژگی هایی از جمله pH بگذارند. نتایج نشان داد بیشترین دامنه تاثیر میکروپلاستیکها در اوزان ۵ درصد وزنی و اندازه بزرگتر از ۲ میلی متری مشهود بود. بررسی رفتارهای تناوبی با زمان موید بروز رفتاری همسو بوده است.

منابع

Boots, Bas; Russell, Connor William; Green, Danielle Senga (2019). Effects of Microplastics in Soil Ecosystems Above and Below Ground (PDF). Environmental Science & Technology. 53 (19) 11496–11506. Bibcode2019EnST...5311496B. doi10.1021/acs.est.9b03304. PMID 31509704. S2CID 202562395. Archived (PDF) from the original on 2022-07-19. Retrieved ۲۰۲۰-۱۱-۱٦.

Eerkes-Medrano, Dafne, Richard C. Thompson, and David C. Aldridge (2015), "Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs." Water research 75: 63-82.

Fuller, Stephen, and Anil Gautam. (2016). "A procedure for measuring microplastics using pressurized fluid extraction." Environmental science & technology 50.11: 5774-5780.

Geyer, R., Jambeck, J. R., and Law, K. L. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made. Sci. Adv. 3 (7), e1700782. doi10.1126/sciadv.1700782

Horton, Alice A., et al. "Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities." Science of the total environment 586 (2017): 127-141.

Lozano, Y. M., Lehnert, T., Linck, L. T., Lehmann, A., and Rillig, M. C. (2021a). Microplastic Shape, Polymer Type, and Concentration Affect Soil Properties and Plant Biomass. Front. Plant Sci. 12. 616645 doi10.3389/fpls.2021.616645

Wang, Wenfeng, et al. (2017). "Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China." Science of the Total Environment 575: 1369-1374.

Zhang, G. S., and Liu, Y. F. (2018). The Distribution of Microplastics in Soil Aggregate Fractions in Southwestern China. Sci. Total Environ. 642, 12–20. doi10.1016/j.scitotenv.2018.06.004

The effect of microplastics on the acidity of sandy loam soil

Rozhin Sarlak[1], Soheila Ebrahimi[2]*, Elham Malekzadeh[3], Seyed Alireza Movahedi Naini[4]

1 Master's student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

*2 Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
sohebrahimi@gmail.com

3 Assistant Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

4 Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

The presence of microplastics can negatively impact the biophysical and chemical properties of soil. Yet, the effects on terrestrial ecosystems, soil abiotic characteristics, and soil-plant interactions, including microbial communities and plant traits, are not fully understood. The objective of this study was to examine alterations in the acidity levels of sandy loam soil that was subjected to various microplastic treatments in pots. The research was meticulously planned and executed, with three replications conducted to ensure the accuracy and reliability of the findings. Plastic pollutants were added to the pots in weight treatments of 0%, 2.5%, and 5%, with microplastics of sizes 1-2 mm and >2 mm. After a 60-day incubation period, soil pH tests were conducted every 15 days. The results indicate that the size and weight of microplastics have a clear impact on the acidity of sandy loam soil, with the pH level decreasing intermittently over time. The greatest impact was observed for microplastics of size >2 mm and weight 5%.

Keywords: acidity, loam, microplastics, soil, particle size

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb. 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تغییرات هدایت الکتریکی ناشی از حضور میکروپلاستیک در خاک لسی

روژین سرلک[۱]، سهیلا ابراهیمی[۲]*، الهام ملک¬زاده[۳] ، سید علیرضا موحدی نائینی [۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

[۲*] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان sohebrahimi@gmail.com

[۳]استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۴] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

میکروپلاستیک ها می توانند از طریق سیستم های آبیاری، آفت کش ها و کودها، استفاده از کمپوست و مالچ پلاستیکی به لایه های عمیق خاک نفوذ کرده و منابع آب از جمله سفره های زیرزمینی و کانال های آب را آلوده کنند. همچنین نبود دانش و اطلاعات جامع در خصوص پیامدهای این آلاینده ها بر اکوسیستم ها، انسان، موجودات زنده، آب و خاک را تشدید می کند. در نتیجه، وضعیت کنونی از نظر ماهیت خطرناک خود به تدریج در حال تشدید است. از این رو این پژوهش با هدف بررسی تغییرات هدایت الکتریکی خاک لسی حاوی تیمارهای مختلف میکروپلاستیک در سه درصد وزنی و دو اندازه در محیط گلدانی طراحی و اجرا شد. برای این منظور آلاینده پلاستیکی در ۳ تیمار وزنی (۵-۲,۵-۰ درصد) به گلدان ها اضافه شد. تیمارها حاوی ۲/۵ درصد وزنی (اندازه ۱-۲ میلی متر و کمتر از ۲< میلی متر) و ۵ درصد وزنی (اندازه ۱-۲ میلی متر و ۲< میلی متر) بودند. پس از اختلاط میکروپلاستیک های پلی اتیلن با خاک لس، تیمارها تحت یک دوره انکوباسیون ۶۰ روزه قرار گرفتند. سپس آزمایش های مورد نظر هر ۱۵ روز یکبار انجام شد. کاهش هدایت الکتریکی در تیمار های مختلف مشاهده شد که گذر زمان اثر بسزایی در نتایج به همراه داشت.. تیمار W2/5S1-2، که شامل آلاینده های میکروپلاستیک با اندازه بین ۱-۲ میلی متر و وزن ۵۰ گرم (معادل ۲/۵ درصد وزنی) است، بیشترین کاهش EC در مقایسه با مرحله اولیه آزمایش نشان داد. درک ارتباط بین هدایت الکتریکی خاک (EC) و عوامل مختلف مانند حاصلخیزی خاک، رشد گیاه، دینامیک آب، ساختار خاک و فعالیت میکروبی اهمیت قابل توجهی دارد. این دانش برای اجرای استراتژی های مدیریت کارآمد خاک و ترویج شیوه های کشاورزی پایدار بسیار مهم است.

کلمات کلیدی : شوری، میکروپلاستیک، خاک، لس

مقدمه

بر اساس ارزیابی های انجام شده میانگین تولید و مصرف پلاستیک به بیش از یک میلیون تن در سال می رسد. هر ایرانی بطور متوسط روزانه سه محصول پلاستیکی وارد طبیعت و محیط زیست می‌کند. مصرف بالای سالیانه ظروف و بسته بندی پلاستیکی ایران را جزء ۲۰ کشور اول در تولید زباله های پلاستیکی قرار داده است با توجه به سهم سرانه تولید جهانی معادل ۳۰۰ گرم در روز، در ایران این مقدار دو برابر حد نرمال و مقداری برابر با ۶۰۰ گرم در روز است(The Tehran Times, ۲۰۲۲). در دنیای امروزی مدیریت نامطلوب زباله مهم ترین مشکل زیست محیطی می باشد که هزینه گزافی در حدود سالانه ۲ میلیارد دلار در پی دارد. تخمین زده شده بازیافت زباله های تولیدی در ایران تنها ۱۰-۱۷درصد از کل زباله ها می باشد که در مقایسه با ۷۰ درصد بازیافت در کشور های توسعه یافته عددی بسیار نگران کننده است. پلاستیک ها موادی هستند که در برابر تجزیه شدن مقاومت می‌کنند و چندین قرن فرآیند تخریب آنها زمان می برد(Bajt O.,2021). از سوی دیگر، در طول این مدت میتوانند مواد شیمیایی و سمی به اکوسیستم وارد کنند و به ذرات کوچکتر (میکروپلاستیک) تبدیل بشوند، سرانجام وارد زنجیره غذایی شده و تمام موجودات محیط زیست از گزند آنها در امان نیستند Zhao et al.,2018).

گسترش این مواد به‌ویژه میکروپلاستیک ها در سطح جهان بغایت خطرساز است. ذرات پلاستیک با اندازه کمتر از ۵ میلی متر که به آنها میکروپلاستیک گفته می شود، اخیراً به یک مسئله مهم زیست محیطی تبدیل شده است. در حالی که میکروپلاستیک ها در سیستم های دریایی و دریاچه ای به خوبی شناخته شده اند، تحقیقات کمتری در خاک و آب های زیرزمینی انجام شده است. براساس گزارش های منتشر شده طی چند سال اخیر، میکروپلاستیک‌ها در اندام های بدن از جمله روده ها، ریه ها، خون و حتی بافت جنینی و همچنین در عمیق ترین نقاط اقیانوس ها و مرتفع ترین نقاط کوهستان ها و مواد غذایی یافت شده که این موضوع برای محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار است (Napper et al., ۲۰۲۰). طبق نتایج یک مطالعه در سال ۲۰۲۰ میزان پلاستیک هایی که به دریاها و اقیانوس ها راه پیدا می‌کنند، تا سال ۲۰۴۰ به سه برابر میزان فعلی خواهد رسید و احتمال بیش تر شدن این مقدار از تعداد جانداران دریاها تا سال ۲۰۵۰ وجود دارد. میکروپلاستیک ها می توانند جوامع میکروبی را تحت تاثیر قرار بدهند (Fei et al., 2020). طبق تحقیقاتی که اخیراً انجام شده نشان می دهد که دسترسی به مواد مغذی در خاک متاثر از میکروپلاستیک ها می باشد(Yu et al.,2020). عموما میکروپلاستیک ها اثرات گوناگونی بر خواص خاک دارند. که این امر وابسته به شکل، نوع پلیمر، اندازه و مدت زمان در معرض بودن می باشد. میکروپلاستیک ها به علت کوچک و سبک بودن ، به راحتی از طریق نفوذ آب و به واسطه فعالیت های کشاورزی در خاک ها مخلوط می شوند (Machado et al., 2017; Steinmetz et al., 2016). Rillig و همکاران (۲۰۱۹) معتقدند این امر ممکن است عملکرد خاک را (به ویژه در مورد خاک های کشاورزی) تهدید کند. انتظار می رود چنین اثرات نامطلوبی به طور حتم منجر به کاهش کیفیت خاک و عملکرد محصولات غذایی شود .

مواد و روش ها

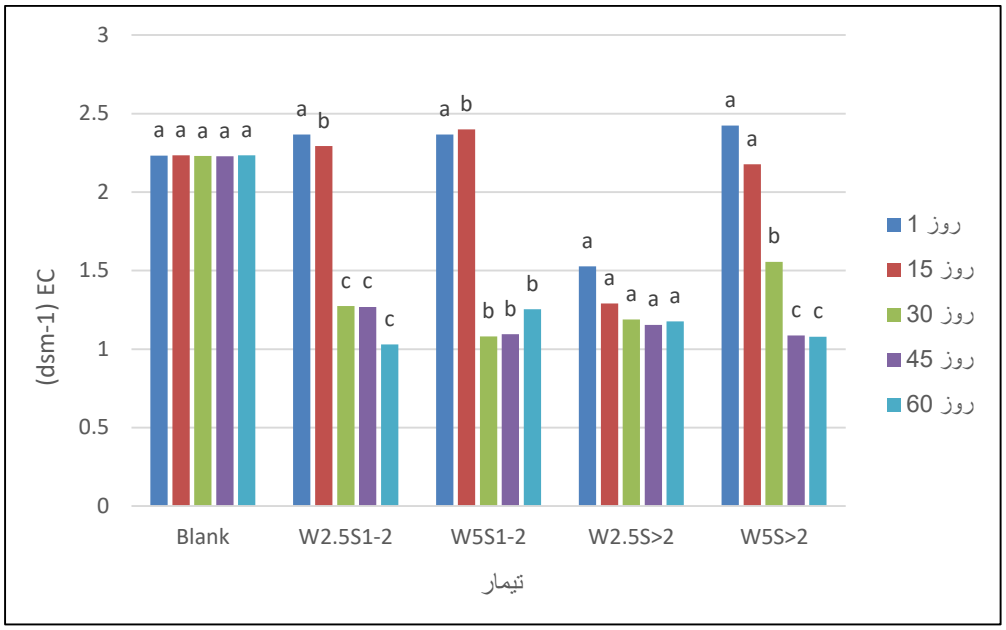
خاک مورد مطالعه از نوع خاک لسی در توابع استان گلستان قرار دارد. نمونه برداری از عمق ۳۰ سانتی متری و بصورت تصادفی انجام شد. پس از انتقال به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آنها را در هوا خشک کرده و سپس به

آرامی کوبیده و از الک ۴ میلی متری عبور داده شدند. تیمار ها شامل آلاینده هایی با سه درصد وزنی و دو سایز بود. به عبارتی دیگر تیمار ها حاوی ۲/۵ درصد وزنی با دو اندازه ۱-۲ میلی متری و اندازه ۲< میلی متری و ۵ درصد وزنی با دو اندازه ۱-۲ میلی متری و اندازه ۲< میلی متری در کرت های اصلی و زمان های نمونه برداری در پنج سطح (روز اول، روز پانزدهم، روز سی ام، روز چهل و پنجم و روز شصتم) در کرت های فرعی منسوب شدند. نمونه های عاری از میکروپلاستیک نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از گذشت زمان انکوباسیون به مدت ۶۰ روز، اندازه گیری ECانجام گردید. در اندازه گیری هدایت الکتریکی ۵ گرم از نمونه های خشک را با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط کرده و به مدت ۶۰ دقیقه شیک شدند. پس از سپری شدن ۲۴ ساعت قابلیت هدایت الکتریکی نمونه ها با کمک دستگاه EC متر اندازه گیری شد و بعد از تصحیح دمایی در ۲۵ درجه سانتی گراد بیان شدند(Jobson., 1972).

نتیجه و بحث

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای میکروپلاستیک و زمان و اثر متقابل تیمار×زمان بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک لس در سطح ۱ درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار× زمان (شکل ۱) بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک لس نشان داد که EC در تمام تیمارهای میکروپلاستیک به مرور زمان در دوره ۶۰ روزه آزمایش کاهش پیدا کرده است. در بین تیمار ها کمترین مقدار کاهش EC طی زمان مربوط به تیمار W2/5S>2با ۲۳ درصد کاهش بود. در مقابل بیشترین مقدار کاهش EC نسبت به ابتدای آزمایش در تیمار W2/5S1-2با ۵۶/۴ درصد مشاهده شد.

ECخاک اغلب با سطح pH خاک در ارتباط است. خاک های شور با EC بالا، معمولاً مقادیر pH بالایی دارند. همانطور که قابل مشاهده است EC در خاک لسی با گذر زمان کاهش یافت. وجود نمکهای محلول می‌تواند بر pH محلول خاک تأثیر بگذارد و به طور بالقوه بر دسترسی مواد مغذی و فعالیت میکروبی تأثیر بگذارد. مدیریت سطوح EC و pH خاک برای حفظ در دسترس بودن بهینه مواد مغذی و عملکرد میکروبی بسیار مهم است. به طور کلی، هدایت الکتریکی خاک نقش مهمی در حاصلخیزی خاک، رشد گیاه، دینامیک آب، ساختار خاک و فعالیت میکروبی دارد. درک رابطه بین EC خاک و این عوامل برای مدیریت مؤثر خاک و شیوه های کشاورزی پایدار ضروری است.



شکل(۱)-اثر تیمارهای میکروپلاستیک بر هدایت الکتریکی خاک لسی در طی ۶۰ روز

نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر اندازه و وزن میکروپلاستیک بر هدایت الکتریکی خاک لس انجام شد. یافته‌ها نشان داد که ورود آلاینده‌های پلاستیکی به خاک منجر به درجات مختلفی از اختلال در فرآیندهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی می‌شود. علاوه بر این، گذر زمان به طور قابل توجهی این اثرات را تشدید می کند. میکروپلاستیک ها تعادل و ترکیب شیمیایی خاک را مختل می کنند که منجر به پیامدهای منفی می شود. وجود این آلاینده‌ها در خاک، به همراه اشغال منافذ، اثرات متنوعی بر نفوذ آب، حفظ و خواص فیزیکی کلی از خود نشان می‌دهد. این اثرات به نوع خاک و همچنین شکل و اندازه میکروپلاستیک ها بستگی دارد. با بررسی دقیق‌تر تیمارهای اعمال شده و تأثیر آن‌ها بر ویژگی‌های خاک، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش اندازه آلاینده‌های پلاستیکی منجر به تغییرات بارزتر می‌شود، بطوریکه بیشترین دامنه تاثیر میکروپلاستیکها در اوزان ۲/۵ درصد وزنی و اندازه ۱-۲ میلی متری مشهود بود. بررسی رفتارهای تناوبی با زمان موید بروز رفتار نسبتا همروند بوده است.

منابع

Bajt O. From plastics to microplastics and organisms. FEBS Open Bio.(2021) Apr;11(4):954-966. doi: 10.1002/2211-5463.13120. PMID: 33595903; PMCID: PMC8016121.

Fei, Y., Huang, S., Zhang, H., Tong, Y., Wen, D., Xia, X., et al., (2020). Response of Soil Enzyme Activities and Bacterial Communities to the Accumulation of Microplastics in an Acid Cropped Soil. Sci. Total Environ. 707, 135634. doi10.1016/j.scitotenv.2019.135634

Napper, Imogen E., et al. "Reaching new heights in plastic pollution—preliminary findings of microplastics on Mount Everest." One Earth 3.5 (2020): 621-630.

Rillig, M. C., Ingraffia, R., and de Souza Machado, A. A. (2017). Microplastic Incorporation into Soil in Agroecosystems. Front. Plant Sci. 8, 1805. doi10.3389/fpls.2017.01805

Yu, H., Fan, P., Hou, J., Dang, Q., Cui, D., Xi, B., et al., (2020). Inhibitory Effect of Microplastics on Soil Extracellular Enzymatic Activities by Changing Soil Properties and Direct Adsorption an Investigation at the Agregate-Fraction Level. Environ. Pollut. 267, 11554. doi10.1016/j.envpol.2020.115544

Zhao, Tingting, Yudi M. Lozano, and Matthias C. Rillig. (2021). "Microplastics increase soil pH and decrease microbial activities as a function of microplastic shape, polymer type, and exposure time." Frontiers in Environmental Science 9: 675803.

Changes in electrical conductivity caused by the presence of microplastics in loess soil

Rozhin Sarlak[1], Soheila Ebrahimi[2*], Elham Malekzadeh[3], Seyed Alireza Movahedi Naini[4]

1 Master's student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

*2 Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
sohebrahimi@gmail.com

3 Assistant Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

4 Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Microplastics have the ability to infiltrate deep layers of soil through various pathways, such as irrigation systems, pesticides and fertilizers, compost, and plastic mulch. This infiltration can lead to the contamination of water sources, including underground aquifers and water channels. The lack of comprehensive knowledge and information regarding the consequences of these pollutants on ecosystems, humans, living organisms, water, and soil further exacerbates the situation. Consequently, the current state of affairs is progressively intensifying in terms of its hazardous nature. In light of these circumstances, the present study was conducted to investigate the changes in the electrical conductivity of loess soil under different microplastic treatments, encompassing three weight percentages and two sizes, within a controlled potted environment. To achieve this objective, plastic pollutants were introduced into the pots in three weight treatments (0%, 2.5%, and 5%). These treatments consisted of microplastics with sizes of 1-2 mm and less than 2 mm, with weight percentages of 2.5% and 5%. Following the mixing of polyethylene microplastics with loess soil, the treatments underwent a 60-day incubation period, after which experiments were conducted every 15 days. The results revealed a decrease in electrical conductivity across the various treatments, with the passage of time exerting a significant influence on the outcomes. Notably, the W2/5S1-2 treatment, which involved microplastic pollutants sized between 1-2 mm and weighing 50 grams (equivalent to a 2.5% weight percentage), exhibited the most substantial decrease in electrical conductivity compared to the initial stage of the experiment. Understanding the relationship between soil electrical conductivity (EC) and factors such as soil fertility, plant growth, water dynamics, soil structure, and microbial activity holds significant importance. This knowledge is essential for the implementation of effective soil management strategies and the promotion of sustainable agricultural practices.

Keywords: salinity, microplastic, soil, loess

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر بیوچارهای مختلف بر فعالیت آنزیمی خاک

خدیجه رستمی[۱]، زهرا وارسته خانلری[۲]* و محبوبه ضرابی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، [۲]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

***مسئول مکاتبه: Z.khanlari93@gmail.com**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر بیوچارهای مختلف بر فعالیت آنزیمی خاک، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. از بیوچارها در ۱۰درصد وزنی استفاده گردید. تیمارهای آزمایش شامل خاک شاهد (CS)، خاک+بیوچار ضایعات انگور (GSB) و خاک+ بیوچار پوسته قهوه‌ایی گردو (WSB) بود. نمونه‌ها حدود دو ماه در دمای ۳±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند و نمونه‌برداری از زمان‌های ۵، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ روز صورت گرفت و فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی، اینورتاز و اوره‌آز اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد غلظت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی در شاهد بیشترین و در تیمار GSB کمترین مقدار بود. مقدار این آنزیم در طی انکوباسیون کاهش یافت. غلظت آنزیم اینورتاز و اوره‌آز در تیمار GSB بیشترین مقدار بود. بیشترین شاخص مقاومت (RS) در تیمار WSB برای آنزیم فسفاتاز قلیایی، اوره‌آز و اینورتاز مشاهده شد. با در نظر گرفتن تاثیر بیوچار، درصد تغییرات آنزیم (Rch) به این صورت بود: GSB> WSB در نتیجه تیمار GSB موجب افزایش فعالیت عمده آنزیم‌های اندازه‌گیری گردید.

واژگان کلیدی: فسفاتاز اسیدی و قلیایی، شاخص مقاومت (RS)، درصد تغییرات آنزیم (Rch)

مقدمه

بیوچار یک ماده جامد غنی از کربن، حاصل پیرولیز زیست توده است که در نتیجه تبدیل ترموشیمیایی زیست توده که شامل پیرولیز، شکستگی، فرایندهای تبدیل به گاز و هیدروترمال است، بدست می‌آید (Lee et al., 2019). این محصول دارای مواد معدنی، ترکیبات آلی فرار و وجود رادیکال‌های آزاد است. این مواد می‌توانند فعالیت میکروبی خاک و فعالیت آنزیمی را که چندین فرایند مربوط به چرخه‌های بیوشیمیایی را کاتالیز می‌کند، تغییر دهند (Zhu et al., ۲۰۱۷). آنزیم‌ها بیوکاتالیزهای مهمی در واکنش‌های بیوشیمیایی خاک از قبیل تشکیل موادآلی خاک، تجزیه، تبدیل عناصر مغذی، رشد میکروبی و متابولیسم هستند (Yigit et al., 2018). افزودن بیوچار می‌تواند روی فعالیت آنزیم های مختلف از طریق تاثیر بر تبادل گاز، سطح ویژه خاک، ظرفیت نگه‌داری آب و سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی موثر باشد (Ameloot et al., 2013). تاثیر بیوچار روی فعایت آنزیمی هنوز به صورت ضعیف بررسی شده است. مطالعات قبلی بیانگر آن بود که بیوچار فعالیت بیولوژیکی خاک را تغییر داد (Lehmann et al., 2011). Haddad and Lemanowiz (2021) نشان دادند که افزودن بیوچار به خاک منجر به کاهش مهار آنزیم (آرژیناز و اوره‌آز)

توسط فلزات سنگین (کادمیم، سرب و نیکل) می‌شود. نتایج ارائه شده توسط Bailey et al (2010) در ارتباط بین بیوچار و فعالیت آنزیمی روند مشابهی را نشان نداد. علی‌رغم افزایش علاقمندی در کاربرد بیوچار، فرایند و مکانیسم تاثیر بلند مدت بیوچار بر محیط زیست هنوز به اندازه کافی درک نشده است. خواص بیوچار بسته به مواد اولیه آن متفاوت است و می‌توان انتظار داشت که تاثیر اصلاح بیوچار روی خصوصیات خاک و فعالیت آنزیمی به‌طور گسترده-ایی متفاوت باشد. بنابراین، این مطالعه بسیار ضروری است زیرا جوامع و فعالیتهای میکروبی خاک جزء اساسی اکوسیستم‌ها هستند و نقش مهمی در عملکرد اکولوژیکی مرتبط با چرخه کربن، نیتروژن و فسفر بازی می‌کنند. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر بیوچارهای تهیه شده از مواد مختلف بر فعالیت آنزیمی خاک بود.

مواد و روش‌ها

تهیه خاک مورد آزمایش

جهت این پژوهش نمونه خاک لوم شنی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از شهرستان همدان تهیه گردید. نمونه خاک به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و برای اندازه‌گیری مطالعات انکوباسیونی نگه‌داری گردید.

تهیه و آماده‌سازی تیمارها

تیمارهای مورد استفاده دو نوع بیوچار بود (دلیل انتخاب این ضایعات گیاهی فراوانی آن‌ها در استان همدان بود):

۱- بیوچار ضایعات انگور: که این ضایعات از تاکستان‌های شهرستان ملایر، استان همدان تهیه گردید.

۲- بیوچار چوب گردو: چوب قهوه‌ای گردو از شهرستان تویسرکان، استان همدان تهیه شد.

برای تهیه بیوچار مورد استفاده، مواد اولیه توسط تجزیه حرارتی در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد در محیطی با اکسیژن کم به مدت ۲ ساعت تبدیل به بیوچار شدند بیوچارها کوبیده و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند و به عنوان تیمار آزمایش نگه‌داری گردیدند. تیمارهای آزمایش شامل موارد زیر بود:

۱- خاک شاهد (CS)، ۲- خاک با بیوچار ضایعات انگور (GSB) و ۳- خاک با بیوچار پوسته قهوه‌ای گردو (WSB)

مطالعات انکوباسیونی

برای انجام آزمایش نمونه خاک‌های ۲۰۰ گرمی با نسبت ۱۰ درصد از تیمار بیوچارهای مختلف در سه تکرار آماده گردید. از نمونه خاک شاهد نیز در سه تکرار استفاده شد. برای اجرای آزمایش از طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. نمونه‌ها حدود دو ماه در دمای ۳±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردیده در مدت زمان انکوباسیون با افزودن آب مقطر و مخلوط نمودن نمونه‌ها، رطوبت در حد ۷۰ درصد ظرفیت زراعی نگه‌داری شد. نمونه‌برداری از زمان‌های ۵، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ روز صورت گرفت و فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی، آنزیم اینورتاز و آنزیم اوره‌آز (Schinner et al, 2012) در آن اندازه‌گیری گردید.

شاخص مقاومت (R_S) بر اساس فعالیت آنزیم بر مبنای روش Orwin and Wardels (2004) تعیین شد:

$$R_S = 1 - \left[\frac{2D_0}{C_0 + D_0}\right]$$

$D_0=C_0-P_0$، C_0: فعالیت آنزیم در خاک شاهد، P_0: فعالیت آنزیم در خاک بعد از اضافه کردن بیوچار

درصد تغییرات آنزیم (Relative change- Rch) در ارتباط با خاک شاهد با توجه به فرمول ارائه شده توسط Chaer et al (2009) محاسبه گردید.

$$Rch = \left(\frac{T}{C} - 1\right) * 100$$

T: میانگین فعالیت آنزیم در خاک بعد از افزودن بیوچار

C: میانگین فعالیت آنزیم در نمونه شاهد

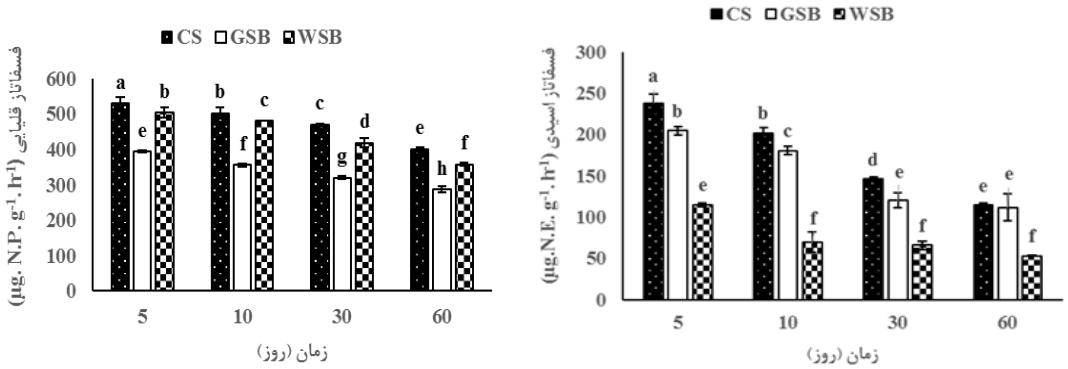
تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 23.0 انجام شد. جهت مقایسه میانگین از آزمون دانکن با سطح احتمال ۹۹٪ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار در سه تکرار استفاده شد. سپس نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Microsoft Office Excel 13.0 ترسیم شد.

نتایج و بحث

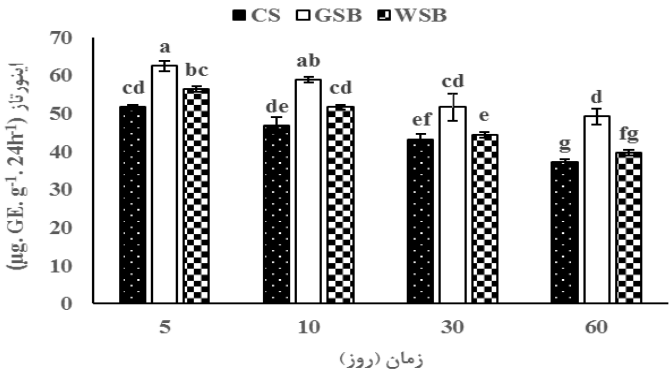
اثر کاربرد بیوچارهای مختلف بر فعالیت آنزیم خاک

آنزیم فسفاتاز در چرخه فسفات دخیل بوده و به طور ویژه به‌عنوان آنزیمی که به مدیریت خاک واکنش سریع نشان می‌دهد شناخته شده است (Al marzooqi and Yousef, 2017). در تمام تیمارها فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی بیشتر از فسفاتاز اسیدی بود (شکل ۱). بیشترین فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک شاهد و به‌طور میانگین ۴۷۵,۹ $\mu g.NP.g^{-1}.h^{-1}$ و کمترین در تیمار GSB و به طور متوسط ۲۸,۹ $\mu g.N.P.g^{-1}.h^{-1}$ مشاهده شد (شکل ۱). بیشترین میزان فعالیت فسفاتاز اسیدی در خاک شاهد متوسط ۱۷۵,۱۲ $\mu g.\ N.P.g^{-1}.h^{-1}$ و کمترین در تیمار WSB متوسط ۷۵,۸۱ $\mu g.N.P.\ g^{-1}.h^{-1}$دیده شد.. فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی در طول دوره انکوباسیون کاهش یافت. از آنجا که در طی دوره انکوباسیون غلظت فسفر قابل جذب افزایش یافت. به مراتب نیاز به ترشح آنزیم فسفاتازها کاهش پیدا کرد.



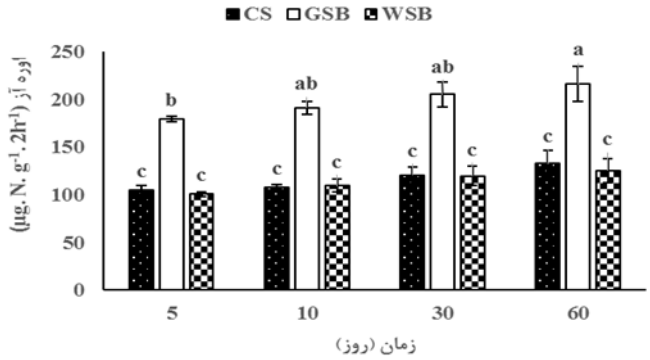
شکل ۱- غلظت آنزیم‌های درگیر در چرخه فسفر در طی انکوباسیون (CS، GSB و WSB به ترتیب خاک شاهد، خاک با تیمار بیوچار ضایعات انگور و خاک با تیمار بیوچار گردو است)

آنزیم اینورتاز مسئول هیدرولیز ساکارز به گلوکز و فروکتوز است (Wang et al., 2003). تغییرات دینامیکی در آنزیم اینورتاز به واسطه استفاده از بیوچارهای مختلف در طول دوره انکوباسیون در شکل ۲ نشان داده شده است. فعالیت اینورتاز در طول دوره انکوباسیون با استفاده از بیوچار GSB نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را از خود نشان داد. فعالیت اینورتاز در تیمار GSB در مقایسه با تیمار CS به طور میانگین ۲۴ درصد بیشتر بود. فعالیت این آنزیم در تیمار GSB در تمام دوره انکوباسیون بیشتر از سایر تیمارها بود. اوج فعالیت در ۵ روز اول انکوباسیون در تیمار GSB رخ داد (۶۲,۴ $\mu g.GE.g^{-1}.24h^{-1}$). Nie et al., (2018) گزارش کردند که افزودن بیوچار باگاس نیشکر در دوزهای ۱/۵، ۲/۲۵ و ۳ تن در هکتار فعالیت آنزیم اینورتاز را در خاک‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱/۲، ۱/۵ و ۱/۷ برابر افزایش داد.



شکل ۲- غلظت آنزیم اینورتاز در طی انکوباسیون (CS، GSB و WSB به ترتیب خاک شاهد، خاک با تیمار بیوچار ضایعات انگور و خاک با تیمار بیوچار گردو است)

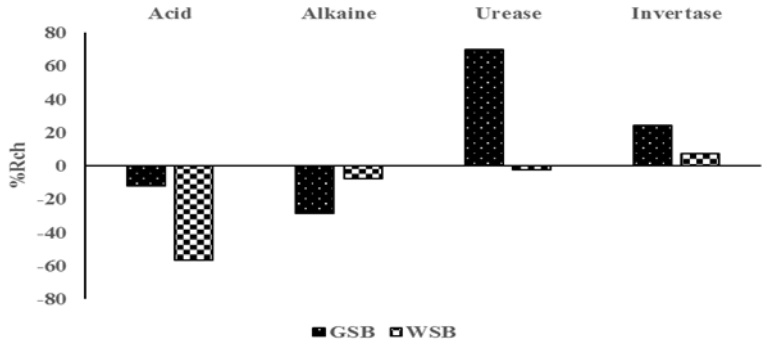
اوره‌آز آنزیمی است که هیدرولیز اوره به دی‌اکسیدکربن و آمونیاک را انجام می‌دهد. فعالیت اوره‌آز در تمام تیمارها در طول دوره انکوباسیون افزایش یافت ولی افزایش در تیمار GSB معنی‌دار بود.. اوج فعالیت اوره‌آز در ۶۰ روز بعد از انکوباسیون رخ داد. که بیشترین میزان مربوط به تیمار GSB (۱۳۲,۷ $\mu g.N.g^{-1}.2h^{-1}$) بود (شکل ۳). بین WSB و تیمار شاهد در کل دوره انکوباسیون اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. از آنجا که کاربرد بیوچار معدنی شدن N را تسریع می‌کند، یک افزایش در فعالیت آنزیم‌های چرخه نیتروژن رخ می‌دهد (Bailey et al., 2010).



شکل ۳- غلظت آنزیم اوره‌آز در طی انکوباسیون (CS، GSB و WSB به ترتیب خاک شاهد، خاک با تیمار بیوچار ضایعات انگور و خاک با تیمار بیوچار گردو است)

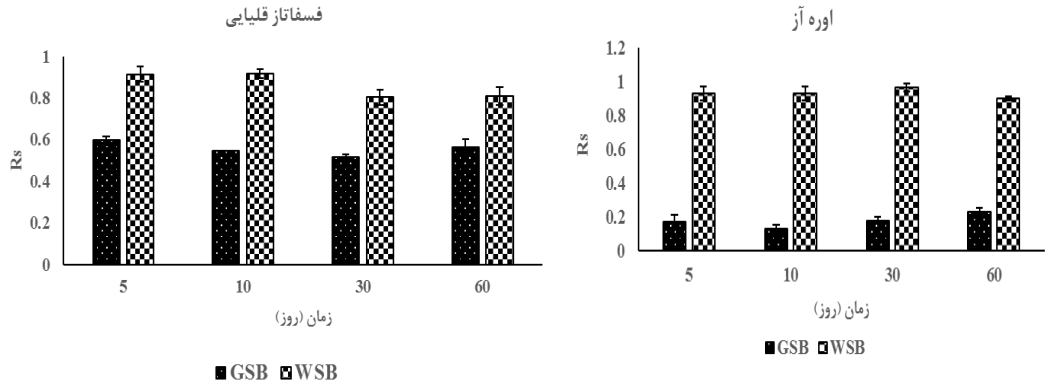
درصد تغییرات در فعالیت آنزیمی (Rch) تاثیر مستقیم فاکتورهای تجربی (مهار یا فعال سازی) را روی فعالیت آنزیمی خاک نشان می‌دهد (Lemanowicz et al., 2021). اینورتاز تنها آنزیمی بود که بعد از کاربرد هر دو بیوچار تحریک شد (شکل۵). Rch برای اینورتاز از ۷/۴ درصد در تیمار WSB تا ۲۴/۲ درصد در تیمار GSB متغیر بود. بعد از کاربرد GSB هم مقادیر Rch برای اوره‌آز مثبت بود یعنی افزودن این بیوچار نیز موجب تحریک آنزیم اوره‌آز شده بود (شکل ۴). مقادیر منفی Rch برای فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی بعد از کاربرد هر دو بیوچار مشاهده گردید. Rch برای آنزیم‌های آزمایش شده به شرح زیر بود:

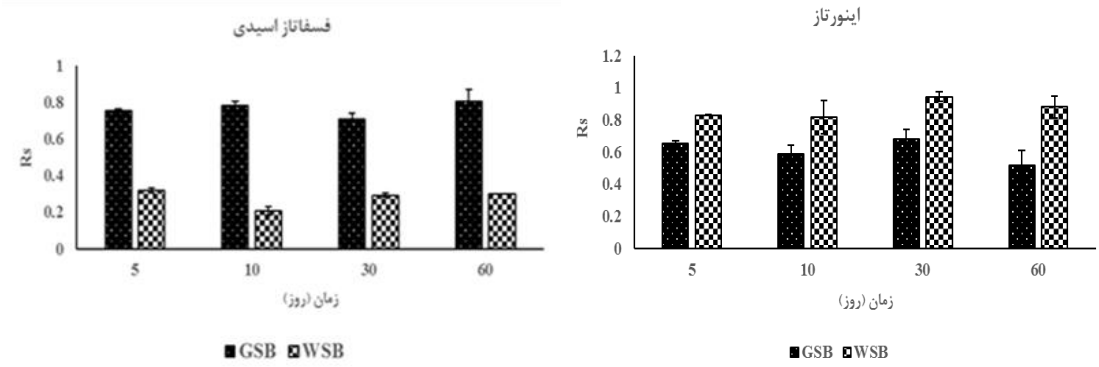
فسفاتاز اسیدی < فسفاتاز قلیایی < اوره‌آز < اینورتاز



شکل ۴- درصد تغییرات در فعالیت آنزیمی (Rch) آنزیم‌های اندازه‌گیری شده

مقادیر R_S ارائه شده در شکل ۵ نشان می‌دهد که حساسیت آنزیم‌ها به اضافه کردن بیوچار در طی دوره‌های مختلف انکوباسیون متغیر است. بالاترین مقدار R_S در مورد فسفاتازهای قلیایی،اوره‌آز و اینورتاز در تیمار WSB و بالاترین مقدار R_S در مورد فسفاتازهای اسیدی در تیمار GSB مشاهده شد. مقادیر بالاتر شاخص R_S نشان می‌دهد که بیوچار اثر جزیی (حداکثر مقاومت) بر فعالیت آنزیم‌های خاک دارد. صرفنظر از نوع بیوچار استفاده شده بیشترین مقاومت فسفاتاز قلیایی در ۱۰ روز بعد از انکوباسیون (R_S=0.92)، برای فسفاتاز اسیدی و اینورتاز در ۶۰ روز بعد از انکوباسیون به ترتیب R_S=0.81 و R_S=0.94 و برای اوره‌آز در ۳۰ روز بعد از انکوباسیون (R_S=0.92) مشاهده شد.





شکل ۵- شاخص مقاومت (RS) آنزیم‌های اندازه‌گیری شده

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزودن بیوچار ضایعات انگور فعالیت آنزیمی خاک بهبود می‌یابد. بنابراین با توجه به در دسترس بودن مقادیر فراوان از ضایعات انگور در این استان و امکانات تهیه بیوچار، می‌توان استفاده از بیوچار را به عنوان یک ماده‌آلی پایدار در خاک توصیه نمود.

منابع

Almarzooqi, F., Yousef, L.F. (2017). Biological response of a sandy soil treated with biochar derived from a halophyte (Salimaizeia bigelovii). *Applied Soil Ecology*, *114*, 9-15.

Ameloot, N., De Neve, S., Jegajeevagan, K., Yildiz, G., Buchan, D., Funkuin, Y.N., Prins, W., Bouckaert, L., Sleutel, S. (2013a). Short-term CO2 and N2O emissions and microbial properties of biochar amended sandy loam soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *57*, 401–410.

Bailey, V.L., Fansler, S.J., Smith, J.L., Bolton, H. Jr. (2010). Reconciling apparent variability in effects of biochar amendment on soil enzyme activities by assay optimization. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 296–301.

Chaer, G., Fernandes, M., Myrold, D., Bottomley, P. (2009). Comparative resistance and resilience of soil microbial communities and enzyme activities in adjacent native forest and agricultural soils. Microb. Ecology, 58, 414–424.

Haddad, S.A., Lemanowicz, J. (2021). Benefits of corn-cob biochar to the microbial and enzymatic activity of soybean plants grown in soils contaminated with heavy metals. *Energies*, 14, 5763.

Lee, J., Sarmah, A.K., Kwon, E.E. (2019). Production and formation of biochar. In Biochar from Biomass and Waste; Sik Ok, Y., Tsang, D.C.W., Bolan, N., Novak, J.M., Eds.; Elsevier Inc.: *Amsterdam. The Netherlands*, pp. 1–18.

Lehmann, J., Rillig, M., Thies, J., Masiello, C., Hockaday,W., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota—A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 1812–1836.

Lemanowicz, J., Gawli´ nska, K., Siwik-Ziomek, A. (2021). Impact of technogenic saline soils on some chemical properties and on the activity of selected enzymes. Energies, 14, 4882.

Nie, C., Yang, X., Niazi, N.K., Xu, X., Wen, Y., Rinklebe, J., Ok, Y.S., Xu, S., Wang, H. (2018) Impact of sugarcane bagasse-derived biochar on heavy metal availability and microbial activity: a field study. *Chemosphere*, 200:274–282. https:// doi. org/ 10. 1016/j. *chemosphere*, 134

Orwin, K.H., Wardle, D.A. (2004). New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 1907–1912.

Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (2012). Methods in soil biology: Springer Science & business media.

Wang, Y., Zhang, L., Liu, D. (2003). Relationship among soil enzyme activities, vegetation state, and soil chemical properties of coal cinder yard. *Chineese Journal of Applied Ecology*, *14*, 110-112.

Yiğit, B., Yigit, M., Celepci, D., Gok, Y. (2018). Novel benzylic substituted imidazolinium, tetrahydropyrimidinium and tetrahydrodiazepinium salts: Potent carbonic anhydrase and acetylcholinesterase inhibitors. *ChemistrySelect*, 3(27), 7976–7982.

Zhu, L. X., Xiao, Q., Cheng, H. Y., Shi, B. J., Shen, Y. F.,Li, S. Q. (2017). Seasonal dynamics of soil microbial activity after biochar addition in a dryland maize field in North-Western China. *Ecological Engineering*, 104,141-149 http: //dx. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2 017.04.026.

The effect of different biochars on soil enzyme activity

Khadije Rostami[1], Zahra Varasteh Khanlari*[2], Mahboube Zarabi[2]

[1]M.sc. student. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University,[2]Assistant. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University,

[*]**Corresponding Auther: Email: Z.khanlari93@gmail.com**

Abstract

In order to investigate the effect of different biochars on soil enzyme activity, an experiment was conducted in a completely randomized design in three replications. Biochars were used at 10% by weight. The experimental treatments included control soil (CS), soil + Grape waste biochar (GSB) and soil + brown walnut shell biochar (WSB). The samples were kept for two months at a temperature of 25±3 degrees Celsius and sampling was done at 5, 10, 30 and 60 days and the activities of acid and alkaline phosphatase, invertase and urease enzymes were measured. The results showed that the concentration of acid and alkaline phosphatase enzymes was the highest in the control and the lowest in the GSB treatment. The amount of this enzyme decreased during incubation. Invertase and urease enzyme concentrations were the highest in GSB treatment. The highest resistance index (RS) was observed in WSB treatment for alkaline phosphatase, urease and invertase. Considering the effect of biochar, the percentage of enzyme changes (Rch) was as follows: GSB > WSB, as a result of GSB treatment, the activity of the measured enzymes increased.

Keywords: acid and alkaline phosphatase, resistance index (RS), percentage of enzyme changes (Rch)

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک بر جزبندی فلز روی

فاطره کریمی[۲،۱]*، قاسم رحیمی[۱]، ابوالفضل خادمی جلگه نژاد[۳]

۱- گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران

۲-گروه علوم کشاورزی، دانشگاه فنی حرفه ای، تهران، ایران(Fatereh_84@rocketmail.com)

۳-گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

فعالیت‌های انسانی از جمله استفاده از لجن فاضلاب بعنوان کود باعث تجمع بیش از حد فلزات سنگین در خاک می‌شود. تبدیل لجن فاضلاب به بیوچار یک روش بالقوه برای دفع آن و یک تکنولوژی مقرون به صرفه برای اصلاح خاک‌های آلوده بدلیل کاهش دسترسی زیستی فلزات سنگین شناخته شده است. لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک آزمایشی به صورت فاکتوریل با سه تکرار در شرایط آزمایشگاه گروه علوم خاک دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. تیمارهای بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده با اسید سیتریک در ۴ سطح (۰ و دو، چهار و هشت درصد وزنی) به خاک آهکی آلوده اضافه گردید. نتایج نشان داد که افزایش میزان کاربرد بیوچار موجب کاهش معنی‌دار میزان روی در بخش تبادلی گردید؛ بطوریکه کاربرد هشت درصد بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده بترتیب موجب کاهش غلظت روی بخش تبادلی از ۱/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۰/۲۸ و ۰/۰۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گردید. بنابراین خاک‌های تیمار شده با بیوچار بخصوص بیوچار اصلاح شده با اسید سیتریک می‌تواند موجب تغییر جزءبندی فلزات سنگین و درنتیجه تغییرشکل آنها از بخش‌هایی با قابلیت دسترسی و تحرک بیشتر به بخش‌هایی با پایداری بیشتر و کم‌تحرک‌تر گردد.

واژگان کلیدی: اسیدسیتریک، بیوچار، روی، لجن فاضلاب

مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین در حال حاضر به صورت یک مشکل جهانی درآمده است (Jin etal., 2019., Abu Khatita etal., 2020). فلزات سنگین برخلاف آلاینده‌های آلی، دچار تجزیه بیولوژیکی یا شیمیایی نمی‌شوند بنابراین مدت زمان طولانی در خاک باقی می‌مانند. نتیجه مستقیم انباشتگی فلزات سنگین در خاک، تهدید اکولوژیکی گیاهان و سایر جانداران در خاک انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی است. منبع اصلی فلزات سنگین خاک، مصرف پساب های شهری و صنعتی، کودهای شیمیایی، استفاده از آفت کشها و علف کشها، معادن استخراج فلزات و استفاده مستمر از کودهای آلی مانند لجن فاضلاب است (wuana etal., 2013).

کاربرد لجن فاضلاب در بخش کشاورزی به عنوان یک کودآلی ارزان قیمت مزایای متعددی از قبیل افزایش میزان ماده آلی، بهبود ویژگیهای فیزیکی خاک نظیر ظرفیت نگهداشت آب، افزایش تهویه و تخلخل، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، وجود مقادیر زیادی عناصر پرنیاز و کم نیاز دارد (Gasco and Lobo, 2007). به رغم مزایای مفید لجن فاضلاب به عنوان کود آلی، وجود غلظت بالای فلزات سنگین در لجن فاضلاب می‌تواند باعث انباشته شدن بیش ازحد فلزات سنگین در خاک گردد. لذا استفاده از لجن فاضلاب با غلظت بالای فلزات سنگین در خاکهای کشاورزی می‌تواند از نظر زیست

محیطی دارای خطر باشد. تبدیل لجن فاضلاب به ماده ای با خطر کمتر و ارزش افزوده بیشتر می‌تواند کاربرد آن را گسترش دهد.

تبدیل لجن فاضلاب به بیوچار می تواند یک روش مناسب برای مدیریت آن در مقایسه با روش استفاده مستقیم به عنوان کود آلی در کشاورزی باشد (Huwang etal., 2007, Lehman etal., 2011) . بیوچار یک محصول جانبی غنی از کربن است که بر اثر فرآیند گرماکافت زیست توده تحت شرایط بدون اکسیژن یا با مقادیر خیلی جزئی اکسیژن تولید می‌شود. خواص منحصر به فرد بیوچار شامل سطح ویژه، تخلخل، دارا بودن انواع مختلف گروه‌های عاملی و پتانسیل جذب آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین موجب شده است تا نقش مهمی در کنترل آلاینده‌ها در محیط زیست داشته باشد (Dias etal., 2010). بیوچار با افزایش میزان ماده آلی، CEC خاک و در نتیجه ایجاد کمپلکس با یون‌های فلزات سنگین می‌تواند منجر به کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین خاک گردد (Abdel-Fattah etal., 2015). از مهمترین اهداف استفاده از تولید بیوچار تثبیت فلزات سنگین می‌باشد که هم باعث حاصلخیزی خاک و هم موجب اصلاح محیط زیست می‌گردد (Kloss etal., 2014) .

در سالهای اخیر پژوهشگران بر روشهای اصلاح و غنی سازی بیوچار متمرکز شده‌اند، بطوریکه بتوانند با تغییر در ساختار و خصوصیات سطح بیوچار با استفاده از ترکیبات مختلف کارایی و مزایای زیست محیطی بیوچار را افزایش دهند (Rajapaksha., 2016). از این رو برای بهبود بیشتر خصوصیات سطحی بیوچارها و افزایش کارایی در آنها لازم است این جاذبهای زیستی ارزشمند پس از فرآیند گرماکافت یا در طی مراحل تولید اصلاح شوند (Trakal etal.,2016). بنابراین از اسید سیتریک می‌توان بدلیل افزودن گروههای کربوکسیل اضافی برای تغییر سطوح بایوچارهای مختلف استفاده نمود. با توجه به اینکه تاکنون تحقیقاتی در مورد تأثیر بیوچار اصلاح شده با اسیدسیتریک بر جزبندی فلزات سنگین انجام نشده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی جزبندی فلز روی تحت تأثیر بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک در یک خاک آهکی آلوده بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق روی یک خاک آلوده از زمین‌های اطراف معدن سرب و روی آهنگران انجام شد. نمونه خاک مورد مطالعه از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و بعد از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آماده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نظیر بافت به روش هیدرومتری (Gaskin etal., 2008)، pH و EC با نسبت ۱:۵ خاک به آب، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک اندازه‌گیری شد.

لجن فاضلاب جهت تهیه بیوچار از شهرک صنعتی بوعلی همدان جمع آوری شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و پیرولیز در کوره حرارتی در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس انجام شد. برای حفظ فضای بدون اکسیژن گاز نیتروژن، با سرعت جریان ۱۰۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و نرخ افزایش دمای پیرولیز ۲۵ درجه سلسیوس بر دقیقه از محفظه داخلی کوره عبور داده شد. به منظور تهیه بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک، نمونه های لجن فاضلاب در آزمایشگاه هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و پیرولیز در کوره حرارتی در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس با نرخ افزایش دمای ۲۵ درجه سلسیوس بر دقیقه و مدت زمان ۱۸۰ دقیقه انجام شد. سپس ۲ گرم از بیوچار تهیه شده با ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۱ نرمال اسید سیتریک بمدت ۲ ساعت در دمای اتاق مخلوط گردید. دهیدراته شدن نمونه بمدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه و سپس گرمادهی بمدت ۹۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه انجام

شد. سپس نمونه بمنظور خروج اسیدهای اضافی با آب مقطر شستشو داده شد و در نهایت بمدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه خشک شد (اکسیو و همکاران، ۲۰۱۶).

برای انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی ابتدا لجن و بیوچارها را از الک نیم میلی‌متری عبور داده سپس برخی ویژگی‌های آن مانند pH وEC از نسبت ۱:۵ بیوچار (لجن) به آب استفاده شد. سپس نمونه تکان داده شده و پس از ۲۴ ساعت، مقدار pH و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) قرائت گردیدند، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، به روش استات آمونیوم اصلاح شده یک مولار (pH=7) اندازه گیری گردید. کربن، نیتروژن و هیدروژن به روش سوزاندن خشک با دستگاه CHNSO Analyzer اندازه گیری شدند.

این آزمایش در ظروف پلاستیکی به ابعاد (۱۷×۱۳× ۱۸ سانتی متر) به صورت فاکتوریل با سه تکرار در شـرایط محیطی آزمایشگاه گروه علـوم خـاک دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. تیمارهای بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک در چهار سطح (صفر، دو، چهار و هشت درصد وزنی) به خاک آلوده اضافه گردید. ۵۰۰ گرم از خاک هوا خشک در هر ظرف قرار داده شد و تیمارهای بیوچار براساس سطوح تیماری اعمال گردید. ظرفهای آزمایش در یک محفظه اقلیمی با ۱۶ ساعت نور و هشت ساعت تاریکی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۲ روز نگه‌داری شد. هر نمونه خاک پس از هوا خشک شدن و گذراندن از الک دو میلی متری، به منظور تعیین جزءبندی فلز روی مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی جزءبندی فلز روی از روش عصاره‌گیری پی در پی Sposito و همکاران (۱۹۸۲) استفاده شد. غلظت فلز روی توسط دستگاه جذب اتمی مدل ۲۲۰ واریان (Varian Spectra AA ۲۲۰) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با نرم افزار آماری SPSS تجزیه آماری گردید. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۱) آمده است. خاک با pH ۸/۲ نشاندهنده آهکی بودن و با مقدار EC ۰/۲۳ dSm^{-1} که نشاندهنده میزان شوری منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۲۹/۳ $Cmol\ (+)\ Kg^{-1}$ و بافت خاک لوم رسی بود.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

خصوصیات	بافت	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	pH	EC (dSm^{-1})	$CaCO_3$ (%)	CEC ($Cmol\ (+)\ Kg^{-1}$)
	لوم رسی	۳۳/۲	۳۶	۳۰/۸	۸/۲	۰/۲۳	۲۵	۲۹/۳

برخی ویژگی‌های لجن فاضلاب و بیوچارهای مورد بررسی، در جدول ۲ نشان داده شده است. pH لجن فاضلاب و بیوچارهای مورد مطالعه در دامنه ۹/۱-۶/۸ بود که کمترین و بیشترین pH به ترتیب مربوط به لجن فاضلاب و بیوچار لجن اصلاح شده با اسید سیتریک بود. نتایج آنالیز عنصری نمونه‌ها نشان داد که نسبت مولی O/C در بیوچار اصلاح شده با اسیدسیتریک بالاتر از بیوچار اصلاح نشده بود که نشان‌دهنده بیشتر بودن گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن در سطح بیوچار اصلاح شده بوده است که با نتایج Cui و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد.

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی لجن فاضلاب، بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده با اسید سیتریک

نمونه	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	H/C	O/C	pH	CEC (Cmol (+) Kg $^{-1}$)
لجن	۱۸/۴۵	۳/۸۴	۱۰/۱۱	۲۶/۲	۲/۵۱	۱/۰۷	۶/۸	۲۰
بیوچار	۲۸/۹۴	۱/۹۰	۳/۳۸	۷/۵۸	۰/۷۸	۰/۱۹	۸/۵	۳۱/۶
بیوچار اصلاح شده با اسیدسیتریک	۲۵/۳	۱/۴۳	۳/۱	۲۹	۰/۶۸	۰/۸۵	۹/۱	۳۹

نتایج جدول (۳) نشان داد که تأثیر سطوح کاربرد بیوچار بر تمام بخش های فلز روی در خاک تیمار شده با هر دو نوع بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده آن معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) بود.

جدول ۳- میانگین مربعات اثر سطوح کاربرد بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده آن بر بخش‌بندی فلز روی

منابع تغییرات	درجه آزادی	بیوچار لجن فاضلاب				بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک			
		بخش تبادلی	بخش آلی	بخش کربناته	بخش باقیمانده	بخش تبادلی	بخش آلی	بخش کربناته	بخش باقیمانده
سطوح بیوچار	۳	۰/۵۲۱**	۳۴/۰۳۸**	۴۴/۷۳۳**	۱۲۳۹/۷۲**	۰/۸۱۳**	۳۰/۷۸۲**	۶۵/۳۰۱**	۷۶۰۹/۰۵۵**
خطا	۸	۰/۰۰۱	۰/۰۵۰	۰/۰۲۹	۹۴/۰۵۸	۰/۰۰۱	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۹۴/۶۲۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۵۸/۸۸	۵۴/۱۱	۶/۷۵	۱۷/۶۴	۶۰/۱۱	۵۵/۹۰	۸/۴۷	۱۴/۷۴

ns * , ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

افزایش میزان کاربرد بیوچار موجب کاهش معنی دار میزان روی بخش تبادلی و کربناته و افزایش معنی دار روی بخش آلی و باقیمانده گردید. میزان روی تبادلی از ۱/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد به ۰/۲۸ و ۰/۰۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب در تیمار هشت درصد بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده آن کاهش یافت، بطوریکه روند این تغییرات در تیمار کاربرد بیوچار اصلاح شده بیشتر از بیوچار اصلاح نشده بود (جدول ۴). در تحقیقی که توسط Anegbe و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد نشان دادند که با افزایش میزان کاربرد بیوچار غلظت فلزات Pb, Cu, Zn, Cr , Cd بتدریج کاهش یافت، بنظر می‌رسد این فلزات توسط واکنشهای کمپلکس سطحی جذب ذرات بیوچار شده، درنتیجه منجر به کاهش غلظت این فلزات گردید (Lanno etal., 2004). تبدیل فرم قابل تبادل فلزات سنگین به فرم پیوند یافته با ماده آلی (کمتر قابل دسترس) از طریق واکنشهای تشکیل کمپلکس می‌تواند دلیلی بر کاهش معنی‌دار فلزات سنگین قابل تبادل در خاکهای اصلاح شده با بیوچار باشد (Farfel etal., 2005). نتایج تحقیقات زاهدی فر (۲۰۱۷) نشان داد که کاربرد ۱/۵ و ۳ درصد بایوچار موجب افزایش غلظت روی بخش آلی خاک گردید. غلظت روی بخش باقیمانده با افزایش میزان کاربرد بیوچار افزایش یافت، بطوریکه تیمار کاربرد هشت درصد بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده بترتیب موجب افزایش غلظت روی بخش باقیمانده از ۲۴۳/۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۳۹۵/۳۴ و ۳۵۹/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گردید (جدول ۴). Dai و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که کاربرد بیوچار موجب افزایش میزان فلزات سنگین بخش باقیمانده و کاهش فلزات قابل استخراج با اسید و بخش کربناته گردید. در واقع بیوچار میتواند باعث تغییر شکل فلز روی از بخشهای قابل استخراج با اسید، قابل احیا و قابل اکسید به بخش باقیمانده گردد.

جدول ۴- اثر سطوح کاربرد بیوچار لجن فاضلاب و بیوچار اصلاح شده آن بر بخش‌بندی فلز روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

	بیوچار لجن فاضلاب				بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسیدسیتریک			
سطوح بیوچار	بخش تبادلی	بخش آلی	بخش کربناته	بخش باقیمانده	بخش تبادلی	بخش آلی	بخش کربناته	بخش باقیمانده
۰٪	۱/۲۴a	۱/۹۲d	۵۲/۳۱b	۲۴۳/۹۴d	۱/۲۴a	۱/۹۲d	۵۲/۳۱b	۲۴۳/۹۴d
۲٪	۰/۵۵b	۳/۸۲c	۵۵/۵۴a	۳۳۵/۰۶c	۰/۴۲b	۳/۱۶c	۵۳/۵۸a	۳۱۳/۴۹c
۴٪	۰/۴۸c	۷/۵۵b	۵۲/۶۸c	۳۵۷/۰۴b	۰/۲۴c	۶/۸۸b	۵۰/۳۷c	۳۳۹/۳۹b
۸٪	۰/۲۸d	۹/۲۷a	۴۶/۳۵d	۳۹۵/۳۴a	۰/۰۶۸d	۸/۸۱a	۴۳/۱۴d	۳۵۹/۳۵a

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار موجب کاهش معنی‌دار میزان روی بخش تبادلی و کربناته و افزایش معنی‌دار روی بخش آلی و باقیمانده گردید. بطوریکه روند این تغییرات در تیمار کاربرد بیوچار اصلاح شده با اسیدسیتریک بیشتر از بیوچار اصلاح نشده بود. بالاترین سطح کاربرد (۸ درصد) بیوچار لجن فاضلاب اصلاح شده با اسید سیتریک کمترین غلظت فلزات سنگین بخش تبادلی را در مقایسه با ۸ درصد بیوچار اصلاح نشده به خود اختصاص داد که در واقع نشاندهنده توانایی بیشتر بیوچار اصلاح شده با اسید سیتریک برای جذب فلزات سنگین بود. روند کاهشی بیشتر غلظت فلزات سنگین در بخش تبادلی خاکهای تیمار شده با بیوچار اصلاح شده نسبت به بیوچار اصلاح نشده می‌تواند بدلیل بالاتر بودن نسبت مولی O/C و در نتیجه بیشتر بودن گروه‌های عاملی سطح بیوچار اصلاح شده باشد. بنابراین این نتایج نشاندهنده توزیع مجدد فلزات در خاک‌های تیمار شده با بیوچار بخصوص بیوچار اصلاح شده با اسیدسیتریک می‌باشد که موجب تغییرشکل فلزات از بخش‌هایی با تحرک بیشتر به بخش‌های پایدار و کم تحرک‌تر می‌گردد.

فهرست منابع

Abdel-Fattah, T.M., Mahmoudb, M.E., Ahmedb, S.B., Huff, N.D., Lee, J.W., and Kumar, S. (2015). Biochar from woody biomass for removing metal contaminants and carbon sequestration. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 22:103-109.

Abu Khatita, A.M., Koch, R. and Bamousa, O.A. (2020). Sources identification and contamination assessment of heavy metals in soil of Middle Nile Delta, Egypt. Journal of Taibah University for Science, 14, 750-761.

Anegbe, B., Okuo, J.M., Ewekay, E.O., and Ogbeifun, D.E. (2014). Fractionation of lead-acid battery soil amended with Biochar. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences 7(2): 36-43.

Cui, X., Hao, H., Zhang, C., He, Z., andYang, X. (2016). Capacity and mechanisms of ammonium and Cd sorption on different wetland-plant derived biochars. Science of the Total Environment, ۵۳۹, ۵۶۶-۷۵.

Dai, S., Li, H., Yang, Z., Dai, M., Dong, X., Ge, X., Sun, M., and Shi, L. (2018). Effects of biochar amendments on speciation and bioavailability of heavy metals in coal-minecontaminated soil. Human and Ecological Risk Assesment 24 (7): 1887-1900.

Dias, B.O., Silva, C.A., Higashikawa, F.S., Roig, A. and Sanchez-Monedero, M.A. (2010). Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure; effect on organic matter degradation and humification. Bioresource Technology, 101, 1239–۱۲۴۶.

Farfel, M., Orlova, A., Chancy, R., Lees, P., Rohde, C, and Ashley P. (2005). Biosolids compost amendment for reducing soil lead hazards: a pilot study of organic amendment and grass seeding in urban yards. The Science of the Total Environment 340: 81-95.

Gasco, G. and Lobo, M.C. (2007). Composition of a Spanish sewage sludge and effects on treated soil and olive trees. Waste Management, 27, 14941500.

Gaskin J.W., Steiner C., Harris K., Das K.C., and Bibens B. (2008). Effect of Low Temperature Pyrolysis Conditions on Biochars for Agricultural Use. Transactions of the ASABE 51(6): 2061-۲۰۶۹.

Hwang, I.H., Ouchi, Y., and Matsuto, T. (2007). Characteristics of leachate from pyrolysis residue of sewage sludge. Chemosphere 68 (10):1913-1919.

Jin, Y., Connor, D.O., Ok, Y.S., Tsang, D.C.W., Liu, A. and Hou, D. (2019). Assessment of sources of heavy metals in soil and dust at children's playgrounds in Beijing using GIS and multivariate statistical analysis. Environment International, 124, 320-328.

Rajapaksha, A.U., Chen, S.S., Tsang, D.C., Zhang, M., Vithanage, M., Mandal, S., Gao, B., Bolan, N.S., Ok, Y.S. (2016). Engineered/designer biochar for contaminant removal/immobilization from soil and water: potential and implication of biochar modification. Chemosphere, 148, pp. 276-291.

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 of American jourrnal 46: 260–264.

Trakal, L., Veselská, V., Šafařík, I., Vítková, M., Číhalová, S., Komárek, M. (2016). Lead and cadmium sorption mechanisms on magnetically modified biochars. Bioresource technology, 203, pp. 318-324

Wuana, R.A., Yiase, S.G., Iorungwa, P.D. and Iorungwa, M.S. (2013). Evaluation of copper and lead immobilization in contaminated soil by single, sequential and kinetic leaching tests. African Journal of Environmental Science and Technology, 7, 249-258.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی تاثیر پساب شهرک صنعتی ویان همدان بر روی تغییرات شوری خاک

هاجر مریخ پور [۱،۲*]، نفیسه نورمحمدی فیجانی [۳]، گلایه یوسفی [۴]

۱- گروه کشاورزی، دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران

۲- دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

* merrikhpour@sjau.ac.ir; h_merikhpour@sbu.ac.ir

۳- پژوهشکده بیوتکنولوژی متابولیتهای ثانویه اصفهان، سازمان آموزش و تحقیقات کشاورزی ایران

۴- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

در جهان رو به توسعه کنونی صنعت و محیط زیست در شمار آن دسته مقولاتی هستند که از اهمیت ویژه ای برخوردارند. ارزیابی تاثیر پساب های صنعتی در خاک از جنبه آلودگی خاک، حاصلخیزی خاک و کیفیت آبهای زیرزمینی حائز اهمیت است. در استان همدان یکی از این مجتمع های صنعتی که پساب قابل توجهی را به محیط وارد می سازد شهرک صنعتی ویان می باشد. به منظور بررسی چگونگی تاثیر پساب این شهرک صنعتی بر روی افزایش شوری خاک منطقه دشت قهاوند از محل شهرک صنعتی با امتداد عمومی شمال غربی به جنوب شرقی به طول ۲۰ کیلومتر و از هر کیلومتر در ۴ عمق (۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰، ۱۵۰-۱۰۰ و ۲۰۰-۱۵۰ سانتی متری) نمونه برداری به عمل آمد. نمونه ها جهت تعیین میزان pH، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، غلظت کاتیون های سدیم، کلسیم و منیزیم و آنیون کلر به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج آزمایشات تفاوت معنی داری را بین افزایش غلظت سدیم محلول در ۳ کیلومتر ابتدای مسیر و ادامه مسیر تا کیلومتر ۲۰ را نشان دادند ($P < ۰/۰۵$). که این افزایش در لایه های سطحی خاک (۵۰-۰ سانتی متر) بیشتر از سایر قسمت ها بود.

واژگان کلیدی: پساب صنعتی، آلودگی خاک، سدیم

مقدمه

خاک به عنوان یکی از مهمترین اجزای محیط زیست، دریافت کننده پسماندهای صنعتی و بقایای محصولات کشاورزی است. به محض ورود این مواد به خاک، جزئی از چرخه ای می گردند که این چرخه خود صور گوناگون حیات را تحت تاثیر قرار می دهد. خاک به عنوان بستر فیزیکی و صافی زنده توانایی زیادی در پالایش مواد آلی و غیرآلی دارد. دفع فاضلاب در خاک یکی از با صرفه ترین روشهای تصفیه است که در صورت بکارگیری صحیح آن افزون بر رفع مشکل تخلیه فاضلاب تاثیر مطلوبی بر خصوصیات مختلف خاک دارد. علاوه بر آن فاضلاب در حین عبور از خاک پالایش شده و می تواند سبب تغذیه آبهای زیرزمینی گردد. با این وجود عدم مدیریت درست دفع فاضلاب می

تواند پیامدهای گوناگونی از جمله آلودگی خاک و آب را به دنبال داشته باشد (Shuokr Qarani and Jwan Sabah, ۲۰۲۲). در نقاط مختلف دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک که آب عامل اصلی توسعه می باشد، استفاده مجدد از پساب ها صورت می گیرد. نتایج حاصل از یک بررسی بر پساب صنایع شهر یزد نشان داد که غلظت هیچ یک از عناصر نیکل، کادمیوم و سرب فراتر از حد مجاز نبودند، بلکه محدودیت این پساب ها، شوری، pH و غلظت بالای برخی کاتیون ها و آنیون ها ذکر شده است (رحمانی،۱۳۸۲). تخلیه بی رویه فاضلاب های صنعتی به خاک ها و آب های پذیرنده، اثرات زیانباری را به محیط زیست به ویژه اراضی کشاورزی، وارد می سازد. از جمله مسائلی که در این زمینه توجه عده زیادی از محققان و صاحبنظران به مسائل زیست محیطی را جلب نموده است، شور و سدیمی شدن خاک ها در نتیجه غلظت بالای کاتیون های کلسیم، منیزیم، سدیم و آنیون های کلر و سولفات در پساب های کاربردی و تاثیر آن بر گیاهان کشت شده در آن منطقه می باشد. تا قبل از دهه ۱۹۷۰ توجه محققان صرفا محدود به اثرات شوری روی تولید محصول بود، که آن را در ناحیه ریشه با آبشویی و خروج نمک ها توسط زهکشی از این ناحیه کنترل می کردند. در طول دو دهه اخیر، توجه بیشتر به زمین هایی است که تحت تاثیر این پساب ها تنزل پیدا کرده اند (Kesari et al., 2021). ورود آبهای با غلظت بالای سدیم نسبت به کاتیونهای دو ظرفیتی، می تواند منجر به افزایش سدیم تبادلی بر روی کاوئیدهای خاک و ادامه ورود این آبهای قلیایی به خاک تهدید جدی برای منابع آب و خاک محسوب می شود (Farifteh et al., 2008). مطالعات متعددی به افزایش غلظت سدیم و کلر در خاک بر اثر تخلیه پساب ها بر سطح خاک اشاره کرده اند (Tavakoli et al., 2010; Zhou-Tsang et al., 2021; Simhayov et al., 2023)،

شهرک صنعتی ویان در حوالی شهر همدان به عنوان یک منبع آلاینده صنعتی در منطقه به حساب می آید و از آنجا که بررسی اثرات سوء تخلیه پساب آن از جنبه تاثیر بر افزایش غلظت سدیم و pH اهمیت ویژه ای دارد، تحقیق حاضر به منظور بررسی و شناخت اثرات پساب این مجتمع صنعتی بر ویژگی های خاک متاثر از آن انجام پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

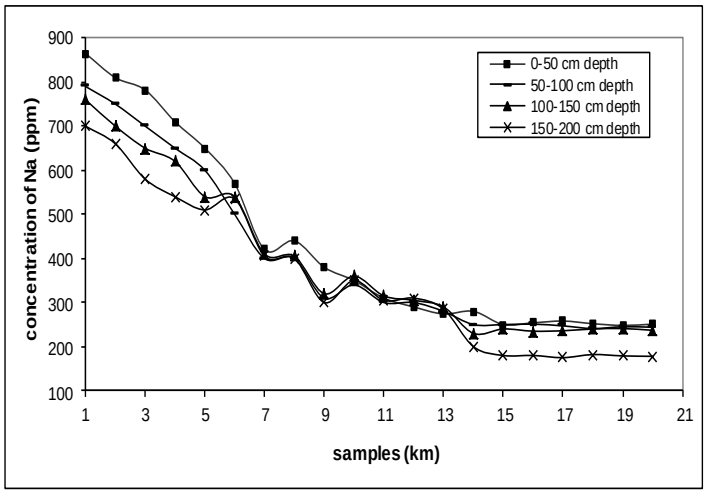
با توجه به هدف مطالعه، بررسی شدت تاثیر پساب شهرک صنعتی ویان بر روی خاک های منطقه دشت قهاوند ، نمونه برداری خاک از مسیری به طول ۲۰ کیلومتر از محل شهرک صنعتی ویان واقع بر جاده ترانزیتی قزوین به همدان و در ۴ عمق مختلف (۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰، ۱۵۰-۱۰۰ و ۲۰۰-۱۵۰ سانتی متری) نمونه برداری صورت گرفت. در کنار نمونه های برداشت شده، یک نمونه خاک در چهار عمق مذکور، از محلی دور از محل تخلیه پساب شهرک صنعتی که تحت تاثیر این پساب قرار نگرفته بود، به عنوان شاهد برداشت شد.

پس از انجام عمل نمونه برداری، نمونه های خاک به آزمایشگاه منتقل شده، پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی متری جهت انجام آزمایشات آماده شدند. در کلیه نمونه pH، EC و غلظت کاتیون های سدیم، کلسیم، منیزیم و آنیون کلر اندازه گیری شد. pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک ها (EC) در عصاره ۱:۵ آب به خاک اندازه گیری شدند و میزان کاتیونهای کلسیم، منیزیم و آنیون کلر با استفاده از روش تیتراسیون و کاتیون سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید(Rowell, D.L. 1994).

نتایج و بحث

تغییرات غلظت سدیم

شکل (۱) تغییرات سدیم محلول خاک را در نمونه های مطالعه شده در طول مسیر و در ۴ عمق مختلف نشان می دهد. نتایج آزمایشات بر روی نمونه های خاک در ابتدای مسیر تا ۲+۵۰۰ کیلومتر، که تحت تاثیر مستقیم پساب صنعتی بوده است، حاکی از غلظت بیشتر سدیم نسبت به ادامه مسیر می باشد. و با توجه به میزان بالای pH در نمونه های ابتدای مسیر می توان نتیجه گرفت که خاک منطقه به سمت سدیمی شدن پیش می رود. نتایج مطالعات خاک شاهد نشان داد که غلظت سدیم محلول این خاک به ترتیب در اعماق ۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰، ۱۵۰-۱۰۰ و ۲۰۰-۱۵۰ سانتی متری برابر با ۲۲۵، ۲۰۸،۱۸۷ و ۱۵۴ میلی گرم در لیتر می باشد، مقایسه مقدار سدیم محلول در اعماق مختلف خاک شاهد با نمونه های خاک تحت تاثیر پساب شهرک صنعتی نشان می دهد که افزایش غلظت سدیم در این خاکها مربوط به تخلیه بی رویه و نادرست پساب بر آنها می باشد.



شکل ۱- تغییرات سدیم محلول خاک های مورد مطالعه در۴ عمق مختلف

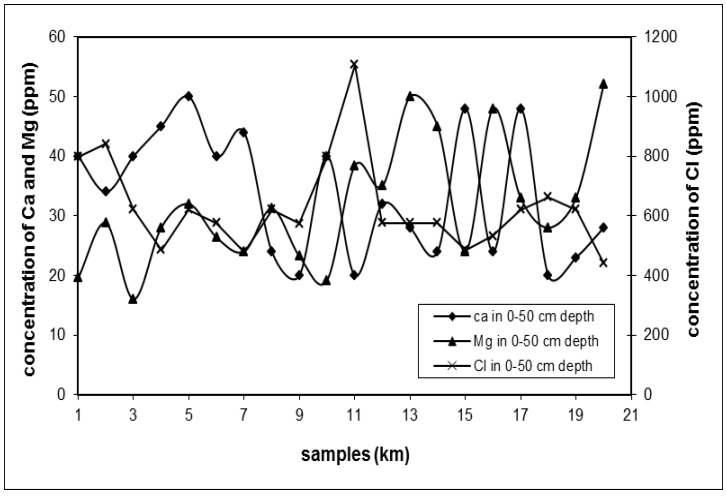
در خاکهای سدیمی، هیدرولیز سدیم تبادلی باعث ایجاد هیدروکسید سدیم (NaOH) در محلول خاک می شود. NaOH به وجود آمده با CO_2 محلول ترکیب شده و Na_2CO_3 تولید می کند، هم چنین وجود نمک کربنات و بی کربنات سدیم و هیدرولیز آنها باعث بالا رفتن pH می گردد. در چنین شرایطی pH خاکهای سدیمی ممکن است حتی به ۱۰ هم برسد (افیونی وهمکاران،۱۳۷۶). طبق گزارشات ادی و همکاران میزان غلظت سدیم در خاکها متفاوت است، اما معمولا بین ppm ۴۰۰-۳۷۰۰۰ می باشد (Eddy et al., 2007) در مورد نتایج بدست آمده بیشترین غلظت سدیم در ابتدای مسیر و در خاک سطحی(۵۰-۰ سانتی متر) برابر با ppm ۸۶۵ و کمترین مقدار آن ppm ۱۷۵، در

عمق ۲۰۰-۱۵۰ سانتی متری کیلومتر ۱۷ مسیر بوده است. هر چند مطابق با نتایج ادی و همکاران (۲۰۰۷) وجود این مقدار سدیم در خاک ها غیر معمول نیست، اما تفاوت معنی داری که بین حداکثر و حداقل غلظت سدیم در ابتدا و انتهای مسیر وجود دارد (آزمون t) ناشی از تاثیر منفی پساب در قسمت ابتدای مسیر می باشد. در نتیجه با توجه به بافت نسبتا سنگین و رسی خاک ها در این قسمت، احتمال کاهش نفوذپذیری و پیامدهای منفی دیگری از قبیل آب ماندگی و سله سطحی دور از انتظار نیست.

Cherfouh و همکاران (۲۰۱۸) نیز نتایج مشابهی در مورد اثرات دراز مدت استفاده از آبهای با کیفیت نامناسب بر روی خاک ها ارائه کردند. طبق گزارشات ارائه شده این خاک ها اغلب با افزایش شوری و سدیم همراه بودند. در نمونه های آنها نیز افزایش سدیم و pH بیشتر در لایه های بالایی خاک مشاهده شد.

تغییرات غلظت کلسیم، منیزیم، کلر و هدایت الکتریکی (EC)

در مورد تغییرات یون های کلسیم، منیزیم و کلر همانطور که در شکل (۲) نیز دیده می شود، این تغییرات روند منظمی را طی نکرده و تفاوت های معنی داری را در طول مسیر نشان ندادند. و در نتیجه این تغییرات نامشخص همانطور که انتظار می رفت مقادیرEC نیز تفاوت های مشخصی را بیان نکردند. که البته با توجه به شرایط ظاهری منطقه و تخریب سطحی خاک بخصوص در ابتدای مسیر و در نزدیکی محل مجتمع صنعتی این روند تغییرات دور از انتظار نبود. چرا که اگر افزایش درصد سدیم تبادلی خاک همراه با افزایش شوری نباشد، علاوه بر کاهش ضریب آبگذری در نتیجه تقلیل منافذ بزرگ خاک به دنبال انبساط داخلی ذرات خاک در اثر تاثیر متقابل رس و سدیم، خاک با مشکل پراکندگی و تخریب ساختمان نیز روبرو خواهد شد. در حالیکه افزایش سطح شوری محلول خاک باعث دانه بندی ذرات خاک شده که ساختمان و آبگذری بهتری را ایجاد می نماید.



شکل ۲- تغییرات کلسیم، منیزیم و کلر خاک های مورد مطالعه در طول مسیر در عمق ۵۰-۰ سانتی متری

نتیجه گیری

به طور کلی بهره برداری از آب های نامتعارف از جمله پساب های فاضلاب شهری و صنعتی برای آبیاری اراضی کشاورزی در مناطق خشک از جمله ایران ضروری است. این کار با توجه به محدودیت های حاضر در پسای ها سبب مسائل و مشکلات زیست محیطی و ورود ترکیبات سمی به زنجیره غذایی می شود. در مورد تاثیر پساب شهرک صنعتی ویان در استان همدان به عنوان یکی از منابع آلوده کننده خاک، آب و محیط زیست می توان گفت که خاک های نزدیک به محل شهرک صنعتی از جنبه شور و سدیمی شدن به طور جدی آسیب دیده اند. و در مناطقی که شوری خاک پایین بوده به دلیل سدیمی شدن با مشکل تخریب ساختمان و کاهش هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری نیز مواجه شده است.

فهرست منابع

رحمانی، ح. ۱۳۸۲، خصوصیات شیمیایی و غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در پساب های واحد های صنعتی شهر یزد، مجله محیط شناسی، سال ۲۹، شماره ۳۱: ۳۶-۳۱.

Cherfouh, R., Lucas, Y., Derridj, A., Merdy, P., 2018. Long-term, low technicality sewage sludge amendment and irrigation with treated wastewater under Mediterranean climate: impact on agronomical soil quality. Environ. Sci. Pollut. Res. 25,

Eddy, N.O., Odoemelem, S.A., and Mbaba, A., 2007, Elemental composition of soil in some dumpsites. Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food chemistry, vol 13:6, pp. 1349-1362.

Farifteh. J., Van der Meer, F., Van der Meijde, M., and Atzberger, C., 2008, Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment Geoderma, vol 145, pp. 196–206.

Kesari, K.K., Soni, R., Sajid Jamal, Q.M., Tripathi, P., Lal, J.A.,Kumar Jha, N., Haris Siddiqui, M., Kumar, P., Tripathi, V., Ruokolainen, J. 2021. Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. Water Air Soil Pollut 232: 208

Rowell, D.L., 1994, Soil Science: Methods and applications, Longman Group, Harlow.

Shuokr Qarani, A., Jwan Sabah, M. 2022. Wastewater sludge characteristics, treatment techniques and energy production. Recycling and Sustainable Development. 15, 09-27

Simhayov, R., Ohana-Levi, N., Shenker, M., Netzer, Y. 2023. Effect of long-term treated wastewater irrigation on soil sodium levels and table grapevines' health, Agricultural Water Management 275, 108002

Tavakkoli, E., Rengasamy, P., McDonald, G.K.2010. High concentrations of Na^+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. Journal of Experimental Botany, 61(15), 4449–4459

Zhou-Tsang, A., Wu, Y., Henderson, S., Walker, A., Borneman, A., Walker, R., Gilliham, M., 2021. Grapevine salt tolerance. Aust. J. Grape Wine Res 27, 149–168.

Evaluating the effect of Vian Hamedan Industrial City's wastewater on changes in soil salinity

Hajar Merrikhpour*[۱, ۲], Nafiseh Noormohamadi Feyjani[۳], Golayeh Yousefi [4]

[1] Department of Agriculture, Sayyed Jamaleddin Asadabadi University, Asadabad, Iran

[2] Civil, Water and Environmental Engineering Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

*merrikhpour@sjau.ac.ir; h_merikhpour@sbu.ac.ir

[3] Secondary metabolite biotechnology institute of Isfahan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran

[4] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract

In the current developing world, industry and environment are among those categories that have special importance. It is important to evaluate the effect of industrial effluents on the soil from the aspect of soil pollution, soil fertility and groundwater quality. In Hamadan province, one of these industrial complexes that introduce significant wastewater into the environment is the industrial town of Vian. In order to investigate the effect of the effluent of this industrial town on the increase of soil salinity in the Qahavand plain from the industrial town with a general extension of 20 kilometers from northwest to southeast and from each kilometer at 4 depths (0-50, 50-100, 150 -100 and 150-200 cm) sampling was done. The samples were taken to the laboratory to determine pH, electrical conductivity (EC), concentration of sodium, calcium and magnesium cations and chlorine anion. The results showed a significant difference between the increase in the concentration of dissolved sodium at the beginning of the 3 km of the route and the continuation of the route up to the 20 km ($P < 0.05$). This increase in the surface layers of the soil (0-50 cm) is more than It was the other parts.

Keywords: Indastrial wastewater; Soil pollution; Sodium

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر آلاینده‌های نفتی بر آب قابل استفاده گیاه در دو خاک با بافت متفاوت

آزاده صفادوست[1*]، الناز کامل[2]، محمدرضا مصدقی[3]

۱- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا: (safadoust@basu.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۳- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

آلودگی نفتی خاک‌ها می‌تواند توزیع آب را از طریق کاهش نفوذ، افزایش رواناب سطحی، فرسایش و جریان ترجیحی تحت تأثیر قرار دهد. هدف از این مطالعه بررسی اثرات نفت خام بر مقدار آب قابل دسترس گیاه می‌باشد. نمونه‌های دست‌نخورده خاک از دو بافت لوم‌شنی و لوم‌رسی برداشته شد و سه سطح صفر، ۰/۵٪ و ۱٪ (w/w) نفت خام به آنها اضافه شد. منحنی مشخصه رطوبتی (SWCC) خاک‌ها با استفاده از دستگاه‌های جعبه شن و صفحات فشاری اندازه-گیری شد. آلودگی نفتی سبب تغییر توزیع اندازه منافذ شد؛ به این صورت که ظرفیت زراعی خاک و مقدار آب در دسترس (AW) با توجه به گسترش منافذ ریز افزایش یافت. اگرچه آب‌گریزی بیش‌تر مقدار AW را افزایش داد، با این حال، کاهش منافذ درشت می‌تواند شرایط نامطلوبی را برای رشد گیاه به دنبال داشته باشد.

واژگان کلیدی: آب قابل دسترس، آلودگی نفتی، منحنی مشخصه رطوبتی

مقدمه

بیش از دو میلیون تن نفت در سال در جهان تولید می‌شود که می‌تواند سبب آلوده شدن خاک و منابع آب زیرزمینی با هیدروکربن‌های نفتی در اطراف پالایشگاه‌ها، جایگاه‌های سوخت‌گیری و محل عبور لوله‌های تأسیسات انتقال سوخت گردد، و معضلات زیست محیطی زیادی را به دنبال داشته باشدکه یکی از مهم‌ترین اثراتی که ورود این آلاینده‌های نفتی به خاک دارند ایجاد ویژگی آب‌گریزی در خاک‌ها می‌باشد (سیدعلیخانی و همکاران، ۱۳۹۰). نشت آلاینده‌های نفتی در خاک با تأثیر بر توزیع اندازه منافذ و ایجاد آب‌گریزی در خاک می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و مقدار آب در دسترس گیاه اثرگذار باشد. Adams و همکاران (۲۰۰۸) اثر آب‌گریزی آلاینده‌های نفتی بر دو نوع بافت خاک رسی و شنی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که آلاینده‌های نفتی باعث ایجاد آب‌گریزی در خاک و کاهش ظرفیت زراعی شده‌اند و همچنین آب‌گریزی در خاک شنی بیشتر از خاک رسی بوده است. در نتیجه می‌توان بیان داشت که وجود آب‌گریزی ویژگی‌های فیزیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اولین مفهومی که در رابطه با میزان آب قابل استفاده خاک در علوم کشاورزی به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت، آب قابل دسترس گیاه (PAW) می‌باشد که بیان می‌دارد تمامی آب خاک در محدوده گنجایش زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) قابل دسترس گیاهان است (Kirkham, 2005). PAW یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک است. هرچه PAW بیشتر باشد پتانسیل تولید و رشد گیاه بیشتر خواهد بود. برخلاف ظرفیت زراعی نمی‌توان

تأثیر مقدار و نوع رس را بر PAW بخوبی ارزیابی کرد. زیرا مقدار رس هم FC و هم PWP را افزایش می‌دهد و لذا ممکن است بر PAW تأثیر نداشته باشد. ولی از آنجا که افزایش مواد آلی خاک، FC را افزایش می‌دهد و تأثیر زیادی بر PWP ندارد لذا می‌توان گفت PAW را افزایش می‌دهد (da Silva et al. 1994). باید توجه داشت که آب قابل دسترس در محدوده بین FC و PWP به طور یکنواخت در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد و نظریه‌های متفاوتی در این زمینه وجود دارد. پاره‌ای از متخصصان بر این باورند که گیاه از مرحله FC شروع به جذب آب می‌کند و تا زمانی که رطوبت به حد PWP برسد، سهولت جذب توسط گیاه یکسان است. اما عده زیادی عقیده دارند که آب قابل دسترس در روزهای اول به سادگی جذب گیاه می‌شود اما با کم شدن رطوبت، به تدریج جذب آب توسط گیاه دشوارتر شده و سرعت آن کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر جذب آب در یک یا دو روز اول بعد از آبیاری به مراتب ساده‌تر از جذب آب در اواخر دوره آبیاری است و عده‌ایی معتقدند که سهولت جذب آب از همان ابتدا با کاهش رطوبت خاک از FC به PWP کاهش می‌یابد (علیزاده، ۱۳۸۸). حسینی و همکاران (۲۰۱۶) اثر نوعی قارچ اندوفیت همزیست را بر مقدار آب در دسترس برای گیاه فسکیوی بلند مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد وجود این قارچ با تأثیر بر منافذ درشت و متوسط منحنی مشخصه رطوبتی خاک را تحت تأثیر قرار داده و موجب افزایش PAW شده است که این امر می‌تواند موجب بهره‌برداری آب در دوره‌های خشکسالی شود.

با توجه به اینکه ایران کشوری نفت‌خیز است سالانه مقدار زیادی از آلاینده‌های نفتی در اثر انتقال نادرست در خط لوله و همچنین حمل و نقل آن توسط تانکرها به خاک و آب‌های زیرزمینی نشت پیدا می‌کنند و سبب مشکلات زیادی در مقدار جذب آب و کیفیت خاک برای رشد گیاهان زراعی می‌شوند. در نتیجه شناخت اثر آلاینده‌های نفتی بر کیفیت خاک و آب می‌تواند در کنترل هر چه بهتر مشکلات ناشی از این آلاینده‌ها برای کشت محصولات مؤثر باشد. تاکنون مطالعات کمی بر اثر آلاینده‌های نفتی بر کیفیت خاک و آب قابل صورت گرفته است. در این پژوهش سعی شده است اثر آلاینده‌های نفتی را بر کیفیت خاک و مفهوم آب قابل استفاده مورد بررسی قرار دهیم.

مواد و روش‌ها

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر نفت خام بر آب قابل استفاده در برخی خاک‌های استان همدان (با اقلیم نیمه خشک) بود. این پژوهش بر روی دو نوع خاک با بافت لومی رسی و لومی شنی که با درصدهای مختلفی از نفت خام تیمار شدند انجام شد. نمونه‌های خاک از خاک‌های زراعی در نوبت آیش برداشت شدند.

نمونه‌برداری از زمین‌های زراعی در مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان از دو بافت متفاوت لومی رسی (″۷۵/۴۶ E ۴۸°′۳۲ ،″۹۹/۴۷ N ۳۴°′۵۲) و لومی شنی (″۴۸/۱۰ E ۴۸°′۳۱ ،″۹۹/۴۹ N ۳۴°′۵۲) انجام شد. نمونه‌برداری به صورت سیلندرهای دست‌نخورده (با قطر ۵/۱ cm و ارتفاع ۵ cm) از عمق ۵-۱۰ سانتی‌متری خاک برای اندازه-گیری منحنی مشخصه رطوبتی خاک انجام شد. همچنین خاک دست‌خورده از هر دو بافت به میزان لازم برای اندازه-گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد نظر برداشت شد.

برای انجام این آزمایش از نفت خام در دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد به عنوان تیمار آلاینده نفتی استفاده شد که به میزان ۵ لیتر از پالایشگاه شازند اراک تهیه شد.

سیلندرهای نمونه‌برداری‌شده در سه سطح آلودگی صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی خاک توسط نفت خام تیمار شدند. به این صورت که به هر کدام از نمونه‌ها خاک با توجه به سطح تیمار مورد نظر، ۰/۵ یا ۱ درصد وزنی خاک موجود در سیلندر، نفت خام پس از رقیق‌کردن توسط محلول هگزان نرمال افزوده شد. نفت خام طی چهار نوبت به نمونه‌های خاک اضافه گردید. برای تعیین منحنی مشخصه رطوبتی، ابتدا نمونه‌های دست‌نخورده خاک تیمارشده اشباع شدند، و برای اندازه‌گیری رطوبت در مکش‌های ۱۰۰ ، ۳۰۰ (به عنوان FC) و ۱۵۰۰ (به عنوان PWP) سانتی‌متر در دستگاه صفحات فشاری منتقل شدند. زمان برقراری تعادل در نمونه‌ها برای مکش‌های مورد نظر بسته به نوع بافت خاک و مکش مورد نظر از چند هفته تا چند ماه متغیر بود. شرط برقراری تعادل در نمونه‌ها توقف خروج آب از دستگاه بود.

سپس برای محاسبه آب فراهم خاک برای گیاه (PAW) یا گنجایش آب فراهم (AWC) که توسط Veihmeyer و Hendrickson (۱۹۲۷) پیشنهاد شد از فرمول زیر استفاده شد :

$$PAW = FC - PWP \quad (۱)$$

در این معادله PAW آب قابل دسترس گیاه (cm^3cm^{-3})، FC ظرفیت زراعی (cm^3cm^{-3}) و PWP نقطه پژمردگی دائم (cm^3cm^{-3}) می‌باشند.

جدول ۱- ضرایب معادله‌ی فروندلیچ برای ایزوترم‌های جذب سطحی نیکل

نام منطقه	عمق (cm)	بافت خاک	رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی (درصد)	رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)
	۲۵-۰	لوم رسی	۳۱/۹	۱۹/۰	۱/۴۸
حمیدیه	۴۵-۲۵	لوم رسی	۳۶/۴	۲۳/۰	۱/۵۳
	۶۰-۴۵	لوم رسی	۳۶/۴	۲۳/۰	۱/۵۳

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های نمونه‌برداری‌شده در جدول ۱ آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد هر دو خاک از نظر ویژگی‌های شیمیایی مانند میزان هدایت الکتریکی، ماده آلی و pH، تقریباً مشابه بودند.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی

بافت خاک	رس	سیلت	شن	چگالی ظاهری	ماده آلی	هدایت الکتریکی	pH
	٪	٪	٪	$g\ cm^{-3}$	٪	$dS\ m^{-1}$	-
لوم رسی	۳۱/۷۲	۳۶	۳۲/۲۸	۱/۴	۱/۳۳	۰/۳۸	۷/۳۳
لوم شنی	۱۷/۳۴	۱۵/۲۶	۶۷/۴	۱/۶	۱/۱۶	۰/۳۰	۷/۲۷

تجزیه واریانس اثر بافت خاک و آلاینده هیدروکربنی را بر مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن دو مکش ۱۰ و ۳۳ کیلوپاسکال به عنوان FC در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد اثر بافت خاک بر بر PAW_{10} و PAW_{33} به ترتیب در سطح خطای ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین وجود آلاینده نفتی بر PAW در هر دو مکش در سطح خطای ۱ درصد اثر معنی‌دار داشت. برهم‌کنش آلاینده نفتی و بافت خاک بر هیچ‌یک از پارامترها اثر معنی‌داری نداشت.

جدول۲ - تجزیه واریانس اثر بافت خاک (T) و آلاینده هیدروکربنی (TPH) بر مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن مکش ۱۰ کیلوپاسکال به عنوان FC (PAW_{10}) و مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن مکش ۳۳ کیلوپاسکال به عنوان FC (PAW_{33})

منابع دگرگونی	درجه آزادی	نسبت F	
		PAW_{10}	P AW_{33}
T	۱	۸/۲۴ *	۰/۰۶
TPH	۲	۲۸/۴۹ **	۸/۸۱ *
T×TPH	۲	۰/۳۰	۲/۳۵

**و * به ترتیب نشانه معنی‌دار بودن در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد است.

جدول ۳ مقایسه میانگین اثر بافت خاک و آلاینده هیدروکربنی را بر مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن دو مکش ۱۰ و ۳۳ کیلوپاسکال به عنوان FC نشان می‌دهد.

جدول۳-مقایسه میانگین اثر بافت خاک و آلاینده هیدروکربنی بر مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن مکش ۱۰ کیلوپاسکال به عنوان FC (PAW_{10}) و مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن مکش ۳۳ کیلوپاسکال به عنوان FC (PAW_{33})

تیمار		PAW_{10} (cm^3cm^{-3})	PAW_{33} (cm^3cm^{-3})
بافت	لوم رسی	^{a}۰/۱۴	^{a}۰/۱۰
	لوم شنی	^{b}۰/۱۲	^{b}۰/۰۸
آلاینده هیدروکربنی	صفر	^{a}۰/۱۶	^{a}۰/۱۱
	۰/۵٪	^{b}۰/۱۳	^{b}۰/۰۹
	۱٪	^{c}۰/۱۰	^{c}۰/۰۷

در هر ستون و در هر گروه میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

PAW در هر دو مکش ۱۰ و ۳۳ کیلوپاسکال به طور معنی‌داری در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی بود. در اثر افزایش نفت خام مقدار PAW به طور معنی‌داری در هر دو مکش کاهش پیدا کرده و کمترین مقدار آن در مکش ۳۳ کیلوپاسکال در سطح تیمار ۱٪ بود. احتمالاً در خاک لوم رسی به علت داشتن جذب آب بیش‌تر نسبت به خاک لوم شنی و همچنین اثر بیش‌تر آلاینده نفتی بر بافت لوم شنی، مقدار PAW در آن بیش‌تر از خاک لوم شنی بوده است.

اثر توأم آلاینده نفتی و بافت خاک بر مقدار آب در دسترس در دو مکش ۱۰ و ۳۳ کیلو پاسکال در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده تیمار ۱٪ نفت خام در خاک لوم شنی مقدار آب در دسترس (PAW) را در هر دو مکش به طور معنی‌داری کاهش داد. در خاک لوم رسی نیز در مقدار آب در دسترس بین تیمارهای شاهد و خاک‌های آلوده شده با نفت خام تفاوت معنی‌داری دیده شد. کمترین مقدار PAW در هر دو مکش ۱۰ و۳۳ کیلوپاسکال در سطح تیمار ۱٪ نفت خام به ترتیب با مقادیر ۰/۱۲ و ۰/۰۸ (cm^3cm^{-3}) بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر توأم بافت (T) و آلاینده هیدروکربنی (TPH) بر مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن مکش ۱۰ کیلوپاسکال به عنوان FC (PAW_{10}) و مقدار آب در دسترس با در نظر گرفتن مکش ۳۳ کیلوپاسکال به عنوان FC (PAW_{33})

T	TPH	PAW_{10} (cm^3cm^{-3})	PAW_{33} (cm^3cm^{-3})
لوم شنی	صفر	^{a}۰/۱۵	^{a}۰/۱۰
	۰/۵٪	^{a}۰/۱۳	^{b}۰/۰۹
	۱٪	^{b}۰/۰۸	^{b}۰/۰۶
لوم رسی	صفر	^{a}۰/۱۷	^{a}۰/۱۲
	۰/۵٪	^{b}۰/۱۴	^{b}۰/۱۰
	۱٪	^{b}۰/۱۲	^{b}۰/۰۸

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

فراهمی مستمر آب خاک یکی از مهم‌ترین عوامل جهت رشد گیاه محسوب می‌گردد. آب در دسترس تنها بر اساس انرژی آب خاک است و کمبود میزان اکسیژن خاک (تهویه)، توانایی ریشه گیاه برای فروروی در خاک (مقاومت مکانیکی خاک) و قدرت تبخیرکنندگی جو که بر میزان آب قابل استفاده خاک برای گیاه موثر است را در نظر نمی-گیرد.

فهرست منابع

علیزاده، امین (۱۳۸۸). فیزیک خاک. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه امام‌رضا، ۵۶۸ صفحه.

سیدعلیخانی، س.، شرفا، م.، توسلی، ا.، ابراهیمی، س. (۱۳۹۰). بررسی اثر رشد گیاهان در تراکم مختلف بر پاک‌سازی هیدروکربن‌های نفتی خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۵، شماره ۵، ص. ۹۷۰-۹۶۱.

Adams, R. H., Osorio, F. G., Cruz, J. Z. (2008). Water repellency in oil contaminated sandy and clayey soils. International Journal of Environmental Science & Technology. 5: 445–454.

da Silva, A.P., Kay, B.D., Perfect, E. (1994). Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Science Society of America Journal. 58(6): 1775-1781.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A., Sabzalian, M.R. (2016). Role of fungal endophyte of tall fescue (Epichloë coenophiala) on water availability, wilting point and integral energy in texturally-different soils. Agricultural Water Management. 163: 197-211.

Kirkham, M.B. (2005). Principles of soil and plant water relations. Elsevier Academic Press. pp. 500.

Veihmeyer, F.J., Hendrickson, A.H. (1949). Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. Soil Science. 68(1): 75-94.

Effects of petroleum contamination available water content of two textural-different soils

Azade Safadoust[1*], Elnaz Kamel[2], Mohammad Reza Mosaddeghi[3]

1- Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University; safadoust@basu.ac.ir

2- Former MSc student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University

3- Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

Abstract

Oil-contaminated soils can influence water redistribution via reduced infiltration, enhanced surface runoff and erosion, and preferential flow. The objectives of this study were to examine the effects of petroleum on available soil water content. Undisturbed soils samples were collected from two textures of sandy loam and Clay loam and three levels of petroleum including 0, 0.5%, and 1% (w/w) were added to the soil samples. The soil water characteristic curve (SWCC) of the soil cores was measured using sandbox and pressure plate apparatus. Petroleum contamination was also changed soil pore distribution, as the soil field capacity and available water content (AW) were increased due to the development of soil microporosity. Although greater water repellency increased AW in the polluted samples, however, reduction in soil macroporosity could result in unfavorable conditions for plant growth.

Keywords: Available water content, Oil-contaminated, Soil water characteristic

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

برآورد توزیع مکانی تلفات خاک در حوضه معرف و زوجی خامسان با استفاده از مدل RUSLE و WaTEM/SEDEM

زینب عسکریان چایجان[1*]، حسین اسدی[2]، یحیی پرویزی[3]

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ *
zeinab.askarian@ut.ac.ir

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار مهندسی کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

چکیده

در این مطالعه، با استفاده از معادله تجدیدنظرشده جهانی هدررفت خاک (RUSLE)، میزان هدررفت خاک در حوضه معرف و زوجی خامسان برای دوره آماری ۱۵ ساله برآورد شد. همچنین میزان هدررفت و رسوب‌دهی سالانه این حوضه با استفاده از مدل WaTEM/SEDEM برآورد و ارزیابی شد. متوسط هدررفت خاک حوضه ۶/۲۸ تن بر هکتار در سال براورد شد. نتایج بیانگر همبستگی بسیار بالای برآورد میزان فرسایش با دو مدل WaTEM/SEDEM و RUSLE بود. میزان رسوبدهی ویژه معلق حوضه معرف خامسان بر اساس داده‌های رسوب‌سنجی در خروجی حوضه برای دوره آماری ۱۵ ساله، ۷۳ کیلوگرم بر هکتار در سال محاسبه شد. میانگین رسوبدهی سالانه حوضه معرف خامسان، زیرحوضه نمونه و زیرحوضه شاهد با مدل WaTEM/SEDEM به ترتیب ۷۲، ۱۰۱ و ۱۴۲ کیلوگرم بر هکتار در سال برآورد شد. پس از بررسی برآورد رسوب‌دهی سالانه مدل WaTEM/SEDEM با مقادیر رسوب خروجی از حوضه، رابطه‌ی مناسبی بین رسوب خروجی و رسوب برآورد شده مدل در دوره زمانی بلند مدت مورد مطالعه مشاهده شد.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، رسوبدهی سالانه، رخداد فرساینده

مقدمه

فرسایش باعث تخریب خاک (Wang et al., 2022) و تولید رسوب می‌شود. اشکال مختلف و پیچیدگی فرایند فرسایش، تغییرات زمانی و مکانی آن و همچنین عدم وجود یا نقص آمار و اطلاعات در اکثرحوزه‌های آبخیز، به‌کارگیری مدل‌های تجربی بر پایه‌ی متغیرهای قابل دسترس را الزامی کرده است (Irvem et al., 2007). مدل معروف RUSLE (Renard et al., 1991) بر اساس پنج پارامتر (فرسایندگی بارندگی، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عامل حفاظتی) جهت برآورد نرخ فرسایش شیاری و ورقه‌ای در اراضی کشاورزی و در مناطق گسترده‌تر و شرایط مختلف پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین مدل WaTEM/SEDEM مدل فرسایش خاک و رسوب‌دهی با توزیع مکانی می‌باشد که براساس مدل RUSLE استوار است و جهت پیش‌بینی تحویل رسوب در شبکه زهکشی از معادله ظرفیت انتقال رسوب استفاده می‌کند (Verstraeten et al., 2002).

طبق نتایج مطالعات اسدی (۱۴۰۱) بخش اعظمی از فرسایش خاک در رخدادهای شدید و سیلاب‌ها رخ می‌دهد، که در اکثر مواقع پس از یک دوره خشکی اتفاق می‌افتند. ضیائی کیا (۱۳۹۸) در مطالعه‌ی خود دریافت که فرسایش با مدل WaTEM/SEDEM در سطح حوضه حاجی قوشان گلستان همبستگی بالایی با نتایج مدل RUSLE دارد، در

خصوص برآورد رسوب خروجی حوضه، مدل WaTEM/SEDEM از خود کارایی پایینی نشان داد و امکان برقراری ارتباطی مناسب با داده‌های واقعی در این حوضه وجود نداشت. تحقیقات زیادی (به عنوان نمونه، Thapa, P. 2020, Getu et al., 2022) در جهان نیز با استفاده از این دو مدل انجام شده است.

مرور منابع نشان می‌دهد که مدل WaTEM/SEDEM مقادیر هدررفت خاک را با دقت قابل قبولی برآورد می‌کند. نتایج این مدل برای میزان رسوب خروجی حوضه نیز وابسته به نوع حوضه و داده‌های موجود است. همچنین مدل RUSLE در برآورد فرسایش خاک موفق است و در اکثر مواقع نتایج نزدیک به هم دارند. در این مطالعه با درنظر گرفتن کوهستانی و برف‌گیر بودن حوضه خامسان، فرسایندگی رواناب ذوب برف نیز در عامل فرسایندگی لحاظ گردید. همچنین سعی در برآورد مقادیر هدررفت خاک و رسوب خروجی، ارزیابی مدل‌های مذکور در این حوضه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه معرف و زوجی خامسان با مساحت ۴۳۳۷ هکتار در استان کردستان در موقعیت جغرافیایی "۴/۸ ´۴ °۴۷ تا "۳۶ ´۱۰ °۴۷ طول شرقی و "۳۶/۳ ´۵۷ °۳۴ ۳۴ درجه تا "۳۴/۴۰ ´۱ °۳۵ عرض شمالی قرار دارد. در این حوضه، یک ایستگاه هواشناسی با تجهیزات کامل، یک باران‌نگار پلوویو و سه عدد باران‌سنج دستی در ارتفاع مختلف در بین زیرحوضه‌های شاهد و نمونه موجود می‌باشد. از سال ۱۳۸۴ برای این دو زیرحوضه، ۱۸ کرت (در سه دامنه با جهت مختلف و در سه تکرار) با طول ۲۴ متر، عرض ۱/۸ متر و حجم مخزن ۷۵۰ لیتر احداث شده است. در خروجی حوضه معرف نیز، ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی احداث شده است.

تعین فاکتورهای مدل: برای محاسبه شاخص فرسایندگی از بارش‌های ایستگاه حوضه خامسان در دوره زمانی مورد نظر استفاده شد. پس از محاسبه شاخص برای تمام رگبارهای فرساینده از معادله ۱، مقدار کل فرسایندگی برای هر سال و همچنین برای پنج رخداد بارندگی شاخص با فرسایندگی بالا در میان رخدادهای به وقوع پیوسته (به دلیل بالا بودن تعداد پارامترهای مورد نیاز، بررسی همه رخدادها امکان‌پذیر نبود) در حوضه به طور جداگانه به‌دست آمد:

$$R = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}[\sum_{k=1}^{m}(E)(I_{30})_k] \quad (۱)$$

که در آن، R (MJ mm ha^{-1} h^{-1} y^{-1})، n تعداد سال‌های مورد بررسی جهت محاسبه فرسایندگی باران، m تعداد رگبارها در یک سال، E انرژی جنبشی کل یک بارندگی (MJ ha^{-1})، I_{30} حداکثر شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای باران (mm h^{-1})، j شاخص تعداد سال‌های آماری مورد استفاده و k شاخص تعداد رگبار در هر سال است.

به علت نبود داده‌ی ارتفاع و چگالی برف برای محاسبه فرسایندگی ناشی از ذوب برف، در سامانه تحت وب Google Erath Engine میانگین ارتفاع آب معادل برف و مقدار بارش برف با استفاده از مجموعه داده‌های زمینی سازمان فضایی ناسا و میزان سطح پوشش برف روزانه از طریق شاخص NDSI[1]برآورد شد. پس از محاسبه مقدار ذوب برف سالانه بر اساس پیشنهاد ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸)، جهت برآورد فرسایندگی رواناب ذوب برف، مقدار رواناب در عدد ۱/۵ ضرب و به واحد متریک تبدیل شد. به‌دلیل کوچک بودن حوضه خامسان، داده‌های مربوط به ایستگاه برای کل حوضه لحاظ گردید. همچنین به دلیل کمبود اطلاعات خاکشناسی و عدم پراکنش نقاط مطالعه شده قبلی، تعداد ۱۷ نمونه خاک سطحی به روش مرکب برداشت و آنالیز شد. جهت محاسبه فاکتور فرسایش‌پذیری خاک از نموگراف فرسایش‌پذیری خاک استفاده شد. سطوح غیرقابل فرسایش (بیرون‌زدگی‌های سنگی و مناطق مسکونی) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزار ENVI 5.3 تهیه، با بازدید صحرایی کنترل و مقادیر فرسایش‌پذیری آن‌ها صفر در نظر گرفته شد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷). فاکتور طول و درجه شیب حوضه با کمک نقشه مدل رقومی ارتفاع از نرم افزار SAGA محاسبه شد. همچنین با استفاده از نقشه NDVI در نرم افزار ArcMap مقادیر عامل پوشش گیاهی در کاربری های کشاورزی تعیین شد (رابطه ۲):

[1]Normalized-Difference Snow Index

$$C = exp\left(-\alpha\frac{NDVI}{\beta-NDVI}\right) \quad (۲)$$

در این رابطه α و β ضرایبی ثابت هستند که مقدار آن‌ها به ترتیب برابر با ۲ و ۱ می‌باشد (Van Leeuwen and Sammons, 2004). به دلیل وجود سنگریزه سطحی زیاد در مراتع، برای محاسبه فاکتور C مراتع دائمی، با در نظر گرفتن ۷۰ درصد سنگریزه سطحی، آسمانه گیاهی ۰/۵ متر و ۱۰ درصد بقایای علف هرز و ریشه از روش ویشمایر و اسمیت (۱۹۸۷) استفاده شد. سپس نقشه فاکتور پوشش گیاهی با ترکیب لایه C کاربری مرتع و لایه C سایر مناطق تهیه شد. در بخش‌هایی از حوزه آبخیز خامسان نیز عملیات حفاظتی بانکت‌بندی و کشت روی خطوط تراز انجام شده است که نقشه این بخش‌ها از طریق تصاویر در نرم افزار Google Earth Pro و با بازدید صحرایی حاصل گردید.

پس از تهیه هر لایه از فاکتورهای معادله جهانی هدررت خاک، فرسایش متوسط سالیانه خاک با استفاده از معادله (۳) در محیط نرم افزار ArcMap 10.6.1 با ابزار Raster Calculator محاسبه شد.

$$A = R.K.LS.C.P \quad (۳)$$

که در آن، A نشان دهنده میانگین سالانه هدررفت خاک (ton ha^{-1} y^{-1})، R، فرسایندگی بارندگی (MJ mm ha^{-1} h^{-1} y^{-1})، K بیانگر فرسایش‌پذیری خاک (ton ha h MJ^{-1} ha^{-1} mm^{-1})، LS عامل توپوگرافی، C مدیریت پوشش گیاهی و P نشان دهنده عملکرد عملیات حفاظتی است (Renard et al., 1991).

در این مطالعه از نسخه WATTEM/SEDEM 2004 استفاده شد. ورودی‌های مدل عبارت از مدل رقومی ارتفاع، نقشه رتبه‌بندی آبراهه، طبقه‌بندی اراضی، و پارامترهای مدل RUSLE شامل فرسایندگی باران، نقشه فاکتور پوشش گیاهی و فرسایش‌پذیری خاک است. نقشه‌های پارامترهای ورودی به فرمت نرم افزار ایدریسی (*.rst) در می‌آیند. با اجرای مدل برای هر سال و متوسط دوره‌ی ۱۵ ساله، میانگین هدررفت خاک و رسوبدهی ناشی از فرسایش‌های سطحی محاسبه شد. همچنین جهت برآورد بار رسوب معلق حوضه، داده‌های هیدرولوژی و رسوب‌سنجی ایستگاه حوضه معرف خامسان از سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ تا سال آبی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مورد استفاده قرار گرفت.

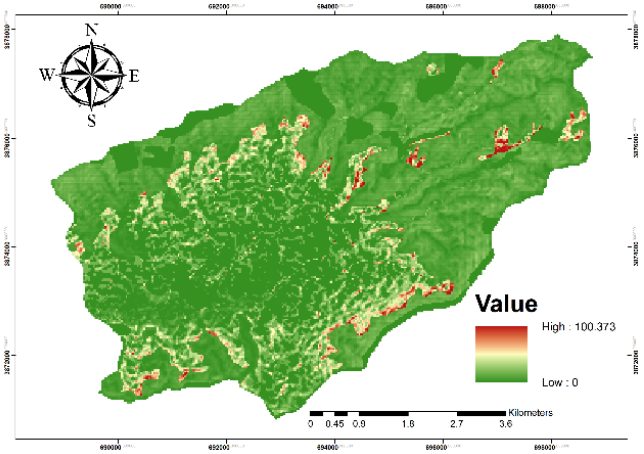
جهت ارزیابی مدل علاوه بر رسم نمودار پراکندگی و محاسبه ضریب تعیین R^2 از شاخص‌های میانگین خطا، میانگین قدر مطلق خطا، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب نش-شات‌کلیف جهت مقایسه استفاده شد.

نتایج و بحث

در شکل ۱ نقشه میانگین ۱۵ ساله هدررفت خاک براوردی با RUSLE آمده است. به‌طور کلی، مقادیر هدررفت خاک در دیم‌زارهای حاشیه‌ای به‌علت شیب زیاد، شخم در جهت شیب و پوشش گیاهی ضعیف دارای اوج فرسایش با مساحت حدود ۲۷۶ هکتار (شش درصد از مساحت کل) است. از سوی دیگر، مراتع به دلیل پوشش مناسب‌تر و وجود سنگریزه سطحی زیاد، و باغات به دلیل پوشش گیاهی مناسب و شیب کم، از نقاط کم هدررفت خاک با مساحت حدود ۲۴۲۹ هکتار (۵۵ درصد از مساحت کل) هستند. صدیقی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه خود در حوضه خامسان دریافتند که با افزایش شـــیب و با کاربری زراعت دیم، ســـنگریزه‌های سطحی بیشتری مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج حاصل در دوره ۱۵ ساله مورد بررسی، حداکثر و حداقل میانگین هدررفت خاک در حوضه خامسان به ترتیب برابر است با ۹/۸۷ و ۲/۴۲ تن بر هکتار در سال است که در سال‌های آبی ۸۹-۸۸ و ۰۰-۹۹ اتفاق افتاده است. همچنین میانگین هدررفت خاک برای ۱۵ سال دوره آماری مورد مطالعه، مقدار ۶/۲۸ تن بر هکتار سال به‌دست آمد.

در زیرحوضه‌های زوجی میانگین هدررفت خاک برای دوره ۱۵ ساله در زیرحوضه نمونه و شاهد به ترتیب برابر با ۷/۸ و ۹/۱ تن بر هکتار در سال براورد شد. زیرحوضه نمونه به علت پوشش گیاهی و انجام عملیات حفاظتی دارای مقادیر هدررفت خاک کمتری نسبت به زیرحوضه شاهد است. برای تک رخدادهای فرساینده، مقادیر حداقل و حداکثر هدررفت خاک به ترتیب برابر با ۱/۲۹ و ۲/۵۳ به‌دست آمد. در رخداد اول، به‌علت شدت بارندگی بیش‌تر و به سبب آن فرسایندگی بالاتر، میزان فرسایش بیش‌تر از سایر رخدادها برآورد شده است (جدول ۱). بخش بزرگی از هدررفت سالانه مربوط به تک رخدادهای فرساینده است. به عنوان مثال در سال ۸۹-۸۸، هدررفت سالانه ۹/۷ تن بر هکتار سال

بوده که حدود ۴ تن (بیش از ۴۰ درصد) آن مربوط به دو رخداد اول و دوم است. خالق‌پناه (۱۳۹۵) در مطالعه موردی خود در حوضه خامسان برای رخدادهای با فرسایندگی کمتر، مقادیر هدررفت خاک را تا ۰/۴ تن بر هکتار برآورد نمود.



شکل ۱- نقشه هدررفت خاک حوضه خامسان بر حسب تن بر هکتار سال برای متوسط دوره ۱۵ ساله

جدول ۱- فرسایندگی کل باران و ذوب برف و میزان هدررفت خاک برای تک رخدادهای با فرسایندگی بالا در حوضه خامسان

رخداد	مقدار بارندگی (mm)	شدت بارندگی (mm/h)	فرسایندگی باران ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$)	میزان هدررفت خاک (تن بر هکتار)
رخداد اول ۱۳۸۹/۰۱/۲۰	۴۹/۱	۴/۹۱	۱۶۹/۳۱	۲/۵۳
رخداد دوم ۱۳۸۹/۰۲/۰۲	۴۳/۰	۲/۴۸	۱۰۳/۴۲	۱/۵۴
رخداد سوم ۱۳۹۰/۰۸/۰۶	۷۴/۴	۳/۷۹	۱۱۹/۴۳	۱/۷۵
رخداد چهارم ۱۳۹۳/۰۷/۲۴	۴۳/۳	۳/۸۸	۱۵۲/۷۲	۲/۰۶
رخداد پنجم ۱۳۹۵/۱۰/۰۴	۴۹/۲	۲/۰۸	۹۴/۲۶	۱/۲۹

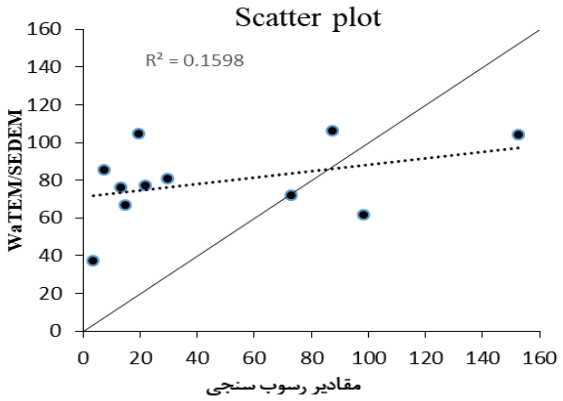
پس از مرتب‌سازی داده‌های دبی و رسم انواع منحنه سنجه رسوب، از روش حدوسط دسته‌ها با رابطه رگرسیونی برقرارشده $y=10.682x^{1.6016}$ و ضریب تعیین ۰/۸۶ استفاده شد. با استفاده از این رابطه، مقادیر رسوب معلق برای زمان‌های فاقد داده برآورد و میانگین رسوبدهی ویژه حوضه ۷۳/۵ کیلوگرم بر هکتار سال محاسبه گردید. هرچند که در اکثر سال‌ها مقادیر رسوبدهی کم می‌باشد. عرب‌خدری (۱۴۰۰) معتقد است سازندهای حساس، دیمزارهای شیبدار، فرسایش آبکندی و حرکت‌های توده‌ای، به همراه فرسایش کنار رودخانه‌ای نقش بیش‌تری در رسوبدهی دارند. طبق بازدید از حوضه، سازندهای حساس در حوضه مشاهده نشد. البته دیمزارهای شیبدار به علت کوچک بودن حوضه خامسان و نبود رودخانه دائمی نیز تولید رسوب زیادی به همراه ندارند. پوشش گیاهی باغات و مزارع کشت آبی در اطراف رودخانه و خروجی حوضه بسیار خوب است و حوضه دارای سنگریزه سطحی زیاد می‌باشد. بنابراین مقدار رسوبدهی به صورت کلی بسیار کم است.

بر اساس نتایج اجرای مدل WATTEM/SEDEM، میزان میانگین فرسایش منطقه ۶/۱۴ تن بر هکتار سال برآورد شد. همچنین متوسط مقدار رسوب خروجی از حوضه ۷۲ کیلوگرم بر هکتار در سال به‌دست آمد. مقادیر هدررفت خاک با استفاده از این مدل برای زیرحوضه نمونه و شاهد برابر با ۸/۳ و ۹/۳ تن بر هکتار و همچنین مقادیر رسوب خروجی زیرحوضه نمونه و شاهد به ترتیب ۱۰۱ و ۱۴۲ کیلوگرم بر هکتار در سال محاسبه شد. به دلیل اینکه زیرحوضه شاهد هدررفت خاک بیش‌تری نسبت به زیرحوضه‌ی نمونه دارد، بدیهی است مقادیر رسوب خروجی آن نیز بیش‌تر باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

بر مبنای نتایج حاصل، مقادیر هدررفت خاک مدل WaTEM/SEDEM با مدل RUSLE تطابق زیادی داشته و از همبستگی بسیار بالایی برخوردار هستند. البته این موردی قابل انتظار بود، زیرا مبنای مدل WaTEM/SEDEM

استفاده از لایه‌های مدل RUSLE است. بر اساس مقدار متوسط ۱۵ ساله، انطباق بسیار زیادی بین مقدار رسوب‌دهی برآوردی با مدل WaTEM/SEDEM و مقدار حاصل از رسوب‌سنجی وجود دارد. اما برای مقادیر سالانه موضع متفاوت است. آماره‌های ME، MSE، RMSE و ضریب کارایی نش-شاتکلیف برای ارزیابی مقادیر سالانه رسوب‌دهی ویژه برآوردی با مدل WaTEM/SEDEM برابر با ۳۲ و ۵۳ کیلوگرم برهکتار، ۲۸۲۱ و ۰/۱ محاسبه شد. بر همین مبنا، این مدل در برآورد رسوبدهی خروجی سالانه حوضه از کارایی بالایی برخوردار نیست. بر اساس مطالعات پیشین در مورد کارایی مدل‌ها، برای مقادیر کم رسوب خروجی، مدل دارای بیش‌برآوردی و در مقادیر بالا دارای کم‌برآوردی است (شکل ۲). اسدی و همکاران (۱۳۸۶) به این نتیجه رسیدند که برای همه خطوط رگرسیون، شیب رگرسیون کمتر از یک است و محل تقاطع (n) مثبت است در واقع مقادیر پایین‌تر و بالاتر غلظت رسوب را به ترتیب بیش‌تر و کم‌تر برآورد می‌کند، هرچند میانگین غلظت رسوب پیش بینی شده برای کل مجموعه داده تفاوت زیادی با مقادیر متوسط اندازه گیری شده ندارد. مشاهدات حاصل از آزمایش RUSLE (Rapp, 1994) و WEPP (Zhang et al., 1996) نتایج مشابهی را ایجاد کرده است. ضیائی‌کیا (۱۳۹۸) علت این امر را این‌گونه بیان کرد که مدل WaTEM/SEDEM توانایی برآورد رسوب‌دهی سالانه در مواقعی که رخدادهای سیلابی با شدت زیاد رخ داده است را ندارد و موجب کم-برآوردی می‌شود و از سوی دیگر، در سال‌های عدم وقوع رخداد دارای بیش‌برآوردی رسوب‌دهی می‌باشد.



شکل ۲- نمودار پراکندگی مقادیر رسوب‌دهی ویژه سالانه برآوردی مدل WaTEM/SEDEM به مقادیر رسوب‌سنجی ($kg\ ha^{-1}\ y^{-1}$)

به‌طور کلی از دلایل فرسایش کم در حوضه خامسان وجود مقدار قابل توجهی سنگریزه سطحی و همچنین در برخی نقاط بیرون‌زدگی سنگی می‌باشد که موجب کاهش هدررفت خاک در این حوضه شده است. مدل WaTEM/SEDEM نیز از توانایی بالایی جهت برآورد مقادیر رسوب‌دهی برای مدت زمان طولانی در حوضه‌های کوچک برخوردار است. همچنین رخدادهای با فرسایندگی بالا سهم به سزایی در فرسایندگی کل حوضه دارند، در واقع بخش زیادی از فرسایندگی و درنتیجه فرسایش سالانه مربوط به رخدادهای فرساینده است.

فهرست منابع

خالق‌پناه، ن. (۱۳۹۵). ارزیابی و مقایسه مدل‌های فرسایش خاک و بررسی تاثیر کیفی برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک بر تولید رواناب و رسوب در حوضه خامسان کردستان، رساله دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران.

صدیقی، ف.، خالدی درویشان، ع.، زارع، م.ر. (۱۳۹۹). ارزیابی تأثیر شیب بر فرسایش و جابه‌جایی رسوب برآوردشده با روش سزیم-۱۳۷ در آبخیز معرف خامسان. پژوهش های آبخیزداری، ۳۳(۳): ۱۹-۲.

ضیائی‌کیا، ح. (۱۳۹۸). پهنه بندی خطر فرسیاش خاک و تحویل رسوب در حوضه حاجی قوشان استان گلستان با مدل WATEM/SEDEM، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران.

عرب خدری، م. (۱۴۰۰). وضعیت فرسایش آبی و رسوبدهی ایران، واکاوی آماری و مقایسه‌ای. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۲): ۱۳۹-۱۵۶.

Asadi, H., Honarmand, M., Vazifedoust, M., Mousavi, A. (2017). Assessment of Changes in Soil Erosion Risk Using RUSLE in Navrood Watershed, Iran. *J. Agr. Sci. Tech*, 19(1): 231-244.

Asadi, H., Rouhipour, H., Rafahi, H. G., Ghadiri, H. (2008). Testing a mechanistic soil erosion model for three selected soil types from Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10(1): 79-91.

Getu, L. A., Nagy, A., Addis, H. K. (2022). Soil loss estimation and severity mapping using the RUSLE model and GIS in Megech watershed, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 8: 100560.

Irvem, A., Topaloglu, F., Uygur, V. (2007). Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan river basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336: 30–37.

Rapp, J. F. (1994). Error assessment of the Revised Universal Soil Loss Equation using natural runoff plot data. Doctoral dissertation, The University of Arizona.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P. (1991). RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil Water Conserv*, 46: 30–33.

Thapa, P. (2020). Spatial estimation of soil erosion using RUSLE modeling: a case study of Dolakha district, Nepal. *Environmental Systems Research*, 9(1): 1-10.

Van Leeuwen, W. J., Sammons, G. (2004). Vegetation dynamics and erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS. In Tenth biennial USDA forest service remote sensing applications conference. 5-9.

Estimation of the spatial distribution of soil losses in the Khamesan Watershed using RUSLE and WaTEM/SEDEM models

Zeinab Askarian Chaijan[1*], Hossein Asadi[2], Yahya Parvizi[3]

۱- Ph.D student in Physics and Soil Conservation, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran: * zeinab.askarian@ut.ac.ir

۲- Associate Professor of Soil Science Department, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

۳- Associate Professor of Agricultural Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Abstract

Soil erosion is the most obvious form of land destruction, which has become one of the most important social, economic and environmental problems in the world. In this study, using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), the amount of soil erosion in the Khamesan watershed for the statistical period of 15 years (2008-2022) is estimated. Also, the annual erosion and sedimentation rate of this watershed, was estimated and evaluated using the WaTEM/SEDEM model. The results showed that the average amount of soil erosion is 6.28 ton ha^{-1} y^{-1}. The results of estimating the erosion rate using the WaTEM/SEDEM model showed a very high correlation between this model and the results of the RUSLE model. The suspended specific sedimentation rate of the Khamsan watershed was calculated based on the sediment measurement data at the outlet of the watershed for a statistical period of 15 years, 73 kg/hectare per year. Also, the average annual sedimentation of Khamsan reference watershed, sample sub-watershed and control sub-watershed was estimated to be 72, 101 and 142 kg/ha per year using WaTEM/SEDEM model. After checking the annual sedimentation estimate of the WaTEM/SEDEM model with the amount of sediment output from the watershed, a suitable relationship between the output sediment and the model's estimated sediment was observed in the long-term period of study.

Keywords: Soil erosion, annual sediment

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی تأثیر نوع و نحوه کاربرد دو اصلاح کننده کود گاوی و کاه وکلش گندم بر حفظ رطوبت خاک

فاطمه کریمی سرناوی[۱]،سیما محمدی[۲*]،افسانه عالی نژادیان[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه لرستان

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

*Email: Mohammadi.s@Lu.ac.ir

چکیده

یکی از راه های کاهش تبخیر از خاک، استفاده از مواد اصلاح کننده می باشد. هدف این پژوهش، ارزیابی اثر اصلاح کننده ها با دو کاربرد مخلوط و سطحی بر میزان تبخیر از خاک بود. این پژوهش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با تیمارهای کاه و کلش گندم و کود گاوی در سه سطح (صفر، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد) اجرا شد. رطوبت خاک به مدت ۴ ماه در حد ظرفیت زراعی ثابت نگه داشته شد. مقدار تبخیر در خرداد و مرداد ۱۴۰۰ در هر گلدان به صورت وزنی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد بین تیمار های مورد استفاده با کاربرد سطحی و مخلوط، اختلاف معنی داری در میزان تبخیر وجود داشت. پس از پایان اندازه گیری تبخیر و توقف آن در خرداد و مرداد، کاه و کلش گندم با ۱۵ درصد کمترین میزان تبخیر و هدر رفت آب را دارا بود. استفاده از کاه و کلش گندم در سطح پنج درصد وزنی به صورت سطحی در خرداد ماه ۴/۷ و در مرداد ماه ۱/۷ برابر نسبت به تیمار شاهد بیشترین کاهش را در میزان تبخیر داشت. با توجه به تفاوت معنی دار کاربرد اصلاح کننده ها، کاربرد سطحی اصلاح کننده ها برای کنترل میزان تبخیر توصیه می شود.

واژگان کلیدی: اصلاح کننده های آلی، پوشش سطحی، پوشش مخلوط، تبخیر

مقدمه

ایران با متوسط بارش حدود ۲۵۰ میلی متر جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود(کمالی و خزانه داری ۱۳۸۱). در کشور ما، بخش کشاورزی حدود ۹۴ درصد کل آب مصرفی را به خود اختصاص می دهد که بیشترین میزان تبخیر و تعرق در آن اتفاق می افتد (زاهدی و بیاتی خطیبی،۱۳۸۹). کمبود آب خاک ویژگی بارز مناطق خشک و نیمه خشک است که تولید محصولات کشاورزی را به مخاطره می اندازد. محتوای آب خاک یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر رشد و توسعه گیاه است (Silvent *et al.*, 2012)، به طوری که تغییری کوچک در ذخیره سازی آب خاک می تواند تا حد زیادی تولید محصول را تحت تأثیر قرار دهد (Liu *et al.*, 2010). از این رو افزایش محتوای آب خاک با به کارگیری روش های آسان و سازگار با محیط برای دستیابی به عملکرد مناسب حائز اهمیت است (Carrer *et al.*, 2012).

مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک و مالچ پاشی یکی از روش های مدیریتی است که اثرات قابل توجهی بر بهبود ویژگی های فیزیکی خاک دارد و همچنین سبب بهبود کارآیی مصرف آب در مزرعه می شود (Shaver, 2010). مالچ های آلی و طبیعی مختلفی برای حفاظت خاک دربرابر فرسایش مورد استفاده قرار گرفته اند (Smets *et al*., 2008). کاه و کلش گیاهان و کودهای دامی از مالچ های ارزان و مفید در کشاورزی است. گزارش ها نشان می دهد که مالچ کاه و کلش می تواند باعث افزایش ذخیره سازی آب در خاک(Mulumba *et al*., 2008)، حفظ خاک در برابر ضربه قطرات باران (Sadeghi *et al*., 2015)، کاهش فرسایش و رسوب(Gholami *et al*., 2013) ،افزایش زبری سطح خاک و کاهش مقدار سرعت جریان های سطحی، افزایش مقدار ماده آلی و تقویت ساختمان خاک(Jordan *et al*., ۲۰۱۰) و بهبود ظرفیت نفوذ آب به خاک شود (Wang *et al*., 2016). با توجه به کمبود منابع آب و تبخیر زیاد در مناطق خشک ونیمه خشک و لزوم استفاده بهینه از منابع آبی محدود با ارائه راه حل های مناسب مدیریتی برای کشاورزی پایدار از یک سو و ازسوی دیگر مقایسه مواد اصلاحی و سطوح کم آنها بر میزان تبخیر، رطوبت و پایداری ساختمان خاک کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، ایـن پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تأثیر کاه و کلش گندم و کود گاوی بر میزان تبخیر خاک، تأثیر آنهـا بـر ظرفیـت نگهداری رطوبت خاک انجام شد.

مواد و روش ها

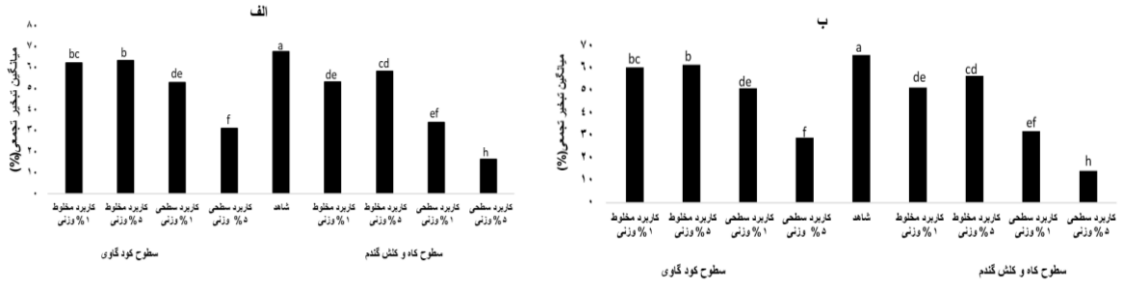
این پژوهش به منظور تاثیر کود های گاوی و کاه و کلش گندم بر حفظ رطوبت در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان دی ماه ۱۳۹۹ صورت گرفت. برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک متری مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مطابق دستورالعمل تجزیه های آزمایشگاهی نمونه های خاک و آب اندازه گیری شد (جدول۱). تیمارهای آزمایشی در سه سطح (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵) با سه تکرار به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی اجرا شد. ابتدا تیمارهای آزمایشی در سطوح مشخص به ۲ کیلوگرم خاک گلدان اضافه و مخلوط شدند، بقیه تیمارها به صورت سطحی با همان مقادیر مشخص روی سطح گلدان ها اعمال شدند. به منظور رسیدن به تعادل کودها با با خاک، گلدان ها به مدت چند ماه به صورت دست نخورده در گلخانه در شرایط دمایی (میانگین دمای ۱۷ درجه سانتی گراد) و رطوبت هوا (میانگین ۶۶٫۷٪) قرار گرفت. .مقادیر تبخیر در گلدان ها در دو دوره ی زمانی متفاوت خرداد و مرداد ماه به مدت ۱۸ روز در سال ۱۴۰۰ اندازه گیری شد. از پایان آزمایش و نمونه برداری تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای آماری صورت گرفت.

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	ماده آلی (%)	نیتروژن کل (%)	رطوبت وزنی (%)	pH	EC (dS. m-1)	پتاسیم (mg.kg-1)	فسفر (mg.kg-1)
رسی	۱/۹	۰/۰۴۶	۰.۰۷	۷/۶۷	۰/۷۲	۲۳۴/۰۷	۱۸/۱۳

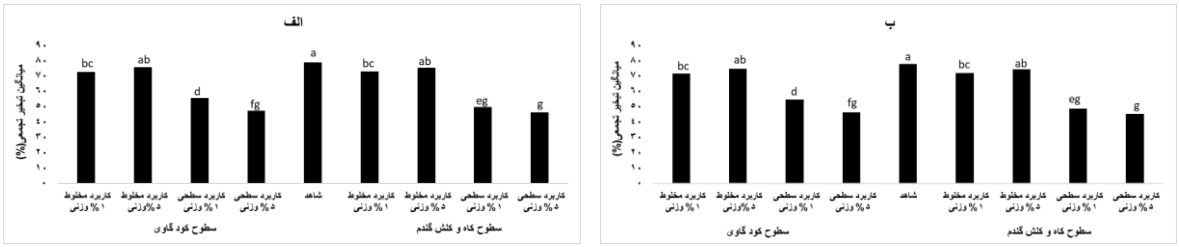
نتایج و بحث

به منظور بررسی تأثیر زمان بر تبخیر از سطح خاک، پارامتر مذکور در دو دوره ی زمانی (ماه های خرداد و مرداد) در سال ۱۴۰۰ اندازه گیری شد. در هر دو ماه خرداد و مرداد ماه حدود ۱۸ روز زمان صرف شد تا رطوبت خاک به مقدار ثابتی برسد و دیگر تبخیر قابل توجهی وجود نداشته باشد. مدت تبخیر در خرداد و مرداد ماه به دو دوره ی ۱۰ و ۱۸ روزه تقسیم شد و داده های آن مورد بررسی قرار گرفت.



شکل۱. اثر متقابل نوع و نحوه کاربرد مواد اصلاح کننده و سطوح مختلف آن ها بر میزان تبخیر در خاک در دوره(الف) ۱۰ روزه و(ب) ۱۸ روزه خرداد ماه

بیشترین میزان تبخیر در شاهد مشاهده شده است و همانگونه که گفته شد اختلاف معنی داری با سطوح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد داشت (شکل ۱). همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، با افزایش مقدار تیمار میزان تبخیر در دو دوره زمانی تفاوت معنی داری نداشت ولی تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف تیمارهای کاربرد سطحی هر دو کود و تیمار های کاربرد مخلوط وجود داشت. در هر دو دوره کوتاه و بلندمدت سطح ۰/۰۵ درصد کاه و کلش گندم با کاربرد سطحی کمترین مقدار تبخیر را داشت، که شاید بتوان دلیل این موضوع را این گونه توجیه کرد که سطح ۰/۰۱ درصد از یک طرف فعالیت جمعیت میکروبی کم تر بوده و از سوی دیگر کربن آلی کمتری به خاک اضافه شده است. بنابراین خاکدانه سازی و تعداد منافذ درشت خاک کم بوده و این امر موجب شده که کاهش تبخیر کمتری داشته باشد. در سطح ۰/۰۵ درصد، زیاد بودن ماده آلی به صورت پوشش سطحی و جلوگیری از تبخیر آب و افزایش رطوبت در خاک نیز خاکدانه سازی بیشتری انجام شده که در نتیجه تبخیر کاهش معنی داری داشته است . تیمار کود گاوی که پس از تیمار شاهد بیشترین مقدار تبخیر را دارا بود، در سطح ۰/۰۵ درصد کاربرد مخلوط، حداکثر تبخیر را داشت (شکل ۱). در مورد کاربرد مخلوط شاید بتوان گفت در این کاربرد کودها نسبت به کاربرد سطحی، آب کمتری را جذب کرده و به دلیل ارتباط مستقیم سطح خاک با جریان هوا به همین دلیل آب بیشتری را از دست داده درنتیجه رهاسازی آب و تبخیر در این کاربرد بیشتر شده است، ولی با افزایش مقدار آن چون میزان آب بیشتری در خاک جذب شده است، درنتیجه رهاسازی آب و تبخیر نسبت به سطح قبلی افزایش اندکی (غیر معنی دار) داشته است.



شکل ۲. اثر متقابل نوع و نحوه کاربرد مواد اصلاح و سطوح مختلف مواد اصلاح کننده بر میزان تبخیر در خاک در دو دوره (الف) ۱۰ روزه و (ب) و ۱۸ روزه مرداد ماه

در شکل ۲ اثر متقابل نوع و سطوح کودها بـر مقـدار تبخیر در مرداد ماه نشان داد که در تمامی تیمارهـا بـا افزایش سطح کود، مقدار تبخیر روند کاهشی داشت، و این میزان کاهش در سطح پنج درصد نسبت به سایر سطوح معنی دار بود. نتایج اثـر متقابـل نـوع و سطوح کودها پس از ۱۸ روز در مرداد ماه نشـان داد که در مقایسه با تمامی سطوح کودها، شاهد دارای بیشترین مقـدار تبخیـر و بـا تمـامی تیمارها، دارای اختلاف معنی دار بـود (شـکل ۲). در تیمـار کاه و کلش گندم، کمترین مقدار تبخیر در سطح ۰/۰۵ درصد کاربرد سطحی اتفاق افتاد، که اختلاف این سطح با سطوح ۰/۰۱ و شاهد معنی دار بـود.

به طور کلی دوره های ۱۰ و ۱۸ روزه مرداد ماه نیز مشابه دوره خرداد ماه بود، در دوره ی ۱۰ روز اول مرداد ماه، به طور میانگین بیشترین مقدار تبخیر مربوط به تیمارهای با کاربرد مخلوط و کمترین مقدار آن نیز متعلق به تیمارهای کاربرد سطحی بود، ودر دوره ۱۸ روزه نسبت به دوره ۱۰ روزه میزان تبخیر کمتر شد و میزان تبخیر نسبت به خرداد ماه روند افزایشی داشت (شکل۲).

کود گاوی نسبت به کاه و کلش گندم کارآیی کمتری در کنترل تبخیر از سطح خاک را داشت ولی استفاده از آن به عنوان یک اصلاح کننده آلی در کنترل تبخیر با توجه به نتایج به دست آمده در شکل (۱) و (۲) حایز اهمیت است. در واقع می توان اینگونه برداشت کرد که کاربرد مخلوط هیچ یک از اصلاح کننده های مورد استفاده نسبت به یکدیگر برتری در کنترل تبخیر نداشته اند. با توجه به هزینه تأمین مواد اصلاح کننده، آن دسته از مواد آلی که ارزان تر هستند مورد استفاده قرار بگیرند. بنابراین ازنظر اقتصادی استفاده از مواد اصلاح کننده آلی به صورت سطحی در کنترل تبخیر توجیه پذیر است. نتایج مشابه Hou و همکاران(۲۰۱۰) و Kader و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شده است. این محققان بیان کردند که استفاده از بقایای گیاهی به عنوان مواد اصلاحی و مالچ، باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شده و باعث افزایش قدرت نگهداری آب خاک می شود.

نتیجه گیری

کودهای مورد استفاده از نظر میزان تبخیر در خرداد ماه تفاوت معنی داری با مرداد ماه داشتند به طوریکه استفاده از کاه و کلش گندم در سطح پنج درصد وزنی به صورت سطحی در خرداد ماه ۴/۷ برابر و در مرداد ماه ۱/۷ برابر نسبت به

تیمار شاهد بیشترین کاهش را در میزان تبخیر داشت. با توجه به تفاوت معنی دار کاربرد اصلاح کننده ها، کاربرد سطحی اصلاح کننده های آلی برای کنترل میزان تبخیر توصیه می‌شود. برای هرچه بهتر شدن این پژوهش و توسعه‌ی آن، پیشنهادات زیر به طور خلاصه بیان می‌گردد:۱- تأثیر سایر مواد اصلاحی به صورت سطحی بر میزان تبخیر بررسی شود.۲- مواد اصلاحی بر خاک‌هایی با بافت‌های مختلف اعمال شوند و تأثیر هرکدام بر تبخیر با توجه به بافت هر خاک تعیین شود.۳- پیشنهاد می‌شود اصلاح‌کننده‌ها در شرایط شبیه‌سازی باران بکار روند تا تاثیر آن‌ها بر مقدار تولید رواناب بررسی شود.۴- توصیه می‌شود آزمایش انجام شده در شرایط مزرعه نیزصورت گیرد.

فهرست منابع

کمالی،غ و خزانه داری،ل. ۱۳۸۱ . تحلیل خشک سالی اخیر مشهد با به کارگیری بعضی از شاخص های خشک سالی. نشریه نیوار . ۴۴ و۴۵ : ۷۹-۹۳ .

زاهدی،م و بیاتی خطیبی،م. ۱۳۸۹. هیدرولوژی، ویرایش اول، چاپ دوم. ۱۲۰صفحه.

Carrer, M., Motta, R. and Nola, P., (2012). Significant mean and extreme climate sensitivity of Norway spruce and silver fir at mid-elevation mesic sites in the AlpS. Plos one, 7(11).

Gholami, L., Sadeghi, S. H. R. and Homaee, M. (2013). Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. Soil Science Society of American Journal, 77, 268–278.

Hou X.Y., Wang F.X., Han J.J., Kang S.Z., and Fena S.H. 2010. Duration of plastic mulch for potato growth under irrigation in an arid region of northwest China. Agricultural and Forest Meteorology, 150: 115-121.

Jordán, A., Zavala, L. M. and Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. Catena, 81, 77–85.

Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., Onishi, T. and Ito, K. 2017.Effects of plastic-hole mulching on effective rainfall and readily available soil moisture under soybean (Glycine max) cultivation. Paddy and Water Environment, 15: (3), 659-668.

Liu, Y., Li, S. Q., Chen, F., Yang, S. J. and Chen, X. P. (2010). Soil water dynamics and wateruse efficiency in spring maize (Zea mays L.) fields subjected to different watermanagement practices on the Loess Plateau, China. Agricultural WaterManagement, 97, 769–775.

Mulumba, L. N. and Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. Soil Tillage Research, 98, 106–111.

Silvente, S., Sobolev, A. P. and Lara, M. (2012). Metabolite Adjustments in DroughtTolerant and Sensitive Soybean Genotypes in Response to Water Stress. PlosOne, 7, e38554.

Shaver, T. M. (2010). Crop residue and soil physical properties. In: Proceeding of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, 22-27.

Smets, T., Poesen, J. and Knapen, A. (2008). Spatial scale effects on the effectiveness of organic mulches in reducing soil erosion by water. Earth-Science Reviews, 89(1): 1-12.

Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Homaee, M. and Khaledi Darvishan, A. (2015). Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. Soild Earth, 6, 445–455.

Wang, J., Huang, J., Zhao, X., Wu, P., Horwath, W.R., Li, H., Jing, Z. and Chen, X. (2016). Simulated study on effects of ground managements on soil water and available nutrients in jujube orchards. Land Degradation and Development, 27, 35-42.

Investigating the effect of the type and method of application of two modifiers, cow manure and straw and wheat stubble, on maintaining soil moisture

Fateme Karimi [1], Sima Mohammadi[2*], Afsaneh Alinejadian Bid Abadi[2]

1. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran2. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
3. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
*Corresponding Author: Email: Mohmmadi.s@lu.ac.ir

Abstract

One of the ways to reduce evaporation from the soil is to use modifiers. The aim of this research was to evaluate the effect of modifiers with two mixed and surface applications on the rate of evaporation from the soil. This research was carried out in the greenhouse of the Faculty of Agriculture of Lorestan University with treatments of wheat straw and stubble and cow manure at three levels (zero, 0.01 and 0.05 percent). The soil moisture was kept constant for 4 months at the agricultural capacity. The amount of evaporation in June and August 1400 in each pot. The results showed that there was a significant difference in the rate of evaporation between the treatments used with surface application and mixture. After the end of evaporation measurement and stopping it in June and August, wheat straw and stubble had the lowest evaporation and water loss with 15%. The use of wheat straw and stubble at the level of 5% by weight on the surface in June 4.7 and in August 1.7 times compared to the control treatment had the greatest reduction in evaporation. Due to the significant difference in the application of modifiers, the surface application of modifiers is recommended to control the rate of evaporation.

Keywords: organic modifiers, surface coating, mixed coating, evaporation

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی کارایی روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در ارزیابی تناسب اراضی برنج

ابوالفضل آزادی[1*]، میرناصر نویدی[2]، جواد سید محمدی[3]

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران *a.azadi@areeo.ac.ir

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

در پژوهش حاضر، ارزیابی کیفی تناسب اراضی با استفاده از مدل‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و پارامتریک برای محصول برنج در بخشی از اراضی تحت کشت برنج در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات خاک، شرایط اقلیمی بر اساس چارچوب سازمان خواربار جهانی و کشاورزی و نظرات کارشناسان انتخاب شدند. نتایج نشان داد که روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) باعث بهبود کلاس تناسب برخی واحدهای اراضی شده که بیانگر تطابق با واقعیت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استراتژی موثر برای افزایش دقت وزنی معیارهای موثر بر تحلیل تناسب زمین نسبت به روش سنتی برای شناسایی محدودیتهای کشت محصول برنج می باشد.

واژگان کلیدی: ارزیابی اراضی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ، مدلسازی

مقدمه

حفظ و حراست از منابع طبیعی و اراضی به خصوص خاک جهت نیل به پایداری توسعه کشاورزی و بهره‌وری اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و برای نیل به این مهم نوع استفاده از آن الزامی می‌باشد، که این روند در حیطه ارزیابی تناسب اراضی قرار دارد(احمدی و علمداری، ۱۴۰۲). با استفاده از ارزیابی تناسب اراضی، محدودیت‌ها و پتانسیل ذاتی واحدهای اراضی برای پشتیبانی از کاربری‌های مشخص در مدت زمان طولانی شناسایی و باعث کاهش هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می‌گردد. ارزیابی تناسب زمین ابزار قدرتمند برای حمایت از تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی کاربری زمین است و می‌توان براساس پارامترهای بیوفیزیکی و شرایط اجتماعی-اقتصادی یک منطقه انجام داد(FAO, 1976). برای برآورد تناسب زمین، تطبیق ویژگی‌های زمین با الزامات انواع کاربری پیش‌بینی‌شده زمین، بسیار مهم است. نتایج ارزیابی زمین از تعامل پیچیده فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیست اقلیمی حاصل می‌گردد. روش‌شناسی اتخاذ شده بر اساس دستورالعمل‌های فائو در مورد ارزیابی زمین، بیشتر شامل جنبه‌های اقلیمی، نیازهای خاک و اراضی از قبیل ویژگی‌های فیزیکی و حاصلخیزی خاک می‌باشد(Sys et al., 1993). دستورالعمل فائو

معمول‌ترین روش برای ارزیابی تناسب اراضی بوده ولی این چارچوب نمی‌تواند به عنوان ابزاری مطمئن و مناسب برای درک و فهم بیشتر سیستم پیچیده خاک و مدیریت آن باشد؛ زیرا اطلاعات موجود در این نوع استفاده‌ها گاهاً با دانش و شرایط منطقه‌ای ارتباطی ندارد(احمدی و علمداری، ۱۴۰۲). در بررسی ارزیابی تناسب زمین با وجود چندین شاخص و معیار، تصمیم‌گیری بسیار پیچیده خواهد شد. این ضرورت‌ها منجر به استفاده از مدل‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چند معیاره می‌گردد که با هدف انتخاب مناسب‌ترین محصول در بین محصولات فعلی انجام می‌شود(اخوان و همکاران، ۱۴۰۲). بنابراین برای رفع این نارسایی، پژوهشگران روش‌ها و مدل‌های نوینی را به‌منظور الگوسازی و فهم بیشتر و انعکاس تغییرپذیری مکانی خاک معرفی نموده‌اند. از آن جمله می‌توان به روش چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی(AHP) اشاره نمود که توسط محققین(Azadi et al.,2023b) در نقاط مختلف جهان به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته می‌گیرد. بنابراین با توجه به اهمیت محصول برنج، مهم بودن مطالعات ارزیابی اراضی در استفاده بهینه و پایدار از خاک و کمبود مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روشهای چند معیاره، ارزیابی تناسب اراضی، برای محصول برنج با استفاده از روشهای تحلیل سلسله مراتبی(AHP) و پارامتریک(ریشه دوم) در بخشی از اراضی تحت کشت برنج در استان خوزستان به عنوان هدف پژوهش انتخاب گردید.

.

مواد و روش‌ها

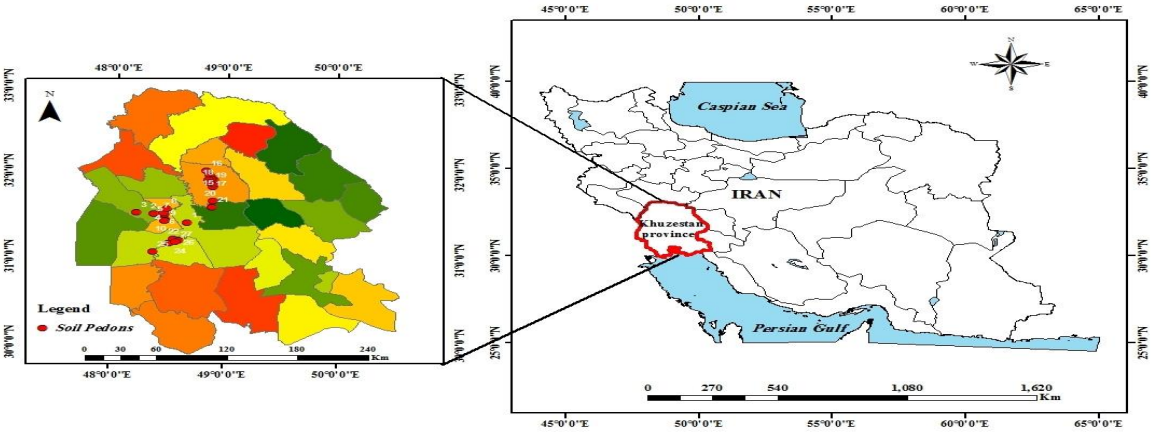
جهت نیل به اهداف مطالعه، تعداد ۲۷ خاکرخ در اراضی تحت کشت برنج در استان خوزستان حفر و بر اساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک سرویس حفاظت خاک آمریکا(USDA, 2012) تشریح و نمونه برداری شد، نمونه‌ها جهت انجام آنالیزهای مورد نیاز به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از تجزیه نمونه‌ها و تجزیه-تحلیل نتایج، خاک‌ها بر اساس کلید رده‌بندی آمریکایی(Soil Survey Staff, 2014) رده بندی شدند که خاکهای غالب منطقه مورد مطالعه شامل انتی‌سول‌ها، اینسپتی‌سول‌ها و آریدی‌سول‌ها می‌باشد(Azadi et al., 2023a). منطقه مورد مطالعه عمدتاً از رسوبات رودخانه، دریاچه و بادی دوران سوم زمین شناسی تشکیل شده است. محصول زراعی غالب در منطقه مورد مطالعه برنج می‌باشد. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.

روش تحلیل سلسل مراتبی(AHP)

ارزیابی تناسب اراضی به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی، از نظر تأثیر وزن‌های مختلف برای خصوصیات مختلف اراضی با روش‌های کلاسیک و سنتی ارزیابی اراضی مانند روش پارامتریک، تفاوت دارد. چرا که در این روش، وزن‌های عوامل مختلف در هر یک از واحدهای خاک، به طبقه‌بندی های مختلف تناسب اراضی، بر اساس تعریف وزن‌های مربوطه و اهمیت و اولویت هر یک از آن ها نسبت به عامل دیگر پرداخته شده و پس از تعیین و محاسبه وزن‌های هر یک از این عوامل، می‌توان درباره عملیات مدیریتی بر روی اراضی تصمیم‌گیری نمود، چرا که ماتریس مقایسات زوجی محاسبه وزن‌های هر یک از عوامل دخیل در ارزیابی تناسب اراضی هر محصول در هر واحد

[1] Analytic Hierarchy Process

خاک، شاخص‌های مختلفی را به هر یک از این واحدها می‌دهد، که در واقع بر اساس این شاخص‌ها کلاس‌های تناسب مختلف اراضی در هر واحد خاک تعیین‌می‌گردد(Azadi et al., 2023a). وزندهی به معیارها می‌تواند با انواع روش‌های تعیین اهمییت و ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر انجام شود.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه در استان خوزستان

AHP یک سیستم وزندهی یک جانبه از طریق یک جفت ماتریس مقایسه بین پارامترها می‌باشد که این مقایسه وابسته به نظرات کارشناسان خبره می‌باشد. کارشناس مقایسه زوجی را براساس شناخت منطقه‌ای، شناخت نیازهای محصول و همچنین نتایج آزمایشگاهی پارامترهای مورد نظر انجام می‌دهد. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده، که بدین صورت وزن نسبی آنها به دست می‌آید و سپس با استفاده از وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه تعیین می‌گردد. در اصل در این مقایسه‌ها میزان ارجحیت عناصر بر یکدیگر مشخص می‌شود. این مقیاس‌بندی توسط Saaty (۲۰۰۸) ارایه شده است. در روش AHP شاخص سازگار بودن به عنوان نسبت سازگاری(CR)، نسبت بین شاخص انسجام ماتریس و شاخص تصادفی است. CR احتمال این که انتخاب ماتریس تا چه اندازه تصادفی بوده است را توسط معادله (۱) نشان می‌دهد.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۱)$$

RI شاخص انسجام می‌باشد که بسته به نظم ماتریس ارائه می‌شود. CI شاخص انسجام است و از معادله (۲) محاسبه می‌شود که λmax اصلی ترین یا بزرگترین جز ماتریس و n مرتبه ماتریس می‌باشد. CR در محدوده ۰ تا ۱ می‌باشد.

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n - 1} \qquad (۲)$$

در این مرحله با استفاده از پرسش‌نامه‌هایی که توسط کارشناسان تکمیل گردید، ماتریس مقایسات زوجی به عنوان ورودی نرم افزار Expert Choice استفاده گردید.

روش پارامتریک(RSP)

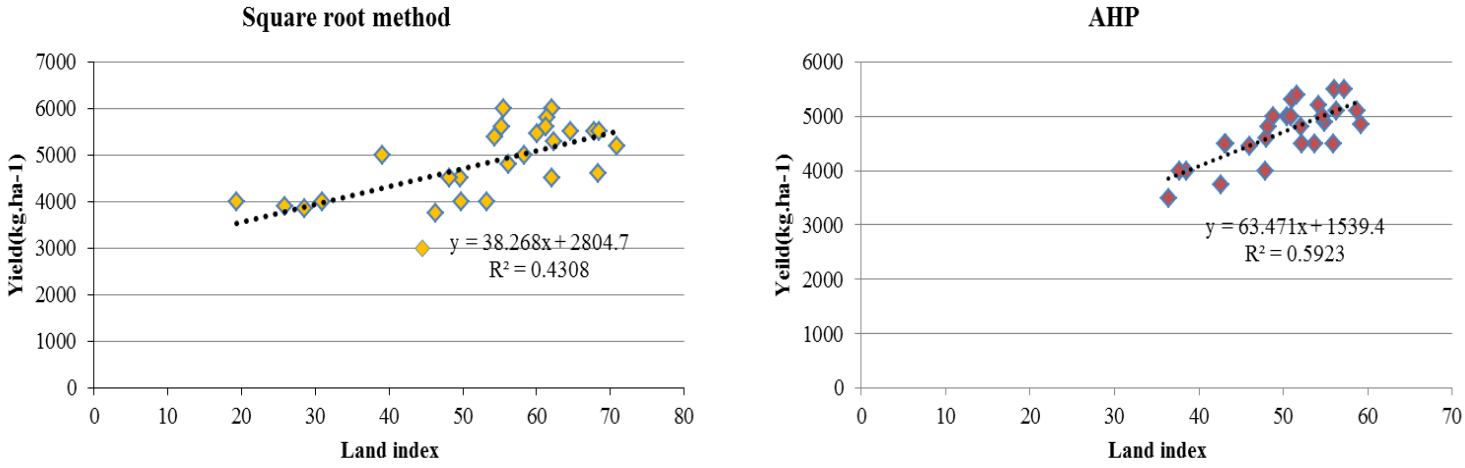
به منظور ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش فائو عمل انطباق خصوصیات اراضی در هر یک از اراضی مورد مطالعه با نیازهای رویشی برنج انجام و کلاس نهایی اراضی تعیین گردید. به این منظور از روش پارامتریک(ریشه دوم) استفاده گردید. در این روش برای محاسبه شاخص‌ها ، از معادله ریشه دوم(۳) Sys و همکاران،(۱۹۹۱) استفاده شد و نهایتا بعد از آن با استفاده از جدول مربوطه مقدار شاخص تناسب اراضی و کلاس تناسب اراضی برای واحدهای مختلف محاسبه شد.

$$\mathrm{I} = R_{min} \times \sqrt{\frac{\mathrm{A}}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots} \qquad (۳)$$

که در این رابطه، SI نشان دهنده شاخص خاک، R_{min} نشان دهنده کمترین درجه انتقال یافته به ویژگیهای خاک و A ، B و ...، نشان دهنده درجات مرتبط به سایر ویژگیهای خاک است(Sys et al., 1991).

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر پس از آنالیز و تجزیه نمونه ها و مشخص شدن نتایج، برای ارزیابی تناسب اراضی از خصوصیات توپوگرافی(شیب)، خصوصیات رطوبتی(وضعیت زهکشی)،خصوصیات فیزیکی(بافت خاک، عمق خاک و درصد آهک)، خصوصیات حاصلخیزی(درصد کربن آلی، اسیدیته)و شوری و قلیائیت و شاخص اقلیمی استفاده شد. مطابق نتایج بدست آمده محدودکننده‌ترین خصوصیات در اراضی مورد بررسی برای کشت آبی برنج به ترتیب بافت، شوری، کربن الی،ESP و اسیدیته هستند. نتایج این رویکرد می‌تواند با شناسایی محدودکننده‌ترین عوامل، بینشی از برنامه‌ریزی مدیریت مکانی در تولید محصولات کشاورزی فراهم کرده و به عنوان راهنمای برنامه‌ریزی بهتر کاربری اراضی استفاده شود. Nguyen, و همکاران (۲۰۱۹) روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را برای انجام ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصول برنج در چین به کار بردند و محدودیتهای عمده در منطقه را توپوگرافی، ماده آلی، بافت خاک، عمق خاک و شرایط آبیاری معرفی کردند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، همبستگی بین شاخص اراضی و میزان محصول برنج در سطح منطقه، برای روش تصمیم گیری چندمعیاره مبتنی بر روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشتر از روش پارامتریک بدست آمد. نتایج این تحقیق، با تحقیقات Sánchez و همکاران(۲۰۰۷) و موسوی و همکاران(۱۳۹۵)، در میزان همبستگی بیشتر بین شاخص اراضی و میزان محصول در سطح منطقه، در روش AHP ، نسبت به روش پارامتریک همسویی بیشتری دارد. به طور کلی دقت روشهای ارزیابی تناسب اراضی بستگی به درجه تأثیر خصوصیات اراضی انتخاب شده روی تولید محصول دارد.



شکل۲ -رگرسیون خطی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده با استفاده از روشهای AHP و پارامتریک (ریشه دوم)برای محصول برنج

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسه ارزیابی تناسب اراضی برای محصول برنج با استفاده از روش فائو و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در بخشی از اراضی استان خوزستان انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که در واحدهای اراضی شاخص اراضی با استفاده از روش AHP بیشتر از روش پارامتریک می‌باشد؛ همچنین همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در روش تحلیل سلسله مراتبی بیشتراز روش پارامتریک بوده و با واقعیت منطقه نیز تطابق بیشتری دارد. بنابراین استفاده از روش‌های نوین ارزیابی از جمله روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP ، TOPSIS و ...) به عنوان ابزارهایی کارا و موثر، مبتنی بر علم ریاضیات و آمار، با حداقل هزینه و کمترین زمان و دقت قابل قبول، میتواند جهت نیل به پایداری و کشاورزی دقیق مفید واقع شود.

فهرست منابع

احمدی، و علمداری، پ. ۱۴۰۲. کاربرد روشهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در ارزیابی کیفی تناسب اراضی. هفتمین همایش بین المللی، افق های نوین در علوم و مهندسی کشاورزی(با رویکرد آب، خاک و هوا).

اخوان، س.، جلالیان، ا.، تومانیان، ن.، هنرجو، ن. ۱۴۰۲. کاربرد مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی تناسب اراضی .آب و خاک، ۳۷(۱)، ۴۵-۶۲.

قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۱. فرآیند تحلیل سلسله مراتبیAHP ،چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

موسوی،س.ا.، سرمدیان، ف.، طاعتی، ع. ۱۳۹۵. مقایسه روش فائو و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای ارزیابی تناسب اراضی برای گندم دیم در منطقه کوهین. پژوهش های خاک, ۳۰(۴)، ۳۶۷-۳۷۷.

Azadi, A., Jalali, A. S., & Navidi, M. N. (2023a). Land evaluation approaches comparing TOPSIS and SAW with parametric methods for rice cultivation. Environmental Monitoring and Assessment, *195*(11), 1296.

Azadi, A., Zareian, G., & Shakeri, S. (2023b). Digital mapping of soil fertility for some agricultural lands by using fuzzy-AHP (FAHP) techniques and GIS in highly calcareous soil, Southwest Iran. Communications in Soil Science and Plant Analysis, *54*(20), 2885-2897.

FAO. (1976). A framework for land evaluation. Food and Agricultural Organization of the Unite Nations, Rome.

Nguyen, H. H., & Khuong, M. H. (2019). Applying AHP method and GIS to evaluate land suitability for paddy rice crop in Quang Xuong district, Thanh Hoa province. Can Tho University Journal of Science, 11(3), 1-10.

Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill International, New York.

Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Serv. Sci. 1, 83–98.

Sánchez P. A., Palm C. A. & Buol S. W, (2007). Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. Geoderma. 2003: 157-185.

Soil survey staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy, 12th edition, United State Department of Agriculture, National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service.

Sys, C., Van Ranst, E., & Debaveye, D. J. (1991). Land evaluation, part I: Principles in land evaluation and crop production calculation. Agricultural Publications, No 7. General Administration for Development Cooperation. Brussels, Belgium

Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, IJ., & Beernaert, F. (1993). Land evaluation. Part III: crop requirements. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication-No. 7, Brussels, Belgium, p 199

An Investigation Analytic Hierarchy Process (AHP) Efficiency in Land Suitability Assessment for Rice Cultivation

Abolfazl Azadi [*1], Mir Naser Navidi[2] and Javad Seyedmohammadi

[1]Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

[2]Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[3]Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

In the present study, qualitative assessment of land suitability was investigated using Analytic Hierarchy Process and parametric models for rice cultivation in a part of rice cultivated land in Khuzestan province. Soil characteristics, climatic conditions were selected based on the framework of the World Food and Agriculture Organization and experts' opinions. The results showed that the Analytical Hierarchy Process (AHP) method has improved the suitability class of some land units, which indicates compliance with the reality of the studied area. Therefore, the process of AHP method is an effective strategy to increase the weight accuracy of the effective criteria on land suitability analysis compared to the traditional method for identifying the limitations of rice cultivation.

Keywords : Land evaluation, modeling, Analytic Hierarchy Process

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تکامل خاک تحت تاثیر پستی و بلندی در خاک‌های منطقه گربایگان شهرستان فسا

فاطمه دهقان خلیلی[1*]، مجید باقرنژاد[2]، سید علی اکبر موسوی[3]، سید محمود انجوی نژاد[4]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه شیراز: *Fateme.d.khalili76@gmail.com

۲- استاد بخش علوم خاک دانشگاه شیراز

۳- استاد بخش علوم خاک دانشگاه شیراز

۴- دانش آموخته دکتری مدیریت منابع خاک دانشگاه شیراز

چکیده

پستی و بلندی یکی از عوامل مهم خاکساز در مناطق خشک است که سبب تغییرات در روند تکامل خاک می‌شود. این پژوهش با هدف تاثیر پستی و بلندی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و تکاملی در خاک‌های حوضه آبخیز گربایگان واقع شهرستان فسا انجام شده است. تعداد ۹ خاکرخ روی یک ردیف پستی و بلندی به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر در واحدهای فیزیوگرافی مختلف حفر شد. نتایج نشان داد که به طور میانگین بافت خاک در محدوه شنی تا شنی لومی است. میزان کربنات کلسیم معادل در افق سطحی با کاهش شیب روند افزایشی و میزان کربن آلی نیز با افزایش درصد شیب روند کاهشی دارد. مقدار پهاش تمامی خاکرخ‌ها در محدوده قلیایی بوده و مقدار قابلیت هدایت الکتریکی با کاهش شیب افزایش یافته است. خاکرخ‌هایی که در واحدهای فیزیوگرافی تپه و واریزه‌های باد بزنی شکل قرار دارند فاقد تکامل پروفیلی هستند و در راسته انتی‌سول قرار دارند و سایر خاکرخ‌ها که در سایر واحدهای فیزیوگرافی قرار گرفتند دارای تکامل نسبی هستند و در راسته اینسپتی‌سول قرار دارند. به طور کلی پستی و بلندی سبب ایجاد تغییرات در ویژگی‌های خاک و تکامل خاک‌های منطقه شد و ضروری است به عنوان یکی از عوامل خاکساز در مطالعات خاکشناسی مناطق خشک مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ردیف پستی و بلندی، واحدهای فیزیوگرافی، بافت خاک، تکامل خاک

مقدمه

توپوگرافی شکل سطح زمین را مشخص می‌کند و می‌تواند بر سایر عوامل خاکسازی تاثیرات مثبت و یا منفی داشته باشد. یک ردیف پستی و بلندی می‌تواند شامل واحدهای فیزیوگرافی مختلف مانند کوه‌ها و تپه‌ها، واریزه‌های بادبزنی شکل، دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های رسوبی، دشت‌های سیلابی و اراضی پست باشد که هر کدام با داشتن درصد شیب متفاوت تاثیر خود را در فرسایش سنگ‌ها در طول شیب می‌گذارند و نقش خود را در تشکیل و تکامل خاک ایفا می‌کنند. به طور کلی حوضه‌های آبخیزی که شیب تندتری دارند در مقایسه با حوضه‌هایی با شیب ملایم‌تر رواناب‌هایی با سرعت بیشتر تولید می‌کنند که این عوامل بطور غیرمستقیم با تاثیر بر فرسایش خاک و شستشوی املاح بر تکامل

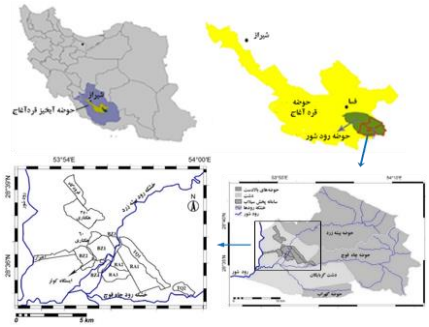
خاک تاثیر میگذارند (Zhang et al., 2010). در قسمت‌های پایینی، با شیب کمتر به دلیل کاهش آبدوی، آب جاری فرصت بیشتری برای نفوذ پیدا می‌کند در نتیجه مقدار هوادیدگی و تکامل خاک تا عمق بیشتری پیش می‌رود و سلوم با عمق بیشتری مشاهده می‌شود. مقدار رس در قسمت های پنجه شیب بیشتر از قله شیب مشاهده شده است که دلیلی بر رسی بودن بافت خاک‌ها در این قسمت است (Imadojemo et al., 2017). مقدار کربن آلی تاثیر چشمگیری بر چرخش عناصر غذایی موجود در خاک دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد با کاهش ارتفاع و موقعیت‌های پا و پنجه شیب مقدار کربن آلی افزایش پیدا می‌کند (Imadojemo et al., 2017). پهاش یا واکنش خاک یکی از ویژگی‌های بخش شیمیایی خاک می‌باشد که مقدار اسیدی و بازی بودن خاک را نشان می‌دهد پژوهشی که توسط انجوی و همکاران (۱۳۹۷) انجام شده است گزارش شده که شیب تاثیر معنی‌داری بر مقدار پهاش نداشته است. با بررسی تاثیر شیب بر مقدار قابلیت هدایت الکتریکی[1] نتایج نشان می‌دهد که کم‌ترین مقدار EC مربوط به موقعیت‌های پایینی شیب و بیشترین آن مربوط به موقعیت‌های بالایی شیب است همچنین راسته‌های انتی‌سول دارای خاک‌های بسیار جوان و فاقد تکامل پروفیلی هستند که معمولا در واحدهای فیزیوگرافی تپه و واریزه‌های بادبزنی شکل قرار دارند و خاکرخ‌هایی که دارای افق کلسیک و کمبیک هستند در راسته اینپستی‌سول قرار گرفته و معمولا در واحدهای فیزیگرافی با درصد شیب کمتر قرار می‌گیرند. افزایش دانش در مورد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تکامل خاک به مدیریت بهترکشاورزی کمک می کند. باید در نظر داشت که در مناطق خشک و نیمه خشک تکامل خاک بیشتر تحت تاثیر پستی و بلندی قرار می‌گیرد. بنابراین، با توجه به قرار گرفتن منطقه گربایگان شهرستان فسا در مناطق خشک و نیمه خشک کشور و همچنین اهمیت بررسی اثر عامل خاکساز پستی و بلندی بر تشکیل و تکامل خاک ها در این مناطق، مطالعه حاضر با هدف بررسی تکامل خاک و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تحت تاثیر پستی و بلندی در خاکهای این منطقه صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

۱- وضعیت عمومی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، ایستگاه تحقیقاتی کوثر واقع در منطقه گربایگان از توابع شهرستان فسا می‌باشد. این منطقه در موقعیت جنوب شرقی شیراز قرار گرفته است و با مساحتی بالغ بر ۲۵۰ هکتار در ۲۲۰ کیلومتری شیراز و ۴۷ کیلومتری شهرستان فسا قرار دارد (شکل ۱). رژیم رطوبتی واقع در منطقه زریک و رژیم حرارتی آن ترمیک بوده و متوسط ارتفاع این منطقه از سطح آزاد دریا حدود ۱۱۴۰ متر می‌باشد. منطقه مطالعاتی در یک ردیف پستی بلندی از شرق به سمت غرب به طول ۱۵ کیلومتر قرار دارد. موقعیت جغرافیایی این ردیف پستی و بلندی در ناحیه ۳۹ از ۷۸۷۶۷۵/۱۷ تا ۷۷۵۰۴۴/۰۰ طول شرقی و از ۳۱۷۰۸۲۲/۲۹ تا ۳۱۷۰۲۷۲/۰۰ عرض شمالی می باشد که تعداد ۹ خاک رخ با توجه به تنوع واحدهای مختلف فیزیوگرافی حفر گردید.

[1] Electrical conductivity



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

۲- مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

مطالعه خاکرخ‌ها با در نظر گرفتن مشخصات هر خاک از قبیل بافت، ساختمان، ضخامت افق‌ها، تمرکز مواد مختلف درافق‌های مشخصه‌خاک صورت گرفت. اطلاعات موجود برای هر افق از هر خاکرخ حفر شده بر روی کارت‌های تشریح ثبت گردید. از افق‌های مشخصه هر خاکرخ به میزان کافی نمونه خاک جمع آوری و به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل گردیدند نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و کوبیدن از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و همچنین ویژگی‌های موفولوژیکی از قبیل آهک، رس، سنگریزه و نحوه قرار گرفتن افق‌های مشخصه پدون‌ها بر اساس روش طبقه‌بندی تاکسونومی تا حد زیرگروه رده‌بندی شدند (Soil Survey Staff, 2014). بافت خاک به روش هیدرومتر اندازه گیری شد (Gee and Bauder, 1986). سپس واکنش خاک و قابلیت هدایت الکتریکی اندازه گیری شد (Rhoades. 1996). مقدار ماده آلی به روش احتراق مرطوب (Nelson and sommers, ۱۹۸۲) انجام شد، اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Loppertand Suarez, ۱۹۹۶) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم نرمال (Chapman, 1965) اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمایشات فیزیکی وشیمیایی به صورت کامل در جدول شماره ۱ آورده شده است. رده‌بندی خاک بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (Soil Taxonomy 2014) نیز در جدول شماره ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه. Error! Not a valid link.با توجه به جدول شماره ۱ ، بافت خاک به طور میانگین شنی تا شنی لومی می‌باشد. مقدار فرسایش پذیری خاک به دلیل وجود ذرات شن کمتر اتفاق افتاده است. رس در خاکرخ ۷ به حداکثر مقدار خود رسیده است در نتیجه تاثیر توپوگرافی بر بافت خاک به این صورت بوده که در مناطق با شیب کمتر بافت خاک ریزتر به سمت رسی بودن پیش می‌رود که با نتایج Imadojemo و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد. در مقطع عمقی نیز مقدار رس با افزایش عمق افزایش پیدا کرده است. افزایش میزان

کربنات کلسیم معادل موجود در خاک و تشکیل افق می‌تواند نشان دهنده درجه تکامل باشد. از همین رو در خاکرخ-های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ افق کلسیک قابل مشاهده است . با توجه به سازندهای آهکی در منطقه و آهکی بودن مواد مادری در مقطع عمقی با افزایش عمق مقدار کربنات کلسیم معادل نیز بیشتر شده است. علیاری و منافی (۱۳۹۸) نیز افزایش کربنات کلسیم معادل با افزایش عمق را به مواد مادری آهکی نسبت دادند. به طور میانگین مقدار کربنات کلسیم معادل در طول پستی و بلندی برابر با ۵۱/۷۷ درصد است و بیشترین مقدار درخاکرخ شماره ۸ واقع در دشت دامنه‌ای یافت شد. پهاش در تمامی خاکرخ‌های منطقه مطالعاتی قلیایی (۷/۳۲ تا ۸/۸۵) بوده است که از اثرات قرار گرفتن بر روی سازندهای آهکی است. کمترین میزان پهاش در افق زیرسطحی خاکرخ ۲ و بیشترین افق سطحی خاکرخ ۲ مشاهده شد که یکی از علت‌های آن وجود آهک می‌باشد. میزان قابلیت هدایت الکتریکی در مقطع عمقی با افزایش عمق در اکثر خاکرخ‌ها روند افزایشی داشته که نشان دهنده افزایش شست‌وشوی املاح در این خاکرخ‌ها است و در طول توپوگرافی کمترین میزان قابلیت هدایت الکتریکی در افق سطحی خاکرخ ۱ و بیشترین میزان آن در افق زیرسطحی ۵ مشاهده گردید. در خاکرخ ۱ با افزایش میزان رس در بافت خاک مقدار قابلیت هدایت الکتریکی نیز افزایش یافته است که نشان دهنده تاثیر بافت بر مقدار قابلیت هدایت الکتریکی است. با توجه به نتایج حاصل این پژوهش، در خاکرخ ۷ و ۹ میزان ماده‌ی آلی به حداکثر خود رسیده است که به دلیل وجود پوشش گیاهی و کاربری مرتع و عدم شخم و کاهش اکسیداسیون مواد آلی، باعث افزایش کربن آلی شده است. با توجه به اثر پستی و بلندی بر روی میزان ماده آلی می‌توان نتیجه گرفت در خاکرخ ۱ که در اراضی شیب‌دار واقع شده است میزان ماده آلی کم می‌باشد و در برخی خاکرخ‌ها مانند خاکرخ ۷ ، ۶ و ۵ به دلیل قرار گرفتن در اراضی با شیب کم، میزان ماده آلی بیشتر شده است. کمترین میزان کربن آلی در افق زیرسطحی درخاکرخ ۱ مشاهده شد که میزان آن ۰/۱۵ بوده این در حالی است که بافت این خاکرخ شنی‌لومی می‌باشد به موجب آن کاهش پایداری خاکدانه، میزان فرسایش افزایش پیدا می‌کند و تغییرات کربن آلی در مقطع عمقی در اکثر خاکرخ‌ها به صورت کاهشی بود که با نتایج علیاری و منافی (۱۳۹۸) هم‌خوانی دارد. با توجه به وابستگی زیاد مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی به مقدار رس موجود در بافت خاک در خاکرخ ۷ به دلیل بیشترین درصد مقدار رس در بافت خاک بیشترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی مشاهده می‌شود. با توجه به نتایج مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی حاصل در خاکرخ ۱ و خاکرخ ۹ خاک‌ها در راسته انتی‌سول قرار دارند و فاقد افق‌های مشخصه هستند و بدون تکامل می‌باشند و خاکرخ‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ دارای افق کلسیک می‌باشند که تکامل نسبی خاک را نشان می‌دهد و خاک‌ها در راسته اینسپتی‌سول قرار می‌دهد و در خاکرخ‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ دارای افق کمبیک مشاهده شد که تاثیر مثبت پستی بلندی بر تکامل خاک را در واحدهای فیزیوگرافی با درصد شیب کمتر را بیان می‌کند که با نتایج انجوی نژاد و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد.

نتیجه گیری

به طور کلی در منطقه با رژیم رطوبتی زریک به دلیل وجود دمای پایین‌تر و رطوبت کمتر، شست‌وشوی آهک از سولوم خاک اتفاق نیفتاده و انتقال رس نیز در حضور آهک صورت نگرفته است، در نتیجه تجمع آهک (افق کلسیک) در افق‌های زیرسطحی مشاهده شد. همچنین نتایج مطالعات فیزیکی و شیمیایی منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده است

که تحول و تکامل خاک‌ها در این مطالعه، تحت تاثیر موقعیت مکانی و شیب بر روی ردیف پستی و بلندی، بیش از تاثیر مواد مادری به عنوان فاکتورهای خاکساز مورد مطالعه است.

منابع

انجوی نژاد، س، م.، اولیایی، ح.، ادهمی، ا. (۱۳۹۷). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمایی، تکامل و رده بندی خاک های یک ردیف پستی و بلندی در دشت جنوبی یاسوج. همایش ملی دانشجویی علوم خاک و آمایش سرزمین،شیراز.

علیاری، ل.، منافی، ش. (۱۳۹۸). بررسی ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی خاکها در امتداد یک ردیف توپوگرافی در جنوب غرب دریاچه ارومیه. نشریه تحقیقا کاربردی خاک، ۷(۲)، ۱۴۸- ۱۶۷.

Abate, N., Kibret, K. (2016). Effects of land use, soil depth and topography on soil physicochemical properties along the toposequence at the Wadla Delanta Massif, Northcentral Highlands of Ethiopia. Environment and Pollution, 5(2), 57-71.

Chapman, H.D. (1965). Cation exchange capacity. In: Black, C.A. (ed.), Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI. 2: 891-901

Gee, G. W., Bauder, j, w. (1986) nalysis, part 1: physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Imadojemo, P.E., Osujieke, D.N., Obasi, S.N. (2017). Evaluation of. Fadama soils along a toposequence proximal to river Donga in wukari area of northeast Nigeria. International journal of agriculture and rural development, 20(2), 3150-3158.

Loeppert, R. H., Suarez, D. L. (1996). Carbonate and gypsum. Methods of soil analysis: part 3 chemical methods, 5, 437-474.

Nelson, D.W., L.E. Sommers. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L. (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp, 53: 9-579.

Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods, 5, 417-435.

Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy. USDA. NRCS. 361 pp.

Zhang, X., Feng, J., Gao, Y., Liu, N. (2010). Influences of slope on runoff and concentration and solute transport under different rainfall inten-sities. Bull Soil Water Conserv, 30(2), 119–123.

چکیده انگلیسی

Investigation of Physical and Chemical Properties; and Soil Evolution Affected by Topography in the Soils of Garbayegan Region, Fasa County

Fatemeh Dehghankhalili[1*], Majid Baghernejad[2], Sayyed Ali Akbar Mousavi[3], Sayyed Mahmoud Enjavinezhad[4]
1- Graduate of the master of Soil Science from the University of Shiraz:
fateme.d.khalili76@gmail.com*
2- Professor of Soil Science at the University of Shiraz
3- Professor of Soil Science at the University of Shiraz
4- PhD in soil resource management from the University of Shiraz

Abstract
Topography is one of the important soil-forming factors in arid areas, which causes changes in the process of soil evolution. The current research was aimed to investigate the effect of topography on the physical and chemical properties and evolution of the soils of Gerbaigan watershed, Fasa County. Nine soil profiles dug in a toposequence with an approximate length of 15 kilometers in different physiographic units. The amount of equivalent calcium carbonate in the surface horizon increased with decreasing slope percentage, and the amount of organic carbon also decreased with increasing slope percentage. The pH values of all soils were alkaline, and the electrical conductivity value increased with decreasing slope. The profiles located in the physiographic units of hills and colluvial fans had no profile evolution and classifed in the Entisols order, and the other profiles located in other physiographic units had a relative evolution and classified in the Inceptisols order. Generally, topography caused changes in soil properties and evolution in the studied area and shouldbe considered as one of the soil-forming factors in the soil studies of arid areas.

Keywords: Topography, Physiographic Units, soil Texture, Soil Evolution

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

برآورد مقدار زیست توده خالص و مدلسازی پتانسیل تولید نیشکر در بخشی از اراضی نیشکر خوزستان

ابوالفضل آزادی[1*]، سید علیرضا سید جلالی[2]، مهناز اسکندری[3]

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران *a.azadi@areeo.ac.ir

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

هدف از تحقیق حاضر تخمین پتانسیل تولید نیشکر مزارع مناطق مختلف تحت کشت نیشکر در استان خوزستان و رسیدن به مدلی بود که پتانسیل تولید نیشکر را با در نظر گرفتن ویژگی‌های اقلیمی، گیاهی و خاکی و زمین نما منطقه برآورد کند. روش انجام این تحقیق طی دو سلسله مراتب صورت گرفت: ۱- تخمین پتانسیل تولید نیشکر با استفاده از روش مدل رشد فائو و ۲- تخمین پتانسیل تولید اراضی برای نیشکر با توجه تأثیر عوامل محدود کننده در خاک که بصورت شاخص خاک به روش پارامتریک محاسبه و موجب کاهش عملکرد محصول نیشکر در مرحله اول برآورد شد. و برای تجزیه و تحلیل داده ها از رگرسیون به روش‌های استاندارد، گام به گام و منحنی تخمین استفاده گردید. مطابق با نتایج بدست آمده پتانسیل تولید محصول به روش مدل رشد فائو ۹۵/۸ تن در هکتار بود و روش منحنی تخمین درجه سوم با ضریب تبیین ۰/۸۷ و خطای استاندارد ۵/۳ تن در هکتار که از مدل رشد فائو برای پیش‌بینی عملکرد محصول استفاده نموده دارای دقت بالاتر و خطای کمتر از مدل رگرسیون استاندارد و گام به گام بود که فقط از اثر ویژگی‌های سرزمین بر عملکرد مشاهده شده استفاده نموده است.

واژگان کلیدی: نیشکر، برآورد عملکرد، شاخص خاک، مدل

مقدمه

درک شناخت عواملی که پیش بینی عملکرد منطقه‌ای محصول نیشکر را محدود کرده و روش های مدیریت را بهبود بخشد، امری ضروری است(سید جلالی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Azadi et al., 2023). برآورد تولید پتانسیل محصول در شرایط بهینه، دید مناسبی جهت رفع محدودیت‌های موجود و اتخاذ سیاستهای ایده‌آل برای بهبود متوسط عملکرد زارع فراهم می‌آورد. نیشکر از سطح دریا تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری کشت می‌شود ولی با کاهش دما، ارتفاع آستانه از سطح دریا کاهش می‌یابد. نیشکر از مهم‌ترین گیاهان قندی در جهان محسوب می‌شود. این گیاه پتانسیل تولید شکر با کیفیت بالا به مقدار زیاد در واحد سطح زمین را دارا است. کشت متداول نیشکر در ایران بیشتر در استان خوزستان با سطح زیر کشت تقریبی ۱۲۰ هزار هکتار و با عملکرد میانگین ۷۵ تن در هکتار است (FAO, ۲۰۱۷). برای تعیین میزان تقاضا برای مواد غذایی لازم است که بر عملکرد محصول در مناطق تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان

نظارت و کنترل شود. افزایش تقاضا برای مواد غذایی در سراسر جهان و منابع محدود در دسترس برای تولید، لزوم استفاده از ابزارهای جدید برای برآورد تولید محصول را می‌طلبد (Padilla et al., 2012). درک شناخت عواملی که پیش‌بینی عملکرد منطقه‌ای محصول را محدود می‌کند و روش‌های مدیریت را بهبود می‌بخشد امری ضروری است (Budong et al.,2009). برای پیش‌بینی عملکرد محصول قبل از برداشت، طیف وسیعی از تکنیک‌ها مانند برآوردهای چشمی، نمونه برداری با قالب و اندازه‌های مشخص، روش آنالوگ، مدل‌های شبیه سازی محصول، وفوست، کراپسیست، سنجش از دور و روش‌های رگرسیون وجود دارد که Ren و همکاران (۲۰۰۸) از یک مدل رگرسیون خطی برای پیش بینی عملکرد گندم زمستان در استان شاندونگ استفاده کردند. با توجه به موارد ذکر شده کشور ایران از این مسائل مستثنی نیست با توجه به خشک بودن ایران و جمعیت رو به افزایش کشور نیاز به مدلی که بتواند که ضمن پیش‌بینی عملکرد محصول به علل کاهش عملکرد نیز پی ببرد و بتوان عملکرد محصول در سطح را افزایش دهد احساس می-گردد. استفاده از مدل‌های شبیه سازی رشد محصول به عنوان یکی از اجزای مهم سیستم‌های یادگیری و تصمیم گیری کشاورزی رو به افزایش است (Park et al., 2005 ؛ آزادی و همکاران،. ۱۴۰۱). بنابراین پروژه حاضر با هدف تخمین پتانسیل تولید اراضی برای نیشکر با استفاده از تاثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد پتانسیل تولید و همچنین برآورد مدلی است که پتانسیل تولید نیشکر را با در نظر گرفتن شرایط محیطی از قبیل اقلیم، گیاه، خاک و زمین نما منطقه تخمین بزند.

مواد و روش‌ها

تخمین پتانسیل تولید نیشکر با در نظر گرفتن شرایط محیطی منطقه از قبیل اقلیم، گیاه، خاک و زمین نما طی مراحل زیر است. در مرحله اول تخمین پتانسیل تولید نیشکر با استفاده از مدل رشد فائو و در مرحله دوم تخمین پتانسیل تولید اراضی برای خاک‌های مختلف با استفاده از تأثیر محدودیت‌های خاک که بصورت شاخص خاک به روش پارامتریک محاسبه می‌گردد انجام می‌شود. یک مزیت مهم استفاده از این مدل ساده در این است که اجرای آن در منطقه با استفاده از اطلاعات در دسترس امکان پذیر است. بدین منظور ۴۵ پروفیل و مته در مزارع کشت و صنعت های جنوب استان خوزستان حفر و مورد مطالعه قرار گرفت. و پرسشنامه توصیف کاربری اراضی برای این نقاط برای تعیین میزان تولید واقعی و مدیریت کشت، تکمیل شد (Sys و همکاران، ۱۹۹۱). در انتخاب مزارع سعی شد که دامنه عملکردی مناسبی از کمترین عملکرد تا بیشترین آن در منطقه، لحاظ شود. برای محاسبه تولید زیست توده خالص و تولید پتانسیل از مدل فائو(روش AEZ) استفاده شد. در این مدل با استفاده از پتانسیل ژنتیکی محصول و ویژگیهای گیاهی آن با استفاده از داده‌های اقلیمی مانند تابش خورشیدی و درجه حرارت، مقدار تولید زیست توده محصول با استفاده از رابطه‌های ۱و۲ برآورد شد.

$$Bn = \frac{0.36 \times bgm \times KLAI}{\left(\frac{1}{L}\right) + 0.25 \times ct} \qquad (۱)$$

Bn: تولید کل خالص وزن زنده گیاه (kg/ha)، bgm: حداکثر کل ناخالص وزن زنده گیاه (kg/ha)،KLAI : فاکتور تصحیح شاخص سطح برگ برای میزان حداکثر تولید بیوماس زمانی شاخص سطح برگ دارای سطحی کمتر از ۵ متر

مربع در متر مربع باشد $LAI<5m^2.m^{-2}$. فائو (۱۹۷۹) یک رابطه ای بین نسبت میزان حداکثر رشد و LAI بوجود آورد نسبت میزان رشد حداکثر بعنوان فاکتور تصحیح (KLAI) در فرمول برای bgm و برای جبران کردن LAI در زمانی است که میزان تولید بیوماس ناخالص کمتر از $^{۲}m^{۲}/m^{۵}$ است بکار می رود. میزان شاخص سطح برگ در این تحقیق از FAO (۱۹۸۱) اقتباس گردید. L : تعداد روزهای بین کاشت و برداشت. ct : ضریب تنفس. ضریب تنفسی بستگی به متوسط دمای روزانه (از آنجایی که تنفس در هنگام روز و شب انجام می گیرد) و نوع عوامل مربوط به عملکرد دارد. اکر تولید عملکرد شامل تولید و حفظ قند یا نشاسته (غیر لگوم) باشد تنفس کمتر از شکل پیچیده تولید که شامل تولیدو حفظ پروتئین ها (لگوم) خواهد بود. که ضریب تنفس به شرح زیر تعیین می گردد.

$$ct = c30(0.044 + 0.0019t + 0.001t^2)$$

ct : ضریب تنفس، t : متوسط دمای روزانه ($^{\circ}C$)، c30 : برای غیر لگوم ها برابر ۰/۰۱۰۸ است،c30 : برای لگوم ها برابر ۰/۰۲۸۳ است. برای محاسبه پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی محصول از رابطه (۲) استفاده می‌شود:

$$RPP=Bn\times Hi \quad (۲)$$

RPP: پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی[۱](کیلوگرم در هکتار)، Bn: تولید کل وزن زنده خالص گیاه (کیلوگرم در هکتار)،Hi : شاخص برداشت است که در این تحقیق میزان شاخص برداشت از منابع FAO (۱۹۸۱) برابر ۰/۲۵گرفته شده است. برای ارزیابی اراضی، ویژگی‌های اراضی با نیازهای نیشکر تطبیق داده شد و شاخص خاک به روش پارامتریک از نوع ریشه دوم (رابطه ۳) تعیین گردید (Sys و همکاران،۱۹۹۱).

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots} \quad (۳)$$

که در این رابطه، I نشان دهنده شاخص خاک، R_{min} نشان دهنده کمترین درجه انتقال یافته به ویژگیهای خاک و A ، B و ...، نشان دهنده درجات مرتبط به سایر ویژگی‌های خاک است. برای تخمین پتانسیل تولید اراضی با استفاده از پتانسیل تولید آبی در مرحله اول و تأثیر محدودیت‌های خاک که به صورت شاخص خاک محاسبه شده از رابطه (۴) استفاده شده است. در این رابطه اثر کاهش عملکرد به علت محدودیت‌های آب و هوائی تابش خورشید، دما و خصوصیات خاک دیده شده و پتانسیل تولید اراضی برای نیشکر تخمین گردید.

$$LPP = \frac{RPP \times SI}{100} \quad (۴)$$

LPP: پتانسیل تولید اراضی، SI: شاخص خاک (این شاخص بر اساس روش پارامتری تعیین گردید). برای مقایسه عملکرد پیش‌بینی شده توسط مدل با عملکرد کشاورز، روش‌های آماری رگرسیون چندگانه استاندارد، رگرسیون گام به

[۱]Radiation-Thermal Production Potential

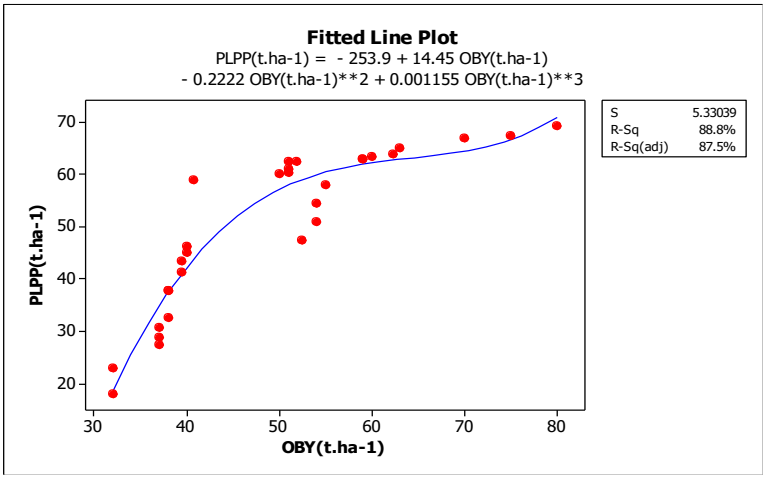
گام و رگرسیون منحنی تخمین استفاده شد. و برای ارزیابی مدل از معیار های ضریب تبیین (R^2)، ضریب تبیین تعدیل شده (R^2-adj) و خطای استاندارد (SE) استفاده گردید.

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر جهت ارزیابی ویژگی های اراضی برای محصول نیشکر از روش پارامتریک (ریشه دوم) استفاده شد که با توجه به نتایج حاصل شاخص بدست آمده به روش ریشه دوم از ۱۹ تا ۷۲ بدست آمد. نتایج حاصل از مرحله اول نشان می‌دهد که پتانسیل تولید نیشکر به روش مدل رشد فائو ۹۵/۸ تن در هکتار تخمین زده شد. پتانسیل تولید اراضی برای نیشکر با توجه به پتانسیل تولید حرارتی تابشی یا پتانسیل آبی و تأثیر عوامل محدود کننده در خاک که به صورت شاخص خاک محاسبه شده برای سطوح مختلف مدیریتی از ۱۸ تا ۶۹/۳ تن در هکتار برای روش ریشه دوم تخمین زده شد. و کاهش عملکرد به علت عوامل محدود کننده از قبیل محدودیت‌های بافت سنگین تا خیلی سنگین، آهک، زهکشی، شوری و قلیائیت و عدم مدیریت صحیح است. اراضی تحت کشت در خوزستان در اراضی پست با شیب ملایم کشت می‌شود و عملکرد ۱۰۴ تن در هکتار گزارش شده که با نتایج Armanto (۲۰۱۹) که عملکرد نیشکر در اراضی پست با شیب ملایم را تا ۱۰۵ تن در هکتار گزارش نموده مطابقت دارد. در مزارع تحت کشت نیشکر خوزستان با وجود تنوع در تغییرات خاک در بعضی موارد کود بصورت یکسان و یکنواخت مصرف می‌شود که خود موجب عدم مدیریت صحیح کشت و کاهش عملکرد می‌شود که با نتایج مطالعاتی Armanto (۲۰۱۹) که گزارش کرد که مدیریت یکنواخت در مزارع نیشکر بدون آگاهی از تغییرات خاک باعث می‌شود در بعضی از مزارع کود به مقدار زیاد و در بعضی کود به مقدار کم استفاده و موجب کاهش عملکرد شده مطابقت دارد. در کشت و صنعت های جنوب خوزستان بافت خاک سنگین و خیلی سنگین است و بافت خیلی سنگین و تراکم ایجاد شده در سطح خاک بعلت استفاده زیاد ماشین آلات کشاورزی در زمان کاشت و برداشت باعث کاهش عملکرد نیشکر گردیده است. Arshad و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که در مناطق تحت کشت نیشکر در دره هربرت استرالیا، بافت خاک می‌تواند بر عملکرد محصول مؤثر باشد در این منطقه بافت خاک سبک موجب ظرفیت قابل تبادل کاتیونی پایین و در نتیجه حاصلخیزی پایین گشته و عملکرد نیشکر را کاهش می‌دهد. در این تحقیق در شوری ۳/۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری آستانه ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد محصول نیشکر ۱۷/۵ تن در هکتار کاهش یافت. و عملکرد واقعی ۱۳/۲ تن نسبت به عملکرد پیش بینی شده کاهش نشان داد. که با نتایج Wiegand و همکاران (۱۹۹۶) مطابقت دارد.

شناخت رابطه بین عملکرد نیشکر و ویژگیهای خاک اهمیت زیادی دارد. نتایج در روش رگرسیون استاندارد و گام به گام نشان داد که به ترتیب ضریب تبیین ۰/۵۲ و ۰/۴۹ و خطای استاندارد برابر ۱۰/۱۳ و ۹/۷۷ تن در هکتار است. که نشان داد ویژگی‌های خاک به روش استاندارد تا ۵۲ درصد و به روش گام به گام تا ۴۹ درصد می‌تواند عملکرد را پیش بینی کند و خطای پیش‌بینی آنها به ترتیب ۱۰/۱۳ تن و ۹/۷۷ تن در هکتار است و در روش منحنی تخمین برای مدل خطی، درجه دو و سه، ضریب تبیین به ترتیب ۰/۸۵/۷۴، ۰/۸۷ و خطای استاندارد ۷/۸، ۵/۸ و ۵/۳ تن در هکتار است. که این نشان می‌دهد که منحنی درجه سوم نسبت به درجه یک و درجه دو دقت بالاتر و خطای تخمین پایین‌تری در پیش بینی عملکرد نیشکر دارد. بنابراین روش منحنی تخمین درجه سوم(شکل ۱)که از مدل تخمین

عملکرد برای پیش‌بینی محصول استفاده نموده دارای دقت بالاتر و خطای کمتر از مدل تاثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد دارد.



شکل ۴- رگرسیون منحنی تخمین مدل درجه سوم بین عملکرد پیش‌بینی شده و مشاهده شده

نتیجه‌گیری

استفاده از مدل رشد فائو به همراه شاخص خاک و مدیریت می‌تواند ابزار مناسبی برای پیش‌بینی عملکرد محصول باشد.. با توجه به نتایج رگرسیون منحنی تخمین مدل درجه سوم، برای عملکرد پیش‌بینی شده به روش پارامتریک از نوع ریشه دوم برای نیشکر با عملکرد مشاهده شده نیشکر با ضریب تشخیص (R^2) برابر۰/۸۷ نسبت به سایر روش‌ها دقت بالاتری را نشان داد. و می‌تواند با تخمین ۸۷ درصد عملکرد مشاهده شده را با خطای ۵/۳ تن در هکتار پیش‌بینی کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای پیش‌بینی عملکرد محصول استفاده از مدل رشد فائو با تلفیق شاخص‌های بدست آمده از روش ریشه دوم نسبت به استفاده از ویژگی های اراضی در اولویت قرار دارد. از طرفی چون شوری و قلیائیت خاک، از عوامل اصلی و موثر در کاهش عملکرد می‌باشد که اعمال مدیریت مناسب در این خصوص و انجام عملیات اصلاحی و آبشویی بسیار ضروری است. و با تهیه نقشه های تناسب اراضی برای مزارع نیشکر و شناخت عوامل محدود کننده تولید می‌تواند به اصلاح و مدیریت مناسب آنها کمک کند.

فهرست منابع

آزادی، ا.، بنی نعمه، ج.، سید جلالی، س. ع. (۱۴۰۱). مدلسازی پتانسیل تولید و ارزیابی کمی تناسب اراضی برای کشت گندم در برخی خاک‌های آهکی جنوب بهبهان. مدیریت اراضی، ۱۰(۲).۱۹۸-۱۷۷.

سید جلالی،س.ع.، سید علیرضا، س.ج.، رمضانعلی، د.، آزادی، ا.، زین الدینی میمند، ع.، علی، نویدی، میرناصر. و محمداسماعیل، ز. (۱۳۹۹). بررسی تأثیرعوامل خاکی بر رشد نیشکر در اراضی تحت کشت نیشکر در استانهای خوزستان و مازندران. پژوهش های خاک، ۳۴(۳)، ۳۵۷-۳۴۳.

Armanto, M. (2019). Soil Variability and Sugarcane (Saccharum officinarum L.) Biomass along Ultisol Toposequences. Journal of Ecological Engineering, 20(7).
Azadi, A., Jalali, S. A. S., & Navidi, M. N. (2023). Assessment of Land Suitability for Sugarcane Cultivation Using TOPSIS and Parametric Methods in Southwestern Iran. Eurasian Soil Science, 1-12.
Arshad, M., Li, N., Zhao, D., Sefton, M., & Triantafilis, J. (2019). Comparing management zone maps to address infertility and sodicity in sugarcane fields. Soil and Tillage Research, 193, ۱۲۲-۱۳۲.
Budong Q, Reinder De J, and G. Samuel. (2009). Multivariate analysis of water-related agroclimatic factors limiting spring wheat yields on the Canadian prairies. Europ. J. Agronomy 30, 140–150
FAO statistic. (2017). Available: http// faostat.fao.org/site/567/default.aspx.
FAO. (1981). Report on the Agro-ecological Zones Project. Vol. 3. Methodology and results for south snd central America. World Soil Resource Report Nº 48/3. FAO, Rome, 237 pp.
Padilla., F.L.M. ., Maas., S.J., Gonz M.P., lez-Dugo., F. Mansilla, N. Rajan, Gavil, P., and J. Donguez. (2012). Monitoring regional wheat yield in Southern Spain using the GRAMI model and satellite imagery. Field Crops Research 130, 145–154.
Ren, J. Q., Chen, Z. X., Zhou, Q. B., & , H. J, Tang. (2008). Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 10, 403−413.
Sys, C, E,Van Ranst. J. Debaveye. (1991). Land evaluation, Part I and II. GeneralAdmhnstration for development coopration ,Brussels.
Wiegand, C., Anderson, G., Lingle, S., Escobar, D., 1996. Soil salinity effects on crop growth and yield—illustration of an analysis and mapping methodology for sugarcane. J. Plant Physiol. 148, 418–424

Estimating the amount of net biomass and modeling the production potential of sugarcane in a part of the sugarcane lands of the Khuzestan

Abolfazl Azadi [*1] ,Seyed Alireza Seyed Jalali[2] and Mahnaz Eskandari[3]
[1]Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
[2]Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[1]Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

The objective of the current research was to estimate the sugarcane production potential of different sugarcane cultivation areas in Khuzestan province and to arrive at a model to estimate the sugarcane production potential by taking into account the climatic, plant, soil and topography features of the region. The method of this research is done in two hierarchies. In the first stage, estimation of sugarcane production potential using FAO growth model method and in the second stage, estimation of land production potential for sugarcane according to the effect of limiting factors in soil, as calculated with soil index with parametric method that reduced yield in first stage. Estimate. Regression by standard methods, stepwise and estimation curve were used to analyze the data. According to the obtained results, the production potential of the

product was 95.8 tons per hectare by the FAO growth model method and the third-order estimation curve method with an explanatory coefficient of 0.87 and a standard error of 5.3 tons per hectare from the FAO growth model for predicting crop yield. Used had higher accuracy and less error than the standard and step-by-step regression model that only used the effect of land characteristics on the observed performance.
Keywords: Sugarcane, yield estimation, soil index, model

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

نقشه‌برداری رقومی تغییرات شوری خاک در بخشی از اراضی جنوب شرق فارس

ابوالفضل آزادی[1*]، غلامرضا زارعیان[2]

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران a.azadi@areeo.ac.ir*

۲- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی مدل یادگیری ماشین جنگل تصادفی(RF) در پیش‌بینی مقدار شوری خاک(EC) در بخشی از اراضی دشت داراب در استان فارس انجام گرفت. به این منظور، نمونه برداری سطحی از ۲۰۵ نقطه با روش نمونه برداری منظم و با فواصل ۱۰۰۰ متر انجام شد. و پس از انجام آنالیزهای آزمایشگاهی، با استفاده از مدل جنگل‌های تصادفی و متغیرهای کمکی مستخرج از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و تصاویر ماهواره لندست ۸، نقشه شوری منطقه با مدل‌سازی تهیه شد. انتخاب مناسب ترین دسته داده از بین متغیرهای کمکی براساس الگوریتم بروتا صورت گرفت. در این مطالعه تعداد ۱۶۴ نمونه برای آموزش و ۴۱ نمونه برای اعتبارسنجی مستقل استفاده شدند. از بین متغیرهای کمکی استفاده شده پارامتر شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا بیشترین ارتباط را با تغییرات شوری داشتند. براساس نتایج صحت سنجی، مدل‌سازی شوری خاک با استفاده از الگوریتم جنگل‌های تصادفی توانست شوری خاک منطقه را با دقت بالایی (RMSE و MAE ، به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۷۱)پیش‌بینی کند.

واژگان کلیدی: متغیرهای محیطی، مدل جنگل تصادفی، شوری.

مقدمه

امروزه رشد روزافزون جمعیت، باعث نیاز بیشتر بشر به مواد غذایی، توسعه ناپایدار کشاورزی و تأثیرات سوء آن بر خاک شده است(Azadi et al., 2023). از عوارض زیست محیطی بهره‌برداری بیش از حد از زمین می‌توان به فرسایش خاک و کاهش آب جاری شیرین و در نتیجه افزایش شوری خاک در اثر مدیریت نادرست و استفاده از آبهای شور، اشاره نمود(قنبری و برقی، ۱۳۸۷). شوری یکی از قدیمی‌ترین مشکلات زیست محیطی و یکی از دلایل اصلی بیابانزایی است(مرشد و همکاران، ۲۰۱۶). شوری اولیه به‌وسیله توسعه نمکها از طریق فرآیندهای طبیعی شامل هوازدگی فیزیکی و شیمیایی، حمل مواد مادری، نهشته‌های زمین‌شناسی و آب زیرزمینی است. شوری ثانویه نیز به‌وسیله مداخلات انسانی عمدتا شامل آبیاری با آب شور یا دیگر عملیات آبیاری نامناسب تحت شرایط زهکشی ضعیف به‌وجود می‌آید(Trnka et al., 2013). بیش از یک سوم اراضی جهان تحت تاثیر شوری قرار دارند که رشد و عملکرد محصولات را

تهدید می‌کند و مانع از توسعه کشاورزی پایدار می‌شوند(Zhou et al, 2020). شوری خاک یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که به شدت بر تولیدات کشاورزی تاثیر می‌گذارد(Halima et al.,2019). با توجه به اینکه حدود ۹۰ درصد مساحت کشور ما در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار دارد و مساحت چشمگیری از آن تحت تأثیر املاح شوری قرار گرفته و این اراضی دارای پتانسیل تولید بالقوه هستند، اگر مدیریتی پایدار و اکولوژیک در آن برقرار نگردد، بر اثر تجمع نمک‌های محلول در سطح خاک، کاهش عملکرد و حاصلخیزی خاک صورت گرفته و خاک نفوذپذیری خود را از دست داده و فعالین موجودات زنده آن متوقف شده و خطر بیابانی شدن این اراضی را تهدید می‌کند (Mehrabi et al., 2009). بنابراین با توجه به مسئله شور شدن اراضی و با در نظر گرفتن این موضوع که این عرصه‌ها روز به روز توسعه می‌یابند، ارزیابی دقیق آنها برای تعیین روشهای مناسب مقابله با تخریب زمین، برای مدیریت بهتر خاک و محصول ضروری می باشد(خسروی و همکاران، ۱۴۰۰؛ آزادی و همکاران.۱۴۰۰). اطلاعات مکانی شوری خاکها در ایران صرفاً در حد مقیاس اجمالی (۱:۱۰۰۰۰۰۰)موجود است که با رویکردهای سنتی نقشه‌برداری خاک تهیه‌شده‌اند(Zeraatpisheh et al., 2020). که نقشه موجود به دلیل محدودیت‌هایی از قبیل فاقد جزئیات و دقت مکانی کافی و لازم برای مطالعات در مقیاس‌های زمین‌نما مناسب نمی‌باشد (El Hafyani et al. 2019). به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های موجود در روش‌های معمول، در دهه‌های اخیر رویکرد نقشه‌برداری رقومی خاک(DSM) به عنوان یک تحول نوین در فرآیند نقشه‌برداری خاک ارائه گردید. نقشه -برداری رقومی خاک بر مبنای روش‌های آماری ریاضیاتی، ارتباط بین ویژگی‌های خاک و متغیرهای کمکی محیطی که همان نمایندگان فاکتورهای خاکسازی می‌باشند را برقرار می‌نماید(McBratney et al. 2003). بنابراین با توجه نبود اطلاعات در رابطه با خصوصیات شوری و بویژه با رویکردهای نقشه برداری نوین و همچنین اهمیت شوری خاک به عنوان یک ویژگی پویا و تأثیرگذار بر روی قابلیت و تناسب اراضی، تحقیق حاضر بر اساس در مدلسازی مکانی شوری خاک با مدل جنگل تصادفی در بخشی از اراضی دشت داراب استان فارس طراحی گردیده است.

مواد و روش‌ها

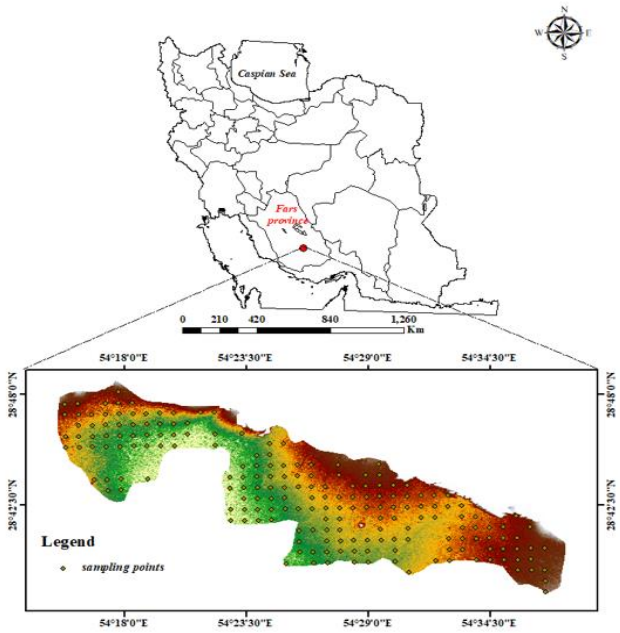
منطقه مورد مطالعه شهرستان داراب در جنوب شرق استان فارس و در محدوده عرض جغرافیایی ۲۳۰۱۶۷ تا ۲۶۸۷۰۵ متر شمالی و طول جغرافیایی ۳۱۷۰۱۰۹ تا ۳۱۸۹۲۴۱ متر شرقی استقرار دارد، در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان فارس و ایران نشان داده شده است. با استفاده از روش نمونه‌برداری منظم با فاصله ۱۰۰۰ متر تعداد ۲۰۵ نقطه نمونه‌برداری انتخاب و نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری انجام شد (شکل ۱). و جهت آنالیزهای مورد نیاز به آزمایشگاه ارسال گردید.

متغیرهای محیطی کمکی و اهمیت آنها

در این مطالعه، بر اساس مفاهیم روش اسکورپن(McBratney et al., 2003) ، از داده‌های سنجش ازدور(RS) و مدل رقومی ارتفاع(DEM) و متغیرهای مستخرج از آن به‌عنوان متغیرهای محیطی در پیش‌بینی شوری خاک استفاده شد. داده‌های سنجش ازدور با استفاده از سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ به دست آمدند. که متغیرهای محیطی استفاده

شده در این مطالعه شامل باند تصاویر (باندهای مرئی (باند ۲، ۳ و ۴)، مادون قرمز نزدیک (باند ۵)، مادون قرمز کوتاه (باند ۶ و ۷)، شاخص‌های مستخرج از تصاویر از قبیل شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، شاخص نسبت پوشش گیاهی و متغیرهای مستخرج از DEM از قبیل شیب، ارتفاع، شاخص خیسی با تفکیک مکانی ۳۰ ×۳۰ متر می‌باشند.

مدل جنگل تصادفی در این مطالعه الگوریتم یادگیری جنگل تصادفی(Random Forest) در مرحله داده‌کاوی و مدل‌سازی و برآورد شوری خاک با توجه به متغیرهای کمکی استفاده شد. مدل RF یک الگوریتم ماشین یادگیری ناپارامتری است. این الگوریتم می‌تواند روابط پیچیده خاک و متغیرهای محیطی را به‌خوبی تعیین کند(Hengl et al., ۲۰۱۵; Nussbaum et al., 2018).



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

در این مدل درختان در چندین طبقه دسته‌بندی می‌شوند و همه دسته‌ها در حداکثر اندازه خود رشد می‌کنند. هر درخت بر اساس زیرمجموعه‌ای تصادفی از داده‌ها آموزش داده می‌شوند. به‌عبارت دیگر در این مدل از تمام داده‌های موجود برای بررسی دقت مدل استفاده می‌شود. در این مطالعه از الگوریتم مدل جنگل تصادفی آموزش دیده با متغیرهای محیطی، برای هر مدلسازی شوری خاک استفاده شد .کلیه مراحل مدلسازی در محیط نرم افزار R studio ۱،۰،۱۳۶ انجام و سرانجام نقشه شوری خاک در عمق سطحی ۳۰-۰ سانتی‌متر تهیه شد.

ارزیابی عملکرد مدل RF

برای ارزیابی عملکرد مدل جنگل تصادفی از آمارههای ریشه دوم میانگین مربعات خطا(RMSE) و میانگین خطای مطلق(MAE) استفاده گردید که روابط ریاضی آنها به شکل زیر می باشد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}}$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|P_i - O_i|$$

Piو Oi به ترتیب مقادیر مشاهداتی و تخمین زده شده و n تعداد داده‌ها است.

نتایج و بحث

افزایش فشارهای ناشی از کشاورزی منجر به شورشدن منابع خاک و آب شده است. استفاده از روشهای نقشه برداری رقومی خاک برای شناسایی مناطق تحت تاثیر شوری اساس مطالعه‌ای در جنوب شرق استان فارس است. بر اساس نتایج مطالعه درمجموع ۲۴ متغیر محیطی، ۱۰ متغیر کمکی که دارای بیشترین میزان اهمیت بودند بر اساس روش الگوریتم بروتا انتخاب گردیدند. ۱۶۴ نمونه برای آموزش و ۴۱ نمونه برای اعتبارسنجی مستقل مدل استفاده شدند. در پیش بینی شوری خاک توسط مدل جنگل تصادفی در این مطالعه، کمترین مقدار میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق ، به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۷۱ بود که با تعداد ۱۰۰۰ درخت و ۲ کوواریت در هر گره به‌دست آمد. بر اساس شکل ۲ نتایج بیانگر آن است که متغیرهای محیطی حاصل از داده های سنجش از دور، سهم بیشتری را ازنظر فراوانی نسبت به سایر نمایندگان فاکتورهای خاکسازی به خود اختصاص دادند. که متغیر MrVBF به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر روی تغییرات شوری در منطقه مورد مطالعه می باشد.

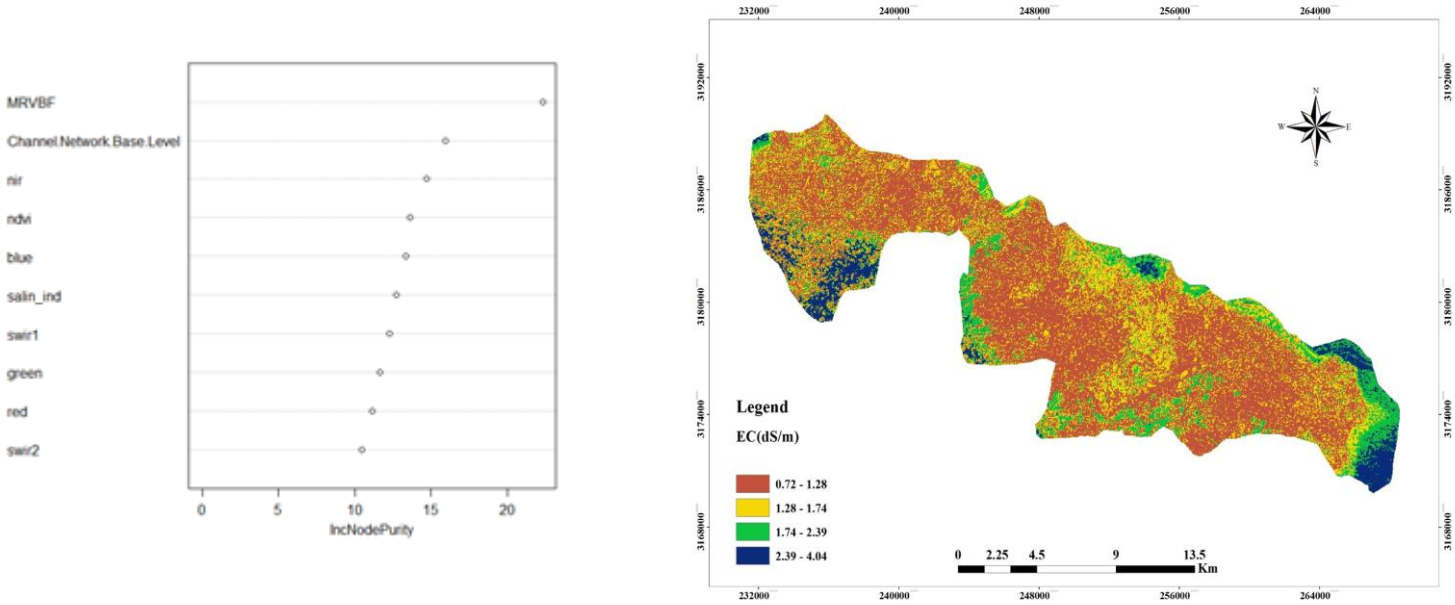
Mohammadifar و همکاران (۲۰۲۱) نیز در مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی شوری خاک در حوضه جاهین در جنوب ایران، متغیر MrVBF را به عنوان یکی از مهمترین کنترل‌کننده‌های شوری خاک مشاهده و گزارش نمودند.

در همین راستا Naumann و همکاران (۲۰۰۹) و Noroozi و همکاران (۲۰۱۱) به مدلسازی و پهنه بندی شوری خاک سطحی پرداختند و بیان داشتند که شاخص‌های طیفی از قبیل شاخص شوری(SI) شاخص تفاضل شوری نرمال شده خاک(NDSI) و NDVI از پتانسیل بالائی در ارتقاء و تفکیک تغییرات شوری خاک با جزئیات بالا برخوردار هستند.

در مطالعات دیگری Taghizadeh و همکاران (۲۰۱۴) در دشت اردکان نتیجه گرفتند که پارامترهای حاصل از سنجش ازدور دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر فاکتورهای خاکسازی (ژئومورفولوژی، توپوگرافی و هدایت الکتریکی ظاهری خاک) در پیش‌بینی مکانی شوری خاک در افق‌های سطحی می‌باشند. نتایج تحلیل آماری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در محدوده مطالعاتی نشان داد که میانگین شوری خاک در اراضی مورد مطالعه ۱/۳۰ دسی زیمنس بر متر با حداقل شوری ۰/۳۵ و حداکثر ۶/۲۴ دسی زیمنس بر متر بود که مقایسه نتایج این مطالعه با نتایج سالهای گذشته نشان می‌دهد اگر چه اراضی مورد مطالعه در حال حاضر از لحاظ شوری مشکلی ندارند اما اگر به خوبی مدیریت نشود در آینده ای نه نچندان دور امکان از دست رفتن اراضی و شور شدن آنها دور از انتظار نخواهد بود.

به‌طورکلی روند کلی تغییرات شوری بر اساس نقشه پهنه‌بندی تهیه‌شده(شکل ۲) در خاک سطحی منطقه به ویژه در بخش‌های جنوب شرق و غرب منطقه است که این نتایج با بازدیدهای میدانی و همچنین مهمترین متغیرهای محیطی پیش‌بینی کننده شوری خاک همخوانی دارد. که از عوامل روند رو به رشد شوری خاک در منطقه را می توان به را فاکتورهای پارامترهای اقلیمی مانند خشکسالی‌های پی‌درپی و پیرو آن وجود مواد مادری با منشأ نمکی، بافت خاک و

نبود آبیاری سطحی و زهکشی اشاره داشت که Taghizadeh و همکاران(۲۰۲۱)، در مطالعه خود به نتیجه مشابهی اشاره کرده‌اند. لذا نتایج مدلسازی با روش جنگل تصادفی نیز نشان داد که روش جنگل تصادفی به نسبت روش کارایی در تهیه نقشه شوری در منطقه مورد مطالعه بود و با بررسی های میدانی نیز تطابق نقشه حاصل از مدلسازی با واقعیت های محیطی نیز کارایی روش مدلسازی را تایید نمود. همچنین اگر مدل جنگل تصادفی با متغیرهای محیطی مناسب آموزش داده شود، می‌تواند آن را به عنوان یکی از مؤثرترین الگوریتم‌های داده‌کاوی در نقشه‌برداری رقومی خاک دانست. و به عبارتی در صورت استفاده از سایر متغیرهای کمکی مانند باندهای مختلف تصاویر ماهواره و ترکیب آنها که در این مطالعه استفاده نشده است روش جنگل تصادفی می‌تواند نقشه تولیدی را بهبود بخشد.



شکل ۲ -نقشه پیش‌بینی و مقادیر اهمیت متغیرهای محیطی برای مقادیر شوری خاک

نتیجه‌گیری

مقدار سنجه‌های ارزیابی عملکرد مدل نشان داد که جنگل تصادفی توانست با به‌کارگیری کوواریت‌های محیطی، میزان شوری خاک را با صحت مکانی قابل قبولی پیش‌بینی کند. از موثرترین کوواریت در منطقه می‌توان به متغیر MrVBF اشاره نمود. ضمنا مطابق با نتایج بدست آمده نقشه پیش‌بینی‌شده به روش جنگل تصادفی با الگوی پراکنش شوری در سطح منطقه که هنگام مطالعات صحرایی دیده شد، هماهنگی بالایی را نشان داد.

فهرست منابع

آزادی، ا.، بنی نعمه، ج. و سید جلالی.، س.ع. (۱۴۰۰). ارزیابی تناسب سرزمین برای کشت گندم در برخی خاک های شور جنوب استان خوزستان .*پژوهش های خاک*، ۳۵(۳)، ۲۳۴-۲۱۷.

خسروی، م .، ذوالفقاری، ع.ا .، کابلی، س.ح و غفاری، ح. ۱۴۰۰.پهنه بندی شوری خاک با استفاده از نقشه برداری رقومی خاک مطالعه موردی (حوضه دامغانرود)،اولین همایش بین المللی و هشتمین همایش ملی مرتعداری

Aghizadeh-Mehrjardi, R., Schmidt, K., Toomanian, N., Heung, B., Behrens, T., Mosavi, A., ... & Scholten, T. (2021). Improving the spatial prediction of soil salinity in arid regions using wavelet transformation and support vector regression models. Geoderma, 383, 114793.

Azadi, A., Jalali, S. A. S., & Navidi, M. N. (2023). Assessment of Land Suitability for Sugarcane Cultivation Using TOPSIS and Parametric Methods in Southwestern Iran. *Eurasian Soil Science*, 1-12.

El Hafyani, M., Essahlaoui, A., El Baghdadi, M., Teodoro, A. C., Mohajane, M., El Hmaidi, A., & El Ouali, A. (2019). Modeling and mapping of soil salinity in Tafilalet plain (Morocco). Arabian journal of geosciences, 12(2).

Ghanbari E and Barghi H. 2008. Key challenges in sustainable agriculture development in Iran. Development strategy 16(1): 218-234

Halima, O.I., Azzouzi, M.E., Douaik, A., Azim, K., & Zouahri, A. (2019). Organic and inorganic remediation of soils affected by salinity in the Sebkha of Sed El Mesjoune–Marrakech (Morocco). Soil and Tillage Research, 193, 153-160.

Hengl, T., Heuvelink, G.B., Kempen, B., Leenaars, J.G., Walsh, M.G., Shepherd, K.D., Sila, A., MacMillan, R.A., de Jesus, J.M., Tamene, L. and Tondoh, J.E. (2015). Mapping soil properties of Africa at 250 m resolution: random forests significantly improve current predictions. PLoS ONE 10, e0125814.

McBratney, A. B., Mendonça Santos, M. L., & Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. Geoderma, 117, 3–52.

Mehrabi, A., Javadi, S. A. and Shahidi Hamedani, Kh. 2009. Evaluation of land use effects in Gomishan plain (based on soil characteristics). Environ. Sci. Technol., 16(93).

Mohammadifar, A., Gholami, H., Golzari, S., & Collins, A. L. (2021). Spatial modelling of soil salinity: deep or shallow learning models? Environmental Science and Pollution Research, 1-19.

Morshed M, Islam T and Jamil R. 2016. Soil salinity detection from satellite image analysis: an integrated approach of salinity indices and field data. Environmental Monitoring and Assessment 188: 119.

Naumann, J. C., Young, D. R., & Anderson, J. E. (2009). Spatial variations in salinity stress across a coastal landscape using vegetation indices derived from hyperspectral imagery. Plant Ecology, 202(2), 285-297.

Noroozi, A. A., Homaee, M., & ABBASI, F. (2011). Integrated application of remote sensing and spatial statistical models to the identification of soil salinity: A case study from Garmsar Plain, Iran. Journal of Environmental Sciences. (In Farsi).

Nussbaum, M., Spiess, K., Baltensweiler, A., Grob, U., Keller, A., Greiner, L., Schaepman, M.E. and Papritz, A. (2018). Evaluation of digital soil mapping approaches with large sets of environmental covariates. Soil, 4 (1), 1–22.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., Sarmadian, F., & Malone, B. P. (2014). Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran. Geoderma, 213, 15-28.

Trnka M, Kersebaum KC, Eitzinger J, Hayes M, Hlavinka P, Svoboda M, Dubrovsky M, Semeradova D, Wardlow B, Pokorny E, Mozny M, Wilhite D and Zalud Z. 2013. Consequences of

climate change for the soil climate in central Europe and the central plains of the United States. Climate Change 120: 405- 418.
Zeraatpisheh, M., Jafari, A., Bodaghabadi, M. B., Ayoubi, S., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Toomanian, N., ... & Xu, M. (2020). Conventional and digital soil mapping in Iran: Past, present, and future. Catena, 188, 104424.
Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J.K., & Shabala, S. (2020). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. The Innovation 1(1): 100017.

Digital mapping of soil salinity changes in a part of the southeastern lands of Fars province

Abolfazl Azadi [*1] and Gholamreza Zareian[2]
[1]Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
[2]Assistant Prof., Fars Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Zarghan, Iran

Abstract

The present study was conducted with the aim of investigating the efficiency of the Random Forest (RF) machine learning model in predicting soil salinity (EC) in a part of Darab plain lands in Fars province. For this purpose, surface sampling was done from 205 points with regular sampling method and with 1000 meters intervals. And after conducting laboratory analyses, using the RF model and auxiliary variables extracted from the digital elevation model with spatial resolution of 30 meters and Landsat 8 satellite images, the salinity map of the region was prepared by modeling. The selection of the most suitable data category among auxiliary variables was made based on the Boruta algorithm. 164 samples were used for training and 41 samples were used for independent validation. Among the covariates used, the Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness(MrVBF) had the highest correlation with salinity changes. Also, based on the validation results, soil salinity modeling using RF algorithm was able to predict the soil salinity of the region with high accuracy (RMSE and MAE, 0.07 and ۰,۷۱, respectively).

.**Keywords:** Environmental variables, Random forest model, Salinity

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی سمیت اکرولئین در کرم‌های خاکی

مهران عربی *، زهرا صمدزاده قهفرخی

گروه علوم جانوری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

* mehranarabi123@gmail.com

چکیده

اکرولئین (Acrolein)، به عنوان یک آلاینده زیست‌محیطی، از مسیر پراکسیداسیون لیپیدی (LPO) در غشاهای زیستی، دود خودروها، آتش سوزی جنگل، دود سیگار، گوشت کباب‌شده و غیره تولید و در نهایت به محیط زیست اطراف وارد می‌گردد. در خاک، کرم‌های خاکی نقش مهمی در بازیافت مواد آلی و حاصلخیزی خاک دارند. در مطالعه حاضر تغییرات بیوشیمیایی ناشی از سمیت اکرولئین در کرم‌های خاکی مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا، غلظت-های کم از اکرولئین یعنی ۰/۲۵، ۱ و ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم با خاک طبیعی مخلوط و در شرایط استاندارد به آنان کرم‌های خاکی افزوده شد. پس از تیمار ۱۴روزه، در عصاره کل بدن (هوموژنیت) کرم‌ها تغییرات میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژنی (ROS)، محتوی LPO، و فعالیت سلولاز (آنزیم گوارشی) تحت تیمار اکرولئین سنجیده شدند. نتایج ما نشان داد که اکرولئین از یک سو موجب افزایش میزان ROS و LPO شده و از سوی دیگر فعالیت سلولاز را کاهش داده است. این تغییرات نشانگر القای استرس اکسیداتیو در بدن کرم‌ها بوده که در طی آن با هجوم ROS به بافت‌ها، تغییرات بیوشیمیایی شامل گسترش LPO و مهار سلولاز (کاهش تجزیه سلولز به عنوان منبع انرژی در روده کرم خاکی) پدیدار شده‌اند.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، اکرولئین، کرم خاکی، آسیب اکسیداتیو، آنزیم گوارشی.

مقدمه

در میان آلاینده‌های زیست‌محیطی، اکرولئین (Acrolein) به عنوان یک آلدیید غیراشباع از منابعی نظیر روند پراکسیداسیون لیپیدها (LPO) در غشاهای زیستی، تاثیر داروهای ضدسرطان، متابولیسم پلی‌آمین‌ها، دود خودروها، آتش سوزی جنگل، دود سیگار، غذاهای فرآوری شده، نوشیدنی‌های الکلی، گوشت کباب شده و غیره تولید و پس از ورود به محیط‌زیست اطراف در انتها به بدن جانداران وارد می‌گردد (Moghe et al., 2015). اکرولئین در حرارت زیاد از اسیدهای امینه، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها در طی فرایندی موسوم به واکنش Millard، سنتز و جدا می‌گردد. این ترکیب سمی به میزان ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم غذاهای حرارت دیده از مسیر روده باریک جذب بدن انسان می‌شود (Abraham et al., 2011).

اکرولئین به عنوان یک علف‌کش (Herbicide) به منظور کنترول رشد جلبک‌ها و گیاهان آبزی کاربرد دارد. این ترکیب در آب حلالیت زیادی دارد و به راحتی به منابع آب زیرزمینی و نیز خاک نفوذ می‌کند. اکرولئین با تغییر در

ماهیت پروتیین‌ها و ایجاد ختلال در مسیرهای سیگنال‌رسانی اثرات منفی خود را در سلول به عنوان یک سم سلولی بر جای می‌گذارد (Lewis et al., 2016). مصرف مشروبات الکلی باعث تجمع اکرولئین در کبد شده که نتیجه آن تخریب هپاتوسیت‌ها و القای کبد چرب است (Chen et al., 2016). اکرولئین با ایجاد پل‌های عرضی بین پپتیدها و نیز بین پروتیین‌ها با DNA (اثر موتاژنیک) سبب تغییر ماهیت و غیرفعال شدن این ماکرومولکول‌ها می‌شود (LoPachin et al., 2009). ورود اکرولئین به بدن انسان موجب افزایش آسیب‌های بافتی در موارد پاتولوژیک نظیر سکته‌های مغزی، بیماری‌های کلیوی، پارکینسون، نفروپاتی دیابتی و آسیب‌های نخاعی می‌گردد. علاوه بر این، مشخص نموده که اکرولئین با اتصال به اسید آمینه‌هایی مثل هیستیدین، لیزین و سیستئین، موجبات تغییر ماهیت پپتیدهای مربوط به آنان را فراهم می‌کند (Kashiwagi and Igarashi, 2023).

در میان جانوران خاکزی، کرم‌های خاکی (Earthworms) از بی‌مهرگان ساپروزوییک، نقش مهمی در تقویت حاصلخیزی خاک دارند. در بیشتر موارد در زمان حضور آلاینده‌ها در خاک، کرم‌های خاکی نیز به صورت تصادفی دچار آسیب شده و لذا به عنوان موجودات زنده غیرهدف (Non-target) در مبحث آلایندگی‌های محیطی در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به نقش مهمی که کرم‌های خاکی در تجزیه مواد آلی و باروری خاک دارند' هر گونه آسیب به بدن آنان موجب تضعیف ساختار خاک و قطع زنجیره‌های غذایی در اکوسیستم خاک می‌شود (Sheppard et al., ۱۹۹۸).

با توجه به موارد بالا و این که تاکنون هیچ داده معتبر علمی در ارتباط با مکانیسم تاثیر سمیت اکرولئین در کرم‌های خاکی در منابع مختلف موجود نمی‌باشد، لذا در مطالعه حاضر از کرم‌های خاکی قرمز کالیفرنیایی (*Eisenia fetida*) به عنوان مدل جانوری در بررسی تغییرات بیوشیمیایی القا شده توسط سمیت اکرولئین استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

۱- طرح آزمایش: کرم‌های خاکی (*Eisenia fetida*) در شرایط: رطوبت ۷۰-۶۰ درصد، دمای اتاق و دوره نور- تاریکی ۱۲-۱۲ ساعت برای یک هفته جهت سازش با شرایط محیط نگهداری شدند. در ادامه، کرم‌ها به گروه‌های شاهد منفی (بدون تیمار) و تجربی (تیمار شده با غلظت‌های ۰/۲۵ ، ۱ و ۴ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک خشک از اکرولئین) تقسیم-بندی شدند (با ۳۰ نخ کرم در هر گروه و سه تکرار مستقل). کرم ها به مدت ۱۴ روز در نمونه‌های خاک طبیعی (Natural soil) با تیمارهای اکرولئین قرار داده شدند. در انتها، از کرم‌ها پس از خرد و هموژن شدن (به کمک قیچی و اولتراسوند)، عصاره کل بدن (هموژنیت) تهیه شد. برای ماندگاری بیشتر به هموژنیت‌ها PMSF اضافه و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در شروع آزمایشات، هموژنیت‌ها سانتریفیوژ شدند تا سوپرناتنت (Supernatant) آنان جدا شود.

۲- سنجش تغییر در میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژنی (ROS): به طور خلاصه، سوپرناتنت کرم‌ها برای بار دوم سانتریفیوژ (۴ درجه، ۲۰ دقیقه، ۲۰۰۰۰ ×g) گردید. میزان تغییرات ROS به کمک اسپکتروفوتومتر فلوئورسنت با

پارامترهای تعیین شده شامل: excitation wavelength of 488 nm, emission wavelength of 522 nm سنجیده شد (Zhang et al., 2018).

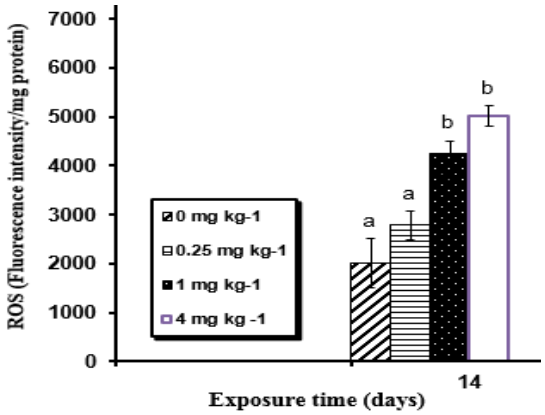
۳- سنجش تغییرات پراکسیداسیون لیپیدی (LPO/MDA): میزان تغییرات تولید مالون‌دی‌آلدیید (MDA) (محصول فرعی LPO) با سنجش TBARS در سوپرناتنت کرم ها به انجام رسید. پس از افزودن TCA ۱۰ درصد به سوپرناتنت و سانتریفیوژ (g× ۵۰۰۰ برای ۱۰ دقیقه) به مایع رویی حاصله محلول TBA اضافه شد و در انتها میزان جذب نوری MDA در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری و ثبت گردید (Buege and Aust, 1978).

۴- سنجش تغییرات فعالیت سلولاز (Cellulase): از آنزیم‌های روده‌ای در کرم خاکی است. سوپرناتانت به محلول سلولز/بافر فسفاته اضافه و برای ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه انکوبه گردید. به این مخلوط محلول ۳و ۵- دی نیترو اسید-سالیسیلیک (DNS) را اضافه نمودیم (۱۵ دقیقه در آب جوش) تا رنگ قرمز آجری حاصل گردید. میزان تغییرات جذب نوری محلول قرمز در طول موج ۵۵۰ نانومتر ثبت گردید. سنتز ترکیبات آمینو به کمک قدرت احیاکنندگی سلولز بر DNS رنگ قرمز را تولید نمود (Mishra and Dash, 1980).

۵- آنالیز آماری: جهت مقایسه نتایج (میانگین± انحراف استاندارد) در بین گروه‌ها از روش One way-ANOVA و پس‌آزمون Tukey's HSD استفاده شد. در آنالیز از نرم افزار SPSS با سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ استفاده گردید.

نتایج و بحث

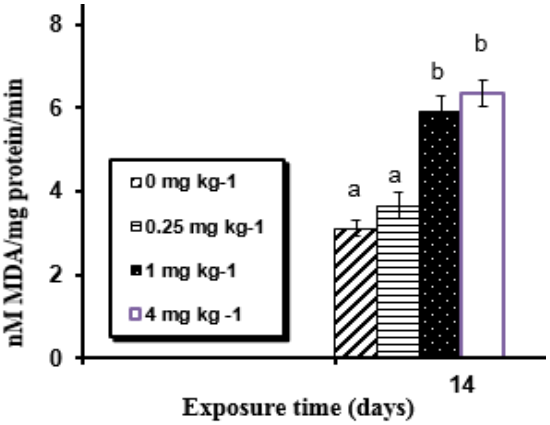
نتایج این مطالعه از جمله اولین داده‌های مرتبط با تاثیر سمیت اکرولئین در کرم‌های خاکی است و لذا مقالات مرتبط قبلی جهت مقایسه با نتایج مطالعه حاضر در دسترس نمی‌باشند. نتایج ما نشان داد که اکرولئین به صورت وابسته به غلظت موجب افزایش میزان ROS در بدن کرم‌های خاکی شده است (شکل ۱).



شکل ۱- تاثیر اکرولئین بر میزان تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژنی (ROS) در کرم‌های خاکی

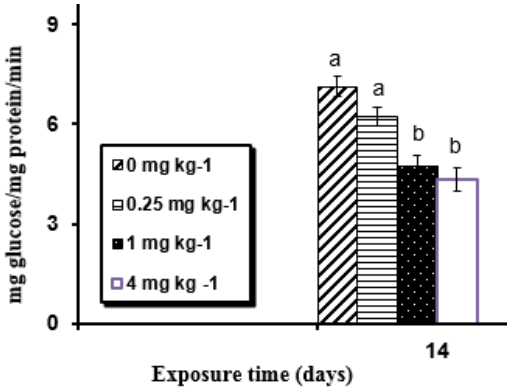
از آن جایی ROS در القای استرس اکسیداتیو نقش شروع‌کننده (استارتر) دارد لذا اکرولئین از این طریق موجب بروز آسیب‌های اکسیداتیو در بدن کرم‌ها می‌شود. در تایید این نتیجه مشخص شده که اکرولئین با افزایش ROS و نیز با فعال‌سازی مسیر DAF-16/FOXO، موجب القای استرس اکسیداتیو و تسریع روند پیری در کرم *C. elegans* شده است (Hong et al., 2022). در همین راستا تیمار با اکرولئین (۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم)، موجب القای استرس اکسیداتیو در کبد و مغز موش‌های رت شده است (da Silva Bittencourt et al., 2020).

در مطالعه حاضر به موازات افزایش غلظت اکرولئین، محتوی LPO/MDA نیز افزایش یافته است (شکل ۲). افزایش غیرطبیعی سنتز ROS همراه با با کاهش توان آنتی‌اکسیدانی به سرعت موجب گسترش LPO در بافت‌ها می‌گردد. از آن جایی که افزایش ROS و LPO از جمله بیومارکرهای القای استرس اکسیداتیو هستند لذا می‌توان اظهار نمود که مکانیسم اصلی سمیت اکرولئین در کرم‌های خاکی پیشبرد این استرس بوده که منجر به بروز اختلالات عملکردی و ساختاری (آسیب‌های اکسیداتیو) در جانوران مورد شده است.



شکل ۲- تاثیر اکرولئین بر محتوی پراکسیداسیون لیپیدها (LPO/MDA) در کرم‌های خاکی

هم‌چنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سمیت اکرولئین موجب کاهش فعالیت سلولاز به عنوان یک آنزیم روده‌ای در تجزیه منابع قندی (سلولز) در بدن کرم‌های خاکی مورد آزمایش شده است (شکل ۳). کاهش در فعالیت سلولاز، با افزایش غلظت اکرولئین رابطه مستقیم داشته است ($r = 0.91, p<0.01$). سلولاز علاوه بر نقشی که در گوارش جانوران دارد، در صنایع مختلفی نظیر: تولید کاغذ، پودرهای لباس‌شویی و تولید انواع آب‌میوه مورد استفاده دارد. بر اساس نتایج دیگر مشخص گردیده که فعالیت سلولازی در ترشحات پوشش روده و نیز ترشحات باکتری‌های گرم منفی مقیم روده کرم‌های خاکی، قابل ردیابی بوده و به منظور استفاده از منابع غذایی سلولزی برای تامین انرژی روزانه کاربرد دارد (Kamalzaeia et al., 2018). کاهش فعالیت سلولاز می‌تواند موجب سوء تغذیه در کرم‌های خاکی گردد زیرا این جانوران از داشتن سلولز محروم شده که نتیجه آن کمبود منابع انرژی جهت فعالیت است.



شکل ۱- تاثیر اکرولئین بر فعالیت سلولاز در کرم‌های خاکی

نتیجه‌گیری

داده‌های این مطالعه نشان می‌دهند که مکانیسم سمیت اکرولئین در بدن کرم‌های خاکی القای استرس اکسیداتیو و بروز آسیب‌های اکسیداتیو مربوطه در بدن این جانوران مفید در خاک است.

منابع

Abraham, K., Andres, S., Palavinskas, R., Berg, K., Appel, K.E., Lampen, A. (2011). Toxicology and risk assessment of acrolein in food. Molecular Nutrition and Food Research, 55: ۱۲۷۷-۱۲۹۰.

Buege, J.A., Aust, S.D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. Methods in Enzymology, 52: 302-310.

Chen, W.Y., Zhang, J., Ghare, S., Barve, S., McClain, C., Joshi-Barve, S. (2016). Acrolein is a pathogenic mediator of alcoholic liver disease and the scavenger hydralazine is protective in mice. Cellular and Molecular Gastroenterology Hepatology 2: 685-700.

da Silva Bittencourt, L., Schnorre, C.E., Santos, D.C., Rostirolla, D.C., Moresco, K.S., Ozório, P., Mingori, M.R., Heinfarth, L., Gelain, D.P., Moreira, J.C.F. (2020). Chronic acrolein exposure in Wistar rats: The effects of guarana extracts. Journal Functional Foods, 65: 103733.

Hong, J., Song, Y., Xie, J., Xie, J., Chen, Y., Li, P., Liu, D., Hu, X., Yu, Q. (2022). Acrolein promotes aging and oxidative stress via the stress response factor DAF-16/FOXO in *Caenorhabditis elegans*. Foods, 11: 1590.

Kamalzaei, N., Arabi, M., Hemmati, R. (2018). A Novel Cellulase from the Earthworm *Allolobophora Chlorotica*. Biomacromolecular Journal, 4(1): 7-15.

Kashiwagi, K., Igarashi, K. (2023). Molecular characteristics of toxicity of acrolein produced from spermine. Biomolecules, 13: 298.

Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D., Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessments, 22(4): 1050-1064.
LoPachin, R.M., Gavin, T., Petersen, D.R., Barber, D.S. (2009). Molecular mechanisms of 4-hydroxy-2-nonenal and acrolein toxicity: nucleophilic targets and adduct formation. Chemical Research and Toxicology, 22: 1499-1508.
Mishra, P.C., Dash, M.C. (1980). Digestive enzymes of some earthworms. Experientia, 36 (10): 1156-7.
Moghe, A., Ghare, S., Lamoreau, B., Mohammad, M, Barve, S., McClain, C., Joshi-Barve, S. (2015). Molecular mechanisms of acrolein toxicity: relevance to human disease. Toxicological Sciences, 143 (2): 242-255.
Sheppard, S., Bembridge, J., Holmstrup, M., Posthuma, L. (1998). Advances in earthworm ecotoxicology. SEATAC Press, Amsterdam.
Zhang, C., Zhou, T., Wang, J., Zhang, S., Zhu, L., Du, Z., Wang, J. (2018). Acute and chronic toxic effects of fluoxastrobin on zebrafish (*Danio rerio*). Science of the Total Environment, 610-611: 769-775.

Evaluation of acrolein toxicity in earthworms

Mehran Arabi *, Zahra Samadzadeh Ghahfarokhi
Dept. of Animal Sciences, Faculty of Basic Sciences, Shahrekord Univ., Shahrekord
* mehranarabi123@gmail.com

Abstract

Acrolein, as an environmental pollutant, is produced through lipid peroxidation (LPO) in the biomembranes, vehicle exhaust, forest firing, smoking, fried meat, etc., and finally released into the surrounding environment. In soil, earthworms play an important role in recycling of organic materials and soil fertility. In the current study, acrolein-induced biochemical changes in earthworms were evaluated. First, low concentrations of acrolein namely 0.25, 1 and 4 mg/kg mixed with natural soil and then earthworms were added under the standard conditions. Following 14 days, reactive oxygen species (ROS) level, LPO content, and cellulose activity (digestive enzyme) under acrolein treatment were measured in the earthworm's homogenates. Our results revealed that acrolein could increase ROS and LPO levels, and also decrease cellulose activity. Changes demonstrate induction of oxidative stress in earthworms under the acrolein toxicity in which insult of ROS caused biochemical changes including the LPO propagation and inhibition of cellulose activity (lowered cellulose degradation as an energy source in the earthworm's intestine).

Keywords: Soil pollution, Acrolein, Earthworm, Oxidative damage, Digestive enzyme.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

سنجش کربن زیست‌توده میکربی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک زیر پوشش‌های جنگلی بنه و بادام کوهی در منطقه تنگ خشک

زهرا خان‌محمدی [۱*]، محمد متینی‌زاده [۲]، احمدرضا مللی [۳]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب؛ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران؛
(*- نویسنده مسئول: Email: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir)
۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛
۳- کارشناس ارشد گروه خاکشناسی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه صنعتی اصفهان؛ اصفهان، ایران؛

چکیده

شناخت ویژگی‌های خاک اکوسیستم‌های جنگلی غیر انبوه مناطق خشک و نیمه خشک نقش تأثیرگذاری در مدیریت آن‌ها دارد. هدف از این پژوهش بررسی برخی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک تحت پوشش بنه و بادام کوهی در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ خشک شهرستان سمیرم بود. کربن زیست‌توده میکربی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در زیر تاج پوشش و نیز خارج از تاج پوشش (شاهد) اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، بیشترین میزان کربن زیست‌توده میکربی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک شاهد مشاهده شد. میزان کربن زیست‌توده میکربی در خاک زیر تاج پوشش بنه (۲/۷۹ میلی‌گرم کربن زیست‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) نیز افزایش معنی‌داری در مقایسه با خاک زیر تاج پوشش بادام کوهی (۱/۸۱ میلی‌گرم کربن زیست‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) داشت. میزان پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک زیر تاج پوشش بادام کوهی (۲۹۱/۶۵ میکروگرم نیتروژن نیتریتی به ازای یک گرم وزن خشک خاک در پنج ساعت) به طور معنی‌داری کمتر از دو تیمار دیگر بود. یافته‌ها نشان می‌دهد که نوع پوشش گیاهی بر نوع بقایای آلی و نیز نوع و فعالیت جمعیت میکربی خاک تاثیرگذار است.

واژگان کلیدی: اکوسیستم های جنگلی، سمیرم، کیفیت خاک

مقدمه

حفظ پایداری اکوسیستم‌های جنگلی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک با پوشش غیر انبوه بستگی به حفظ کیفیت خاک دارد. خاک یکی از اجزای مهم اکوسیستم جنگلی است که در کنار سایر عوامل بوم‌شناختی، الگوی پراکنش پوشش گیاهی را تعیین می‌کند. بنابراین آگاهی از ویژگی‌های خاک‌های این مناطق می‌تواند در مدیریت آن‌ها نقش تأثیرگذاری داشته باشد. از آنجا که پایداری طولانی مدت اکوسیستم‌های جنگلی وابسته به حفظ کیفیت خاک

است، آگاهی از وضعیت خاک‌های مناطق جنگلی و بررسی آثار فعالیت‌های صورت گرفته بر ویژگی‌های خاک، تأثیر مهمی در مدیریت جنگل دارد. از آنجا که کیفیت خاک را نمی‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری نمود، اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف خاک می‌تواند در این امر مفید باشد. ویژگی‌های بیولوژیکی خاک در بررسی کیفیت خاک نقش مهمی دارند. پژوهش‌های مختلفی با هدف بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک مناطق جنگلی انجام شده است. بازگیر و همکاران (۱۳۹۸) رابطه بین ویژگی‌های بیولوژیکی خاک زیر تاج پوشش و خارج از تاج پوشش توده‌های کنار در منطقه ایذه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین کربن آلی خاک زیر تاج، ۲۳/۵ درصد بیشتر از خاک خارج از تاج بود. همچنین خاک زیر تاج، بیشترین میزان تنفس پایه (۱۹/۲۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر کیلوگرم خاک در روز) و بهره میکروبی (۱/۶۸ درصد) را داشت. نتایج پژوهش مظاهری و بازگیر (۱۳۹۸) نشان داد که بیشترین میزان کربن آلی (۳۴/۴۹ گرم در کیلوگرم خاک) و تنفس میکربی (۶۳/۲۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) در منطقه ایوان، مربوط به کاربری جنگل (در مقایسه با کاربری کشاورزی) بود. همچنین بیشترین میزان کربن زیست‌توده میکربی در کاربری جنگل به دست آمد که میزان آن با افزایش عمق خاک کاهش یافت. نتایج پژوهش دیگری در بررسی ارتباط انبوهی تاج پوشش با مواد آلی و تنفس میکروبی خاک در جنگل راش آمیخته شصتکلاته گرگان نشان داد که مساحت تاج پوشش درختان مهمترین عوامل تأثیرگذار توده بر ویژگیهای خاک است در این پژوهش رابطه مستقیمی بین مساحت تاج، میزان ماده آلی و تنفس میکروبی به دست آمد (حبشی و رحمانی، ۱۳۹۴). هدف از این پژوهش بررسی برخی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک تحت پوشش بنه و بادام کوهی در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ خشک شهرستان سمیرم بود.

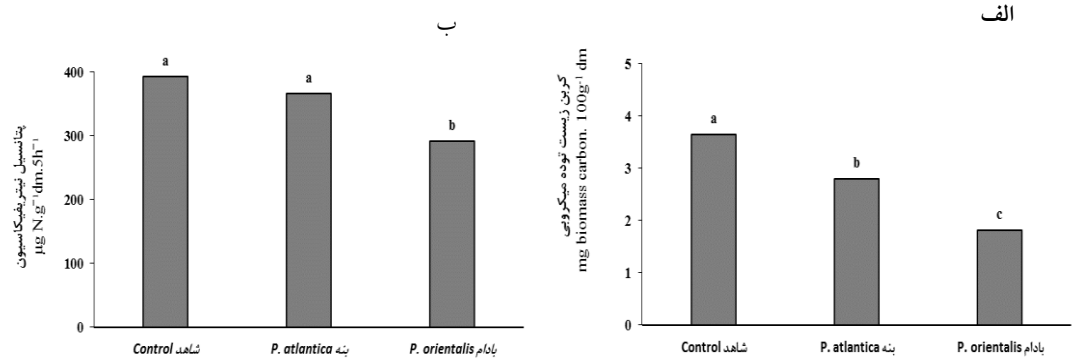
مواد و روش‌ها

این پژوهش در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ خشک، واقع در ۴۱ کیلومتری جنوب شهرستان سمیرم انجام شد. پوشش درختی اصلی منطقه بنه (پسته وحشی) (*Pistacia atlantica* Desf.) و پوشش غالب درختچه‌ای، بادام کوهی (*Prunus orientalis* (Mill.) Koehne) می‌باشد. برای انجام پژوهش، ابتدا یک قطعه یک هکتاری به شکل مربع در منطقه انتخاب شد که با پوشش مناسبی از درختان بنه و بادام کوهی نماینده خوبی از منطقه باشد. قطعه یک هکتاری در زون ۳۹ و بین طول جغرافیایی ۵۴۷۹۶۱ تا ۵۴۸۰۶۱ و عرض جغرافیایی ۳۴۵۰۷۹۱ تا ۳۴۵۰۸۹۱ قرار دارد. به منظور نمونه‌برداری خاک برای هر گونه گیاهی ذکر شده، در زیر تاج درختان به‌طور تصادفی ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتری برداشت شد. سپس هر سه نمونه خاک به‌خوبی با یکدیگر مخلوط و یک نمونه ترکیبی به‌دست آمد (پنج نمونه خاک برای هر گونه). در بیرون از تاج و محلی که گیاه وجود نداشت نیز به‌طور تصادفی ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتر برداشت و مشابه نمونه‌برداری زیر تاج درختان در نهایت ۵ نمونه شاهد برای تجزیه آزمایشگاهی آماده شد. پس از نمونه‌برداری، نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. نمونه‌ها به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های بیولوژیکی تا زمان انجام آزمایش، در شرایط سرد (دمای ۴ درجه سانتیگراد) نگه‌داری شد.

ویژگی‌های بیولوژیکی اندازه‌گیری شده کربن زیست‌توده میکربی[۱] و پتانسیل نیتریفیکاسیون[۲] بود. به منظور اندازه‌گیری کربن زیست‌توده میکربی خاک از روش تدخین- استخراج[۳] استفاده شد. به این منظور نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با کلروفرم تیمار شده و میزان کربن آلی پس از استخراج با سولفات پتاسیم با روش والکلی- بلک اندازه‌گیری شد (Sparling and West, 1988). پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در ۵ گرم خاک و با استفاده از روش Berg و Rosswall (۱۹۸۵) اندازه‌گیری شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری، داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی به کمک نرم‌افزار SAS تجزیه آماری شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج کربن زیست‌توده میکربی نشان داد که بیشترین میزان میانگین آن در خاک شاهد به میزان ۳/۶۵ میلی‌گرم کربن زیست‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک مشاهده شد که به طور معنی‌داری نسبت به میزان کربن زیست‌توده میکربی در خاک زیر تاج پوشش بیشتر بود. میزان کربن زیست‌توده میکربی در خاک زیر تاج پوشش بنه (۲/۷۹ میلی‌گرم کربن زیست‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) نیز افزایش معنی‌داری در مقایسه با خاک زیر تاج پوشش بادام (۱/۸۱ میلی‌گرم کربن زیست‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) داشت (شکل ۱- الف). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تیپ جنگل، ترکیب و ساختار توده جنگلی مهمترین عوامل اثرگذار بر کیفیت یا شیمی لاشریزه ورودی به جنگل است که تأثیر بسیار زیادی بر جمعیت میکربی، سرعت تجزیه لاشریزه و نرخ ورود مواد غذایی به خاک‌های جنگلی و حاصلخیزی خاک خواهد داشت (Aponte et al. 2014).



شکل ۱. مقایسه میانگین کربن زیست‌توده میکربی (الف) و پتانسیل نیتریفیکاسیون (ب) در نمونه‌های خاک شاهد، زیر تاج پوشش بنه و بادام

۱. Microbial Biomass Carbon
۲. Nitrification Potential
۳. Fumigation- extraction

همچنین میزان و کیفیت عناصر غذایی لاشبرگ و ریشه گونه‌های درختی و شرایط اقلیمی در تعیین روند تغییرات کربن زیست‌توده میکربی نقش بسیار مهمی دارند (علیزاده و همکاران، ۱۴۰۱). به عنوان نمونه Carnol و Bazgir (۲۰۱۳) دریافتند که گونه‌های مختلف پهن برگ اثر متفاوتی بر ویژگی‌های خاک داشته و فعالیت زیستی ریزجانداران خاک در زیر درختان پهن برگ بیشتر از درختان سوزنی برگ است.

نتایج پتانسیل نیتریفیکاسیون نیز روندی مشابه کربن زیست‌توده میکربی داشت. بیشترین میزان میانگین پتانسیل نیتریفیکاسیون به میزان ۳۹۳/۳۲ میکروگرم نیتروژن نیتریتی به ازای یک گرم وزن خشک خاک در پنج ساعت در خاک شاهد مشاهده شد، هر چند تفاوت آماری معنی‌داری با خاک زیر تاج پوشش بنه (۳۶۶/۸۶ میکروگرم نیتروژن نیتریتی به ازای یک گرم وزن خشک خاک در پنج ساعت) نداشت. میزان پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک زیر تاج پوشش بادام (۲۹۱/۶۵ میکروگرم نیتروژن نیتریتی به ازای یک گرم وزن خشک خاک در پنج ساعت) به طور معنی‌داری کمتر از دو تیمار دیگر بود (شکل ۱- ب). به نظر می‌رسد که در منطقه شاهد به دلیل حضور بیشتر گونه‌های مرتعی و علوفه‌ای در مقایسه با منطقه حضور بنه و بادام با بقایای خشبی‌تر، کیفیت بقایای گیاهی و مواد آلی ورودی (سوبسترا) به خاک متفاوت بوده که می‌تواند سبب کاهش پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج نسبت به نمونه شاهد شود. بررسی منابع نشان می‌دهد که نتایج مختلفی درباره پتانسیل نیتریفیکاسیون حاصل شده است. برخی پژوهش‌ها بیان می‌کنند که نوع گونه اثر بسیار مهمی بر روند تغییرات پتانسیل نیتریفیکاسیون دارد. میزان پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک زیر تاج پوشش گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند کهور ایرانی و سمر به دلیل وجود میزان‌های زیاد نیتروژن لاشبرگی و نیز پتانسیل زیاد همزیستی ریشه این گونه‌ها با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، افزایش می‌یابد (علیزاده و همکاران، ۱۴۰۱). در مقابل، نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی از عدم تغییر معنی‌دار پتانسیل نیتریفیکاسیون بین توده‌های جنگلی است (حیدری و همکاران، ۱۴۰۱).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، تاج پوشش گیاهی بنه و بادام در ذخیره‌گاه جنگلی منطقه تنگ خشک سبب تغییر در کربن زیست‌توده میکربی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک شده است. مقادیرکربن زیست‌توده میکربی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک زیر تاج پوشش بنه نسبت به خاک زیر تاج پوشش بادام کوهی به طور معنی‌داری بیشتر بود. این یافته بیانگر اثر نوع پوشش گیاهی بر نوع بقایای آلی و نیز نوع و فعالیت جمعیت میکربی خاک است. به نظر می‌رسد که کاهش کربن زیست‌توده میکربی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج پوشش نسبت به خاک خارج از تاج پوشش، می‌تواند به دلیل تغییر نوع سوبسترا و یا تفاوت در تنوع جمعیت میکربی در خاک زیر تاج پوشش با بیرون از آن باشد و احتمالا این ویژگی‌ها شاخص مناسبی برای بررسی کیفیت خاک در این منطقه نیستند.

فهرست منابع

بازگیر، م.، نوروزی، ا.، مقصودی، ز. (۱۳۹۸). مطالعه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک توده‌های کنار(*Ziziphus spina-christi* L) در منطقه ایذه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران: ۲۷(۲): ۲۳۲-۲۴۳.

حبشی، ه و رحمانی، ر. (۱۳۹۴). ارتباط انبوهی تاج‌پوشش با مواد آلی و تنفس میکربی خاک در جنگل راش آمیخته شصت کلاته گرگان. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل ۲۲(۳): ۱۵۸-۱۴۳.

حیدری، م.، تیموری، م.، پورهاشمی، م.، علی‌زاده، طاهره. (۱۴۰۱). تغییرات تنفس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در توده‌های جنگلی با ساختار متفاوت در استان کردستان. بوم شناسی جنگل های ایران، ۱۰ (۲۰): ۷۲-۶۴.

علی‌زاده، ط.، متینی‌زاده، م.، حبشی، ه.، و صادقی، س. م. (۱۴۰۱). مقایسه ویژگی‌های زیستی خاک و ذخیره کربن آلی کهور ایرانی و سمر (مطالعه موردی: عسلویه). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۲۹(۱): ۸۹-۱۰۵.

مظاهری، م و بازگیر، م. (۱۳۹۸). تأثیر اقلیم و کاربری‌های مختلف اراضی بر زیست‌توده و فعالیت‌های میکروبی خاک. مجله جنگل ایران ۱۱(۲): ۱۷۹-۱۹۴.

Aponte, C., Matias, L., Gonzales-Rodrigues, V., Castro, J., Gracia, L.V., Villar, R., Maranon, T. (2014). Soil nutrients and microbial biomass in three contrasting Mediterranean forests. Plant and Soil ۳۸۰(۱): ۵۷-۷۲.

Berg, P., Rosswall, T. (1985). Ammonium oxidizer number, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. *Biology and Fertility of Soils* 1: 131-140

Carnol, M., Bazgir, M. (2013). Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. Forest Ecology and Management 309: 66-75.

Sparling, G.P., West, A.W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and 14C labelled cells. Soil Biology and Biochemistry, 20(3): 337-343.

Comparison of microbial biomass carbon and nitrification potential of soils under wild pistachio and wild almond canopy in Tang Khoshk region

Zahra Khanmohammadi [1*], Mohammad Matinizadeh [2], Ahmad Reza Melali [3]

1- Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran.
*. Corresponding Author E-mail: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir.
2- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3- Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Abstract

Knowledge of the soil characteristics of non-dense forest ecosystems in arid and semi-arid regions play an effective role in their management. The purpose of this research was to investigate some biological characteristics of the soil wild pistachio and wild almond canopy in Tang Khoshk forest reserve of Semirom. Soil microbial biomass carbon and nitrification potential were measured under the canopy and outside the canopy (control sample). The highest amount of microbial biomass carbon and nitrification potential was observed in the control soil. The amount of soil microbial biomass carbon under the wild pistachio canopy (2.79 mg of biomass carbon 100 g^{-1} of dry soil) also had a significant increase compared to the soil under the canopy of wild almond (1.81 mg of biomass carbon 100 g^{-1} of dry soil). The amount of nitrification potential in the soil under the wild almond canopy (291.65 µg of $N\text{-}NO_2^-$ per gram of dry soil weight in five hours) was significantly lower than the other two treatments. The findings show that the type of vegetation affects the type of organic residues as well as the type and activity of the soil microbial population.

Keywords: Forest ecosystems, Semirom, Soil quality.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

گیاه پالایی و نقش مشترک گیاهان و میکروارگانیسم ها در خاک آلوده به آلاینده های نفتی

آزاده نیرومند[۱]،الناز احمدخانی[۲]* ،عنایت الله یزدان پناه[۳]،سید منصور سیدنژاد[۴]

۱- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکترای تخصصی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم ،دانشگاه پیام نور، تهران، ایران(elnazahmadkhani299@yahoo.com)
۳- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۴- استاد،گروه زیست شناسی،دانشکده علوم،دانشگاه شهیدچمران اهواز،اهواز،ایران.

چکیده

این بررسی به وضعیت فناوری گیاه پالایی و نقش مشترک آن با میکروارگانیسم ها در حذف آلاینده های نفتی خاک می پردازد. بخاطر کستردگی توزیع، سمیت و سرطانزایی، هیدروکربن ها جزء آلاینده های خطرناک محسوب می شوند و حذف این آلاینده ها از خاک یک چالش بزرگ محسوب می شود. استفاده از گیاهان و میکروارگانیسم های تجزیه کننده ترکیبات نفتی بهترین تکنولوژی برای حذف این آلاینده ها از مکانهای آلوده محسوب می شود. گیاهان باتوانایی جذب بالا، اغلب از خانواده های Poaceae، Fabaceae، Brassicaceae، Asteracea و Amaranthaceae هستند. تعدادی از گونه های مرتعی که خاصیت گیاه پالایی آنها مطالعه شده است، شامل گون، کلاه میر حسن، فستوکا،یونجه، شبدر سفید، قدومه، گاو پونه، جاز، درمنه دشتی، شاه تره و جوسیخ می باشد. فرآیند های گیاه پالایی شامل تجزیه ریشه ای، تجزیه گیاهی، تصفیه ریشه ای، تثبیت گیاهی ، تبخیر گیاهی، استخراج گیاهی و کنترل هیدرولیکی می باشد.

واژگان کلیدی: گیاه پالایی ، میکروارگانیسم ها ، آلاینده های نفتی خاک

مقدمه

آلودگی نفتی یکی از پیامدهای افزایش سریع جمعیت و فرآیند صنعتی شدن است. نفت از صدها یا هزاران هیدروکربن آلیفاتیک، هیدروکربن آروماتیک و سایر ترکیبات آلی مانند ترکیبات آلی فلزی تشکیل شده است (Wangal et ,.1998)آلودگی خاک توسط هیدروکربن های نفتی به شکل وسیع در اطراف تأسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد در سطح استان خوزستان قابل مشاهده است.(جدول ۱) علاوه

بر انتشارمستقیم این آلاینده ها، غبارات حاصل از سوخت گازهای همراه نفت طی سالیان متمادی توانسته مواد سمی و مضری (ازجمله هیدروکربن های آروماتیکی چندحلقه ای و بای فنیل های پلی کلرینه و...)را به خاک های منطقه اضافه کند. وجود این آلاینده ها در محیط زیست علاوه بر تاثیر گسترده بر اکوسیستم منطقه ، با گذشت زمان و ورود به چرخه غذایی به جوامع انسانی راه می یابند و به این ترتیب سلامت انسان ها را مورد تهدید قرار می دهند. هنگامی که این آلاینده ها در خاک های سطحی رها میشوند، با ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاص خود) شرایط نامطلوبی را برای رشد وفعالیت گیاهان ایجاد میکند. (Zahed et al., 2010) وجود این آلاینده ها در خاک به طور قابل توجهی کیفیت خاک را کاهش میدهد.(Tang et al.,2010) بنابراین، اصلاح و حذف این مواد از خاک برای سلام محیط زیست، ضروری است. در حال حاضر نیاز به جلوگیری از گسترش این آلودگی ها و همچنین پاکسازی مناطق آلوده به شدت احساس می شود. برای این منظور می توان از روش های مختلفی بهره گرفت، یکی از این روش ها گیاه پالایی می باشد،که از گیاهان و میکرو ارگانیسم های همراه آن ها جهت پاکسازی محیط های آلوده (خاک ، آب) بهره می گیرد.(United states (EPA) 2001)گیاه پالایی یک فناوری جدید و نوظهورجهت کاهش اثرات مضر و زیان بار ترکیبات نفتی وسایر ترکیبات دیگر است که امروزه بعنوان یک روش مفید واقتصادی جهت پالایش خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی مورد توجه قرار گرفته است.(Gaskin S.E., at al. 2010). در گیاه پالایی گیاهان برای حذف، تجزیه و بی حرکت کردن آلاینده هایی مانند فلزات، هیدروکربنها، رنگها و مواد سمی از خاک، آب یا هوا، استفاده میکند .این فرایند کم هزینه و سازگار با محیط زیست است. ایده استفاده از گیاهان برای حذف آلاینده های نفتی، سایر ترکیبات برای اولین بار در سال ۱۹۸۳ مطرح شد، اما این روش در واقع در ۳۰۰ سال گذشته برای تصفیه فاضلاب اجرا شده است در گیاه پالایی برای حذف طیف وسیعی از مولکولها از مانند بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، و زایلنها)و آلیفاتیک ساده در نفت خام سبک تا آلاینده های پیچیده تر و بسیار مقاوم تر، هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقه ای، مواد منفجره و آفت کش ها برای مکان های ذوب و معدن، مکانهای تولید گاز، پالایشگاه ها، محله های دفن زباله های هسته ای، زباله های صنعتی و شهری استفاده شده است. (Xiao et al., 2015) در سال های اخیرگیاه‌پالایی عنوان روشی مؤثر، ارزان قیمت و دوستدار محیط زیست برای حذف، جابجایی و یا غیرفعال کردن آلاینده ها از خاک‌های آلوده توصیه شده است .(Emamai A.S at al.2016)در واقع،گیاه پالایی فناوری مستقر نمودن و سپس برداشت گیاهان در مکان هایی با سطح آلودگی کم تا متوسط و کم عمق است.(Saba, H.,et al.2013) مشکل عمده فناوری گیاه پالایی، مدت زمان به نسبت طولانی برای انجام این فرآیند است، به‌طوری که سال‌ها طول می قابل کشد تا سطح آلودگی به مقدار قبول و مجاز در خاک برسد. ازاین رو راهکارهایی برای تقویت و بهبود کارایی فرآیند گیاه پالایی مطرح شده است که‌می توان به مواردی چون استفاده از گیاهان مهندسی ژنتیک شده، افزایش زیست فراهمی فلزات سنگین برای جذب توسط گیاه، استفاده از تنظیم‌کننده های رشد گیاهی یا کودهای شیمیایی و استفاده از میکروارگانیسم های خاک اشاره کرد. (صالحی .م طبری کوچکسرایی .ا ،۱۳۹۳) .

جدول ۱- اجزا تشکیل دهنده نفت خام (Innocent Chukwunonso Ossaia et al . 2019)

هیدروکربنها	مثال
آلیفاتیکها	
• آلکان ها	متان، پروپان، بوتان (گاز در دمای اتاق)
• آلکن ها	هگزان، اکتان هگزادکان (مایع در دمای اتاق)
• آلکین ها	ایکوزان، تریاکونتان، پنتاکانتان(جامد در دمای اتاق)
سیکلوآلیفاتیکها	
• سیکلوآلکانها	سیکلوهگزان، متیل سیکلوهگزان، متیل سیکلوپنتان، -۳،۱دی متیل سیکلوپنتان
آروماتیکها	
• مونوآروماتیکهای BTEX	بنزن، اتیل بنزن، نفتالین، تولوئن، زایلن و فنانترن
ترکیبات دیگر	
• آسفالتن	فنلها، اسیدهای چرب، کتونها
• موم و قیر	استرها، پورفیرینها، پیریدینها، ،
• رزین	کینولینها، کارداکسولها،
• ترکیبات غیر هیدروکربنی	سولفوناتها

زیست پالایی :در میان عوامل زیستی مؤثر بر فرآیند گیاه‌پالایی، نقش میکروارگانیسم قارچ های خاک، بویژه قارچ های میکوریزی، حائز اهمیت است.(Mrnka, L., et al 2012) قارچ های میکوریزی (اندومیکوریز و اکتومیکوریز) از طریق مکانیسم های مستقیم و غیرمستقیم می توانند با افزایش جذب عناصر غذایی، تغییر دسترسی زیستی فلزات، بهبود فعالیت های فیزیولوژیکی و تولید مواد محرک رشد، مقاومت گیاه را در برابر استرس های محیطی (بیماری ها، خشکی، فلزات سنگین، پاتوژن ها، شوری و..) افزایش دهند.(Karlinski L., 2010) با توجه به اینکه قارچ های میکوریزی جزء مهم سیستم خاک - گیاه را تشکیل دهند، کارایی گیاهان در فرآیند گیاه پالایی در صورت همزیستی با قارچ می های میکوریزی می‌تواند تشدید شود.(Gohre, V.,et al 2006) در واقع گیاهان می‌توانند با انتقال بیشتر اکسیژن به ریزوسفر از طریق کانال‌های عبوری ریشه در خاک آلوده و نیز بهبود خاکدانه سازی، امکان تجزیه و تخریب بیشتر آلاینده‌های نفتی در خاک توسط فعالیت میکروارگانیسم‌ها راافزایش دهند. میکروارگانیسم‌ها در حضور منابع کربن آنزیم‌هایی تولید کرده که مسئول حمله به مولکول‌های هیدروکربن می‌باشند (Hall,et.al.2011) گیاه

پالایی آلاینده ها توسط گیاهان و تجزیه زیستی آلاینده ها توسط میکروارگانیسم ها به تنهایی اغلب به دلیل سمیت گیاهی و/یا تبخیر و تعرق آلاینده ها کامل نیست. با این حال، یک فرآیند بیولوژیکی انجام شده توسط میکروارگانیسم‌ها و گیاهان می‌تواند برای پاکسازی آلاینده‌های خطرناک در کل محیط ترکیب شود (Mandal A., et al 2016,). میکروارگانیسم ها را می توان در تجزیه بیولوژیکی انواع آلاینده ها و مولکول های مقاوم با طبیعت پیچیده به کار برد. در یک محیط غنی از مواد مغذی آلوده، گیاهان با ریزوسفر و ریشه با میکروارگانیسم‌ها ارتباط برقرار می‌کنند تا در شرایط سمی زنده بمانند. مواد شیمیایی آزاد شده توسط گیاهان به میکروارگانیسم ها برای تعامل سیگنال می دهند. شرایط میکروآئروفیلیک توسط گیاهان فراهم می شود و همچنین ترشحات از ریشه باعث افزایش تخریب آلاینده ها می شود. ریشه‌های گیاهان با در دسترس قرار دادن آلاینده‌ها برای میکروارگانیسم‌ها، ابتدا با فراهم کردن بسترها و ثانیاً با تغییر pH، میکروارگانیسم‌ها را تحریک می‌کنند .آلاینده های انباشته شده در گیاهان می توانند توسط میکروارگانیسم های وارد شده به بافت های گیاه تجزیه شوند(Hussain) et al. 2018.

خلاصه ای از مراحل مختلف گیاه پالایی(Mandal A,et al.,2012)

مکانیسم پالایش	هدف فرآیند	محیط کشت
تبدیل گیاهی Phytotransformation,Phytodegradation	تخریب آلاینده	خاک، رسوب، لجن، آب سطحی، آب زیرزمینی
ترغیب گیاهی Rhizodegradation, Phytostimulation	تخریب آلاینده	خاک، رسوب، لجن، آب زیرزمینی
تصفیه گیاهی Rhizofiltration	حذف آلاینده فلزی به کمک ریزوسفر	آب‌سطحی،آب زیرزمینی
تصعید گیاهی Phytovolatilization	استخراج آلاینده ازمحیط کشت و رهاسازی آن در هوا	خاک، رسوب، لجن، آب زیرزمینی
تثبیت گیاهی Phytostabilization	محدود آلاینده داشتن	خاک، رسوب، لجن
استخراج گیاهی Phytoextraction	جذب به آلاینده انتقال وسیله ریشه و آن به اندام هوایی گیاه	خاک، رسوب، لجن
کنترل هیدرولیکی Hydraulic control, Phytohydraulic	تخریب یا محدود آلاینده	آب‌سطحی،آب زیرزمینی

مواد و روش‌ها: برای انجام این مطالعه، کتابخانه های الکترونیکی الزویر، ساینس دایرکت و مرکز اطلاعات جهاد دانشگاهی (SID) با استفاده از کلید واژه های Oil contamination،phytoremediation گیاه پالایی، زیست پالایی آلودگی نفتی و آلاینده نفتی مورد کاوش قرار گرفت. منابع پس از استخراج و دسته بندی موضوعی مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

گیاهانی که در نواحی دارای آلودگی نفتی رشد داده میشوند، اثرات تجمعی مواد سمی و کاهش رشد را نشان می دهند. همچنین نفت سبب جلوگیری از هوادهی خاک می شود و منافذ خاک و سطح ریشه گیاه را می پوشاند؛ این موضوع ممکن است به خفگی ریشه گیاه بیانجامد. (Pernar 2006 .,et al) هوادهی ناکافی سبب تنش در ریشه گیاه و عدم دسترسی کافی به آب میشود (Ashraf, M.,1999) ,که به نوبه خود از رشد ممانعت به عمل می آورد. ازجمله صفات فیزیولوژیک که تحت تأثیر تنش نفتی قرار میگیرد، مقدار رنگیزه ها و وضعیت تغذیه ای گیاه می باشد ., (Naidoo 2010 , al et.)با جذب آلاینده های نفتی از خاک، رشد و کروفیل گیاهان کاهش می یابد. Moradi). (al., et 2018به گزارش میشرا و ناتیال(۲۰۰۹) با افزایش غلظت گازوئیل در خاک میزان کلروفیل کل در برگهای نخود کاهش یافت اما در حضور مایه تلقیحTrichoderma (ressei) مقدار کلروفیل ۵۰ درصد افزایش یافت. باروتیا و همکاران (۲۰۱۱)نشان دادند که پس از ۲ ماه رشد گیاه شبدر در خاکآلوده به مواد نفتی، میزان کلروفیل ۸۱ درصد نسبت به خاک غیرآلوده کاهش پیدا کرد اما در مورد گیاه چچم دائمی هیچ تفاوت معنی داری میان گیاهان رشدیافته در خاکهای آلوده و غیرآلوده از این نظر دیده نشدلی و همکاران **(۲۰۰۸)** نشان دادند که سطح بالای آلودگی خاک به هیدروکربنهای نفتی (۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) منجر به کاهش ۲۹ درصدی محتوای کلروفیل شد. آنها همچنین گزارش دادند که در بالاترین سطح آلودگی خاک به هیدروکربنهای نفتی (۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، تلقیح خاک با باکتری sp Acinetobacter. محتوای کلروفیل برگ گیاه برنج را ۱۱۵ درصد نسبت به تیمار بدون تلقیح خاک با باکتری افزایش داد. هوانگ و همکاران (۲۰۰۴) به نتیجه مشابهی رسید.اختلاف بین گیاهان در پاسخ به آلودگی نفتی میتواند مربوط به تفاوت در سطوح واکنش پذیری و تحمل آنها به آلودگی نفتی باشد. حتی این تفاوت بین واریته های مختلف یک گونه گیاهی نیز وجود دارد. احتمالاً سطوح بالای آلودگی نفتی سبب افزایش فشار اسمزی محلول خاک شده و گیاه در پاسخ به این استرس غلظت پرولین را در برگ افزایش داده است. دلیل فیزیولوژیکی متعددی برای تجمع پرولین در واکنش به تنش گزارش شده است که مهمترین آنها تأکید بر نقش پرولین به عنوان یک ماده تنظیم کننده اسمزی و عامل حفاظت کننده آنزیم های سیتوپلاسمی و ساختمان غشا می باشد. ما و همکاران

(۲۰۱۸)نشان دادند که آلودگی خاک به نفت به میزان ۴۰ گرم درکیلوگرم خاک، پرولین برگ گیاهان jalapa Mirabilis،و violace Orychophragmus را به ترتیب به میزان ۹۸ درصد و ۷۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. گاسین و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که استفاده از باکتری های محرک رشد باعث افزایش میزان پرولین میگردد . مرادی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که در حضور باکتری های تجزیه کننده هیدروکربنهای نفتی و قارچهای میکوریز شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام گیاهی افزایش پیدا کرد. زاهد و همکاران(۲۰۱۰) نیز گزارش دادند که آلودگی هیدروکربنهای نفتی موجب افزایش فعالیت آنزیمهای کاتالاز و پراکسیداز در گیاه گردید که به عنوان یک سیستم دفاعی گیاه در مقابله با آسیب های ناشی از این نوع تنش می باشد. هانگ و همکاران(۲۰۰۴) گزارش دادند به موازات افزایش آلودگی هیدروکربنهای نفتی محتوای MDAدر گیاه مانگروو افزایش یافت. همچنین آلودگی هیدروکربنهای نفتی مانند روغن های روان کننده باعث بروز تنش اکسیداتیو درگیاه و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء سلولی گردید.

نتیجه

درواقع رهیافت های ترویجی خاک های آلوده گیاه پالایی روشی مفید و با مزایای خاص است و همیاری گیاه و ریزجانداران مفید خاک زی می تواند موجب ارتقاء کارایی این فرآیند شود با مطالعه پژوهش های انجام شده توأم گیاهان مورد آزمایش با باکتریها سبب حذف بیشتر آلودگی نفتی در خاک نسبت به کاربرد هر یک از آنها به تنهایی شد؛ بنابراین، براساس پژوهش های انجام شده میکروارگانیسم ها میتوانند به عنوان جزء کلیدی استراتژی حذف هیدروکربنهای نفتی در نظر گرفته شوند. بطور کلی میتوان گفت اثرات کاربرد توام گیاه پالایی و زیست پالایی بر تخریب و حذف ترکیبات نفت خام خاک بیشتر از کاربرد جداگانه هر یک از این روش ها می باشد.

منابع

صالحی، ا ۱۳۹۳ .گیاه پالایی خاک های آلوده به سرب ،توسط صنوبرهای بومی ایران (*Populus alba* و *Populus nigra*) همزیست شده با قارچ های آربوسکولارمیکوریزا . رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

زارعی م.۱۳۸۷. بررسی تنوع قارچ های میکوریز آربوسکولار در خاک های آلوده به فلزات سنگین و کارایی آنها در گیاه پالایی.رساله دکتری، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

Ashraf, M., 1999. "Interactive Effects of Nitrate and Long-Term Waterlogging on Growth, Water Relations, and Gaseous Exchange Properties of Maize (Zea Mays L.)." Plant Science. 144(1): 35-43. 9.

Barrutia, O., Garbisu, C., Epelde, L., Sampedro, M.C., Goicolea, M.A., and Becerril, J.M. 2011. Plant tolerance to diesel minimizes its impact on soil microbial characteristics during rhizoremediation of diesel-contaminated soils. Science of the Total Environment. 409: 4087-4093.

Emami, A.S., Tabari Kouchaksaraei, M., Bahramifar, N., Salehi, A. 2016. Gas exchange responses of two poplar clones (Populus euramericana (Dode) Guinier 561/41 and Populus nigra Linnaeus 63/135) to lead toxicity. Journal of Forest Science, 62 (9): 422– 428.

Gaskin S.E., and Bentham R.H. 2010. Rhizoremediation of hydrocarbon contaminated soil using Australian native grasses. Science of the Total Environment 408: 3683–3688.

Gohre, V., and Paszkowski, U. 2006. of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. Planta, 223: 1115-1122,.

Gusain, Y.S., Singh, U.S., and Sharma, A.K. 2015. Bacterial mediated amelioration of drought stress in drought tolerant and susceptible cultivars of rice (Oryza sativa L.). Afric. J. Biotechnol. 14: 764-773.

Hall, J., Soole, K. and Bentham, R. (2011) Hydrocarbon Phytoremediation in the Family Fabacea - A Review. International Journal of Phytoremediation 13: 317-332.

Huang, X.D., Alawi, Y.E., Penrose, D.M., Glick, B.R., and Greenberg, B.M. 2004. A multi process phytoremediation system for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soil. Environmental Pollution. 130: 465-476.

Hussain I, Aleti G, Naidu R et al (2018) Microbe and plant assistedremediation of organic xenobiotics and its enhancement by genetically modified organisms and recombinant technology: a review. Sci Total Environ 628–629:1582–1599. https:// doi. org/ 10. 1016/j. scito tenv. 2018. 02. 037.

Karlinski, L., Rudawska, M., KieliszewskaRokicka, B., and Leski, T. 2010. Relationship between genotype and soil environment during colonization of poplar roots by mycorrhizal and endophytic fungi. Mycorrhiza, 20: 315-324.

Li, J.H., Gao, Y., Wu, S.C., Cheung, K.C., Wang, X.R., and Wong, M.H. 2008. Physiological and biochemical responses of rice (Oryza Sativa L.) to Phenanthrene and Pyrene. Inter. J. Phytoremed. 10: 106-118.

Ma, H., Wang, A., Zhang, M., Li, H., Du, S., Bai, L., Chen, S., and Zhong, M. 2018. Compared the physiological response of two petroleum tolerantcontrasting plants to petroleum stress. Inter. J. Phytoremed. 20: 1043-1048.

Mandal A, Purakayastha TJ, Patra AK, Sanyal SK. 2012. Phytoremediation of arsenic contaminated soil by pteris vittata l. I. Influence of phosphatic fertilizers and repeated harvests.Internation Journal phytoremediation.14(6):621-8.

Mishra, A., and Nautiyal, C. 2009. Functional diversity of the microbial community in the rhizosphere of chickpea grown in diesel fuelspiked soil amended with Trichoderma ressei using sole-carbon-source utilization profiles. World J. Microbiol. Biotechnol. 25: 1175-1180.

Moradi, B., Zare Maivan, H., Seyed Hashtroudi, M., Sorahinobar, M. and Rohloff, J., 2021. Physiological Responses and Phytoremediation Capability of Avicennia marina to Oil Contamination. Acta Physiologiae Plantarum 43(2): 1–12. https://doi.org/10.1007/s11738-02003177-y.

Mrnka, L., Kuchár, M., Cieslarová, Z., Matějka, P., Száková, J., Tlustoš, P., and Vosátka, M. 2012. Effects of endo- and ectomycorrhizal fungi on physiological parameters and heavy metals accumulation of two species from the family salicaceae. Water, Air, and Soil Pollution, 223: 399-410.

Naidoo, G., Naidoo, Y. and Achar, P., 2010. "Responses of the Mangroves Avicennia marina and Bruguiera gymnorrhiza to Oil Contamination. FloraMorphology, Distribution. Functional." Ecology of Plants.

Ossaia, I.C., Ahmeda, A., Hassan, A and Hamid, F.S., 2019. "Remediation of Soil and Water Contaminated with Petroleum Hydrocarbon: A Review".Journal Pre-proof Conflict: 1–79.5): 357-362.

Pernar, N., Baksic, D., Antonic, O., Grubesic, M., Tikvic, I. and Trupcevic, M., 2006. "Oil Residuals in Lowland Forest Soil after Pollution with Crude Oil." Water, Air, and Soil Pollution. 177(1–4): 284–87.

Saba, H., Jyoti, P., and Neha, S. 2013. Mycorrhizae and Phytochelators as Remedy in Heavy Metal Contaminated Land Remediation. International Research Journal of Environment Sciences, 2(1): 74-78.

Tang, J., Wang, R., Niu, X., Wang, M and Zhou, Q., 2010. "Characterization on the rhizoremediatian of Petroleum Contaminated Soil as Affected by Different Influencing Factors." Biogeosci.

Wang, W., Zhang, X., Huang, J., YanC., Zhang, Q., Lu, H. and Liu, J., 2014." Interactive Effects of Cadmium and Pyrene on Contaminant Removal from Co-Contaminated Sediment Planted with Mangrove Kandelia Obovata (S., L.) Yong Seedlings." Mar Pollut Bull 84.

Xiao N., Liu R., Jin C., and Dai Y. 2015. Efficiency of five ornamental plant species in the phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)-contaminated soil. Ecological Engineering 75: 384–391.

Zahed, M.A., Aziz, H.A., Isa, M.H. and Mohajeri, L., 2010. "Enhancement Biodegradation of N Alkanes Environ. Res. 4(4): 1735–6865..from Crude Oil Contaminated Seawater." Int. J

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Phytoremediation and the joint role of plants and microorganisms in soil contaminated with oil pollutants

Azadeh Niroomand[1], ElnazAhmadkhani[2], EnayatolahYazdanpanah[3], SeyedMansourseyyednejad[4]

1-Assistant Professor, Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

2-Ph.D. student, Department of Biology, Faculty of Science, Payam Noor University, Tehran, Iran.

3-Assistant Professor, Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran

4-Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Ahvaz Shahid Chamran University, .Ahvaz, Iran.

Abstrac

This review deals with the status of phytoremediation technology and its joint role with microorganisms in removing oil pollutants from soil. Due to the difficulty of distribution, toxicity and carcinogenicity, hydrocarbons are considered dangerous pollutants, and removing these pollutants from the soil is considered a big challenge. The use of plants and microorganisms that decompose petroleum compounds is considered the best technology to remove these pollutants from polluted places. Plants with high absorption capacity are mostly from Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Asteracea and Amaranthaceae families. A number of pasture species whose herbal treatment properties have been studied include goon, Mir Hassan's cap, fescue, alfalfa, white clover, kadumeh, cow oregano, jaz, plains primrose, shah tere, and josikh. Plant remediation processes include root decomposition, plant decomposition, root treatment, plant stabilization, plant evaporation, plant extraction and hydraulic control.

Key words: phytoremediation, microorganisms, soil oil pollutants

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی توزیع مکانی کربن آلی خاک با استفاده از زمین‌آمار (مطالعه موردی: اراضی میمه دهلران)

ساهره صفرلکی[1*]، آزاده صفادوست[2]، محمود رستمی نیا[3]، سید روح اله موسوی[4]

۱- دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا؛ (saherehsafarlaki@gmail.com)

۲- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۳- دانشیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۴- دانش آموخته دکتری مدیریت منابع خاک، گروه علوم ومهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

کربن آلی خاک یکی از شاخصه‌های مهم کیفی خاک است که بر گرمایش جهانی، تخریب اراضی و امنیت غذایی اثر قابل‌توجهی دارد. در این پژوهش به مقایسه روش‌های زمین‌آماری در برآورد و پیش‌بینی مکانی کربن آلی خاک در منطقه میمه دهلران استان ایلام پرداخته‌شده است. پس از محاسبه، بهترین مدل برازش یافته به واریوگرام که مدل نمایی بود، انتخاب گردید. سپس بررسی ساختار مکانی ذخیره کربن آلی خاک با استفاده از تخمین‌گرهای کریجینگ عمومی، کریجینگ معمولی و کوکریجینگ معمولی صورت گرفت. همچنین مقایسه روش‌ها با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تقاطعی که شامل میانگین ریشه مربعات خطا و میانگین خطا می‌باشد، موردبررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل روش کریجینگ عمومی با کمترین مقادیر خطا و بیشترین دقت به‌منظور درون‌یابی کربن آلی مورداستفاده قرار گرفت و دامنه تغییرات میزان ذخیره کربن آلی خاک سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی‌متری) بین ۰/۱۱ تا ۱/۵۶ درصد بدست آمد.

واژگان کلیدی: درون‌یابی، دهلران، زمین‌آمار، کربن آلی، کریجینگ

مقدمه

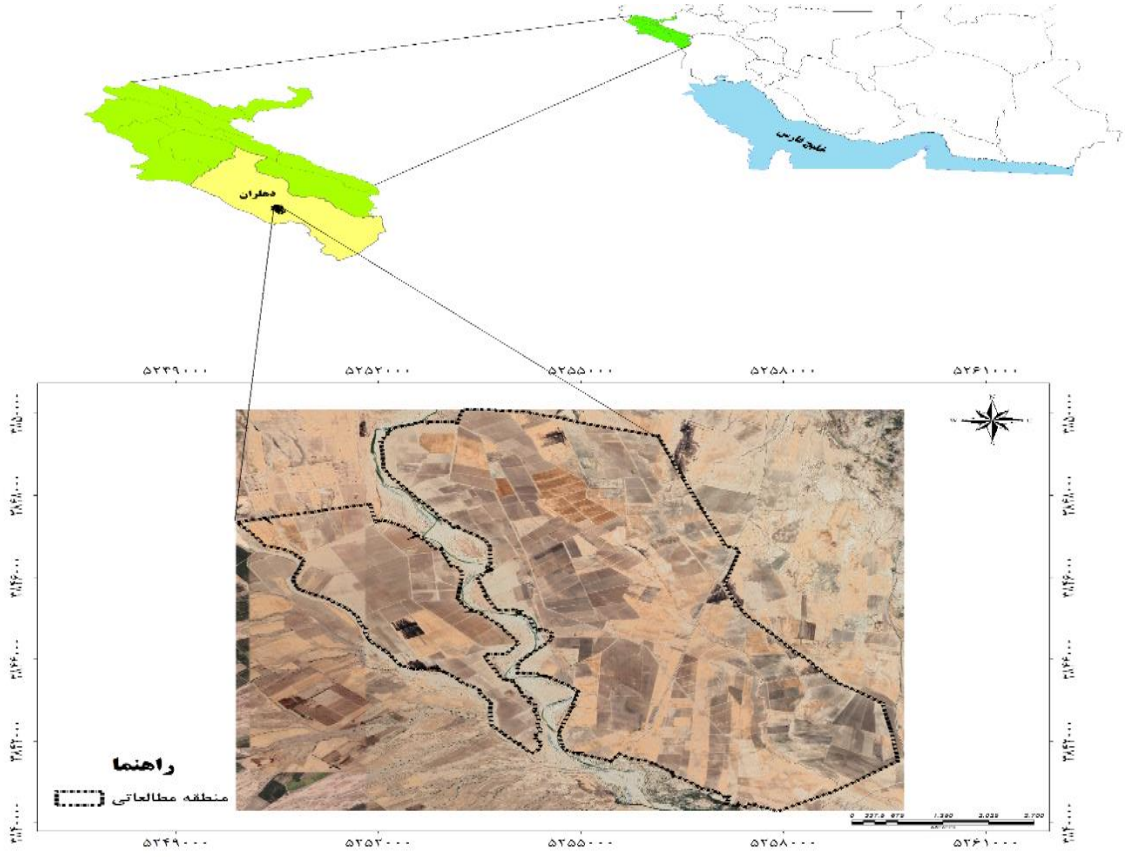
امروزه خاک یکی از منابع کلیدی و قابل مدیریت در تولید غذا، اصلاح تغییرات اقلیمی، ترسیب کربن اتمسفری، حفاظت محیط زیست و تولید انرژی‌های زیستی به شمار می‌رود (Schnitzer et al, 2013). یکی از ویژگی‌های کلیدی خاک، تغییرپذیری زمانی و مکانی آن است. در فرآیند تشکیل خاک عوامل و فرآیندهای مختلفی دخیل هستند که در طول زمان و مکان متغیرند و ویژگی‌های خاک تحت تأثیر آن‌ها شکل می‌گیرد. علاوه بر این، تغییرات خواص خاک پیچیده است زیرا از برهمکنش فرآیندهای زیادی که در مقیاس‌های متفاوت مکانی عمل می‌کنند، حاصل می‌آید (Gonzalez et al, 2003). همچنین ویژگی‌های خاک هم دارای پیوستگی مکانی بوده و هم همبستگی متقابل بین آن‌ها وجود دارد که تحت تأثیر خصوصیات ذاتی مانند مواد مادری خاک و خصوصیات غیر ذاتی مانند عملیات مدیریتی خاک، تناوب زراعی و فرسایش قرار دارند(Yemefack et al., 2002; Zeraatpisheh, 2019). تغییرپذیری

ویژگی‌های خاک در مزارع اغلب به‌وسیله روش‌های آماری کلاسیک بیان می‌شود که در آن فرض بر توزیع تصادفی تغییرات درون واحدهای نقشه خاک ٦ می‌باشد (Ayobi and khormali, 2003). با توجه به اینکه خصوصیات خاک ازجمله میزان کربن خاک، دارای ماهیت پویا و متغیر است و تغییرات مکانی دارد لذا پارامترهایی که بیانگر این خصوصیات است را می‌توان به‌صورت یک متغیر در نظر گرفت و از طریق روش‌های آماری به بررسی تغییرپذیری آن پرداخت. این بررسی از طریق آمار مکانی برای متغیرهای خاک امکان‌پذیر است. مقدار ماده آلی نقش کلیدی در تعیین رفتار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها داشته و آگاهی از وضعیت و توزیع آن برای استفاده بهینه و پایدار از خاک ضروری است (Velayutham,2003) . کربن آلی جزء اصلی اکوسیستم‌های خاکی است و تغییر در فراوانی و ترکیب آن اثرات اساسی بر فرآیندهای اکوسیستم دارد(Golmohamahi et al, 2017). در سال‌های اخیر بهره‌گیری از روش‌های زمین‌آمار به‌منظور برآورد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک افزایش‌یافته است (Bookhagen et al., 2005). تغییرات زمانی و مکانی کیفیت خاک را بر اساس آنالیز زمین‌آماری در منطقه تپه‌ای نیمه گرمسیری چین بررسی کردند .آنالیز زمین‌آماری نشان داد که تمام ویژگی‌های خاک (پتاسیم، فسفر، ماده آلی) و تغییرات آن‌ها دارای ساختار مکانی بوده‌اند میانی‌ای توسط کریجینگ یک ساختار مکانی مشابه ای را در میان این متغیرها نشان داد(Pouladi et al., 2019). همچنین در تحقیقی، Sun و همکاران (۲۰۱۳) ، به بررسی روش‌های مختلف زمین‌آماری در تهیه نقشه برخی خصوصیات خاک (درصد رس، کربن آلی و میزان pH در دو عمق ۰-۱۰ و ۴۰-۵۰ سانتی‌متری سطح خاک پرداختند (Sun et al, 2013). همچنین در تحقیق درون‌یابی مکانی خصوصیات خاک‌های مکزیک در مقیاس ٦:٦٠٠٠٠٠٠ نشان داد نه خصوصیت خاک مورد ارزیابی قرار گرفت که شامل: میزان کلسیم، مقدار هدایت الکتریکی، میزان کربن آلی، پتاسیم، منیزیم، درصد ماده آلی، میزان سدیم، مقدار pH و SAR در هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد .روش‌های کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی و کریجینگ جهانی به‌منظور پیش‌بینی مکانی خصوصیات موردنظر به کار گرفته شدند (Crus Cardenas et al, 2014) . نتایج نشان داد که تخمینگر کریجینگ جهانی برای پیش‌بینی مکانی میزان منیزیم، ماده آلی، سدیم و SAR با کمترین میزان خطا تخمین قابل قبولی را نسبت به دو روش دیگر ارائه می‌دهد. Rabinson- و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی و مقایسه دقت کریجینگ معمولی، جایگاه نرمال معمولی کریجینگ و فاصله معکوس و اسپیلاین برای درون‌یابی خصوصیات پایدار خاک پرداختند. اسدیته خاک (pH)، هدایت الکتریکی و ماده آلی که بر روی میزان تولید اثرگذار هستند .مدل با کمترین مقدار RSS برای پیدا کردن بهترین نتایج انتخاب گردید. پنگ و همکاران، به بررسی توزیع مکانی کربن آلی خاک و نیتروژن کل خاک در حوزه آبخیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و زمین‌آمار در چین پرداخته و اثرات مختلف نوع کاربری اراضی، ارتفاع، پوشش گیاهی و دیگر عوامل مؤثر بر توزیع مکانی نیتروژن کل و کربن آلی خاک، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش زمین‌آماری رگرسیون کریجینگ موردبررسی قراردادند-. نتایج نشان داد که تغییرپذیری مکانی این دو پارامتر، متوسط بوده و مقادیر باقیمانده نیتروژن و کربن آلی خاک دارای همبستگی مکانی متوسط بوده است (- Peng) et al, 2013). این پژوهش به‌منظور بررسی ساختار مکانی کربن آلی خاک در منطقه میمه دهلران استان ایلام صورت گرفته و در این راستا، روش‌های زمین‌آماری با استفاده از ارزیابی تقاطعی مورد مقایسه قرارگرفته و درنهایت

بهترین روش درون‌یابی پهنه‌بندی کربن آلی خاک در منطقه مشخص‌شده و نقشه پهنه‌بندی ذخیره کربن آلی با استفاده از روش منتخب، تهیه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه در ناحیه جنوب غربی کشور، در فاصله هفت کیلومتری از شهر دهلران، در جنوب شرقی استان ایلام، دارای مختصات جغرافیایی ۳۶۰۵۰۰۰ تا ۳۶۱۷۰۰۰ N و طول جغرافیایی ۷۰۴۰۰۰ تا ۷۱۲۰۰۰ E واقع گردیده است. ارتفاع متوسط محدوده اراضی موردمطالعه از سطح دریای آزاد بین ۱۲۴ تا ۱۶۷ متر و مساحت ناخالص اراضی ۳۰۰۰ هکتار است (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده اراضی موردمطالعه منطقه میمه شهرستان دهلران استان ایلام

از خاک اراضی ساحل شرقی تعداد ۸۰ نمونه سطحی مرکب و از اراضی ۵۰۰ هکتاری ساحل غربی تعداد ۲۰ نمونه سطحی مرکب برداشته شد و پس از ثبت مختصات جغرافیایی محل برداشت نمونه‌های سطحی، نقشه محل نمونه‌های برداشت‌شده تهیه شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه خاک کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند.

سپس کربن آلی خاک(SOC)، به روش سوزاندن تر با دی‌کرومات پتاسیم در مجاورت اسیدسولفوریک غلیظ (نلسون و سامرس، ۱۹۸۲) تعیین گردید.

نتایج و بحث

ازنظر مورفولوژیکی خاک‌های منطقه موردمطالعه شامل اراضی با تکامل کم پروفیلی خاک و رده‌های خاک منطقه شامل رده‌های انسپتی‌سولز و انتی‌سولز می‌باشند. همه واحدهای خاک دارای مقادیر مختلف گچ هستند و جزء خاک‌های گچی با افق جیپسیک محسوب می‌شوند. افق مشخصه سطحی خاک‌ها، افق اُکریک بارنگ روشن و ماده آلی کم مشخص گردید. خلاصه پارامترهای آماری کربن آلی خاک موردمطالعه در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱-خلاصه آماری کربن آلی

پارامتر های آماری	کربن آلی خاک
حداقل	۰/۱۲
حداکثر	۱/۵۶
میانگین	۰/۷۸
انحراف معیار	۰/۳۲
درصد ضریب تغییرات	۴۱/۴۳
چولگی	۰/۱۲
افراشتگی	-۰/۶۳
حداقل	۰/۱۲

در این پژوهش نتایج برازش نیم تغییر نمای تجربی برای کربن آلی خاک‌نشان داد که فاقد ناهمسانگردی است. بنابراین نیم تغییر نمای همسانگرد آن‌ها ترسیم گردید. بهترین مدل برازش داده‌شده نیز با توجه به نسبت اثر قطعه ای ۰/۱۵ و کلاس قوی وابستگی مکانی مدل نمایی انتخاب گردید. Ceddia و Vieira (۲۰۰۸) بیان نمودند، که مدل کروی یکی از مناسب‌ترین نیم تغییر نماها در تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های خاک و گیاه است. Flynn و همکاران (۲۰۱۹) برای ویژگی‌های درصد سنگریزه، ماسه سیلت، رس و کربن آلی خاک سطحی مدل نمایی را به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برای برازش ساختار مکانی این ویژگی‌ها گزارش نمودند. Junior و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده نمودند، که مدل نمایی یکی از مناسب‌ترین مدل‌ها برای بیان تغییرات مکانی بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی خاک است. موسوی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای مدل نمایی را مناسب‌ترین مدل جهت توصیف پراکنش مکانی درصد سیلت و مدل کروی را برای درصد ماسه و رس گزارش نمودند (موسوی و همکاران، ۲۰۱۷). کمترین مقدار واریانس قطعه‌ای مربوط به درصد کربن آلی بود که این نشان‌دهنده این است که واریانس نسبی و حجم نمونه‌برداری برای آشکار کردن ساختارهای مکانی مناسب است (موسوی و همکاران ۲۰۱۷). که استفاده از روش‌های زمین‌آماری به‌خوبی می‌تواند در تجزیه‌وتحلیل مکانی ویژگی‌های موردمطالعه مفید باشد.

به‌منظور تخمین میزان کربن آلی در سطح منطقه از سه روش کریجینگ عمومی، کریجینگ ساده و کو کریجینگ معمولی استفاده شد (جدول ۳) و به‌منظور مقایسه دقت تخمین‌گر و انتخاب روش مناسب، از پارامترهای خطا شامل خطای میانگین ریشه مربعات خطا و میانگین خطا استفاده شد (جدول ۴). برای انتخاب روش مناسب به‌منظور پهنه‌بندی پارامتر موردنظر، روشی انتخاب می‌شود که مقدار عددی پارامترهای خطا در آن کمتر باشد.

جدول ۳: مقایسه دقت درون‌یابی روش‌های کریجینگ عمومی و کو کریجینگ معمولی و کریجینگ ساده در برآورد کربن آلی خاک

تخمینگر	کریجینگ عمومی	کریجینگ ساده	کو کریجینگ معمولی
RMSE	۱/۲۷	۱/۲۹	۳/۲۴

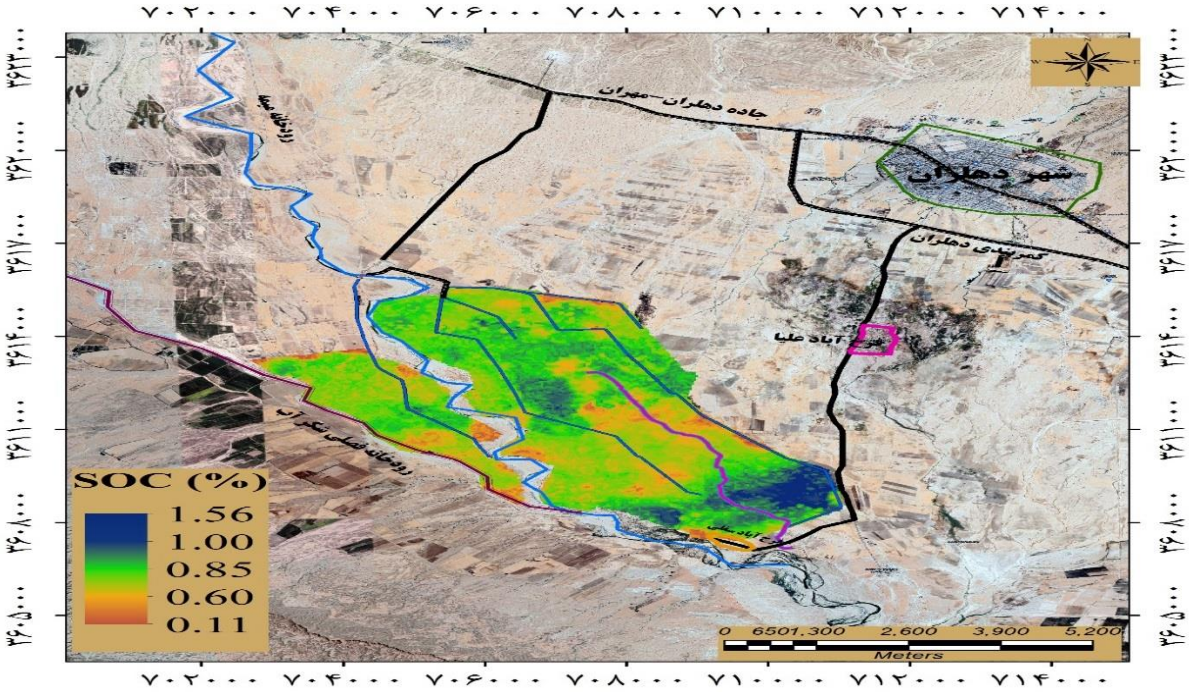
همان‌طور که مشاهده می‌شود تخمینگر کریجینگ عمومی در درون‌یابی مقدار ذخیره کربن آلی دارای دقت بالاتری هست. میزان RMSE نشان‌دهنده برآورد صحیح مدل در پیش‌بینی نقاطی که نمونه‌برداری نشده است، می‌باشد. این مقدار خطا نشان می‌دهد که مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر پیش‌بینی‌شده به‌وسیله مدل قابل‌مقایسه بوده و مدل، برآوردی صحیح از نقاط فاقد نمونه‌برداری داشته است. نسبت میزان خطا به میانگین مقدار مشاهده‌ای کربن آلی، ۹۲٪ می‌باشد. نقشه بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده کربن آلی و واریوگرام برازش داده‌شده تهیه‌شده است. مدل برازش داده‌شده به واریوگرام ممکن است نشان‌دهنده تغییرات تدریجی کربن آلی و یا درنتیجه عوامل مختلف محیطی باشد.

جدول۴: نتایج اعتبارسنجی ماده آلی خاک به روش کریجینگ معمولی

ویژگی خاک	R^2	CCC	RMSE
کربن آلی	۰.۷۳	۰.۸۳	۰.۱۲۷

CCC: ضریب همبستگی تطابق؛RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا

پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک بر اساس مناسب‌ترین مدل در شکل ۲ ارائه‌شده است. نقشه پیش‌بینی درصد کربن آلی نشان داد که بیشترین میزان آن در بخش‌های شمال غربی و جنوب غربی به‌صورت کاملاً محدود وجود دارد و بخش غالب منطقه به‌ویژه در مرکز که شدیداً تحت بهره‌برداری زراعت آبی و شخم در جهت شیب است و دارای حداقل مقدار کربن آلی است (شکل ۲).



شکل ۲: پهنه‌بندی مکانی کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر میزان کربن آلی خاک سطحی در لایه تا ۲۰ سانتی‌متردر حدود ۰/۱۱تا ۱/۵۶ درصد متغیر بود. مقادیر بالای کربن آلی در مزارع تحت کشت، که دارای پوشش گیاهی می‌باشند و کمترین میزان آن در اراضی شور حاشیه منطقه و نزدیک ساحل رودخانه مشاهده شد. بر اساس مشاهدات در منطقه، هر قسمتی که دارای پوشش گیاهی بیشتر و تغییرات میزان شیب کمتر بود، میزان کربن آلی نیز بیشتر بود. همچنین بر اساس یافته‌های این پژوهش روش کریجینگ عمومی با کمترین مقادیر خطا و بیشترین دقت به‌منظور درون‌یابی کربن آلی پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع :

Ayoubi Sh, Zamani S, Khormali F. (2007). Prediction total N by organic matter content using some geostatistic approaches in part of farm land of Sorkhankalateh, Golestan Province, J.Agric. Sci. Natur. Resour., 14(4).

Bookhagen R.C. Strecker T.M.R. (2005). Abnormal monsoon years and their control on erosion and sedimentflux in the high, arid northwest Himalaya.Earth Planet. Sci. Lett., 231: 131–146

Ceddia, M.B., Vieira, S.R., Villela, A.L.O., Mota, L.D.S., Anjos, L.H.C.D., and Carvalho, D.F.D. (2009). Topography and spatial variability of soil physical properties. Scientia Agricola.66: 3. 338-352.

Cruz-cardenas G., Lopez-mata L., Ortiz-solaro C., Villasenor J., Ortiz E., Teodrasilva J. and Estrada-godoy, F. (2014). Interpolation of Mexican soil properties at a scale of 1:1,000,000, Geoderma, 213-29–35

Flynn, T., de Clercq, W., Rozanov, A.,and Clarke, C.(2019). High-resolutiondigital soil mapping of multiple soil properties: an alternative to the traditional field survey. South African Journal of Plant and Soil. pp. 237-247.

Genuer, R., Poggi, J.M., and Tuleau-Malot, C. (2010). Variable selection usingrandom forests. Pattern Recognition Letters, 31: 14. 2225-2236.

Golmohamadi, F., Nabiollahi, K.,Taghizadeh-Mehrjardi, R., and Davari, M. (2017). Digital mapping of soil erodibility (Case study: Dehgolan, Kurdistan province). Journal of Waterand Soil Conservation. 24: 87-103.

Gonzalez, D.; Quintero-Moreno, A.; Palomares, R.; Rojas, N.; Araujo, O.; Soto, G., (2003). Use of *Gliricidia sepium* in feed supplementation of crossbred heifers and its effect on growth and the onset of puberty. Revista Cientifica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, 13 (1): 45-52

Junior, L.A.Z., Lana, R.M.Q., and Guimaraes, E.C. (2007). Variabilidade espacial do pH, teores de matéria organica e micronutrients em profundities de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. Ciência Rural. 37: 4. 1000-1007.Liu, J., Shi, B., Jiang, H., Bae, S., and Huang, H. (2009). Improvement of waterstability of clay aggregates admixed with aqueous polymer soil stabilizers.Catena. 77: 3. 175-179.

Mousavi, S.R., Sarmadian, F.,Dehghani, S., Sadikhani, M.R., and Taati, A. (2017). Evaluating inverse distance weighting and kriging methods in estimation of some physical and chemical properties of soil in Qazvin Plain. Eurasian Journal of Soil Science. 6: 4. 327-336.

Pengliu Z, Shao A. and Qiang Wang M. Y. (2013). Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire Loess Plateau region of China. Geoderma, 197-198

Pouladi, N., Moller, A.B., Tabatabai, S.,and Greve, M.H. (2019). Mapping soil organic matter contents at field level with Cubist, Random Forest and kriging. Geoderma. 342: 85-92.

Robinson T.P., and Metternicht G. (2006). Testing the performance of spatial interpolationtechniques for mapping soil properties. Computers and Electronics in Agriculture J, 50:97–108.

Schnitzer M. and Khan S.U. (1989). Soil organic matter. Developments in Soil Science.New York: Elsevier Science j.21:36-38

Veronesi, F., and Schillaci, C. (2019).Comparison between geostatistical and machine learning models as predictors of topsoil organic carbon with a focus on local uncertainty estimation. Ecological Indicators. 101: 1032-1044.

Vieira S. R. and Paz Gonzalez A. (2003). Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. Bragantia, Campinas, 62: 127-138.

Yemefack M., Rossiter D. G. and Njomgang R. (2005). Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. Geoderma, 125: 117-143.

Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A.,Tajik, S., and Finke, P. (2019). Digitalmapping of soil properties using multiple machines learning in asemi-arid region, central Iran.Geoderma. 338: 445-452.

Assessment of Soil Organic Spatial Distribution Based on Geostatistics (case study: Maimeh, Ilam province)

Sahereh Safarlaki[*1], Azadeh Safadoust[2], Mahmoud Rostaminiya[3], Seyed Roohollah Mousavi[4]

۱- PhD student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University; (saherehsafarlaki@gmail.com)

۲- Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University

۳- Associate Professor of Soil and Water Department, Agriculture Faculty, ILam Univerity

٤- PhD graduate in Soil Resource Management, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran.

Abstract

Organic carbon in soil is one of the important indicators of soil quality, with significant effects on global warming, land degradation, and food security. This research compares geostatistical methods for estimating and predicting the spatial distribution of soil organic carbon in the Meymeh Dehloran region of Ilam province. After variogram calculation, the best-fitting model was found to be an exponential model. Subsequently, the spatial distribution of soil organic carbon was analyzed using cross-validationing, Universal Cokriging, and Simple Cokriging methods. Furthermore, the methods were compared using cross-validation indicators, including root mean square error and mean error. Based on the results, ordinary kriging with the lowest error values and the highest accuracy was employed for interpolating soil organic carbon. The range of variation in the surface soil organic carbon content in the 0-20 cm layer was between 0.11% and 1.56%.

Keywords: Interpolation, Dehlran, geostatistics, organic carbon, kriging

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

کاربرد تلفیقی برخی بهسازهای آلی و کودهای شیمیایی همزمان با خاک‌ورزی و اثر آن بر عملکرد نیشکر (کشت و صنعت دعبل خزاعی)

فریده یاراحمدی۱ ، احمد لندی۲ ، نعیمه عنایتی ضمیر۳

۱- دانش‌آموخته دکتری رشته مدیریت منابع خاک و ارزیابی اراضی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، * landi@scu.ac.ir

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

چکیده

تاثیر استفاده از باگاس و فیلترکیک حاصل از نیشکر با برخی کودهای شیمیایی همزمان با خاک‌ورزی و دو مرحله آبیاری، بر برخی ویژگی¬های نیشکر به صورت فاکتوریل بر مبنای بلوکهای کامل تصادفی و در مزرعه ای به وسعت ۱۹ هکتار واقع در کشت و صنعت نیشکر واحد دعبل در استان خوزستان در سال ۱۴۰۰بررسی شد. تیمارها شامل بهساز آلی (باگاس، فیلترکیک، ترکیب باگاس و فیلترکیک، بدون ماده آلی)، کود اوره (با و بدون اوره) و کودسوپر فسفات تریپل (۱۰۰ و ۷۵ ٪ توصیه کودی) بود. پیش از خاک‌ورزی، بهسازها در کرت‌ها توزیع و پخش شدند. نتایج نشان داد اثر تلفیقی بهساز و کود اوره بر تعداد پنجه و وزن تک ساقه قابل آسیاب معنی‌دار بود. بیشترین مقدار ویژگی های ذکر شده پس از کاربرد فیلترکیک و اوره بدست آمد که برابر ۷۵۷۵۴۲ پنجه در هکتار و ۸۵۷/۵۵ گرم وزن تک ساقه قابل آسیاب بود که به ترتیب ۷۸/۴ و ۴۱/۳۵ درصد نسبت به عدم کاربرد بهساز و کود اوره بیشتر بود. کاربرد کود اوره به همراه باگاس باعث افزایش ۷/۳۵ درصد تعداد ساقه نسبت به شاهد شد. کاربرد فیلترکیک، ترکیب باگاس+ فیلترکیک و باگاس با اوره به ترتیب ۵۴، ۳۱/۲ و ۱۳/۳ درصد عملکرد را نسبت به شاهد افزایش داد. عملکرد محصول بدست آمده به ترتیب برابر ۱۳۵/۱، ۱۲۰/۱ و ۹۹/۴ تن در هکتار بود. با توجه به اثر فیلترکیک و باگاس و شیوه کاربرد آن‌ها بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه نیشکر، استفاده از آنها به روش پژوهش حاضر توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: بهساز آلی، اوره، سوپر فسفات تریپل، عملکرد.

مقدمه

کودهای آلی علاوه بر نقش مثبتی که در اصلاح ویژگی¬های فیزیکی خاک دارند؛ موجب بهبود ویژگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی خاک شده و در نتیجه وضعیت تغذیه گیاه را بهبود داده و ازدیاد محصول را به همراه خواهند داشت (Madrid et al., 2008). نیشکر یکی از محصولات مهم زراعی است که در صنعت شکر دنیا نقش مهمی ایفا می‌کند (Chandel et al., 2013). باگاس ماده‌ای فیبری (تفاله) است که پس از استخراج شکر از نیشکر به بدست می‌آید، (حمایتی و همکاران، ۱۳۸۹). فیلتر کیک میتواند نقش اساسی در تولید محصولات کشاورزی ، حفظ حاصلخیزی خاک و بهبود تهویه خاک داشته باشد (Prado et al., 2013). آل‌کثیر و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی نتیجه گرفتند که استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فیلتر کیک بر کلیه صفات عملکردی مورد تحقیق به

جز وزن هزاردانه معنی‌دار بود. اضافه کردن ۴۰ تن باگاس + ۴۰ تن فیلترکیک به صورت مستقیم و در هنگام کشت بر تعداد، ارتفاع و وزن ساقه قابل آسیاب تفاوت معنی داری نشان نداد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۸۴). ترکیب مستقیم بقایای کشاورزی و صنعتی در خاک ممکن است نتایج نامطلوبی از جمله سمیت شیمیایی و تثبیت نیتروژن خاک ایجاد کند (Nakhla et al., 2017). گیاه نیشکر یک گیاه استراتژیک در خوزستان و نقش کلیدی در تولید و تامین سالانه شکر مصرفی کشور دارد؛ بدلیل حجم زیاد فرآورده‌های جانبی آن با توجه به اهمیت کودهای آلی در کشاورزی پایدار و ضرورت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی، تحقیق حاضر با هدف کاربرد همزمان بهسازهای آلی حاصل از کارخانه نیشکر با عملیات خاک‌ورزی به همراه برخی سطوح کود اوره و سوپرفسفات تریپل و ارزیابی اثر آن بر عملکرد نیشکر در جنوب خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۴۰۰ در یک مزرعه آزمایشی واقع در کشت و صنعت نیشکر واحد دعبل خزاعی (عرض جغرافیایی۳۱درجه و۸دقیقه شمالی وطول جغرافیایی۴۸درجه و۳۵دقیقه شرقی) در کیلومتر ۲۵ جاده آبادان در استان خوزستان انجام شد. پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل باگاس و فیلتر کیک به عنوان بهساز آلی (بدون بهساز،۵۰ تن در هکتار باگاس، ۵۰ تن در هکتار فیلترکیک، ۵۰تین در هکتار ترکیب باگاس و فیلترکیک) دو سطح صفر و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و دو سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده از کود سوپر فسفات تریپل (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) (۱۸۷/۵ کیلوگرم در هکتار) بود. تیمار شاهد شامل شرایط نرمال مزرعه (کاربرد معمول کودهای شیمیایی) و بدون تیمار کود اوره بود. نمونه برداری از عمق ۰-۴۰ سانتی متری انجام شد. بهسازها همزمان با عملیات تهیه زمین برای کشت به خاک اضافه شد. کود اوره در تیمارهای مربوط به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اضافه شد. آبیاری در دو نوبت در مرحله آماده سازی مزرعه و پیش از کشت گیاه انجام شد، عملیات تهیه زمین مطابق روش معمول تهیه زمین نیشکر انجام شد. کود سوپرفسفات تریپل پس از فارو زنی و پیش از کشت مطابق سطوح تعریف شده اضافه شد. تعداد پنجه و ساقه قابل آسیاب در هکتار، وزن نی، عملکرد بر حسب تن در هکتار اندازه‌گیری شد؛ تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری استاتیستیک و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول۱. برخی ویژگی‌های اولیه خاک مورد مطالعه.

کربنات کلسیم	کربن آلی	نیتروژن کل	C/N	سدیم	پتاسیم محلول	فسفر قابل جذب	CEC	وزن مخصوص ظاهری	EC(ds/m)	pH	بافت
(درصد)	درصد	درصد		meq/l	meq/l	ppm	Cmol/kg	g/m3			
۴۶/۶	۰/۷	۰/۰۴	۱۹	۲۷/۲	۰/۲۰	۲/۹	۶/۰۹	۱/۵	۴/۶	۸/۸	لوم رسی

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس اثر بهساز آلی، کود اوره و کود فسفاته بر ویژگی های کمی و کیفی عملکرد نیشکر و میزان شربت. حروف U کود اوره، P کود فسفاته و O بهساز یا همان ماده آلی اضافه شده است.

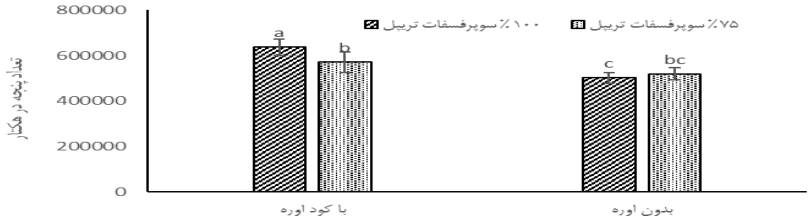
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد جوانه در هکتار	تعداد پنجه در هکتار	تعداد ساقه قابل آسیاب در هکتار	متوسط عملکرد محصول (تن در هکتار)	متوسط وزن تک ساقه (گرم)
بلوک(r)	۲	۱/۲۰E+۱۰	۱/۱۰E+۱۰	۵۸۳۸۸۳۰	۱۱۸/۷۸	۳۱۳۸/۴
بهساز آلی(O)	۳	۷/۶E+۱۰**	۱/۳E+۱۱**	۹/۴۱E+۰۸**	۴۱۶۶/۶۰**	۹۶۲۰۷/۴**
کود سوپر فسفات تریپل (P)	۱	۲/۴E+۰۹^{ns}	۷/۱۲E+۰۹^{ns}	۱/۴۳E+۰۸^{ns}	۱۹۸/۷۸*	۴۱۹۱/۲*
کود اوره (U)	۱	۱/۳E+۱۱**	۱/۱E+۰۹**	۴/۹۵E+۰۷^{ns}	۱۲۰۹/۰۲**	۵۵۴۶۲/۸**
اثر متقابل (O*P)	۳	۱/۳E+۰۹^{ns}	۶/۲E+۰۹^{ns}	۲/۱۵E+۰۷^{ns}	۳۶/۶۴^{ns}	۲۳۱۴/۹^{ns}
اثر متقابل (O*U)	۳	۱/۰۸E+۱۰*	۱/۸E+۱۰**	۵/۴۲E+۰۷*	۵۸۴/۱۰**	۱۵۱۳۰/۶**
اثر متقابل (U*P)	۱	۴/۰E+۰۹^{ns}	۲/۱۲E+۱۰*	۳/۸۷E+۰۷^{ns}	۰/۸۶^{ns}	۲۸۱/۱^{ns}
اثر متقابل (O*U*P)	۳	۳/۴E+۰۹^{ns}	۸/۲E+۰۹^{ns}	۲/۵۵E+۰۷^{ns}	۳/۹۱^{ns}	۶۵۸/۲^{ns}
خطا (U)	۳۰	۲/۸۴E+۰۹	۳/۲۳E+۱۱	۱/۷۴E+۰۷	۳۹/۰۹	۹۰۵/۳

*:سطح معنی داری ۵٪، **: سطح معنی داری ۱٪، ns: عدم معنی داری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در هکتار با کاربرد فیلترکیک و پس از آن فیلترکیک + باگاس همراه با کاربرد اوره به دست آمد. کاربرد فیلترکیک با اوره باعث افزایش ۷۸/۴ درصد ، ترکیب مساوی فیلتر کیک و باگاس به همراه اوره به میزان ۴۵/۴ درصد و باگاس با اوره به میزان ۴۳/۹ نسبت به شاهد شد (شکل ۱). تعداد پنجه برای تیمارهای ذکر شده به ترتیب برابر ۷۵۲۵۴۲، ۶۱۷۱۲۵ و ۶۱۱۰۰۰ در هکتار بود. علت افزایش تعداد پنجه در تیمارهای دریافت کننده فیلترکیک می تواند به این علت باشد که این ماده حاوی نیتروژن و فسفر قابل دسترس برای گیاه است (Rahmed et al., 2019). این یافته با نتایج برخی تحقیقات همخوانی دارد (Rahmed et al., 2019, Bokhtiar et al., 2008).

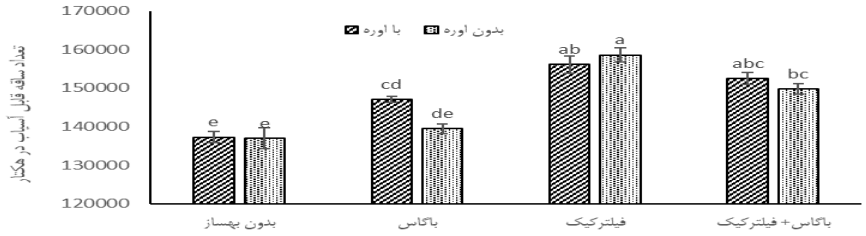
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل ماده آلی و کود اوره بر تعداد پنجه در هکتار گیاه نیشکر.

بیشترین تعداد پنجه مربوط به اثر متقابل کاربرد اوره با ۱۰۰٪ مقدار توصیه سوپرفسفات تریپل بود که نسبت به عدم کاربرد اوره و ۷۵ درصد کود فسفاته، ۲۲/۸ درصد بالاتر بود (شکل ۲). علت را می‌توان به نقش کودهای شیمیایی در تامین سریع عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بخصوص در مراحل اولیه رشد نسبت داد (Al-zubaidi et al., 2020).



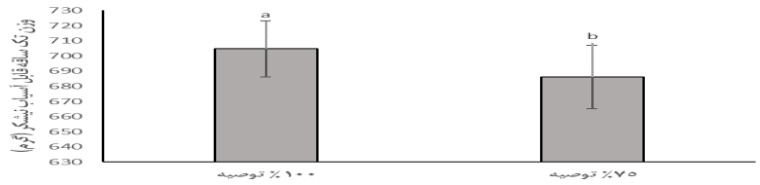
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف کود اوره و سوپرفسفات تریپل بر تعداد پنجه در هکتار نیشکر

مقایسه میانگین اثر متقابل ماده آلی و اوره بر تعداد ساقه قابل آسیاب نشان داد (شکل ۳) که بیشترین تعداد ساقه مربوط به فیلترکیک و بدون اوره بود. در حضور باگاس، کاربرد اوره تاثیر بیشتری بر تعداد ساقه نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد که این افزایش نسبت به شاهد به میزان ۷/۳۵ درصد و نسبت به کاربرد باگاس بدون اوره ۵/۴۳ درصد افزایش داشت. این نتایج با تحقیقی در سال ۲۰۱۹ در اندونزی، همخوانی دارد (Rahmed et al., 2019).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل ماده آلی و کود اوره بر تعداد ساقه قابل آسیاب نیشکر در واحد سطح.

کاربرد ۱۰۰ ٪ توصیه فسفری، وزن ساقه را نسبت به سطح ۷۵ درصد کود فسفره ، ۲/۴۷ افزایش داد (شکل۴).

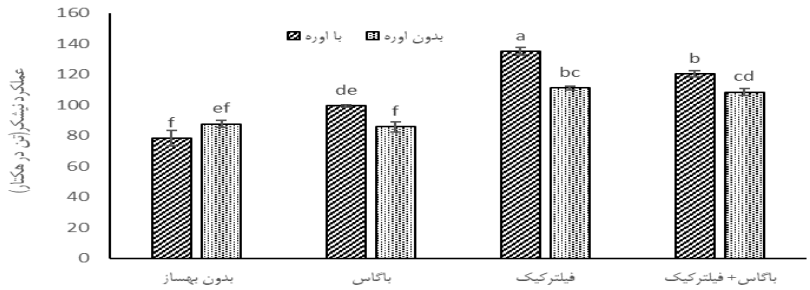


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر کود سوپرفسفات تریپل بر متوسط وزن تک ساقه قابل آسیاب نیشکر بر حسب گرم،

مقایسه میانگین اثر متقابل ماده آلی و کود اوره بر وزن ساقه نشان داد که بیشترین وزن ساقه مربوط به استفاده از فیلترکیک با اوره بود که نسبت به تیمار شاهد، ۴۱/۳۵ درصد افزایش داشت (شکل ۵).

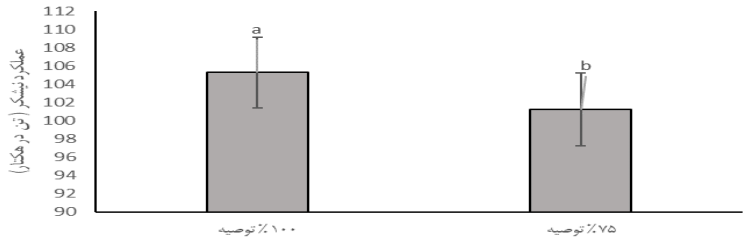
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای بهساز آلی و کود اوره بر متوسط وزن تک ساقه قابل آسیاب نیشکر بر حسب گرم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها معنی دار بودن اثر متقابل دو تیمار بهساز آلی و کود اوره را در هر دو سطح یک درصد و اثر جداگانه کود فسفاته را در سطح ۵ درصد بر عملکرد محصول در واحد سطح نشان داد (جدول۲). تمام بهسازها نسبت به تیمار بدون بهساز به طور معنی‌داری توانستند باعث افزایش عملکرد نیشکر در واحد سطح شوند که عمده‌ترین دلیل آن را می‌توان زمان و نحوه متفاوت استفاده از این بهسازها دانست. نتایج بدست آمده با نتایج تعداد دیگری از تحقیقات همخوانی (Rahmed et al., 2019, Crusciol et al., 2021, Crusciol et al., 2021, Goncalves et al., 2021). در تحقیقی استفاده مستقیم از باگاس بلافاصله قبل از کشت تاثیری بر افزایش عملکرد نداشت (عبدالهی، ۱۳۸۴). بیشترین میزان عملکرد با کاربرد فیلتر کیک و پس از آن فیلتر کیک + باگاس همراه با اوره به دست آمد (شکل ۶). فیلترکیک و اوره به میزان ۵۴ درصد، ترکیب مساوی فیلتر کیک و باگاس و کود اوره، ۳۱/۲ درصد و باگاس، ۱۳/۳ نسبت به شاهد باعث افزایش عملکرد شدند. عملکرد بدست آمده به ترتیب برابر ۱۳۵/۱، ۱۲۰/۱ و ۹۹/۴ تن در هکتار بود. این یافته با نتایج تحقیقات دیگر همخوانی دارد (آل‌کثیر و همکاران، ۱۳۹۷، صادقی پور و همکاران، ۱۳۷۷، Nisrane et al, ۲۰۱۷; Bhadha et al., 2020, Singh et al.,, 2003).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل دو تیمار بهساز آلی و کود اوره بر متوسط عملکرد محصول نیشکر بر حسب تن در هکتار،

میانگین عملکرد محصول نیشکر با کاربرد کود فسفاته به میزان ۱۰۰٪ توصیه نسبت به سطح کاربرد ۷۵ درصد کود فسفره به میزان ۴ درصد افزایش داشت (شکل ۷). این نتیجه با یافته‌های صادق بختیاری و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد (صادق بختیاری و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر کود سوپرفسفات تریپل بر متوسط عملکرد محصول نیشکر،

نتیجه‌گیری

گیاه نیشکر مانند بسیاری از گیاهان دیگر در شرایط مختلف آب و هوایی، مدیریتی و بر اساس نوع رقم آن می تواند پاسخ های مختلفی به تغییرات اعمال شده و میزان عناصر دریافتی بدهد. همانطور که در نتایج این پژوهش مشاهده شد، به طور کلی اثر بهسازهای آلی بر روی پارامترهای عملکردی گیاه نیشکر اثر گذار بوده است. در صورتی که در برخی تحقیقات و همچنین به صورت تجربی به خصوص در مورد باگاس، در سالهای ابتدایی پس از کاربرد مستقیم آنها و بلافاصله قبل از کشت که به طور معمول پیش از مرحله ایجاد جوی و پشته انجام میشود، کاهش عملکرد محصول مشاهده می‌شود. علاوه بر فیلترکیک سایر سطوح ماده آلی اعم از کاربرد باگاس به تنهایی و یا در ترکیب مساوی با فیلترکیک، نسبت به حالت شاهد باعث افزایش معنی دار در تمام پارامترهای رشد و عملکرد کمی نیشکر شد. افزایش محصول پس از اضافه نمودن باگاس در این پژوهش نشان می¬دهد که کاربرد باگاس به شیوه تحقیق حاضر می¬تواند جایگزین مناسبی برای ساخت کمپوست در خارج از مزرعه باشد.

فهرست منابع

آل کثیر زارع، احمد؛ بابایی نژاد، تیمور و غلامی، علی (۱۳۹۷). بررسی اثرات مقادیر مختلف کود اوره و فیلترکیک نیشکر بر عملکرد و پارامترهای عملکردی گندم نان. دو فصلنامه علوم به زراعی گیاهی، ۸ (۲)، ۱۳۴-۱۲۱.

حمایتی، سعید؛ حمدی، حسن؛ طالقانی و آمیلی، حسین (۱۳۸۹). برنامه استراتژیک تحقیقات نیشکر. موسسه بذر چغندرقند (SBSI) و موسسه تحقیقات ، آموزش و توسعه نیشکر و محصولات جانبی.

حمید عبدالعظیم؛ لک، شهرام و مجدم، مانی (۱۴۰۱). اثر الگوهای مختلف کاشت بر تغییرات عملکرد و صفات کمی و کیفی نیشکر در جنوب خوزستان. پژوهشهای علوم کشاورزی پایدار، ۲(۲)، ۴۴-۶۴.

صادق بختیاری، مهدی؛ گنجعلی، حمیدرضا؛ مهربان، احمد و ابراهیمی، احمد (۱۳۹۵). بررسی اثرات کاربرد نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ در منطقه سیستان، یافته های نوین کشاورزی، ۱۰ (۴)، ۲۴۱-۲۵۳.

صادقی پور، امید؛ هاشمی دزفولی ، ابوالحسن و سیادت، عطااله (۱۳۷۷). بررسی رشد و عملکرد کلزا در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن و تراکم بوته. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج ، ۴.

عبدالهی، ل. (۱۳۸۴)، بررسی اثر باگاس و فیلترکیک به عنوان کود آلی بر تغییرات میزان کربن، میزان عناصر غذایی خاک، خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاه نیشکر. پایانامه کارشناسی ارشد. به راهنمایی عبدالامیر معزی. اهواز: دانشگاه شهید چمران، دانشکده کشاورزی.

Al-Zubaidi, M. S. K., Al-Zubaidi, N. A. J., & Al Mubarak, N. F. A. (2020). Effect of organic and biofertilizers on the vegetative traits of the sugarcane plant (*Saccharum officinarum L.*). *Plant Archives*, 20(2), 5653-5660.

Bhadha, J.H., Xu, N., Khatiwada, R., Swanson, S., & LaBorde, C. (2020). Bagasse: A potential organic soil amendment used in sugarcane production: SL477/SS690, 8/2020. EDIS, 5, 5-5.

Bokhtiar, S. M., Paul, G. C., & Alam, K. M. (2008). Effects of organic and inorganic fertilizer on growth, yield, and juice quality and residual effects on ratoon crops of sugarcane. *Journal of Plant Nutrition*, 31(10), 1832–1843.

Crusciol, C. A. C., McCray, J. M., de Campos, M., do Nascimento, C. A. C., Rossato, O. B., Adorna, J. C., & Mellis, E. V. (2021). Filter cake as a long-standing source of micronutrients for sugarcane. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 813–823.

De Carvalho, G. J., de Bastos Andrade, L. A., Gomide, M. B., & de Figueiredo, P. A. M. (1996). Allelopathic potential of senescent leaves and green leaves and tips of sugarcane, in different concentrations of dry matter, upon the germination of lettuce seeds. *Unimar Ciences*, 5(2), 19-24.

Dotaniya, M. L., Datta, S. C., Biswas, D. R., Dotaniya, C. K., Meena, B. L., Rajendiran, S., Regar, K. L., & Lata, M. (2016). Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 5, 185–194.

Madrid, F., Lopez, R., & Cabera. F. (2007). Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming condition. *Journal of Agriculture Ecosystem and Environment*, 119, 249-256.

Nakhla, D.A., Mahmoud, Y.I., & El Haggar, S. (2017). Production of compost and organic fertilizer from sugarcane residues. *Advances in Ecological and Environmental Research*. 2(2), 69-89.

Nisrane, B. N. (2017). *Effect of filter cake and bagasse on selected soil properties and response of ricw (Oryza sativa L.) to their application on calcareous sodic soils at Ambara, Ethiopia* (Doctoral dissertation, MSc. Thesis, Haramaya University, Haramaya).

Prado, R. D. M., Caione, G., & Campos, C. N. S. (2013). Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. *Applied and Environmental Soil Science*, 2013, 1-8.

Rahmad, L. A., Kuswinanti, T., & Musa, Y. (2019). The Effect of Sugarcane Bagasse and Filter Mud Compost Fertilizer and Manure Application on the Growth and Production of Sugarcane. *International Journal of Science and Technology*. 6(6), 338-345.

Singh, P., Suman, A., & Shrivastava, K. (2003). Isolation and identification of allelochemicals from sugarcane leaves. *Allelopathy Journal*. 12(1), 71-80.

Effects of Filter Cake, Bagasse and Chemical Fertilizers Application on Sugarcane Yield in Southern Khuzestan (Case Study: Sugarcane Agro-industry of Deabel Khozai)

FARIDEH YARAHMADI1, AHMAD LANDI2, NAEIMEH ENAYATIZAMIR3

۱ Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran .E-mail: Farideh-yarahmadi@stu.scu.ac.ir

۲ .Corresponding Author, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

۳ .Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Abstract

The effect of obtained bagasse and filter cake from sugarcane industry with some chemical fertilizers at the same time as soil preparation and two stages of irrigation, on some characteristics of sugarcane was investigated as a factorial in a randomized complete block design in 2021 in a field of 19 hectares located in Debel Khazei agro-industry company in Khuzestan province, Iran. Treatments included organic amendment (bagasse, filter cake, bagasse + filter cake combination, no organic matter), urea fertilizer (with and without urea), and triple superphosphate fertilizer (100% and 75% of the recommended dosage). The results showed that the combined effect of organic amendment and urea fertilizer was significant on the number of tillers, and stem weight. The maximum value of each trait was measured by the application of filter cake and urea fertilizer by 757542 tillers per hectare, and 857.55 g of individual stem weight, which were 78.4, and 41.35% higher than the non-application of organic amendment and urea fertilizer, respectively. Applying urea with bagasse resulted in a 7.35% increase in the number of stems compared to the control. The application of filter cake, the combination of bagasse + filter cake and bagasse with urea increased the yield by 54, 31.2, and 13.3 percent, respectively, compared to the control. The yield was 135.1, 120.1, and 99.4 tons per hectare, respectively. Based on the effect of filter cake and bagasse and their application method on sugarcane's growth and yield characteristics, their use is recommended using the present research method.

Keywords (Times New Roman, 10pt, Bold): Organic amendment, Triple superphosphate, Urea, Yield.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر کاربرد بیوچار ماده آلی پوست انار و ماده معدنی زئولیت بر برخی ویژگی‌های خاک

افسانه عالی نژادیان بیدآبادی[۱] و ندا علیپور یوسفوند [۲]

۱- هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان: **Alinezhadian.a@lu.ac.ir**

۲- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

چکیده

اگرچه استفاده از کود در خاک‌های فقیر جهت افزایش حاصلخیزی خاک و رشد بهینه گیاهان امری ضروری است، اما در سال های اخیر استفاده از کودهای شیمیایی باعث آسیب‌های زیست محیطی فراوانی شده است، بدین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی خاک از بیوچار پوست انار و زئولیت به عنوان کودهای طبیعی و سازگار با محیط زیست، بر برخی از خصوصیات خاک خوابانده شده به مدت دو ماه در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه فیزیک خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر سطح ۱ و ۲ درصد وزنی خاک بیوچار در سطح احتمال یک درصد بر جرم مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار بود. سطح۱ و ۲ درصد وزنی خاک زئولیت سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک شد. همچنین استفاده از بیوچار پوست انار و زئولیت سبب افزایش اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک نسبت به تیمار شاهد گردید.

واژگان کلیدی: بیوچار، جرم مخصوص خاک، زئولیت

مقدمه

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به دلایل مختلف مانند عدم وجود پوشش گیاهی کافی به دلیل کمبود بارش، دمای بالا، حذف بقایای گیاهی و استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی، کربن آلی کمی دارند (Ali Doust et al., ۲۰۱۹) با توجه به نقش مثبت کربن آلی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و تأثیر آن در افزایش محصولات کشاورزی، محققان به دنبال روش‌هایی هستند که کربن آلی خاک را افزایش دهند. یکی از راه‌های مؤثر جهت تأمین کربن آلی خاک، تبدیل ضایعات کشاورزی و حیوانی به ترکیباتی است که ضمن تولید انرژی، باعث کاهش حجم و وزن مواد زائد و اثرات نامطلوب شیرابه آن‌ها شود (Lehmann et al., 2012). یکی از این ترکیبات پیشنهادی، بیوچار است. بیوچار، ترکیب آلی پایدار و غنی از کربن است که از طریق تجزیه گرمایی هر نوع زیست‌توده تحت شرایط بدون

اکسیژن یا حضور جزئی آن، که در اصطلاح به این فرایند گرماکافت گفته می‌شود، به‌دست می‌آید (Sohi et al., ۲۰۱۰). با توجه به این‌که نوع زیست‌توده تأثیر بسیار زیادی بر ویژگی‌های بیوچار تولید شده دارد؛ بر این اساس برای تولید بیوچار می‌توان از انواع ترکیبات و بقایای آلی مانند کاه و کلش گندم، شاخ و برگ درختان، انواع کودهای دامی، لجن، فاضلاب و غیره استفاده کرد (Lehmann and Joseph, 2009).

تحقیقات نشان داد در سال‌های اخیر از بیوچار به‌عنوان روشی برای ترسیب کربن در خاک و اصلاح‌کننده خاک‌های کشاورزی استفاده شده است (Liu et al., 2019). بیوچار به دلیل داشتن سطح ویژه و تخلخل زیاد اغلب سبب کاهش چگالی ظاهری خاک، تغییر در توزیع اندازه منافذ، افزایش تخلخل خاک و نیز بهبود ساختمان خاک می‌شود (Tanure et al., 2019). YazdanPanahi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که با افزودن بیوچار طبیعی و بیوچار تهیه شده از زباله‌های شهری، چگالی ظاهری خاک کاهش یافت ولی Verheijen (۲۰۱۹) گزارش کرد که ذرات ریز بیوچار با پر کردن منافذ خاک در فاصله زمان ۱۰ روز بعد از افزودن بیوچار به خاک، چگالی ظاهری خاک را افزایش داد.

از موارد دیگری که برای بهبود و اصلاح خاک استفاده می شود، افزودن مواد اصلاحی به خاک است (Shfiei et al., ۲۰۱۰). از جمله این مواد اصلاحی می‌توان به ماده معدنی زئولیت اشاره کرد. زئولیت‌ها عمدتا از آلومینوسیلیکات‌ها تشکیل شده اند و جهت افزایش کارایی کودها استفاده می‌شوند (Tsintskaladze et al., 2016). زئولیت به علت ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و نیز توانایی که برای نگه‌داری آب و صرفه‌جویی آن دارد به عنوان اصلاح کننده خاک مناسب می‌باشد (Zaghloul et al., 2016).

تاکنون تحقیقاتی محدودی در رابطه با اثر و مقایسه همزمان بیوچار ماده‌ی آلی و ماده‌ی معدنی بر خصوصیات خاک صورت گرفته است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر این دو ماده (بیوچار پوست انار و زئولیت) بر برخی از خصوصیات خاک اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه فیزیک خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با هدف بررسی تأثیر بیوچار پوست انار و زئولیت بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک در زمستان سال ۱۴۰۱به مدت دو ماه انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش شامل دو تیمار مختلف از بیوچار پوست انار و زئولیت، هر کدام در سه سطح مختلف ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی خاک و شامل سه تکرار بود. نمونه بدون بیوچار و بدون زئولیت به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌ی خاک از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک دانشکده کشاورزی برداشت و پس از خشک شدن در هوا از الک دو میلی‌متری عبور داده شد سپس با ماسه بادی با نسبت یک به یک ترکیب شد. قبل از انجام آزمایش‌های مربوطه، برخی از خصوصیات نمونه خاک با استفاده از روش‌های مرسوم اندازه‌گیری شد (جدول ۱). برای انجام این پژوهش بیوچار پوست انار از شرکت فصل پنجم شیراز (جدول ۲) و زئولیت از شرکت پارس‌آور سمنان (جدول ۳) تهیه گردید.

با توجه به تیمارهای آزمایشی (۰، ۱ و ۲ درصد وزنی خاک) بیوچار پوست انار و زئولیت با دانه‌بندی متناسب با خاکی که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده بود، اضافه گردید و سپس در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس به مدت دو هفته در شرایط انکوباسیون قرار گرفت تا خاک درون کیسه‌ها کاملا مخلوط شده و سپس به داخل ستون های خاک منتقل شد. این تحقیق در ستون‌های خاک از جنس لوله‌های پلیکا به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر صورت گرفت. به‌منظور جلوگیری از خروج خاک، انتهای استوانه‌ها توسط توری پارچه‌ای مسدود گردید. ستون‌های خاک روی شبکه فلزی قرار داده شدند و در طول تحقیق رطوبت خاک ستون‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداشته شدند. پس از پایان این دوره ویژگی‌هایی از خاک از قبیل جرم مخصوص حقیقی از روش پیکنومتر، جرم مخصوص ظاهری از روش نمونه برداری با رینگ استاندارد، هدایت الکتریکی از طریق هدایت سنج و اسیدیته از طریق pHمتر اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از این آزمایش بـا نـرم‌افـزار آماری JMP مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نهایی مورد استفاده

بافت خاک	سیلت	رس	شن	کربن آلی	جرم مخصوص ظاهری	pH	EC
-	درصد	درصد	درصد	درصد	(g/cm^3)	-	(dS/m)
لومی شنی	۲۰/۱۶	۱۶	۶۳/۸۴	۱/۲۸	۱/۴۷	۷/۹۵	۰/۹۰۱

جدول۲- برخی خصوصیات بیوچار پوست انار مورد استفاده

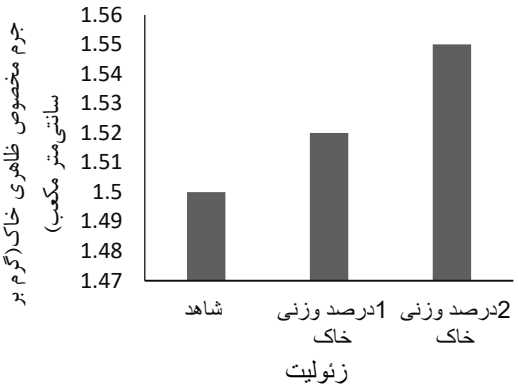
خاکستر	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	مواد آلی	pH	EC
درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	-	(dS/m)
۲۴/۶	۰/۳۴	۰/۷۹	۸/۰۶	۱۳/۸۹	۸/۲	۳/۲۵

جدول۳- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی زئولیت مورد استفاده

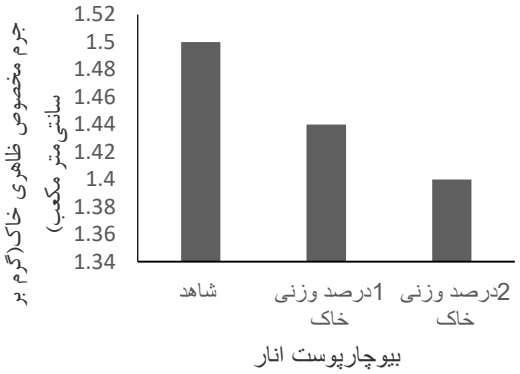
رنگ	حجم منافذ	جرم مخصوص حقیقی	جرم مخصوص ظاهری
-	(cm^3/g)	(g/cm^3)	(g/cm^3)
کرم رنگ	۰/۱۶	۲/۳	۰/۸

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریاس نشان داد، که تاثیر کاربرد تیمارهای مورد استفاده در تحقیق (بیوچار پوست انار و زئولیت) بر جرم مخصوص ظاهری نسبت به شاهد معنی‌دار بود، با این تفاوت که تیمار بیوچار باعث کاهش و تیمار زئولیت سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری در خاک شدند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک زئولیت سبب افزایش ۱/۳۳ و۳/۳۳ درصد و تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک بیوچار سبب کاهش ۴ و ۶/۶ درصد جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به تیمار شاهد گردید شکل (۲و۱).



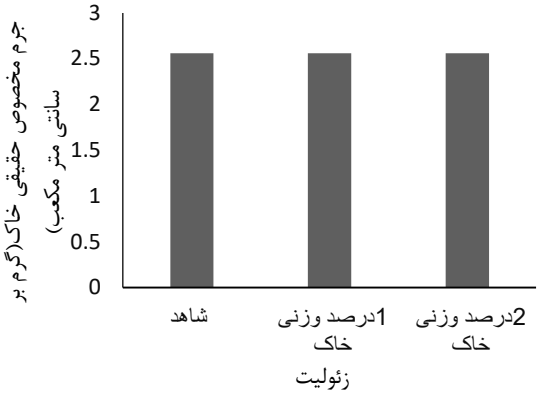
شکل ۱-اثر زئولیت بر جرم مخصوص ظاهری خاک



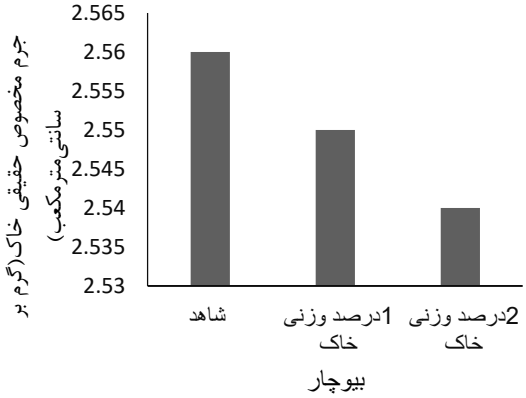
شکل ۲- اثر بیوچار پوست انار بر جرم مخصوص ظاهری خاک

کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در حضور بیوچار انار می تواند به دلیل مخلوط شدن خاک با ماده‌ای با جرم مخصوص کم‌تر و دیگری ناشی از تأثیر افزایش ماده آلی خاک در اثر کاربرد بیوچار باشد. ماده آلی باعث بهبود ساختمان خاک، شکل‌گیری خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها می‌گردد و از این طریق جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. Abel و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که عامل اصلی کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر مصرف بیوچار، شکل‌گیری خاکدانه‌ها و افزایش منافذ خاک است. Devereux .و همکاران (۲۰۱۳)، نیز بر اساس نتایج تحقیق خود بیان کردند که افزایش منافذ خاک در اثر مواد آلی موجود در بیوچار، باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید. طادی بنی و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند تمام سطوح مورد مطالعه بیوچار سبب کاهش میزان چگالی ظاهری خاک نسبت به شاهد شدند. کاهش چگالی ظاهری خاک در این پژوهش با نتایج پژوهش‌های Zhang و همکاران(۲۰۲۱) و ,Baiamonte و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر بیوچار پوست انار بر جرم مخصوص حقیقی خاک در معنی‌دار گردید ولی اثر زئولیت بر جرم مخصوص حقیقی خاک معنی‌دار نگردید.

تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک بیوچارسبب کاهش ۰/۳۹ و ۰/۷۸ درصد جرم مخصوص حقیقی خاک نسبت به تیمار شاهد گردید شکل (۳ و ۴).



شکل۳-اثر زئولیت بر جرم مخصوص حقیقی خاک

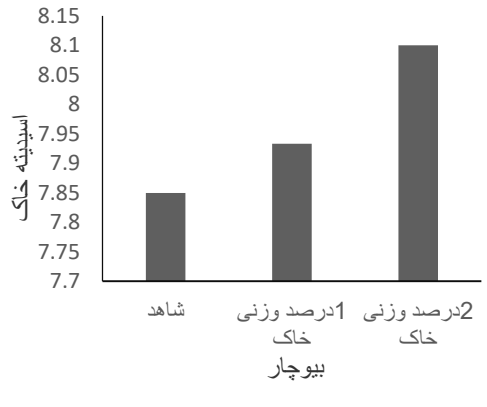


شکل ۴- اثر بیوچار پوست انار بر جرم مخصوص حقیقی خاک

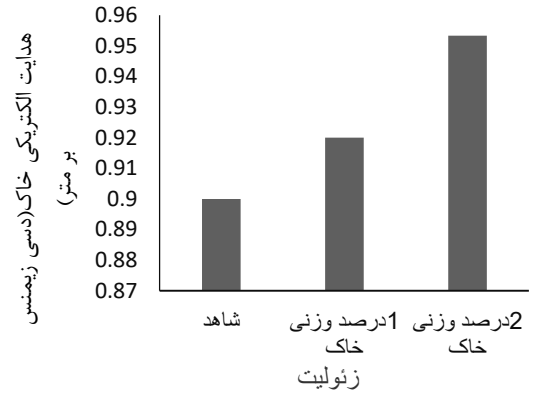
با توجه به اینکه بیوچار نسبت به ذرات معدنی خاک دارای جرم مخصوص ظاهری و حقیقی کمتری می‌باشد،بنابراین افزودن آن به خاک از طریق افزایش سهم ذرات آلی نسبت به معدنی در فاز جامد خاک، باعث کاهش جرم مخصوص حقیقی خاک می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش جرم مخصوص حقیقی خاک در اثر کاربرد بیوچار ناشی از افزایش سطح ماده آلی خاک می‌باشد (خدارحمی و همکاران ۱۳۹۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد افزودن بیوچار و زئولیت بر اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک اثر معنی دار داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک زئولیت سبب افزایش ۰/۶۳ و ۱/۹ درصد و تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک بیوچار سبب افزایش ۰/۶ و ۳/۱ درصد pH خاک نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۵ و۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک زئولیت سبب افزایش ۲/۲ و ۵/۸ درصد و تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک بیوچار سبب افزایش ۱/۱ و ۵/۵ درصد هدایت الکتریکی خاک نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل۷و۸).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد و تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک زئولیت ۱/۳۳ و۳/۳۳ درصد افزایش و تیمارهای یک و دو درصد وزنی خاک بیوچار ۴ و ۶/۶ درصد کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به تیمار شاهد گردید شکل (۲و۱).

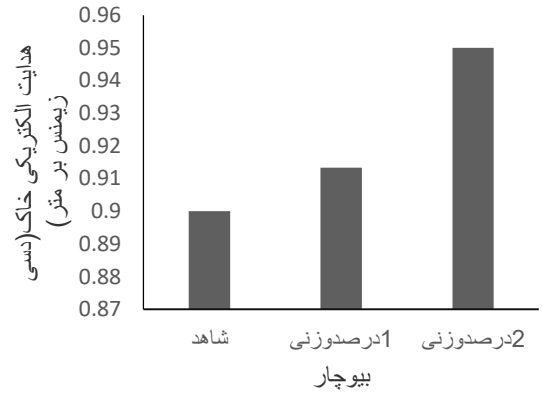
شکل۵-اثر زئولیت بر اسیدیته خاک



شکل ۶- اثر بیوچار پوست انار بر اسیدیته خاک



شکل۵-اثر زئولیت بر هدایت الکتریکی خاک



شکل ۶- اثر بیوچار پوست انار برهدایت الکتریکی خاک

بقایی (۱۳۹۷)بیان کرد کاربرد کمپوست پسماند شهری شازند و بیوچار پوسته انار ساوه باعث افزایش۰/۴ واحدی pH خاک شد. Liang و همکاران افزایش قابل ملاحظه در pH خاک در نتیجه کاربرد بیوچار را نشان داد. تحقیقات قبلی نشان دادند بیوچار حاوی برخی عناصر مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم است (Nelson et al., 2011) و موقعی که بیوچار به خاک اضافه شود، می‌تواند یون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم محلول خاک را افزایش دهد که این تاثیر ممکن است یکی از دلایل برای افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک باشد. زئولیت‌ها به دلیل سطح ویژه بالا و محبوس کردن کاتیون‌ها و آنیون‌ها در ساختار بلورین خود حاوی مقادیر قابل توجهی از املاح هستند، در محیط خاک قادر به آزادسازی یون‌ها در محلول خاک و محیط ریشه می‌باشند (اختیاری و صفادوست ۱۳۹۶). بنابراین افزودن آن‌ها به محیط خاک سبب افزایش هدایت الکتریکی و pH خاک گردیده است.

نتیجه‌گیری

نتـایج نشان داد که استفاده از بیوچار سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و استفاده از زئولیت سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین استفاده بیوچار سبب افزایش جرم مخصوص

حقیقی خاک نسبت به تیمار شاهد گردید اما تیمار زئولیت تاثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص حقیقی خاک نسبت به تیمار شاهد نداشت. همچنین استفاده از بیوچار پوست انار و زئولیت سبب افزایش اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک نسبت به تیمار شاهد گردید.

منابع

احمدآبادی، ز.، قاجار سپانلو، م.، رحیمی آلاشتی، س .(۱۳۹۰). کاربرد ورمی کمپوست بر برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک ..مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،(۵۸):۱۲۵-۱۳۷.

اختیاری، س.، صفادوست، ا. (۱۳۹۶). اثر زئولیت بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.

بقایی، ا. (۱۳۹۷). بررسی اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری شازند و بیوچار پوسته انار ساوه بر کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک و گیاه سورگوم. فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱۱(۲).

خدارحمی، ی.، برومند نسب، س.، سلطانی محمدی، ا، ناصری، ع.ع. (۱۳۹۸). ارزیابی تأثیر بیوچار اصلاح شده و زئولیت بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لوم. *حفاظت منابع آب و* خاک. ۸(۴):۸۷-۱۰۲.

طادی بنی، ف.، کریمی، ا.، اصولی، ح. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر زمان بر کاربرد بیوچار حاصل از کاه و کلش برنج بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک لوم رسی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۴): ۸۰۹-۸۲۰.

Ali Doust, A.., Afioni, M.., Haj Abbasi, M., Mossadeghi, M. (2019). Application of multivariate statistical methods in evaluating soil quality indicators in the semi-arid region of Lordegan. Applied Soil Research, 7 (3): 192-206 .

Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., Wessolek, G. (2013). Impact of Biochar and Hydrochar Addition on Water Retention and Water Repellency of Sandy soil. Geoderma, 202(203): 183-191.

Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F., Pasquale, C. D. (2019). Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. Catena. 175:294-303.

Devereux, R. C., Sturrock, C. J., Mooney, S. J. (2013). The Effects of Biochar on Soil Physical Properties and Winter Wheat Growth. Journal of Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 103(1): 13-18.

Lehmann, J., Czimczik, C., Laird, D., Sohi, S. (2012). Stability of biochar in soil. In Biochar for environmental management (pp. 215-238).

Lehmann, J., Joseph, S.(2009). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London & Sterling, VA. 416p.

Liu, X., Mao, P., Li, L., Ma, J. (2019). Impact of biochar application on yield-scaled greenhouse gas intensity: Ameta-analysis. Science of the Total Environment. 656: 969- 976.

Liang B., Lehmann J., Solomon D., Kinyangi J., Grossman J., O'Neill B., Skjemstad J.O., Thies J., Luizao F.J., Petersen J., and Neves E.G. (۲۰۰۶). Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal, 70:1719–1730.

Nelson N.O., Agudelo S.C., Yuan W., and Gan J. (۲۰۱۱). Nitrogen and Phosphorus Availability in BiocharAmended Soils. Soil Science. 176: 218-2۲۶.

Tanure, M. M. C., da Costa, L. M., Huiz, H. A., Fernandes, R. B. A., Cecon, P. R., Junior, J. D. P., da Luz, J. M. R. (2019). Soil water retention, physiological characteristics, and growth of maize plants in response to biochar application to soil. Soil and Tillage Research, 192: 164-173.

Tsintskaladze, G., Eprikashvili, L., Urushadze, T., Kordzakhia, T., Sharashenidze, T., Zautashvili, M., Burjanadze, M. (۲۰۱۶). Nanomodified natural zeolite as a fertilizer of prolonged activity. annals of agrarian science. (14): 163-168

Verheijen, F. G., Zhuravel, A., Silva, F. C., Amaro, A., Ben-Hur, M., Keizer, J. J. (2019). The influence of biochar particle size and concentration on bulk density and maximum water holding capacity of sandy vs sandy loam soil in a column experiment. Geoderma, 347:194-202.

YazdanPanahi, A., and Ahmadali, Kh., And Zare, S., Jafari, M. (2019). The effect of two different biochars on the soil physical properties affecting irrigation management in desert regions. Iranian Soil and Water Research (Iranian Agricultural Sciences), 50 (4): 965-975.

Zaghloul, R. A., Mohamed, Y. F. Y., Rasha, M. E. (2016). Influential Cooperation between Zeolite and PGPR on Yield and Antimicrobial Activity of Thyme Essential Oil. International Journal of Plant & Soil Science, 13(1): 1-18.

Zhang, J., Amonette, J. E., Flury, M. (2021). Effect of biochar and biochar particle size on plant-available water of sand, silt loam, and clay soil. Soil and Tillage Research, 104992.

The effect of biochar application of pomegranate peel organic material and zeolite mineral on some soil properties

Afsaneh Alinejadian-Bidabadi [1], Neda Alipour-Yosefvand [۲]

1-Soil Physics and Conservation, Soil Science Department, Faculty of, Lorestan University, Khoramabad, Iran

2-P.h.D. student of Soil Physics and Conservation, Faculty of, Lorestan University, .Khoramabad, Iran

Abstract

Although the use of fertilizer in poor soils is necessary to increase soil fertility and optimal plant growth, in recent years the use of chemical fertilizers has caused a lot of environmental damage, for this purpose, the present research aims to investigate the effect of different levels of pomegranate biochar and Zeolite, as a natural and environmentally friendly fertilizer, was implemented on some physical characteristics of the soil in the form of a completely randomized design with 3 replications for two months in 1401 in the Faculty of Agriculture of Lorestan University. The levels of using pomegranate biochar and zeolite included three levels of 0, 1, and 2 percent by weight of soil. The results showed that the effect of 1% and 2% by weight of biochar soil was significant at the probability level of 1% on the apparent specific mass of the soil. The level of 1 and 2% by weight of zeolite soil caused a significant difference on the apparent and real specific gravity of the soil. The use of pomegranate skin biochar and zeolite increased soil acidity and electrical conductivity compared to the control treatment.

Keywords: biochar, soil mass , zeolite

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی اثر اسید هومیک بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک و عملکرد فلفل دلمه‌ای تحت سطوح مختلف آبی

مهتاب روشنیان[۱]، افسانه عالی‌نژادیان بید آبادی[۲]، عباس ملکی[۳]، امیر لکزیان[۴]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشگاه لرستان، خرم آباد

[۲]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان،خرم آباد، رایانامه: alinezhadian.a@lu.ac.ir

[۳]دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه لرستان، خرم آباد

[۴]استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه فردوسی، مشهد

چکیده

اسید هومیک می‌تواند با بهبود ساختمان خاک و نگه‌داری آب در خاک، سبب بهبود جذب آب توسط گیاهان شود. این ویژگی سبب شده تا کاربرد اسید هومیک در خاک‌های مناطق خشک مورد توجه قرار بگیرد. بر این اساس مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی اثر همزمان اسید هومیک و کم‌آبیاری بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک، کارایی مصرف آب و عملکرد فلفل دلمه‌ای به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح اسید هومیک (۰ (HA_0)، ۲ (HA_2) و ۴ (HA_4) گرم بر کیلوگرم خاک) و چهار سطح آبیاری ((L_{60}) ۶۰ ، (L_{80}) ۸۰، (L_{100}) ۱۰۰، L_{120}) ۱۲۰ درصد از تخلیه رطوبتی خاک)، در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه بجنورد با چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد تیمارهای $L_{80}HA_{40}$، $L_{100}HA_{40}$ و $L_{120}HA_{40}$ بیشترین تاثیر را در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک نظیر شاخص پایداری کل خاک (WSSI)، پایداری خاکدانه‌ها (AS)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و کاهش درصد تخریب خاکدانه‌ها (PAD) داشتند. بهترین عملکرد فلفل دلمه‌ای به ترتیب در $L_{8.}$۴۰، $L_{100}H_{40}$ و $L_{120}H_{40}$ مشاهده شد هرچند تفاوت بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نبود، کمترین مقدار عملکرد (۳۲۸۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان مصرف آب (۳۵۸۴/۶۱ مترمکعب در هکتار) به ترتیب در $L_{60}HA_0$ و $L_{60}HA_{40}$ مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: اسید آلی، شاخص پایداری کل خاک، درصد تخریب خاکدانه‌ها، کارایی مصرف آب

مقدمه

پایداری خاکدانه‌ها اغلب به عنوان شاخص ساختمان خاک استفاده می‌شوند (Xie et al., 2015). زیرا ساختمان بهتر خاک و پایداری بالاتر خاکدانه‌ها برای بهبود حاصلخیزی خاک، پایداری و باروری خاک ضروری می‌باشند (Zhang et al., 2016) پایداری خاکدانه ها به طور کلی به عنوان کسری از خاکدانه های باقی‌مانده پس از قرار گرفتن در معرض عوامل تنش زا تعیین می‌شود (Anjer et al., 2020). یکی از اهداف مهم توسعه گلخانه‌ها در کشور ارتقای بهره‌وری

تولید و افزایش راندمان مصرف آب است. افزایش بهره‌وری آب اساساً از دو طریق تثبیت سطح تولید محصول با کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد محصول در واحد سطح امکان‌پذیر است. استفاده از روش‌های کم‌آبیاری در کشت گلخانه-ای به منظور افزایش بهره‌وری آب اجتناب ناپذیر است. با توجه به اینکه بخش اعظم اراضی ایران از اقلیم خشک و نیمه خشک برخوردار است و تولید گیاهان زراعی با کمبود آب مواجه می‌شود، بنابراین این پژوهش با هدف تعیین اثر غلظت‌های مختلف اسید هومیک برای کاهش اثرات مخرب تنش کم‌آبی و بهبود شاخص‌های پایداری ساختمان خاک اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه پیام نور بجنورد به‌صورت گلدانی اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سطح آبیاری (L_{60}) ۶۰ ، (L_{80}) ۸۰، (L_{100}) ۱۰۰، (L_{120}) ۱۲۰ درصد بر اساس تخلیه رطوبتی خاک و سه سطح اسید هومیک (HA_0)، ۲ (HA_2) و ۴ (HA_4) گرم بر کیلوگرم خاک) بودند. شاخص‌های پایداری ساختمان خاک مانند شاخص پایداری کل خاک (WSSI)، میانگین وزنی قطر خاکدانه ها در حالت مرطوب (MWD_{wet})، پایداری خاکدانه‌ها (AS)، درصد تخریب خاکدانه‌ها (PAD) و کارایی مصرف آب (WUE) اندازه‌گیری شدند. پس از اختلاط خاک و اسید هومیک گلدان‌ها به صورت کامل اشباع شدند. خروج آب ثقلی از انتهای گلدان در بازه‌های زمانی مشخص اندازه‌گیری گردید و حدوداً بعد از گذشت ۲۴ ساعت خروج آب ثقلی متوقف گردید وزن گلدان در این حالت به عنوان وزن در حالت ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد (پورمنصور و همکاران، ۲۰۱۹)، آبیاری تمام گلدان‌ها براساس تخلیه رطوبتی و هر ۳ روز یک مرتبه انجام شد. به این صورت که مقدار آب مورد نیاز گیاه در شرایط ظرفیت زراعی (رطوبت ۲۳درصد) به عنوان تیمار ۱۰۰ درصد (L_{100}) در نظر گرفته شد و میزان آب مورد نیاز در سایر تیمارهای آبیاری (L_{60} ، L_{80} ، L_{100} ، L_{120}) به ترتیب با اعمال ضرایب ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲ نسبت به تیمار (L_{100}) محاسبه و به گلدان‌ها اضافه گردید طی دوره رشد گیاه، عملیات وجین علف-های هرز بعد از اولین آبیاری تا مرحله برداشت به صورت دستی انجام گردید. پس از طی دوره ۸۰ روزه رشد گیاه، میوه رسیده گیاه فلفل دلمه‌ای برداشت شد.

شاخص پایداری کل خاک (Whole soil stability index)

برای محاسبه شاخص پایداری کل خاک (WSSI) ابتدا طبق معادله (۱) نسبت خاکدانه‌های الک خشک برای هر کلاس اندازه ذرات تعیین شد.

$$Pai = [[WA - [(WC/WO) \times WA]]/WT] \quad [۱]$$

در این رابطه Pai: نسبت خاکدانه‌های الک خشک برای هر کلاس اندازه خاکدانه‌ها، W_A: وزن کل خاکدانه در هر کلاس اندازه، Wc: وزن خاکدانه‌های درشت اندازه‌گیری شده به روش الک تر، W_o: وزن خاکدانه‌ها قبل از الک تر W_t:

وزن خاکدانه‌های باقی مانده بر روی الک‌ها به اضافه خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۹/۵ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر می‌باشد.

سپس خاکدانه‌ای پایدار در آب (WSA) در چهار نمونه از هر کلاس اندازه ذرات بر اساس روش اصلاح شده (Kemper and Rosenau, 1986) محاسبه شد. به‌طور خلاصه خاکدانه‌ها (۴ گرم برای خاکدانه‌های ۹/۵ -۲ و ۲-۱ میلی‌متر و ۲ گرم برای خاکدانه‌های ۰/۱ -۰/۲۵ میلی‌متر و یک گرم برای ۰/۲۵ – ۰/۰۵۳ میلی‌متر) بر روی الک‌هایی با قطر $\frac{1}{4}$ ریزترین اندازه الک در هر کلاس اندازه قرار داده شدند و به مدت ۱۰ دقیقه از زیر اشباع شد. خاکدانه‌های پایدار به روش الک تر به مدت ۵ دقیقه در آب تکان داده شدند (Kemper and Rosenau, 1986). سپس خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک به آرامی آبشویی شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و مواد درشت (شن، ریشه و مواد آلی) با پراکنش خاکدانه‌ها در هگزا متافسفات سدیم ۰/۵ ٪ حذف و به مدت ۵ دقیقه شیک شد. مواد باقی‌مانده روی هر الک جمع آوری و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس وزن شدند و از وزن خاکدانه‌های اندازه‌گیری شده به روش الک تر کسر شد. فرمول محاسبه شده خاکدانه‌های پایدار در آب برای هر کلاس اندازه ذرات (Nichols and Toro, 2011).

$$WSA_i = [(W_a - W_c) \div W_o] \times 100 \qquad [۲]$$

در این فرمول Wa: وزن خاکدانه‌ها پس از الک تر برای هر کلاس، Wc وزن ذرات درشت (شن، ریشه‌ها و مواد آلی)و : W_oوزن خاکدانه‌ها قبل از الک تر برای هر کلاس است .در نهایت طبق معادله (۳) شاخص پایداری کل خاک (WSSI) بر اساس توزیع خاکدانه‌های خشک و (WSA) تعیین شد.

[۳]

$$WSSI = \left[\sum_i^n [(I) \times (Pai) \times ((WSAi) \div 100)]\right] \div n$$

در معادله بیان شده Pai:نسبت خاکدانه‌های الک خشک برای هر کلاس اندازه خاکدانه‌ها که از معادله [۱] به دست می‌آید. WSA_i خاکدانه‌های پایدار در آب برای هر کلاس اندازه که از معادله [۲] به دست آمد و n تعداد کلاس اندازه خاکدانه‌ها i=n است.

درصد تخریب خاکدانه‌ها (Percentage of aggregate destruction)

درصد تخریب خاکدانه‌ها (PAD) یکی دیگر از شاخص‌های مناسب مورد استفاده برای ارزیابی ساختار فیزیکی خاک است که بر اساس میانگین وزنی قطر خاکدانه های الک خشک (MWD_{dry}) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های الک مرطوب (MWD_{wet}) است به شرح زیر محاسبه شد.

$$PAD = [(Md - Mw)/Md] \times ۱۰۰ \qquad [۴]$$

که (m_d) و (m_w) وزن خاکدانه‌های بزرگتر از اندازه ۰/۲۵ میلی‌متر بر حسب گرم در دو حالت الک خشک (md) و تر (mw) می‌باشد.

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (Mean weight diameter)

میانگین وزنی وزنی قطر خاکدانه‌ها بر اساس (Kemper and Rosenau, 1986) محاسبه شد.

$$MWD=\Sigma \bar{x}iwi \quad [5]$$

پایداری خاکدانه‌ها (Aggregate stability)

یکی دیگر از شاخص‌ها، پایداری خاکدانه‌ها (AS) می‌باشد که با استفاده از روش الک تر و بعد از تصحیح شن بر اساس رابطه [۶] تعیین شد (Kemper and Rosenau, 1986)

.

$$AS = \frac{WSA-Msand}{Msampel-Msand} \times 100 \quad [6]$$

در رابطه ذکر شده Msand :وزن ذرات بین ۲ و ۰/۰۵ میلی‌متر بر گرم، WSA جرم خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی الک ۰/۲۵ میلی‌متری و Msampleجرم نمونه خاک است.

کارایی مصرف آب در گیاه (Water use efficiency)

کارایی مصرف آب عبارتند از مقدار ماده خشک تولید شده به ازای هر واحد آب مصرفی به وسیله‌ی گیاه که با استفاده از رابطه زیر تعیین شد

$$WUE=\frac{D}{W} \quad [7]$$

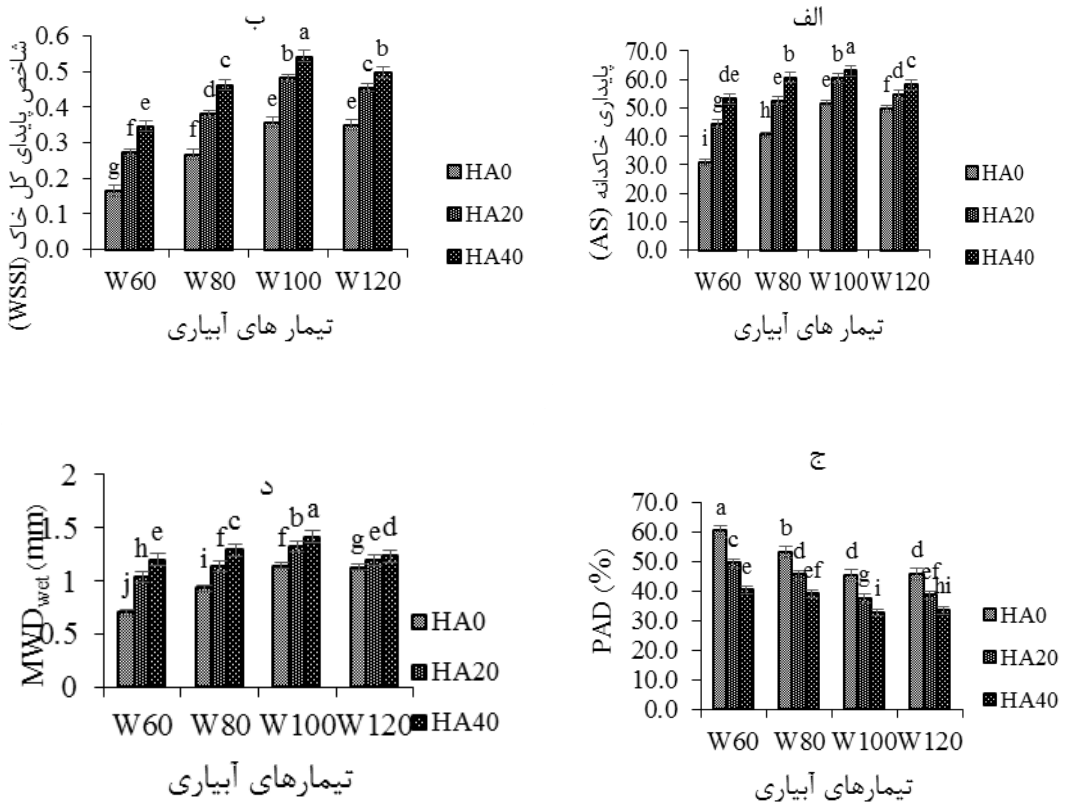
که در این رابطه WUE: کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، **W** مقدار آب مصرف شده توسط گیاه (مترمکعب) و D جرم ماده خشک (کیلوگرم) است.

داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم افزار آماری SPSS ورژن ۱۶مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

مقادیر MWD_{wet}، AS، WSSI با افزایش اسید هومیک مصرفی و سطح آبیاری تا ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک (L_{100}) افزایش و در سطح آبیاری ۱۲۰ درصد (L_{120}) کاهش یافتند. (شکل۱ الف، ب، د).حداکثر مقدار PAD در $L_{60}HA_0$ با ۳۲/۹۰٪ افزایش در مقایسه با $L_{100}HA_{40}$ مشاهده شد (شکل ۱ ج). رطوبت بهینه خاک می‌تواند با

افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها دانه‌بندی خاک را افزایش دهد. Blanco-Canqui و همکاران (۲۰۱۰) خصوصیات فیزیکی خاک تحت کم‌آبیاری را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش نمودند که MWD به طور قابل توجهی با افزایش غلظت کربن آلی خاک در اثر آبیاری افزایش یافت. به طور کلی، مواد آلی یکی از عوامل مهم در افزایش پایداری خاکدانه‌ها خاک و توسعه ساختمان خاک هستند (Fonteyne et al., 2021; Zhu et al., 2022). اسید هومیک (HA) به عنوان یک ترکیب آلی، توانایی خاک برای حفظ رطوبت را با بهبود ساختمان خاک و تخلخل خاک افزایش می‌دهد (چن و همکاران، ۲۰۲۱). Zhu و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که افزودن کاه به عنوان ماده آلی خاک، حاصلخیزی زمین کشاورزی را افزایش می‌دهد و با بهبود اسید هومیک در خاک باعث تشکیل خاک و پایداری خاکدانه‌های خاک می‌شود. Li و همکاران (۲۰۲۳) برخی از مواد آلی از جمله ورمی‌کمپوست، باگاس، بیوچار و اسید هومیک را بر روی پایداری خاکدانه‌های خاک مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها کمترین PAD و بهترین پایداری کل را در تیمار اسید هومیک مشاهده کردند.

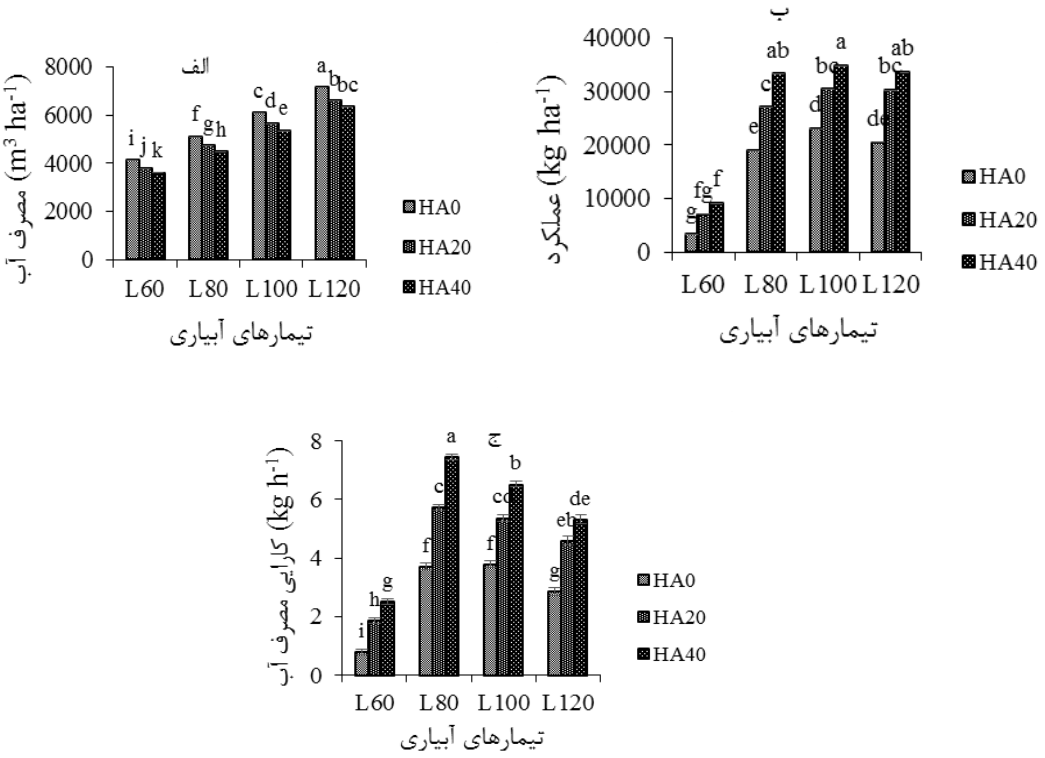


شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و اسید هومیک بر پایداری خاکدانه‌ها (الف)، شاخص پایداری کل خاک (ب)، درصد تخریب خاکدانه‌ها (ج) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (د)

کارایی مصرف آب (WUE)

با توجه به نتایج، با افزایش کاربرد اسید هومیک، عملکرد فلفل دلمه‌ای افزایش یافت (شکل ۲ ب) و مصرف آب (WU) کاهش یافت (شکل ۲الف) و در پی آن WUE افزایش یافت (شکل ۲ ج). کمترین مقدار عملکرد (۳۲۸۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار) و مصرف آب (۳۵۸۴/۶۱ مترمکعب در هکتار) به ترتیب در $L_{60}HA_0$ و $L_{60}HA_{40}$ مشاهده شد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که حداکثر مقدار WUE (۷/۴۵ کیلوگرم مترمکعب) در $L_{80}HA_{40}$ و کمترین مقدار WUE(۰/۸۰ کیلوگرم مترمکعب) در $L_{60}HA_0$ به دست آمد (شکل ۲ ج). این نتایج را می‌توان به نسبت عملکرد به مصرف آب نسبت داد به طوری که با افزایش مصرف آب، عملکرد افزایش یافته است، اما میزان افزایش عملکرد کمتر از میزان افزایش مصرف آب است.

با توجه به نتایج، عملکرد گیاه در تیمارهای L_{80}، L_{100} و L_{120} مشابه است (شکل ۲ ب). احتمالاً فلفل دلمه‌ای می‌تواند با مکانیسم‌های گیاهی (از جمله بستن روزنه‌ها و کاهش تعرق)، WUE را افزایش دهد و سپس در شرایط کاهش رطوبت تا حدودی عملکرد را افزایش دهد. این نتایج مشابه یافته‌های (Zikki et al., 2020) است. Zikki و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه اثر تنش خشکی بر کشت فلفل دلمه‌ای گزارش نمودند که فلفل دلمه‌ای تحت تنش خشکی با به حداکثر رساندن عملکرد، WUE را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، استفاده از مواد آلی در خاک یک استراتژی مهم در افزایش کیفیت عملکرد و WUE است. اسید هومیک به عنوان ماده آلی خاک می‌تواند در تغییر خواص هیدرولیکی خاک، بهبود خاکدانه‌سازی و در نتیجه افزایش ظرفیت نگه‌داری آب و WUE مؤثر باشد (Qin et al., 2020).برخی از مطالعات روی گیاهان دیگر با کاربرد اسید هومیک و سطوح مختلف آبی نیز نتایج مشابهی را نشان دادند. Ali و همکاران (۲۰۱۹) اثر کاربرد مواد هومیک (HA) و سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰٪، ۸۰٪، ۶۰٪ تبخیر و تعرق استاندارد (ET_c)) را بر کارایی مصرف آب (WUE) در کشت سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌هاگزارش کردند که بالاترین راندمان مصرف آب در حضور مواد هومیک (HA) , و تیمارهای ۶۰ درصد تبخیر و تعرق استاندارد مشاهده شد. El-Hashash و همکاران (۲۰۲۲) از اسید هومیک (۰، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری و تنش خشکی در کشت گندم استفاده کردند و بیشترین مقدار کارایی مصرف انرژی و عملکرد گیاه را در HA_{60} عنوان کردند.



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و اسید هومیک بر مصرف آب (الف)، عملکرد (ب) و کارایی مصرف آب (ج)

نتیجه‌گیری

اعمال اسید هومیک و کاهش آبیاری به میزان ۲۰٪ (L_{80}) نسبت به تیمار (L_{100}) در کشت فلفل دلمه‌ای، به افزایش راندمان آب در خاک کمک کرد. با توجه به بحران شدید کم‌آبی در اکثر نقاط ایران و جهان و یافته های حاصل از پژوهش حاضر بیانگر این است که استفاده از اسید هومیک می‌تواند در کاهش آب مورد نیاز محصول بسیار مؤثر باشد و علاوه بر آن به بهبود خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و افزایش پایداری خاکدانه‌های خاک کمک کند. بنابراین با تکیه بر نتایج تحقیق، اسید هومیک و کم‌آبیاری، استراتژی‌های ارزشمندی برای افزایش عملکرد محصول، WUE، شاخص-های پایداری ساختمان خاک و صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری هستند.

منابع

پورمنصور؛ رزاقی؛ سپاسخواه؛ موسوی؛ " کاربرد سطوح مختلف بیوچار و آبیاری بر رشد، محصول و اجزای محصول گیاه باقلا"، علوم گیاهان زراعی ایران (۲) ۹۹-۸۹

Ali, R. A. M., Attia, M. M., & El-All, A. (2019). Influence of Irrigation Treatments and Humic Acid (HA) Application on Vegetative Growth, Yield, Tuber Quality Water Requirements and Water Utilization Efficiency (WUE) of Potato Plants. Journal of Plant Production, 10(9), 793

Blanco-Canqui, H., Klocke, N. L., Schlegel, A. J., Stone, L. R., & Rice, C. W. (2010). Impacts of deficit irrigation on carbon sequestration and soil physical properties under no-till. Soil Science Society of America

El-Hashash, E. F., Abou El-Enin, M. M., Abd El-Mageed, T. A., Attia, M. A. E. H., El-Saadony, M. T., El-Tarabily, K. A., & Shaaban, A. (2022). Bread wheat productivity in response to humic acid supply and supplementary irrigation mode in three Northwestern coastal sites of Egypt. Agronomy, 12(7), 1499.

Fonteyne, S., Burgueño, J., Albarran Contreras, B. A., Andrio Enriquez, E., Castillo Villasenor, L., Enyanche Velazquez, F., & Verhulst, N. (2021). Effects of conservation agriculture on physicochemical soil health in 20 maize-based trials in different agro-ecological regions across Mexico. Land Degradation & Development, 32(6), 2242-2256.

Li, W., Wang, Y., Zhu, F., Li, X., Zhou, Q., Liu, G & Shen, L. (2023). Evaluating the effects of formation and stabilization of opal/sand aggregates with organic matter amendments. Journal of Environmental Management, 337, 117749. DOI:10.1016/j.jenvman.2023.117749

Nichols KA, Toro M, 2011. A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation. Soil Soil & Tillage Research 111 (2011) 99–104

Qin, K., & Leskovar, D. I. (2020). Assessments of humic substances application and deficit irrigation in triploid watermelon. HortScience, 55(5), 716-721

Xie, J. Y., Yang, Y., Zhang, S. L., Sun, B. H.& Yang, X. Y. (2015) Soil aggregation and aggregate associated organic carbon and total nitrogen under long-term contrasting soil management regimes in loess soil. *J. Integr.*

Zhang, S. L., Wang, R. J., Yang, X. Y., Sun, B. H. & Li, Q. H (2016). Soil aggregation and aggregating agents as affected by long term contrasting management of an Anthrosol. *Sci. Rep.* **6**, 39107

Zhu, D., Cong, R., Ren, T., Lu, Z., Lu, J., & Li, X. (2022). Straw incorporation improved the adsorption of potassium by increasing the soil humic acid in macroaggregates. Journal of Environmental Management, 310,

Zikki, K. A. F. (2020). Quality of bell pepper (Capsicum annuum L.) affected by drought condition: a thesis presented in the partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Philosophy at Massey University, Palmerston North, New Zealand (Doctoral dissertation, Massey University).

Investigating the effect of humic acid on the indicators of soil structure stability and yield bell pepper under different water levels

Mahtab roshaniyan[1] Afsaneh Alinejadian-Bidabadi[2]Abbas Maleki[3] Amir lakzian[4]

[1] Phd student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Lorestan, Khoramabad, Iran. Email: m_roshaniyan@yahoo.com

[2] Corresponding Author, Assistant Professor Department of Soil Science, Faculty of Agriculture University of Lorestan, Khoramabad, Iran. Email: alinezhadian.a@lu.ac.ir

[۳]Assistant Professor Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture University of Lorestan, Khoramabad, Iran. Email: dr.maleki38@yahoo.com

[4]Professor Department of Soil Science, Faculty of Agriculture University of ferdowsi, Mashhad, Iran. Email: alakzian@yahoo.com

Abstract:Humic acid can improve water absorption by plants by improving soil structure and water retention in soil. This characteristic is caused by the use of humic acid in the conditions of drought stress in the soils of dry areas Pay attention, The aim of this study was to investigate the effect of humic acid on physic properties and to determine the optimal irrigation level under cultivation bell pepper. A factorial-based experiment in a randomized complete block design with three levels of humic acid (0 (HA0), 2 (HA2), and 4 (HA4) g/kg soil) and four irrigation levels (60 (L60), 80 (L80), 100 (L100), 120 (L120), percent of soil moisture depletion) were performed in the research greenhouse, Bojnourd University. The results showed that the best treatments for improving soil physical properties WSSI (whole soil stability index), MWD (mean weight diameter), AS (aggregate stability), and decrease PAD (percentage aggregate destruction)), were L80HA40, $L100HA4_0$, and $L120HA_{40}$ treatments However, the difference between the treatments was not statistically significant. as well as lowest values of yield (3283.97 kg ha-1) and water use (3584.61 m3 ha-1) were observed in L60HA0 and L60HA40.

Key words;organic acid, whole soil stability index, percentage of aggregate destruction, water use efficiency

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثرات اکسیداتیو دی- ان- بوتیل فتالات (DBP) در کرم‌های خاکی

مهران عربی *، شقایق سادات آل‌داود

گروه علوم جانوری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

* mehranarabi123@gmail.com

چکیده

فتالات‌ها (Phthalates) موجب افزایش انعطاف‌پذیری در محصولات پلاستیکی شده و در اسباب‌بازی، بسته‌بندی غذا، محصولات بهداشتی و غیره وجود دارند. دی- ان- بوتیل فتالات (DBP=DnBP)، واجد اثرات منفی در خاک، آب و اتمسفر است. کرم‌های خاکی از جمله موجودات زنده غیرهدف برای سمیت فتالات‌ها در خاک هستند. هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی اثرات اکسیداتیو DBP در کرم‌های خاکی بوده است. کرم‌های خاکی برای ۱۴روز در معرض غلظت‌های کم از DEP (۰/۱، ۱ و ۲ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک خشک) قرار داده شدند. سپس در هوموژنیت (عصاره کل بدن) کرم‌ها میزان تغییرات مالون‌دی‌آلدیید (MDA/LPO) به عنوان مارکر آسیب غشایی و در مایع سلومی میزان تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) به روش اسپکتروفوتومتری سنجیده شد. به علاوه، تغییرات بافتی نیز بررسی گردید. نتایج نشان داد که تیمار کرم‌های خاکی با DEP موجب افزایش MDA و کاهش میزان TAC شده‌اند. بررسی‌های بافتی نشانگر بروز آسیب در جدار بدن و لایه‌های عضلانی زیر آن در بدن کرم‌ها بوده است. خلاصه آن که، سمیت DEP با القای استرس اکسیداتیو موجب بروز آسیب‌های بافتی در بدن کرم‌های خاکی و کاهش توان آنتی-اکسیدانی در آنان شده است.

واژگان کلیدی: فتالات، کرم خاکی، استرس اکسیداتیو، آنتی‌اکسیدان‌ها، آسیب بافتی.

مقدمه

سالانه در حدود ۶ میلیون‌تن از استرهای اسید فتالیک یا فتالات‌ها (Phthalates) در جهان به مصرف می‌رسند. این ترکیبات در محیط‌هایی نظیر خاک، رسوبات و آب قابل ردیابی هستند. در صنعت فتالات‌ها به منظور افزایش نرمی و شفافیت پلاستیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آن جایی که پیوندهای ضعیفی بین فتالات و سایر مواد سازنده‌ی پلاستیک وجود دارد لذا بر اثر تغییرات محیطی مثل تغییرات دما و فشار ذرات فتالات به آسانی از درون ساختار پلاستیک جدا گردیده و به محیط زیست اطراف وارد خواهند شد. دی- ان- بوتیل فتالات (Di-n-butyl phthalate= DBP =DnBP) با فرمول شیمیایی $C_{16}H_{22}O_4$ در محصولاتی نظیر پرده حمام، لباس بارانی، روکش درون خودرو، ظروف پلاستیکی، کف‌پوش منازل، پوشش مواد غذایی، رنگ‌ها، مواد آرایشی و غیره به عنوان عامل نرم‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Derraic, 2002). در انسان مهم‌ترین مسیر آلودگی با DBP از طریق غذا به ویژه غذاهای دریایی بوده به طوری که مشخص شده غلظت DBP در گوشت ماهیان بین ۷۸ تا ۲۰۰ قسمت در بیلیون (ppb) است.

در برخی از نمونه‌های آب آشامیدنی غلظت DBP به ۰/۱ تا ۵ قسمت در بیلیون بالغ می‌گردد (ATSDR, 2001). در سال ۱۹۹۹ آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (US EPA) ترکیب DBP و چند فتالات دیگر در اولویت مواد سمی در محیط زیست قرار دارند. غلظت این ترکیب در خاک‌های کشاورزی کشور چین بین ۰/۲۴تا ۱۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم خاک متغیر است (Wang et al., 2013). میزان DBP در آب دریاچه‌های شهری در برخی مناطق چین از ۰/۹۴تا ۳/۶ میلی‌گرم در لیتر محاسبه شده است (Zeng et al., 2009). باکتری *Acinetobacter baumannii* DP-2 از جمله باکتری‌های تجزیه کننده DBP در لجن و برخی خاک‌های مرطوب است که به سرعت غلظت این فتالات را در محیط‌های مذکور کاهش می‌دهند (Li et al., 2022).

بسیاری از انواع فتالات‌ها در زمان استفاده و دورریزی وسایل حاوی این ترکیبات به محیط زیست وارد می شوند. هم-چنین شستشوی پلاستیک‌ها موجب رهایش فتالات‌ها و ورود آنان به آب‌های جاری، خاک و دیگر منابع طبیعی خواهد شد (WHO, 2003). در رت‌ها تیمارهای DBP سبب بروز اکسیداسیون سلولی و آسیب‌های بافتی همراه با کاهش تعداد اسپرم در بیضه شده که نتیجه آن ناباروری در این جانوران بوده است (Taslidere et al., ۲۰۲۲).

سمیت DBP موجب تغییرات شدید متابولیسمی در میکروب‌های درون خاک‌های سیاه شده که در نتیجه آن باروری خاک دچار تغییرات منفی خواهد شد (Xu et al., 2018). در کرم‌های خاکی، فتالات‌ها با گسترش آسیب‌های اکسیداتیو موجب تخریب DNA شده که نتیجه آن کاهش قدرت سازگاری با محیط و کاهش طول عمر جانوران مذکور است (Song et al., 2019). سمیت فتالات‌ها موجب تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بدن کرم‌های خاکی شده است (Wang et al., 2014). DBP در کرم‌های خاکی با افزایش سنتز رادیکال‌های آزاد اکسیژنی (ROS) موجب بروز آسیب‌های اکسیداتیو از جمله تخریب غشا لیزوروم‌ها، تجزیه ژنوم و اکسیداسیون سلولی شده است (Ma et al., 2016).

در اکوسیستم خاک کرم‌های خاکی از جمله بی‌مهرگان کلیدی بوده که نقشی محوری در تقویت باروری خاک دارند. کرم‌های خاکی به عنوان موجودات زنده غیرهدف (Non-target) در اکوسیستم‌های خاکی محسوب شده که به شدت نسبت به تاثیرات منفی آلاینده‌های محیطی حساس هستند. با توجه به نقش مهم کرم‌های خاکی در تجزیه مواد آلی و افزایش باروری خاک، چنان‌چه هر گونه آسیبی توسط آلاینده‌ها به آنان وارد گردد، نتیجه آن ضعیف شدن ساختار فیزیکوشیمیایی خاک و درهم‌ریختگی زنجیره‌های غذایی خواهد بود (Sheppard et al., 1998). با توجه به موارد مندرج در بالا، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات اکسیداتیو DBP در کرم‌های خاکی قرمز کالیفرنیایی در نمونه‌های خاک طبیعی به اجرا درآمده است.

مواد و روش‌ها

۱- جهت سازش با محیط کرم‌های خاکی قرمز کالیفرنیایی در تحت شرایط استاندارد برای یک هفته نگهداری شدند. سپس کرم‌ها به گروه‌های شاهد منفی (بدون تیمار) و تجربی (تیمار شده با غلظت‌های ۰/۱ ، ۱ و ۲ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک خشک از DBP) با سه تکرار مستقل گروه‌بندی شدند. پس از دوره تیمار ۱۴ روزه، کرم‌ها خرد و هموژن

(اولتراسوند) شدند (تهیه عصاره کل بدن/ هوموژنیت). برای شروع آزمایشات، هوموژنیت‌ها سانتریفیوژ شده و سوپرناتنت (Supernatant) آنان جدا گردید.

۲- اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدیید (پراکسیداسیون لیپیدی) (MDA/LPO): تغییرات میزان MDA در سوپرناتنت کرم‌های خاکی تعیین گردید. به سوپرناتنت‌ها TCA ۱۰ درصد افزوده شد و مخلوط حاصل سانتریفیوژ (۵۰۰۰ ×g برای ۱۰ دقیقه) گردید. به مایع رویی حاصله محلول TBA اضافه شد. میزان جذب نوری MDA در طول موج ۵۳۲ نانومتر ثبت گردید (Buege and Aust, 1978).

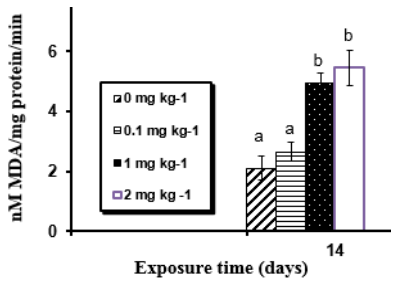
۳- اندازه‌گیری تغییرات ظرفیت آنتی اکسیدانی تام (TAC): مایع سلومی به کمک شوک الکتریکی ۹ ولتی از بدن کرم‌ها استخراج گردید و در آن میزان TAC سنجیده شد. این سنجش به روش احیای آهن فریک (FRAP) انجام شد. آنتی‌اکسیدان‌های مایع سلومی موجب تشکیل کمپلکس Fe^{2+} tripyridyl آبی‌رنگ شده که در طول ۵۹۳ نانومتر در طی ۴ دقیقه میزان جذب نوری آن ثبت گردید (Benzie and Strain, 1996).

۴- بررسی‌های بافتی: برش‌های عرضی از کرم‌ها (شاهد و تیمار) به کمک تکنیک H&E رنگ‌آمیزی و مشاهده میکروسکوپی از آنان به عمل آمد.

۵- تجزیه و تحلیل آماری: برای مقایسه میانگین‌ها از روش One way-ANOVA و پس‌آزمون Tukey's HSD در نرم افزار SPSS (با سطح معنی‌داری p<۰/۰۵) استفاده شد. نمایش داده‌ها به صورت میانگین± انحراف استاندارد بود.

نتایج و بحث

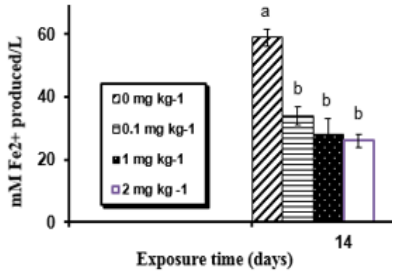
DBP به صورت وابسته به افزایش غلظت موجب افزایش میزان MDA یا محتوی پراکسیداسیون لیپیدی (LPO) در بدن کرم‌های خاکی شده است (شکل ۱). افزایش MDA به عنوان محصول فرعی روندLPO ، نشانگر بروز آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از استرس اکسیداتیو در غشاهای سلولی بدن کرم‌های خاکی است. لذا تیمارهای DBP سبب القای استرس اکسیداتیو شده‌اند. در همسویی با این نتیجه مشخص شده که DBP با گسترش استرس اکسیداتیو موجب افزایش میزان MDA در کرم‌های خاکی شده است (Wang et al., 2018). ورود DBP به محیط‌های آبی موجب گسترش روند LPO، تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و بروز آسیب‌های بافتی شدید در کبد بچه ماهی تیلاپیای نیل می‌شود (Abu-Zeid and Khalil, 2014).



شکل ۱- تاثیر DBP بر میزان تولید MDA/LPO در بدن کرم‌های خاکی

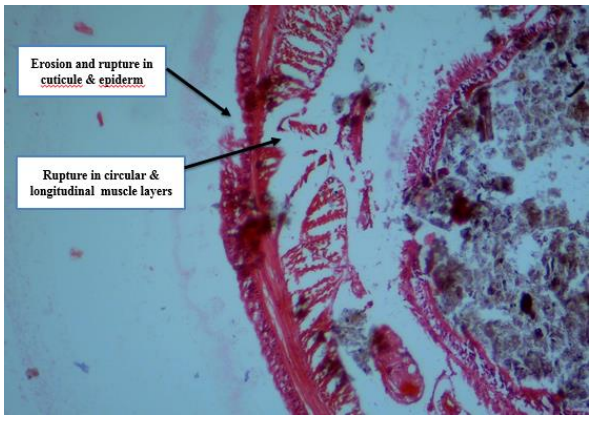
(حروف غیرهمنام از نظر آماری اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) دارند)

از جمله مارکرهای مهم و کاربردی در تشخیص القای استرس اکسیداتیو در بدن جانوران، اثبات تغییرات کاهشی در میزان TAC است (Griffith et al., 2019). بر اساس نتایج این مطالعه مشخص شد که تیمارهای DBP موجب کاهش میزان TAC (وابسته به غلظت فتالات) در نمونه‌های مایع سلومی کرم‌های خاکی شده‌اند (شکل ۲). میزان TAC نشانگر توان آنتی‌اکسیدانی مایع سلومی در کرم‌های خاکی بوده و از آن جایی که در مطالعه حاضر DBP موجب القای استرس اکسیداتیو شده است، لذا در اینجا به منظور مهار استرس اکسیداتیو، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مایع سلومی مصرف گردیده که به صورت کاهش در میزان TAC مشخص شده است.



شکل ۲- تاثیر DBP بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) در مایع سلومی کرم‌های خاکی

در مطالعه حاضر نتایج مشاهدات بافتی مشخص نمود که تیمارهای DBP سبب بروز پارگی در کوتیکول و اپیدرم و نیز بی‌نظمی و تخریب در لایه عضلانی طولی در جدار بدن کرم‌های خاکی شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳- تغییرات بافتی ناشی از سمیت DBP در بدن کرم‌های خاکی

از آن جایی که در مطالعه حاضر مشخص شد که DBP واجد توانایی القای استرس اکسیداتیو در بدن کرم‌های خاکی است لذا این استرس موجب ناپایداری‌های سلولی و تخریب بافتی شده است. تیمارهای DBP موجب ناپایداری غشای

لیزوزومی در بدن کرم‌های خاکی شده و بدین ترتیب با پارگی لیزوزوم‌ها، اثرات مخرب آنزیم‌های آن به صورت تخریب سلولی و بافتی نمایان می‌شود (Feng et al., 2016).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مطالعه حاضر مشخص گردید که تیمارهای DBP با القای اثرات اکسیداتیو موجب کاهش توان آنتی-اکسیدانی و نیز تخریب بافتی در بدن کرم‌های خاکی شده‌اند.

منابع

Abu-Zeid, E.H., Khalil, A.S. (2014). Toxicological consequences of di-n-butyl-phthalate (DBP) on health of Nile Tilapia fingerlings. American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 9(4): 269-76.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2001). Toxicological Profile for Di-n-butyl Phthalate. US Department of Health and Human Services.

Benzie, I.F.F., Strain J.J. (1996.) Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power. The FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239 (1): 70-76.

Buege, J.A., Aust, S.D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. Methods in Enzymology, 52: 302-310.

Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin, 44: 842-852.

Feng, Q., Zhong, L., Xu, S., Qiu, L., Wu, S. (2016). Biomarker response of the earthworm (*Eisenia fetida*) exposed to three phthalic acid esters. Environmental Engineering Science, 33 (2): 105-11.

Griffith, C.M., Thai, A.C., Larive, C.K. (2019). Metabolite biomarkers of chlorothalonil exposure in earthworms, coelomic fluid, and coelomocytes. Science of the Total Environment, 681: 435-43.

Li, C., Liu, C., Li, R., Liu, Y., Xie, J., Li, B. (2022). Biodegradation of Dibutyl Phthalate by the New Strain *Acinetobacter baumannii* DP-2. Toxics, 10: 532.

Ma, T., Chen, L., Wu, L., Zhang, H., Luo, Y. (2016). Oxidative Stress, cytotoxicity and genotoxicity in earthworm *Eisenia fetida* at different di-n-butyl phthalate exposure levels. PLoS ONE, 11(3): e0151128.

Mishra, P.C., Dash, M.C. (1980). Digestive enzymes of some earthworms. Experientia, 36 (10): 1156-7.

Sheppard, S., Bembridge, J., Holmstrup, M., Posthuma, L. (1998). Advances in earthworm ecotoxicology. SEATAC Press, Amsterdam.

Song, P., Gao, J., Li, X., Zhang, C., Zhu, L., Wang, J., Wang, J. (2019). Phthalate induced oxidative stress and DNA damage in earthworms (*Eisenia fetida*). Environment International, 129: 10.

Taşlidere, A., Türkmen, N.B., Ciftci O., Aydin M. (2022). Investigation into the protective effects of Naringenin in phthalates-induced reproductive damage. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 26: 3419-3429.
Wang, J., Luo, Y.M., Teng, Y., Ma, W.T., Christie, P., Li, Z.G. (2013). Soil contamination by phthalate esters in Chinese intensive vegetable production systems with different modes of use of plastic film. Environmental Pollution, 180: 265-273.
Wang, Y., Ma, Z.M., Wu, S.J. (2014). Study on the effect of enzymatic activity and acutetoxicity of three PAEs on *Eisenia fetida*. Environmental Science, 35(2): 770-۷۷۹ [In Chinese].
Wang, G., Wang, J., Zhu, L., Wang, J., Li, H., Zhang, Y., Liu, W., Gao, J. (2018). Oxidative damage and genetic toxicity induced by DBP in earthworms (*Eisenia fetida*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 74: 527-38.
WHO (World Health Organization), 2003. Diethyl phthalate. Concise international chemical assessment document 52, Geneva, ISSN 1020-6167.
Xu, W., You, Y., Wang, Z., Chen, W., Zeng, J., Zhao, X., Su,, Y. (2018). Dibutyl phthalate alters the metabolic pathways of microbes in black soils. Scientific Reports, 8: 2605.
Zeng, F., Wen, J., Cui, K., Wu, L., Liu, M., Li, Y., Lin, Y., Zhu, F., Ma, Z., Zeng, Z. (2009). Seasonal distribution of phthalate esters in surface water of the urban lakes in the subtropical city, Guangzhou, China. Journal of Hazardous Materials, 169 (1-3): 719-725.

Oxidative effects of di-n-butyl phthalate (DBP) in earthworms

Mehran Arabi *, Shaghayegh-Sadat Aledavood
Dept. of Animal Sciences, Faculty of Basic Sciences, Shahrekord Univ., Shahrekord
* mehranarabi123@gmail.com

Abstract

Phthalates make the plastic products more flexible and are widely used in toys, food packaging materials, personal care products, etc. Di-n-butyl phthalate (DBP=DnBP) has negatives effects on the soil, water and atmosphere. Earthworms are accounted as non-target organisms for DBP toxicity in soil. The goal of current study was to evaluate the oxidative effects of DEP in the earthworms. Earthworms were exposed to the low concentrations of DBP (0.1, 1, and 2 mg/kg dry soil) over 14 days. Then, in earthworm's homogenates the content of malondialdehyde (MDA/LPO) as a marker for membrane damage and total antioxidant capacity (TAC) value in the coelomic fluid were measured spectrophotometrically. Besides, histological changes were also observed. Results revealed that in DBP-treated earthworms, the content of MDA/LPO was elevated but the TAC value was found to be lowered. Histological analyses also showed tissue damages in the earthworm's body wall and its muscle layers. Briefly, DBP-induced induced oxidative stress caused tissue damages and lowered the antioxidant power in earthworms.
Keywords: Phthalate, Earthworm, Oxidative stress biomarkers, Antioxidants, Tissue damage.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه پاسخ سه رقم گندم (حساس، نیمه متحمل و متحمل به شوری) به مصرف پتاسیم در شرایط شور

پیمان کشاورز [۱*]، محمد میرزا پور [۲]، علیرضا مرجوی [۳]

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران (P.Keshavarz@areeo.ac.ir)

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

چکیده

پتاسیم نقش ویژه‌ای در کمک به بقای گیاهان تحت شرایط تنش شوری دارد. با وجود این تأثیر کمّی مصرف پتاسیم در ارقام گیاهی با درجات مختلف تحمل به شوری مشخص نشده است. بدین منظور طی یک آزمایش گلخانه‌ای فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اثر مصرف صفر و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم با سه سطح شوری ناچیز، ۶۰ و ۱۲۰ میلی مول بر لیتر در سه رقم گندم فلات (حساس) برات (نیمه متحمل) و نارین (متحمل) مطالعه گردید. با افزایش شوری وزن خشک اندام هوایی و ریشه در هر سه رقم گندم کاهش یافت، اگرچه این کاهش در رقم "فلات" بیش از ارقام "برات" و "نارین" بود. مصرف ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم در مقایسه با شاهد موجب افزایش وزن خشک ریشه (۳۸درصد) و اندام هوایی (۲۶ درصد) گندم گردید. مقایسه بین ارقام گندم نشان داد " نارین" کمترین غلظت سدیم و بیشترین نسبت K/Na را در اندام هوایی داشت. در مجموع اثر پتاسیم در شرایط شور بسته به میزان تحمل ارقام گندم به شوری متفاوت بود به طوری که مصرف پتاسیم در رقم "فلات" موجب کاهش تحمل به شوری و در ارقام "برات" و " نارین" سبب افزایش تحمل به شوری گردید.

واژگان کلیدی: اندام هوایی، کود، تنش شوری، نسبت K/Na

مقدمه

یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان شوری خاک و آب است. در ایران آخرین بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۶/۸ میلیون هکتار از کل اراضی کشاورزی را (حدود ۴۰ درصد) خاک‌های شور تشکیل می‌دهد (مومنی، ۱۳۸۹). شوری از طریق افزایش مکش اسمزی خاک و سمیت یون‌های ویژه موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Munns and Tester, 2008). این در حالی است که در شرایط شور می‌توان با مصرف بعضی عناصر غذایی اثرات منفی شوری را کاهش داد. با وجود این افزودن عناصر غذایی بسته به میزان تنش شوری اثرات گوناگونی برمیزان تحمل به شوری گیاه دارد (Grattan and Grieve, 1992). این موضوع موجب شده تا واکنش گیاه نسبت به یک شوری معین به طور معمول قابل پیش‌بینی نباشد. به همین دلیل نتایج مطالعات انجام شده در رابطه با مصرف کود در شرایط شور بسیار متناقض است. بر این اساس اثربخشی پتاسیم جهت مقابله با تنش شوری در بسیاری منابع گزارش شده است (Fageria, et al., 2011; Tighe-Neira et al., 2018) اما مشخص نیست که اثر پتاسیم تا چه حد بر پاسخ گیاه به شوری مثبت است. این احتمال وجود دارد که تأثیر پتاسیم بر گیاهان با توجه به تفاوت های ژنوتیپی و درجه تحمل آنها به شوری یکسان نباشد. بر این اساس هدف از این مطالعه برآورد آستانه تحمل به شوری سه رقم گندم "فلات" (حساس به شوری) "برات" (نیمه متحمل به شوری) و "نارین" (متحمل به شوری) و مقایسه آنها در پاسخ به مصرف پتاسیم بود.

مواد و روش‌ها

طی یک آزمایش گلدانی فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اثر مصرف صفر و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم با سه سطح شوری ناچیز (آب مقطر)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی مول بر لیتر در سه رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) شامل فلات (حساس به شوری) برات (نیمه متحمل به شوری) و نارین (متحمل به شوری) مطالعه گردید. پس از آماده سازی خاک مقدار ۵ کیلوگرم به هر گلدان اختصاص داده شد (جدول ۱). سپس ۶ عدد بذر گندم در عمق ۳ سانتی متری کاشته شد. پس از سبز شدن و گذشت یک هفته تعداد بوته ها به چهار عدد در هر گلدان کاهش داده شد.

جدول ۱ – ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش گلدانی

بافت	K	P	pH	O.C	T.N.V	SAR	EC_e
	(mg /kg)			(%)			(dS/m)
لوم	۱۴۰	۷/۲	۷/۸	۰/۳۹	۱۸/۵	۰/۸	۰/۹۲

سطوح شوری محلول از ترکیب نمکهای کلرید سدیم و کلرید کلسیم به نسبت اکی‌والان یکسان تهیه گردید. سپس محلول نمکی تهیه شده طی سه تقسیط بعد از سبز شدن به گلدان‌ها اضافه گردید. در طول دوره رشد، آبیاری گلدان ها به صورت وزنی و با آب مقطر صورت انجام گرفت. پس از ۱۲ هفته برداشت انجام شد. نمونه اندام هوایی و ریشه با استفاده از آون تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ الی ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و وزن خشک آنها تعیین

گردید. سپس نمونه‌های اندام هوایی جهت اندازه گیری غلظت سدیم و پتاسیم کاملا آسیاب و پودر شدند. افزون براین آستانه تحمل به شوری براساس مدل سیگموئیدی ارائه شده توسط van Genuchten و Hoffman (۱۹۸۴) با استفاده از برنامه SAS (رگرسیون غیرخطی) تعیین گردید.

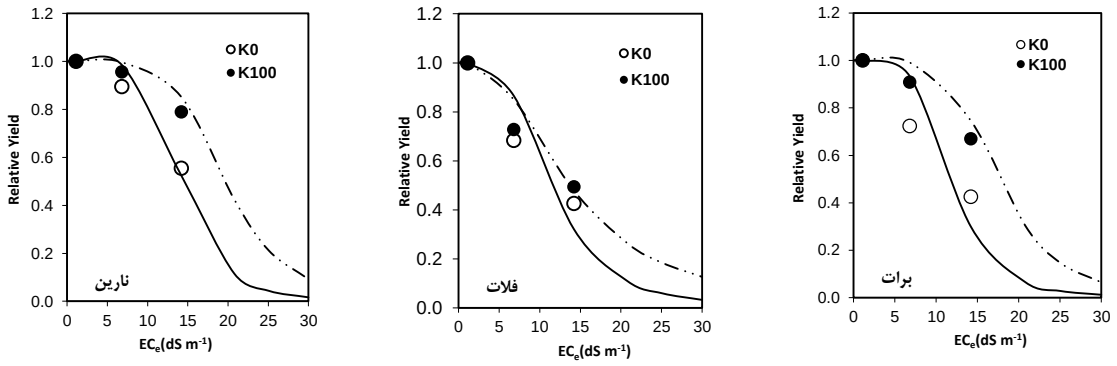
$$Y_r = ۱/[۱ + (C + C_۰.)^p] \quad (۱)$$

در این معادله Y_r عملکرد نسبی محصول، C_{50} میانگین شوری خاک است که عملکرد محصول ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و p پارامتری است که شیب منحنی را تعیین می‌کند.

نتایج و بحث

با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و اندام هوایی گندم به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت. این کاهش در بالاترین سطح شوری خاک (۱۴/۲ dS/m) نسبت به کمترین آن برای وزن خشک اندام هوایی بیشتر (۷۵ درصد) از وزن خشک ریشه (۳۲ درصد) بود. با افزایش شوری خاک رقم گندم "نارین" بیشترین وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با سایر ارقام گندم داشت. این در حالی بود که در کمترین سطح شوری خاک (۱/۱ دسی زیمنس بر متر) تفاوت معنی داری بین ارقام گندم از نظر وزن خشک اندام هوایی وجود نداشت. در مقابل رقم گندم "فلات" کمترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به خود اختصاص داد. افزون براین با افزایش شوری خاک، وزن خشک اندام هوایی گندم در هر دو سطح مصرف صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم کاهش معنی داری یافت، به طوری‌که این کاهش در بالاترین سطح شوری خاک نسبت به کمترین آن در عدم مصرف پتاسیم (۵۲ درصد) بیش از مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم (۳۵ درصد) بود. مصرف پتاسیم همچنین به طور میانگین به میزان ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم در مقایسه با عدم مصرف آن موجب افزایش معنی دار وزن خشک ریشه (۳۸درصد) و اندام هوایی (۲۶ درصد) گندم گردید. با وجود این وزن خشک ریشه و اندام هوایی در رقم "نارین" بیش از دو رقم دیگر گندم با مصرف پتاسیم افزایش یافت. مطالعات زیادی در مورد اثرات نامطلوب شوری بر گیاهان گزارش شده است (Tighe-Neira et al., ۲۰۱۸). شوری از طریق افزایش مکش اسمزی خاک و سمیت یون‌های ویژه موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Munns and Tester ۲۰۰۸). یکی از اثرات تنش شوری بر گیاهان کاهش سطح مقطع برگ و اختلال در مکانیسم فتوسنتزی گیاه است (Mousavi et al., 2019). افزون بر این، شوری باعث اختلال تغذیه ای می شود که بر جذب، انتقال و توزیع عناصر غذایی در گیاه تأثیر می گذارد (Fageria et al., 2011). با وجود این پاسخ ارقام گندم به شوری متفاوت بود. وزن خشک اندام هوایی و ریشه رقم حساس به شوری "فلات" بسیار بیشتر از رقم نیمه متحمل "برات" و ژنوتیپ متحمل "نارین" تحت تأثیر شوری قرار گرفت. بیشتر ارقام مقاوم به شوری با افزایش سیستم های دفاعی آنتی اکسیدانی برای سم زدایی گونه های فعال اکسیژن در برابر شوری مقاومت می کنند (Cakmak, 2005). البته ممکن است توان بالاتر رشد ریشه در رقم "نارین" در مقایسه با دو رقم دیگر گندم در شرایط شور دلیل تحمل بیشتر این رقم باشد. با وجود این شوری وزن خشک اندام

هوایی را بیش از ریشه در سه رقم گندم کاهش داد. بررسی ها نیز به طور کلی نشان می‌دهند که حساسیت اندام هوایی به تنش شوری بیشتر از ریشه است (Munns and Tester, 2008). همچنین با افزایش شوری خاک، غلظت پتاسیم در اندام هوایی کاهش و غلظت سدیم در هر سه رقم گندم افزایش یافت. در مطالعات متعدد گزارش شده است که تنش شوری جذب پتاسیم را در گیاهان کاهش می دهد (Wu et al., 2018) این کاهش می‌تواند به دلیل مهار رشد ریشه و سرعت ورودی پتاسیم به گیاه یا رقابت بین سدیم و پتاسیم برای جذب توسط ریشه در شرایط شور باشد (Kumari et al., 2021). با وجود این در ارقام "فلات" و "برات" کاهش غلظت پتاسیم در اندام هوایی با افزایش شوری بیشتر از "نارین" بود. از سوی دیگر، غلظت سدیم در اندام هوایی رقم «نارین» در تمام سطوح شوری، کمتر از ارقام "فلات" و "برات" بود. ارقام حساس به شوری کارایی کافی برای جلوگیری از ورود سدیم به گیاه ندارند (Keshavarz and Saadat, 2016) در حالی که بسیاری از محصولات متحمل به شوری دفع کننده سدیم در شرایط شور هستند (James et al., 2008). به همین دلیل نسبت K/Na در رقم "نارین" به ترتیب ۲۴ و ۳۲ درصد بیشتر از دو رقم "فلات" و "برات" بود. این شاخص می‌تواند دلیلی بر تحمل بیشتر رقم "نارین" به شوری نسبت به دو رقم "فلات" و "برات" باشد. به نظر می‌رسد که ظرفیت گیاهان برای حفظ نسبت سیتوزولی K/Na بالا یکی از عوامل تعیین کننده اصلی تحمل به شوری است (Tao et al., 2021). با توجه به توابع برازش شده، کاربرد پتاسیم باعث کاهش تحمل به شوری در رقم "فلات" و افزایش آن در ارقام "نارین" و "برات" شده است (شکل ۱). این نتیجه نشان می دهد که در برخی موارد کاربرد پتاسیم ممکن است تحمل به شوری گیاه را کاهش دهد. به نظر می‌رسد این موضوع زمانی اتفاق می‌افتد که گیاه به شوری حساس بوده و شوری خاک بیشتر از حد تحمل گیاه باشد. این نتیجه در تضاد با یافته‌هایی است که نشان می دهد مصرف پتاسیم به طور کلی می تواند تحمل به شوری را در گونه ها و ژنوتیپ های گیاهی بهبود بخشد.



شکل ۱- توابع پاسخ عملکرد (ماده خشک) نسبی ارقام گندم نارین، فلات و برات به شوری در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم. منحنی های برازش شده خطوط پیوسته (عدم مصرف پتاسیم) و خط چین (مصرف پتاسیم) است.

نتیجه‌گیری

تأثیر پتاسیم در کاهش خسارات شوری به میزان تحمل به شوری ارقام گندم بستگی زیادی دارد. با توسعه و تنوع ارقام گندم و بهبود کودپذیری آنها چنانچه سطح تحمل به شوری آن بالا باشد مصرف پتاسیم می‌تواند موجب بهبود عملکرد گندم و تحمل بیشتر آن به شوری گردد. از اینرو واکنش گندم به مصرف پتاسیم در شرایط شور تنها در صورتی مثبت خواهد بود که رقم گیاهی متحمل به شوری باشد.

فهرست منابع

مومنی ع. (۱۳۸۹). پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران، مجله پژوهش های خاک (ویژه شوری-الف) ۲۴ (۳). ۲۰۳-۲۱۵.

Cakmak, I. (2005) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 521-530.

Fageria, N.K., Gheyi, H.R., Moreira, A. (2011) Nutrient bioavailability in salt affected soils. Journal of Plant Nutrition, 34(7): 945-962

Grattan, S.R., Grieve, C.M. (1992) Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environment. Agriculture, Ecosystems and Environment, 38: 275-300.

James, R,A., von Caemmerer, S., Condon, A.G., Zwart, A.B., Munns, R. (2008) Genetic variation in tolerance to the osmotic stress componentof salinity stress in durum wheat. Functional Plant Biology, 35(2): 111-123.

Keshavarz, P., Saadat, S. (2016) Assessment of salinity tolerance threshold for two wheat genotypes in response to zinc. Archives of Agronomy and Soil Science, 62(2): 247-2٥٩.

Kumari, S., Chhillar, H., Chopra, P., Khanna, R.R., Khan, MIR. (2021) Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. Plant Physiology and Biochemistry, 167: 1011-1023.

Mousavi, S., Regni, L., Bocchini, M., Mariotti, R., Cultrera, N.G.M., Mancuso, S., Googlani. J., Chakerolhosseini, M.R., Guerrero, C., Albertini, E., Baldoni, L., Proietti, P. (2019) Physiological, epigenetic and genetic regulation in some olive cultivars under salt stress. Scientific Reports, 9(1): 1093.

Munns, R., Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59(1): 651-681.

Tao, R., Ding, J., Li, C., Zhu, X., Guo, W., Zhu, M. (2021) Evaluating and screening of agro-physiological indices for salinity stress tolerance in wheat at the seedling stage. Frontiers in Plant Science, 12(529).

Tighe-Neira, R., Alberdi, M., Arce-Johnson, P., Romero, J., Reyes-Díaz, M., Rengel, Z., Inostroza-Blancheteau, C. (2018) Role of Potassium in Governing Photosynthetic Processes and Plant Yield. In: Hasanuzzaman M, Fujita M, Oku H et al., editors. Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. Singapore: Springer Singapore; p. 191-2٠٣.

van Genuchten, M.T., Hoffman, G.J. (1984) Analysis of crop salt tolerance data. In: Shainberg I, Shalhevet J, editors. Soil Salinity under Irrigation processes and management. Springer Berlin Heidelberg; p. 258-271
Wu, H., Zhang, X., Giraldo, J.P., Shabala, S. (2018) It is not all about sodium: revealing tissue specificity and signalling roles of potassium in plant responses to salt stress. Plant and Soil, 431(1):۱-۱۷.

Comparison of response of three wheat cultivars (sensitive, semi-tolerant and tolerant to salinity) to potassium in saline conditions

Payman Keshavarza[*1], Mohammad Hadi Mirzapour[2], Ali Reza Marjovi[3]
[1] Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran (P.Keshavarz@areeo.ac.ir)
[2] Soil and Water Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qom, Iran
[3] Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Abstract

Potassium (K) has a special role in helping plants survive under salt stress conditions. Despite this, the quantitative effect of K application in plant varieties with different degrees of salinity tolerance has not been determined. For this purpose, in a factorial greenhouse experiment as completely randomized block design in three replicates, the effect of 0 and 100 mg/kg of K application with three levels of low salinity, 60 and 120 Mm/l in three wheat cultivars of "Falat" (sensitive) "Barat" (semi-tolerant) and "Narin" (tolerant) were studied. With increasing salinity, the dry weight of shoots and roots decreased in all three wheat cultivars, although this decrease was greater in "Falat" cultivar than "Barat" and "Narin" cultivars. Application of 100 mg/kg of K increased the dry weight of root (38%) and shoot (26%) of wheat compared to the control. The comparison between wheat cultivars showed that "Narin" had the lowest sodium (Na) concentration and the highest K/Na ratio in shoot. In general, the effect of K in saline conditions was different depending on the degree of tolerance to salinity of wheat cultivars, so that the use of K in cultivar "Falat" caused a decrease in tolerance to salinity and in cultivars "Barat" and "Narin" it caused an increase in tolerance to salinity.

Keywords: shoot, fertilizer, salinity stress, K/Na ratio

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تأثیر همزمان وزش باد و بارش باران بر شدت فرسایش پاشمانی

روح اله رضائی ارشد[1*]، مجید محمودآبادی[2]

۱- کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران *Rezae805@gmail.com

۲-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

رگبارهای شدید و فرساینده، به‌طور معمول با وزش بادهای تند همراه است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سرعت‌های مختلف باد (صفر، ۶، ۹ و ۱۲ متر در ثانیه) در تقابل با شدت‌های مختلف باران (۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌متر در ساعت) بر شدت فرسایش پاشمانی در چند خاک زراعی (خاک زراعی با بزرگترین اندازه ذرات ۲، ۴/۷۵ و ۸ میلی‌متر) انجام شد. به این منظور، از یک دستگاه شبیه‌ساز همزمان باد، باران و رواناب که برای اولین بار در کشور طراحی و ساخته شده است، استفاده گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش سرعت باد بار پاشمان افزایش یافت و افزایش در پاشمان پایین‌دست بسیار بیشتر از پاشمان بالادست بود. در بالاترین سرعت باد (۱۲ متر بر ثانیه) و تحت شدت‌های باران ۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌متر بر ساعت، به ترتیب مقدار بار پاشمان پایین دست ۳۰/۲، ۸۸/۷ و ۸۵/۲ بار برای خاک D_{2mm}، ۴۸/۹، ۱۰۰/۱ و ۸۶/۳ بار برای خاک $D_{4.75mm}$ و ۴۴/۶، ۱۰۱/۷ و ۹۷/۹ بار برای خاک D_{8mm} بزرگتر از مقدار اندازه‌گیری شده در شرایط عدم حضور باد بود. یافته‌های این پژوهش، اهمیت سرعت باد به ویژه سرعت‌های بیشتر از ۹متر بر ثانیه را در بررسی فرسایش ناشی از باران نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: فرسایش پاشمانی، شبیه ساز باران، سرعت باد

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهمترین جنبه‌های تخریب اراضی و به عنوان پدیده‌ای تهدیدآمیز محسوب می‌شود که قدرت باروری خاک و کیفیت آب را کاهش داده و به طور مستقیم بر تولید محصول و به طور غیرمستقیم بر افزایش خطر سیل، رسوبگذاری در پشت مخازن سدها، زمین لغزش و نیز تغییرات اقلیمی اثر می‌گذارد (Zheng, 2005). با توجه به وضعیت حاد و بحرانی فرسایش خاک در ایران، انجام فعالیت‌های گسترده پژوهشی ضروری به نظر می‌رسد. در اثر برخورد قطرات باران به سطح خاک، انرژی قطرات باران بر پیوندهای نگهدارنده ذرات در سطح خاک غلبه کرده و ممکن است باعث انتقال ذرات جدا شده از محل برخورد قطره باران به مکانی دیگر شوند که به این فرآیند پاشمان گفته می‌شود. قابلیت جدا شدن ذرات در اثر پاشمان، خصوصیتی دینامیک است که در طول زمان و طی هر رخداد بارش تغییر می‌کند .در اثر برخورد قطرات باران به سطح خاک، انرژی قطرات باران بر پیوندهای نگهدارنده ذرات در سطح خاک غلبه کرده و ممکن است باعث انتقال ذرات جدا شده از محل برخورد قطره باران به مکانی دیگر شوند که به این فرآیند پاشمان گفته می‌شود. قابلیت جدا شدن ذرات در اثر پاشمان، خصوصیتی دینامیک است که در طول

زمان و طی هر رخداد بارش تغییر می‌کند (Mouzai and Bouhadef, 2003). در شرایط عدم حضور باد، قطرات باران معمولاً به صورت عمودی با سطح خاک برخورد می‌کنند. این در حالی است که در شرایط طبیعی بیشتر بارندگی‌ها بصورت رگباری و همراه با وزش بادهای تند رخ می‌دهد. قطرات در بارش باران متاثر از باد با توجه به سرعت و جهت وزش باد نه بصورت عمودی بلکه مایل بر سطح برخورد می‌کند (Schmidt et al., 2017). یافته‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که سرعت و جهت باد از طریق تأثیر بر زاویه سقوط ، سرعت سقوط ، قطر قطره و در نتیجه، انرژی جنبشی قطرات باران بر فرسایش خاک تأثیر می‌گذارد (Fister et al., 2012 و Cornelis et al., 2004). Erpul و همکاران (۲۰۰۴) دریافتند که سرعت و جهت باد نه تنها بر انرژی قطرات در حال سقوط، بلکه بر هیدرولیک جریان‌های کم عمق سطحی از طریق تغییر در زبری سطح اثر دارد.

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران عمدتاً بارندگی‌ها شدید و رگباری و همراه با وزش بادهای تند می‌باشد که این موضوع منجر به وقوع همزمان فرآیند فرسایش آبی و بادی و تأثیرپذیری این دو فرآیند از همدیگر می‌شود. لذا، شبیه‌سازی دقیق شرایط طبیعی فرسایش خاک در این مناطق نیاز به درک بهتر اثر باد بر فرسایندگی باران دارد. تحقیق حاضر برای اولین بار در کشور به بررسی تأثیر همزمان دو عامل فرساینده باد و باران بر فرسایش پاشمانی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش¬های مربوط به فرسایش خاک، نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۲۰ سانتی¬متری سطح خاک زراعی از مزرعه دانشگاه شهید باهنر کرمان صورت گرفت. نمونه¬های خاک پس از هوا خشک شدن و به منظور تهیه نمونه¬های با توزیع اندازه خاکدانه مختلف از سه الک ۲، ۴/۷۵ و ۸ میلی‌متر عبور داده شد. نمونه¬ها به ترتیب D_{2mm}، $D_{4.75mm}$ و D_{8mm} نامگذاری شد. سپس نمونه¬های خاک مذکور به منظور انجام آزمایش¬های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. با توجه به اهداف تعیین¬شده، در این پژوهش مطالعه فرآیندهای مرتبط با فرسایش بارانی متأثر از باد، در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. به این منظور، از دستگاه شبیه ساز همزمان باد و باران موجود در آزمایشگاه فرسایش و حفاظت خاک دانشگاه شهید باهنر کرمان استفاده شد.

آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سرعت¬های مختلف باد، شدت¬های متفاوت باران و خاک بود که هر یک در سه تکرار انجام شد. بر این اساس، تیمارهای مورد مطالعه شامل چهار سرعت باد (صفر یا بدون حضور باد به عنوان شاهد، ۶، ۹ و ۱۲ متر بر ثانیه، به ترتیب معادل صفر، ۳۵، ۵۲ و ۷۰ کیلومتر بر ساعت در ارتفاع ۱۰ متری)، سه شدت باران (شامل شدت¬های اسمی ۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی¬متر در ساعت) و سه خاک با حداکثر اندازه خاکدانه ۲، ۴/۷۵ و ۸ میلی¬متر بود. در مجموع تعداد ۱۰۸ آزمایش فرسایش پاشمانی انجام گردید. میزان پاشمان ناشی از برخورد قطرات باران متأثر از باد با استفاده از سینی پاشمان اندازه¬گیری شد. تجزیه وتحلیل آماری داده‌های حاصل برای انجام تجزیه واریانس و همچنین مقایسه

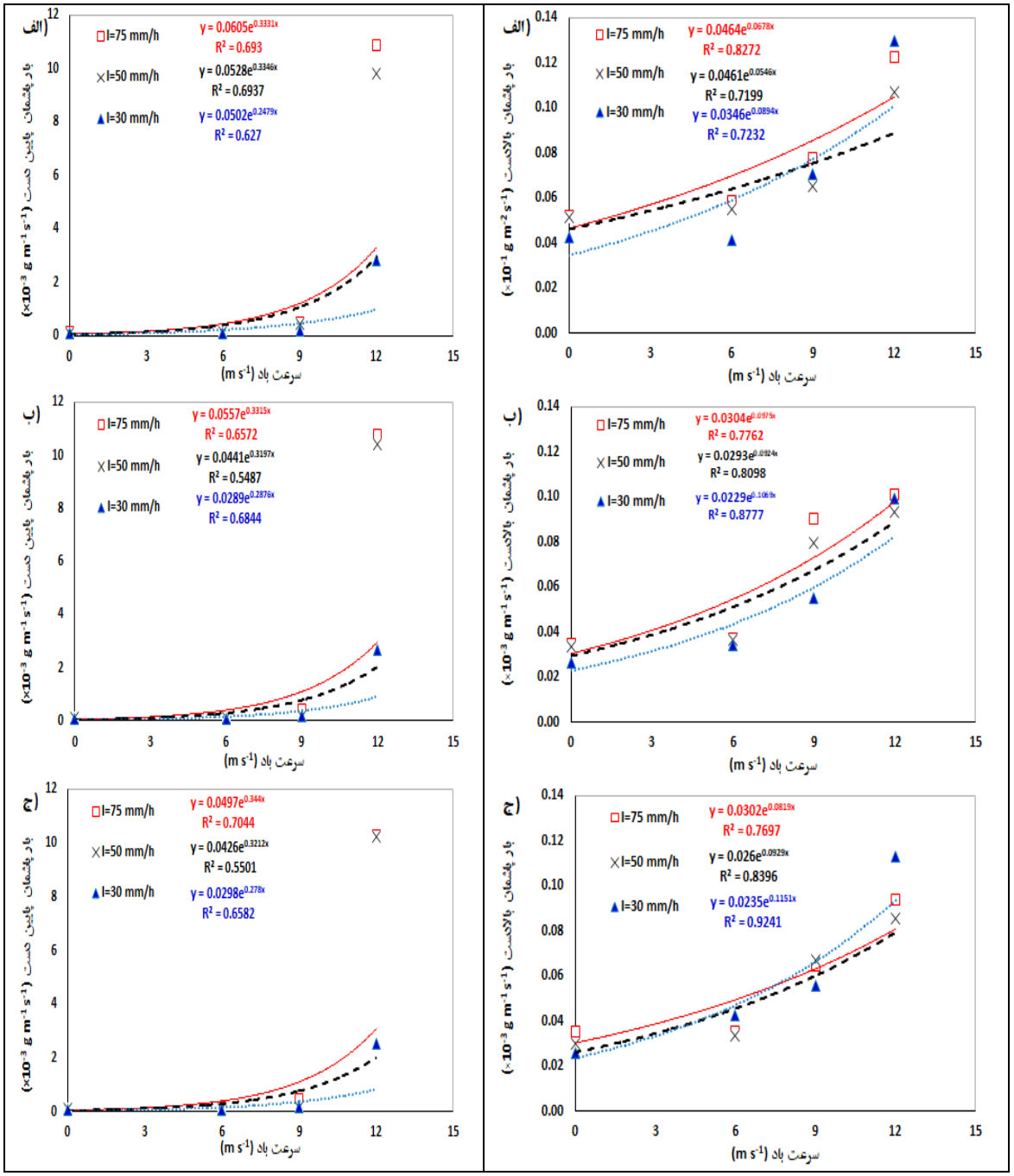
میانگین به روش دانکن در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. همچنین معادله‌های مربوط به شدت فرسایش پاشمانی با استفاده از نرم افزار Curve Expert بدست آمد.

نتایج و بحث

رابطه بین بار پاشمان پایین‌دست و بالادست و سرعت باد در شدت‌های مختلف باران برای هر سه نمونه خاک مورد مطالعه در شکل۱ نمایش داده شده است. مقادیر بار پاشمان پایین‌دست و بالادست به ترتیب بین $۰/۰۵۵\times۱۰^{-۳}$ تا $۱۰/۹\times۱۰^{-۳}$ گرم بر متر در ثانیه و $۰/۰۲۶\times۱۰^{-۳}$ تا $۰/۱۳\times۱۰^{-۳}$گرم بر متر در ثانیه متغیر بود. در تمامی حالات، با افزایش سرعت باد بار پاشمان افزایش یافت، اگر چه افزایش در پاشمان پایین‌دست بسیار بیشتر از پاشمان بالادست بود. در بالاترین سرعت باد (۱۲ متر بر ثانیه) و تحت شدت‌های باران ۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌متر بر ساعت، به ترتیب مقدار بار پاشمان پایین دست ۳۰/۲، ۸۸/۷ و ۸۵/۲ بار برای خاک D_{2mm}، ۴۸/۹، ۱۰۰/۱ و ۸۶/۳ بار برای خاک $D_{4.75mm}$ و ۴۴/۶، ۱۰۱/۷ و ۹۷/۹ بار برای خاک D_{8mm} بزرگتر از مقدار اندازه‌گیری شده در شرایط عدم حضور باد بود. این نتیجه با یافته‌های Marzen و همکاران (۲۰۱۵) قابل مقایسه است، این محققان دریافتند که مقدار مواد پاشمان شده در اثر برخورد قطرات باران در حضور باد ۵۰/۹ بار بزرگتر از آن در شرایط بدون باد بود. در مطالعه‌ای دیگر Marzen و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که شدت فرسایش پاشمانی توسط باران متأثر از باد در یک خاک لومی و شنی به ترتیب ۲۷/۵ و ۱۰۰ برابر بزرگتر از این شدت در شرایط عدم حضور باد بود.

شکل ۱ همچنین نشان می‌دهد که پاشمان پایین‌دست به طور تدریجی تا سرعت باد ۹ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد، در حالیکه با افزایش سرعت باد از ۹ به ۱۲ متر بر ثانیه یک افزایش شدید در بار پاشمان رخ می‌دهد. از این رو سرعت باد ۹ متر بر ثانیه را می‌توان به عنوان سرعت آستانه معرفی کرد. این افزایش پاشمان را می‌توان به افزایش شدید قدرت فرسایندگی قطرات باران و ویژگی‌های جریان ورقه‌ای نسبت داد. Cornelis و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند هنگامی‌که قدرت فرسایندگی قطرات باران در شرایط باران متأثر از باد افزایش می‌یابد، مقدار ذرات جدا شده که بوسیله هر قطره منتقل می‌شود به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. علاوه بر این Erpul و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که باران متأثر از باد انرژی بیشتری نسبت به باران بدون باد برای جداسازی و انتقال ذرات فراهم می‌کند .

در بیشتر حالت‌ها، با افزایش شدت بارندگی، بار پاشمان افزایش یافت. به طور میانگین در شدت‌های ۵۰ و ۷۵ میلی‌متر بر ساعت در مقایسه با شدت ۳۰ میلی‌متر بر ساعت، بار پاشمان در خاک D_{2mm} به ترتیب ۱۰۶ و ۱۳۳ درصد افزایش یافت در حالیکه در خاک $D_{4.75mm}$، ۱۱۳ و ۱۷۰ درصد و در خاک D_{8mm} به ترتیب ۱۱۵ و ۱۷۴ درصد افزایش یافت. همچنین افزایش در بار پاشمان بعلت افزایش شدت باران در سرعت‌های بالای باد افزایش بیشتری نشان داد که نشان دهنده‌ی یک رابطه سینرجیسمی بین باد و باران است. اگر چه هنگامی شدت باران از ۳۰ به ۵۰ میلیمتر بر ساعت افزایش یافت، میزان افزایش در بار پاشمان پایین‌دست قابل توجه بود، ولی با افزایش شدت بارندگی از ۵۰ به ۷۵ میلی‌متر بر ساعت این افزایش پاشمان شدت کمتری داشت..



شکل ۱- رابطه بین سرعت باد و بار پاشمان بالادست و پایین دست در شدت¬های مختلف باران برای خاک¬های الف) D_{2mm}، ب) $D_{4.75mm}$ و ج) D_{8mm}

نتیجه‌گیری

به طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد که سرعت باد تاثیر بسزایی در افزایش فرسایندگی باران دارد و بایستی در مطالعات میدانی و مدل‌سازی‌های مربوط به برآورد فرسایش خاک، نقش عامل باد در نظر گرفته شود. همچنین در صورتی که بتوان در اراضی کشاورزی با ایجاد بادشکن و یا زبری سطح، جلوی افزایش سرعت باد را گرفت، تا حد قابل توجهی می‌توان در راستای مهار فرسایش خاک گام برداشت.

منابع

Cornelis, W.M., Oltenfreiter, G., Gabriels, D., and Hartmann, R. 2004. Splash-saltation of sand due to wind-driven rain: horizontal flux and sediment transport rate. Soil Science Society of America Journal. 68 (1): 41–46.

Erpul, G., Gabriels, D., Norton, L.D. 2004. Wind effects on sediment transport by raindrop-impacted shallow flow: a wind tunnel study. Earth Surface Processes and Landforms. 29: 955-967

Fister, W., Iserloh, T., Ries, J.B., and Schmidt, R.G. 2012. A portable wind and rainfall simulator for in situ soil erosion measurements. Catena. 91: 72–84

Marzen, M., Iserloh, T., Casper, M.C., and Ries, J.B. 2015. Quantification of particle detachment by rain splash and wind-driven rain splash. Catena. 127: 135-1٤١.

Marzen, M., Iserloh, T., de Lima, J.L., and Ries, J.B. 2016. The effect of rain, wind-driven rain and wind on particle transport under controlled laboratory conditions. Catena. 145: 47-5٥.

Mouzai, L., and Bouhadef, M. 2003. Water drop erosivity: Effects on soil splash. Journal of Hydraulic Research. 41(1): 61-68.

Schmidt, J., Werner, M.V., and Schindewolf, M. 2017. Wind effects on soil erosion by water-A sensitivity analysis using model simulations on catchment scale. Catena. 148: 168-175.

Zheng, F.L. 2005. Effect of accelerated soil erosion on soil nutrient loss after deforestation on the Loess Plateau. Pedosphere. 15(6): 707-715.

Simultaneous effects of wind and rain on splash erosion rate

Ruhollah Rezaei Arshad[1]. Majid Mahmoodabadi[2]
[1]Expert in Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran, Rezae805@gmail.com
[2]Professor of Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman.

Abstract

Under natural conditions, intensive and erosive storms commonly associate with high-speed winds. This study was conducted to investigate splash erosion affected by different wind velocities (0, 6, 9 and 12 m s^{-1}) and rain intensities (30, 50 and 75 mm h^{-1}) on several soils with different aggregate size distributions (D_{2mm}, $D_{4.75mm}$ and D_{8mm}). For this purpose, by using Simultaneous Wind-Rainfall-Runoff Simulator (SWRRS) which designed and constructed for the first time in Iran. The results of this research showed that with the increase in wind velocity, the splash load increased and the increase in the downward splash was much higher than the upward splash. At the highest wind speed (12 m s^{-1}) and under rain intensities of 30, 50 and 75 mm h^{-1}, the amount of downward splash load is 30.2, 88.7 and 85.2 times for D_{2mm} soil, 48.9, 100.1 and 86.3 times for $D_{4.75mm}$ soil and 44.6, 101.7 and 97.9 times for D_{8mm} soil were greater than the value measured in the absence of wind, respectively. The findings of this research show the importance of wind velocity, especially velocities greater than 9 m s^{-1}, in the investigation of wind-driven rain erosion.

Keywords: Splash erosion, Rain simulator, Wind velocity

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گوار به سطوح کود نیتروژن و فسفر

محمدرضا مرادی تلاوت[1*]، آیدین خدایی جوقان[2] و حسین منجزی[3]

*۱. نویسنده مسوؤل: دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، moraditelvat@asnrukh.ac.ir & moraditelavat@yahoo.com

۲ و ۳. به ترتیب استادیار و دانشجوی دکتری گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

به منظور بررسی واکنش عملکرد گوار، یک آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سطوح نیتروژن (N0: شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، N1: ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه، N2: ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه+ ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز طویل‌شدن ساقه، N3: ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به پایه+ ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز طویل‌شدن ساقه)، و سطوح فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات در هکتار) بود. تعداد غلاف در بوته به عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد از سطوح نیتروژن متاثر گردید. بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۱۰۲ غلاف از سطح تیماری N2 (۳۰ کیلوگرم نیتروژن پایه (استاتر)+ ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در مرحله آغاز رشد طولی ساقه) بدست آمد که با سطح N3 اختلاف معنی‌داری نداشت. تعداد دانه در غلاف نیز تحت تاثیر مصرف نیتروژن در مقایسه با شاهد (عدم مصرف نیتروژن) افزایش معنی‌داری نشان داد. البته بین سطوح مصرف نیتروژن N1، N2 و N3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که نشان‌دهنده تاثیرپذیری کمتر این جزء عملکرد در مقایسه با تعداد غلاف در مترمربع از سطوح نیتروژن بود. وزن هزاردانه تحت تاثیر سطوح نیتروژن قرار نگرفت که ناشی از ثبات نسبی این جزء عملکرد در برابر شرایط محیطی و مدیریتی بود.

واژگان کلیدی: بقولات، خوزستان، غلاف، لوبیای خوشه‌ای، وزن هزاردانه

مقدمه

گوار با نام انگلیسی Cluster bean و نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba* L. از خانواده بقولات (Leguminose) گیاهی یکساله و تابستانه است که تحمل بالایی به گرما و خشکی دارد و در چند منطقه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان مانند شمال غرب هند، پاکستان، سودان و جنوب آمریکا (تگزاس و اوکلاهما) کشت می‌شود (Ashraf et al., 2005). در ابتدا گوار به عنوان یک گیاه صنعتی کشت می‌شد، اما بعدها به دلیل داشتن پروتئین بالا به عنوان علوفه برای دام نیز استفاده شد. صمغ گوار یک پلی‌ساکارید به دست آمده از آندوسپرم لوبیای خوشه‌ای است. دانه این گیاه یک آندوسپرم بزرگ شامل صمغ گالاکتومانان دارد که در آب به شکل ژل در می آید. این ماده معمولا به عنوان صمغ گوار شناخته شده است و در محصولاتی مانند بستنی و یا به عنوان تثبیت کننده در پنیر و فرآوری سرد گوشت استفاده می شود. از پودر صمغ گوار در تولید نان استفاده می‌شود (Ghulam Nabi, 2013).

گوار می‌تواند از طریق همزیستی با باکترهای ریزوبیوم و تثبیت زیستی نیتروژن در خاک، نیتروژن مورد نیاز خود را به دست می‌آورند. در اغلب موارد در هفته‌های ابتدایی رشد و استقرار این گیاهان در مزرعه به دلیل عدم برقراری رابطه‌ی همزیستی بین گیاه و باکتری، لازم است تا مقداری کود نیتروژن به عنوان آغازگر (استارتر) به خاک افزوده شود. در مناطقی مانند خوزستان که دمای هوا و خاک طی تابستان بسیار فراتر از حد مطلوب باکتری‌های ریزوبیوم است، این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد و در نتیجه ممکن است نیاز به کاربرد کود نیتروژن همچنان در طی فصل رشد ضروری باشد. فسفر عنصری ضروری در رشد و عملکرد محصولات زراعی است. این عنصر غذایی در بسیاری مواقع اهمیت بیشتری نسبت به نیتروژن در تولید گیاهان خانواده‌ی بقولات دارد. از جمله‌ی آثار مفید این عنصر می‌توان به بهبود رشد و استقرار اولیه‌ی ریشه و گیاهچه در مزرعه، تأمین انرژی مورد نیاز گیاه در فتوسنتز و همچنین در شرایط نامساعد محیطی، بهبود شرایط گل‌دهی و گرده‌افشانی و همچنین مشارکت در ساخت ترکیب‌های آلی مهم مانند اسیدهای نوکلئیک در سلول‌های گیاهی اشاره نمود. این عنصر تحرک بسیار پایینی در خاک دارد و در نتیجه معولاً همه‌ی کود فسفر مورد نیاز در هنگام خاک‌ورزی و قبل از کاشت گیاه زراعی به خاک افزوده می‌شود. بر این اساس مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی تغذیه‌ی نیتروژن، فسفر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

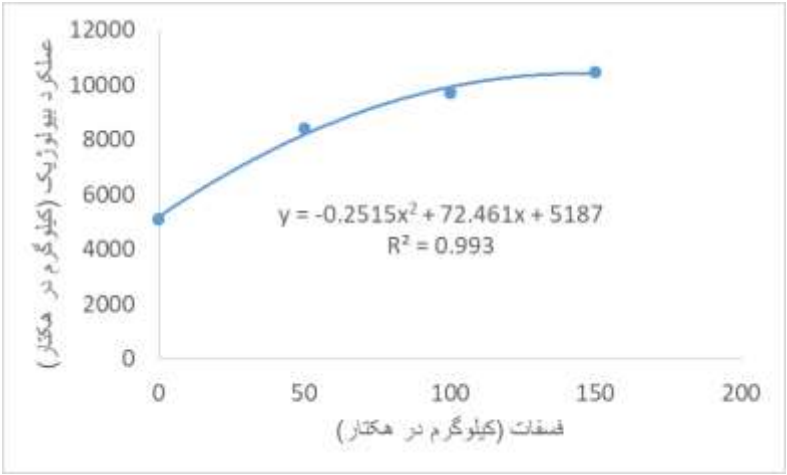
به منظور بررسی واکنش رشد و عملکرد گوار به مصرف نیتروژن و فسفر، یک آزمایش فاکتوریل با سه تکرار در مزرعه‌ی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در تابستان ۱۳۹۸ اجرا شد. چهار سطح نیتروژن (N0: صفر (شاهد)، N1: ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه (استارتر)، N2: ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (استارتر)+ ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مرحله آغاز رشد طولی ساقه و N3: ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (استارتر)+ ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مرحله آغاز رشد طولی ساقه) و چهار سطح کود فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات در هکتار) مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد دانه با نمونه‌برداری از خطوط کاشت وسط هر کرت پس از حذف حاشیه اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه نیز با استفاده از بوته‌های مربوط به خطوط دوم از هر کرت اندازه‌گیری و محاشبه شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم تمودارها و جداول مربوطه به ترتیب به وسیله برنامه Excel و WORD صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح تیماری N2 و N3 به ترتیب با ۱۱۹۵۱ و ۱۱۷۹۱ کیلگرم ماده خشک در هکتار، بیشترین عملکرد بیولوژیک بدست آمد و از طرفی این دو سطح تیماری تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند (جدول ۱). افزایش سطح سبز فتوسنتزکننده و به تبع آن افزایش توان تولید از جمله رشد رویشی گیاه سبب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف نیتروژن می‌شود. عنصر نیتروژن در زمینه افزایش عملکرد بیولوژیک در اکثر

گیاهان بیشترین اهمیت را دارد. البته در گیاهان خانواده بقولات ممکن است این گونه نباشد. به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه به همراه ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز رشد طولی ساقه عملکرد بیولوژیک در بالاترین سطح خود بود.

افزایش مصرف فسفر در واحد سطح به طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گوار شد (شکل ۱). بر این اساس تا بالاترین سطح مصرف فسفر (۱۵۰ کیلوگرم فسفات در هکتار)، عملکرد بیولوژیک گوار به صورت معادله درجه ۲ افزایش یافت. بر این اساس نقطه اوج منحنی از طریق قراردادن مشتق معادله برابر صفر و ایجاد یک معادله جدید و حل آن معادله (-b/2c) برابر ۱۴۴ بدست آمد. این موضوع نشان داد که در آزمایش حاضر بیشترین عملکرد بیولوژیک در سطح ۱۴۴ کیلوگرم فسفات در هکتار به دست آمده است. به نحوی که در ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف فسفات در هکتار تا قبل از این مقدار کودی، عملکرد بیولوژیک حدود ۷۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. اما با افزایش بیش از ۱۴۴ کیلوگرم فسفات در هکتار، عملکرد بیولوژیک به ازای هر واحد افزایش فسفات مصرفی حدود ۰/۲۵ کیلوگرم در هکتار رو به کاهش گذاشت. عنصر فسفر در گیاهان سبب بهبود رشد و استقرار سیستم ریشه‌ای در ابتدای رشد، بهبود تنفس سیستم ریشه‌ای و در نتیجه بهبود افزایش جذب سایر عناصر غذایی و در نتیجه تقویت بنیه و رشد گیاه می‌شود. در گیاهان خانواده بقولات که بخش قابل توجهی از نیاز گیاه به نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن حاصل می‌شود، عنصر فسفر به عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی در افزایش رشد و عملکرد گیاه محسوب می‌شود. همچنان که عالی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که مصرف فسفر در گیاه باقلا می‌تواند حتی در شرایط نامساعد محیطی سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه شود.



شکل ۱- واکنش عملکرد بیولوژیک (ماده خشک کل در واحد سطح) به مصرف کود فسفر

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح N2 و N3 بیشترین عملکرد دانه بدست آمد (جدول ۱) و با توجه به مصرف نیتروژن کمتر و در نیتجه صرفه اقتصادی بیشتر می‌توان گفت که سطح N2 (مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن پایه+

۳۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز رشد طولی ساقه) سطح مطلوب مصرف نیتروژن در آزمایش حاضر بود که سبب تولید ۳۴۰۹ کیلوگرم دانه گوار در هکتار گردید. عملکرد دانه گوار با افزایش مصرف فسفر به طور خطی رو به افزایش گذاشت. به نحوی که با افزایش هر کیلوگرم فسفات در هکتار، عملکرد دانه گوار حدود ۱۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. این موضوع تا بالاترین سطح مصرف فسفر قابل مشاهده بود (شکل ۲).

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد، محتوی نیتروژن بوته، جذب و کارآیی زراعی مصرف نیتروژن در سطوح نیتروژن

نیتروژن	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه در هکتار	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف
N0	۳۲۷۶^{c}	۱۲۱۳^{c}	۴۲^{c}	۷/۱۳^{b}
N1	۶۶۶۴^{b}	۲۲۳۷^{b}	۶۸^{b}	۷/۷۸^{a}
N2	۱۱۹۵۱^{a}	۳۴۰۹^{a}	۱۰۲^{a}	۷/۸۶^{a}
N3	۱۱۷۹۱^{a}	۳۲۹۹^{a}	۹۶^{a}	۷/۹۶^{a}

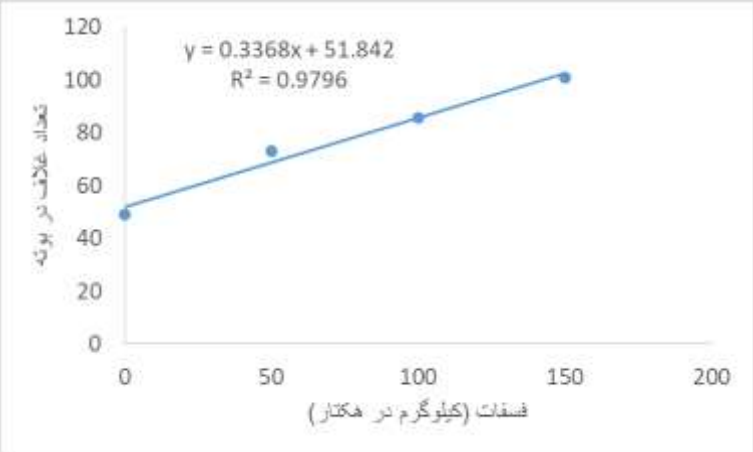
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار با همدیگر ندارند

شکل ۲- واکنش عملکرد دانه به سطوح فسفر

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز مرحله رشد طولی ساقه (سطح N2) بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۰۲ غلاف در بوته) را تولید کرد (جدول ۱). البته سطح N3 یعنی مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن پایه به همراه ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز مرحله رشد طولی ساقه نیز اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در بوته با سطح N2 نداشت اما به دلیل مصرف نیتروژن بیشتر، به طور بدیهی کارآیی کمتری در تولید تعداد غلاف در بوته نشان داد. بر این اساس می‌توان گفت که برای افزایش تعداد غلاف در بوته مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن پایه به همراه ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در آغاز مرحله رشد طولی ساقه در آزمایش حاضر کفایت داشته است. افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر تغذیه مطلوب نیتروژن در گیاه ارتباط مستقیمی با افزایش سطح فتوسنتزی در مرحله رشد رویشی دارد که توان گیاه را در تولید تعداد شاخه‌ها و همچنین تعداد غلاف در هر شاخه و در کل بوته را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Moradi-Telavat et al., 2008).

واکنش تعداد غلاف در بوته به مصرف فسفر به صورت خطی بود. بر این اساس افزایش هر کیلوگرم فسفات مصرفی در هکتار، سبب افزایش حدود ۰/۳۴ غلاف در بوته شد (شکل ۳). این موضوع تا بالاترین سطح مصرف فسفر

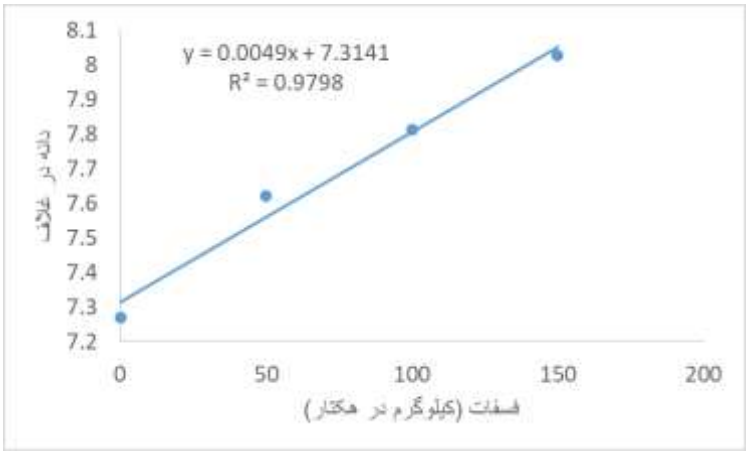
(۱۵۰ کیلوگرم فسفات در هکتار) ادامه یافت که نشان‌دهنده نیاز قابل توجه گوار جهت تولید غلاف در بوته به عنصر فسفر است و بنابراین ممکن است در آزمایش‌های بعدی سطوح بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم فسفات در هکتار بتواند سبب افزایش بالاتری در تعداد غلاف در بوته گردد. نیاز بالای گیاهان خانواده بقولات به عنصر فسفر در مقایسه با نیتروژن قبلا نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (عالی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۳- واکنش تعداد غلاف در بوته به مصرف کود فسفر

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های مصرف نیتروژن در تمام سطوح سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف در مقایسه با سطح عدم مصرف نیتروژن شد (جدول ۱). با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح مصرف نیتروژن N1، N2 و N3 می‌توان گفت که سطح مطلوب مصرف نیتروژن برای افزایش تعداد دانه در غلاف همان سطح N1 (مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه) بود. مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه سبب تولید ۷/۷۸ دانه در غلاف گردید (جدول ۱). این موضوع نشان‌دهنده این است که گیاه جهت افزایش تعداد دانه در غلاف نیازمند مصرف نیتروژن است ولی این موضوع به اندازه تاثیر نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته قابل توجه نبود. این موضوع قبلا نیز توسط سایر محققان گزارش شده بود که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی داشت (Moradi-Telavat et al., 2008).

اثر فسفر بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود. بر این اساس با افزایش مصرف فسفر، تعداد دانه در غلاف به طور معنی‌داری و به صورت خطی افزایش یافت (شکل ۴). افزایش تعداد دانه در غلاف تا بالاترین سطح مصرف فسفر ادامه یافت. این موضوع همانند تعداد غلاف در بوته، نشان‌دهنده نیاز قابل توجه گیاه به مصرف عنصر فسفر بود.



شکل ۴- واکنش تعداد دانه در غلاف به مصرف کود فسفر

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان در نظر گرفت که رشد مطلوب و کارآمد گوار در منطقه خوزستان نیازمند بهبود شرایط مدیریت تغذیه این گیاه از طریق افزایش کارآیی مصرف عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر است. در مطالعه حاضر، مصرف ۱۴۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به صورت پایه و همچنین ۳۰ کیلوگرم نیتروژن پایه همراه با ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در مرحله آغاز رشد طولی ساقه بیشترین عملکرد را به همراه داشت. اجزای عملکرد دانه نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش قرار گرفت و با مدیریت نیتروژن و فسفر می‌توان در صورت تکرار در آزمایش‌های بعدی مورد توجه و توصیه قرار گیرد.

فهرست منابع

عالی‌پور، س.، مرادی تلاوت، م. ر.، سیادت، س. ع.، موسوی، س. ه. و کرملاچعب، ع. ۱۳۹۵. اثر تاریخ کاشت و سطوح کود فسفر بر ویژگیهای مورفولوژیک و عملکرد باقلا (*Vicia faba* L.). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۷ (۲): ۵۸-۴۵.

Ashraf, M. Y., Akhtar, K., Sarwar, G. and Ashraf, M. 2005. Roll of the rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. Agronomy for sustainable development. 25: 243-249.

Ghulam Nabi, A. 2013. Cluster bean (guar) in Pakistan. Agronomy center pivot irrigation system valley irrigation Pakistan (private) limited.

Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A., Nadian, H., Fathi, G. Effect of Nitrogen and Boron on Canola Yield and Yield Components in Ahwaz, Iran. International Journal of Agricultural Research. 3: 415-422.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

The response of guar yield and yield components to nitrogen and phosphorus fertilizer levels

Moradi-Telavat, M. R., Khodaei Joghan, A. and Monjezi, H.
Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Abstract

In order to investigate the yield response of guar, a factorial experiment was conducted in the form of randomized complete blocks with three replications. Experimental factors include nitrogen levels (N0: control (no nitrogen consumption), N1: 30 kg of nitrogen as base, N2: 30 kg of nitrogen as base + 30 kg of nitrogen at the beginning of stem elongation, N3: 30 kg of nitrogen to base + 60 kg of nitrogen at the beginning of stem elongation), and phosphorus levels (zero, 50, 100 and 150 kg of phosphate per hectare). The number of pods per plant as the most important yield component was affected by nitrogen levels. The highest number of pods per plant with an average of 102 pods was obtained from the treatment level N2 (30 kg of basic nitrogen (stater) + 30 kg of nitrogen at the beginning of the longitudinal growth of the stem), which was not significantly different from the level of N3. The number of seeds in the pod showed a significant increase under the effect of nitrogen use compared to the control (no nitrogen use). Of course, no significant difference was observed between N1, N2 and N3 nitrogen consumption levels, which indicated the lower effectiveness of this yield component compared to the number of pods per square meter of nitrogen levels. The weight of 1,000 seeds was not affected by nitrogen levels, which was due to the relative stability of this performance component against environmental and management conditions.

Keywords: Pulses, Khuzestan, pods, cluster beans, thousand seed weight

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

عملکرد علوفه و جذب عناصر غذایی تریتیکاله تحت سطوح نیتروژن و گوگرد

نرگس شکوهی‌فر[۱]، احمد کوچک‌زاده[۲]، محمدرضا مرادی تلاوت[۲*] و سیدعطاءالله سیادت[۳]

۱، ۲و ۳ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*۲. نویسنده مسؤول و دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، moraditelvat@asnrukh.ac.ir & moraditelavat@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر کود نیتروژن و گوگرد بر رشد و عملکرد تریتیکاله، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ درمزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. کود نیتروژن در پنج سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور اصلی و کود گوگرد در چهار سطح صفر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور فرعی بود. نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری تحت اثر برهمکنش سطوح کود نیتروژن و گوگرد قرار گرفت. همچنین با مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، بیش‌ترین درصد نیتروژن دانه بدست آمد. با این حال میزان فسفر دانه تا بالاترین سطح مصرف گوگرد روند رو به رشد خود را حفظ نمود. از نظر میزان جذب گوگرد دانه نیز بیش‌ترین مقدار مربوط به مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بود. به طور کلی بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک تریتیکاله (۱۶۰۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

واژگان کلیدی: بیوماس، چاودم، خوزستان، فسفر، علوفه

مقدمه

تریتیکاله (*Triticosecale wittmack*) گیاهی است از خانواده Poaceae که از تلاقی گندم‌های تتراپلوئید و چاودار به دست آمده است و در سال ۱۳۴۸به ایران وارد شد و به عنوان یک گیاه علوفه سبز، سیلو و علوفه‌ی خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که تریتیکاله به طور موفقیت‌آمیزی می‌تواند در تولید علوفه و دانه جهت تغذیه دام و طیور مورد استفاده قرار گیرد. این گیاه قابلیت رشد در خاک‌های فقیر که برای تولید گندم مناسب نیستند را دارد و در زمین‌های شنی و لومی شنی و اسیدی محصول خوبی تولید می‌نماید (بحرانی و طهماسبی، ۱۳۸۵).

دستیابی به عملکرد مطلوب، مستلزم تأمین نیازهای مختلفی همچون فراهم کردن عناصر تغذیه‌ای خاک و افزایش کارایی استفاده از عوامل تولید طی دوره رشد گیاه است. نیتروژن عنصری مهم و حیاتی برای گیاه است و در ساختمان

پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل وجود دارد. این عنصر بیش از عناصر غذایی دیگر در معرض از دست رفتن به شکل‌های تصعید، فرسایش سطحی و آبشویی بوده و بازیافت آن کمتر از نصف مقدار به‌کاررفته است (کریمی، ۲۰۰۹). افزایش نیتروژن موجب گسترش ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت خاک می‌شود. علاوه بر آن، افزایش نیتروژن باعث تسریع رشد سبزینه‌ای، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تبخیر و تعرق در گیاه می‌شود. (ریف و همکاران، ۲۰۱۲).

گوگرد عنصری حیاتی برای تغذیه گیاهان است و نقش گوگرد در گیاهان عمدتا شرکت در ساختمان پروتئین، روغن و آنزیم‌ها است، و برای ساخت برخی اسید آمینه‌ها و کلروفیل ضروری است. اغلب خاک‌های ایران به دلیل قرار گرفتن در اقلیم خشک و نیمه خشک دارای pH بالای ۷ و مقادیر فراوان کربنات کلسیم هستند. یکی از روش‌های مقابله با این پدیده افزودن گوگرد برای تقلیل pH خاک و بالا بردن حلالیت آهن، روی، فسفر و غیره است. با توجه به نیاز استان و کشور به محصولات علوفه ای و پتانسیل گیاه تریتیکاله، آزمایش زیر طراحی و اجرا شد..

مواد و روش‌ها

این تحقیق بصورت اسپیلیت‌پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. تیـــمارهای مورد مطالعه در این آزمایش فاکتور اصلی شامل کود نیتروژن در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و فاکتور فرعی کود گوگرد در چهار سطح (صفر، ۲۰۰ و۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت خاک کاربرد بود. کود نیتروژن به‌صورت تقسیط در ۳ مرحله‌ی بعد از کاشت، اواخر دوره‌ی پنجه‌زنی و طویل شدن ساقه و کود گوگرد به صورت خاک کاربرد قبل از کاشت توزیع شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها و جداول مربوطه به ترتیب به وسیله برنامه Excel و WORD صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر برهمکنش کود نیتروژن و گوگرد بر عملکرد علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد بیش‌ترین عملکرد علوفه را دارا بود. کم‌ترین مقدار به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و گوگرد تعلق داشت (جدول ۱).

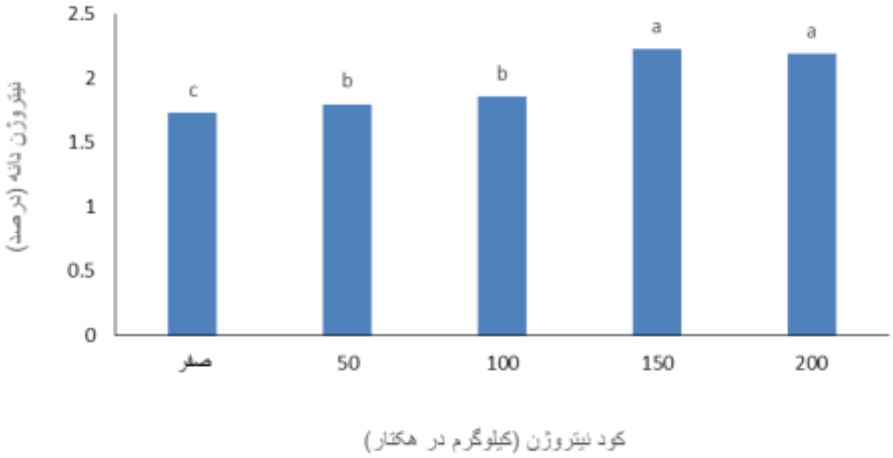
جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد علوفه برش‌دهی اثر متقابل نیتروژن و گوگرد از نظر اثر بر عملکرد بیولوژیک

نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	گوگرد (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)
صفر	صفر	b	۹۸۰۰
صفر	۲۰۰	b	۱۰۰۱۰
صفر	۴۰۰	b	۱۰۱۰۰

صفر	۶۰۰	a	۱۱۰۰۰
۵۰	صفر	b	۹۹۵۰
۵۰	۲۰۰	a	۱۱۸۵۰
۵۰	۴۰۰	a	۱۲۰۰۰
۵۰	۶۰۰	a	۱۲۲۰۰
۱۰۰	صفر	c	۱۰۱۱۰
۱۰۰	۲۰۰	b	۱۱۵۰۰
۱۰۰	۴۰۰	ab	۱۲۰۵۰
۱۰۰	۶۰۰	a	۱۲۵۰۰
۱۵۰	صفر	c	۱۱۹۰۰
۱۵۰	۲۰۰	c	۱۲۳۰۰
۱۵۰	۴۰۰	b	۱۳۱۰۰
۱۵۰	۶۰۰	a	۱۶۰۰۰
۲۰۰	صفر	c	۱۱۴۵۰
۲۰۰	۲۰۰	bc	۱۲۲۷۰
۲۰۰	۴۰۰	b	۱۳۰۰۰
۲۰۰	۶۰۰	a	۱۵۷۵۰

مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین درصد نیتروژن دانه به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن که با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری نداشت و سطح شاهد (صفر کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، دارای کم‌ترین درصد نیتروژن بود (شکل ۱). سطح شاهد دارای کمترین میزان نیتروژن دانه و سطح ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار دارای بیش‌ترین میزان نیتروژن دانه بود (شکل ۲).

کلیکوکا و همکاران (۲۰۱۶) ثابت کردند که افزودن مقادیر بیشتر گوگرد غلظت نیتروژن در خاک آهکی را افزایش داد و افزودن گوگرد به منظور خنثی سازی کل آهک در خاک، کمبود نیتروژن را در گیاه برطرف کرد که ناشی از افزایش حلالیت نیتروژن در خاک و جذب بیش‌تر آن توسط گیاه است.



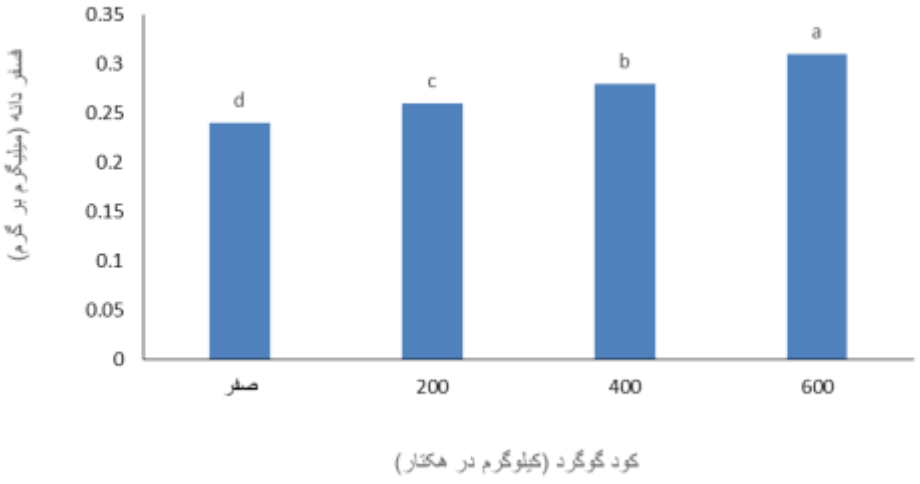
شکل ۱- اثر سطوح نیتروژن بر نیتروژن دانه تریتیکاله

شکل ۲- اثر سطوح گوگرد بر درصد نیتروژن دانه تریتیکاله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین فسفر دانه به سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تعلق داشت که با سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۳). افزایش نیتروژن خاک جذب فسفر توسط

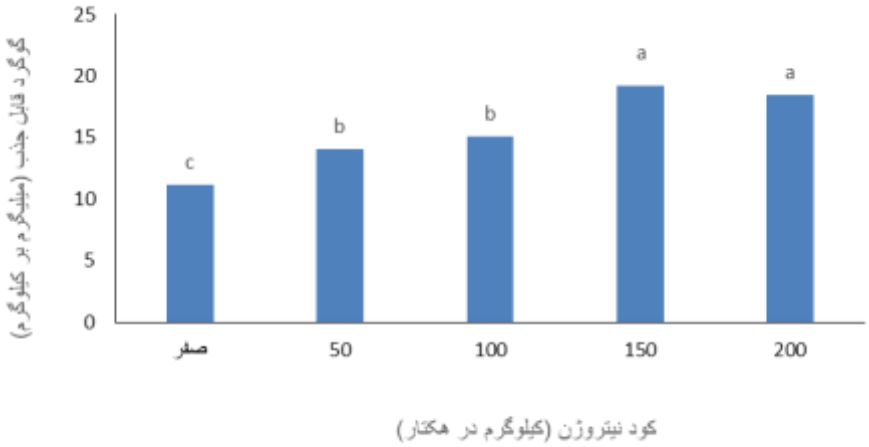
گیاه را از طریق افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه، همچنین تغییر متابولیسم گیاه و افزایش قابلیت استفاده و حلالیت فسفر افزایش می‌دهد (واثقی و همکاران، ۱۳۹۰). سطح شاهد دارای کم‌ترین درصد فسفر دانه و سطح ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار دارای بیش‌ترین درصد فسفر دانه بود. (شکل ۴) در این تحقیق افزایش مصرف گوگرد باعث کاهش pH شده که خود باعث افزایش جذب عناصر پرمصرف به ویژه فسفر می‌شود. با افزایش جذب فسفر استفاده از انرژی و ذخایر غذایی بهتر صورت گرفته و همین امر باعث افزایش میزان فسفر دانه می‌شود (گودرزی، ۱۳۸۹).

شکل ۳- اثر سطوح نیتروزن بر میزان فسفر دانه تریتیکاله

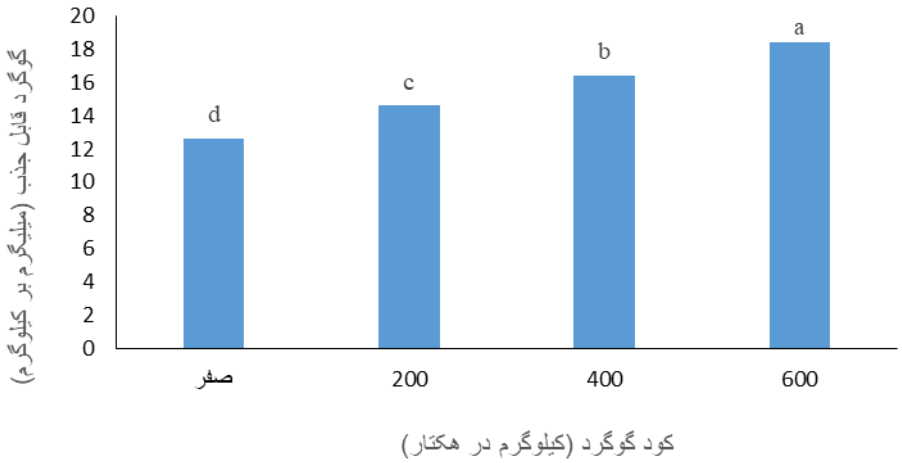


شکل ۴- اثر سطوح گوگرد بر میزان فسفر دانه تریتیکاله

مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین مقدار گوگرد قابل جذب خاک به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن که با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری نداشت و سطح شاهد دارای کم‌ترین مقدار بود (شکل ۵). در این رابطه یدوی و همکاران (۱۳۹۴) نیز اظهار داشتند که کاربرد کوهای شیمیایی نسبت به شاهد بدون مصرف کود باعث افزایش غلظت گوگرد خاک بعد از برداشت محصول شده اند که علت آن را عدم مصرف کامل عناصر حاصل از کودهای مصرفی توسط گیاه کلزا عنوان کرده‌اند.. سطح شاهد دارای کمترین گوگرد قابل جذب و سطح ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار دارای بیشترین گوگرد قابل جذب بود (جدول ۶). تحقیقات گودرزی (۱۳۸۹) نیز نشان داد که بر اثر مصرف گوگرد، میزان گوگرد قابل جذب خاک ۶۷ درصد، نسبت به شاهد افزایش یافت.



شکل ۵- اثر نیتروژن بر گوگرد قابل‌جذب در خاک



شکل ۶- اثر کود گوگرد بر میزان گوگرد قابل‌جذب خاک

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج می‌توان گفت که عملکرد علوفه تریتیکاله و وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه به طور معنی‌داری تحت تاثیر مصرف کود نیتروژن و گوگرد قرار گرفت. بر این اساس بیش‌ترین عملکرد علوفه در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد که البته با سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نداد. جذب عناصر نیتروژن و فسفر دانه و نیز گوگرد قابل‌جذب در خاک نیز تا این سطح نیتروژن مصرفی به طور معنی‌داری افزایش یافت. مصرف گوگرد تا سطح ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب تولید بیش‌ترین عملکرد علوفه تریتیکاله در واحد سطح شد که نشان می‌دهد با توجه به واکنش گوگرد در خاک‌های قلیایی از جمله خاک مزرعه مورد بررسی نیاز به مصرف این عنصر بسیار قابل توجه است و ممکن است در آزمایش‌های بعدی واکنش به مقادیر بالاتر نیز در جهت خنثی‌نمودن pH بالای خاک مزارع مشاهده شود. افزایش جذب نیتروژن و فسفر و افزایش گوگرد قابل‌جذب نیز از جمله آثار مصرف گوگرد در آزمایش حاضر بود. به طور کلی بیش‌ترین عملکرد علوفه تریتیکاله (۱۶۰۰۰ کیلوگرم علوفه در هکتار) با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد.

فهرست منابع

بحرانی، عبدالله. و طهماسبی‌سروستانی، زین‌العابدین. ۱۳۸۵. اثر میزان و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی انتقال مجدد ماده خشک در دو رقم گندم زمستانه، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۲ (۲):. ۳۷۷-۳۶۹.

کریمی، عبدالرضا. ۱۳۸۸. ارزیابی رژیم آبیاری غرقابی در کارایی مصرف نیتروژن برای چغندرقند. مجله تولیدات گیاهی. صفحات ۱۴۸-۱۳۳.

واثقی، سعید.، ولی نژاد، مهدی. و محمدیان، محمد. ۱۳۹۰. تاثیر مدیریت های مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد برنج. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم.۷ (۲-۲۷). صص: ۱۱۱-۱۰۱.

یدوی، علیرضا.، و یوسف‌پور، زینب. ۱۳۹۴. تأثیر منابع نیتروژن و فسفر بر خصوصیات شیمیایی خاک و غلظت عناصر در آفتابگردان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹(۱): ۲۲۴-۲۱۰.

گودرزی، کرم‌اله. ۱۳۸۹. بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. مقالات همایش منطقه ای دستاوردهای نوین در زراعت و نانو تکنولوژی. شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.

Reif C, Arrigoni E, Neuweiler R, Baumgartner D, Nyström L, Hurrell RF. 2012. Effect of sulfur and nitrogen fertilization on the content of nutritionally relevant carotenoids in spinach (Spinacia oleracea). J Agric Food Chem. 13; 60(23): 5819-5824.

Klikocka, H., Cybulska, M. Barczak, B. Narolski, B. Szostak, B. Kobiałka, B. Nowak, A. and Wójcik, E. 2016. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat. Plant Soil Environ. 62(5): 230-236.

Forage yield and absorption of triticale nutrients under nitrogen and sulfur levels

Shokouhifar, N., Koochekzadeh, A., Moradi-Telavat, M. R. and Siadat, S. A.
Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Abstract

In order to investigate the effect of nitrogen and sulfur fertilizers on the growth and yield of triticale, an experiment was carried out in the crop year of 2015-2016 in the research farm of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in the form of Split plots in the form of a randomized complete block design in four replications. Nitrogen fertilizer at five levels of zero, 50, 100, 150 and 200 kg/ha was the main factor and sulfur fertilizer was at four levels of zero, 200, 400, 600 kg/ha as a secondary factor. The results showed that biological performance was significantly affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilizer levels. Also, by using nitrogen up to the level of 150 kg per hectare and using 400 kg of sulfur per hectare, the highest percentage of seed nitrogen was obtained. However, the amount of grain phosphorus maintained its growing trend until the highest level of sulfur consumption. In terms of seed sulfur absorption, the highest amount was related to the consumption of 150 kg of nitrogen per hectare and 600 kg of sulfur per hectare. In general, the highest biological yield of triticale (16,000 kg of dry matter per hectare) was obtained with the consumption of 150 kg of nitrogen and 600 kg per hectare.

Keywords: Biomass, Fodder, Khuzestan, phosphorus, triticale

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی اثر کودهای بیولوژیک و شیمایی بر جذب عناصر غذایی درختان فندق دارای سرخشکیدگی

نویسنده اول[1*]،علی لاهیجی ، فرهاد رجالی

۱- -استادیار بخش تحقیقات خاک وآب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج. کشاورزی، رشت، ایران ، (lahigy_123@yahoo.com)

۲- استاد پژوهش موسسه تحقیقات خاک وآب کشور سازمان تحقیقات آموزش وترویج کشاورزی ،کرج،ایران

چکیده:

به منظور بررسی اثر تلفیقی کودهای شیمیایی، و باکتری های بهبود دهنده رشد (PGPR) و قارچ‌های تریکودرما بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی باغات دارای سرخشکیدگی در دو باغ شهرستان رودسر آزمایشی بر روی درختان فندق به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و و سه تکرار (هر تیمار و هر تکرار شامل سه درخت) در سال در دوسال زراعی ۱۴۰۰- ۱۴۰۱ انجام پذیرفت. تیمارها شامل: T_1- شاهد(عرف باغدار) T_2- مصرف خاکی کود دامی به میزان ۲۰ کیلوگرم برای هر درخت + توصیه کود شیمیای براساس الویت بندی طرح تغذیه T_3- (T_2+ باکتری بهبود دهنده رشد) T_4- (T_2 +قارچ تریکودرما) T_5- (T_2+ ترکیب قارچ های تریکودرما وباکتری بهبود دهنده رشد) .نتایج نشان داد که تیمارهای T_4 و T_5 بیشترین اثرات را روی صفات مورد برررسی داشته اند و کاربرد قارچ‌های تریکودرما و باکتری‌های بهبود دهنده رشد به صورت توام نقش مؤثرتری در افزایش خصوصیات عملکردی و جذب عناصر غذایی داشتند. این عوامل زیستی جذب عناصر غذایی مانند، فسفر، مس و آهن، منگنز را درختان فندق بهبود بخشیدند. لذا استفاده تلفیقی قارچ تریکودرما و باکتری بهبود دهنده رشد به همراه تغذیه شیمیایی برای درختان فندق دارای سرخشکیدگی منطقه توصیه می‌گردد.

کلید واژه: فندق ، قارچ تریکودرما، باکتری‌های بهبود دهنده رشد،تغذیه ، گیلان

مقدمه:

درخت فندق درمیان محصولات باغی استان جایگاه اول سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است که از نظر اقتصادی همواره تابع قیمت پسته و قیمت جهانی فندق می باشد که نقش مهمی در اقتصاد بهربرداران مناطق کوه پایه ای گیلان دارد. در سال‌های اخیر سرخشکیدگی یکی از عوامل نگرانی مسئولین محلی و استانی شده است هرچند که سرخشکیدگی باغات فندق کمتر از ۵-۷ درصد باغات را شامل می شود ولی می‌بایست به علل وعوامل ایجاد وحتی کنترل آن شناخت پیدا نمود. براساس مطالعه (آجیلی لاهیجی و بصیرت ۱۳۹۸) pH خاک بالا و آهک بالا در عمق پروفیل خاک به همراه تنش های رطوبتی از مهمترین مشکلات باغات فندق گیلان می باشد. این خصوصیات مشابه سایر خاک‌های مناطق خشک وکوهستانی کشور، به دلیل محدودیت‌هایی که برای جذب برخی از عنصرهای غذایی

ایجاد می‌کند، می‌باشد. بیشتر خاک‌های ایران حاوی آهک و دارای pH بالا بوده و کمبود عناصر کم مصرف در آن مشاهده می‌گردد که در این میان دو عنصر روی و منگنز قابل دسترس برای گیاه با افزایش pH خاک کاهش می یابد (پهلوان ،۱۳۸۷). حیدری نژاد و بوسعیدی (۱۳۸۴) جهت درمان عارضه ریزبرگی درختان پسته عکس العمل مثبت گیاه را فقط با روش محلولپاشی عناصر مس و آهن مشاهده نموده و بیان کردند که امکان دارد در خاک تعدادی از این باغها، عناصر مس و آهن به اندازه کافی وجود داشته باشد اما به دلیل شور و آهکی بودن خاکهای تحت کشت، این عناصر قابل جذب به وسیله گیاه نیستند و یا اگر جذب گیاه نیز شوند به فرمی می باشند که توانایی رفتن به محل های فیزیولوژیک و مورد استفاده گیاه را ندارند. مظفری وهمکاران (۱۳۸۴) نیز ضمن بررسی عارضه سرخشکیدگی درختان پسته به کمبود روی و مس در خاک‌های منطقه رفسنجان اشاره نمود. رضایی و همکاران(۱۳۸۶) علت اصلی علایم زردی درختان چنار را کمبود توأم آهن و روی مطرح نموده و با تزریق این عناصر علایم کمبود آنها را تا حدودی رفع نموده اند، آنها با تزریق سیترات آهن بر این درختان نتیجه گرفتند که این عمل اثر معنی داری در افزایش میزان کلروفیل و غلظت آهن در برگ درختان چنار و رفع علایم زردی داشت. بنی جمالی وهمکاران (۱۳۹۷) در بررسی کاهش خزان و زردی زود هنگام چنار و خشکیدگی زودرس سرشاخه¬های این درختان در محلات ، در مطالعه ای میدانی با تجزیه نمونه های گیاه و خاک درختان بیمار، نتایج حاصله به روش آزمون t نشان داد که درختان بیمار نسبت به درختان سالم دچار کمبود نیتروژن، فسفر و بور بودند که مرتبط با تنش خشکی و بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی را عنوان نمودند.حسینی و همکاران (۱۳۹۶) اثر معنی دار میزان رس بر زوال، احتمالاً بر اثر کمبود اکسیژن در اثر تهویه ضعیف، تجمع آب بیشتر در اطراف ریشه که منجر به خفگی ریشه‌ها می‌شود، تجمع تدریجی سایر املاح و یا آسیب بلند مدت به ریشه است که این مشکل بیشتر در مناطق شمال کشور گزارش شده است. خاک‌های بسیار سبک و فاقد مواد آلی نیز می‌تواند باعث تشدید عارضه زوال در مرکبات گردد به دلیل عدم توانایی در نگهداری آب،جذب گرمای بیشتر و تبخیر بیشتر آب در منطقه ریشه و فقر مواد غذایی و بافت سبک خاک را به عنوان یکی از عوامل اصلی زوال در استان هرمزگان گزارش کرده اند. باکتری‌های محرک رشد نیز می‌توانند اثر مفیدی بر فیزیولوژی گیاه از جمله افزایش نفوذپذیری سلول ریشه داشته باشند (Vivas *et al.*, 2003). باکتری‌های محرک رشد موجب می‌شوند، گیاه آب خاک را بهتر جذب کرده و با افزایش محتوای رطوبت نسبی بافت های برگ، برای مدت طولانی تری روزنه ها باز نگه و و فرآوریCO_2 در نتیجه فتوسنتز و تعرق داشته شده بهتر انجام گیرد. با توجه به اینکه باکتری‌های محرک رشد قابلیت دسترسی به عناصری چون نیتروژن و فسفر را افزایش می‌دهند بنابراین، می‌توانند بر جذب عناصر کم‌مصرف نیز مؤثر باشند. هم چنین تولید سیدروفور در باکتری‌های محرک رشد جنس سودوموناس (Yang *et al.*, 2011) آزوسپیریلوم و ازتوباکتر (Ahmad *et al.*,2006) اثبات شده است که افزایش جذب عناصر کم مصرف به خصوص آهن، منگنز و روی توسط گیاه می‌تواند با تولید سیدروفورهای گیاهی مرتبط باشد (Arzansh *et al.*, 2012). باکتری های محرک رشد از طریق تولید آبسیزیک اسید که مربوط به پاسخ گیاه به تنش آبی می باشد و(تولید اکسین) که باعث ایجاد ریشه‌های جانبی و افشان و تسهیل انتقال شعاعی آب و افزایش هدایت هیدرولیکی می شود سبب بهبود تنظیم اسمزی نهال ها می شوند (Kothari *et al.*, 1990). گونه های مختلف جنس تریکودرما به عنوان عامل مهارکنندهٔ زیستی علیه دامنهٔ بسیار وسیعی از عوامل زندهٔ بیماریزا مانند باکتریها، پروتوزوآها، نماتدها و حتی ویروسها معرفی شده اند (Khan et *al.*, 2011؛ Papavizas ,1985 ؛ Kubicek et *al.*, 2001 ؛ Contreras-Cornejo et *al.*, 2009). به طور غیرمستقیم تریکودرما به عنوان محرک رشد گیاهان عمل می کند(Bailey ,1998). بعلاوه بر این، تریکودرما

هزینه های تولید، تأثیرات مضر زیست محیطی و تأثیرات مضر شوری خاک را کاهش می دهد (Poosapati et *al.*,2013).گونه های مختلف تریکودرما از جمله T.harzianum با برخورداری همزمان از خصوصیاتی مثل میکوپارازیتیسم، آنتی بیوز و قابلیت رقابت ساپروفیتی می توانند جمعیت قارچ های بیمارگر را به میزان چشمگیری کاهش دهند (Bjorkman ,1998)، ولی در شرایط طبیعی عموماً به دلیل پایین بودن جمعیت در خاک نمی تواند به نحو مؤثری در کنترل بیماری‌های قارچی مؤثر باشد، به این دلیل در سالهای اخیر محصولات تجارتی متعددی از استرین های مؤثر تریکودرما به بازار عرضه شده اند که می توان با اضافه کردن آنها به خاک جمعیت تریکودرما را به طور چشمگیری افزایش داد (Copping ,1998). باتوجه به افزایش فزاینده سرخشکیدگی باغات فندق در سالهای اخیر به منظور کاهش خسارت درباغات و تحقیقات مرتبط با موضوع این طرح با هدف شناخت کمبودهای عناصر غذایی و استفاده از بهبود دهنده های بیولوژیک در باغات فندق دچار عارضه خشکیدگی سرشاخه با هدف تقویت رشد و بهبود جذب عناصر غذایی برای گیاه پیشنهاد شده است.

مواد و روش‌ها

با استفاده از کودهای شیمیایی و باکتری های بهبود دهنده رشد (PGPR) و قارچهای تریکودرما که به عنوان یکی از عوامل افزایش دهنده رشد و بهبود جذب عناصر غذایی در زیست شناسی خاک معرفی شده اند، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی به منظور بررسی تأثیرکودهای شیمیایی و ترکیب قارچ تریکودرماو باکتری‌های بهبود دهنده رشد با ۵ تیمار و هرتیمار شامل سه درخت و دارای ۳ تکرار بر روی درختان فندق حداقل ۲۰ ساله در دو باغ از باغات اشکورات رودسر در دی ماه ۱۳۹۹ صورت پذیرفت. تیمارها شامل: ۱- شاهد(عرف باغدار) ۲- مصرف خاکی کود دامی به میزان ۱۰ کیلوگرم برای هر درخت + توصیه کود شیمیای براساس الویت بندی طرح تغذیه ۳-کود دامی وشیمیایی + باکتری بهبود دهنده رشد(۱۰۰ گرم به ازای هر درخت) ۴-کود دامی و شیمیایی+قارچ تریکودرما (۱۰۰ گرم به ازای هر درخت) ۵-کود دامی وشیمیایی + ترکیب قارچ های تریکودرما وباکتری بهبود دهنده رشد (۱۰۰ گرم به ازای هر درخت). به منظور تلقیح درختان با قارچ تریکودرما و باکتری‌های Pseudomonas با روش ترکیب با کود دامی وچالکود در زیر هر درخت استفاده گردید. در نهایت غلظت عناصر، نیتروژن به روش کجلدال ، فسفر به روش کالریمتری، پتاسیم به روش فلیم فتومتری، آهن و روی، منگنز، مس،کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب اتمی براساس دستورالعمل (تشریح روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب کشور) . این کار در دو باغ منطقه انجام پذیرفت، در دو سال انجام پذیرفت ولی نتایج آنالیز برگی دریکسال انجام و تجزیه و تحلیل آمار توسط نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین ها توسط روش دانکن مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جداول ۱ و۲) داده های مربوط به غلظت عناصر ماکرو و میکرو در سال اول، تأثیر کودهای شیمیایی وکاربرد قارچ های تریکودرمای وباکتر های با محرک رشد بر غلظت عناصر نیتروژن و پتاسیم ، روی ، منگنز ،کلسیم و منیزیم در برگ درختان فندق دارای سرخشکیدگی معنی دار نشده است. اما کاربرد این قارچها و باکتری‌ها وکودهای شمیایی بر روی غلظت عناصر فسفر و آهن برگ درختان فندق در سطح در سطح پنج درصد معنی دار شده است. درخصوص فسفر و همچنین آهن نیز تیمار پنجم یعنی

ترکیبی از باکتری و قارچ تریکودرما بالاترین میزان غلظت فسفر برگ درختان فندق دارای سرخشکیدگی را داشته است. در خصوص عنصر مس نیز تاثیر تیمار در باغ ها معنی دار شده است و تیمار ۵ شامل ترکیب قارچ و باکتری بیشترین غلظت را نسبت به سایر تیمارها و نسبت به شاهد تاثیری بیش از دو برابری را ایفاء نموده است. درخصوص تیمارهای منگنز و روی نیز هر چند که تاثیر تیمارها برغلظت این عناصر دربرگ درختان سرخشکیده درسال اول معنی دار نشده اند ولی باز درتیمار ۵ یعنی ترکیب قارچ و باکتری نیز نسبت به شاهد تاثیر قابل ملاحظه ای بر غلظت برگ داشته است.زینلی وهمکاران (۱۳۹۸) در بررسی اثرقارچ های تریکودرما بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته عنوان نمودند، قارچ تریکودرما در سال اول بر غلظت عناصر نیتروژن و کلسیم معنی دار نشده است، اما درسال دوم تأثیر قارچ تریکودرما روی عناصر فسفر،پتاسیم، کلسیم و منیزیم در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. هرچند که تیمارهای قارچی تأثیر معنی داری بر غلظت آهن مس و منگنز برگ درختان در هر دو سال نداشتند، اما غلظت روی برگ درختان را تا ۷۳ درصد افزایش دادند .(Yadidia e*t al.*, 2001) در بررسی اثر Trichoderma harzianum را بر روی افزایش رشد و غلظت عناصر غذایی در خیار باعث افزایش سطح و طول ریشه، وزن تر خشک ریشه و ساقه و افزایش سطح برگ گردید. همچنین کاربرد این جدایه‌ها باعث افزایش ۹۰ و ۳۰ درصدی غلظت فسفر و آهن گردید. آنها عنوان نمودند که کاربرد تیمارهای تلقیح شده با هر سه تیمار گونه قارچی (Trichoderma viride و گونه Trichoderma harzianum و ترکیب دو گونه) باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم و روی برگ درختان پسته به ترتیب تا۲۰ و ۷۰ درصدی نسبت به شاهد گردید. کاربرد تیمار viride باعث افزایش معنی‌دار و ۱۴ درصدی غلظت فسفر و ۴۰ درصدی کلسیم برگ شد. کاربرد دو تیمارharzianum و ترکیب دوگونه غلظت منیزیم برگ درختان پسته را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار و تا ۲۵ درصد افزایش دادند. کاربرد تیمار harzianum باعث افزایش معنی دار ۲۸ درصدی غلظت آهن برگ در مقایسه با عدم مایه زنی درختان شد. گونه های مختلف این قارچ با استفاده از سازوکارهایی مانند افزایش جذب عناصر غذایی به دلیل تغییر pH فراریشه و افزایش حلالیت عناصر و ترشح هورمون های رشد، سبب افزایش رشد و بهبود تغذیه گیاهان می شوند (Contreras-Cornejo e*t al.*, ۲۰۱۳). (Vaid e*t al.*, 2014) گزارش کردند که تریکودرما با تولید برخی از اسیدهای آلی مانند اسیدگلوکونیک، سیتریک اسید و فوماریک اسید را در خاک، باعث افزایش حلالیت pH ریزوسفر تولید و کاهش فسفر و جذب آن توسط گیاه ، Zn ترکیبات نامحلول مانند می شود. (Singh e*t al.*, 2010) بیان کردند که گونه‌های تریکودرما با انحلال ترکیبات فسفر و روی سبب افزایش رشد گیاهان می شوند. (Zhao e*t al.*, 2014) طی پژوهشی بیان کردند که نقش گونه‌های تریکودرما در بهبود باروری خاک و رشد گیاه از طریق تبدیل منابع آلی به فرم معدنی از جمله فسفر، نیتروژن و آهن است. قارچهابا ایجاد هیف و همچنین تولید و ترشح اسیدهای آلی نقش مهمی در حل کردن فسفر نامحلول در خاک دارند، تولید مواد کلات کننده فلزات و اسیدهای معدنی از جمله سولفوریک اسید، نیتریک اسید و اسید کربنیک توسط این قارچها بر حل شدن فسفر نامحلول مؤثر هستند (Sharma e*t al.*,2013) که البته با پایین آوردن اسیدیته محیط ریشه سبب افزایش حلالیت آهن و جذب آن در تیمارهای مورد بررسی شده است. نتایج (Li e*t al.*, 2015) نشان داد که گیاهان گوجه فرنگی تیمار شده با T.harzianum ۱۵-۴۰ درصد جذب آهن و روی بیشتری نسبت به تیمارهای شاهد داشته اند. نتایج این تحقیق نیز با نتایج این محققان فوق مطابقت داشته و تاثیر تغذیه شمیایی وکودهای بیولوژیک برجذب عناصر غذایی ، رشد وعملکرد موثر بوده است.

جدول۱- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر ماکرو و میکرو برگ فندق تحت تأثیر تیمارهای شیمیایی و زیستی

میانگین مربعات(mean square)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	روی Zn	آهن Fe	مس Cu	منگنز Mn
مکان	۱	ns۰,۱۴۶	**۰,۰۱۹	۱,۸۴۵ **	۰,۲۳۷ **	**۰,۰۱۳	*۲۴۱۱,۹۷۹	*۴۳۲۲۸۱,۵۷۶	* ۲۶۶,۲۸۱	ns ۵۴,۴۳۸
خطا	۴	۰,۱۶	۰,۰۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰	۱۹۵	۵۲۰۸۹	۲۸,۴	۱۶۵۵
تیمار	۴	ns۰,۳۲۳	* ۰,۰۰۲	۰,۰۸۱ ns	۰,۰۹۸ ns	ns۰,۰۰۲	ns۴۱۶,۸۴۷	**۴۱۹۷۰۴,۶۲۸	ns ۴۷,۸۸۲	ns۱۵۸۷,۷۶۵
تیمار* محل	۴	ns۰,۳۵۱	* ۰,۰۰۲	۰,۰۶۵ ns	۰,۰۵۴ ns	ns۰,۰۰۱	ns۳۵۲,۲۲۹	**۴۴۲۷۹۹,۳۷	* ۶۹,۲۵	ns ۸۴۵,۰۵۵
خطا	۱۶	۰,۲۵	۰,۰۰۱	۰,۰۴	۰,۰۴	۰	۲۲۷	۷۷۸۶۵	۲۶,۳	۱۳۴۰

جدول۲- مقایسه میانگین اثرات ساده تأثیر تیمارهای شیمیایی و زیستی (قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس) بر غلظت عناصر ماکرو و میکرو

Treatments تیمارها	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	کلسیم Ca	منیزیم Mg
۱ –تیمارشاهد	a۲,۴۲	B۰,۰۶	a۱,۶۹۲	B ۳۲۷,۴۴۴	a۳۲,۳۴۵	a۱۱,۷۵۱	a۹۳,۶۸۸	a۱,۶۳۷	a۰,۳۲۸
۲-تیمارتغذیه شیمیایی	a۲,۵۱	B۰,۰۷۱	a۱,۶۷۳	B ۳۳۰,۱۹۲	a۳۰,۹۱۸	a۱۱,۰۵۷	a۸۴,۵۶۶	a۱,۵۱۹	a۰,۳۰۱
۳-تغذیه شیمیایی+ باکتری‌های بهبود دهنده رشد	a۲,۴۸۳	B۰,۰۵۹	a۱,۵۰۷	B ۲۷۷,۹۲۴	a۱۴,۷۷۶	a۹,۰۳۱	a۷۰,۴۶۹	a۱,۵۷۷	a۰,۲۹۷
۴-تغذیه شیمیای+ قارچهای تریکودرما	a۲,۸۷	B۰,۰۷۷	a۱,۶۲۲	B ۲۷۶,۸۱۵	a۲۲,۸۴۱	a۱۲,۵۴	a ۹۹,۶۵۸	a۱,۸۵۷	a۰,۳۴۲
۵-تغذیه شیمیایی+ باکتری‌های بهبود دهنده رشد +قارچهای تریکودرما	a۲,۳۹۳	AB۰,۱۰۱	a۱,۴۲	A ۸۹۱,۶۸۵	a۳۵,۲۱۶	a۱۶,۷۰۱	a۱۱۳,۸۸۷	a۱,۶۵	a۰,۳۱۲

*در هرستون و برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنیدار در سطح احتمال پنج درصد می باشد

نتیجه‌گیری: روش‌های زیستی، همچون استفاده از ریزجانداران محرک رشد مانند باکتریهای ریزوسفری و قارچ های بهبود دهنده ی رشد گیاه که رابطه ی همیاری با گیاهان دارند، می تواند راه کار مناسبی جهت بهبود تغذیه و رشد گیاه در شرایط سخت محیطی باشند. این عوامل می‌توانند سنتز هورمون‌های گیاهی را تحریک کنند، برخی از آنان جذب عناصر غذایی از بستر کاشت را تسهیل می‌کنند، برخی دیگر رشد ریشه را تحریک می‌کنند، برخی دیگر نیز با تغییر در فعالیت آنزیمی و سنتز آنتی اکسیدان، مقاومت گیاهان در برابر شرایط نامساعد محیطی مانند خشکسالی، سرما، آلودگی با فلزات سنگین و غیره را افزایش می‌دهند. به طور خلاصه می‌توان گفت که در این پژوهش این کودها به جذب بهتر آب و مواد غذایی (فسفر، مس و آهن، منگنز) که نقش مهمی در فتوسنتز و رشد گیاه دارند،کمک نموده و باعث بهبود رشد شاخه شده اند و باغداران امید دوباره به حیات و عملکرد درختان شده و علاقمند به سایر توصیه‌های فنی مانند مبارزه با علف‌های هرز، هرس، مبارزه با آفات و حشرات و.... برای بهبود عملکرد باغ شده اند.

تشکر و قدردانی: از سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان خصوصا جناب مهندس الماسی ، مهندس پارسافر و مهندس میرحسینی برای حمایت‌های ویژه از طرح قدرانی می‌گردد.

فهرست منابع

آجیلی لاهیجی، علی و بصیرت، مجید.۱۳۹۸ .بررسی خصوصیات شمیایی و فیزیکی خاک‌های باغات فندق استان گیلان،شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۵-۷ شهریور، دانشگاه زنجان.

۱. بنی جمالی، سید محمد و ادریسی، بهزاد. ۱۳۹۶. راهبردهای کاهش خزان و زردی زود هنگام درختان چنار (Platanus orientalis) در شهر محلات. گل و گیاهان زینتی. ۲;۱۳۹۶ (۲) :۱-۱۲

۲. پهلوان، م. ر.، غ. کیخا، م. نارویی زاد،ع. اکبری مقدم و ف. سراوانی. ۱۳۸۴ .مطالعه اثرات روی، آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، نهمین کنگره علوم خاک ایران. صفحات ۱۵۸-۱

۳. حسینی، ی.، ج. صالح، م. عسکری و م. بصیرت. ۱۳۹۶ .راهکارهای تغذیه‌ای و مدیریت تنشهای محیطی به منظور پیشگیری و مقابله با عارضه زوال مرکبات. نشریه فنی شماره ۵۵۳ ،مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران

۴. حیدری نژاد، علی ، ابوسعیدی، داود .۱۳۷۸ .شناسائی وبرسی عوامل موثر بر عارضه ریز برگی درختان پسته از دیدگاههای بیماریهای گیاهی ،تغذیه و آبیاری.گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته کشور.

۵. رضایی س، حاتم زاده ع و کافی م. ۱۳۸۶. رفع کلروز آهن درختان چنار به روش تزریق تنه. خالصه مقاالت پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران. شیراز.

۶. زینلی، حسین . عباس زاده دهجی، عاطفه. علایی پیمان، حسینی فرد، حسین و اخگر، جواد.۱۳۹۹. بررسی تأثیر قارچ‌های تریکودرمای محرک رشد بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته در شرایط باغی. زیست شناسی خاک ۸(۲)، صفحه۱۱۵-۱۲۸.

۷. مظفری، وحید. ملکوتی، محمد جعفر. خلد برین، بهمن. بای‌بوردی، محمد. (۱۳۸۴). بررسی چند عامل سرخشکیدگی پسته و کنترل آن با تغذیه بهینه، *پژوهش های خاک* ، ۱۹(۲)، صفحه۱۵۱-۱۶۱ .

۸. Ahmad F., Ahmad I., Khan M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbial Research, 36: 1-9

۹. Arzansh M.H. Benny Aghil N., Ghorbanly M.L., Shahbazi M. 2012. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters and levels of micronutrient on rapeseed cultivars under salinity stress. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 2(2): 153-1۵۶. (□□ □□□□□□□).

۱۰. Asadi Kangarshahi, A. Van. Ethical Amiri 2013. Advanced nutrition and application of citrus fruits, first and second volumes. Agricultural Education and Promotion Publications, Tehran, Iran.).

۱۱. Bailey BA, Lumsden RD (1998) Direct effects of Trichoderma and Gliocladium on plant growth and resistance to pathogens, In: Harman G E, Kubicek C P (Eds.), Trichoderma and Gliocladium, vol. 2. Taylor & Francis, London, pp. 185-204.

۱۲. Bjorkman T, Blanchard LM, Harman GE (1998) Growth enhancement of shrunken-2 (sh2) sweet corn by Trichoderma harzianum 1295-۲۲: □□□□□□ □□ environmental stress. Journal of American Society for Horticultural Science 123(1): 35-40.

۱۳. Contreras-Cornejo HA, Macias-Rodriguez L, Cortes-Penagos C, Lopez-Bucio J (2009) Trichoderma virens, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in arabidopsis. Plant Physiology 149(3): 1579-1۵۹۲.

۱۴. Contreras-Cornejo, H. A., Ortiz-Castro, R. and Lopez-Bucio, J. 2013. Promotion of plant growth and the induction of systemic defence by Trichoderma Physiology, genetics and gene expression. Trichoderma Biology and Applications, 175-196.

۱۵. Copping LG (1998) The Biopesticide manual. 1 st ed. British Crop Protection Council, UK, 333 pp..

۱۶. Hosseini Y., Saleh J., Askari M., and Basirat M. 2017. Nutritional strategies and management of environmental stresses to prevent and combat with citrus decline. Soil and Water Research Institute Publishers 553: 1-24. (In Persian)

۱۷. Khan Sh, Bagwan NB, Iqbal MA, Tamboli RR (2011) Mass Multiolication and shelf life in liquid fermentation final product of Trichoderma viride in different formulations. Advances in Bioresearch ۲(۱): ۱۷۸-۱۸۲

۱۸. Khavazi, K., Asadi Rahmani, H. & Malakouti, M. J. (2005). Necessity for the production of biofertilizersin Iran (2th ed.). Sana Press.

۱۹. Kothari S.K., Marschner H. and Romheld V.. 1990. Direct and indirect effects of VA mycorrhiza fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize in a calcareous soil. New Phytology, 116: 637-645

۲۰. Kubicek CP, Mach RL, Peterbauer CK, Lorito M (2001) Trichoderma: from genes to biocontrol. Journal of Plant Pathology 83(2): 11-23.

۲۱. Mozaffari,V., 1384. Investigating the role of potassium, calcium and zinc in the control of pistachio red cracking. PhD thesis, Tarbiat Modares University, Tehran

۲۲. Poosapati, S. Ravulapalli, PD. Tippirishetty, N.Vishwanathaswamy, KD. Chunduri, S .2013. Selection of high temperature and salinity tolerant Trichoderma isolates with antagonistic activity against Sclerotium rolfsii. SpringerPlus 3: 1-11.
۲۳. Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H. and Gobi, T.A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus, 2 (1): 58-۶۷.
۲۴. Singh, V., Singh, P., Yadav, R., Awasthi, S., Joshi, B., Singh, R., Lal, R. and Duttamajumder, S. 2010. Increasing the efficacy of Trichoderma harzianum for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry 2: 66–71.
۲۵. Vaid, S.K., Kumar, B., Sharma, A., Shukla, A.K. and Srivastava P.C. 2014. Effect of zinc solubilizing bacteria on growth promotion and zinc nutrition of rice. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, ۱۴(۴), ۸۸۹-۹۱۰.
۲۶. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L. and Lorito, M. 2008. Trichoderma–plant–pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry 40: 1-1۰.
۲۷. Vivas, A., Marulanda, A., Ruiz-Lozano, J.M., Barea, J.M., and Azcon, R. 2003. Influence of a Bacillus sp. on physilogical activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant response to PEG-induced drought stress. Mycorriza. 13: 249-256
۲۸. Yadidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y. and Chet, I. 2001. Effect of Trichoderma harizanum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil, 235, 235-۲۴۲
۲۹. Yang M.M., Mavrodi D.V., Mavrodi O.V., Bonsall R.F., Parejko J.A., Paulitz T.C., Thomashow L.S., Yang H.T., Weller D.M., Guo J.H. 2011. Biological control of take-all by fluorescent Pseudomonas spp. from Chinese wheat fields. Phytopathology, 101: 14. 81-9۱.
۳۰. Zhao, L., Wang, F., Zhang, Y and Zhang, J. 2014. Involvement of Trichoderma asperellum strain T6 in regulating iron acquisition in plants. Journal Basic Microbiology, 54, 115-۱۲۴.

Investigating the effect of biological and chemical fertilizers on the absorption of nutrients in hazelnut trees with diback

Ali Lahiji[1],Farhad Rejali[2]
۱- Assistant Professor of Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, rasht, Iran. (lahigy_123@yahoo.com)
۲- Professor of Soil and Water Research Institute Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO) Karaj, Iran.

Abstract (Times New Roman, 11pt, Bold)

In order to investigate the combined effect of chemical fertilizers, growth-promoting bacteria (PGPR) and Trichoderma fungi on some morpho-physiological traits of orchards with red rot in two experimental orchards of Rudsar city on hazelnut trees in a randomized complete block design with five Treatment and three

repetitions (each treatment and each repetition including three trees) were carried out in the two crop years of ۱۴۰۱-۱۴۰۰. □□□ □□□□□□□□□□□ □□□□□□□□: □۱- □□□□□□□□ (□□□□□□□□ □□□□□□□ □۲- □□□□ □□□□□□□□□□□□ □□ ۲۰ □□□□□□□□□□ □□ animal manure for each tree + chemical fertilizer recommendation based on the priority of the feeding plan T3- (T2+ growth-improving bacteria) T4- (T2+ Trichoderma mushroom) T5 - (T2+ combination of trichoderma fungi and growth-improving bacteria In order to inoculate trees with Trichoderma fungus and Pseudomonas bacteria, it was used under each tree by mixing with animal manure and manure. The results showed that T4 and T5 treatments had the most effects on the studied traits and the use of Trichoderma fungi and growth enhancing bacteria together had a more effective role in increasing the functional characteristics and nutrient absorption. These biological factors improved the absorption of nutrients such as phosphorus, copper and iron, manganese by hazelnut trees. Therefore, the combined use of Trichoderma fungus and growth-improving bacteria along with chemical nutrition is recommended for hazel trees with red cracking in the region.

Keywords (Times New Roman, 10pt, Bold): Hazelnut, Trichoderma fungus, growth improving bacteria, nutrition, Gilan

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی مروری وضعیت کربن آلی در خاک های خوزستان

حسین سالاری نیا[۱]*،حمیدرضا متین فر[۲]

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدۀ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد.

Salarinia.h@fa.lu.ac.ir

۲-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدۀ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

چکیده

اهمیت مواد آلی در حاصلخیزی خاک و بهره وری کشاورزی را نمی توان نادیده گرفت، زیرا نقش مهمی در بهبود ساختار خاک، در دسترس بودن مواد مغذی، ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی ایفا می کند. با این حال، مطالعات اخیر روند نگران کننده کاهش سطح مواد آلی در خاک خوزستان را نشان می دهد که در درجه اول به دلیل اقدامات کشاورزی ناپایدار مانند خاک ورزی بیش از حد، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و مدیریت ناکافی پسماندهای آلی است. این کاهش مواد آلی منجر به کاهش کیفیت خاک، کاهش عملکرد محصول و افزایش آسیب پذیری در برابر فرسایش و خشکسالی شده است. بدیهی است که برای رفع این مشکل و احیای مواد آلی در خاک خوزستان اقدامات فوری لازم است. اجرای شیوه‌های کشاورزی پایدار، مانند خاک‌ورزی حفاظتی، تناوب زراعی، و استفاده از اصلاح‌های آلی، می‌تواند به طور قابل‌توجهی به پر کردن سطوح مواد آلی و بهبود سلامت خاک کمک کند. علاوه بر این، افزایش آگاهی کشاورزان در مورد اهمیت مواد آلی و ارائه حمایت های فنی و انگیزه برای اتخاذ شیوه های پایدار برای حاصلخیزی طولانی مدت خاک و پایداری کشاورزی در منطقه بسیار مهم است.

واژگان کلیدی:

مواد آلی، فعالیت میکروبی، پسماند های آلی، سلامت خاک

مقدمه

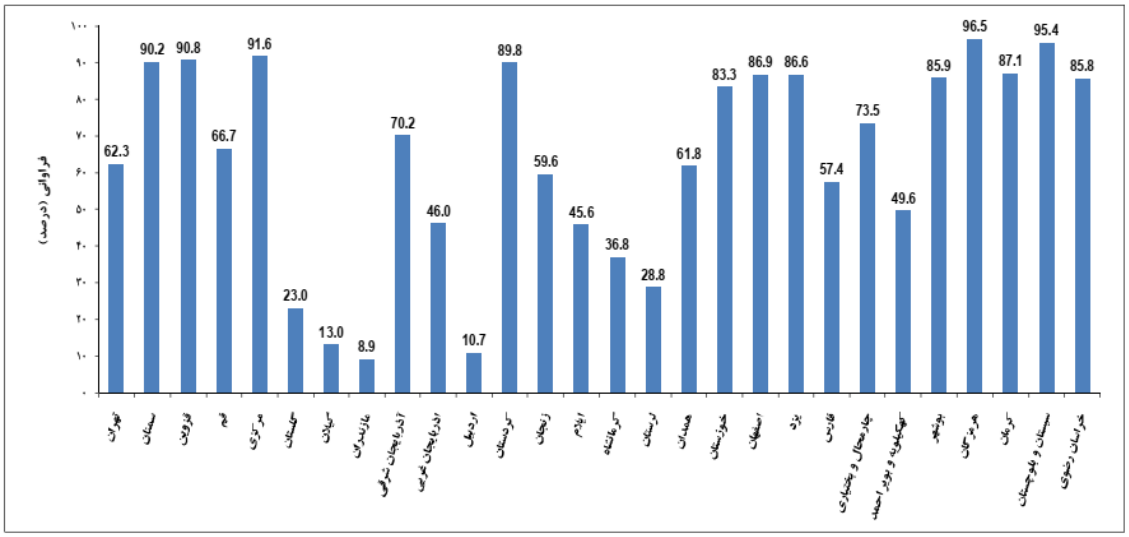
خاک مناطق نیمه خشک که اغلب اراضی ایران در این نواحی قرار دارند از نظر میزان مواد آلی فقیر می باشند(Zarea,2010). استان خوزستان در جنوب غربی ایران از این قاعده مستثنی نیست. یکی از مهمترین مسائلی که خاک خوزستان با آن مواجه است کاهش میزان مواد آلی است. مواد آلی برای حاصلخیزی خاک، حفظ آب و سلامت کلی خاک ضروری است. ماده آلی یک عامل تعیین کننده در خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک و همچنین کمیت و کیفیت عملکرد آن است. کربن جزء کلیدی مواد آلی در خاک است و سطح آن در دشت های خوزستان کم

می باشد. بنابراین اجرای راهکارهای مدیریتی موثر برای افزایش میزان مواد آلی در خاک خوزستان ضروری است. بنابراین در این مقاله به بررسی مقدار مواد آلی در خاک های خوزستان و مقایسه آن با سایر خاک های زراعی در کشور و راه های افزایش میزان مواد آلی در استان می پردازیم.

نتایج و بحث

وضعیت درصد کربن آلی در خاک های زراعی کشور بویژه استان خوزستان

حد بحرانی کربن آلی در بیشتر تحقیقات انجام شده در ایران کمتر از یک درصد در نظر گرفته شده است . میزان کربن آلی در ۶۱/۶ درصد از اراضی کشاورزی ایران کمتر از یک درصد بوده که حکایت از ناپایداری حاصلخیزی خاک ها دارد (بلالی و همکاران، ۱۳۹۳). دسته بندی داده های مقدار کربن آلی در ۲۳۷۰۰ نمونه خاک در فاصله سالهای ۱۳۸۰تا ۱۳۹۴نشان داد که مقدار کربن آلی در ۲۱/۶ درصد از خاک ها کمتر از ۰/۵ درصد، ۴۰ درصد بین۰/۵تا ۱درصد، ۲۴/۴ درصد خاک ها بین ۱تا ۱/۵درصد و در ۱۴درصد خاک ها بیش از ۱/۵درصد و در حد بهینه است.



شکل۱- درصد فراوانی اراضی با مقادیر کربن آلی کمتر از یک درصد(مشیری و همکاران،۱۴۰۰)

با توجه به (شکل ۱) به طوره ویژه در این شکل مشاهده می‌شود که ۸۳/۳ درصد از اراضی استان خوزستان دارای کربن آلی کمتر از یک درصد هستند.

رابطه کربن آلی خاک با شرایط اقلیمی در قسمت مختلف کشور بویژه خوزستان

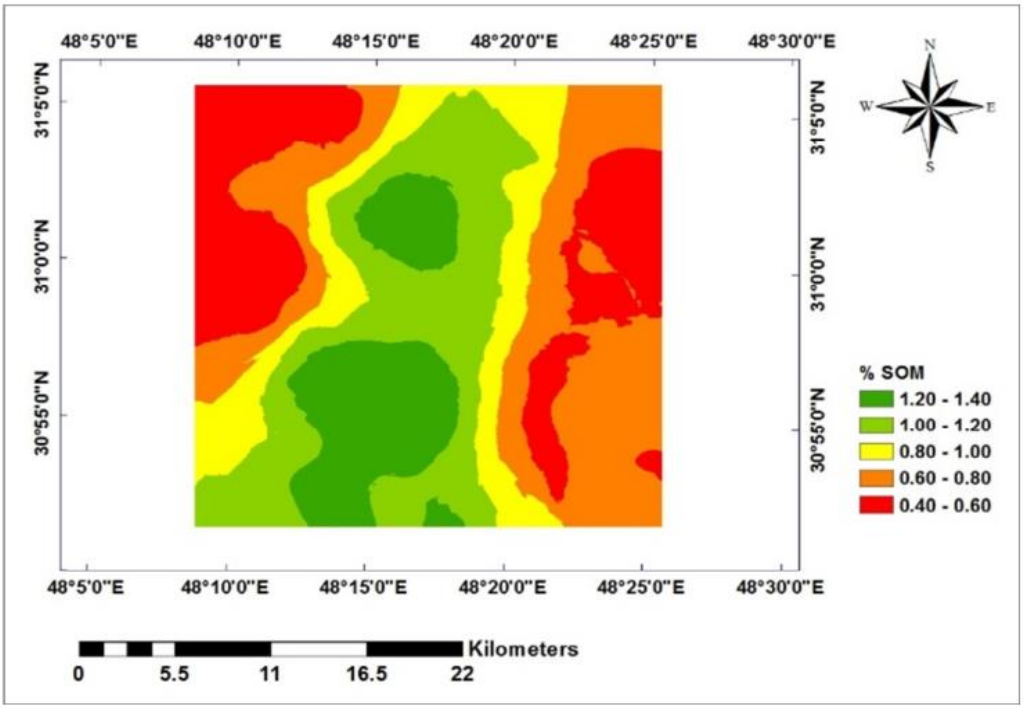
همچنین با توجه به (شکل ۲) خاک های مناطق خشک، معمولاً دارای مقادیر کمتری از ماده آلی هستند. توزیع کربن آلی در مناطق مختلف زراعی-زیستگاهی ایران و انطباق همانندی آن با توزیع بارش در این مناطق به خوبی تاثیر شرایط اقلیمی را بر میزان کربن آلی خاک ها نشان می دهد. همبستگی مثبت و معنی داری (r= ۰/۹۱) بین میزان بارندگی و مقدار متوسط کربن آلی خاک در مناطق زراعی-زیست گیاهی ایران مشاهده می شود. بارندگی بیشتر در مناطق شمالی و غربی ایران سبب شده که مقدار کربن آلی خاک بیشتر از دیگر مناطق با بارش کمتر باشد. در مناطق خشک و گرم ایران شامل مناطق مرکزی، خوزستان، سواحل جنوبی و خراسان بیش از ۸۳ درصد خاکها دارای کربن آلی کمتر از یک درصد هستند. در حالی که در مناطق معتدلی چون شمال غرب و زاگرس مرکزی میزان خاکهای دارای کربن آلی کمتر از یک درصد به طور میانگین ۵۰ درصد است.

منطقه زراعی- زیستگاهی	متوسط بارندگی (میلی متر)	میانگین کربن آلی (درصد)	درصد			
			<۰/۵	۰/۵ – ۱	۱-۱/۵	>۱/۵
مرکزی	۲۴۳/۳	۰/۵۵	۳۱/۱	۵۲/۹	۱۰/۸	۵/۲
سواحل خزر	۸۹۳/۵	۱/۶۸	۲/۱	۱۴/۰	۳۱/۶	۵۲/۴
شمال غرب	۳۱۳/۹	۱/۰	۱۵/۴	۴۱/۵	۲۹/۱	۱۴/۰
زاگرس مرکزی	۴۶۴/۹	۱/۱۶	۴/۸	۳۷/۴	۴۰/۷	۱۷/۰
خوزستان	۲۴۳	۰/۷۶	۲۱/۰	۶۲/۳	۱۴/۱	۲/۶
خشک شمالی	۹۸/۳	۰/۵۳	۵۸/۵	۲۸/۴	۹/۷	۳/۵
زاگرس جنوبی	۵۲۲/۹	۰/۷۹	۱۵/۶	۴۶/۴	۳۰/۸	۷/۲
سواحل جنوبی	۲۴۰/۳	۰/۵۱	۶۹/۴	۲۴/۶	۳/۶	۲/۴
خشک جنوبی	۱۱۰/۳	۰/۵۰	۶۴/۲	۲۵/۱	۷/۸	۲/۹
خراسان	۲۱۳/۲	۰/۶۱	۳۵/۴	۴۸/۹	۱۲/۳	۳/۴

شکل۲- دامنه کربن آلی در لایه سطحی خاک های ایران در مناطق زراعی و زیستگاهی(مشیری و همکاران،۱۴۰۰)

در (شکل ۲) نتایج نشان می دهد متوسط بارندگی استان ۲۴۳ میلی متر و میانگین کربن آلی استان ۰/۷۶ درصد می باشد و باتوجه به تقسیم بندی که در این جدول صورت گرفته است متوجه می شویم ۲۱ درصد اراضی کربن آلی کمتر از ۰،۵ درصد، ۶۲/۳ درصد کربن آلی بین ۱-۰/۵ درصد، ۱۴/۱درصد کربن آلی ۱/۵-۱ درصد و ۲/۶ درصد از اراضی کربن بیش از ۱/۵ درصد دارند که این نشان از کم بودن درصد کربن آلی در خاک های خوزستان دارند. همچنین در (شکل ۳) ما پراکندگی ماده آلی را در خاک های خوزستان بر روی نقشه مشاهده می کنیم که نشان می دهد میزان ماده آلی در قسمت های شمال شرق وغربی استان به مراتب کمتر از قسمت های شمالی و میانی و جنوب غربی می باشد. بنابراین می توان گفت شرایط اقلیمی استان بر میزان مواد آلی خاک موثر بوده است. بنانیان اول و

همکاران (۱۳۹۹) نتیجه گرفتند تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع آبی کشور روش های خاک ورزی حفاظتی و مدیریت بقایا راهکاری مناسب برای حفظ منابع و پایداری تولید خواهد بود. در چند دهه اخیر با ورود نهاده های برون مزرعه ای مانند ماشین آلات کشاورزی و کودهای شیمیایی آسیب های جدی به ساختار و کارکرد خاک اراضی زراعی وارد شده است(kamkar and Mahdavi Damghani, 2009).



شکل۳ -نقشه توزیع مکانی ماده آلی خاک در استان خوزستان به روش کریجینگ(ظهیرنیا و همکاران ،۱۴۰۱)

روشهای مرسوم در کشاورزی از قبیل خاک ورزی فشرده و خارج نمودن یا سوزاندن بقایای گیاهی اثرات مخربی بر کیفیت خاک دارد(Orr et al., 2015) . تولید پایدار، مستلزم استفاده کارآمد و موثر از منابع درون مزرعه ای از قبیل بقایای گیاهی پس از برداشت می باشد(Torma et., 2018). Salahin و همکارن (۲۰۱۷) در بنگلادش تأثیر کشاورزی حفاظتی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، کربن آلی خاک و میزان محصول در سیستم تناوب ماش - گندم را بررسی کرده و نشان دادند که کمترین خاک ورزی به همراه نگهداشتن بقایا در سطح خاک سبب افزایش مواد آلی در سطح خاک به میزان ۲۰۰ درصد بیشتر از سیستم شخم عمیق بدون بقایای گیاهی خاک شد. در بعضی از تحقیقات نشان داده شده است که مقدار مواد آلـی خـاک بـا افـزایش طـول تنـاوب افزایش می یابد و درصد همه اجزاء مواد آلی با مقدار عملکرد گیاهان زراعی دانه ای همبستگی دارد. تناوب های متنوع در مقایسه با سیستم تک کشـتی باعـث

افـزایش ترسـیب کربن، زیست توده و فعالیت میکروبی و همینطور میزان محصـول زراعـی شـد (Wang et al., ۲۰۱۷). همچنین میزان درصد ذرات خاک برمیزان مواد آلی خاک موثر می باشد. در مطالعه ای که توسط Byronic and Lal (۲۰۰۵) برای بررسی تأثیر کود حیوانی و تناوب زراعی بر اجزای فیزیکی ماده آلی خاک صورت گرفت، مشخص شد که درصد کربن جزء رس ماده آلی در خاکی که کود مرغی دریافت کرده بود بیشتر از درصد کربن جزء سیلت و شن بود. نتایج این پژوهش نشان داد که کشت و کار موجب کاهش غلظت کربن آلی شده، لیکن شخم حفاظتی، تناوب و کود حیوانی موجب افزایش غلظت کربن در خاک گردیده است. همچنین با توجه به این که مواد آلی میزان ظرفیت نگهداشت آب بالایی دارند استفاده از مواد آلی در خاک می تواند بر میزان دور های آبیاری موثر باشد. رمضانی و همکاران (۱۳۹۹) بیان داشتند که استفاده از پلیمر های ابر جاذب ریز ترکیب به صورت تلفیقی با کود آلی ورمی‌کمپوست از طریق بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و با به تاخیر انداختن تنش رطوبتی در گیاه و فراهم کردن یک حالت بافری در برابر از دست رفتن رطوبت در طول زمان بین دو آبیاری، موثر بوده و از طریق افزایش راندمان آبیاری موجب کاهش نیاز آبیاری گیاه می گردند. مواد آلی خاک همچنین می‌تواند به دلیل خاصیت چسبندگی موجب افزایش خاکدانه سازی و کاهش فرسایش خاک شوند. در پژوهشی جعفری و همکاران(۱۳۹۵) بیان داشتند که در مناطقی که خاک بکر کیفیت بالایی ندارد اعمال مدیریت های صحیح زراعی از طریق ایجاد امکان کشت و افزایش ماده آلی، باعث افزایش خاکدانه سازی و بهبود کیفیت خاک می‌گردد.

نتیجه گیری

بر اساس بررسی های انجام شده، بدیهی است که کمبود مواد آلی در خاک می تواند اثرات مخربی بر حاصلخیزی خاک و بهره وری محصول داشته باشد. کاهش مواد آلی خاک می تواند منجر به فشردگی، فرسایش و کاهش ظرفیت نگهداری آب شود که در نهایت بر سلامت کلی خاک تأثیر می‌گذارد. با توجه به این موضوع، اجرای اقداماتی که می تواند به افزایش محتوای مواد آلی در خاک کمک کند، بسیار مهم است. یکی از راه‌های مؤثر برای دستیابی به این هدف، استفاده از کودهای آلی است که می‌تواند ساختار خاک را بهبود بخشد، در دسترس بودن مواد مغذی را بهبود بخشد و فعالیت میکروبی را تقویت کند. علاوه بر این، تناوب زراعی و کشت پوششی نیز می تواند به افزایش سطح مواد آلی خاک کمک کند. علاوه بر این، افزایش آگاهی کشاورزان و عموم مردم در مورد اهمیت حفظ خاک سالم ضروری است. آموزش کشاورزان در مورد شیوه های کشاورزی پایدار و مزایای حفاظت از خاک می تواند در ارتقای سلامت و بهره وری خاک کمک زیادی کند. در پایان، موضوع کمبود مواد آلی در خاک های خوزستان نیازمند توجه و اقدام فوری است. با اجرای شیوه‌های مدیریت پایدار خاک و ترویج حفاظت از خاک، می‌توانیم خاک سالم و مولد را برای نسل‌های آینده تضمین کنیم.

منابع

بنانیان اول، م. حاج محمد نیا قالی باف، ک. یعقوبی، ف. رشیدی، ز. ولایی، ن.۱۳۹۸. تاثیر سیستم های مختلف خاک ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر حفاظت آب و خاک ،عملکرد و اجزای عملکرد گندم. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. ۱۸(۱): ۸۳-۷۱.

جعفری، س. گلچین، ا. طولابی فرد، ا. ۱۳۹۵. تاثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات اجزاء فیزیکی ماده آلی، میزان رس قابل انتشار و پایداری خاکدانه ها در برخی از اراضی استان خوزستان.تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷(۳):-۵۹۳ ۶۰۳.

رمضانی، ا. آرویی، ح. عزیزی، م. و احمدیان، ا. ۱۳۹۹. ارزیابی تأثیر مدیریت آبیاری با کاربرد کود آلی و پلیمرهای ابر جاذب ریز ترکیب بر عملکرد اقتصادی و تولید مواد مؤثره در گیاه دارویی زعفران (Crocus sativus L.). زراعت و فناوری زعفران، ۸(۱): ۳-۱۸.

مشیری، ف. صفاری، ح. کشاورز، پ. زاهدی فر، ن. ۱۴۰۰. ماده آلی خاک و جایگاه آن در کشاورزی ایران بررسی وضع موجود، تحلیل مسائل و محدودیتها، ارائه راهکاره، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی ۶۰۸.

Byronic, G.J. and Lal, R. (2005). Maturing and rotation effect on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils northeastern Ohio, USA. Soil and Tillage Research, 81, 239-252.

Kamkar, B. and Mahdavi Damghani, A. 2009. Principles of sustainable agriculture. Ferdowsi University Publication, Iran.

Orr, M. J. Gray, M. B. Applegate, B. Volenec, J. J. Brouder, S. M. & Turco, R. F. (2015). Transition to second generation cellulosic biofuel production systems reveals limited negative impacts on the soil microbial community structure. Applied Soil Ecology, 95, 62-7۲..

Salahin, N. and Alam K.h. 2017. Effect of Tillage and Residue Retention on Soil Properties and Crop Yields in Wheat-Mungbean-Rice Crop Rotation under Subtropical Humid Climate. Open Journal of Soil Science, 7, 1-17..

Torma, S. Vilček, J. Lošák, T. Kužel, S. & Martensson, A. (2018). Residual plant nutrients in crop residue–an important resource. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, *68*(4), 358-366.

Wang, X.F.J. Sainju, U.M. and Liu, W. (2017). Soil Carbon Fractions in Response to Long-Term CropRotations in the Loess Plateau of China. Soil Sci. Soc. Am. J. 81(3): 503-513.

Zarea, M. J. (2010). Conservation tillage and sustainable agriculture in semi-arid dryland farming. PP 195-238 in E. Lichtfouse ed. Biodiversity,Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture. Springer Press.

A Review of The Status Of Organic Carbon In The Soils of Khuzestan

Hossein Salari Nia[1*], Hamid Reza Matinfar[2]

۱- Ph.D. Student of Soil Science, Agriculture Faculty, Lorestan University.salarinia.h@fa.lu.ac.ir

۲- Full Prof. of Soil Science, Agriculture Faculty, Lorestan University

Abstract

The importance of organic matter in soil fertility and agricultural productivity cannot be ignored, because it plays an important role in improving soil structure, nutrient availability, water holding capacity, and microbial activity. However, recent studies show an alarming trend of decreasing organic matter levels in Khuzestan soil, which is primarily due to unsustainable agricultural practices such as excessive tillage, excessive use of chemical fertilizers, and inadequate management of organic waste. This decrease in organic matter has led to a decrease in soil quality, a decrease in crop yield, and an increase in vulnerability to erosion and drought. It is obvious that urgent measures are needed to solve this problem and restore organic matter in the soil of Khuzestan. Implementing sustainable agricultural practices, such as conservation tillage, crop rotation, and the use of organic amendments, can significantly help replenish organic matter levels and improve soil health. In addition, it is important to increase farmers' awareness of the importance of organic matter and provide technical support and motivation to adopt sustainable practices for long-term soil fertility and agricultural sustainability in the region. In the end, the current situation of lack of organic matter in the soils of Khuzestan necessitates immediate action to reverse the trend and ensure the future productivity and resilience of the province's agricultural sector.

Key words:

Organic matter, Microbial activities, Organic waste, Soil health.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تاثیر کود های آلی برخصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک

حسین سالاری نیا[1]*

۱-دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.salarinia.h@fa.lu.ac.ir

چکیده

کودهای آلی یکی از نهاده‌های مهم برای بهبود حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان هستند. این کودها که از منابع طبیعی مانند کود حیوانی، کمپوست و بقایای گیاهی به دست می‌آیند، حاوی انواع مواد مغذی و ریز مغذی هایی هستند که برای رشد گیاه ضروری هستند. با افزودن کودهای آلی به خاک، کشاورزان و باغداران می‌توانند ساختمان خاک را بهبود بخشند، ظرفیت نگهداری آب را افزایش دهند و دسترسی به مواد مغذی را افزایش دهند. علاوه بر این، کودهای آلی می‌توانند به کاهش فرسایش خاک، افزایش فعالیت میکروبی مفید و حمایت از کشاورزی پایدار کمک کنند. به‌طورکلی، استفاده از کودهای آلی یک استراتژی ارزشمند برای بهبود سلامت خاک و افزایش عملکرد محصول هستند.

واژگان کلیدی: کود های آلی، بقایای گیاهی، فعالیت میکروبی، سلامت خاک

مقدمه

مواد آلی تأثیرات متنوعی بر زندگی بشر دارند. در زمینه کشاورزی، مواد آلی به‌عنوان کود طبیعی برای تقویت خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند(حمزه،۱۳۹۹). به‌طور کلی، مواد آلی باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، تولید انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست و تصفیه فاضلاب می‌شوند.کودهای آلی از منابع طبیعی مانند کود حیوانی، کمپوست و بقایای گیاهی تهیه می‌شوند. از آنها برای بهبود حاصلخیزی خاک و بهره وری محصول و افزایش بازده مصرف نیتروژن و همچنین کاهش استفاده از کودهای شیمیایی استفاده می شود (Jin et al., ۲۰۲۲). در این پژوهش به بررسی تاثیر کودهای آلی بر خصوصیات خاک و چالش‌های آن پرداخته خواهد شد.

بررسی تحقیقات

تحقیقات نشان می‌دهد که کودهای آلی می‌توانند تأثیرات مثبتی بر خصوصیات فیزیکی خاک داشته باشند. استفاده از کمپوست پسماند جامد شهری و کود گاوی به‌عنوان کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش مقاومت خاک در برابر فشار و کاهش چسبندگی خاک شود(خندان و آستارایی، ۱۳۸۴). در تحقیقی دیگر بیان شد که کودهای آلی می توانند ساختار خاک و ظرفیت نگهداری آب را بهبود بخشند و باعث رشد میکروارگانیسم های مفید در خاک شوند همچنین می توانند به کاهش فرسایش خاک و بهبود ظرفیت حفظ خاک کمک کند (Abebe et al. ,2022). همچنین Mohammad و همکاران(۲۰۰۴) با توجه به شکل ۱ نشان دادند با افزایش میزان کاربرد کمپوست وزن مخصوص

ظاهری کاهش پیدا می کند. همچنین با افزایش کاربرد کمپوست در خاک پارامتر هایی مثل pH خاک کاهش پیدا می کند و ولی میزان ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و همچنین غلظت عناصری همچون کلسیم، منیزیم، پتاسیم، نیترات و فسفر افزایش پیدا کرده است.

تیمار	pH	ماده آلی	چگالی ظاهری	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	نیترات	فسفر	ظرفیت تبادل کاتیونی
		%	(gr/cm^3)			(mg/kg)			(meq/100gr)
شاهد	۷/۹	۳/۴	۱/۰۳	۳۱۷۸/۶	۶۲۵/۶	۲۱۷	۱۳/۱	۱۷/۸	۲/۱۷
۳۰تن کمپوست در هکتار	۷/۸	۵/۶	۰/۹۸	۳۳۰۰/۶	۱۰۱۸/۹	۴۵۸/۴	۴۰/۵	۳۵/۸	۲/۶۲
۶۰تن کمپوست در هکتار	۷/۸	۵/۴	۱/۰۲	۳۴۹۵/۱	۱۵۶۴/۶	۷۴۸/۵	۵۵/۵	۴۴/۶	۳/۲۴
۱۲۰تن کمپوست درهکتار	۷/۶	۷/۲	۱/۰۱	۴۳۱۲/۴	۲۰۷۲/۴	۱۰۶۴/۷	۷۶/۷	۵۸/۴	۴/۱۶

شکل۱- تاثیر افزودن کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (Mohammad et al., 2004)

مطالعات دیگر نشان داده است که استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش مقدار اسید آمینه‌ها و هیومیک اسید در خاک شود (اولیایی ترشیز و همکاران،۱۳۹۲). از دیگر فواید کودهای آلی این است که از منابع طبیعی ساخته شده‌اند و می‌توانند خطر شستشوی مواد مغذی و آلودگی آب‌های زیرزمینی را در مقایسه با کودهای شیمیایی کاهش دهند (Tantawi et all., 2019). استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش تعداد ویژگی‌های بیولوژیکی خاک مانند تعداد باکتری‌های ریزوسفر، قارچ‌های میکوریزا و آنزیم‌های خاک مانند کاتالاز، پراکسیداز و فسفاتاز شود(اولیایی ترشیز وهمکاران،۱۳۹۲). تحقیقات مختلف همچنین نشان می‌دهد که استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک شود. برای مثال، در یک تحقیق نشان داده شده است که استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز، آمینوپتیداز و بتا-گلوکوزیداز در خاک شود (بهزاد، ۱۳۸۸).

در (شکل ۲) Bhunia و همکاران(۲۰۲۱) تاثیر کاربرد کود های آلی و شیمیایی بر پارامتر های سلامت خاک را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی می‌تواند بر افزایش فعالیت آنزیمی خاک، تعداد جامعه میکروبی، افزایش خاکدانه سازی ،کاهش بیماری ها در خاک منجر شود. در تحقیقی Prasad و همکاران(۲۰۱۷) نتیجه گرفتند که کودهای آلی می توانند باعث افزایش زیست توده و بهره‌وری بیشتر از محصولات، ایجاد گیاهان سالم‌تر با محتوای کلروفیل، درصد پروتئین و کربوهیدرات بالا شوند که این نشان دهنده شرایط فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بهتر می‌باشد.

پارامتر های سلامت خاک	نوع کود به کار برده شده	
	آلی	شیمیایی
تشکیل خاکدانه سازی	تجمع بیشتر مواد آلی در درشت دانه ها (بیشتر از ۲۵۰ میکرو متر)	افزایش نسبت ریز دانه ها (کمتر از ۲۵۰ میکرو متر)
تغییرات ماده آلی	افزایش منابع قابل دسترس کربن آلی خاک	عدم تغییر در منابع آلی
فراوانی میکروبی	کوپیوتروفیک	الیگوتروفیک
فعالیت آنزیمی	بالا	نسبتا کم اما بیشتر از تیمار شاهد
نابود کردن بیماری ها	محافظت از پاتوژن های خاکی	افزایش شیوع آفت ها

شکل۲- تاثیر کاربرد کود های آلی و شیمیایی بر پارامتر های سلامت خاک(Bhunia et ai.,2021)

کاربرد کود های آلی بر تولید گازهای گلخانه ای، هم می‌تواند به دو صورت مثبت و منفی باشد. در صورتی که کودهای آلی به درستی تهیه و استفاده شوند، می‌توانند به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای کمک کنند. برای مثال، استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش ذخیره کربن در خاک شود و از انتشار دی‌اکسید کربن جلوگیری کند(کامیاب و همکاران،۱۴۰۰). با این حال، در صورتی که کودهای آلی به درستی تهیه نشوند و درست استفاده نشوند، می‌توانند به افزایش انتشار گازهای گلخانه ای منجر شوند. به عنوان مثال، استفاده از کود های آلی تجزیه نشده می‌تواند به افزایش انتشار گازهای گلخانه ای مانند متان و نیتروژن اکسید منجر شود(طراز کار و همکاران،۱۳۹۷).

اثرات بلند مدت کود های آلی بر سلامت خاک

در مطالعه‌ای چند ساله در چین نشان داده شد که استفاده از کودهای آلی و معدنی باعث افزایش زیست توده میکروبی خاک و فعالیت آنزیمی می‌شود که از شاخص های مهم سلامت خاک هستند (Bing،۲۰۰۸). یک مطالعه دیگر در خاک آهکی نشان داد که افزودن مواد آلی به طور قابل توجهی کربن آلی خاک[۱](SOC) در ۱۵ سانتی متر بالای خاک افزایش می‌دهد که یک شاخص مهم برای سلامت خاک و ترسیب کربن است(Li et al., 2023). مطالعه‌ای در سیستم‌های کشت مختلف نشان داد که سیستم‌های آلی با گیاهان پوششی و کود کمپوست شده دارای فعالیت میکروبی خاک بالاتری در مقایسه با سیستم‌های معمولی و مصرف کود های شیمیایی و معدنی هستند(Kuht et al., ۲۰۲۲). Gosal و همکاران (۲۰۱۸) در یک مطالعه در مزارع برنج نشان دادند که استفاده ترکیبی از کودهای آلی و معدنی وضعیت مواد مغذی خاک را بهبود می‌بخشد و عملکرد دانه و کاه را به طور قابل توجهی در مقایسه با کودهای معدنی به تنهایی افزایش می‌دهد. یک آزمایش مزرعه ای طولانی مدت در پاکستان نشان داد که استفاده از کودهای

[۱] -Soil organic carbon

آلی و تلفیقی به طور قابل توجهی ویژگی های رشد گیاه، عملکرد و کیفیت بذر را افزایش می دهد(Noor et al.,2020).

چالش های استفاده از کود های آلی

۱. کیفیت کودهای آلی: کیفیت کودهای آلی می‌تواند متفاوت باشد و ممکن است حاوی آلاینده‌هایی باشد که می‌تواند بر سلامت خاک تأثیر منفی بگذارد. کودهای آلی ممکن است حاوی عوامل بیماری‌زا، دانه‌های علف‌های هرز و فلزات سنگین باشند که اگر به‌درستی استفاده نشوند، می‌توانند به محصولات و محیط‌زیست آسیب برسانند. همچنین ممکن است محتوای مواد مغذی پایین‌تر و سرعت رهاسازی کندتر نسبت به کودهای شیمیایی داشته باشند، که به مقادیر بیشتر و کاربردهای بیشتر نیاز دارند.

۲. انتشار آهسته مواد مغذی: کودهای آلی در مقایسه با کودهای مصنوعی ممکن است بیشتر طول بکشد تا تجزیه و مواد مغذی آزاد شوند، که می‌تواند رشد گیاه و سلامت خاک را در درازمدت تحت تاثیر قرار دهد.

۳.محتوای کمتر مواد مغذی: کودهای آلی ممکن است در مقایسه با کودهای مصنوعی محتوای مواد مغذی کمتری داشته باشند، که می‌تواند رشد گیاه و سلامت خاک را در درازمدت تحت تاثیر قرار دهد.

۴. الزامات نگهداری و جابجایی: کودهای آلی ممکن است در مقایسه با کودهای مصنوعی به فضای ذخیره سازی و جابجایی بیشتری نیاز داشته باشند که می‌تواند برای کشاورزان چالش برانگیز باشد.

۵. نیاز به نیروی کار و تخصص: کودهای آلی ممکن است به کار و تخصص بیشتری برای اعمال موثر نیاز داشته باشند که می تواند برای کشاورزان یک چالش باشد.

نتیجه‌گیری

با استفاده از کودهای آلی می‌توان بهبودی قابل توجهی در خصوصیات خاک داشت. استفاده از این کودها منجر به افزایش ماده آلی در خاک می‌شود. همچنین کودهای آلی باعث بهبود ساختار خاک می‌شوند. از سویی دیگر ماده آلی باعث افزایش ظرفیت خاک برای نگهداری آب می‌شود و باعث کاهش تبخیر آب از خاک می‌شود و این باعث می‌شود که گیاهان بهتر بتوانند از رطوبت موجود در خاک استفاده کنند. از دیگر اثرات کاربرد کود های آلی کاهش فرسایش خاک، افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاهان می‌باشد. استفاده از کودهای آلی موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تامین مواد معدنی برای گیاهان می‌شود. ماده آلی همچنین باعث افزایش تعداد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود که با تجزیه مواد آلی، مواد معدنی را برای گیاهان قابل جذب می‌کنند. به طور کلی، استفاده از کودهای آلی باعث بهبود ساختار خاک، نگهداری رطوبت بهتر و تامین مواد معدنی برای گیاهان و افزایش فعالیت میکرو اورگانیسم ها و کاهش فرسایش خواهد شد. این کودها همچنین به کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و بهره وری بیشتر منجر می‌شوند.

فهرست منابع

اولیایی ترشیز،ع. مجتبی حسینی،م.مینا امامیان،ا. ۱۳۹۲، تاثیر کود های آلی هیومیکی و شیمیایی بر خصوصیات مهم خاک در درختان پسته.نخستین کنگره دستاوردهای علمی و پژوهشی پسته .مهر ماه.

بهزاد، ا.م. (۱۳۸۸). تاثیر کود های آلی و بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه فرنگی با تأکید بر عملیات خاکورزی حداقل در نظام های اکولوژیک.

حمزه، ب. (۱۳۹۹). نقد کتاب اکولوژی ماندابها با نگرشی بر رویشگاههای ماندابی البرز جنوبی.نشریه طبیعت ایران.۵(۶): ۱۳۱-۱۳۵.

خندان، ا. و آستارایی، ع. (۱۳۸۴). تاثیر کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود گاوی) و شیمیایی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. بیابان، ۲(۱۰): ۳۶۱-۳۶۸.

کامیاب، ح. اسدالهی، ز. (۱۴۰۰). بررسی اثر تخریب جنگل های هیرکانی استان گلستان در افزایش انتشار گازهای گلخانه ای. نشریه علمی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران. جلد ۱۹(۱): ۹۳-۷۶ .

طرازکار، م. ح. فتحی، ف.ت. (۱۳۹۸). اثر آزاد سازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه ای در ایران: کاربرد رهیافت همجمعی نامتقارن غیرخطی.

Abebe, T.G. Tamtam, M.R. Abebe, A.A. Abtemariam, K.A. Shigut, T.G. Dejen, Y.A. & Haile, E.G. (2022). Growing Use and Impacts of Chemical Fertilizers and Assessing Alternative Organic Fertilizer Sources in Ethiopia. Applied and Environmental Soil Science. Article ID 4738416, 14 pages https://doi.org/10.1155/2022/4738416.

Bhunia, S. Bhowmik, A. Mallick, R. Mukherjee, J. (2021). Agronomic Efficiency of Animal-Derived Organic Fertilizers and Their Effects on Biology and Fertility of Soil: A Review. Agronomy**.** 11, 823. https://doi.org/10.3390/ agronomy11050823.

Bing, H. (2008). Effects of Long-term Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on Soil Microbiological Properties and Soil Fertility. Agricultural Sciences in China. Volume 7, Issue 3. Pages 336-343.

Gosal, S.K. Gill, G.K. Sharma, S. & Walia, S.S. (2018). Soil nutrient status and yield of rice as affected by long-term integrated use of organic and inorganic fertilizers. Journal of Plant Nutrition, 41, 539 - 544.

Jin, L. Jin, N. Wang, S. Li, J. Meng, X. Xie, Y. Wu, Y. Luo, S. Lyu, J. Yu, J. (2022). Changes in the Microbial Structure of the Root Soil and the Yield of Chinese Baby Cabbage by Chemical Fertilizer Reduction with Bio-Organic Fertilizer Application. Microbiol Spectr. 21;10(6): e0121522.

Li, S. Wei, W. (2023). Long-Term Organic Amendments Combined with Nitrogen Fertilization Regulates Soil Organic Carbon Sequestration in Calcareous Soil. Agronomy, 13, 291. https://doi.org/10.3390/ agronomy13020291.

Kuht, J. Eremeev, V. Talgre, L. Loit, E. Mäeorg, E. Margus, K. Runno-Paurson, E. Madsen, H. Luik, A. (2022). Soil Microbial Activity in Different Cropping Systems under Long-Term Crop Rotation. Agriculture. 12(4):532. https://doi.org/10.3390/agriculture12040532.

Mohammad, H. G. Denney, M. J. and Iyekar, C. (2004). Use f Composted Organic Wastes as Alternative to Synthetic Fertilizers for Enhancing Crop Productivity and Agricultural Sustainability on the Tropical Island of Guam. 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane, July 2004.

Noor, R.S. Wang, Z. Umair, M. Ameen, M. Misaal, M.A. & Sun, Y.B. (2020). LONG-TERM APPLICATION EFFECTS OF ORGANIC AND CHEMICAL FERTILIZERS ON SOIL HEALTH AND PRODUCTIVITY OF TARAMIRA (ERUCA SATIVA L.) UNDER RAINFED CONDITIONS. The Journal of Animal & Plant Sciences, 30(4): 2020, Page: 970-987.

Prasad, H. Sajwan, P. Kumari, M. & Solanki, S. (2017). Effect of Organic Manures and Biofertilizer on Plant Growth, Yield and Quality of Horticultural Crop: A Review. International Journal of Chemical Studies, 5, 217-221.

Tantawi, I.A. Hashem, M.H. & Abdelazim, M.A. (2019). Environmental Hazards and Agronomic Benefits of Organic and Inorganic Nitrogen Fertilization to Sandy Soils Monocropped with Radish. Journal of Plant Production. Mansoura Univ., Vol. 10 (8): 697- 706.

The Effect of Organic Fertilizers on Physical, Chemical and Biological Properties of Soil

Hossein Salari nia[1*]
1-Ph.D. student of Soil Science and Engineering - Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran; * salarinia.h@fa.lu.ac.ir

Abstract

Organic fertilizers are an essential tool for improving soil fertility and promoting plant growth. These fertilizers, which are derived from natural sources such as animal manure, compost, and plant residues, contain a variety of nutrients and micronutrients that are essential for plant growth. By adding organic fertilizers to soil, farmers and gardeners can improve soil structure, increase water-holding capacity, and enhance nutrient availability. In addition, organic fertilizers can help to reduce soil erosion, promote beneficial microbial activity, and support sustainable agricultural practices. Overall, the use of organic fertilizers is a valuable strategy for improving soil health and increasing crop yields.

Keywords: Organic Fertilizers, Plant Residues. Microbial Activity, Soil Health.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مطالعه کمّی آلودگی کادمیم در خاک شنی لومی: تعیین بیشینه ظرفیت جذب

مهدی بهرامی[1*]، امیر بهرامی[2]

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا؛ * پست الکترونیکی: bahrami@fasau.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

نگهداری و بهبود کیفیت آب، خاک و هوا چالش‌های سهمگین و ترسناکی را روبروی جامعه جهانی قرن ۲۱ گشوده است. شناسایی و مدیریت آلاینده‌های فعلی و کنترل آلاینده‌های جدید از جمله این چالش‌هاست. به همین دلیل هدف این پژوهش بررسی مقدار جذب کادمیم به وسیله خاک شنی لومی و تعیین مدل ایزوترم جذب مناسب آن بود. برای این منظور، آزمایش‌های جذب ناپیوسته در شرایط طبیعی خاک انجام شد و مدل‌های مختلف ایزوترم جذب بر داده‌های آزمایش برازش داده شد. نتایج نشان داد که مدل ایزوترم فروندلیچ با R^2=۹۸/۳۰٪ و RMSE=۰/۱۰۳ بیشترین انطباق را با داده‌های جذب دارد. این نتایج نشانگر جذب برگشت‌پذیر کادمیم به خاک بوده و به تشکیل یک لایه جذب محدود نشده است. این یافته‌ها به درک بهتر رفتار کادمیم در خاک شنی لومی کمک می‌کند و پیامدهایی برای مدیریت و اصلاح محیط‌های آلوده به آن دارد. با استفاده از مدل‌های ایزوترم جذب سطحی مناسب، امکان پیش‌بینی و بهینه‌سازی ظرفیت جذب خاک فراهم می‌شود و در نتیجه به توسعه استراتژی‌های موثر برای کنترل آلودگی و اصلاح کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: جذب سطحی کادمیم، شنی لومی، آلاینده ها، اصلاح، کیفیت خاک.

مقدمه

آلودگی عبارت است از انباشته شدن آب و خاک از ترکیبات سمی پایدار مانند مواد شیمیایی، نمک‌ها، فلزات سنگین و مواد رادیواکتیو یا عوامل ایجاد بیماری که پیامدهای ناسازگار روی رشد گیاهان و سلامت جانوران و انسان دارد (فرخیان فیروزی و همکاران، ۱۳۹۶). آلاینده‌ها بر حسب ترکیب شیمیایی به دو گروه آلی و معدنی تقسیم می‌شوند. ترکیبات آلی از جمله فنول‌ها، اسیدهای آلی و الکل‌ها دارای ترکیبات هیدروکربنه هستند؛ در حالی که آلاینده‌های معدنی شامل نیترات‌ها، سولفات‌ها و فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیم، روی، وانادیوم، آرسنیک و مس هستند. در دهه‌های اخیر فعالیت‌های بشر از جمله توسعه و تکامل شهرها، رشد و تکامل صنایع کان‌کنی، تخلیه پساب‌های صنعتی، مصرف سوخت‌های فسیلی، تخلیه فاضلاب شهری، مصرف لجن فاضلاب و استفاده از علف‌کش‌ها و سموم سبب گردیده تا مقادیر زیادی از فلزات سنگین وارد خاک شده و آلودگی آن را سبب شوند. این مساله در کشورهای در حال توسعه بیشتر مشاهده می‌شود، زیرا این کشورها هزینه لازم برای تصفیه فاضلاب را نداشته و از لجن فاضلاب به عنوان

منبعی اقتصادی در تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه استفاده می‌کنند. وجود این فلزات در خاک، جذب این عناصر به وسیله گیاه و ورود آنها به زنجیره غذایی انسان و حیوان را سبب می‌شود.

آلودگی خاک و آب نه تنها سبب سمیت در گیاهان و جانوران می‌شود بلکه گزندهای ناشی از ماندگاری و پایداری این عناصر در خاک، مسئولان محیط زیست و پژوهشگران سلامت و کیفیت خاک را بیشتر نگران کرده است. به دلیل قابلیت تجمع کادمیم در خاک و گیاه و رسیدن به حدی که برای انسان مضر است ارقام محافظه‌کارانه‌ای از آن در آب آبیاری پیشنهاد شده است (عابدینی و نجفی، ۱۳۸۰). غلظت مجاز کادمیم در خاک از ۱ تا ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (Carini, 1995). فلزات نمی‌توانند به فرآورده‌های غیرسمی تجزیه شوند و یا به گونه‌ای اقتصادی با بهره‌گیری از فناوری‌های مرسوم از زیست بوم آلوده بازیافت شوند. بنابراین پیامدهای زیانبار آنها در زیست بوم پایدار باقی مانده و آلودگی زیست بوم با فلزات بسیار اهمیت یافته است. لذا هدف اصلی این پژوهش بررسی کمّی میزان جذب فلز سنگین کادمیم به وسیله خاک شنی لومی است.

مواد و روش‌ها

تمام آزمایش‌های جذب در سیستم ناپیوسته و با سه تکرار انجام گردید. برای ساخت محلول استاندارد کادمیم از نیترات کادمیم ($Cd(NO_3)_2.4H_2O$) استفاده شد. جهت ساخت محلول با غلظت‌های مختلف از کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار به عنوان محلول زمینه برای ثابت نگه داشتن قدرت یونی استفاده شد. آزمایش‌ها در دمای ۲۰±۲ درجه سلسیوس و در ارلن ۲۵۰ میلی لیتری به عنوان ظرف واکنش انجام شد.

آزمایش به منظور تعیین ظرفیت جذب کادمیم خاک با دو گرم خاک شنی لومی و ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیم و به مدت ۱۲ ساعت انجام گرفت. سپس مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۳۰۰۰ g سانتریفیوژ گردید و با کاغذ صافی واتمن صاف شد. فاز محلول آن برای اندازه‌گیری غلظت کادمیم توسط دستگاه جذب اتمی استفاده شد.

برای محاسبه بازده جذب کادمیم توسط خاک از رابطه ۱ و ظرفیت جذب آن از رابطه ۲ استفاده شد (Bahrami et al., 2020):

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (2)$$

که در آن C_0 و C_e به ترتیب غلظت اولیه و نهایی در محلول (mg/L)، q_e ظرفیت جذب (mg/g)، V حجم محلول (L) و m جرم جاذب (خاک) اضافه شده (g) می‌باشد.

پس از انجام آزمایش‌های ناپیوسته، مدل‌های ایزوترم جذب لانگمویر، فروندلیچ، لانگمویر- فروندلیچ و ریدلیچ- پترسون با استفاده از نرم‌افزار Matlab و روش تحلیل رگرسیون غیر خطی بر داده‌های به دست آمده از آزمایش برازش داده شد و از بین آنها مدل مناسب انتخاب و معرفی گردید.

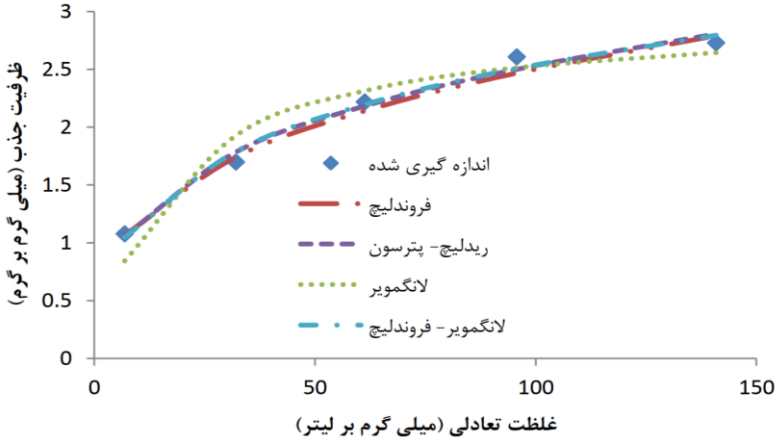
نتایج و بحث

نتایج برازش مدل‌های مختلف ایزوترم با ضریب اطمینان ۹۵ درصد بر داده‌های حاصل از آزمایش‌های جذب تعادلی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به ضریب تبیین مدل‌های ایزوترم رسم گردیده، مدل فروندلیچ با R^2=۹۸/۳۰٪ و RMSE=۰/۱۰۳ با داده‌ها همخوانی بیشتری داشت. این مدل توصیف کننده جذب برگشت پذیر بوده و به تشکیل یک لایه جذب محدود نشده است (Ng et al., 2002). این معادله نقطه‌ای را برای اشباع شدن ماده جاذب پیش بینی نمی‌کند و پوشش سطحی نامحدودی که از نظر ریاضی محاسبه می‌شود نمایانگر جذب چند لایه‌ای بر روی سطوح تبادلی است (Donat et al., 2005).

جدول ۱- ضرایب مدل‌های ایزوترم جذب کادمیم در خاک

مدل های تعادلی جذب	معادله	پارامتر	مقدار
لانگمویر	$q=\frac{0.058\times 2.97C_e}{1+0.058C_e}$	q_m (mgg^{-1})	۲/۹۷
		K_L (Lmg^{-1})	۰/۰۵۸
		R^2	۰/۹۲۹
		$RMSE$	۰/۲۱۰
فروندلیچ	$q=0.576C_e^{\frac{1}{3.136}}$	K_F	۰/۵۷۶
		$1/n$	۰/۳۱۹
		R^2	۰/۹۸۳
		$RMSE$	۰/۱۰۳
ریدلیچ- پترسون	$q=\frac{1.366\times C_e}{1+1.992C_e^{0.712}}$	a	۱/۳۶۶
		b	۱/۹۹۲
		n	۰/۷۱۲
		R^2	۰/۹۸۶
		$RMSE$	۰/۱۱۶
لانگمویر- فروندلیچ	$q=\frac{0.067\times 7.945C_e^{\frac{1}{1.916}}}{1+0.067C_e^{\frac{1}{2.37}}}$	q_m(mgg^{-1})	۷/۹۴۵
		B(Lmg^{-1})	۰/۰۶۷
		n	۲/۳۷۰
		R^2	۰/۹۸۷
		$RMSE$	۰/۱۱۰

سپس معادلات لانگمویر- فراندلیچ و ریدلیچ- پترسون برازش بهتری بر داده‌های جذب تعادلی داشتند و معادله لانگمویر با داشتن کمترین R^2 و بیشترین RMSE ضعیف‌ترین برازش را داشت (شکل ۱). حداکثر ظرفیت جذب کادمیم توسط خاک در مدل لانگمویر- فروندلیچ ۷/۹۴۵ میلی‌گرم بر گرم بود.



شکل ۱- برازش مدل‌های ایزوترم جذب بر داده‌های جذب کادمیم به خاک

نتیجه‌گیری

کمبود آگاهی در حفاظت از محیط زیست و ادامه غفلت منجر به وارد شدن آلودگی‌ها به زیر سطح خاک شده است. فلزات بر خلاف آلاینده‌های آلی به دلیل عدم امکان تجزیه‌های شیمیایی و زیستی پایداری زیادی در محیط دارند. بنابراین می‌بایستی تدابیری اندیشیده شود تا بتوان خطر آنها را کاهش داد. این مطالعه بینش‌های ارزشمندی را در مورد چالش‌های مدیریت آلاینده‌ها ارائه می‌کند و مبنایی علمی برای پرداختن به مسائل مربوط به جذب کادمیم در خاک شنی لومی ارائه می‌دهد. این به هدف گسترده‌تر نگهداری و بهبود کیفیت آب، خاک و هوا کمک می‌کند و در نهایت به سود جامعه جهانی است.

فهرست منابع

عابدینی، م.، نجفی، پ. (۱۳۸۰). استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

فرخیان فیروزی، ا.، امیری، م.ج.، حمیدی فر، ح.، بهرامی، م. (۱۳۹۶) ناپویاسازی کادمیم در خاک با استفاده از نانوذرات مگنتیت تثبیت شده با سدیم دودسیل سولفات. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱ (۱): ۲۵۳-۲۴۱.

Bahrami, M., Amiri, M. J., Bagheri, F. (2020). Optimization of crystal violet adsorption by chemically modified potato starch using response surface methodology. Pollution, 6 (1): 159-170.

Carini, R., Bellomo, G., Benedetti, A., Fulceri, R., Gamberucci, A., Parola, M., Dianzani, M.U., Albone, E. (1995). Alteration of Na+ homeostasis as a critical step in the development of irreversible hepatocyte injury after adenosine triphosphate depletion. Hepatology: 1089-1098.

Donat, R., Akdogan, A., Erdem, E., Cetisli, H. (2005). Thermodynamics of Pb^{2+} and Ni^{2+} adsorption onto natural bentonite from aqueous solutions. Journal of Colloid and Interface Science, 286: 43–52.

Ng, J.C.Y., Cheung, W.H., McKay, G. (2002). Equilibrium studies of the sorption of Cu(II) ions onto chitosan. Journal of Colloid and Interface Science, 255: 64–74.

The quantitative study of cadmium contamination in loamy sandy soil: determining the maximum adsorption capacity

Mehdi Bahrami[1*], Amir Bahrami[2]

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa.

* Corresponding author; Email: bahrami@fasau.ac.ir

2. Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran,

Abstract

Maintaining and improving the quality of water, soil, and air has posed significant and alarming challenges to the global community in the 21st century. The identification, management, and control of current pollutants, as well as the prevention of new pollutants, are among these challenges. Therefore, the aim of this study was to investigate the level of cadmium adsorption by loamy sandy soil and determine an appropriate adsorption isotherm model. To achieve this goal, discontinuous adsorption experiments were conducted under natural soil conditions, and various adsorption isotherm models were fitted to the experimental data. The results demonstrated that the Freundlich isotherm model exhibited the highest level of agreement with the adsorption data, with an R^2 value of 98.30% and an RMSE value of 0.103. These findings indicate the reversible adsorption of cadmium into the soil and suggest that it is not limited to the formation of a specific adsorption layer. These findings contribute to a better understanding of cadmium behavior in loamy sandy soil and have implications for the management and remediation of cadmium-contaminated environments. By employing suitable adsorption isotherm models, it becomes possible to predict and optimize the adsorption capacity of the soil, thereby aiding in the development of effective strategies for pollution control and remediation.

Keywords: Cadmium adsorption; Loamy sandy; Pollutants; Remediation; Soil quality.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

اثر تیمارهای مختلف خاکورزی و مصرف کود فسفر بر خصوصیات کیفی دانه گندم

هادی احمدی[۱*]، حسین میرسیدحسینی[۲]، فرهاد مشیری[۳]، حسینعلی علیخانی[۲]، حسن اعتصامی[۲]

۱- دانشجوی دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران(hadi.ahmadi73@ut.ac.ir)

۲- گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۳- دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده

کیفیت نانوایی دانه‌های گندم از ویژگی‌های مهم ارقام زراعی این گیاه است. کیفیت نانوایی گندم تحت تاثیر عوامل مختلف ژنتیکی، زراعی و محیطی است. یکی از عوامل تاثیر گذار زراعی، اثر مدیریت خاک از جمله تیمار خاکورزی و کوددهی است. به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف خاکورزی و مصرف کود فسفر بر خصوصیات کیفی گندم، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی موسسه خاک و آب واقع در استان البرز اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل خاکورزی در سه سطح (CT: خاکورزی مرسوم، MT: خاکورزی حداقل و NT: بی‌خاکورزی) به عنوان فاکتور اصلی و سطوح فسفر در دو سطح (P0: عدم مصرف کود فسفر و PR: ۱۰۰٪ توصیه کودی) به عنوان فاکتور فرعی بود. نمونه‌برداری از گیاه گندم در چهارمین سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین درصد پروتئین (۱۲ درصد)، حجم رسوب زلنی (۲۰/۳۳ میلی‌لیتر)، شاخص سختی (۴۵)، جذب آب (۶۴/۱۲ درصد) و گلوتن مرطوب (۲۵/۸۳ درصد) در تیمار خاکورزی مرسوم بدست آمد. مصرف کود فسفر بر درصد پروتئین، وزن گلوتن و شاخص گلوتن تاثیر مثبت گذاشت. خاکورزی حفاظتی در این بررسی بیشتر خصوصیات کیفی دانه گندم را کاهش داد.

کلمات کلیدی: آرد گندم، پروتئین دانه، خصوصیات کیفی، خاکورزی و شاخص گلوتن

مقدمه

گندم از غلات استراتژیک و بسیار با ارزش در رژیم غذایی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص یافته است. از کل گندم تولیدی سالانه‌ی جهان، حدود ۷۵ درصد آن برای تهیه نان، ۱۵ درصد مصارف صنعتی و ۱۰ درصد به عنوان بذر برای کاشت به کار می‌رود(FAO, 2012). عملکرد و کیفیت دانه گندم توسط اقدامات مدیریت زراعی و شرایط زیستگاه تعیین می شود(Guzmán et al., 2017). عملکرد گندم می‌تواند به دلیل کیفیت خاک (خاک‌های سبک و اسیدی) و کمبود بارندگی در طول رشد شدید گیاه کاهش یابد. عملکرد و کیفیت دانه گندم همچنین تحت تأثیر توالی گیاهان در تناوب زراعی است(Woźniak & Soroka, 2018). بهترین عملکرد محصول در غلات زمانی است که پس از حبوبات کشت

شوند. با این حال، اغلب در کشور ما، گندم بعد از غلات کاشته می‌شود، که باعث رشد علف‌های هرز و ایجاد بیماری‌های مختلف می‌شود(Hernandez-Restrepo et al., 2016). در نتیجه، کاهش قابل توجهی در عملکرد و کیفیت دانه، به ویژه کاهش جرم حجمی و یکنواختی دانه و افزایش محتوای خاکستر دانه مشاهده می‌شود (Morris et al., 2010). استفاده از روش‌های مختلف خاکورزی همچنین تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه و کیفیت آن دارد، زیرا خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد که مستقیماً بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Giannitsopoulos et al., 2019). هدف از خاکورزی، ایجاد شرایط بهینه برای گیاهان برای تولید دانه بالا است. با این حال، نظرات در مورد تیمارهای خاکورزی مبهم است و اثرات خاکورزی به شرایط اقلیمی و گیاهان کاشته شده بستگی دارد (Woźniak & Soroka, 2018). در بررسی Amato و همکاران (۲۰۱۳)، محتوای پروتئین دانه گندم بسته به تیمارهای خاکورزی متفاوت بود، که بیشترین مقدار در دانه در خاکورزی مرسوم، سپس خاکورزی کاهش یافته و کمترین هم در بی خاکورزی مشاهده شد. طبق نظر Rühlemann و Schmidtke (۲۰۱۵)، کشاورزی نباید صرفاً بر بازده محصول بالا تمرکز کند، بلکه باید رابطه پایدار بین فعالیت‌های انسانی کشاورزی و کیفیت محیط طبیعی را نیز در نظر بگیرد. پایداری و دوام محیط خاک باید مبتنی بر بهبود خواص خاک و حتی بهبود ساختار آن باشد(Woźniak & Soroka, 2018). شخم فشرده با گاوآهن باعث تسریع معدنی شدن مواد آلی در خاک و افزایش اتلاف عناصر غذایی می‌شود که در نهایت بر اکوتیمارهای کشاورزی تأثیر منفی می‌گذارد. در بسیاری از مناطق ایران، کمبود بارندگی قابل توجهی در ماه‌های بهار و تابستان وجود دارد که بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد. بنابراین راهکارهای بهینه‌سازی در زمینه خاکورزی خاک برای به حداقل رساندن تلفات محصول جستجو می‌شود. این تحقیق بر این فرضیه تاکید دارد که همراه با کمیت، کیفیت دانه گندم زمستانه می‌تواند در تیمارهای خاکورزی حفاظتی (خاکورزی حداقل و بی‌خاکورزی) بیشتر از خاکورزی مرسوم باشد، همچنین مصرف کود فسفر باعث افزایش این پارامترها می‌شود. این مطالعه با هدف ارزیابی خصوصیات کمی و کیفیت گندم زمستانه در تیمارهای خاکورزی مرسوم (CT)، خاکورزی حداقل (MT) و بی خاکورزی (NT) و مصرف و عدم مصرف کود فسفر در خاک انجام شد.

مواد و روش

این پژوهش درقالب کرت‌های خرد شده و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال‌های ۱۳۹۶-۱۴۰۱در موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در شهرستان کرج در استان البرز به اجراء در آمد. مزرعه مورد بررسی در موسسه تحقیقات خاک و آب با مختصات N ″33.43 ′45 °35 و E ″ 14.53 ′57 °50 قرار داشته و دارای زمستان و تابستان معتدل می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا ۱۲۵۶متر و میزان بارندگی سالیانه حدود ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر درجه حرارت مطلق ۲۷/۹ و حداقل درجه حرارت مطلق ۲/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۱۵/۸ درجه سانتیگراد است. آزمایش در قطعه زمینی که از پاییز سال ۱۳۹۶ و با نقشه ثابت تحت تاثیر شیوه‌های متفاوت خاکورزی و حفظ بقایا بوده و با تناوب گندم-ذرت اجرا گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی می‌باشد، متوسط pH خاک تا عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر حدود ۷/۴۶، میزان هدایت الکتریکی آن حدود ۱/۰۸ دسی‌زیمنس بر متر، جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و فسفر قابل دسترس ۱۲/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. تیمارهای آزمایش عبارت است از: الف) شیوه‌های مختلف

خاکورزی در سه سطح: خاکورزی مرسوم(شامل شخم برگرداندار+دو مرحله دیسک متقاطع+کاشت با بذرکار-کودکار-خطی کار)، بی‌خاکورزی(شامل کاشت مستقیم با بذرکار-کودکار-خطی کار، بدون شخم) و خاکورزی حداقل(شامل دو مرحله دیسک متقاطع+کاشت با بذرکار-کودکار-خطی کار) و ب) تیمار فسفر در دو سطح: بدون مصرف فسفر، ٪۱۰۰توصیه کودی فسفر بر مبنای آزمون خاک است. در زمان برداشت از هر تیمار مقدار ۵۰۰ گرم آرد جهت انجام خواص کیفی در آزمایشگاه شیمی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، مورد آزمایش قرار گرفتند. درصد پروتئین دانه، درصد سختی دانه، درصد جذب آب توسط آرد و حجم نان، بر اساس روش Norris و همکاران (1989) تعیین شدند. همچنین با استفاده از دستگاه های گلوتن شوی گلوتامیک و سانتریفیوژ، مقدار گلوتن مرطوب بنابر استاندارد شماره ۱۳۷ انجمن بین المللی غلات بدست آمد(Masoudifar and Mohammadkhani, 2005). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد تجزیه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر ساده خاکورزی بر درصد پروتیئن دانه، درصد گلوتن تر و شاخص گلوتن در سطح یک درصد و بر حجم نان، شاخص سختی و جذب آب توسط آرد در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، در حالی که حجم رسوب زلنی و مقدار رطوبت دانه غیرمعنی‌دار بود. همچنین اثر ساده کوددهی تنها بر درصد گلوتن تر و شاخص گلوتن معنی‌دار بود و سایر پارامترها تحت تاثیر کوددهی فسفر قرار نگرفتند. اثر متقابل خاکورزی در کوددهی نشان داد که تنها پارمترهای حجم نان و جذب آب توسط آرد و شاخص گلوتن تحت تاثیر قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین مربعات خصوصیات کیفی دانه گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات خصوصیات کیفی دانه گندم							
		پروتئین	حجم رسوب زلنی	حجم نان	مقدار رطوبت	شاخص سختی	جذب آب آرد	گلوتن تر	شاخص گلوتن
تکرار	۲	۰/۰۲ ns	۰/۲۲ ns	۱۰۸۵/۳۹ ns	۰/۳۵ ns	۳/۵۶ns	۱/۰۵ ns	۱/۵۰ ns	۴۰/۱۷ns
خاکورزی	۲	۱/۰۹**	۶/۰۶ ns	۱۷۹۳/۳۹*	۰/۶۷ ns	۲/۷۲*	۰/۹۸ ns	۹۵/۱۷**	۲۱۰۸/۱۷**
کوددهی	۱	۰/۰۴ ns	۴/۵ ns	۲۴۲/۰۰ns	۰/۰۰ ns	۴/۵۰ ns	۰/۱۴ns	۵۳/۳۹ **	۱۱۳۶/۰۶**
خاکورزی*کوددهی	۲	۰/۱۷ ns	۱/۱۷ ns	۱۹۱۵/۱۷ *	۱/۲۶ ns	۲/۱۷ ns	۱/۱۵*	۲۵/۳۹ *	۱۱۲۴/۰۶**
تکرار*خاکورزی	۴	۰/۰۶ ns	۱/۳۹ ns	۱۸۸/۵۶ ns	۰/۴۵ ns	۰/۳۱ ns	۰/۳۱ ns	۳/۶۷ ns	۱۴/۰۸ns
C.V%		۲/۲۱	۷/۵۴	۲/۶۹	۱۳/۶۵	۲/۱۹	۰/۶۰	۸/۵۶	۷/۳۰

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه و درصد گلوتن تر در تیمار خاکورزی مرسوم (۱۲ و ۲۵/۸۳ درصد به ترتیب) و کمترین به ترتیب در تیمار بی‌خاکورزی و خاکورزی حداقل (۱۱/۱۵ و ۱۸ درصد) بدست آمد، اگر چه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خاکورزی حداقل و بی‌خاکورزی مشاهده نشد. Buczek و همکاران (۲۰۲۱) و Colecchia و همکاران (۲۰۱۵) محتوای پروتئین به طور قابل توجهی بالاتر در دانه و همچنین گلوتن، شاخص رسوب، تعداد دانه و شاخص گلوتن آرد در تیمار CT در مقایسه با NT به دست آوردند، که با این تحقیق همراستا می‌باشد. به گفته Šip و همکاران (۲۰۱۳) تیمار CT در مقایسه با MT و NT منجر به استفاده بهتر از نیتروژن می‌شود که بر رشد، به ویژه

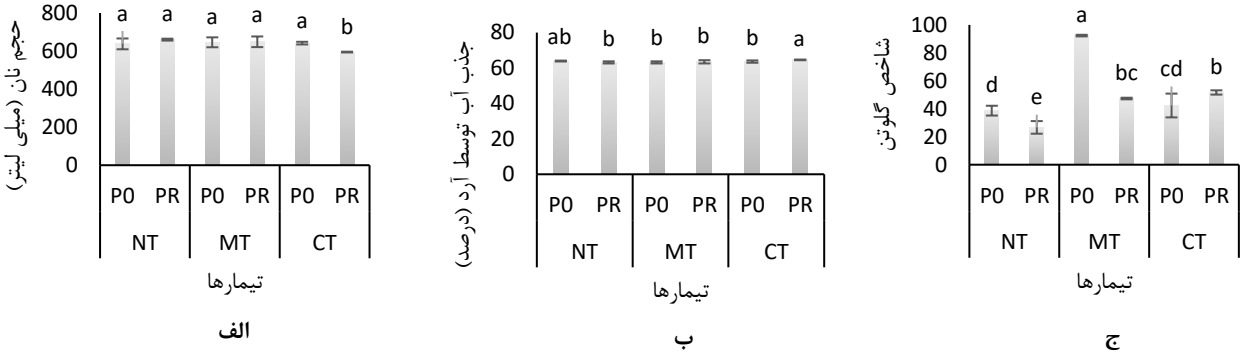
محتوای پروتئین در دانه گندم تأثیر می‌گذارد که Kerbouai و همکاران (۲۰۲۳) دلیل آن را افزایش تجزیه بیشتر ماده آلی و گسترش بیشتر ریشه گیاه در خاک تحت خاکورزی مرسوم عنوان کردند. به گفته Žuljevi´c و همکاران (۲۰۱۶) درصد گلوتن تر مورد نیاز حداقل ۲۵ درصد برای کیفیت پخت خوب محصولات گندم است. در مطالعه ما، محتوای گلوتن مرطوب مشابه تنها در تیمار خاکورزی مرسوم (مصرف و عدم مصرف کود فسفر) به‌دست آمد. Kerbouai و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که مدیریت خاک تأثیر معنی‌داری بر کیفیت دانه از نظر محتوای پروتئین و گلوتن مرطوب داشت، که به ترتیب تحت کشاورزی حفاظتی (۱۱/۱۵ درصد برای محتوای پروتئین) و (۱۷/۶۸٪ برای گلوتن مرطوب) اما تحت خاکورزی مرسوم (۱۱/۹۲ درصد برای محتوای پروتئین) و (۱۸/۷۵٪ برای گلوتن مرطوب) بدست آمد، که با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد.

جدول ۲- میانگین خصوصیات کیفی دانه گندم

مشخصات	میانگین							
	مقدار پروتئین	حجم رسوب زلنی	حجم نان	مقدار رطوبت	شاخص سختی	جذب آب	گلوتن تر	شاخص گلوتن
	(٪)	(ml)	(ml)	(٪)		(٪)	(٪)	
تیمار خاکورزی								
خاکورزی مرسوم	۱۲^{a}	۲۰/۳۳^{a}	۶۱۸/۱۷^{b}	۶/۳۸^{a}	۴۵/۰۰^{a}	۶۴/۱۲^{a}	۲۵/۸۳^{a}	۴۷/۰۰^{b}
خاکورزی حداقل	۱۱/۵۲^{b}	۱۹/۱۷^{ab}	۶۴۷/۳۳^{a}	۶/۶۷^{a}	۴۳/۶۷^{b}	۶۳/۳۳^{a}	۱۸/۰۰^{b}	۶۹/۸۳^{a}
بی خاکورزی	۱۱/۱۵^{b}	۱۸/۳۳^{b}	۶۴۸/۸۳^{a}	۶/۰۰^{a}	۴۴/۵۰^{ab}	۶۳/۵۵^{a}	۲۰/۶۷^{b}	۳۲/۶۷^{c}
میانگین	۱۱/۵۶	۱۹/۲۸	۶۳۸/۱۱	۶/۳۵	۴۴/۳۹	۶۳/۶۷	۲۱/۵۰	۴۹/۸۳
کوددهی								
۰کیلوگرم کود فسفر	۱۱/۵۱^{a}	۱۸/۷۸^{a}	۶۴۱/۷۸^{a}	۶/۳۶^{a}	۴۳/۸۹^{a}	۶۳/۵۸^{a}	۱۹/۷۸^{b}	۵۷/۷۸^{a}
۱۵۰ کیلوگرم کود فسفر	۱۱/۶۰^{a}	۱۹/۷۸^{a}	۶۳۴/۴۴^{a}	۶/۳۴^{a}	۴۴/۸۹^{a}	۶۳/۷۶^{a}	۲۳/۲۲^{a}	۴۱/۸۹^{b}
میانگین	۱۱/۵۶	۱۹/۲۸	۶۳۸/۱۱	۶/۳۵	۴۴/۳۹	۶۳/۶۷	۲۱/۵۰	۴۹/۸۴

اثر ساده تیمار خاکورزی بر پارمترهای درصد رطوبت دانه و جذب آب آرد معنی‌دار نشد. بالاترین حجم رسوب زلنی در تیمار خاکورزی مرسوم (۲۰/۳۳ میلی‌لیتر) به دست آمد، اما تفاوت معنی‌داری با خاکورزی حداقل (۱۹/۱۷) نشان نداد، اما به طور معنیداری بیشتر از تیمار بی‌خاکورزی (۱۸/۳۳) بود. مقدار زلنی (به عنوان مقدار رسوب) درجه ته نشینی آرد معلق در محلول اسید لاکتیک را در یک بازه زمانی استاندارد توصیف می‌کند و این به عنوان تعیین ویژگی‌های پخت در نظر گرفته می‌شود. Mirza Alizadeh و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که رابطه مستقیمی بین حجم رسوب زلنی و مقدار پروتئین و گلوتن مرطوب وجود دارد. کیفیت برتر گلوتن و محتوای گلوتن بالاتر باعث رسوب آهسته تر و مقادیر عدد زلنی بالاتر می‌شود (Hrušková and Faměra, 2003). حجم نان با افزایش شدت خاکورزی کاهش پیدا کرده است، اما مصرف کود فسفر تاثیری بر مقدار آن نداشت. Cetiner و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند آرد/خمیر بسیار قوی، رقم Cavus که یکی از قوی‌ترین ارقام نان‌سازی ترکیه است، به دلیل ساختار گلوتن بسیار سفت، ممکن است نان‌هایی با حجم نان و تقارن کمتر ایجاد کند.

پروتئین‌های گلوتن در این تیمارهای خمیر را می‌توان با عوامل کاهنده، رقیق‌شده با آرد ضعیف‌تر یا آردی غیر از آرد گندم اصلاح کرد تا نان با کیفیت بهتر تولید کند (Cotovanu and Mironeasa, 2022). به ترتیب بیشترین مقدار شاخص سختی و شاخص گلوتن در تیمار خاکورزی مرسوم (۴۵) و خاکورزی حداقل (۶۹/۸۳) بدست آمد. مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که مصرف کود فسفر، درصد پروتین (۰/۹ درصد) و درصد گلوتن تر (۳/۴۴ درصد) را افزایش داد. اما باعث کاهش شاخص گلوتن شد. بجز حجم نان سایر پارامترهای در اثر مصرف کود فسفر افزایش جزئی نشان داده‌اند. همچنین اثر متقابل داده‌ها نشان داد که در تیمارهای خاکورزی مرسوم همراه با مصرف کود فسفر بیشترین حجم نان، جذب آب آرد و در تیمار خاکورزی حداقل بدون مصرف کود فسفر بالاترین شاخص گلوتن بدست آمد (شکل ۱-الف، ب و ج).



شکل ۱- میانگین حجم نان (الف)، جذب آب توسط آرد (ب) و شاخص گلوتن(ج) تحت تیمارهای مختلف خاکورزی و کوددهی

نتیجه گیری:

کیفیت بالاتر دانه گندم بیشتر وابسته به تیمارهای خاکورزی در مقایسه با مصرف کود فسفر بود. در عین حال تیمارهای خاکورزی تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات کیفی گندم (درصد پروتئین، حجم رسوب زلنی، حجم نان، شاخص سختی دانه، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن) ایجاد کردند. خاکورزی مرسوم بالاترین کیفیت گندم و آرد را به دست می‌دهد. نتایج نشان داد که مصرف کود فسفر تنها برخی خصوصیات کیفی گندم (پروتئین، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن) را متمایز کرد. بر اساس این نتایج انتخاب تیمار خاکورزی در کشت گندم باید با توجه به شرایط آب و هوایی و خاک منطقه انجام شود.

رفرنس‌ها

Amato, G., Ruisi, P., Frenda, A. S., Di Miceli, G., Saia, S., Plaia, A., & Giambalvo, D. (2013). Long-term tillage and crop sequence effects on wheat grain yield and quality. *Agronomy Journal*, *105*(5), 1317-1327.

Buczek, J., Migut, D., & Jańczak-Pieniążek, M. (2021). Effect of soil tillage practice on photosynthesis, grain yield and quality of hybrid winter wheat. *Agriculture*, *11*(6), 479.

Cetiner, B., Shamanin, V. P., Tekin-Cakmak, Z. H., Pototskaya, I. V., Koksel, F., Shepelev, S. S., ... & Koksel, H. (2023). Utilization of Intermediate Wheatgrass (Thinopyrum intermedium) as an Innovative Ingredient in Bread Making. *Foods, 12*(11), 2109.

Colecchia, S. A., De Vita, P., & Rinaldi, M. (2015). Effects of tillage systems in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Cereal Research Communications, (43)*704-716.

Coțovanu, I., & Mironeasa, S. (2022). Influence of buckwheat seed fractions on dough and baking performance of wheat bread. *Agronomy, 12*(1), 137.

FAO, (2012). Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Statistical Database, Available from http://faostat.fao.org.

Giannitsopoulos, M., Burgess, P., & Rickson, R. (2019). Effects of conservation tillage systems on soil physical changes and crop yields in a wheat–oilseed rape rotation. *Journal of soil and water conservation, 74*(3), 247-258.

Guzmán, C., Autrique, E., Mondal, S., Huerta-Espino, J., Singh, R. P., Vargas, M., Crossa, J., Amaya, A., & Peña, R. J. (2017). Genetic improvement of grain quality traits for CIMMYT semi-dwarf spring bread wheat varieties developed during 1965–2015: 50 years of breeding. *Field Crops Research, (210)*192-196.

Hernandez-Restrepo, M., Groenewald, J. Z., Elliott, M., Canning, G., McMillan, V., & Crous, P. W. (2016). Take-all or nothing. *Studies in Mycology, 83*(1), 19-48.

Hrušková, M., & Faměra, O. (2003). Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique. *Czech Journal of Food Sciences, 21*(3), 91.

Kerbouai, I., Sfayhi, D., Sassi, K., M'hamed, H. C., Jenfaoui, H., Riahi, J., ... & Ben Ismail, H. (2023). Influence of Conservation Agriculture on Durum Wheat Grain, Dough Texture Profile and Pasta Quality in a Mediterranean Region. *Agriculture, 13*(4), 908.

Masoudifar, O., & Mohammadkhani, M. A. (2005). Study of effects plant density on quality characteristics in wheat.

Mirza Alizadeh, A., Peivasteh Roudsari, L., Tajdar Oranj, B., Beikzadeh, S., Barani Bonab, H., & Jazaeri, S. (2022). Effect of flour particle size on chemical and rheological properties of wheat flour dough. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 41*(2), 682-694.

Morris, N., Miller, P., Orson, J., & Froud-Williams, R. (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil and Tillage Research, 108*(1-2), 1-15.

Norris, H. K. (1989). A definition of wheat hardness using near infrared reflection spectroscopy. *Cereal Foods World, (34)*696-705.

Schmidtke, K., & Rühlemann, L. (2015). Evaluation of monocropped and intercropped grain legumes for cover cropping in no-tillage and reduced tillage organic agriculture.

Šíp, V., Vavera, R., Chrpová, J., Kusá, H., & Růžek, P. (2013). Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions. *Soil and Tillage Research, (132)*77-85.

Woźniak, A., & Soroka, M. (2018). Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and on soil properties. *Applied Ecology & Environmental Research, 16*(3).

Žuljević, S. O., Džafić, A., Akagić, A., Spaho, N., & Vranac, A. (2016). Relationship Between Selected Quality Parameters in Spelt Wheat Grain. International Journal of Agriculture Innovations and Research, (5)2319-1473.

The effect of different tillage treatments and phosphorus fertilizer application on the quality characteristics of wheat grain

Hadi Ahmadi [1], Hossein Mirsyd Hosseini [2] Farhad Moshiri [3], , Hossein Ali Alikhani [2], Hassan Etsami [2]

1- 1- PhD candidate of College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran(hadi.ahmadi73@ut.ac.ir)
2- Soil and Water Research Institute
3- Soil Science Department, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

The baking quality of wheat grains represents a crucial attribute influenced by various genetic, agronomic, and environmental factors. Among these factors, effective soil management, including tillage practices and fertilization, significantly impacts wheat quality. To assess the impact of distinct tillage methods and phosphorus fertilizer application on wheat quality traits, an experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications organized as split plots. The primary factor encompassed three tillage levels (CT: conventional tillage, MT: minimum tillage, and NT: no tillage), while the secondary factor involved two phosphorus levels (P0: no phosphorus fertilizer application and PR: 100% fertilizer recommendation). Results revealed that the conventional tillage treatment exhibited the highest protein content (12%), sediment volume (20.33 ml), hardness index (45), water absorption (64.12%), and wet gluten content (25.83%). Moreover, the application of phosphorus fertilizer positively influenced the percentage of protein, gluten weight, and gluten index. Conversely, conservation tillage practices were found to diminish the quality characteristics of wheat grains. Overall, the findings suggest that the conventional tillage treatment yielded superior wheat grain quality, indicating its potential as the optimal approach for enhancing wheat quality attributes.

Keywords: Wheat flour, Grain protein, Quality characteristics, Tillage and gluten index

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی مدل SWAP در شبیه‌سازی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب سیب‌زمینی

مهسا مصطفوی بابوکانی[۱]، یوسف هاشمی‌نژاد[۲*]، محمد آرمین[۳]، حمید مروی[۴]، کوروش شجاعی[۵]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، سبزوار، ایران

۲- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، * پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hasheminejhad@gmail.com

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۴- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۵- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

چکیده

این تحقیق به‌منظور ارزیابی مدل اگروهیدرولوژیکی SWAP در شبیه‌سازی عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی در قطب‌های عمده سیب‌زمینی کاری استان خراسان رضوی از جمله فریمان، قوچان و گلمکان در سال ۱۳۹۸ صورت گرفت. ابتدا مدل نسبت به پارامترهای رشد بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده از مزارع هر سه منطقه واسنجی شد. به‌علاوه، دقت مدل SWAP در شبیه‌سازی شاخص سطح برگ در طول دوره رشد سیب‌زمینی با استفاده از شاخص سطح برگ استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 نیز سنجیده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 و مدل SAWP دقت بالایی در شبیه‌سازی شاخص سطح برگ در طول دوره رشد داشتند اما دقت شاخص سطح برگ شبیه‌سازی شده بر اساس تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 (RMSE=20%) از مدل SAWP (RMSE=38%) بیشتر است. همچنین، دقت مدل SAWP در شبیه‌سازی عملکرد (RMSE=4.25) و مقدار آب مصرف (RMSE=25.4%) بالا و قابل قبول بود. علاوه بر این، بهره‌وری آب سیب‌زمینی شبیه‌سازی شده همبستگی مثبت و معنی‌داری با اندازه‌گیری شده (r=96**) داشت. مدل SWAP، بهره‌وری آب را با خطایی در حدود ۰/۵کیلوگرم در مترمکعب و یا ۳۷/۳ درصد شبیه‌سازی کرد.

واژگان کلیدی: آب مصرفی، سنجش از دور، مدل‌های رشد گیاهی

مقدمه

درجهان امروز یکی از مشکلات اساسی بشرتامین نیازهای غذایی است. به‌گونه‌ای که امنیت غذایی به‌عنوان یکی از اهداف مهم سرلوحه برنامه دولت‌ها قرارگرفته است. بدون شک به‌منظور نیل به امنیت غذایی علاوه بر اتخاذ سیاست‌های مطلوب و برخورداری از منابع کافی باید تولید کشاورزی به‌گونه‌ای باشد که تمامی نیازهای جامعه را برآورده کند (Neupane and Guo 2019). از طرفی کمبود آب یکی از مسائل همیشگی انسان ازگذشته تاکنون بوده است، که ایران همواره با مشکل کم‌آبی مواجه بوده است و یکی از چالش‌های اصلی در کشور عدم استفاده بهینه از منابع آب موجود است. افزایش بهره‌وری آب آبیاری به همراه کاهش مصرف آب در اراضی کشاورزی برای مقابله با

مساله کم آبی کشور یک ضرورت است که با استفاده از ابزارهای نوین از جمله سنجش از دور و مدلسازی می‌توان به این هدف دست یافت. مدل SWAP در مناطق مختلف جهان مورد ارزیابی، واسنجی و صحت‌یابی قرار گرفته است و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای از خود نشان داده است (Mokhtari et al, 2018). از این رو در این مطالعه قصد داریم با استفاده از مدل SWAP، عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی در قطب‌های عمده سیب‌زمینی کاری استان خراسان رضوی شامل فریمان، قوچان و گلمکان به‌منظور کاهش مصرف آب، افزایش تولید و نیز ارتقای بهره‌وری آب را در شرایط مختلف اقلیمی، خاک و مدیریت زراعی سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی و کل کشور ارزیابی کنیم.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی در قطب‌های عمده سیب‌زمینی کاری استان خراسان رضوی شامل فریمان، قوچان و گلمکان با استفاده از مدل گیاهی SWAP در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ صورت گرفت.

اطلاعات زراعی و مدیریتی: داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل SWAP شامل اطلاعات زراعی و مدیریتی درطی مراحل رشد گیاه سیب‌زمینی، اطلاعات خاک و آب بود. اطلاعات مدیریت مزرعه و مراحل فنولوژیکی سیب‌زمینی از هر منطقه به‌صورت پرسشنامه‌ای جمع‌آوری شد. صفات فیزیولوژیکی سیب‌زمینی در چهار مرحله به‌عنوان ورودی مدل و عملکرد سیب‌زمینی هر مزرعه ثبت شد. با توجه به اهمیت وضعیت خاک در مراحل مختلف رشد گیاه سیب‌زمینی، در این آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از خاک مزرعه آزمایشی نمونه‌برداری به عمل آمد. در مرحله بعد ضرایب توابع هیدرولیکی خاک وارد مدل گردید. از بین پارامترهای روابط منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت آبی غیراشباع، رطوبت و هدایت هیدرولیکی حداشباع دارای معنی فیزیکی بوده و اندازه‌گیری شدند. برای به‌دست آوردن سایر ضرایب توابع هیدرولیکی خاک در مدل RETC (α، n، θ_{res} و λ)، ابتدا با استفاده از یک تخمین اولیه صورت گرفت، به طوری که مشخصات هر لایه خاک ارایه شده در جدول۱ به‌عنوان ورودی به مدل داده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه

شهر	عمق خاک	pH	EC	رطوبت اولیه خاک	Clay	Silt	Sand	O.C
	سانتی‌متر		دسی‌زیمنس بر متر		درصد			
فریمان	۰-۳۰	۸.۰	۱.۰۵	۱۲.۹	۳۱	۵۴	۱۵	۰.۳۶
	۳۰-۶۰	۸.۰	۰.۷۸	۱۵.۷	۳۳	۵۰	۱۷	۰.۲۷
قوچان	۰-۳۰	۷.۸	۳.۸۸	۱۰.۴	۲۶	۲۶	۴۸	۰.۵۶
	۳۰-۶۰	۷.۹	۳.۵۷	۱۰.۲	۳۰	۳۶	۳۴	۰.۵۸
گلمکان	۰-۳۰	۸.۱	۱.۱۰	۱۹.۵	۳۷	۴۶	۱۷	۰.۹۹
	۳۰-۶۰	۸.۰	۱.۰۰	۲۱.۰	۳۷	۴۶	۱۷	۰.۶۸

pH: میزان اسیریته خاک، EC: هدایت الکتریکی و O.C.: درصد ماده آلی خاک.

مقادیر پارامترهای معادله ون‌گنوختن شامل α، n، θ_{res} و λ به‌عنوان خروجی (جدول ۲) به‌دست آمد. معادله تجربی نگهداری رطوبت خاک (Van Genuchten, 1980) به شرح زیر می‌باشد (معادله۱):

$$\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r} = (1+\alpha|h|^n)^{-m} \quad (۱)$$

که در آن، θ، θ_s و θ_r به‌ترتیب رطوبت خاک، رطوبت اشباع و رطوبت باقیمانده، h پتانسیل ماتریک خاک و α، n و m ضرایب تجربی می‌باشند. علاوه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، میزان شوری آب آبیاری نیز با استفاده از دستگاه EC متر در آزمایشگاه آب و خاک اندازگیری شد.

جدول ۲- برخی خصوصیات هیدرولیکی لایه‌های خاک، استخراج شده به‌وسیله نرم‌افزار RETC

محل	عمق خاک (سانتی‌متر)	رطوبت باقیمانده	رطوبت اشباع	α	n	هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s)	جرم مخصوص ظاهری خاک (ρ_b)
فریمان	۰ تا ۳۰	۸	۴۶	۰/۰۰۷۷	۱/۵۲	۱۲/۱۹	۱/۳۵
	۳۰ تا ۶۰	۹	۴۶	۰/۰۰۸۶	۱/۴۹	۱۲/۳۶	۱/۳۵
گلمکان	۰ تا ۳۰	۹	۴۷	۰/۰۱۰۳	۱/۴۵	۱۲/۱۵	۱/۳۵
	۳۰ تا ۶۰	۹	۴۲	۰/۰۱۰۴	۱/۴۳	۵/۱۹	۱/۵۰
قوچان	۰ تا ۳۰	۹	۴۶	۰/۰۱۰۳	۱/۴۵	۱۲/۱۸	۱/۳۵
	۳۰ تا ۶۰	۹	۴۲	۰/۰۱۰۴	۱/۴۳	۵/۲۰	۱/۴۵

ضرایب α و n ضرایب معادله نگهداری رطوبت خاک

اطلاعات اقلیمی: اطلاعات هواشناسی روزانه هر سه ایستگاه سینوپتیک شامل دمای حداکثر (سانتی‌گراد)، دمای حداقل (سانتی‌گراد)، دمای نقطه شبنم (سانتی‌گراد)، بارش (میلی‌متر)، سرعت باد (متر بر ثانیه) و ساعات آفتابی به‌صورت روزانه از سازمان هواشناسی استان به‌منظور محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل روش اصلاح‌شده فائو پنمن مانتیث تهیه شد.

شبیه‌سازی رشد سیب‌زمینی با مدل SWAP: مدل SWAP با بهره‌گیری از ضرایب عملکرد محصول در دوره‌های مختلف رشد و استفاده از معادله ۲ عملکرد نسبی محصول را شبیه سازی می کند (Kroes and Van, 2003):

$$1-\frac{Y_{a,k}}{Y_{p,k}} = K_{y,k}\times\left(1-\frac{T_{a,k}}{T_{p,k}}\right) \quad (۲)$$

که در آن k: مرحله رشد گیاه در طول فصل رشد، $K_{y,k}$: ضریب عملکرد محصول در مرحله Kام از رشد محصول، Ya,k: عملکرد واقعی محصول در مرحله Kام از رشد محصول (کیلوگرم در هکتار)، Yp,k: عملکرد پتانسیل محصول در مرحله Kام از رشد محصول (کیلوگرم در هکتار)، Ta,k: تعرق واقعی محصول در مرحله Kام از رشد محصول (سانتی‌متر)، $T_{p,k}$: تعرق پتانسیل محصول در مرحله Kام از رشد محصول (سانتی‌متر) می‌باشد.

عملکرد نسبی در کل فصل رشد با استفاده از عملکرد نسبی در هر مرحله از رشد از معادله ۳ محاسبه می‌شود:

$$\frac{Y_\alpha}{Y_p} = \prod_{k=1}^{n}\left(\frac{T_{\alpha,k}}{T_{p,k}}\right)^{K_{y,k}} \quad (۳)$$

که در آن Ya: عملکرد واقعی محصول در انتهای فصل رشد (کیلوگرم در هکتار) و Yp: عملکرد پتانسیل محصول در انتهای فصل رشد (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

واسنجی مدل طی سه مرحله شامل تغییر درجه روز مورد نیاز برای تکمیل مرحله گرده افشانی و مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، تغییر ضرایب مربوط به آهنگ رشد برگ و ضرایب توزیع ماده خشک و تغییر ضرایب توزیع ماده خشک به سمت اندام ذخیره‌ای انجام شد. در این مرحله برای واسنجی مدل از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ برای واسنجی مجدد داده‌های شاخص سطح برگ استفاده شد. مقدار شاخص سطح برگ با استفاده از معادلات ۴ تا ۶ محاسبه گردید (Clevers, Kooistra et al., 2017):

$$LAI = 0.1022 \times (WDVI) + 0.4768 \quad (۴)$$

$$WDVI = B_{8a} - C \times B_4 \quad (۵)$$

$$C = \frac{B_{8a}}{B_4} = 1.35 \quad (۶)$$

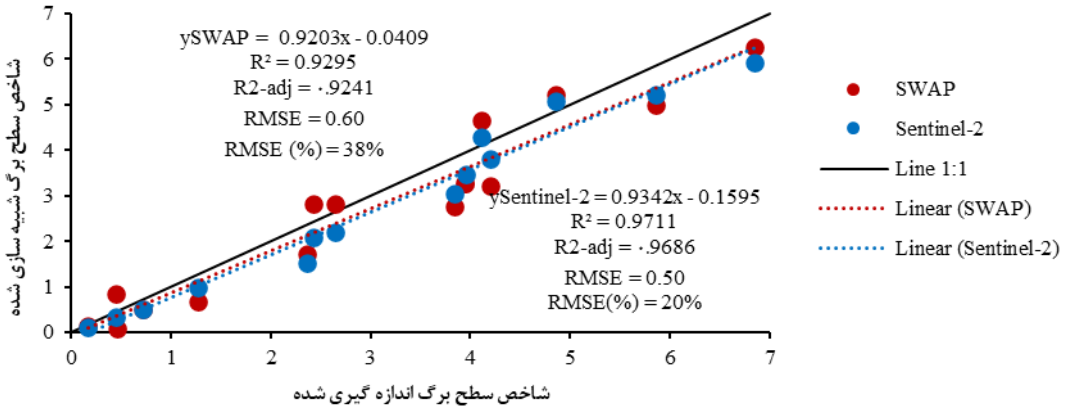
در روابط فوق LAI شاخص سطح برگ، WDVI شاخص وزنی تفاوت پوشش گیاهی، C ضریب ثابت، B8a و B4 مقادیر اعداد دیجیتال باندهای ۸ و ۴ از ماهواره سنتینل ۲ هستند. نهایتاً در مدل سواپ با تغییر متغیر SLAT مقادیر شاخص سطح برگ پیش‌بینی شده از مدل بر مقادیر محاسبه شده از روی تصاویر ماهواره‌ای منطبق گردید.

شاخص‌های ارزیابی مدل: به‌منظور اعتبارسنجی و بررسی دقت مدل‌های ارائه شده از سنجه‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2-adj) و فاکتور تورم واریانس (VIF) استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی دقت شبیه‌سازی شاخص سطح برگ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 و مدل SWAP

شاخص سطح برگ مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 و مدل SAWP دارای روند مشابه‌ای با شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در طول دوره رشد بودند. همچنین، نتایج حاکی از آن بود که دقت شاخص سطح برگ برآورد شده بر اساس تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 از مدل SAWP با توجه سنجنده RMSE بیشتر است (شکل ۱). دقت شاخص سطح برگ برآورد شده بر اساس تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 در حدود ۲۰ درصد و در مدل SAWP ۳۸ درصد بود یعنی برآورد شاخص سطح برگ در تمامی مراحل رشد گیاه بر اساس تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 تنها ۲۰ درصد خطا دارد که با توجه به سایر تحقیقات در این حوضه درصد قابل قبولی است (درصد خطا کمتر از ۲۵ درصد). اما به طور کلی هر دو روش شاخص سطح برگ را کمتر از مقدار واقعی آن برآورد می کند (Underestimate) که این مقدار در شاخص سطح برگ بیشتر از ۳، بیشتر است (شکل ۱). شاخص سطح برگ (LAI) به‌دلیل نقش حیاتی آن‌ها در فتوسنتز و عملکرد گیاه، متغیر مهمی برای کاربردهای کشاورزی هستند. تعدادی از مطالعات اخیرا مناسب‌بودن ماموریت تصویربرداری چندطیفی Sentinel-2 (S2) (که توسط آژانس فضایی اروپا (ESA) انجام می‌شود) برای بازیابی متغیرهای بیوفیزیکی محصول، از جمله LAI، در مقیاس جهانی، منطقه‌ای (Clevers et al., ۲۰۱۷; Pasqualotto et al., 2019; Xie et al., 2019) و درون مزرعه‌ای به‌عنوان پایه‌ای برای کاربردهای کشاورزی دقیق (Toscano et al., 2019; Vizzari et al., 2019; Fieuzal et al., 2020) نشان داده‌اند.

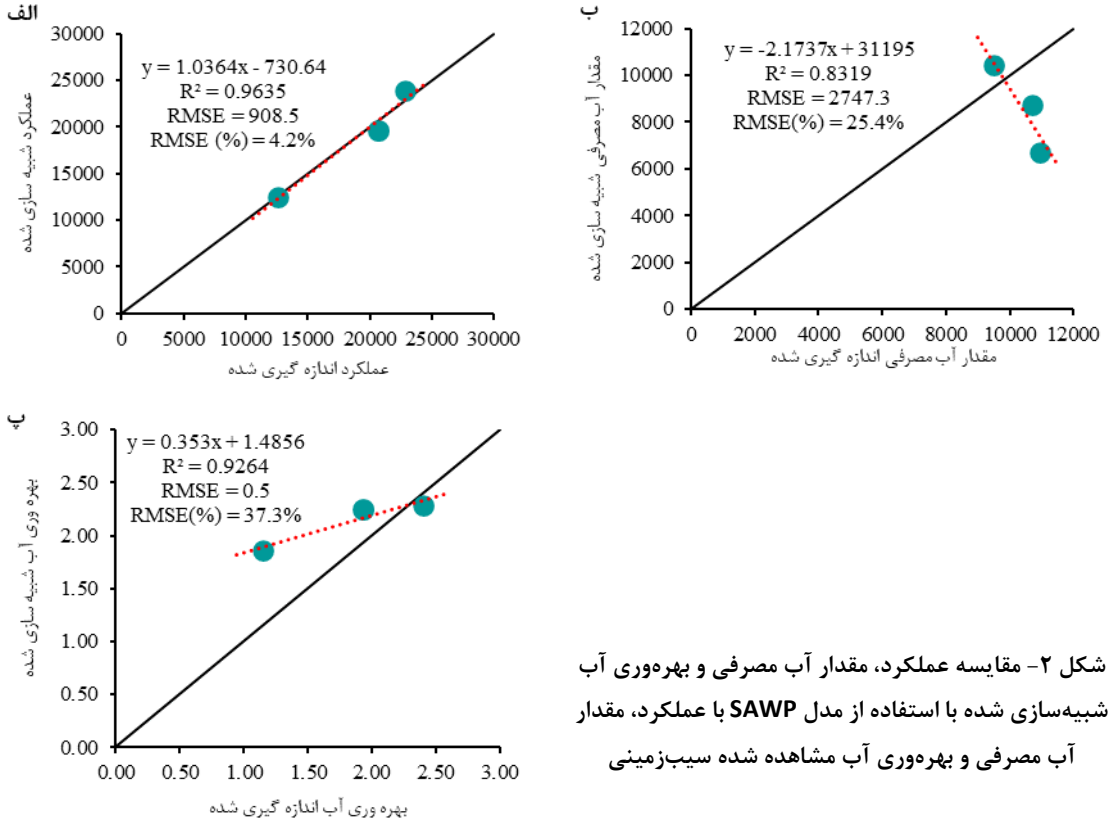


شکل ۱- مقایسه شاخص سطح برگ پیش‌بینی شده در مدل واسنجی‌شده SAWP با مقادیر استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ با شاخص سطح برگ مشاهده شده سیب‌زمینی در هر سه منطقه مورد مطالعه

شبیه‌سازی عملکرد و بهره‌وری آب با استفاده مدل SWAP

بین عملکرد شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.98^{**}$) وجود دارد و ضریب تعیین رگرسیون در حدود ۰/۹۶ بود که نشان‌دهنده دقت بالای مدل در برآورد عملکرد سیب‌زمینی بود. با توجه به مقدار سنجنده RMSE می‌توان با اطمینان بیشتر اظهار داشت که دقت برآورد عملکرد توسط مدل SAWP در حدود ۴/۲ درصد بود که با توجه به سایر تحقیقات در این حوضه درصد بسیار قابل قبولی است (درصد خطا کمتر از ۲۵ درصد) (شکل ۲ الف). در ادامه به منظور بررسی دقت مدل در شبیه‌سازی مقدار آب مصرفی، مقدار آب مصرفی شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل SAWP برای تمامی مناطق مورد مطالعه در مقابل مقدار آب مصرفی اندازه‌گیری شده در شکل ۲ ب قرار گرفت. اگرچه بین میزان مقدار آب مصرفی شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری ($r=-$ ۰,۹۱**) وجود دارد اما این رابطه یک رابطه منفی یا معکوس است به این معنی است که مدل نتوانسته با دقت بالایی مقدار آب مصرفی را شبیه‌سازی کند. کمترین مقدار آب مصرفی شبیه‌سازی شده در شرایطی مشاهده شده است که کشاورز مقدار آب بیشتری را مصرف کرده است. با توجه به مقدار سنجنده RMSE، مدل مقدار آب مصرفی را با خطایی در حدود ۲۷۴۷/۳ مترمکعب در هکتار برآورد می‌کند در برخی موارد کمتر و در برخی موارد بیشتر از مقدار واقعی آب مصرفی در مزرعه. که اگر به صورت درصد بیان کنیم مدل در حدود ۲۵/۴ درصد خطا دارد که تا حدودی قابل قبول است. از سوی دیگر، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بهره‌وری آب شبیه‌سازی شده و اندازه گیری شده ($r=96^{**}$) مشاهده شد. با توجه به مقدار سنجنده RMSE، مدل بهره‌وری آب را با خطایی در حدود ۰/۵ کیلوگرم در مترمکعب و یا ۳۷/۳ درصد برآورد می‌کند (شکل ۲ پ). همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید مدل دقت خوبی در برآورد بهره‌وری آب کمتر ۱/۵ را ندارد ولی مقادیر بالا را بهتر برآورد کرده است. بخش قابل توجه‌ای از در برآورد آب

مصرفی و بهره‌وری آب به میزان آب مصرفی بدون برنامه کشاورز و بدون توجه به میزان تبخیر و تعرق منطقه است. به عنوان مثال مدل با توجه به میزان تبخیر و تعرق گلمکان و سایر موارد مقدار آب مصرفی پتانسیل سیب‌زمینی را در حدود ۶۷۱۹ مترمکعب در هکتار برآورد کرده است این در حالی است کشاورز ۱۰۹۴۴ مترمکعب آب برای آبیاری مزرعه خود مصرف کرده است. انصاری و همکاران (۱۳۹۹) نیز در مطالعه به‌منظور بهبود برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع سیب‌زمینی از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهی از جمله WOFOST و AquaCrop برای شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی تحت تأثیر تنش‌های آبی (۱۰۰، ۸۵، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد تأمین نیاز آبی) استفاده کردند. مقادیر سنجنده RMSE برای شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی توسط مدل‌های WOFOST و AquaCrop به‌ترتیب برابر با ۲/۲ و ۱/۵ بود که نشان‌دهنده خطا مدل‌های در برآورد عملکرد به‌ترتیب در حدود ۲/۲ و ۱/۵ تن در هکتار بود. اگرچه دقت هر دو مدل قابل قبول است اما مدل AquaCrop از دقت بیشتری نسبت به مدل WOFOST برخوردار بود.



شکل ۲- مقایسه عملکرد، مقدار آب مصرفی و بهره‌وری آب شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل SAWP با عملکرد، مقدار آب مصرفی و بهره‌وری آب مشاهده شده سیب‌زمینی

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که مدل SWAP عملکرد خوبی برای شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب دارد. با این حال، این مدل ابزار مناسبی برای شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب پس از

کالیبراسیون در مزرعه در مقیاس بزرگ است. اما استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 دقت بالاتری در برآورد شاخص سطح برگ نسبت به مدل SAWP دارد. از این رو احتمال دارد، استفاده از شاخص سطح برگ استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان ورودی مدل، دقت مدل در برآورد عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب بهبود دهد.

فهرست منابع

انصاری، م.ع.، اگدرنژاد، ا. و ابراهیمی پاک، ن.ع. (۱۳۹۹). ارزیابی مدل‌های AquaCrop و WOFOST در شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی تحت شرایط مختلف تنش آبی. مدیریت آب در کشاورزی، ۷(۲): ۱-۱۴.

Clevers, J.G.P.W., Kooistra, L., Van den Brande, M.M.M. (۲۰۱۷). Using Sentinel-2 Data for Retrieving LAI and Leaf and Canopy Chlorophyll Content of a Potato Crop. Remote Sens., 9: ٤٠٥ .

Fieuzal, R., Bustillo, V., Collado, D., Dedieu, G. (۲۰۲۰). Combined Use of Multi-Temporal Landsat-8 and Sentinel-2 Images for Wheat Yield Estimates at the Intra-Plot Spatial Scale. Agronomy, 10: 327 .

Kroes, J. G., van Dam, J. C. (۲۰۰۳). Reference Manual SWAP version 3.0.3. Wageningen, Alterra, Green World Research. Alterra-report 773. Reference Manual SWAP version 3.0.3.doc. 211 pp.

Mokhtari, A., Noory, H., Vazifedoust, M. (2018). Improving crop yield estimation by assimilating LAI and inputting satellite-based surface incoming solar radiation into SWAP model. Agricultural and forest meteorology, 250:159-170.

Neupane, J., Guo, W. (2019). Agronomic basis and strategies for precision water management: A review. Agronomy, 9(2): 87.

Pasqualotto, N., Delegido, J., Van Wittenberghe, S., Rinaldi, M., Moreno, J. (۲۰۱۹). Multi-Crop Green AI Estimation with a New Simple Sentinel-2 LAI Index (SeLI). Sensors, 19: 904 .

Toscano, P., Castrignanò, A., Di Gennaro, S.F., Vonella, A.V., Ventrella, D., Matese, A. (۲۰۱۹). A Precision Agriculture Approach for Durum Wheat Yield Assessment Using Remote Sensing Data and Yield Mapping. Agronomy, 9: 437 .

Van Genuchten, M. T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil science society of America journal, 44(5): 892-898.

Vizzari, M., Santaga, F., Benincasa, P. (۲۰۱۹). Sentinel 2-Based Nitrogen VRT Fertilization in Wheat: Comparison between Traditional and Simple Precision Practices. Agronomy, 9: 278 .

Xie, Q., Dash, J., Huete, A., Jiang, A., Yin, G., Ding, Y., Peng, D., Hall, C.C., Brown, L., Shi, Y., Ye, H. (۲۰۱۹). Retrieval of crop biophysical parameters from Sentinel-2 remote sensing imagery. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation, 80: 187–195.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Evaluation of the SWAP model in simulating the yield and efficiency of potato water consumption

Mahsa Mostafavi Babukani[1], Yousef Hasheminejhad[2*], Mohammad Armin[3], Hamid Marvi[4], Kourosh Shojaei[5]

1- Phd. candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch,Islamic Azad University, Sabzevar, Iran, * Corresponding author: hasheminejhad@gmail.com
3- Professor, National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran,
4- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
5- Assistant Professor, Field and Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre of Khorasan-e-Rzavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

Abstract

This research was conducted in order to evaluate the SWAP agro-hydrological model for simulating the yield and water efficiency of potato in the main potato working centers of Razavi Khorasan Province, including Fariman, Qochan and Golmkan in 2018. First, the model was calibrated to the growth parameters based on the measurements taken from the fields of all three provinces. In addition, the accuracy of the SWAP model in simulating the leaf area index during the potato growth period was also measured using the leaf area index extracted from Sentinel-2 satellite images. The results of this research showed that although the Sentinel-2 satellite images and the SAWP model were highly accurate in simulating the leaf area index during the growth period, the accuracy of simulated leaf area index based on Sentinel-2 satellite images (RMSE=20%) is higher than the SAWP model (RMSE=38%). Also, the accuracy of the SAWP model in simulating yield (RMSE=4.25) and the amount of water consumed (RMSE = 25.4%) was high and acceptable. In addition, the simulated potato water efficiency had a positive and significant correlation with the measured ($r=0.96^{**}$). SWAP model estimated water productivity with an error of about 0.5 kg/m^3 or 37.3% .

Key words: Plant growth models, Remote sensing, Water consumption

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

تاثیر اسپیرولینا و فورمیدیوم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی کاهو در شرایط شور

علی جعفری منصورآبادی[۱]، سمیه قاسمی[۲]، فریبا حکم‌اللهی[۳] و شیما شهبازی منشادی[۴*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۳- دکتری زیست‌شناسی گیاهی، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۴- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد-

*ایمیل نویسنده مسئول: sh.shahbazi_m@yahoo.com

چکیده

بر اساس تحقیقات صورت گرفته میکروجلبک‌ها می‌توانند توانایی تحمل تنش گیاه در برابر شوری را افزایش دهند که البته این مکانیسم به نوع میکروجلبک بستگی دارد. مطالعه حاضر، با هدف بررسی تحمل به شوری گیاه کاهو در کشت توام با میکروجلبک انجام شد. میکروجلبک‌های مورد استفاده برای کشت توأم کاهو در سیستم هیدروپونیک دو گونه *Spirilina* و *Phormidium* بودند. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم ریشه مربوط به تیمار بدون میکروجلبک با غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و بیشترین سدیم ریشه مربوط به تیمار فورمیدیوم با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود. در نتیجه نمی‌توان تلقیح میکروجلبک‌های رشته‌ای نظیر اسپرولینا و فورمیدیوم در سیستم‌های هیدروپونیک را به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری توصیه نمود و در این زمینه باید تحقیقات بیشتری صورت گیرد.

واژگان کلیدی: آبکشت، شوری، کشت توام، میکروجلبک.

مقدمه

جلبک‌ها منابع غنی و متنوع از محصولات طبیعی، مواد مغذی و دارویی شامل فیبر، مواد معدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها و غیره هستند که از نظر دارویی بسیار حائز اهمیت می‌باشند (Ramirez-Merida et al., ۲۰۱۵). اسپیرولینا اولین و قدیمی‌ترین شکل حیات فتوسنتزی است که از حدود ۳/۶ میلیارد سال وجود داشته است (Soni et al., 2017). میکروجلبک فورمیدیوم که تا کنون ۱۷۰ گونه از آن شناخته شده است، سیانوباکتری رشته ای است. این جنس از میکروجلبک‌ها در زیستگاه‌های مختلفی آبی نظیر باتلاق‌ها، نهرها و چشمه‌های آب گرم یافت می‌شود (Strunecký et al., 2013). تولید میکروجلبک‌ها و سیستم کشت آن‌ها به دلیل اهمیت اقتصادی و تجاری بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است (Barone et al., 2019). از طرفی دیگر، مطالعات زیادی برای بهبود تولید

گیاهان از نظر کمی و کیفی انجام شده است و کاربرد محرک‌های زیستی گیاهی موجب توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست می‌شود (Povero et al., 2016). در این راستا، یکی از راهکارهای نوین که اخیرا بسیار مورد توجه قرار گرفته است، کشت توام میکروجلبک و گیاهان در سیستم‌های کشت بدون خاک می‌باشد. شوری یک مسئله بسیار جدی برای کشاورزی تجاری، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، به شمار می‌رود. تنش شوری مهمترین تنش غیر زنده است، چون علاوه بر کاهش محصول، باعث کاهش میزان آب قابل استفاده و محدودیت زمین-های قابل کشت می‌گردد (روستا و همکاران، ۱۳۹۴). شوری از طریق ایجاد تنش اسمزی تأثیر منفی معنی‌داری بر روی جذب آب، افزایش طول سلول‌ها و توسعه گیاه دارد. همچنین سمیت سدیم ناشی از شوری می‌تواند باعث مهار واکنش-های آنزیمی مختلف، بیوسنتز پروتئین و فرآیندهای فتوسنتزی شود (Horie et al., 2012؛ Deinlein et al., ۲۰۱٤). میکروجلبک‌ها تحت تنش‌های غیر زیستی مانند شوری، برای زنده ماندن و ثابت نگه‌داشتن نرخ رشد خود، متابولیت‌های ثانویه مختلفی را تولید می‌کنند (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۷).

با توجه به محدودیت منابع آب و خاک و افزایش روز افزون جمعیت جهان، تولید محصولات کشاورزی و تأمین منابع غذایی مستلزم استفاده از روش‌هایی با بازده بیشتر و تولید محصولات با کیفیت‌تر است. از جمله این روش‌ها کشت گیاهان به روش آبکشت یا هیدروپونیک است (سوری و کافی، ۱۳۸۴). در این نوع کشت، این امکان وجود دارد تا برخی محصولات را با تراکم بالا در واحد سطح کشت نمود. در کشت هیدروپونیک می‌توان کشت را در طبقات و سطوح مختلف انجام داد. بنابراین مطالعه حاضر، با هدف بررسی تحمل به شوری گیاه کاهو در کشت توام با میکروجلبک انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور کشت و تکثیر دو میکروجلبک اسپیرولینا و فورمیدیوم از محیط کشت BG 11، که یک محیط کشت عمومی برای میکروجلبک‌هاست، استفاده شد. سیستم هیدروپونیک مورد استفاده در این مطالعه بر اساس سیستم آبکشت ساده طراحی و اجرا و برای نگه‌داری محلول غذایی (یک دوم جانسون) از ظروف یکبار مصرف پلاستیکی شفاف با حجم دو لیتر استفاده شد. در طول دوره کشت، هوادهی ظروف حاوی محلول‌های غذایی به صورت ساعتی (۱۲ ساعت) و با تایمر صورت می‌گرفت. کشت گلخانه‌ای این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی و در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یزد به مدت ۳۰ روز انجام شد. تیمارها شامل سه سطح میکروجلبک (شاهد (بدون میکروجلبک)، اسپیرولینا و فورمیدیوم) و سه سطح شوری (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بودند. بعد از برداشت کاهو، از ریشه و اندام هوایی گیاه عصاره‌گیری شد و مقدار پتاسیم و سدیم به وسیله دستگاه فیلم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند (Harron et al., 1983؛ Chapman & Pratt, 1982). به منظور اندازه‌گیری کلرفیل گیاه، ابتدا مقدار ۰/۵ گرم از برگ تازه گیاه در هاون چینی با استون ۸۰ درصد به خوبی ساییده شد. سپس عصاره حاصل از کاغذ صافی عبور داده شده و عصاره صاف شده در بالن حجمی به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید. سپس جذب نوری عصاره حاصل در طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر، قرائت شد.

نتایج و بحث

پتاسیم ریشه گیاه

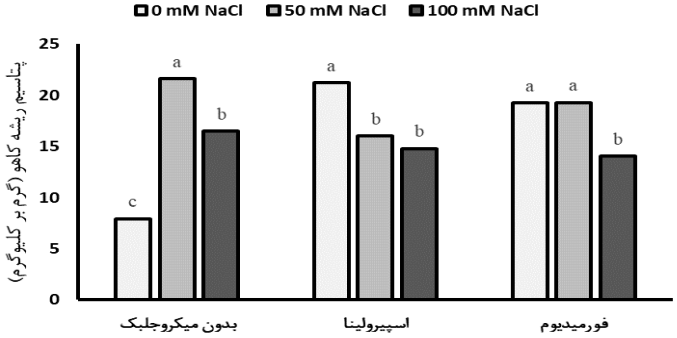
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر نوع میکروجلبک تلقیح شده در سطح ۱ درصد و اثر شوری کلرید سدیم و اثر متقابل تیمارها در سطح ۰/۱ درصد بر مقدار پتاسیم ریشه معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر نوع میکروجلبک و تنش شوری بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی کاهو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		پتاسیم ریشه گیاه	سدیم ریشه گیاه	کلروفیل a	کلروفیل b
میکروجلبک (M)	۲	۱۷/۶**	۱۲۶**	۰/۱۰۶	۰/۰۱۳
شوری (S)	۲	۴۸/۱***	۱۴۹۷***	۰/۳۱۶**	۰/۰۲۸**
M×S	۴	۱۱۳***	۷۰/۷**	۰/۱۴۶	۰/۰۰۹
خطا	۲۷	۲/۸۶	۱۲/۸	۰/۰۵۷	۰/۰۰۴

هر یک از علائم *، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد هستند.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع میکروجلبک و مقدار شوری کلرید سدیم بر مقدار پتاسیم ریشه در شکل۱ آمده است. بر اساس این نتایج، بیشترین مقدار پتاسیم ریشه مربوط به تیمار بدون میکروجلبک با غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بوده که با تیمارهای فورمیدیوم ۵۰ میلی‌مولار و فورمیدیوم و اسپیرولینا با غلظت صفر میلی‌مولار کلرید سدیم اختلاف معنی‌داری نداشته است. میکروجلبک‌ها در طول کشت توام با گیاهان توانایی دسترسی به اکسیژن را افزایش می‌دهند و سرعت تنفس ریشه را تحریک می‌کنند و در نتیجه جذب کلی مواد مغذی را افزایش می‌دهند (Zhang et al., 2017). از سوی دیگر، عصاره جلبک به عنوان یک شیره سلولی طبیعی گیاهی حاوی مقادیر خاصی از آنزیم ها و ویتامین ها است که ممکن است جذب مواد مغذی و انتقال املاح را بهبود بخشد (Shaaban, 2001).

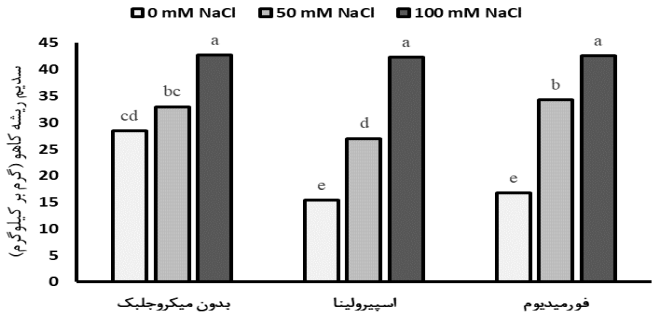


شکل ۱- تأثیر نوع میکروجلبک و غلظت کلرید سدیم بر مقدار پتاسیم ریشه کاهو

وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

سدیم ریشه گیاه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار سدیم ریشه،اثر شوری در سطح ۰/۱ درصد و اثر نوع میکروجلبک و اثر متقابل تیمارها در سطح ۱ درصد بر مقدار سدیم ریشه معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل یمارهای میکروجلبک و شوری بر مقدار سدیم ریشه که در شکل ۲ آمده است نشان می‌دهد که بیشترین مقدار سدیم مربوط به تیمار فورمیدیوم با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بوده که با سایر تیمارهای غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشته است. کمترین مقدار سدیم ریشه نیز مربوط به تیمار اسپیرولینا با غلظت صفر میلی‌مولار کلرید سدیم بوده که با تیمار فورمیدیوم با همین غلظت اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقایسه تیمارهای میکروجلبکی در غلظت‌های مشابه کلرید سدیم نشان می‌دهد که اگرچه در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت، اما در غلظت ۵۰ میلی‌مولار، میکروجلبک فورمیدیوم و اسپیرولینا به ترتیب بیشترین و کمترین و در غلظت صفر میلی‌مولار کلریدسدیم، تیمار بدون میکروجلبک و اسپیرولینا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سدیم ریشه را از خود نشان داده‌اند. به‌طور کلی در تمام تیمارهای مختلف میکروجلبک، افزایش غلظت کلریدسدیم باعث افزایش معنی‌دار مقدار سدیم ریشه شد.



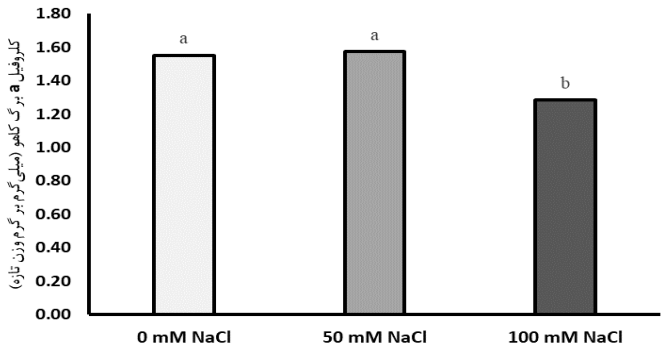
شکل ۲- تأثیر نوع میکروجلبک و غلظت کلرید سدیم بر مقدار سدیم ریشه کاهو

وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس اثر نوع میکروجلبک و شوری بر مقدار کلروفیل a برگ گیاه کاهو نشان می‌دهد که نوع میکروجلبک تلقیح شده و اثر متقابل تیمارها اثر معنی‌دار بر مقدار کلروفیل a نداشته است، اما اثر غلظت کلرید سدیم در سطح ۱ درصد بر مقدار کلروفیل a برگ گیاه معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین مقدار کلروفیل

a در غلظت‌های مختلف کلرید سدیم نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلروفیل a برگ گیاه مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بوده است که با تیمار صفر میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نداشته است. کاهش مقدار کلروفیل گیاه در اثر شوری در سایر مطالعات گزارش شده است. Zhang و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود گزارش دادند که افزایش شوری باعث کاهش محتوای کلروفیل برگ شد. Loudari و همکاران (۲۰۲۰) نیز کاهش محتوای کلروفیل برگ توت فرنگی بر اثر افزایش شوری را گزارش دادند.

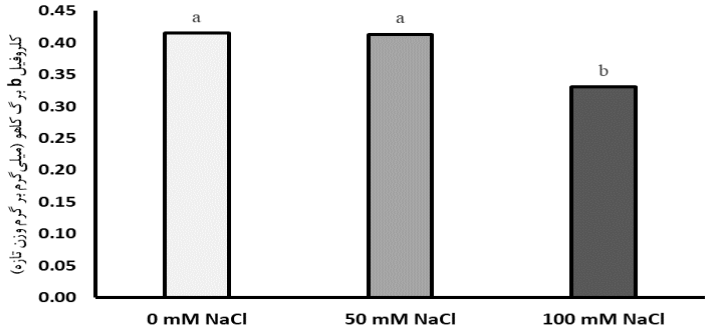


شکل ۳- تأثیر غلظت کلرید سدیم بر مقدار کلروفیل a برگ کاهو

وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد که تنها اثر تیمار شوری در سطح ۱ درصد بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار بوده و اثر تیمار میکروجلبک و اثر متقابل داده‌ها بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین مقدار کلروفیل b در تیمارهای مختلف شوری نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلروفیل b برگ کاهو مربوط به تیمار با غلظت صفر میلی‌مولار کلرید سدیم بوده که با تیمار ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشته است. کمترین مقدار کلروفیل b نیز مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بوده که با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری داشته است. به‌طورکلی افزایش غلظت کلرید سدیم از صفر به ۵۰ میلی‌مولار تأثیر معنی‌دار بر مقدار کلروفیل b نداشته است، در حالی که در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار مقدار کلروفیل b به‌طورمعنی‌داری کاهش یافته است (شکل ۴). اگرچه اثر میکروجلبک بر مقدار رنگیزه‌های برگ گیاه معنی‌دار نشد، اما در مطالعات دیگر اثر مثبت میکروجلبک‌ها بر مقدار رنگریزه‌های گیاه از جمله کلروفیل، در شرایط تنش شوری گزارش شده است (Bello et al., 2021؛ Di Stasio et al., 2018). بنابراین بررسی اثر شوری بر رنگریزه‌ها به نوع میکروجلبک مورد مطالعه نیز بستگی دارد.



شکل ۴- تأثیر غلظت کلرید سدیم بر مقدار کلروفیل b برگ کاهو

وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد اگرچه مجموع بایومس گیاه در حضور میکروجلبک بیشتر از تیمار بدون میکروجلبک‌های فورمیدیوم و اسپیرولینا بود ولی تلقیح این گونه از میکروجلبک‌ها نتوانستند در شرایط شور از تجمع سدیم در ریشه گیاه جلوگیری کنند. در نتیجه نمی‌توان تلقیح میکروجلبک‌های رشته‌ای نظیر اسپرولینا و فورمیدیوم در سیستم‌های هیدروپونیک را به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری توصیه نمود. البته توصیه می‌شود که عملکرد سایر گونه‌های میکروجلبکی در کشت توام مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع

روستا، ح.ر.، استاجی، ا.، سالاری، ه. و وکیلی.، م.ع. (۱۳۹۴).اثر بسترهای مختلف کشت و شوری بر رشد و عملکرد کلم بروکلی (*Brassica oleracea* var. italica) در سیستم کشت بدون خاک. مجله روابط خاک و گیاه. ۶(۳): ۱۵۱-۱۶۲.

سوری، ن.ا.، کافی، م. (۱۳۸۴). ضرورت توجه به هیدروپونیک در گلخانه و انواع سیستم‌های کشت بدون خاک. اولین همایش ملی تکنولوژی تولیدات گلخانه‌ای، رشت، جهاد دانشگاهی واحد استان گیلان.

هاشمی، س.ع.، شریعتی، ف.، دلاوری امرئی، ح.، و حیدری نسب، ا. (۱۳۹۷). بررسی روند رشد میکروجلبک دونالیلا سالینا و میزان تولید بتاکاروتن در غلظت‌های مختلف نمک. ۱۶(۶۴): ۵۰-۴۵.

Barone, V., Puglisi, I., Fragalà, F., Piero, A. R. L., Giuffrida, F., & Baglieri, A. (2019). Novel bioprocess for the cultivation of microalgae in hydroponic growing system of tomato plants. Journal of Applied Phycology, 31(1): 465-470.

Bello, A. S., Ben-Hamadou, R., Hamdi, H., Saadaoui, I., & Ahmed, T. (2021). Application of Cyanobacteria (Roholtiella sp.) Liquid Extract for the Alleviation of Salt Stress in Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants Grown in a Soilless System. Plants, 11(1), 104.

Chapman, H., & Pratt, P. (1982). Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters. Riverside. CA: Chapman Pub

Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G., & Schroeder, J. I. (2014). Plant salt-tolerance mechanisms. Trends in plant science, 19(6), 371-379.

Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., Carillo, P., & Maggio, A. (2018). Ascophyllum nodosum-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. Journal of Applied Phycology, 30(4), 2675-2686.

Harron, W., Webster, G., & Cairns, R. (1983). Relationship between exchangeable sodium and sodium adsorption ratio in a solonetzic soil association. Canadian Journal of Soil Science, 63(3), 461-467.

Horie, T., Karahara, I., & Katsuhara, M. (2012). Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants. Rice, 5(1), 1-18.

Loudari, A., Benadis, C., Naciri, R., Soulaimani, A., Zeroual, Y., Gharous, M. E., ... & Oukarroum, A. (2020). Salt stress affects mineral nutrition in shoots and roots and chlorophyll a fluorescence of tomato plants grown in hydroponic culture. Journal of Plant Interactions, 15(1), 398-405.

Povero, G., Mejia, J. F., Di Tommaso, D., Piaggesi, A., and Warrior, P. (2016). A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. Frontiers in plant science, 7: 435.

Ramirez-Merida, L. G., Zepka, L. Q., de Menezes, C. R., and Jacob-Lopes, E. (2015). Microalgae as nanofactory for production of antimicrobial molecules. Journal of Nanomedicine & Nanotechnology, S6-004: 1.

Shaaban M (2001) Green microalgae water extract as foliar feeding to wheat plants. Pak J Biol Sci 4(6):628–632.

Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017). Spirulina–From growth to nutritional product: A review. *Trends in food science & technology*, *69*, 157-171.

Strunecký, O., Komárek, J., Johansen, J., Lukešová, A., & Elster, J. (2013). Molecular and morphological criteria for revision of the genus M icrocoleus (O scillatoriales, C yanobacteria). Journal of phycology, 49(6), 1167-1180.

Zhang, J., Wang, X., & Zhou, Q. (2017). Co-cultivation of Chlorella spp and tomato in a hydroponic system. Biomass and Bioenergy, 97: 132-138.

Zhang, P., Senge, M., & Dai, Y. (2016). Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. Reviews in Agricultural Science, 4, 46-55.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

The effect of spirulina and phormidium on some morphological characteristics of lettuce in saline conditions

Ali Jafari mansoorabadi[1], Somayeh Ghasemi[2], Farbia Hokmollahi[3] and Shima Shahbazi Manshadi[4*]

١. M.Sc. Graduate, Soil Science Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies , University of Yazd, Iran.
٢. Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, University of Yazd, Iran
٣. Ph.D, Plant biology, Arid land and Desert Managment Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, University of Yazd, Iran.
٤. Ph.D Student, Arid land and Desert Managment Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, University of Yazd, Iran.
*Corresponding Author Email: sh.shahbazi_m@yahoo.com

Abstract

Based on researches, microalgae can increase the plant's ability to tolerance Salinity, although this mechanism depends on the type of microalgae. The present study was conducted with the aim of investigating salinity tolerance of lettuce in co-culture with microalgae. The microalgae used for co-cultivation of lettuce in the hydroponic system were Spirilina and Phormidium species. The results of the study showed that the highest amount of root potassium was related to the treatment without microalgae with a concentration of 50 mM sodium chloride and the highest amount of root sodium was related to the treatment of Phormidium with a concentration of 100 mM sodium chloride. As a result, it is not possible to recommend the inoculation of filamentous microalgae such as spirulina and phormidium in hydroponic systems in order to reduce the negative effects of salinity stress, and more research should be done in this field.

Keywords: Water culture, Salinity, Co-cultivation, Microalgae.

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)

اثر سیلیسیم بر تشکیل رایزوشیت و تسهیل جذب آب تحت تنش خشکی

میثم چراغی[۱،۲*]، بابک متشرع‌زاده[۱]، محسن زارع‌بنادکوکی[۲]، سید مجید موسوی[۳]، مجید بصیرت[۳]، حسینعلی علیخانی[۱]

۱- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران *my.cheraghi@ut.ac.ir

۲- بیوفیزیک خاک و سیستم‌های محیطی، دانشگاه فنی مونیخ، مونیخ، آلمان

۳- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی نقش سیلیسیم در تعدیل آثار منفی تنش خشکی در گیاه گندم انجام شد. فرض بر این بود که کاربرد سیلیسیم با افزایش تشکیل رایزوشیت، جذب آب را تسهیل می‌کند. بدین منظور، بذرهای گندم در یک خاک لومی-شنی تیمار شده با سطوح مختلف سیلسیم و محتوای متفاوت آب خاک در شرایط گلخانه‌ای کشت شدند. نتایج نشان داد که کاربرد سیلیسیم تحت تنش خشکی تشکیل رایزوشیت را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. تحت تنش خشکی، کاربرد سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مونوسیلیسیک اسید و نانو-سیلیس به‌ترتیب منجر به افزایش ۴۰/۳، ۴۸/۲، ۱۶/۸ و ۱۷/۵ درصدی تشکیل رایزوشیت و افزایش ۲۰/۹، ۲۸/۶، ۱۷/۲ و ۲۲/۹ درصدی محتوای نسبی آب برگ (RWC) شد. تحت تنش خشکی شدید، کاربرد سیلیسیم از طریق افزایش تشکیل رایزوشیت منجر به افزایش جذب آب می‌شود و روابط آبی و رشد گندم را بهبود می‌بخشد. بررسی اثر سیلیسیم بر اصلاح معماری سیستم ریشه‌ای و تغییر نوع و مقدار تراوشات ریشه‌ای برای توضیح دقیق اثر سیلیسیم بر تشکیل رایزوشیت ضروری است.

واژگان کلیدی: تغییرات ریزوسفری، سیلیسیم، گندم، مقاومت به خشکی

مقدمه

افزایش مقاومت گیاهان به خشکی خاک و حفظ عملکرد آنها تحت تنش خشکی یکی از چالش‌های مهم حال حاضر کشاورزان و محققان کشاورزی است. تحت تنش خشکی، دسترسی ریشه گیاهان به آب محدود می‌شود که نتیجه آن بسته شدن روزنه‌ها، کاهش نرخ فتوسنتز، افزایش تنش اکسیداتیو و کاهش رشد و نمو گیاه است (Vandegeer et al., 2021). بهبود توانایی گیاهان برای جذب بیشتر آب از خاک در حال خشک شدن مستلزم شناسایی مکانیسم‌های زیربنایی است، که بخش مهمی از آنها به اندام زیرزمینی گیاهان مربوط می‌شود. با کاهش محتوای آب خاک، هم ریشه‌های گیاه و هم خاک اطراف آنها دچار انقباض شوند، در این شرایط یکسری شکاف‌های هوایی بین ریشه و خاک در حال خشک شدن ایجاد می‌شود که منجر به قطع تماس مکانیکی و هیدرولیکی بین ریشه‌ها و محیط اطراف آنها می‌شود (Cheraghi et al., ۲۰۲۳b). بنابراین، منطقی است که حفظ تماس مکانیکی و هیدرولیکی بین ریشه‌ها و خاک اطراف، در نتیجه‌ی جلوگیری از تشکیل شکاف‌های هوایی، می‌تواند توضیح قابل قبولی برای افزایش جذب آب در طول تنش خشکی ارائه دهد. تشکیل

رایزوشیت مکانیسم بالقوه‌ای در جلوگیری از تشکیل این شکاف‌های هوایی است که نقشی محوری در بهبود تعامل فیزیکی و هیدرولیکی بین ریشه‌ها و خاک در حال خشک شدن دارد. رایزوشیت به‌عنوان مخلوطی از ذرات خاک و تراوشات ریشه‌ای تعریف می‌شود که پس از جداشدن ریشه‌ها از خاک و تکان دادن ملایم آنها، همچنان به سطح ریشه چسبیده باقی می‌ماند (Pang et al., 2017). دانش کنونی نشان می‌دهد که عواملی مانند طول و تراکم ریشه‌های مویین، ترشحات ریشه‌ای و وجود یک چرخه‌ی خشک-مرطوب تأثیر گذارترین عوامل مؤثر بر تشکیل رایزوشیت هستند (Rabbi et al., 2022; Rahim et al., 2023).

سیلیسیم که در برخی از گیاهان مانند گندم و برنج تا بیش از ۵ درصد تجمع می‌یابد، با تأثیر بر ویژگی‌های مختلف مورف-فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی را افزایش می‌دهد (Cheraghi et al., 2023a). سیلیسیم یک لایه‌ی دوگانه سیلیس-کوتیکول در اپیدرم برگ تشکیل می‌دهد و بنابراین از هدررفت آب از طریق تعرق کوتیکولی جلوگیری می‌کند (Irfan et al., 2023). این عمل محتوای نسبی آب برگ را حفظ می‌کند و امکان باز نگه داشتن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی را افزایش می‌دهد. بدین ترتیب، سیلیسیم با باز نگه داشتن روزنه‌ها و تسهیل تبادلات گازی از تشدید تنش اکسیداتیو جلوگیری می‌کند. سیلیسیم همچنین با تحریک تقسیم سلول‌های ریشه و افزایش رشد ریشه، دسترسی گیاهان به آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Irfan et al., 2023; Mvondo-She and Marais, 2019). با توجه به تحقیقات گسترده در رابطه با نقش سیلیسیم در بهبود پاسخ گیاهان به تنش خشکی، بررسی اینکه آیا سیلیسیم باعث افزایش جذب آب توسط ریشه‌ی گیاهان مواجه شده با تنش خشکی می‌شود یا خیر، به روشن شدن پتانسیل سیلیسیم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی کمک می‌کند. توانایی ریشه‌های گیاه برای حفظ تماس با فاز محلول خاک برای تداوم جذب آب تحت تنش خشکی ضروری است. تشکیل رایزوشیت نیز اثر بالقوه‌ای در حفظ تماس مکانیکی و هیدرولیکی بین ریشه‌ها و خاک در حال خشک شدن دارد. با در نظر گرفتن این موضوع، مطالعه حاضر به بررسی نقش سیلیسیم در تشکیل رایزوشیت، که به‌عنوان یک مکانیسم حیاتی در پاسخ گیاهان به تنش خشکی عمل می‌کند، می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی خاک و کشت گیاه

برای بررسی اثر سیلیسیم بر تشکیل رایزوشیت و محتوای نسبی آب برگ، آزمایشی گلخانه‌ای در قالب فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. این آزمایش دارای دو تیمار اولیه سیلیسیم (با سطوح ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از منابع نانو- سیلیس و مونو سیلیسیک اسید) و سطوح متفاوت رطوبت خاک (رطوبت بهینه: در محدوده ۰/۷-۰/۸ ظرفیت مزرعه و تنش خشکی: ۰/۳-۰/۴ ظرفیت مزرعه) بود. برای انجام آزمایش، یک خاک لومی- شنی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر از مزارع تحقیقاتی موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب ایران (AREEO) جمع‌آوری گردید. خاک پس از هوا خشک شدن، برای پر کردن گلدان‌ها از الک ۴ میلی‌متری و مقداری از آن نیز جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز در خاک بستر کشت، در سطح بهینه برای رشد گیاه گندم تنظیم شد. بذرهای جوانه دار گندم، رقم احسان را که توانایی آن در تشکیل رایزوشیت تحت تنش خشکی ثابت شده بود (Basirat et al., 2019)، در گلدان‌های پلاستیکی تیره

(ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۱۱ سانتی‌متر) که با ۱۳۰۰ گرم خاک از قبل تیمار شده با منابع مختلف سیلیسیم (همانطور که در بالا توضیح داده شد) پر شده بود، کشت شدند. در مجموع ۳۰ گیاه در محیط گلخانه کشت و نگهداری شد. در طی ۲۰ روز اول دوره کشت، محتوای آب خاک بستر کشت، با توزین روزانه گلدان‌ها، بین ۰/۷-۰/۸ ظرفیت مزرعه تنظیم شد. سپس گیاهان به دو گروه تقسیم شدند و به مدت ۲۵ روز تحت رطوبت بهینه و تنش خشکی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری رایزوشیت و محتوای نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری وزن رایزوشیت از روش وزن سنجی استفاده شد. پس از برداشت اندام هوایی گیاهان، در رطوبت خاک حدود ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه، گلدان‌های پلاستیکی از یک طرف بریده شد و ریشه گیاهان همراه با خاک چسبیده به آن به آرامی از درون گلدان خارج شد. سپس با تکان‌های ملایم خاک بالک وریزو سفری چسبیده شده به ریشه‌ها جدا شد و خاکی که پس از تکان دادن ملایم به ریشه‌ها چسبیده باقی ماند، به‌عنوان رایزوشیت اندازه‌گیری شد (Delhaize et al., ۲۰۱۲). در نهایت وزن رایزوشیت بر حسب گرم خاک خشک چسبیده شده به هر گرم وزن تر ریشه اندازه‌گیری و گزارش شد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، وقتی گیاهان ۴۵ روزه بودند، ابتدا از برگ گیاهان چند قطعه یکسان برش داده شد و بلافاصله وزن تر برگ‌ها اندازه گیری شد (FW). قطعات برگ به مدت ۲ ساعت در آب مقطر قوطه ور شدند و پس از حذف آب سطحی، وزن آنها پس از تورژسانس دوباره اندازه‌گیری شد (TW). قطعات برگ در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون خشک شدند تا به وزن ثابت رسیدند و مجدداً وزن آون خشک آنها اندازه‌گیری شد (DW). در نهایت RWC با روش توصیف شده توسط Turner (۱۹۸۱) طبق معادله ۱ محاسبه شد. این اندازه‌گیری در طول سه روز متوالی در طی یک چرخه‌ی خشک-مرطوب انجام و میانگین اندازه‌گیری‌ها از نظر آماری بررسی شد.

$$RWC\% = [FW-DW/TW-DW] \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

در نهایت داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس دو فاکتوره برای اثرات اصلی (سیلیسیم و محتوای آب خاک) و برهمکنش آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS (۹/۴) انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ در صد استفاده شد. برای ترسیم شکل‌ها نیز از نرم افزار Microsoft Excel 2016 استفاده شد.

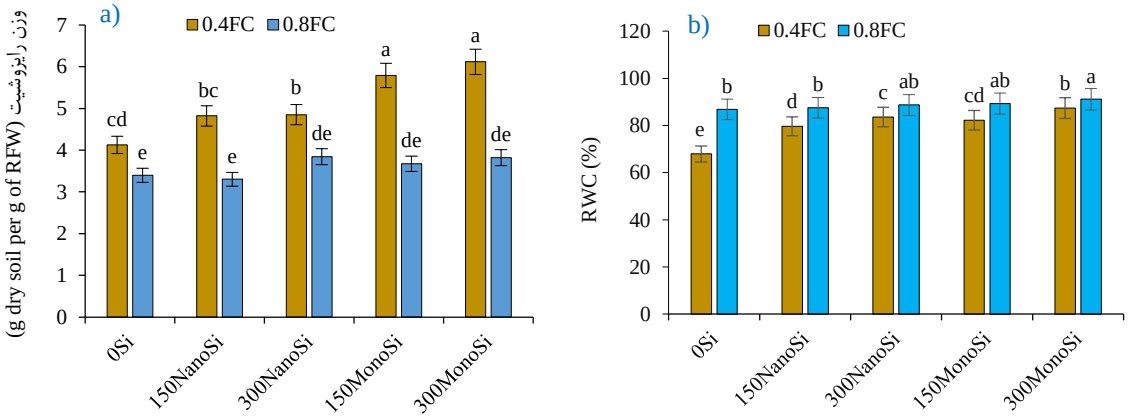
نتایج و بحث

اثر سیلیسیم بر تشکیل رایزوشیت و محتوای نسبی آب برگ

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی و متقابل تیمارها بر افزایش تشکیل رایزوشیت و محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود. در همه تیمارهای سیلیسیمی و نیز در شاهد، تشکیل رایزوشیت در گیاهان رشد یافته تحت تنش خشکی به‌طور معنی‌دار بیشتر از شرایط رطوبت بهینه بود (شکل a۱). تحت رطوبت بهینه، کاربرد تیمارهای سیلیسیمی منجر به تغییر معنی‌دار تشکیل رایزوشیت نشد. تحت تنش خشکی، کاربرد سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مونوسیلیسیک اسید و نانو-سیلیس وزن خشک رایزوشیت را به‌ترتیب ۴۰/۳ و ۴۸/۲، ۱۶/۸ و ۱۷/۵ درصد افزایش داد (شکل a۱). ثابت شده است که کاربرد سیلیسیم

منجر به افزایش طول و تراکم ریشه‌های مویین می‌شود. اثر سیلیسیم در افزایش طول و تراکم ریشه‌های مویین را می‌توان با نقش آن در تنظیم چرخه سلولی (سلول‌های سطح ریشه)، تحریک بیان ژن‌های بیوسنتزی و انتقال دهندهء اکسین، نقش واسطه‌ای آن در تنظیم فعالیت آنزیم گلوتاتیون و همچنین تنظیم سطح ایندول استیک اسید نسبت داد (Tripathi et al., ۲۰۲۲). از آنجایی که طول و تراکم ریشه‌های مویین یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر تشکیل رایزوشیت است (Rabbi et al., 2022)، لذا اثر سیلیسیم بر افزایش تشکیل رایزوشت، با اثر آن بر افزایش طول و تراکم ریشه‌های مویین توضیح داده می‌شود. نتایج نشان داد که کاربرد سیلیسیم تنها تحت تنش خشکی منجر افزایش تشکیل رایزوشیت می‌شود، به گونه‌ای که در همه‌ی سطوح مصرف سیلیسیم و نیز در غیاب سیلیسیم، تشکیل رایزوشیت تحت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط آبیاری بهینه بیشتر بود. این نتایج نشان داد که مصرف سیلیسیم و مطابق با تحقیقات پیشین، وجود سیکل خشکی اهمیت قابل توجهی در تشکیل رایزوشیت دارند (Albalasmeh and Ghezzehei, 2014).

تحت تنش خشکی کاربرد همه‌ی تیمارهای سیلیسیمی منجر به افزایش قابل توجه محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد شد. در عوض، هنگامی که محتوای رطوبت خاک بهینه بود، فقط کاربرد سطح ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مونو سیلیسیک اسید قادر به افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد بود (شکل b۱). کاربرد سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو-سیلیس و مونوسیلیسیک اسید تحت شرایط تنش خشکی خاک، محتوای نسبی آب برگ را به‌ترتیب ۱۷/۲، ۲۲/۹، ۲۰/۹ و ۲۸/۶ درصد افزایش داد. این نتایج نشان داد که تحت تنش خشکی، اثر کاربرد سیلیسیم بر افزایش محتوای نسبی آب برگ، به‌مراتب بیشتر از شرایط آبیاری بهینه بود. اثر رایزوشیت بر تسهیل جذب آب تحت تنش خشکی قبلاً ثابت شده است (Cheraghi et al., 2023b). بنابراین، از آنجایی که کاربرد سیلیسیم، تشکیل رایزوشیت را تحت تنش خشکی به‌طور معنی‌دار افزایش داد، لذا اثر آن بر افزایش تشکیل رایزوشیت تحت تنش خشکی، توضیح قابل قبولی برای توضیح اثر آن بر افزایش جذب آب از خاک و بهبود روابط آبی گیاه (مانند RWC) است.



شکل ۱- اثر متقابل نانو-سیلیس، مونوسیلیسیک اسید و محتوای آب خاک بر تشکیل رایزوشیت (a) و محتوای نسبی آب برگ (b) در گندم. ۰٫۴ و FC ۰٫۸: به‌ترتیب محتوای آب خاک در ۴۰٪ ظرفیت مزرعه (تنش خشکی) و ۸۰٪ ظرفیت مزرعه (آبیاری بهینه)؛ ۰: کنترل (بدون سیلیسیم)؛ حروف مختلفبر روی ستون‌ها معنی‌داری تفاوت بین تیمارها را بر اساس آزمون چند دامنه دانکن، نشان می‌دهند ($p \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری

این مطالعه پاسخ گیاه گندم به تشکیل رایزوشیت و محتوای نسبی آب برگ در اثر کاربرد تیمارهای مختلف سیلیسیم را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که کاربرد سیلیسیم منجر به افزایش معنی‌دار تشکیل رایزوشیت تحت تنش خشکی شد. تسهیل تشکیل رایزوشیت، با اثر سیلیسیم بر افزایش طول و تراکم ریشه‌های مویین قابل توضیح است. تحت تنش خشکی، گیاهانی که در خاک‌های تیمار شده با سیلیسیم رشد کرده بودند، نسبت به گیاهان شاهد محتوای نسبی آب برگ بالاتری داشتند. این مشاهدات مربوط به دسترسی بهتر گیاهان به آب و جذب بیشتر آب در شرایط تنش خشکی بود که در اثر افزایش تشکیل رایزوشیت تقویت شد. با درنظر گرفتن مفهوم رایزوشیت و عوامل کلیدی مؤثر بر تشکیل آن، کاربرد سیلیسیم با افزایش طول و تراکم ریشه‌های مویین و احتمالاً اصلاح کمیت و کیفیت ترشحات ریشه‌ای، تشکیل رایزوشیت را افزایش می‌دهد. تحقیقات آینده باید روی مکانیسم‌هایی تمرکز کنند که سیلیسیم از طریق آنها می‌تواند تشکیل رایزوشیت را بهبود ببخشد.

فهرست منابع

Albalasmeh, A.A., Ghezzehei, T.A., 2014. Interplay between soil drying and root exudation in rhizosheath development. Plant and Soil 374, 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, 565-٥٧٥.

Cheraghi, M., Motesharezadeh, B., Mousavi, S.M., Ma, Q., Ahmadabadi, Z., 2023a. Silicon (Si): A Regulator Nutrient for Optimum Growth of Wheat Under Salinity and Drought Stresses-A Review. Journal of Plant Growth Regulation, 1-25.

Cheraghi, M., Mousavi, S.M., Zarebanadkouki, M., 2023b. Functions of rhizosheath on facilitating the uptake of water and nutrients under drought stress: A review. Plant and Soil, 1-25.

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 ١٩٥(٣), ٦٠٩-٦١٩.

Irfan, M., Maqsood, M.A., Rehman, H.u., Mahboob ,W., Sarwar, N., Hafeez, O.B.A., Hussain, S., Ercisli, S., Akhtar, M., Aziz, T., 2023. Silicon nutrition in plants under water-deficit conditions: overview and prospects. Water 15(4), 739.

Mvondo-She, M.A., Marais, D., 2019. The investigation of silicon localization and accumulation in citrus. Plants 8(7), 200.

Pang, J., Ryan, M.H., Siddique, K.H., Simpson, R.J., 2017. Unwrapping the rhizosheath. Plant and Soil 418, 129-139.

Rabbi, S.M., Warren, C.R., Macdonald, C., Trethowan, R.M., Young, I.M., 2022. Soil-root interaction in the rhizosheath regulates the water uptake of wheat. Rhizosphere 21, 100462.

Rahim, R., Jahromi, O.E., Amelung, W., Kroener, E., 2023. Rhizosheath formation in soil depends on mucilage concentration and water content.

Tripathi, D.K ,.Rai, P., Kandhol, N., Kumar, A., Sahi, S., Corpas, F.J., Sharma, S., Singh, V.P., 2022. Silicon palliates chromium toxicity through the formation of root hairs in rice (Oryza sativa) mediated by GSH and IAA. Plant and Cell Physiology 63(12), 1943-1953.

Turner, N.C., 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and soil 58(1-3), 339-366.

Vandegeer, R.K., Zhao, C., Cibils-Stewart, X., Wuhrer, R., Hall, C.R., Hartley, S.E., Tissue, D.T., Johnson, S.N., 2021 .Silicon deposition on guard cells increases stomatal sensitivity as mediated by K+ efflux and consequently reduces stomatal conductance. Physiologia Plantarum 171(3), 358-۳۷۰.

The effect of silicon on rhizosheath formation and facilitating water absorption under drought stress

Meysam Cheraghi[1,2*], Babak Motesharezadeh[1], Mohsen Zarebanadkouki[2], Seyed Majid Mousavi[3], Majid Basirat[3], Hossein Ali Alikhani[1]

۱- [illegible]

Tehran, Iran *my.cheraghi@ut.ac.ir

۲- [illegible]

Munich, Germany

۳- [illegible]

(AREEO), Karaj, Iran

Abstract

This study aims to investigate the effect of silicon (Si) on mitigating the detrimental effects of drought stress in wheat. It was hypothesized that Si application will facilitate water absorption by increasing the formation of rhizosheath. For this purpose, wheat seeds were grown in Sandy Loam soil treated with different levels of Si and different soil water content under greenhouse conditions. The results showed that applying Si under drought stress significantly increases rhizosheath formation. Under drought stress, the application of 150 and 300 mg kg^{-1} of monosilicic acid and nano-Si increased rhizosheath formation by 40.3, 48.2, 16.8, and 17.5%, and relative leaf water content (RWC) by ۲۰.۹, ۲۸.۶, ۱۷.۲, [illegible] ۲۲.۹٪, [illegible] an increase in water absorption by increasing rhizosheath formation and improving water relations and the growth of wheat. Investigating the effect of Si on the type and amount of root exudates is necessary to explain the effect of Si on rhizosheath formation.

Keywords: Rhizosphere changes, Silicon, Wheat, Drought resistance

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی زمین‌آماری ماده آلی به عنوان شاخص تخریب جنگل بلوط در دشت مختار یاسوج

الهام نصیری[1*]، سید محمود انجوی‌نژاد[2]، حمیدرضا اولیایی[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک دانشگاه یاسوج و دانشجوی دکتری منابع خاک و ارزیابی اراضی، بخش علوم خاک دانشگاه شیراز؛ * elhamnasiri1396@gmail.com

۲- دانش آموخته دکتری مدیریت منابع خاک، بخش علوم خاک دانشگاه شیراز

۳- دانشیار علوم خاک، بخش علوم خاک دانشگاه یاسوج

چکیده

کربن آلی خاک مهم‌ترین عنصر در حاصلخیزی و کیفیت خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. پیش‌بینی دقیق تغییرات ماده آلی خاک طی تغییر کاربری اراضی، اطلاعات سودمندی را در اختیار طراحان مدیریت اراضی قرار می‌دهد. در این پژوهش، تعداد ۱۰۰ نمونه خاک سطحی در سه کاربری جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم انتخاب و میزان ماده آلی آن‌ها اندازه‌گیری و سپس با استفاده از روش زمین‌آماری، برآورد و پیشبینی مکانی کربن آلی خاک به عنوان شاخصی از تخریب جنگل بلوط در دشت مختار یاسوج انجام شد. پس از محاسبه واریوگرام، مدل کروی به عنوان بهترین مدل برازش یافته انتخاب گردید. بررسی ساختار مکانی و پهنه‌بندی کربن آلی خاک در نرم‌افزار GIS 10.5 با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ معمولی صورت گرفت. درصد ماده آلی خاک با تغییرات چشمگیری همراه بود و میانگین آن در سه کاربری مزبور به‌ترتیب، ۶/۷۴، ۳/۴۲ و ۱/۵۸ درصد اندازگیری شد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر کاربری از جنگل متراکم به جنگل تخریب‌شده و دیم موجب کاهش قابل ملاحظه درصد مواد آلی خاک شده است. در نتیجه با ادامه چنین روندی، بخش بزرگی از خاک‌های منطقه قابلیت استفاده خود را از دست خواهند داد.

واژگان کلیدی: کربن آلی، زمین‌آمار، کریجینگ معمولی، شاخص تخریب

مقدمه

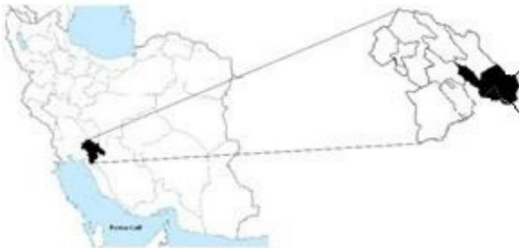
خاک بستری برای رشد و نمو گیاهان بوده و نقش اساسی در کشاورزی دارد. به همین جهت، شناخت ویژگی‌های خاکی و تغییرات آن‌ها در راستای مدیریت هدفمند منابع خاک، ضروری است. در صورتی که از این سرمایه ارزشمند محافظت نشود، کمبود مواد غذایی، فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی را به دنبال خواهد داشت (Kavianpoor et al, 2012). امروزه خاک به عنوان منبع قابل مدیریت در تولید غذا و توده زنده، اصلاح تغییرات اقلیمی (از ۲ طریق توقف کربن نیوار)، حفاظت محیط زیست، و تولید انرژی‌های موسوم به سوخت‌های زیستی به شمار می‌رود. کربن آلی که به عنوان کلید باروری خاک‌ها شناخته شده است، سومین منبع جهانی کربن می‌باشد و مقدار آن به ترتیب ۳/۳ برابر اتمسفر و ۵/۴ برابر کربن موجود درگیاهان و موجودات زنده زمین است (پرویزی و گرجی، ۱۳۹۲). خاک مهمترین

مخزن در توقف کربن نیوار مـی باشد. بنابراین بهبود کربن آلی خاک علاوه بر آن‌که سبب کاهش غلظت گاز کربنیک نیوار می‌شود، موجب افزایش تولید محصول، حفاظت خاک، اصلاح خاک‌های تخریب یافته، تصفیه آلاینده‌ها و احیاء خاک‌ها و زیست‌بوم‌ها خواهد شد. اطلاع از وضعیت کربن آلی خاک برای مدل‌سازی فرآیندهای بوم‌شناسی، پویایی روئیدنی‌ها و پیش‌بینی توان بالقوه کشاورزی ضروری است. از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵ درسطح جهانی حدود ۱۸ درصد از ذخیره کربن آلی خاک‌ها در اثر مدیریت غیرصحیح، تخریب شده است. بنابراین، مدیریت خاک‌ها نقش کلیدی در پایداری نظام تولید خواهد داشت. در کشور عزیزمان ایران، در برخی استان‌ها، مطالعاتی با موضوعیت ذخایر کربنی خاک در کاربری‌های مختلف انجام شده است. میرطالبی و همکاران (۱۳۹۰) و دادگر (۱۳۹۱) در کنار بسیاری از پژوهشگران در سطح کشور بررسی‌هایی در ارتباط با ذخیره کربن در خاک و اثرات عوامل مدیریت زراعی در آن انجام دادند. از آن‌جایی ویژگی‌های خاک مانند میزان کربن خاک، دارای ماهیت پویا و متغیر است و تغییرات مکانی دارد، بنابراین پارامترهایی که بیان‌گر این ویژگی‌ها است را می‌توان به صورت یک متغیر درنظر گرفت و از طریق روش‌های آماری به بررسی تغییرپذیری آن‌ها پرداخت. در سال‌های اخیر بهره‌گیری از روش‌های زمین‌آمار به منظور برآورد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک افزایش یافته است. با توجه به این‌که دشت مختار یاسوج دارای پیشینه‌ی کاربری جنگل بوده است و در وضعیت فعلی دارای چندین کاربری متفاوت می‌باشد، می‌توان از تغییرات مکانی کربن آلی در کاربری‌های مختلف در این منطقه به عنوان شاخصی برای سنجش تخریب اراضی در منطقه دست یافت. بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی زمین‌آماری ماده آلی به عنوان شاخص تخریب جنگل بلوط دشت مختار یاسوج انجام شد.

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مطالعاتی

منطقه مورد پژوهش با وسعت حدود ۴۰ هکتار در ۷ کیلومتری غرب تا شمال‌غرب شهر یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد و در حد فاصل مختصات جغرافیایی ۳۳۹۱۸۰۶ تا ۳۳۹۲۵۶۸ متر عرض شمالی و ۵۴۹۷۵۲ تا ۵۵۰۴۶۸ متر طول شرقی است (شکل ۱). این منطقه بر روی رسوبات سازند رازک واقع شده است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌ها به ترتیب زریک و ترمیک است.



شکل ۱. منطقه مطالعاتی

ب) نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ماده آلی خاک

نمونه‌برداری به روش سیستماتیک تصادفی در عمق (۰-۳۰سانتی‌متر) صورت گرفت. ۱۰۰ نمونه خاک سطحی انتخاب و پس از ثبت موقعیت جغرافیایی به آزمایشگاه منتقل و پس از هواخشک کردن آن‌ها و عبور از الک ۲ میلی‌متر، اندازه‌گیری درصد کربن آلی خاک به روش احتراق مرطوب انجام شد (Jackson, 1975).

ج) توصیف آماری و تجزیه و تحلیل آمار مکانی

با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱، مهمترین ویژگی‌های آماری داده‌ها محاسبه شد. همچنین، نرمال بودن توزیع فراوانی این ویژگی‌ها از آزمون کولوموگراف-اسمیرنوف بررسی شد و داده‌های غیرنرمال به نرمال تبدیل شدند. به منظور ارزیابی ساختار مکانی ویژگی‌های خاک و توصیف آن‌ها، از تابع واریوگرام استفاده شد. تابع واریوگرام عبارت است از متوسط مجذور اختلافات بین دو مشاهده در دو موقعیت مکانی واقع در فضای نمونه‌برداری، که توسط فاصله مشخصی از هم جدا شده‌اند. نیم‌تغییرنما در یک فاصله تفکیک مشخص به وسیله تابع زیر تخمین زده می‌شود (Burgess and Webster,1980).

$$Y(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[z(x_i)-z(x_{i+}h)]^2 \qquad (۱)$$

در معادله بالا، پارامترهای h، N(h)، $Z(X_i)$، Z(X_i+ h)، Y(h) بهترتیب بیان‌گر فاصله بین جفت نقاط نمونه‌برداری، تعداد جفت نمونه‌های جدا شده توسط فاصله h، مقدار متغیر مورد نظر در نقطه (x_i)، مقدار متغیر مزبور در نقطه (X_i+ h) و مقدار واریوگرام تجربی برای فاصله جداکننده h می‌باشند. پس از محاسبه واریوگرام‌های تجربی برای تمامی فواصل مورد نظر، مدل‌های نظری مناسب بر آن‌ها برازش داده شد و در ادامه، اجزای مدل، شامل اثر قطعه‌ای، دامنه تأثیر و حد آستانه مشخص شدند. به‌منظور اعتبارسنجی تخمین‌های انجام گرفته از حذف موقت یک نمونه و تخمین آن و سپس برگرداندن نمونه مورد نظر به مجموعه داده‌ها و تکرار این عمل برای تمامی نمونه‌های موجود، استفاده شد. در نهایت، با توجه به مقادیر مشاهده‌شده (واقعی) و مقادیر برآوردشده (تخمینی) و با استفاده از شاخص آماری جذر میانگین مربع خطا (RMSE) صحت تخمین‌ها محاسبه شد. معادله ۲ روش محاسبه این شاخص را نشان می‌دهد.

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum(x^*-x)^2}{n}} \qquad (۲)$$

که x و x^*، به‌ترتیب، بیان‌گر مقادیر واقعی و تخمینی مشاهدات می‌باشند. n، تعداد مشاهدات را نشان می‌دهد. در نقشه پهنه‌بندی با استفاده از تخمین‌گر مناسب در نرم افزار GIS 10.5 تهیه شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی ماده آلی در اراضی مورد مطالعه به تفکیک نوع کاربری اراضی، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی ماده آلی در اراضی مورد مطالعه به تفکیک نوع کاربری اراضی

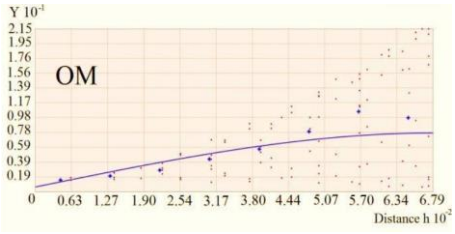
متغیر	کاربری	واحد	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی	شاخص کولوموگراف اسمیرنوف
ماده آلی	متراکم	درصد	۶/۷۴	۵/۲۴	۹/۰۶	۱/۲۱	۰/۱۷	۰/۴۰۸	-۱/۳۰۴	**۰/۱۷۵**
	تخریب شده		۳/۴۲	۲/۰۴	۴/۹۷	۰/۷۶	۰/۲۲	۰/۱۲۱	-۰/۴۱	**۰/۲۰۰**
	دیم		۱/۵۸	۰/۳۴	۳/۶۱	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۵۳	**۰/۲۰۰**

با توجه به جدول ۱ میانگین درصد مواد آلی در افق سطحی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری) در کاربری‌های مختلف جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم به ترتیب ۶/۷۴، ۳/۴۲ و ۱/۵۸ درصد است. نتایج حاکی از آن بود که از بین بردن پوشش درختان بلوط در جنگل‌های منطقه منجر به کاهش قابل توجه درصد مواد آلی خاک به عنوان یکی از اصلی‌ترین معیارهای کیفیت خاک شده است. از میان عوامل موثر در تغییرات کربن آلی خاک در دیم‌زارها، سهم اصلی متعلق به عوامل مدیریتی خاک‌ورزی، نوع ادوات، توالی عملیات خاکورزی، جهت شخم، مدیریت بقایای محصول و تناوب زراعی است. بررسی تأثیر جنگل‌تراشی و زراعت بر ویژگی‌های خاک‌های اکسی‌سول در ماداگاسکار نشان داد که مقدار کربن آلی خاک در سال نخست پس از جنگل‌تراشی به مقدار ۲۳/۸ و در سه سال نخست به طور متوسط ۱۱/۳ گرم بر کیلوگرم کاهش یافته است (Vagen et al., 2006). محققین اظهار داشتند که تخریب جنگل و استفاده از اراضی برای کشت و کار موجب کاهش ۳۰ درصدی کربن آلی خاک شده و با افزایش فاصله زمانی از شروع تغییر کاربری اراضی، کاهش ذخیره کربن آلی خاک محسوس‌تر است(Villarino et al., 2017). مهم‌ترین عاملی که در تسریع کاهش ماده آلی در خاک تاثیر می‌گذارد، کشت و کار است که موجب افزایش تجزیه مواد آلی خاک طی عملیات شخم می‌شود (Six et al., 2000) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

توصیف زمین‌آماری داده‌ها:

براساس کم بودن خطای تخمین و نقشه پهنه‌بندی مطلوب برای تخمین مقادیر متغیر مواد آلی از تخمین‌گر کریجینگ معمولی استفاده شد.

شکل۲، نیم‌تغییرنمای برازش داده شده ماده آلی خاک را نشان می‌دهد. همچنین در جدول ۲ پارامترهای واریوگرام و شاخص خطای تخمین برای ماده آلی خاک گزارش شده است. همان‌طور که از شکل واریوگرام و جدول ۲ مشخص است، برای ویژگی ماده آلی خاک مطالعاتی، مدل کروی برازش داده شده است که معمول‌ترین مدل در بررسی تغییرپذیری ویژگی‌های خاک با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ محسوب می‌شود (Cambardella, 1994).

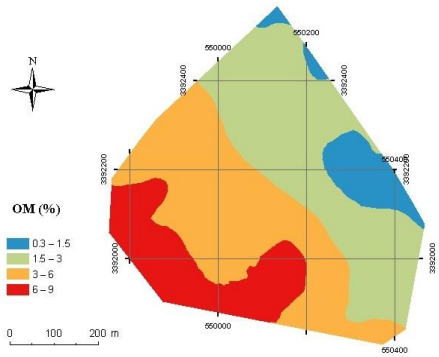


شکل ۲. نیم‌تغییرنمای ماده آلی

جدول ۲. پارامترهای واریوگرام و شاخص خطای تخمین برای ماده آلی خاک

متغیر	مدل	دامنه تاثیر (m)	اثر قطعه‌ای	سقف	جذر میانگین مربع خطا
ماده آلی	کروی	۶۹۷	۰/۰۶۳	۰/۷۱۲	۱/۰۱

با توجه به نقشه پهنه‌بندی (شکل ۳) میزان ماده آلی در جنگل متراکم به علت وجود پوشش گیاهی افزایش یافته است. این در حالی است که از جنگل متراکم به سمت جنگل تخریب‌شده و کاربری دیم، میزان ماده آلی به دلیل کاهش لاشبرگ اضافه‌شونده، فرسایش ذرات خاک سطحی، کشت و کار و عملیات خاک‌ورزی کاهش یافته است. کشت و کار از طریق به‌همزدن خاک سطحی، افزایش اکسیداسیون مواد آلی، تسریع تجزیه بیولوژیک مواد آلی، شدت بخشیدن به فرسایش خاک و نیز افزایش هدررفت مواد آلی در اثر رواناب، منجر به کاهش مواد آلی می‌شود (Taye and Yifru, 2011).



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی ماده آلی خاک

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر کاربری از جنگل متراکم به جنگل تخریب‌شده و دیم موجب کاهش قابل ملاحظه درصد مواد آلی خاک شده است. همچنین بسته به شدت تخریب جنگل‌های بلوط در منطقه مورد مطالعه، تنزل نسبی کیفیت خاک قابل مشاهده است. توصیه می‌شود که با برنامه‌ریزی صحیح برای جلوگیری از قطع درختان جنگلی، مدیریت مناسب دام و اعمال مدیریت مناسب در اراضی کشاورزی حاصل از تغییر کاربری، علاوه بر تضمین بقای اکوسیستم تا حدودی آثار زیان بار آن را کاهش داد.

منابع

پرویزی، ی.، گرجی م.، (۱۳۹۲). تاثیر عوامل مدیریتی دیم زار بر میزان کربن آلی خاک در حوضه مرک کرمانشاه. مدیریت اراضی. ۱(۱): ۸۲-۸۹.

دادگر، م.(۱۳۹۱). بررسی تأثیر ویژگی‌های مدیریتی، خصوصیات خاک و فیزیوگرافی مؤثر در ذخیره کربن خاک و توزیع مکانی آن در کاربری‌های مختلف (مطالعه موردی: بخشی از منطقه دماوند). رساله دکتری رشته کشاورزی-خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و پژوهشات تهران.

میرطالبی، آ.، عبدی، ن. بقایی، ا.ح. ۱۳۹۰. مقایسه میزان ترسیب کربن آلی خاک در تیپ گیاهی *Halocnemum strobilaceum* و گندم دیم در شمال شرقی کویر میقان. دومین همایش ملی مقابله با بیابانزایی و توسعه پایدار تالابهای کویری ایران. دانشگاه آزاد اسلامی اراک. ۲۳ شهریور.

Burgess, T.M., Webster, R. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil Properties: I. The variogram and punctual kriging. *European Journal of Soil Science*, 31(2): 315-331.

Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F., Churchman G.J., Burke C.M. (1991). Properties of subsoils in relation to various measures of surface area and water content. European Journal of Soil Science, 42(3): 463-478.

Jackson, T. A. (1975). Humic matter in natural waters and sediments. Soil Sci. 119, 56–64.

Kavianpoor H., Esmaliouri A., Jafarian Jeloudar Z., Kavian A. (2012). Spatial variability of some soil chemical and physical soil properties in Nesho mountainous rangelands. American Journal of Environmental Engineering, 2(1): 34- 44.

Six J., Paustian K., Elliott E.T., Combrink C. (2000). Soil structure and organic matter distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. Soil Science Society of America Journal, 64(2): 681–689.

Vagen T.G., Andrianorofanomezana M.A.A., Andrianorofanomezana S. (2006). Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. Geoderma,131(1-2): 190-200.

Villarino S.H., Studdert G.A., Baldassini P., María Cendoya M.G., Ciuffoli L. Mastrangelo M., Piñeiro G. (2017). Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina. Science of the Total Environment, 575: 1056-1065.

Geostatistical evaluation of organic matter as an index of oak forest degradation in Mokhtar Yasouj Plain

Elham Nasiri[1*], Sayyed Mahmoud Enjavinezhad[2], Hamidreza Owliaie[3]

1- Graduated master's degree student, soil science department, Yasouj University and PhD student in soil resources and land evaluation, soil science department, Shiraz University; * elhamnasiri1396@gmail.com

2- PhD in soil resource management, soil science department, Shiraz University

3- Associate Professor of Soil Science, Department of Soil Science, Yasouj University

Abstract

Soil organic carbon is the most important element in soil fertility and quality, especially in arid and semi-arid regions. Accurate prediction of soil organic matter changes during land use change provides applicable information to land management designers. In this research, the number of 100 surface soil samples were selected in the three land uses of dense forest, degraded forest, and dry farming and their organic matter content were measured and then using the geostatistics method, spatial estimation and prediction of soil organic carbon was done as an indicator of oak forest destruction in Mokhtar Yasouj Plain. After calculating the variogram, the spherical model was selected as the best fitted model. The spatial structure and zoning of soil organic carbon were investigated in GIS 10.5 software using the ordinary kriging estimator. The percentage of soil organic matter was associated with significant changes, and its average was measured as 6.74, 3.42 and 1.58 percent in the three mentioned land uses, respectively. Generally, the results of current research showed that the change of land use from dense forest to degraded forest and dry farming has caused a significant decrease in the percentage of soil organic matter. As a result, with continuation of such a trend, a large part of the region soils will lose their usability.

Keywords: Organic carbon, Geostatistics, Ordinary kriging, Degradation index

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

بررسی وضعیت تغذیه ای باغات کیوی استان گیلان

علی لاهیجی*

استادیار بخش تحقیقات خاک وآب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج. کشاورزی، رشت، ایران ، (lahigy_123@yahoo.com)

چکیده

به منظور بررسی وضعیت تغذیه باغات کیویی کیوی *(Actinidia deliciosa cv. Hayward)* استان گیلان با روش تشخیص چندگانه (CND)، ۴۰ تاکستان درسال زراعی۱۳۸۸-۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش با استفاده از مدل تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی F_i^c (Vx) روش تشخیص چندگانه و حل معادلات تابع تجمعی درجه سه مربوط به عناصر غذایی، عملکرد حدواسط (۳۷/۵) تن در هکتار به عنوان جداکننده دو گروه عملکرد بالا و پایین تعیین شد. نتایج نشان داد بین باغات کیویی با عملکرد بالا و پایین از لحاظ غلظت عناصر غذایی تفاوت وجود دارد. از میانگین اعداد به دست آمده عناصر غذایی برای جامعه‌ی باغات کیویی با عملکرد بالا، غلظت‌های مطلوب ۱۰عنصر مورد بررسی به دست آمد که شامل نیتروژن ۲/۶۴±۰/۲۸ درصد، فسفر۰/۲۶±۰/۰۶ درصد، پتاسیم ۱/۶۲±۰/۵۸ درصد، منیزیم ۰/۳۱±۰/۰۸ درصد، کلسیم۲/۳۳±۰/۲۶ درصد، منگنز ۷۱±۰/۰۰۴۷ میلی¬گرم در کیلوگرم، مس ۱۴±۰/۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، آهن ۰/۰۰۳۳ ±۱۷۳ میلی¬گرم در کیلوگرم، روی۲۸±۰/۰۰۶ میلی¬گرم در کیلوگرم و بور ۵۵±۰/۰۰۲۹ میلی¬گرم در کیلوگرم بود. براساس نرم های حاصله فراوانی کمبود، عناصر، بور، منگنز، نیتروژن، فسفر، مس و پتاسیم به ترتیب بیش از ۵۰ درصد بود.

واژه های کلیدی : کیوی، وضعیت تغذیه، شاخص تعادل تغذیه ای ، گیلان.

مقدمه

کشور ایران با ۳۳۴ هزار تن تولید، سهم هشت درصدی از تولید کیوی جهان و رتبه چهارم تولید کیوی در جهان و از لحاظ سطح زیر کشت کیوی با ۱۲۷۷۳ هکتار، سهم پنج درصدی از سطح زیر کشت کیوی دنیا و رتبه چهارم سطح زیر کشت در جهان و رتبه سوم عملکرد در جهان را دارا می باشد. کشورهای چین، نیوزیلند، ایتالیا، ایران، یونان، شیلی، ترکیه، فرانسه، امریکا و ژاپن مقام های اول تا دهم در تولید را به خود اختصاص داده اند (فائو، ۲۰۱۹). سطح زیر کشت آن در ایران براساس آمار ۱۲۷۱۵ هکتار بوده که حدود نیمی از آن معادل ۶۰۰۰ هکتار در استان گیلان واقع شده است و عملکرد سالانه آن در استان بیش از ۱۸۰۰۰۰ تن محصول می¬باشد (Agricultural Statistics, ۲۰۱۹).

روش تشخیص چندگانه عناصر[۱](CND) با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل عناصر را بیان می‌دارد (Parent & Dafir, 1992) 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 بالا تفکیک می‌شوند (Khiari *et al.*, 2001). بدین معنی که تمایز جامعه عملکرد به دو گروه زیاد و کم بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت و اریانس شاخص¬های عناصر غذایی می¬باشد. این تابع عملکرد و عنصر غذایی شکل داده کاوی دارد. با تعیین نقاط عطف منحنی گروه‌های عملکردی با دقت زیادی تفکیک می‌شود و سپس شاخص¬های عناصر غذایی CND به روش گام به گام تعیین می‌گردد. شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) از مجموع مربعات شاخص¬های عناصر غذایی قابل محاسبه است. این شاخص اعداد صفر و بیشتر را به خود اختصاص می‌دهد، هر اندازه r^2 به عدد صفر نزدیکتر شود 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 (Daryashenas & Saghafi, 2011) . شاخص¬های عناصر غذایی CND متغیری مستقل و نرمال هستند. روش تشخیص چندگانه عناصر CND با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل عناصر را بیان می‌دارد (Parent & Dafir, 1992). همچنین در سامانه CND وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی کلیه عناصر محاسبه می‌شود. این روش عوامل محدود کننده را برحسب عملکرد واقعی گروه بندی می‌کند نه بر اساس عملکرد قابل پیش‌بینی؛ بنابراین سهم عنصر محدودکننده به تفکیک در عملکرد مشخص می‌گردد؛ ثانیاً جداسازی گروه‌های عملکردی مطلوب با دقت زیادی انجام می‌شوند این مقادیر در آن جامعه آماری، بیانگر غلظت مطلوب برای گیاه مورد نظر بوده و راهنمای مناسبی برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه می¬باشد (Basirat *et al.*, 2014). همچنین Basirat *et al.*, (۲۰۱۵) به منظور برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی، آزمایشی در سطح ۵۴ تاکستان انگور در منطقه شاهرود به روش تشخیص چندگانه انجام شد. در این پژوهش گروه عملکرد زیاد به تعداد ۱۳ تاکستان (۲۴٪) و ۴۱ تاکستان با عملکرد کم (۷۶٪) با استفاده از مدل کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی از هم تفکیک گردید. بر این اساس، میانگین عملکردهای مطلوب به میزان ۳۳/۷۸ تن در هکتار به عنوان عملکرد هدف تعیین شد که اعداد بدست آمده عناصر غذایی برای این عملکرد شامل نیتروژن ۰/۴۳ ±۲/۵۶، فسفر۱۵ /۰ ±۰/۵۷، پتاسیم۱۴/۰ ±۱/۰۴ ، کلسیم ۰/۳۹ ±۱/۲۶، منیزیم۰/۱۱ ±۰/۷۵، منگنز۰/۰ ±۳۳/۹، روی۰/۰±۲۴/۸، آهن ۰/۰±۱۰۶/۴، مس ۰/۰±۷/۰۲، بور ۰/۰±۴۳/۶ و کلر ۰/۱۳ ±۰/۷۲ بود. براساس اعداد مرجع بدست آمده در این پژوهش کمبود۰کلسیم و نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر بیشتر بود. Sharifmand *et al.*, (۲۰۱۷) به منظور ارزیابی وضعیت تغذیه¬ای کدو (*Lagenaria Vulgaris*) با استفاده از روش CND

[۱] Compositional Nutrient Diagnosis

و تعیین نرمهای عناصر غذایی، نمونه¬های برگ از ۱۲۲ مزرعه کدو در شهرستان خوی جمع آوری و غلظت‌های عناصر غذایی B، Cu، Zn، Mn، Fe، Mg، Ca، K، P، N تعیین نمودند. آنها دو گروه عملکردی کم و زیاد به روش ریاضی وآماری و با کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی متمایز و سپس نرم‌ها و شاخص¬های CND برای عناصر غذایی محاسبه نمودند. نتایج نشان داد بین مزارع با عملکرد بالا و پایین از لحاظ غلظت عناصر غذایی تفاوت معنی دار وجود دارد. براساس شاخص¬های CND عناصر پتاسیم و روی منفی‌ترین شاخص‌ها را داشتند. شاخص‌های تعادل تغذیه‌ای CND در مزارع با عملکرد پایین بزرگتر از صفر به دست آمد که نشان دهنده عدم تعادل عناصر غذایی در این مزارع می¬باشد. Najafi *et al.*, (۲۰۱۵) در پژوهشی در شهرستان ماه نشان بر روی پسته نشان دادند که ترتیب عناصر غذایی باغ‌های پسته به ترتیب کمبود استفادهK>P>Zn>B>Mn>Cu>N می¬باشد. Chakerolhosseini *et al.*, (۲۰۱۵) در تعیین اعداد مرجع پرتقال باروش CND عنوان نمودند که عدم تعادل عناصر غذایی مانند بور و بعضی از کاتیون‌ها می‌تواند یکی از دلایل قرار گرفتن ۵۷ درصد از باغ‌ها در گروه با عملکرد کم تر از عملکرد حدواسط باشد و نتایج آنها نشان داد که غلظت بور در برخی نمونه‌ها بیش تر از عدد مرجع مطلوب تعیین شده بود و منیزیم، روی، آهن و کلسیم چهار عنصری بودند که کمبود آنها در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری استان بیش‌تر شایع بوده که این می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد باشد. لذا با توجه به اهمیت برنامه ریزی تغذیه¬ای برای بهبود وضعیت تغذیه¬ای تاکستان¬های کیوی شمال کشور با استفاده از روش‌های مناسب این موضوع مورد تحلیل واقع گردید. بنابراین، هدف ازاجرای این پژوهش، مطالعه وضعیت تغذیه¬ای تاکستان¬های کیوی استان گیلان با استفاده از روش تشخیص چندگانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی وضعیت تغذیه¬ای تاکستان¬های کیوی تعداد ۴۰ تاکستان در استان در مکان‌های که دارای کشت غالب بودند در شرق و غرب استان تا رامسر از استان همجوار که دارای عملکردهای متفاوت بودند، انتخاب گردید. نمونه‌های برگ همگی از رقم غالب استان یعنی هایوارد (*Hayward*) از ۳۰ تاک در هر تاکستان و ۱۰ برگ در جهت‌های مختلف هر تاک از برگ دوم از کنار میوه انتهایی (Smith *et al* .,1985) و مجموعا ۱۰۰ برگ منتخب از برگ تاک¬های بالای ده سال در شرق (شهرستان رودسر) و غرب (شهرستان تالش) استان گیلان تاکستان¬های همگی بارور حداقل ۱۰ ساله انتخاب شدند و از رقم غالب استان (هایوارد) انتخاب گردید. نمونه¬های برگ به روش استاندارد و از شاخه‌های سال جاری تهیه و سریعا به آزمایشگاه منتقل، با آب مقطر شستشو و در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد خشک و سپس آسیاب شدند. تجزیه عناصر ماکرو و میکروالمنت براساس دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک وآب عمل شد (Emami, ۱۹۹۶).

نتایج و بحث

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به ۴۰ تاکستان کیوی بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم ردیف شد. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی (Vx) تعداد ۱۰ عنصر غذایی محاسبه گردید. در ادامه مقادیر تابع نسبت واریانس عناصر غذایی Fi (VX) برای کلیه عناصر و تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی محاسبه شد. برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه عملکردی کم و زیاد ارتباط بین عملکرد و مقادیر تجمعی نسبت واریانس هر عنصر غذایی محاسبه و ترسیم گردید که به صورت ۱۱معادله درجه ۳ برای ۱۰عنصر و ۱ قسمت باقیمانده برازش داده شد (جدول ۱). نقاط عطف منحنی‌ها برای ۱۰ عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده محاسبه گردید و مدل درجه ۳ برای کلیه عناصر معنادار بود، ($P\leq ۰/۰۵$ ؛ R^2=۰/۹۹-۰/۶۳) بر اساس بیشترین عملکرد (-b/3a) از بین ۱۰ عملکرد مذکور، میزان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه عملکرد کم و زیاد به مقدار۳۷/۵۲ تن در هکتار ملاک قرار گرفت. در نتیجه از مجموع ۴۰ تاکستان تعداد ۱۰ تاکستان معادل ۲۵ درصد در گروه عملکرد زیاد و تعداد ۳۰ مزرعه معادل ۷۵ درصد در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

جدول ۱- برآورد عملکرد حد واسط بر اساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی

Table 1- Estimation of the average yield based on the cumulative distribution functions (CDF) of nutrientslogarithmic variance ratio

عناصر	$F_i^c\ VX = aY^3 + bY^2 + cY + d$	R^2	(-b/3a) (Kg.ha-1)
N	y = -0.۰۰۲۵□۳ + ۰.۲۹۶۷□۲ - ۱۲.۹۵۵□ + ۲۱۹.۷۶	۰.۹۷	۳۹.۶
P	y = -0.۰۰۱۷□۳ + ۰.۲۴۳۲□۲ - ۱۲.۵۰۷□ + ۲۳۱.۵۹	۰.۹۹	۴۷.۶
K	y = -0.۰۰۶۶□۳ + ۰.۷۰۳۲□۲ - ۲۴.۱۵۲□ + ۲۶۸.۶۸	۰.۶۳	۳۵.۵
Ca	$y = -0.0024x^3 + 0.2441x^2 - 9.7019x + 19۴.۲۳$	۰.۹۸	۳۳.۹
Mg	$y = -0.0042x^3 + 0.4548x^2 - 16.99x + 249.۶۳$	۰.۹۵	۳۶.۱
Fe	$y = -0.005x^3 + 0.551x^2$ - ۱۹.۵۱۵□ + ۲۲۶.۵۱	۰.۶۳	۳۶.۷
Mn	$y = -0.002x^3 + 0.2402x^2 - 9.9871x + 15۰.۸۲$	۰.۹۵	۴۰.۰۳
Zn	$y = -0.0069x^3 + 0.7674x^2 - 28.598x + 36۸.۴۹$	۰.۹۷	۳۷.۱
Cu	$y = -0.0023x^3 + 0.2457x^2 - 10.028x + 17۴.۰۴$	۰.۹۱	۳۵.۶
B	$y = -0.0024x^3 + 0.2587x^2 - 10.525x + 20۴.۴۲$	۰.۹۸	۳۵.۹
Rd	$y = -0.0026x^3 + 0.2697x^2 - 10.712x + 20۴.۶۴$	۰.۹۸	۳۴.۶

با استفاده از نرم‌های حاصله و روابط ارائه شده مقادیر $I_N, I_P, I_K, \ldots I_{Rd}$ برای تاکستان¬های با عملکرد پایین نیز محاسبه گردید (جدول۳). شاخص¬های CND نشان دهنده ترتیب نیاز غذایی و وضعیت تغذیه¬ای در تاکستان¬های کیوی

هستند. شاخص¬هایی با علامت منفی و مثبت نشاندهنده عدم تعادل غذایی و شاخص‌هایی با عدد صفر نشاندهنده حالت تعادل عنصر غذایی مورد نظر در تاکستان با عملکرد پایین می¬باشد. در بین عناصر مثبت ترین شاخص CND عنصرآهن و منفی‌ترین شاخص عنصر روی می¬باشد. از روی مجموع شاخص‌های محاسبه شده در تاکستان¬های با عملکرد بالا اولا اینکه شدت کمبود و بیش بود در این تاکستان¬های بسیار کم بوده، ثانیا دو عنصر روی و تقریبا نیتروژن صفر بوده وحالت تعادل داشتند. اما دراین تاکستان¬های کمبود عناصر به ترتیب به صورت Mn>k>B>Ca>P> N>Zn>Mg>Fe>Cu بوده که سه عنصر، منگنز، پتاسیم و بور به ترتیب دارای شاخص منفی بودند و در تاکستان¬های با عملکرد پایین، ترتیب کلی اولویت عناصر غذایی مورد نیاز برای عناصر غذایی به صورت Zn>Mn>Cu>P>B>K>N>Ca> Mg>Feبه دست آمد. اما براساس عناصر پرنیاز شاخص فسفر در۶۷/۵ درصد از تاکستان¬های علی رغم بالا بودن فسفر خاک(جدول۴)، کمتر از حد بهینه می¬باشد. می توان تداخل سایر عناصر مانند بالا بودن روی، منگنز و یا عدم جذب این عنصر را از علل آن نام برد. دومین اولویت در عناصر ماکرو عنصر پتاسیم می¬باشد که اهمیت این دو عنصر در تغذیه تاکستان¬های حائز اهمیت می¬باشد. شنی بودن بافت خاک و هرس سالیانه شدید که حجم زیادی از این عنصرتوسط شاخ وبرگ از تاکستان¬های خارج می¬شود را می توان از علل کمبود این عنصر دانست. در تاکستان¬های با عملکرد کم ترتیب نیاز عناصر غذایی بین عناصر کم مصرف میانگین به صورت Zn>Mn>Cu>B به دست آمد، که روی و منگنز منفی ترین شاخص‌ها را دارا بودند و در این میان آهن همواره مثبت ترین شاخص‌ها بوده است. در خصوص مس تاک‌داران به این عنصر غذایی توجه نمی نمایند و در خصوص روی و منگنز نیز شنی بودن بافت خاک و رقابت سایر عناصر مانند بالا بودن فسفر درخاک منجر به علل کمبود این عناصر درخاک می‌گردد. احداث باغات کیوی در مزارع شالیزاری و شرایط غرقابی و ماندابی در این منطقه به دلیل بارندگی-های فراوان اوایل فصل، حالت احیایی به وجود آورده که موجب افزایش غلظت آهن در محیط ریشه می¬گردد و به شکل کمبود منگنز و روی خود را نشان می‌دهد که علایم کمبود در منطقه قابل مشاهده است.

نتیجه‌گیری

روش CND به دلیل لحاظ نمودن اثرات متقابل کلیه عناصر می تواند جامعیت بیشتری نسبت به روش‌های دیگر داشته باشد و نرم‌های CND حاصل می‌تواند برای تشخیص اختلالات تغذیه¬ای و توصیه های کودی استفاده گردد. این مطالعه نشان داد مدیریت تغذیه درتاکستان‌های با گروه عملکردی کمتر متفاوت از تاکستان‌های با عملکرد بیشتر است. در تاکستان¬های با عملکرد کمتر کمبود فسفر، منگنز، روی ، مس و بور بترتیب بیشتر است در حالیکه در تاکستان¬های با گروه عملکردی بالا اولویت نیاز به سه عنصر، منگنز، پتاسیم ، بور و کلسیم بیشتر است. این جداسازی مدیریت کودی در تاکستان¬های با عملکرد بالا و پایین در مصرف بهینه کود در منطقه و هدر رفت آن و ارتقا سطح تولید موثر خواهد بود. یافته های این پژوهش نشان می‌دهد که توجه به عوامل غیرمستقیم و اعداد مرجع مناسب منطقه ای به جای عوامل مستقیم، مانند مراجعه به اعداد مرجع عمومی، روش مناسب‌تری برای اجتناب از مصرف بی

نتیجه کود در تاکستان¬های کیوی می¬باشد. استفاده از مقادیر کمتر با دفعات و تقسیط بیشتر می تواند مانع هدر-روی عناصر غذایی درخاک‌های شنی کیوی به همراه افزایش ماده آلی در این گونه خاک‌ها گردد.

منابع

۱. . نجفی، م.، طاهری، م.، ربیعی، و. و عباسی، م. (۱۳۹۴). ارزیابی غلظت عناصر غذایی برگ و تعادل غذایی برخی ارقام پسته با روش انحراف بهینه. همایش ملی رویکردهای علمی در طلای سبز، صنعت پسته. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان. (به زبان فارسی).

۲. اسدی کنگرشاهی، ع.، بصیرت، م.، اخلاقی امیری، ن.، حقیقت نیا، ح.، شیخ اشکوری، ع.، صباح، ع.، شهابیان، م.، صالح، ج و قاسمی، ع. (a۲۰۱۶). مشکلات تغذیه ای در باغات مرکبات کشور. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

۳. امامی، ع. ۱۳۷۵ .روشهای تجزیه گیاه. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲ ،تهران، ایران.)

۴. آمار کشاورزی. (۱۳۹۸). محصولات باغی. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه ریزی واقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات.

۵. بصیرت، م.(۱۳۹۳). معرفی روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی برای تعیین وضعیت تغذیه باغات پسته، مجموعه مقالات کنگره ملی رویکردهای علمی در صنعت طلای سبز، پسته، ۱۷-۱۸ آذر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، :NCSAPI01_107)

۶. بصیرت، م.، دریاشناس، ع و اخیانی، ع. (۱۳۹۵). برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی یا (CND). مجله تحقیقات خاک ایران، پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)،دوره ۳۰،شماره ۱، الف ، صفحات ۱-۱۱ .

۷. چاکرالحسینی، م.ر.، خراسانی، ر.، فتوات، ع. و بصیرت، م. (۱۳۹۴). تعیین اعداد مرجع و محدودیت عناصر غذایی برای پرتقال با استفاده از روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۶ (۳)، ۱۷۲-۱۶۱)

۸. حسینی، ی. (۱۳۸۹). کاربرد کود در اراضی کشاورزی استان هرمزگان. مجموعه مقالات اولین کنگره چالش های کود ایران: نیم قرن مصرف کود، تهران، ایران.).

۹. دریاشناس، ا. و پاک نژاد، ع. (۱۳۸۴). تعیین هنجارهای استاندارد DRIS برای چغندرقند کشت پاییزه در استان خوزستان. در: مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۸ مرداد، دانشگاه تهران، کرج.

۱۰. دریاشناس، ع. و ثقفی، ک. (۱۳۹۰). تشخیص ترکیبی مواد مغذی (CND) برای چغندرقند. مجله تحقیقات خاک ایران، ۲۵(۱). (به فارسی)

۱۱. دریاشناس، ع. و ع. پاک نژاد. ۱۳۸۴ .تعیین نرمهای استاندارد دریس برای چغندرقند پاییزه استان خوزستان. نهمین کنگره علوم خاک ایران، ایران، کرج، ۶ تا ۹ شهریور،۱۳۸۴

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

۱۳. Khiari, L., L.E. Parent, & Tremblay, N. (2001 b). The Phosphorus compositional nutrient diagnosis Range For Potato. Agron. J. 93:815–819
۱٤. Parent, L.E., & Dafir, M. (1992). A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:239–242
۱٥. Smith, G. S., Geravett, I.M., Edwards, C.M., Curtis, J. P. & Buwalda, J. G. (1994). Spatial analysis on the canopy of kiwifruit vines as it relates to the physical. Chemical and postharvest attributes of the fruit. Annals of Botany, 73, 99-111.

Study of the nutritional status of kiwi orchards in Gilan province

Name of authors (Times New Roman, 12pt, Regular)
Affiliations (Times New Roman, 11pt, Regular)

Abstract

In order to evaluate the nutritional status of kiwi vineyards (*Actinidia deliciosa cv. Hayward*) in Guilan province by multiple diagnosis (CND) method, 40 vineyards in two years (۲۰۱۸-۲۰۱۹) were surveyed. Leaf samples were collected from 30 trees in each garden and total of 100 selected leaves from vine leaves over ten years old in the east (Rudsar city) and west (Talesh city) of Gilan province in August and collect nutrients B, Cu, Zn, Mn, Fe, Mg, Ca, K, P and N concentrations were determined. In this study, using the cumulative function model of variance ratio of Fic (Vx) nutrients, multiple detection method and solving the equations of the third degree cumulative function related to nutrients, the average yield of 37.5 (ton / ha) was determined as a separator between high and low yield groups. The results showed that there is a significant difference between high and low yield orchards in terms of nutrient concentrations. From the mean numbers of nutrients for the high-yield population, the desired concentrations of the 10 elements were obtained, including nitrogen 2.64 ± 0.28%, phosphorus 0.26 ±0.06% , potassium 1.62 ±0.58 %, magnesium 0.31 ± 0.08%, calcium 2.33 ±0.26 %, manganese 71 ± ۰.۰۰۴۷ □□/□□, □□□□□□ ۱۴ □ ۰.۰۰۱ □□/□□, □□□□ ۱۷۳□۰.۰۰۳۳۰ □□/□□, □□□□ ۲۸□۰.۰۰۰۶ □□/□□ □□□ □□□□□ was 55±0.0029 mg/kg. According to the resulting norms, the frequency of deficiency of elements, boron, manganese, nitrogen, phosphorus, copper and potassium was more than 50%, respectively.

Keywords (Times New Roman, 10pt, Bold): Kiwi, nutrition status, nutritional balance index, Gilan.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

جداسازی و شناسایی باکتری‌های تجزیه‌کننده تولوئن از سواحل دریای خزر

فاطمه حیدرنژاد[1*]، مهران هودجی[2]، مهدی شهریاری نور[3]، آرزو طهمورث پور[4]

۱- دکتری خاکشناسی گرایش بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، Email:fatemehheydarnezhad@yahoo.com

۲- استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان(خوراسگان)

۳- استادیار گروه زیست¬شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت

۴- دانشیار گروه علوم پایه پزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان(خوراسگان)

چکیده

در این تحقیق با هدف انتخاب بهترین جدایه¬های باکتریایی برای بررسی توان باکتری در تجزیه زیستی تولوئن، نمونه¬های خاک به¬طور کاملاً تصادفی از سواحل دریای خزر که آلودگی نفتی دارد جمع¬آوری گردید. سپس اقدام به غنی¬سازی، جداسازی، خالص¬سازی و در نهایت شناسایی باکتری¬های بومی تجزیه¬کننده تولوئن از خاک آلوده به این ترکیب شد. جدایه¬ها به روش مولکولی تعیین توالی □□□□ ۱۶□ شناسایی شدند. نتایج نشان داد بیشترین میزان رشد به ترتیب توسط ۳ جدایه حاصل شد که این ۳ جدایه، به عنوان جدایه¬های برتر انتخاب گردیدند. مطالعات مولکولی انجام شده نشان داد که باکتری¬های بومی جداسازی شده که توانایی رشد و تجزیه تولوئن را دارا هستند بیش از ۹۹ درصد با باکتری¬های *Bacillus cereus*، *Brevibacillus parabrevis* و *Staphylococcus gallinarum* شباهت داشتند. همچنین نتایج رشد و تجزیه تولوئن به وسیله جدایه‌های برتر، در فواصل زمانی ۸ ساعته با غلظت اولیه ۱۰۰ میلی¬گرم بر لیتر تولوئن نشان داد که بیشترین میزان رشد و تجزیه تولوئن توسط باکتری *Staphylococcus gallinarum ATHH41* حاصل شد.

واژگان کلیدی: باکتری، پاک‌سازی زیستی، تولوئن

مقدمه

ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (BTEX) به عنوان آلاینده¬های رایج زیست محیطی، اغلب در سایت¬های آلوده که ناشی از سوخت¬ها، حلال¬ها و یا مواد شیمیایی و شیوه¬های نامناسب دفع زباله است، یافت می¬شوند (Isinkaralar و همکاران، ۲۰۲۳). پاک‌سازی زیستی فرآیندی است که در آن با استفاده از اجزای سلولی یا فعالیت-های متابولیکی ریزجانداران می‌توان مواد سمی را از محیط حذف و یا به مواد غیرسمی و بی‌خطر تبدیل کرد (Sonune، ۲۰۲۱). مهم‌ترین عامل در انجام پاک‌سازی زیستی، دستیابی به جدایه‌های میکروبی فعال در تجزیه مواد آلاینده می‌باشد (Gong و همکاران، ۲۰۰۷). هرچه میزان حذف آلاینده توسط یک ریزجاندار بیشتر باشد، آن

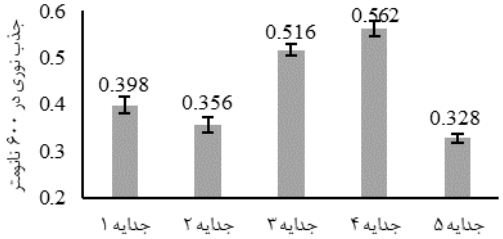
ریزجاندار از نظر زیست فناوری محیطی ارزشمندتر است (Otenio و همکاران، ۲۰۰۵). هدف از این پژوهش ،جداسازی باکتری تجزیه کننده ی تولوئن و بررسی قدرت متابولیکی آن در مصرف ترکیبات سمی همچون تولوئن بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های خاک به‌طور کاملاً تصادفی از سواحل دریای خزر که آلودگی نفتی دارد در ظرف‌های اسیدشویی شده و استریل، جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها در کمتر از مدت زمان ۶ ساعت و در فلاسک حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری و قبل از ۲۴ ساعت آزمایش‌های میکروبی آن‌ها انجام شد. جداسازی و خالص‌سازی باکتری‌ها در محیط کشت اختصاصی[۱](MSM) حاوی آگار و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تولوئن به روش انتشار بر پلیت[۲]صورت گرفت. بعد از مراحل غنی‌سازی و خالص‌سازی اولیه باکتری‌ها، اقدام به تهیه گسترش میکروبی و انجام رنگ‌آمیزی گرم گردید (Zhang و همکاران، ۲۰۱۳). برای شناسایی جدایه‌های انتخابی از روش مولکولی تعیین توالی ۱۶S rDNA استفاده گردید. سپس تعیین توالی DNA حاصل بر اساس تجزیه مولکولی به کمک نرم‌افزار Blast در پایگاه NCBI مورد بررسی قرار گرفت و شباهت آن‌ها با اطلاعات موجود در GeneBank مقایسه و ثبت شد(Tamura و همکاران ۲۰۱۱). جدایه‌ها از نظر رشد باکتری و تجزیه تولوئن بررسی شدند و منحنی رشد آن‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر و میزان تجزیه تولوئن در طول موج ۲۶۲ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در فواصل زمانی ۸ ساعته بررسی شدند(Wang و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج و بحث

برای تعیین برترین جدایه‌ها از بین کل باکتری‌های تجزیه‌کننده جداسازی شده، باکتری‌هایی که بیشترین رشد را در حضور تولوئن داشتند به عنوان جدایه‌های برتر انتخاب شدند. مقایسه میزان رشد جدایه‌ها در شکل ۱ نشان می‌دهد که بیشترین میزان رشد را به ترتیب جدایه‌های ۴، ۳ و ۱ دارا می‌باشند که رشد در این جدایه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد با بقیه جدایه‌ها دارد. در نتیجه این ۳ جدایه، به عنوان جدایه‌های برتر انتخاب می‌گردند.



شکل ۱- مقایسه میزان رشد جدایه‌ها در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تولوئن پس از ۲۴ ساعت در طول موج ۶۰۰ نانومتر

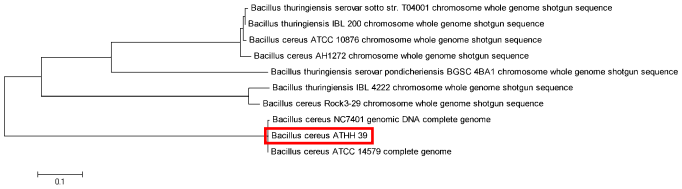
[۱] Salt Medium
[۲] Pour plate

تعیین توالی نوکلئوتیدی محصولات PCR با استفاده از نرم افزار Blast در پایگاه NCBI انجام شد. شماره دسترسی سویه‌ها پس از تطابق توالی نوکئوتیدی باکتری‌ها با توالی‌های ثبت شده در این پایگاه، در جدول ۱ و تصاویر درخت فیلوژنی سویه‌ها در شکل‌های ۲ تا ۴ آمده است.

جدول ۱- سویه‌های جدا شده و شماره دسترسی آن‌ها در پایگاه NCBI

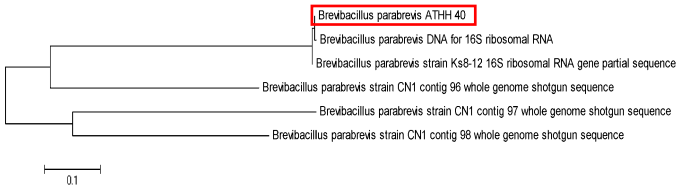
	جنس و گونه باکتری	درصد شباهت	شماره دسترسی[۳] در پایگاه **NCBI**
جدایه ۱	*Bacillus cereus ATHH39*	۹۹	KX344721
جدایه ۳	*Brevibacillus parabrevis ATHH40*	۹۹	KX344722
جدایه ۴	*Staphylococcus gallinarum ATHH41*	۹۹	KX344723

شکل ۲ نشان می‌دهد که شباهت سویه جدا شده با باکتری *Bacillus cereus* سویه SATCC 14579(T) ، ۹۹ درصد بوده است.



شکل ۲- تصویر درخت فیلوژنی باکتری *Bacillus cereus ATHH39*

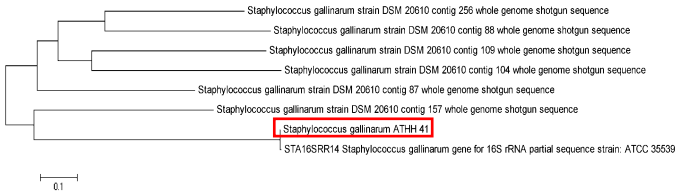
همان‌طور که در شکل ۳ مشخص گردیده، سویه جدا شده با باکتری *Brevibacillus parabrevis* سویه IFO ۱۲۳۳۴(T)، کمتر از ۱درصد اختلاف نوکئوتیدی دارد و شباهت ۹۹ درصد را با این گونه نشان می‌دهد.



شکل ۳- تصویر درخت فیلوژنی باکتری *Brevibacillus parabrevis ATHH40*

همان‌طور که در شکل ۴ مشخص گردیده، این سویه، با باکتری *Staphylococcus gallinarum* سویه ATCC ۳۵۵۳۹(T) شباهت ۹۹ درصد را نشان می‌دهد.

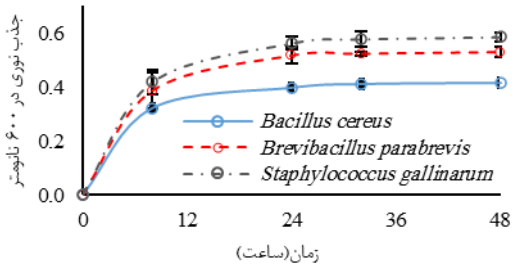
[۳]Acceession number



شکل ۴- تصویر درخت فیلوژنی باکتری Staphylococcus gallinarum ATHH41

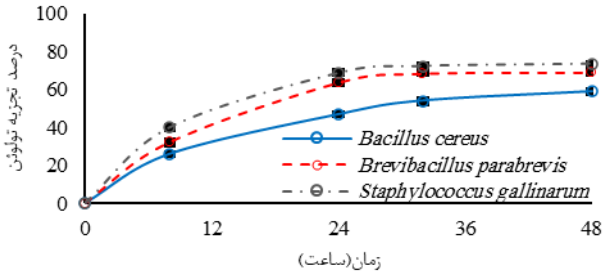
باکتری‌های گرم مثبت مانند *Bacillus sp.* و *Staphylococcus* به عنوان باکتری‌های مقاوم به هیدروکربن‌های نفتی یافت شده است(Wang و همکاران، ۲۰۰۸؛ Zahir و همکاران، ۲۰۰۶). Murugan و همکاران (۲۰۱۳)، گونه‌ای *Bacillus* را به عنوان باکتری تجزیه‌کننده BTX از فاضلاب جداسازی نمودند. همچنین Mukherjee و Bordoloi (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای گونه‌های *Bacillus* را به عنوان باکتری تجزیه‌کننده بنزن، تولوئن و زایلن از خاک آلوده به نفت جدا نمودند.

نتایج رشد جدایه‌های برتر، در فواصل زمانی ۸ ساعته در شکل ۵ ارائه شده است. نمودار نشان می‌دهد که باکتری‌ها تا حدود ۸ ساعت پس از کشت به فاز لگاریتمی می‌رسند. در سویه‌های مورد بررسی پس از ۲۴ ساعت بیشترین میزان رشد مشاهده می‌گردد و پس از آن با شیب بسیار ناچیزی افزایش می‌یابند.



شکل ۵- منحنی رشد جدایه‌ها در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تولوئن در فواصل زمانی ۸ ساعته

در مطالعه حاضر با هدف بررسی تجزیه تولوئن موجود در محیط کشت توسط باکتری‌های جداسازی شده، همزمان با رسم منحنی رشد هر جدایه در زمان مشخص، اقدام به اندازه‌گیری حذف تولوئن توسط باکتری‌ها نیز گردید(شکل ۶). نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان حذف را در ۲۴ ساعت بعد از تلقیح دارند که با نمودار رشد باکتری‌ها مطابقت دارد به این معنی که در حداکثر رشد باکتری بیشترین میزان حذف تولوئن نیز مشاهده می‌شود همچنین میزان حذف تولوئن در مدت زمان ۲۴ ساعت با ۴۸ ساعت تفاوت معنی‌داری ندارد ($p<۰/۰۵$). Shadi و همکاران (۲۰۱۵)، برای بررسی توانایی تجزیه بیولوژیکی تولوئن توسط باکتری‌های جدا شده، چهار باکتری با ویژگی‌های مختلف در چهار غلظت مختلف تولوئن (۵۰، ۱۴۷، ۲۸۰، و ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر) را مورد آزمایش قرار دادند. تمام باکتری‌ها فقط برای ۱ روز در تولوئن فعال بودند و قادر به کاهش تولوئن بدون زمان تاخیر در کمتر از ۲۴ ساعت بودند.



شکل ۶- تجزیه تولوئن توسط جدایه‌ها در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تولوئن در فواصل زمانی ۸ ساعته

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده بهترین جدایه‌های تجزیه‌کننده تولوئن *Bacillus cereus ATHH39*، *Brevibacillus parabrevis ATHH40* و *Staphylococcus gallinarum ATHH41* می‌باشند. بیشترین رشد و تجزیه تولوئن مربوط به باکتری *Staphylococcus gallinarum ATHH41* و کمترین مربوط به *Bacillus cereus ATHH39* می‌باشد.

فهرست منابع

Gong, Z., Alef, B. M., Peijumli, W. (2007). Activated carbon adsorption of PAHs from vegetable oil used in soil remediation. Journal of Hazardous Materials, 143 (1): 372-378.

Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Lakestani, S. (2023). Equilibrium study of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) from gas streams by black pine cones-derived activated carbon. Environmental Technology & Innovation, 31: 103209.

Mukherjee, A. K., Bordoloi, N. K. (2012). Biodegradation of benzene, toluene and xylene (BTX) in liquid culture and in soil by Bacillus subtilis and Pseudomonas aeruginosa strains and a formulated bacterial consortium. Environmental Science and Pollution Research, 19 (8): 3380-3388.

Murugan, A., Saravana Babu, S., Vijayakumar, N., Jeyashree, A. (2013). Efficiency of BTX degrader isolated from industrial waste water. International Journal of Innovative Research in Science, 2 (9): 4922-4929.

Otenio, M. H., Silva, M. T. L. D., Marques, M. L. O., Roseiro, J. C., Bidoia, E. D. (2005). Benzene, toluene and xylene biodegradation by *Pseudomonas putida* CCMI 852. Brazilian Journal of Microbiology, 36 (3): 258-261.

Shadi, A. M., Yaghmaei, S., Vafaei, F., Khataee, A. R., Hejazi, M.S. (2015). Degradation of benzene, toluene, and xylene (BTX) from aqueous solution by isolated bacteria from contaminated sites. Research on Chemical Intermediates, 41 (1): 265-275.

Sonune N. (2021). Microbes: a potential tool for bioremediation, in Rhizobiont in bioremediation of hazardous waste. Eds. Vivek K., Ram P., Manoj K. (Singapore: Springer), 391-407.

Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M., Kumar, S. (2011). MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. Molecular Biology and Evolution, 28 (10): 2731-2739.
Wang, L., Qiao, N., Sun, F., Shao, Z. (2008). Isolation, gene detection and solvent tolerance of benzene, toluene and xylene degrading bacteria from nearshore surface water and Pacific Ocean sediment. Extremophiles, 12 (3): 335-421.
Zahir, Z.; Seed, K. D., Dennis, J. J. (2006). Isolation and characterization of novel organic solvent-tolerant bacteria. Extremophiles, 10 (2): 129-138.
Zhang, L., Zhang, C., Cheng, Z., Yao, Y., Chen, J. (2013). Biodegradation of benzene, toluene, ethylbenzene, and o-xylene by the bacterium *Mycobacterium cosmeticum* byf-4. Chemosphere, 90 (4): 1340-1347.

Isolation and identification of toluene-degrading bacteria from the shores of the Caspian Sea

Fatemeh Heydarnezhad[1]*, Mehran Hoodaji[2], Mahdi Shahriarinour[3], Arezoo Tahmourespour[4]

1. Ph.D of Soil Biology and Biotechnology.
2. Professor of Soil Science, Soil Science Department, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University.
3. Assistant Professor, Department of Microbiology, Rasht Branch, Islamic Azad University.
4. Associated Professor, Basic Medical Sciences Department, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University.

Abstract

In this research, with the aim of selecting the best bacterial isolates to investigate the ability of bacteria in the biodegradation of toluene, soil samples were collected completely randomly from the shores of the Caspian Sea, which has oil pollution. Then enrichment, separation, purification and finally identification of native toluene-degrading bacteria from soil contaminated with this compound were carried out. The isolates were identified by the molecular method of 16S rDNA sequencing. The results showed that the highest rate of growth was achieved by 3 isolates respectively, and these 3 isolates were selected as the best isolates. The molecular studies conducted showed that the isolated native bacteria that have the ability to grow and degrade toluene were more than 99% similar to *Bacillus cereus*, *Brevibacillus parabrevis* and *Staphylococcus gallinarum* bacteria. Also, the results of growth and degradation of toluene by superior isolates, in 8-hour intervals with an initial concentration of 100 mg/liter of toluene, showed that the highest rate of growth and degradation of toluene was achieved by the bacteria *Staphylococcus gallinarum ATHH41*.

Keywords: Bacteria, Bioremediation, Toluene.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)

سیلیسیم از طریق بهبود تبادلات گازی برگ، مقاومت گندم به تنش اکسیداتیو را بهبود می‌بخشد

میثم چراغی*

گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران *my.cheraghi@ut.ac.ir

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی نقش سیلیسیم بر کنترل تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی انجام شد. فرض بر این بود که کاربرد سیلیسیم با تسهیل جذب آب و جلوگیری از بسته شدن روزنه‌ها، منجر به بهبود پاسخ گیاه گندم به تنش تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی می‌شود. بدین منظور، در یک آزمایش گلدانی، بذرهای گندم در یک خاک تیمار شده با سطوح مختلف نانو-سیلیس و تحت تنش خشکی در گلخانه کشت شدند. نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای سیلیسیمی نرخ تعرق را به‌طور معنی‌دار (۱۱- ۲۹ درصد) افزایش داد. کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانو-سیلیس به‌ترتیب فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) را ۳۶/۸ و۱۲۰ درصد و فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) را ۶۴ و ۱۸۶ درصد افزایش داد. کاربرد تیمارهای سیلیسیمی همچنین منجر به کاهش معنی‌دار محتوای پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و مالون دی آلدهید (MDA) در برگ گندم شد. به‌طور کلی نتایج ما نشان داد که تحت تنش خشکی شدید، کاربرد سیلیسیم از طریق تسهیل جذب آب، باز نگه داشتن روزنه‌ها و در نتیجه تسهیل تبادلات گازی، فعالیت سیستم آنتی اکسیدان را تقویت کرده و از بروز تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی جلوگیری می‌کند.

واژگان کلیدی: تنش اکسیداتیو، گندم، مقاومت به خشکی، نانو-سیلیسیم

مقدمه

وقتی گیاهان با تنش خشکی مواجه می‌شوند، دسترسی آنها به آب محدود می‌شود، در نتیجه اولین پاسخ گیاهان به تنش خشکی، بستن روزنه‌ها و جلوگیری از هدر رفت آب از طریق تعرق روزنه‌ای است. در اثر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی، اکسیژن تولید شده در طی فرآیند فتوسنتز در داخل سلول‌های برگ گیاه به دام می‌افتد. در این شرایط، اکسیژن با سرعت کافی با دی اکسید کربن (CO_2) موجود در هوا تبادل نمی‌شود و در اثر واکنش های بیوشیمیایی درون گیاه، بسیاری از گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) مانند پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، مالون دی‌آلدهید (MDA)، سوپراکسید ($^0O_2^-$) و رادیکال هیدرواکسیل (^0OH, OH^-) در غلظت بالا در برگ تولید می‌شوند (Ma et al., 2016). اگر این گونه‌های فعال اکسیژنی به موقع مهار نشوند باعث آسیب‌های شدید به ساختار سلولی، اندامک‌ها و عملکرد گیاه می‌شوند. گیاهان برای جلوگیری از آسیب ROSها سیستم آنتی اکسیدان (مانند سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز) را توسعه داده‌اند که نقش اصلی آن جلوگیری از تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژنی است.

سیلیسیم (Si)، به‌عنوان یک عنصر مفید برای گیاهان طبقه‌بندی می‌شود، با این وجود اهمیت آن برای بسیاری از گونه‌های گیاهی مانند گندم و برنج، مخصوصاً تحت تنش خشکی، تقریباً در سطح درشت مغذی‌ها شناخته شده است (Kovács et al., 2023). اثر سیلیسیم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی بسته به سطح کاربرد سیلیسیم، نوع گیاه و شدت تنش خشکی متفاوت است. با این وجود تسهیل رشد متعادل سیستم ریشه، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، تسهیل تبادلات گازی برگ، تنظیم اسمزی، تنظیم روابط آبی گیاه، تسهیل جذب متعادل عناصر غذایی، تنظیمات هورمونی و تسهیل بیان برخی از ژن‌های مقاومت به خشکی از جمله اثرات سودمند سیلیسیم در افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی شناخته شده‌اند (Cheraghi er al., 2023). با توجه به تحقیقات گسترده در رابطه با نقش سیلیسیم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر سیلیسیم در پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاه گندم به تنش خشکی انجام شد. فرضیه اصلی این بود که کاربرد سیلیسیم، با تسهیل جذب آب از طریق ریشه و سایر اثرات ثابت شده‌ی آن در فیزیولوژی برگ، منجر به باز نگه داشتن روزنه‌ها و تسهیل تبادلات گازی برگ می‌شود و در نتیجه از تشدید تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی جلوگیری می‌کند. بدین منظور، از پاسخ تعرق گیاه به‌عنوان یک شبیه‌ساز قوی برای بررسی وضعیت روزنه‌ها (در نتیجه‌ی جذب بیشتر آب) استفاده شد. در نهایت فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) برای بررسی فعالیت سیستم آنتی اکسیدان و محتوای MDA و H_2O_2 برای بررسی وضعیت گونه‌های فعال اکسیژنی، در پاسخ به کاربرد سیلیسیم تحت تنش خشکی، مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی خاک و کشت گیاه: برای اجرای این آزمایش، از یک خاک مزرعه‌ای از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری اولیه انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بستر کشت، در آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب کرج اندازه‌گیری شد. این خاک دارای بافت لومی-شنی، pH ۷/۵، هدایت الکتریکی ۱/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، رطوبت ظرفت مزرعه (FC) ۲۳،۵ درصد (وزنی/وزنی) و سیلیسیم قابل جذب ۲۹/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. برای بررسی اثر سیلیسیم بر نرخ تعرق و پاسخ‌های بیوشیمیایی گندم، آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. این آزمایش دارای سه سطح مختلف نانو-سیلیس (شامل: ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود که تحت تنش خشکی (محتوای رطوبت خاک ۳/۴-۰/۰ ظرفیت مزرعه) به گیاه گندم اعمال شدند. بر اساس نتایج آزمون خاک، قبل از کشت غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز خاک بستر کشت، در سطح بهینه برای رشد گیاه گندم تنظیم شد. سپس بذرهای گندم در گلدان‌های پلاستیکی تیره که با ۱۳۰۰ گرم خاک از قبل تیمار شده با منابع مختلف سیلیسیم پر شده بودند، کشت شدند. در طی ۲۰ روز اول دوره کشت، محتوای رطوبت خاک، با توزین روزانه گلدان‌ها، در سطح رطوبت ظرفیت مزرعه حفظ شد و سپس گیاهان به مدت ۲۵ روز تحت تنش خشکی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری روند تعرق در گیاهان: ۳۰ روز پس از کشت گیاهان در گلدان، اندازه‌گیری روند تعرق آغاز شد. جهت حذف تبخیر آب از سطح خاک، سطح گلدان‌ها با ۵ سانتی متر پرلیت کاملاً پوشیده شد. در طول تنش خشکی نرخ تعرق با وزن کردن روزانه گلدان‌ها (یک بار در صبح ساعت ۹/۳۰ و یک بار در عصر ساعت ۱۶/۳۰) صورت گرفت. از تفاوت وزن گلدان‌ها بین دو زمان توزین کردن، نرخ تعرق گیاهان به روش وزن سنجی محاسبه شد. در نهایت نرخ تعرق بر اساس نسبت وزن آب

تبخیر شده در روز آخر سیکل خشکی ((T(dn)) بر وزن آب تبخیر شده در روز اول پس از آبیاری ((T(d1)) محاسبه و گزارش شد.

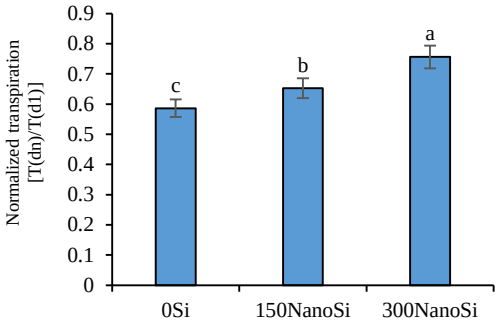
اندازه‌گیری فعالیت H2O2 و MAD: مقدار H_2O_2 در نمونه‌های تازه با روش Liu و همکاران (۲۰۱۴) تعیین شد. به‌طور خلاصه: ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه در نیتروژن مایع و بافر فسفات پتاسیم (pH ۶/۵) آسیاب شد. نمونه آسیاب شده با سرعت ۷۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانترفیوژ شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از مایه رویی به ۱ میلی‌لیتر محلول زاینول اضافه شد. مقدار H_2O_2 که مستقیماً با شدت رنگ موجود در نمونه‌ها مرتبط است، توسط اسپکتروفتومتر (Jenway 6850) در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. محتوای MDA با روش توصیف شده توسط Du و Bramlage (۱۹۹۲) اندازه‌گیری شد. حدود ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره هر نمونه در ۲/۵ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید ۵ درصد (ساخته شده در تری کلرو استیک اسید ۵) درصد همگن شد. محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد گرم و سپس به سرعت روی یخ خنک شد. پس از سانتریفیوژ در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه، مقدار جذب مایع رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت SOD و CAT: فعالیت SOD با روش نیتروبلو تترازولیوم (NBT) اندازه‌گیری شد (Giannopolitis and Ries, 1977). مخلوط واکنش شامل ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (PBS) ۵۰ نانومولار، ۰/۳ میلی‌لیتر متیونین ۱۳۰ میلی‌مولار، ۰/۳ میلی‌لیتر NBT ۷۵۰ میکرومولار، $EDTA\text{-}Na_2$ ۱۰۰ میکرومولار، ۰/۳ میلی‌لیتر ریبوفلاوین ۲۰ میکرومولار و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره آنزیم بود. لوله‌های حاوی مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه تحت شدت نور ۴۰۰۰ لوکس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. یک واحد SOD به‌عنوان مقدار مورد نیاز برای واکنش آنزیمی بسته به مهار ۵۰ درصدی کاهش NBT بر اساس اندازه‌گیری‌ها در ۵۶۰ نانومتر تعریف شد. فعالیت CAT به روش Aebi (۱۹۸۴) اندازه گیری شد. حجم نهایی مخلوط واکنش (۳ میلی‌لیتر) حاوی PBS ۵۰ نانومولار و ۲۰۰ میلی‌مولار H_2O_2 بود. فعالیت CAT با کاهش جذب در دقیقه در ۲۴۰ نانومتر، به‌عنوان یک نتیجه از مصرف H_2O_2 مورد سنجش قرار گرفت. در نهایت آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (۹/۴) انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای ترسیم شکل‌ها نیز از نرم افزار Microsoft Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

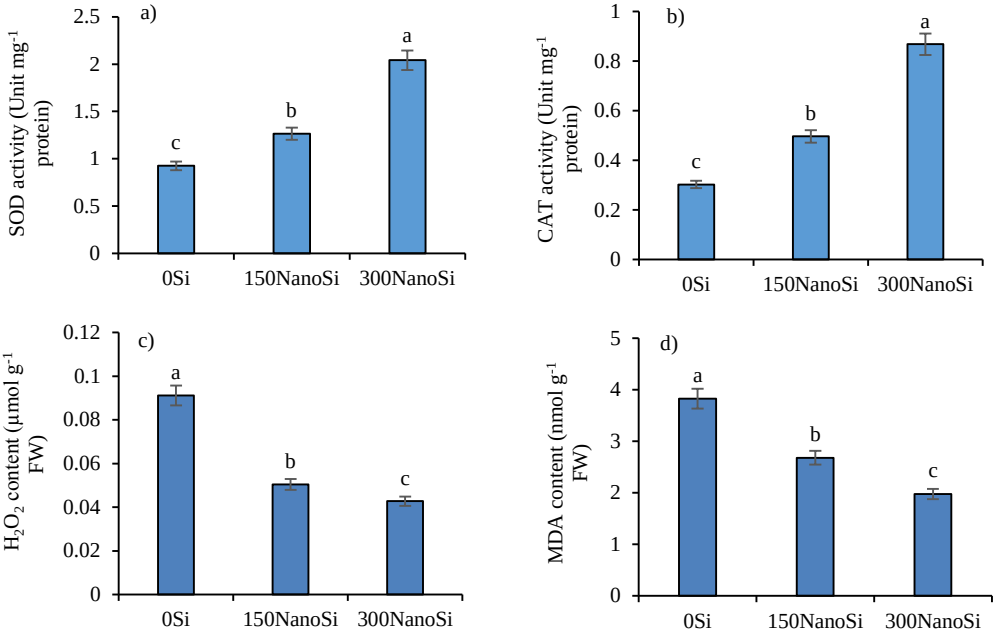
اثر سیلیسیم بر نرخ تعرق: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد نانو-سیلیس تحت تنش خشکی منجر به افزایش معنی‌دار نرخ تعرق گیاه گندم شد. اثر سیلیسیم بر افزایش نرخ تعرق، با افزایش سطح مصرف سیلیسیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو-سیلیس نرخ تعرق را به‌ترتیب ۱۱/۴۳ و ۲۹/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۱). نقش سیلیسیم در افزایش نرخ تعرق، با اثر آن در فیزیولوژیکی و واکنش‌های بیوشیمیایی درون سلول‌ها قابل توضیح است. تحت تنش خشکی، سیلیسیم در اطراف سلول‌های نگهبان روزنه و در دیواره سلولی آنها رسوب می‌کند و با نقش خود در تنظیمات اسمزی، از بسته شدن روزنه‌ها جلوگیری می‌کند (Vandegeer et al., 2021). سیلیسیم همچنین با تحریک فعالیت H^+-ATPase و یا تنظیم ژن‌های ناقل پتاسیم (مانند *OsHAK5*، *OsAKT1* و *OsSKOR*) منجر به افزایش جذب و انتقال پتاسیم در گیاه می‌شود (Liang

et al., 2003). پتاسیم نیز منجر به تنظیم حرکات روزنه‌ای و جلوگیری از بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان رشد یافته تحت تنش خشکی می‌شود. نقش سیلیسیم در افزایش نرخ تعرق همچنین با اثر آن در افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک و بهبود هدایت هیدرولیکی خاک قابل توضیح است (Zarebanadkouki et al., 2022).



شکل ۱- اثر سطوح مختلف نانو-سیلیس بر روند تعرق گیاه گندم. 0Si: شاهد- بدون مصرف سیلیسیم؛ 150 و 300NanoSi: تیمار ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو-سیلیس؛ [T(dn)/T(d1)]: نسبت وزنی تعرق در روز آخر سیکل خشکی ((T(dn)) به تعرق در روز اول بعد از آبیاری (T(d1)).

اثر کاربرد تیمارها بر پاسخ‌های آنزیمی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد نانو-سیلیس منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT و کاهش معنی‌دار محتوای H_2O_2 و MDA شد. اثر سیلیسیم در افزایش فعالیت SOD و CAT و کاهش محتوای H_2O_2 و MDA، با افزایش سطح مصرف سیلیسیم به‌طوری معنی‌دار افزایش یافت (شکل ۲). نتایج همچنین نشان داد که کاربرد سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو-سیلیس تحت تنش خشکی، به‌ترتیب فعالیت آنزیم SOD را ۳۶/۸ و ۱۲۰ درصد وفعالیت CAT را ۶۴ و ۱۸۶ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل a۲ و b)، همچنین منجر به کاهش ۴۴/۷ و ۵۳/۲ درصدی محتوای H_2O_2 و کاهش ۳۰ و ۴۸/۴ درصدی محتوای MDA شدند (شکل c۲ و d). اولین اثر سیلیسیم در کاهش محتوای H_2O_2 و MDA به باز نگه داشتن روزنه‌ها و تسهیل تبادلات گازی نسبت داده می‌شود. همانطور که در بالا نیز توضیح داده شد، سیلیسیم از بسته شدن روزنه‌ها تحت تنش خشکی جلوگیری می‌کند که در نتیجه از تجمع اکسیژن و تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژنی (H_2O_2 و MDA) در برگ جلوگیری می‌کند. همچنین ثابت شده است که سیلیسیم بیان چهار ژن *TaDHAR*، *TaGR*، *TaGS* و *TaMDHAR* را تحت تنش خشکی تنظیم می‌کند و از این طریق منجر به کاهش سطح H_2O_2 و MDA در برگ می‌شود (Ma et al., 2016). اثر سیلیسیم در کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی (کاهش تولید H_2O_2 و MDA) با اثر آن در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (SOD و CAT) نیز قابل توضیح است (شکل a۲ و b). اثر سیلیسیم در افزایش فعالیت SOD و کاتالاز را می‌توان به نقش آن در بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند *TaSOD* و *TaCAT* نسبت داد (Ma et al., 2016).



شکل ۲- اثر سطوح مختلف نانو-سیلیس بر فعالیت آنزیم‌های SOD (a)، CAT (b) و محتوای H_2O_2 (c) و MDA (d) در برگ گندم. 0Si: شاهد- بدون مصرف سیلیسیم؛ 150 و 300NanoSi: تیمار ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سیلیسیم از منبع نانو-سیلیس.

نتیجه‌گیری

این مطالعه اثر کاربرد سطوح مختلف نانو-سیلیس بر پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاه گندم را تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که تنش خشکی، کاربرد سیلیسیم منجر به افزایش معنی‌دار نرخ تعرق شد. افزایش تعرق، با اثر سیلیسیم بر تسهیل جذب آب و در نتیجه باز نگه داشتن روزنه‌ها توضیح داده شد. جلوگیری از بسته شدن روزنه‌ها تحت تنش خشکی، توضیح قابل قبولی برای تسهیل تبادلات گازی و جلوگیری از تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژنی در برگ است. نتایج حاصل از فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (SOD و CAT) و محتوای گونه‌های فعال اکسیژنی (MDA و H_2O2) نیز این مکانیسم را تأیید کرد. به‌طور کلی، تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد سیلیسیم از بروز تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در گیاه گندم جلوگیری می‌کند.

فهرست منابع

Aebi, H. (1984). [13] Catalase in vitro. In *Methods in enzymology* (Vol. 105, pp. 121-126). Academic press.

Cheraghi, M., Motesharezadeh, B., Mousavi, S. M., Ma, Q., & Ahmadabadi, Z. (2023). Silicon (Si): a regulator nutrient for optimum growth of wheat under salinity and drought stresses-a review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-25.

Du, Z., & Bramlage, W. J. (1992). Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *40*(9), 1566-1570.

Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant physiology*, *59*(2), 309-314.

Kovács, S., Kutasy, E., & Csajbók, J. (2022). The multiple role of silicon nutrition in alleviating environmental stresses in sustainable crop production. *Plants*, *11*(9), 1223.

Liang, Y., Chen, Q. I. N., Liu, Q., Zhang, W., & Ding, R. (2003). Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (Hordeum vulgareL.). *Journal of plant physiology*, *160*(10), 1157-1164.

Liu, Y. H., Offler, C. E., & Ruan, Y. L. (2014). A simple, rapid, and reliable protocol to localize hydrogen peroxide in large plant organs by DAB-mediated tissue printing. *Frontiers in plant science*, *5*, 745.

Ma, D., Sun, D., Wang, C., Qin, H., Ding, H., Li, Y., & Guo, T. (2016). Silicon application alleviates drought stress in wheat through transcriptional regulation of multiple antioxidant defense pathways. Journal of Plant Growth Regulation, 35, 1-10.

Vandegeer, R. K., Zhao, C., Cibils- Stewart, X., Wuhrer, R., Hall, C. R., Hartley, S. E., ... & Johnson, S. N. (2021). Silicon deposition on guard cells increases stomatal sensitivity as mediated by K+ efflux and consequently reduces stomatal conductance. *Physiologia Plantarum*, *171*(3), 358-370.

Wu, J., Geng, G., Zhou, H., Liu, J., Wang, Q., & Yang, J. (2017). Global vulnerability to agricultural drought and its spatial characteristics. *Science China Earth Sciences*, *60*, 910-920.

Zarebanadkouki, M., Hosseini, B., Gerke, H. H., & Schaller, J. (2022). Amorphous silica amendment to improve sandy soils' hydraulic properties for sustained plant root access under drying conditions. *Frontiers in Environmental Science*, *10*, 935012.

Silicon improves wheat resistance to oxidative stress by improving leaf gas exchange

Meysam Cheraghi*
Soil Science Department, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran_*my.cheraghi@ut.ac.ir

Abstract

This study aims to investigate the effect of silicon (Si) on the control of drought-induced oxidative stress. It was hypothesized that Si application improves wheat resistance to drought-induced oxidative stress by facilitating water absorption and preventing the stomata from closing. For this purpose, in a greenhouse experiment, wheat seeds were grown in soil treated with different levels of nano-silicon and under drought stress. The results showed that applying Si treatments significantly increased the transpiration rate (11–29%). Applying 150 and 300 mg kg^{-1} of nano-silicon increased the activity of superoxide dismutase (SOD) by 36.8 and 120% and catalase (CAT) by 64 and 186%, respectively. Applying Si treatments significantly decreased hydrogen peroxide (H_2O_2) and malondialdehyde (MDA) content. In general, our results showed that under severe drought stress, the application of silicon by facilitating water absorption, keeping the stomata open, and thus facilitating gas exchange strengthened the activity of the antioxidant system and prevented the occurrence of oxidative stress caused by drought.

Keywords: Oxidative stress, Nano-silicon, Wheat, Drought resistance

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

پدیده گردوغبار (علل، پیامدها و راهکارها)

فاطمه قاسم‌زاده[1*]، بهمن خسروی‌پور[2]

1 - دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران،
F.ghasemzadeh73@yahoo.com
۲- استاد و عضو هیئت‌علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران
b.khosravipour@gmail.com

چکیده

یکی از پدیده‌های رایج و مخرب در ایران و جهان گردوغبار است که می‌تواند اثرات زیانباری بر روی محیط‌زیست و زندگی بشر داشته باشد و در دهه اخیر یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی در ایران، غرب و جنوب غربی آسیا می‌باشد که از پیامدهای خشکسالی و تغییر اقلیم بوده و عمدتاً در کمربند بیابانی و در شرایط ناپایدار و خشک رخ می‌دهد و موجب آلوده‌شدن هوا به‌صورت ذرات معلق و واردشدن خسارت‌هایی در زمینه زیست‌محیطی و بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، ترافیک هوایی و زمینی، گردشگری و کشاورزی می‌شود. بسیاری از علل پدیده گردوغبار می‌تواند به دلیل اقدامات انسانی باشد، از جمله واکنش‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی، مصرف شدید سوخت‌های فسیلی، خشکسالی‌های مکرر و نارسایی در بهره‌وری منابع؛ کشور ما به دلیل واقع‌شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، مکرراً در معرض سیستم‌های گردوغباری محلی و سینوپتیک متعددی است، بحران‌های ریزگردها را می‌توان به‌مثابه تهدیدی بالقوه برای امنیت زیست‌محیطی و ملی در منطقه تلقی نمود. این مقاله که به روش مروری و با استفاده از منابع مکتوب و سایت‌های اینترنتی تدوین شده است، تلاش دارد به شناسایی پیامدهای زیست‌محیطی گردوغبار در ایران پرداخته و دراین‌رابطه راهکارهای کاربردی لازم را ارائه نماید.

واژگان کلیدی: گردوغبار، ریزگرد، محیط‌زیست، طوفان

مقدمه

گرد و غبار یکی از پدیده‌های جوی است که آثار و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی بر جای می‌گذارد. طوفان‌های گرد و غباری اثرات مضری بر سلامت اقتصادی جامعه و تغییر اقلیت دارند (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹). گردوغبار به عنوان پدیده بارز در مناطق بیابانی، سبب اخلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، زیرساخت‌های اجتماعی، حمل و نقل و صنایع می‌گردد. هم‌چنین حجم فراوان ذرات حمل شده به جو، بیلان انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهدکه متعاقب آن شرایط اقلیمی نواحی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (تاکمی و سینو[1]، ۲۰۰۵). این پدیده در واقع نوعی از آلودگی هوا می‌باشد و حاوی ذرات مختلف و گاهاً خطرناک می‌باشد که اثرات زیان‌باری از جمله بر سلامت انسان، تولیدات گیاهی، مختل شدن روند عادی زندگی و... را در پی داشته است (کیانیان، ۱۳۹۰). از مهم‌ترین شرایط ایجاد گردوغبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است به‌طوری‌که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد بارش و طوفان رعد و برق و اگر فاقد رطوبت باشد، طوفان گردوغبار ایجاد می‌نماید (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴ به نقل از علیجانی، ۱۳۸۴). پدیده گردوغبار یکی از بلایای جوی اقلیمی است که وقوع آن باعث واردشدن خسارت‌هایی در زمینه زیست‌محیطی و بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، ترافیک هوایی و زمینی، گردشگری، کشاورزی و... می‌شود. کشور ایران به دلیل واقع‌شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، مکرراً در معرض سیستم‌های گردوغبار متعدد می‌باشد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). پدیده طوفان گردوغبار در دهه اخیر یکی از چالش‌های زیست‌محیطی در ایران، غرب و جنوب غرب آسیا است که از پیامدهای خشکسالی و تغییر اقلیم است. طوفان‌های گردوغبار می‌توانند اثرهای مخربی در محصولات کشاورزی، مسکن، زیرساخت‌ها و همچنین سلامت جامعه داشته باشد (عراقی‌زاده و مسعودیان، ۱۴۰۰). طوفان‌های گردوغبار از پدیده‌های مهم جوی هستند که به دلیل ورود ذرات معلق خاک و غبار به درون جو آثار بسیار مهمی در زمینه‌های زیست‌محیطی، بهداشتی و فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی دارند. طوفان‌های گردوغبار موجب تیرگی هوا، کاهش میزان دید افقی یا عمودی شده و رطوبت نسبی هوا کمتر از ۸۰ درصد می‌شود (جابری و خسروی پور، ۱۳۹۹). کشور ما به دلیل واقع‌شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، مکررا در معرض سیستم‌های گرد و غباری محلی و سینوپتیک[2] متعددی می باشد، فراوانی وقوع این پدیده مخاطره‌آمیز اقلیمی صورت گرفته که باعث بروز مشکلاتی در برخی از مناطق کشورمان شده است. فراوانی وقوع گردوغبار در یک منطقه علاوه بر شدت، سرعت باد و خشکی ذرات خاک به اندازه و قطر ذرات نیز بستگی دارد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). از اصلی‌ترین عوامل ایجاد این پدیده، وزش بادهای به نسبت شدید روی بیابان‌های دارای شرایط مساعد برای ایجاد گردوغبار است. این عوامل به همراه حرکت صعودی هوای ناشی از سامانه‌های جوی، انتقال قائم ذرات گرد و خاک معلق به ترازهای بالاتر جو را فراهم می‌کند (رنجبرسعادت‌آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱). از این رو بحران‌های ریزگردها را می‌توان به مثابه تهدیدی بالقوه برای امنیت زیست‌محیطی و ملی در منطقه تلقی نمود (طوفان، ۱۳۹۰).که باعث ابتلا به انواع بیماری‌ها از جمله نارسایی‌های قلبی و تنفسی (تهدید سلامت عمومی)، نارضایت‌مندی اجتماعی و شهروندی و کاهش تولید و بهره‌وری، مهاجرت اجباری و در نهایت ایجاد نگاه منفی به دستگاه‌های رسمی

[1] Takemi & Seino
[2] synoptic

به دلیل عدم توانایی در حل مسئله را شامل می‌شود (بوچانی و فاضلی، ۱۳۹۰). تنفس هوای آلوده به گردوغبار موجب ورود این ذرات به کیسه‌های هوایی شده که بی‌نظمی ضربان قلب، حملات قلبی، مشکلات تنفسی، سردردهای شدید و مزمن، ضعف در بینایی و حساسیت پوستی را در پی دارد (جمالی و بیات، ۱۳۹۰). همچنین از دیگر آثار سوء و پیامدهای منفی آن‌ها می‌توان به کاهش رشد و بازدهی محصولات کشاورزی، تشدید خسارت ناشی از بروز آفات و بیماری‌های گیاهی، افزایش تصادفات جاده‌ای به علت کاهش قدرت دید، افت بازدهی سیستم‌های فتوولتائیک[1] خورشیدی به دلیل کدورت هوا و مشکلات روحی و روانی انسان‌ها در اثر کاهش قدرت دید اشاره نمود (ذوالفقاری وهمکاران، ۱۳۹۰). گسترش طوفان‌های گردوغبار در سال‌های اخیر تبدیل به یکی از عمده‌ترین مشکلات زیست‌محیطی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شده است. طوفان‌های گردوخاک نوعی از پدیده‌های جوی می‌باشند که هر ساله مقادیر عظیمی از گردوخاک را از سطوح بیابانی بلند کرده و دید را تا کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهند (رضویان و کوشکی، ۱۳۹۰). طوفانهای گرد و غبار دارای آثار زیانبار گسترده ای بر جامعه از جمله محیط زیست و سلامت انسان بوده و آثار و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی بر جای می گذارد. مقاله حاضر به بررسی تعریف گردوغبار، منشأ آن و تأثیراتی که بر محیط‌زیست دارد پرداخته و روش‌های لازم برای مقابله با آن ارائه شده است.

تعریف گردوغبار

غبار عبارت است از افزایش ذرات جامد معلق در جو به‌طوری‌که موجب تیرگی نسبی هوا شده و میزان دید افقی یا دید عمودی کاهش یابد (رواحی‌نژاد و خسروی‌پور، ۱۳۹۶). پدیده گردوغبار یکی از مشکلات اساسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک تبدیل شده است که اثرات نامطلوب اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی دارد (فلاح و همکاران، ۱۳۹۳). پدیده گردوغبار فرایند پیچیده‌ای است که تعاملات زمین و اتمسفر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و اصولاً توسط بادهایی با سرعت زیاد در زمین‌های بایر و شرایط هوای خشک تشکیل می‌شود و اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک را در بر می‌گیرد (عطایی و همکاران، ۱۳۹۴، به نقل از سبحانی و صفریان‌زنگیر، ۱۳۹۸). به‌طورکلی طوفان‌های گردوغبار یکی از پدیده‌های هواشناسی است که از نظر فنی با هم دارای تفاوت‌هایی هستند. این طوفان‌ها معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک در مواقعی رخ می‌دهد که تندبادی با سرعت بیش از آستانه فرسایش بوزد. در این حالت ذرات خاک با اندازه‌های مختلف از بستر خود جدا شده و به‌صورت جهش، خزش و یا تعلیق به حرکت درآمده و به نقاط دور دست حمل می‌شود؛ بنابراین بروز این پدیده در مناطق برداشت ایجاد فرسایش خاک و در نقاط دیگر متناسب باقدرت و سرعت باد سبب انباشت ذرات می‌گردد (طالب‌زاده، ۱۳۹۰).

منشأ جغرافیایی پدیده گردوغبار

بیابان‌ها سرچشمه اصلی گردوغبار هستند، دو کمربند ایمنی در شرایط ناپایدار و خشک و همراه با باد و گردوغبار رخ می‌دهد. تغییر ساختار جوی که به ناپایداری منجر می‌شود، همراه با کمبود رطوبت و وزش بادهای شدید

[1] Photovoltaic

در منطقه بیابانی از جمله مهم‌ترین شرایط برای شکل‌گیری طوفان گرد و غبارند. دیگر عامل تولید گردوغبار، منابع انسانی است. این منابع شامل دخالت انسان در تنوع سطح زمین، تغییرات کاربری زمین از طریق کشاورزی، جنگل‌زدایی، چرای بیش از حد و مدیریت ضعیف منابع آبی مانند ایجاد سدهای متعدد است (عراقی‌زاده و مسعودیان، ۱۴۰۰). گرد و غبار نقش بسیار مهمی در انتقال و نشست رسوبات در اقیانوس ها دارد. تحقیقات نشان می دهد که بیش تر ۵۰ درصد از رسوبات دریایی ن=مدیترانه در فواصل دور از ساحل به علت گرد و غبار می‌باشد (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۲).

منبع انتشار ذرات گردوغبار به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف. منشأ طبیعی گردوغبار

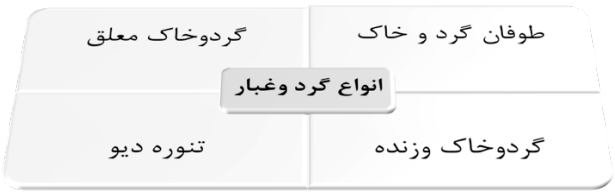
اولین و مهم‌ترین عامل که باعث بروز گردوخاک در وسعت بسیار و با تراکم گاه ۱۰ تا ۱۵ برابرحد مجاز میزان استاندارد ذرات معلق در هوا ۱۵۰ میکرو گرم در متر مکعب است می‌گردد خشکسالی مداوم چند سال اخیر است، خشکسالی باعث شده پوشش گیاهی از بین رفته و سطح باد با وزش باد در معرض فرسایش قرار گیرد. نبود پوشش گیاهی نیز خود عاملی شده است برای وزش باد شدید در منطقه که این امر در دراز مدت می‌تواند تغییر اقلیم را نیز در پی داشته باشد.

ب. منشأ انسانی گردوغبار

۱. جنگ
۲. کشاورزی
۳. سدسازی جنگ آب
۴. سیاست انتقال آب از مناطق پرآب به مناطق کم آب (سجادی و کوشکی، ۱۳۹۰).

تقسیم‌بندی گردوغبار

سازمان هواشناسی جهانی (WMO)، گردوغبار را بر اساس تأثیر آن بر قابلیت رویت و شدت گردوغبار به چهار دسته طبق شکل (۱). تقسیم کرده است.



شکل(۱). أنواع گردوغبار بر أساس قابلیت رویت و شدت آن

طوفان گردوخاک به میزان قابل‌توجهی گردوخاک گفته می‌شود که توسط بادهای قوی به سمت بالا حمل می‌شود. این پدیده شدیدترین نوع گردوغبار می‌باشد. این طوفان‌ها گاهی قابلیت رویت و دید را تا حد صفر نیز کاهش می‌دهند. گردوخاک وزنده از لحاظ شدت در بین پدیده‌های گردوخاک در حد متوسط می‌باشد و به‌وسیله بادهای متوسط که مقدار گردوغبار و شن را حمل می‌کنند ایجاد می‌گردد. گردوغبار معلق پدیده‌ای با حداقل شدت می‌باشد. در این پدیده گردوغبار ریز در بخش زیرین تروپوسفر معلق می‌گردد. در بعضی مواقع گردوغبار مه هم در نظر گرفته می‌شود. تنوره دیو[1] ستون‌های چرخنده از گردوغبار است همراه با باد حرکت می‌کنند و ارتفاع آن‌ها بین ۳۰۰ متر تا ۳۰۰ متر متغیر است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۲). تقسیم‌بندی گردوغبار بر اساس میدان دید و سرعت بادآست که در جدول (۱) قابل‌مشاهده است.

طبقه‌بندی	میدان دید(m)	سرعت باد (m/s)
غبار	کمتر از ۵۰۰۰	-
گردوغبار	کمتر از ۲۰۰۰	-
طوفان گردوخاک	کمتر از ۱۰۰۰	بالاتر از ۲۵
طوفان شدید گردوخاک	کمتر از ۲۰۰	بالاتر از ۱۷
طوفان بسیار شدید گردوخاک	کمتر از ۵۰	بالاتر از ۲۰

تقسیم‌بندی گردوغبار بر اساس میدان دید و سرعت (منبع: شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۲).

اثرات گردوغبار بر کشاورزی و محیط‌زیست

گردوغبار معمولاً دارای اثرات منفی بر فعالیت‌های انسان و محیط‌زیست، توسعه تشکیل ابر، درجه حرارت هوا، تخریب کیفیت هوا، نقل و انتقال بیماری‌ها و مشکلات تنفسی می‌باشد. پدیده گردوغبار باعث لخت شدن زمین و ازبین‌رفتن پوشش گیاهی می‌شود به صورتی که این پدیده روزنه‌های گیاهی را می‌پوشاند و باعث می‌شود تبخیر و تعرق، غذاسازی و تنفس گیاه دچار مشکل شده و تا حدودی رشد گیاه متوقف شود که ماحصل آن اختلال در تولیدمثل و گرده‌افشانی گیاهان با نشستن خاک بر روی آن‌هاست که زندگی حشرات مفیدی مثل زنبورعسل را نیز مختل می‌سازد (بیات و همکاران، ۱۳۹۰). به‌علاوه هم‌زمان با پدیده گردوغبار غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله سرب تا ۳ برابر افزایش می‌یابد (ویانا[2]، ۲۰۰۸). غبار اتمسفری مانع از نفوذ نور خورشید شده می‌تواند منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۵-۳۰ درصد گردد. در زمان ایجاد طوفان‌های گردوغباری، مواد مغذی و مواد آلی از بین

[1] Dust devil

[2] Viana

رفته که باعث پایین آمدن بهره‌وری کشاورزی می‌گردد (یانگ[1]، ۲۰۰۳). در واقع گردوغبار می‌تواند در فرایند فتوسنتز، تنفس و تعرق اثرگذار باشد و گازهایی سمی همراه با گردوغبار نیز می‌توانند از طریق روزنه‌ها وارد گیاه شوند. اغلب جوامع گیاهی تحت‌تأثیر گردوغبار قرار می‌گیرند و ممکن است باعث تغییر در ترکیب گیاهی شود و مهم‌ترین اثرات آن، کاهش سطح تولید، اختلال در رشد، کاهش اندازه و سطح قند میوه‌ها، کاهش اثر افت‌کش‌ها در اثر نفوذ کمتر است (اورکی و همکاران، ۱۳۹۰). گردوغبار می‌تواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، چرخه بیولوژیکی، شیمیایی و یا محیط‌زیست انسان گردد. آئروسل‌های[2] معدنی حاصل از گردوغبار می‌تواند بر تشکیل ابر، خصوصیات ابر و میزان نزولات جوی اثر گذارد. غبار، اتمسفر را مانع از نفوذ نور خورشید کرده و می‌تواند منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۵۰-۳۰ درصد گردد (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین گردوغبار با نشستن روی اندام‌های سبز درختان و کم‌کردن فتوسنتز و در نتیجه سوخت‌وساز مواد غذایی منجر به کاهش رشد و ضعف درختان می‌گردد. از طرف دیگر روی کاهش عمل گرده‌افشانی (تلقیح) و مرحله گلدهی و کم‌کردن عمل لقاح (بیات و همکاران، ۱۳۹۰). در نتیجه عدم تشکیل میوه اثر داشته و باعث کاهش تولید می‌گردد. این پدیده روی بازاریابی محصولات اثر منفی گذاشته و سبب پایین آمدن کیفیت محصول می‌گردد (منفرد و همکاران، ۱۳۹۰).

اثرات گردوغبار بر اقتصاد

طوفان‌های گردوغباری منجر به تعطیلی مدارس، لغو پرواز هواپیماها، اخلال در عملکرد نیروگاه‌های برق، کاهش منابع آب (از بین رفتن منابع آب)، اختلال در سیگنال‌های تلویزیونی، افزایش تعداد مراجعات به کلینیک‌ها به دلیل مشکلات تنفسی و ... می‌گردد. در استرالیا هزینه بیماری آسم ناشی از گردوغبار بین ۱۰ تا ۵۰ میلیون دلار در سال برآورد می‌شود. سهم تمیز کردن منازل پس از طوفان‌های گرد و غباری توسط ساکنین بیش از ۳ میلیون دلار خواهد بود. گردوغبار و طوفان‌های شنی باعث تحمیل ضرر ۶ میلیارد دلاری به اقتصاد چین در سال ۲۰۰۳ گردید. مناطق روستایی نسبت به مناطق شهری بیشتر در معرض خطر ناشی از گردوغبار قرار می‌گیرند. فرسایش خاک و تحمیل کردن خسارت به محصولات دامی و کشاورزی می‌تواند باعث از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی شود (برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، ۲۰۰۵). اثرات تخریبی و رسوب ناشی از فرسایش بادی شامل مواردی از جمله آسیب به خاک و ازدست‌رفتن حاصلخیزی شیمیایی آن، کاهش عمق حاصلخیزی خاک، ضرر به محصولات و مراتع همراه با ماسه پراکنی، آسیب به زیربناها از طریق رانده‌شدن شن‌ها و انتشار علف‌های هرز و بیماری‌ها می‌باشد (هارپر[3] و همکاران به نقل از خسروی پور و همکاران، ۱۳۹۴). وقوع ریزگردها در زمینه اقتصادی باعث کاهش درآمد، افزایش هزینه درمان، کاهش سطح زیرکشت و .. می‌شود و در زمینه اجتماعی باعث افزایش بیکاری، طلاق و ... شده و در زمینه زیست‌محیطی می‌شود آهنی و همکاران (۱۳۹۸).

[1] Yang
[2] Aerosols
[3] harper

عمده‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد گردوغبار

پدیده گردوخاک از أواسط دهه ۸۰ به شکل گسترده و با روندی افزایشی در ایران خودنمایی کرد. شدت گردوغبارها از أواسط همان دهه غافلگیرکننده شد؛ گستره، نوع، تکرار و ماندگاری گردوخاک باعث شد که قدرت تحمل در برابر آن متفاوت باشد (طهماسبی، ۱۴۰۱). پدیده گرد و غبار از جمله تغییرات اقلیمی و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی است که در چند سال اخیر از سیر طبیعی خود خارج شده و شاهد تعدد وقوع آن در منطقه خاورمیانه می‌باشیم به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، این کشور مکرراً در معرض سیستم‌های گرد و غبار محلی قرار می‌گیرد. طوفان‌های گرد و غباری و ریزگردهای ناشی از آن اثرات زیان باری را بر روی سلامتی انسان، محیط‌زیست، اقتصاد و پوشش گیاهی منطقه می‌گذارد (مهری‌چروده، ۱۳۹۹). پدیده‌هایی همچون خشکسالی‌های گسترده، سیل‌های مخرب، آتش‌سوزی‌ها و همچنین گرد و غبارهای پردامنه بخشی از پیامدهای تغییرات اقلیمی می‌باشند. کاهش میزان پراکندگی و تغییر در الگوهای پراکنش بارش به موازات برداشت بی‌رویه از منابع آب، خشک‌شدن تالاب‌ها، جنگل‌تراشی‌ها، تبدیل باغات به گستره‌های مسکونی، رهاشدن زمین‌های کشاورزی و به طور کلی تغییرات وسیع کاربری اراضی بدون توجه به پتانسیل‌های سرزمین منجر به معضلات عدیده‌ای در کشور شده‌است که یکی از آن‌ها پدیده‌ی گرد و غبار می‌باشد (شفیع‌زاده و مرادی،۱۳۹۰). عمده‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد گرد و غبار در جدول (۲)، قابل مشاهده می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۹۱).

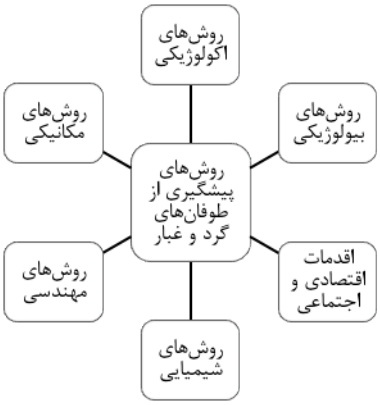
الف) وضعیت زمین	ب) وضعیت آب‌وهوایی منطقه	ج - شرایط اقلیمی
- نوع خاک و دانه‌بندی آن - میزان رطوبت خاک - وضعیت تراکم پوشش گیاهی منطقه - تأثیر کوهستان‌های منطقه بر جریان جوی	- مهار بی‌رویه اب‌های سطحی - تغییر در بیلان شبکه هیدرولوژیکی - حجم زیاد تبخیر از سطح آب هوای آزاد، تالاب‌ها و دریاچه‌ها - عدم رعایت حقابه تالاب‌ها در برنامه‌های سدسازی	- قرارگرفتن منطقه در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک - شرایط و ویژگی‌های عمومی جوی منطقه - کم‌بارشی و وقوع خشکسالی - وجود شرایط لازم هواشناسی برای ایجاد و انتقال ذرات معلق

جدول۲. عمده‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد گردوغبار (منبع: بی‌نام، ۱۳۹۱)

در همین رابطه خسروشاهی (۱۳۹۰)، در مطالعه خود فعالیت‌های اقتصادی بیش از حد انسان را که تعادل اکولوژیکی مناطق خشک و نیمه‌خشک را به هم زده و موجب گسترش طوفان شده و همچنین اضافه می‌نماید که تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی که باعث خشکسالی و بیابان‌زدایی شده زمینه را برای ایجاد گردوغبار مستعد نموده است (رواحی‌نژاد و خسروی پور، ۱۳۹۶). در همین راستا تغییر ساختار جوی که به ناپایداری منجر می‌شود، همراه با کمبود رطوبت و وزش بادهای شدید در منطقه بیابانی از جمله شرایط دیگر طبیعی برای شکل‌گیری طوفان گرد و غبارند (عراقی‌زاده و مسعودیان، ۱۴۰۰).

روش‌های پیشگیری و کنترل طوفان‌های گردوغبار

اقدامات بیولوژیکی یکی از راه‌حل‌های کلیدی جهت غلبه بر طوفان‌های گردوغباری هستند. یک نمونه از چنین اقداماتی شامل ایجاد پوشش گیاهی در مناطق بیابانی است. از اقدامات دیگر شامل توسعه موانع اکولوژیکی مانند کمربندهای جنگلی که مانع پیشرفت بیابان می‌گردد. مجموعه روش‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است:



شکل (۲). روش‌های پیشگیری از طوفان‌های گردوغبار (منبع: شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹).

در همین راستا خسروی‌پور و همکاران(۱۳۹۴)، روش‌های زیر را بیان نموده‌اند:

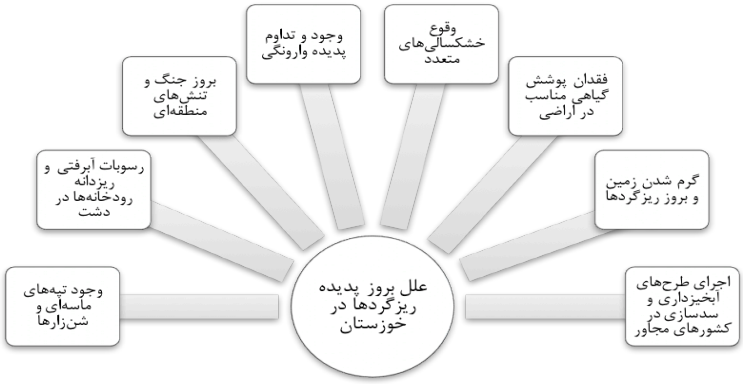
۱. جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب‌های زیرزمینی

۲. احداث فضای سبز مشجر در کانون‌های بحران

۳. مالچ‌پاشی و ایجاد همگرایی و همکاری منطقه‌ای با کشورهای منطقه، خصوصاً کشورهای منشأ گردوغبار (خسروی پور و همکاران، ۱۳۹۴).

علل و ریشه‌های بروز پدیده ریزگردها و راهکارهای مقابله با آن

اصغری‌میرک (۱۴۰۰)، در پژوهش خود علل و ریشه‌های بروز پدیده ریزگردها در خوزستان را بررسی و شناسایی نموده که می‌توان این مواردرا به صورت خلاصه در شکل(۳)، نشان داد.



شکل(۳). علل بروز پدیده ریزگردها در خوزستان (منبع: اصغری‌میرک، ۱۴۰۰).

این پدیده بر میزان زادآوری و کوچ پرندگان، شرایط زیستگاهی وحش، کاهش میزان رویش‌های علفی، کاهش تنوع گیاهی، میزان نزولات جوی و تغییرات درجه حرارت هوا تأثیر گذاشته و با کاهش کیفیت آب از طریق ورود فلزات سنگین و سمی به آن، بر روند رشد گیاهان و موجودات خشک‌زی و آب‌زی تاثیر منفی و مخرب می‌گذارد (تهمورسی و همکاران، ۱۳۹۴؛ به نقل از زارع‌مطلق، ۱۴۰۰). زارع‌مطلق (۱۴۰۰)، در پژوهش با بررسی مطالعات انجام شده راهکارهای مقابله با پدیده گردوغبار را بیان داشته که می‌توان آن‌هارا در شکل (۴) نشان داد.

شکل(۴). راهکارهای مقابله با پدیده گردوغبار (منبع: زارع‌مطلق، ۱۴۰۰).

نتیجه‌گیری

گردوغبار یکی از پدیده‌های مخرب اقلیمی است که سالانه خسارت‌های فراوانی را به محیط‌زیست، ساختمان‌ها، جاده‌ها و هوای شهرها وارد می‌کند. گردوغبار کیفیت هوا و عمق دید را کاهش می‌دهد و ممکن است

اثرات سویی بر سلامت انسان به‌خصوص افراد دارای مشکلات تنفسی داشته باشد. گردوغباری که در کشور وجود دارد از دو منشا داخلی و خارجی است که ۵ درصد آن داخلی و ۹۵ درصد آن منشا خارجی دارد. علت اصلی موضوع گردوغبار، خشکسالی‌ها و خشک‌شدن برخی تالاب‌هاست، احداث سد توسط کشورهای همسایه در بالادستی که مانع از سرازیرشدن آب به پایین‌دست و کاهش رطوبت می‌شود از دیگر دلایل عمده ایجاد پدیده گردوغبار است. این پدیده می‌تواند عواقب جدی برای محیط‌زیست، سلامتی انسان‌ها و اقتصاد داشته باشد. باتوجه‌به اینکه پدیده گردوغبار در جو به‌عنوان یکی از آلاینده‌ها، آثار سوء و پیامدهای منفی گوناگون دارد و باعث به‌هم‌خوردن تعادل اکوسیستم و منابع‌طبیعی می‌گردد، به دلیل آلوده بودن ذرات گردوغبار با سایر آلاینده‌ها امنیت غذایی به خطر افتاده و در نتیجه سلامت انسان نیز به خطر می‌افتد؛ از طرفی فرسایش بادی و هجوم ماسه‌های روان به تأسیسات اقتصادی و منابع‌زیستی یکی از مهم‌ترین مصادیق بیابان‌زایی در کشور می‌باشد و از آن‌جاکه یکی از منابع ایجاد گردوغبار شن‌های نواحی بیابانی می‌باشد، برخی ویژگی‌های آماری پدیده گردوغبار و شناخت محدوده آن در قالب الگوی گردشی در بازه‌های زمانی مختلف می‌تواند کمک مؤثری باشد، در برنامه‌ریزی برای مواجهه، مقابله و سازگاری با آن. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت باتوجه‌به اثرات و پیامدهای منفی پدیده گردوغبار، به‌منظور کنترل و جلوگیری از این اثرات نامطلوب باید راهکارهایی را ارائه دارد تا بتوان اثرات آن را در حد ممکن کاهش داد.

پیشنهادهای کاربردی

- استفاده از روش‌های پایدار در کشاورزی
- ایجاد فضای سبز در حاشیه شهرها و طراحی و ایجاد کمربند سبز
- احیاء پوشش گیاهی از طریق ایجاد گیاهانی که به درجه حرارت، تبخیر، تعرق مقاوم هستند.
- تشویق بخش‌های خصوصی برای سرمایه‌گذاری
- حمایت دولت و رایزنی با کشورهای همسایه جهت همکاری‌های منطقه‌ای در راستای بیابان‌زدایی، تثبیت شن‌های روان و احیاء پوشش‌های سبز مناطق مرزی.
- مالچ پاشی یا ریگ‌پاشی، درخت‌کاری، آموزش و افزایش آگاهی مردم به‌منظور عدم تخریب مراتع
- آموزش و فرهنگ‌سازی با برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی در تمام مراکز آموزشی و در همه سطوح به‌صورت همگانی
- حمایت و تشویق به استفاده از روش‌های آبیاری نوین برای افزایش سطح زیر کشت کشاورزی و کنترل فرسایش بادی به‌عنوان راه‌های جلوگیری از بروز پدیده گردوغبار

منابع

آهنی، الهه؛ ناروئی، هما و احمدپور، محمود (۱۳۹۸). ارزیابی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ریزگردها و خسارات حاصل از آن‌ها (مطالعه موردی شهرستان زابل، کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا، زابل.

اصغری‌میرک، علیرضا (۱۴۰۰). واکاوی بحران ریزگردها و پیامد منفی آن در بخش کشاورزی، اولین کنفرانس بوم‌شناسی و حفاظت از تنوع زیستی، دانشگاه دامغان.

اورکی، طاهره؛ اورکی، محمد و موسویان، نرگس (۱۳۹۰). راهبرد کنترل و مدیریت آلودگی هوای کلان‌شهر اهواز در جهت توسعه پایدار شهری، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

بوچانی، محمدحسین و فاضلی، داریوش (۱۳۹۰). چالش‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران، فصلنامه سیاست‌گذاری، سال دوم، شماره سوم.

بیات، فرشته؛ جمالی، فاطمه و احمدیان، سولماز (۱۳۹۰). پدیده گردوغبار و اثرات آن بر محصولات کشاورزی، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

بی‌نام، (۱۳۹۱). پدیده ریزگردها، هم اندیشی پیرامون پیدایش اثرات وراه حل های مقابله با آن، فصلنامه مهندسین مشاور، شماره۵۶.

پورعلی، ملیحه و تقی‌زاده، عندالکریم (۱۳۹۰). مسائل روز بررسی علل ومنشأ ایجاد گردوغبار در استان خوزستان. مجله رشد اموزش جغرافیا، دوره ۲۵، شماره ۳.

تهمورسی، سیدوحید؛ عسگری، حمیدرضا و قزاق، نازنین (۱۳۹۴). اثرات طوفان گردوغبار بر کشاورزی، منابع طبیعی محیط زیست، اولین همایش ملی محیط زیست طبیعی، به‌صورت الکترونیکی، پژوهشکده محیط‌زیست جهاد دانشگاهی.

جمالی، فاطمه. و بیات، فرشته (۱۳۹۰). پیامدهای منفی گردوغبار برسلامت وراهکارهای عملی مقابله باآن. اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

جابری، زهره و خسروی‌پور، بهمن (۱۳۹۹). نقش طوفان‌های گردوغبار بر محیط‌زیست، دهمین کنگره پیشگامان پیشرفت، تهران.

چکی‌فورک، محمد؛ دوستان، رضا و مینایی، مسعود (۱۴۰۱). شناسایی کانون‌های گردوغبار شهر بیرجند، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، دوره۱۳، شماره۴۶، صص ۸۴-۶۷.

حاتمی، حسین؛ افتخاراردبیلی، حسن؛ مجلسی، فرشته؛ سیدنوزادی، محسن؛ پریزاده، سیدمحمدجواد و رضوی، سیدمنصور (۱۳۸۷). *کتاب جامع بهداشت عمومی*، انتشارات ارجمند، چاپ دوم، تهران.

خسروی‌پور، بهمن؛ برادران، مسعود و منجم‌زاده، زهره (۱۳۹۴). بررسی نگرش کشاورزان در خصوص ریزگردها و چگونگی افزایش مشارکت آنان در کاهش اثرات این پدیده (مطالعه موردی روستاهای شهرستان اهواز)، طرح پژوهش ملی، معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

ذوالفقاری، حسن؛ معصوم‌پور، جعفر؛ شایگان مهر، شاپور و احمدی، محمد (۱۳۹۰). بررسی همدید توفان های گردوغبار در مناطق غربی ایران طی سال های ۱۳۸۸تا۱۳۸۴(مطالعه موردی: موج فراگیر تیر ماه ۱۳۸۸). مجله جغرافیا وبرنامه ریزی محیطی، سال۲۲، شماره۳.

ذوالفقاری، حسن و عابدزاده، حیدر (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران، نشریه جغرافیا وتوسعه، دوره۳، شماره ۶، صص ۱۸۸-۱۷۳.

رضویان، محمدتقی و کوشکی، فردین (۱۳۹۰). تحلیل خسارات ناشی از پدیده گردو خاک محلی(مورد مطالعه: دشت سنجزی اصفهان)، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان بارآن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

رنجبرسعادت‌آبادی، عباس و عزیزی، قاسم (۱۳۹۱). مطالعه الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گردوغبار ومسیر حرکت ذرات معلق برای طوفان جولای ۲۰۰۹، نشریه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۸۱، صص ۷۳- ۹۲.

رسولی، علی‌اکبر؛ ساری‌صراف، بهروز و محمدی، غلامحسن (۱۳۹۰). تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با بکارگیری روش های آماری ناپارامتری.فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره۴.

رسولی، علی‌اکبر؛ ساری‌صراف، بهروز و محمدی، غلامحسن (۱۳۸۹). تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۳، شماره ۹، صص ۲۸-۱۵.

سبحانی، بهروز و صفریان‌زنگیر، وحید (۱۳۹۸). واکاوی و پیش‌بینی پدیده گردوغبار در جنوب غرب ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۲، صص ۱۹۸-۱۷۹.

سجادی، ژاله و کوشکی، فردین (۱۳۹۰). تحلیل پدیده گردوغبار در ایران از منظر علم جغرافیا، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

شاهسونی، عباس؛ ندافی، کاظم؛ یاراحمدی، مریم و کرمانی، مجید (۱۳۹۲). بررسی الگو، سازوکارهای تشکیل و اثر گردوغبار، مجله علمی نیوار، سازمان هواشناسی کشور، دوره ۳۷، شماره‌های ۸۰ و ۸۱، صص ۸۲-۶۵.

شاهسونی، عباس؛ یاراحمدی، مریم؛ جعفرزاده‌حقیقی‌فرد، نعمت‌اله؛ نعیم‌آبادی، ابوالفضل؛ محمودیان، محمدحسن؛ ساکی، حامد؛ صولت، محمدحسین؛ سلیمانی، زهرا و ندافی، کاظم (۱۳۸۹). اثرات طوفان‌های گردوغباری بر سلامت و محیط‌زیست. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دوره ۲، شماره ۴،صص۵۶-۴۵.

شفیعی‌زاده، محمد و مرادی، حسین(۱۳۹۰). بررسی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان و عوامل موثر بر آن، اولین کنفرانس ملی خشکسالی و تغییر اقلیم،کرج، https://civilica.com/doc/309088.

طالب‌زاده، مسعود (۱۳۹۰). نگرش اقلیمی بر پدیده اقلیمی گردوغبار، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان.

طوفان، مسعود (۱۳۸۹). چالش‌ها وچشم‌انداز همکاری‌های منطقه‌ای در مهار ریزگردها، فصلنامه سیاست خارجی، دوره ۲۴، شماره ۴، صص ۹۵۸-۹۴۳.

طهماسبی، علی‌محمد (۱۴۰۱). عوامل مؤثر در ایجاد گردوخاک ایران و راهکارهای مقابله با آن، پایگاه خبری وزارت راه و شهرسازی، News/107905.

عراقی‌زاده، محسن و مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۴۰۰). تحلیل اقلیمی و بررسی طوفان‌های گردوغبار در خراسان رضوی، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۲، شماره ۳، صص ۳۱۸-۳۰۵.

فلاح، محمد؛ وفایی نژاد، علیرضا؛ خیرخواه، مسعود و احمدی، فریبرز (۱۳۹۳). پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گردوغبار، مجله اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱، صص ۸۰-۶۹.

قنبرپور، محمدرضا؛ محسنی‌ساروی، محسن؛ ثقفیان، بهرام؛ احمدی، حسن و عباس‌پور، کریم (۱۳۸۴). تعیین مناطق مؤثر در انباشت و ماندگاری سطح پوشش برف و سهم ذوب برف در رواناب، مجله منابع‌طبیعی ایران، دوره ۵۸، شماره ۳، صص ۵۱۵-۵۰۳.

کیانیان، محمدکیا (۱۳۹۰). گردوغبار دهه هشتاد، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

مهری‌چروده، میثم و محمدی‌نعمت‌آباد، سینا (۱۳۹۹). بررسی عوامل مؤثر بر پدیده گرد و غبار در ایران و ارائه راهکار و پیشنهاد، پنجمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین حسابداری، مدیریت و علوم انسانی در هزاره سوم، کرج، https://civilica.com/doc/1119663.

منفرد، نوذر؛ توکلی، کبری و منصوری، مهسا (۱۳۹۰). بررسی خسارت اقتصادی خشکسالی و ریزگردها بر تولیدات گیاهی استان بوشهر، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، بهمن‌ماه، ملاثانی، صص ۳۲۱-۳۱۷.

ناطقی، سعیده؛ گوهردوست، آزاده و سلیمانی، فرشاد (۱۴۰۱). واکاوی اثر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گردوغبار(مطالعه موردی: استان هرمزگان)، فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۱۲، شماره ۲، صص ۶۰-۴۳.

Takemi,T., Seino, N., (2005). Dust Storms and Cyclone Tracks Over The arid Regions in Asia in Spring. Journal of geophysical research.

Ebadat, v., (2010). Dust explosion hazard assessment.J.Loss Prevent. Proc.,23(6),907-912.

Viana, M., Kuhlbusch, T. A. J and Querol, X., (2008). Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results, Aerosol Science; 39: 827-849.

Ye B, JiX,Yang H., (2003). Concentration and chemical composition of PM2.5 in Shanghai for a 1-yeaar period, atmospheric Environment.37:449-510.

United nations Environment program. Environmental News Emergencies. Available from: (accessed:2005), http://www unep org/depi/programs/emergencies html.

Dust phenomenon (causes, consequences and solutions)

Fatemeh Ghasemzadeh1*, Bahman Khosravipour2

1- PhD student of extension and education of agriculture and natural resources, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, F.ghasemzadeh73@yahoo.com

2- Professor and member of the Faculty of Agricultural Extension and Education Department, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, b.khosravipour@gmail.com

Abstract

One of the common and destructive phenomena in Iran and the world is dust, which can have harmful effects on the environment and human life. In the last decade, one of the most important environmental challenges in Iran, West and Southwest Asia is the phenomenon of dust, which is a consequence of drought and climate change, and occurs mainly in the desert belt and in unstable and dry conditions, causing air pollution in the form of suspended particles and entering There are damages in the field of environment and occurrence or exacerbation of respiratory and heart diseases, air and ground traffic, tourism and agriculture. Many of the causes of the dust phenomenon can be due to human actions, including reactions resulting from industrial activities, heavy consumption of fossil fuels, frequent droughts and insufficiency in resource efficiency; Because our country is located in the arid and semi-arid belt of the world, it is frequently exposed to many local and synoptic dust systems, micro dust crises can be considered as a potential threat to environmental and national security in the region. This article, compiled in a review method and using written sources and internet sites, tries to identify the environmental consequences of dust in Iran and provide the necessary practical solutions in this regard.

Keywords: dust, fine dust, environment, storm

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

برآورد نیاز استاندارد فسفر با معادله ون‌های در خاک تیمارشده با بیوچار

لاریسا قدس‌زاد*[۱]، عادل ریحانی‌تبار[۲]، شاهین اوستان[۳]

[۱] گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ *larissaghodszad@ymail.com

[۳،۲] گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی نیاز استاندارد فسفر با استفاده از معادله هم‌دمای ون‌های در یک نمونه خاک اسیدی تیمار شده با کاه و کلش گندم و بیوچار حاصل از آن در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس در سطوح ۰، ۳ و ۶ درصد (وزنی/ وزنی) انجام شد. براساس ضرایب تبیین (r^2) و خطای معیار برآورد (SE)، معادله ون‌های به اکثر داده‌های جذب فسفر برازش قابل قبولی نشان داد (r^2 =۰/۹۳, SE = ۹۶/۶۵). نیاز استاندارد فسفر برآوردشده در غلظت تعادلی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر، با مصرف کاه و کلش گندم در سطوح ۳ و ۶ درصد به‌ترتیب ۴۷/۵۲ و ۸۴/۶۷ درصد در مقایسه با خاک تیمارنشده افزایش یافت. درمقابل، با افزایش دمای گرماکافت و سطوح مصرفی بیوچار مقدار این پارامتر در مقایسه با خاک تیمارنشده روند کاهشی نشان داد؛ به‌طوری‌که مصرف بیوچار تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس در سطح ۶ درصد، نیاز استاندارد فسفر را در مقایسه با خاک تیمارنشده تا ۵۱/۸۸ درصد کاهش داد. بر اساس این مطالعه، مصرف بیوچار در خاک اسیدی می‌تواند با کاهش جذب فسفر و افزایش فراهمی فسفر خاک، نیاز استاندارد فسفر را به‌عنوان معیاری از نیاز کودی اکثر گیاهان زراعی برای تولید بهینه کاهش دهد.

کلمات کلیدی: جذب فسفر، خاک اسیدی، گرماکافت

مقدمه

غلظت فسفر در محلول خاک و قابلیت استفاده این عنصر غذایی ضروری گیاه، ارتباط نزدیکی با فرآیندهای جذب سطحی فسفر به‌وسیله اجزای خاک دارد و این ارتباط دینامیک را می‌توان با استفاده از هم‌دماهای جذب توصیف کرد (اجوا و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از معادلات مورد استفاده برای توصیف هم‌دماهای جذب سطحی فسفر معادله ون‌های[۱] است که در آن جذب عنصر به‌عنوان تابعی از جذر غلظت تعادلی آن در محلول در نظر گرفته می‌شود. غلظت فسفر مورد نیاز برای رشد گیاه در محلول خاک برحسب نوع گیاه و خاک متفاوت است. با این حال غلظت ۰/۲ میلی‌گرم فسفر در لیتر به‌عنوان غلظت مناسب فسفر برای رشد بهینه اغلب گونه‌های زراعی گزارش شده است. مقدار فسفری که باید به‌وسیله خاک جذب شود تا غلظت ۰/۲ میلی‌گرم فسفر در لیتر را در محلول خاک ایجاد کند نیاز استاندارد فسفر نامیده می‌شود که با استفاده از معادلات هم‌دماهای جذب سطحی برآورد می‌شود (بنی نجّاریان و شیروانی ۲۰۲۰). بیوچار از طریق برهم‌کنش با اجزای آلی و معدنی خاک و تغییر ظرفیت جذب فسفر خاک‌ها می‌تواند موجب قابلیت استفاده فسفر خاک و نیاز استاندارد فسفر در خاک شود. در مورد تأثیر بیوچار بر فراهمی فسفر خاک اسیدی بسته به

[۱] Van Huay

نوع خاک، نوع ماده اولیه، شرایط تهیه (دما و زمان) و مقدار کاربرد بیوچار نتایج متناقضی گزارش شده است. در مطالعه بنی نجّاریان و شیروانی (۲۰۲۰) جذب فسفر با افزودن بیوچار باگاس نیشکر تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس به یک خاک اسیدی (pH = ۴/۷۵) نیاز استاندارد فسفر تا ۶۲ درصد کاهش یافت. در مقابل، با کاربرد بیوچار چوب جنگلی و ضایعات مرغی (تهیه‌شده در دمای ۷۰۰-۶۵۰ درجه سلسیوس) در دو خاک اسیدی با pH معادل ۵/۵ و ۴/۸ جذب فسفر در خاک‌ها افزایش یافت (داری و همکاران، ۲۰۱۶). به‌طور کلی بیوچار می‌تواند با رهایش تدریجی فسفر به محلول خاک، تشکیل کمپکلس آلی-فلزی، افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز و تعدیل pH خاک، جذب مستقیم کاتیون‌های Ca^{2+}، Al^{3+} و $Fe^{2+,3+}$ توسط سطوح با بار منفی آن و کاهش فراهمی این کاتیون‌ها سبب افزایش فراهمی فسفر در خاک شود. از طرف دیگر رسوب فسفر با کاتیون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} موجود در بیوچار، افزایش مکان‌های جذبی فسفر ناشی از تخلخل و سطح ویژه بالای بیوچار می‌تواند از ساز و کارهای مرتبط با افزایش جذب فسفر در خاک‌ها عنوان شود (چینتالا و همکاران، ۲۰۱۴). مطالعات معدودی در زمینه اثر بیوچار بر نیاز استاندارد فسفر در خاک‌های اسیدی ایران انجام گرفته است. از این رو با توجه به اهمیت فراهمی فسفر در کشاورزی و متداول شدن بیوچار به‌عنوان یک استراتژی جدید برای اصلاح خاک‌های زراعی در دهه‌های اخیر، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات سطوح متفاوت کاه و کلش گندم و بیوچار تهیه‌شده از آن در دو دمای متفاوت (۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس) بر نیاز استاندارد فسفر با استفاده از معادله ون‌های انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه یک نمونه خاک مرکب زراعی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از استان گیلان تهیه شد. پس از هواخشک شدن نمونه خاک در دمای اتاق و عبور از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها با روش‌های متداول آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (اجوا و همکاران، ۲۰۱۹). تهیه زیست‌توده کاه و کلش گندم، بیوچار حاصل از آن در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس و اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های بیوچارهای تهیه‌شده و کاه و کلش گندم مطابق روش ریحانی‌تبار و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد. در این مطالعه، بیوچارهای تهیه‌شده در دماهای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس به‌اختصار بیوچار۳۰۰ و بیوچار ۶۰۰ نامیده شد. در گام بعد به نمونه خاک تهیه‌شده به‌میزان ۰، ۳ و ۶ درصد (وزنی/وزنی) کاه و کلش گندم، بیوچار۳۰۰ و بیوچار ۶۰۰ به‌طور جداگانه افزوده و به‌طور کامل با خاک مخلوط شدند. به‌منظور شبیه‌سازی مزرعه ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک از منبع کود اوره به خاک‌ها افزوده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳ ماه در دمای آزمایشگاه و در رطوبت معادل ظرفیت مزرعه انکوبه شدند. خاکی که با کاه و کلش گندم و بیوچار تیمارنشده بود به‌عنوان خاک شاهد در نظر گرفته شد. برای تعیین هم‌دماهای جذب فسفر در خاک‌های انکوبه‌شده ۲ گرم از هر نمونه خاک در ۲ تکرار به داخل لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شده و به هریک از لوله‌ها ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار کلریدکلسیم حاوی ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در لیتر از منبع پتاسیم‌دی هیدروژن‌فسفات افزوده شد. در هر یک از لوله‌های سانتریفیوژ حاوی خاک، دو قطره تولوئن به‌منظور متوقف کردن فعالیت میکروبی افزوده شد. لوله‌های سانتریفیوژ تا رسیدن به حالت تعادل (۴۸ ساعت) تکان داده شدند. سپس در۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و از کاغذ صافی واتمن ۴۰ عبور داده شدند.

(اجوا و همکاران، ۲۰۱۹). غلظت فسفر در این محلول‌ها با روش رنگ‌سنجی آبی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. داده‌های جذب فسفر به معادله ون‌های مطابق رابطه (۱) به روش غیر خطی برازش داده شد. در این معادله، c غلظت تعادلی فسفر در محلول بر حسب میلی‌گرم در لیتر، q مقدار فسفر جذب‌شده بر حسب میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک، m و n ثابت‌های تجربی می‌باشند.

$$q = m + n\sqrt{c} \qquad (۱)$$

نتایج و بحث

مطابق جدول ۱، نمونه خاک تهیه‌شده دارای pH اسیدی، بافت لوم‌رس‌سیلتی، فسفر قابل‌استفاده کم (کم‌تر از ۱۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک)، کربن آلی خیلی زیاد (بیش‌تر از ۳/۵ درصد کربن آلی) و غیر شور (هدایت الکتریکی کم‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر) است.

جدول ۱. ویژگی‌های نمونه خاک تهیه‌شده.

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کلاس بافت خاک	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	فسفر قابل‌استفاده ($mg\ kg^{-1}$)	کربن آلی (٪)
۷/۳۴	۶۳/۸۰	۲۸/۸۶	لوم‌رس‌سیلتی	۶/۰۲	۰/۱۹۱	۴/۲۷	۴/۸

$dS\ m^{-1}$ = دسی‌زیمنس بر متر، $mg\ kg^{-1}$ = میلی‌گرم بر کیلوگرم و ٪ = درصد

طبق تعریف مؤسسه بین المللی بیوچار ماده ای بیوچار در نظر گرفته می‌شود که نسبت هیدروژن به کربن آلی در آن کم‌تر از ۰/۷ باشد. مطابق جدول ۲، در این مطالعه نسبت هیدروژن به کربن آلی برای هر دو نوع بیوچار تهیه‌شده کم‌تر از ۰/۷ بود و تغییرات مقادیر این نسبت با افزایش دمای گرماکافت[۱] به‌علت فرآیندهای دهیدراسیون و دکربوکسیلاسیون با کاهش همراه بود. عملکرد کم‌تر بیوچار ۶۰۰ در مقایسه با بیوچار ۳۰۰ می‌تواند ناشی از تجزیه حرارتی ساختارهای لیگنوسلولز و از دست رفتن بیش‌تر مواد فرّار در دماهای بیش‌تر فرآیند گرماکافت باشد. هم‌چنین تجزیه حرارتی ساختارهای لیگنوسلولزی و افزایش مقدار مواد معدنی با افزایش دمای گرماکافت می‌تواند دلیل احتمالی درصد بیش‌تر خاکستر، کربنات کلسیم معادل و مقادیر بیش‌تر EC، pH در بیوچار ۶۰۰ در مقایسه با بیوچار ۳۰۰ باشد. تغییرات درصد هیدروژن نیز با تبدیل کاه و کلش گندم به بیوچار و افزایش دمای گرماکافت با کاهش همراه بود که می‌تواند ناشی از دهیدراسیون بیش‌تر زیست‌توده با افزایش دما باشد (ریحانی‌تبار و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۲. ویژگی‌های کاه و کلش گندم و بیوچارهای تهیه‌شده.

تیمار	عملکرد (٪)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	خاکستر (٪)	H/C_{org}	کربنات‌کلسیم معادل (٪)	کربن کل (٪)	هیدروژن کل (٪)	فسفر کل ($g\ kg^{-1}$)
کاه و کلش گندم	*	۷/۵۶	۰/۶۸	۱۶/۶۵	۱/۸۹	*	۳۹/۷۰	۶/۲۶	۰/۷۹
بیوچار ۳۰۰	۳۸	۶/۶۴	۱/۲۰	۲۲/۶۷	۰/۵۶	۲/۷۵	۴۷/۷۳	۲/۲۱	۱/۱۸
بیوچار ۶۰۰	۳۰	۹/۷۰	۱/۸۰	۳۵/۶۴	۰/۲۸	۶/۲۵	۵۳/۶۲	۱/۲۵	۲/۱۴

*اندازه‌گیری نشد. C_{org} = کربن آلی، $g\ kg^{-1}$ = گرم بر کیلوگرم

[۱] Pyrolysis

بررسی ضرایب تبیین (r^2) و خطای معیار برآورد (SE) نشان داد معادله ون‌های برای خاک تیمارشده با کاه و کلش گندم در سطح ۶ درصد از برازش نسبتاً ضعیفی در مقایسه با سایر خاک‌ها برخوردار بود. برای سایر خاک‌های مورد مطالعه این معادله برازش خوب و توصیف قابل قبولی از داده‌های جذب فسفر داشت (جدول ۳). دامنه تغییرات ثابت m در محدوده ۴۳/۹۵ تا ۱۸۵/۴۰و دامنه تغییرات n در محدوده ۸۲/۲۳ تا ۲۷۸/۲۰ قرار داشت.

جدول۳. نیاز استاندارد فسفر و پارامترهای معادله ون‌های برای خاک‌های مورد مطالعه.

خاک‌های مورد مطالعه	m	n	نیاز استاندارد فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	r^2	SE
خاک شاهد	۱۱۸/۳۰	۱۱۰/۶۰	۱۶۷/۷۶	۰/۹۴	۸۹/۹۴
خاک+ کاه و کلش گندم سطح ۳ درصد	۱۷۱/۱۰	۱۷۰/۸۰	۲۴۷/۴۸	۰/۹۰	۱۴۵/۷۰
خاک+ کاه و کلش گندم سطح ۶ درصد	۱۸۵/۴۰	۲۷۸/۲۰	۳۰۹/۸۱	۰/۸۵	۲۱۳/۵۰
خاک + بیوچار ۳۰۰ سطح ۳ درصد	۸۱/۴۹	۹۲/۷۴	۱۲۲/۹۶	۰/۹۶	۶۶/۴۵
خاک + بیوچار ۳۰۰ سطح ۶ درصد	۵۵/۳۳	۸۶/۱۴	۹۳/۸۵	۰/۹۷	۵۲/۱۸
خاک + بیوچار ۶۰۰ سطح ۳ درصد	۶۸/۲۳	۹۱/۱۲	۱۰۸/۹۸	۰/۹۶	۵۹/۴۷
خاک + بیوچار ۶۰۰ سطح ۶ درصد	۴۳/۹۵	۸۲/۲۳	۸۰/۷۲	۰/۹۷	۴۹/۳۶

در مقایسه با خاک شاهد با افزودن کاه و کلش گندم، نیاز استاندارد فسفر برآوردشده در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در سطح ۳ درصد و ۶ درصد به‌ترتیب۴۷/۵۲ و ۸۴/۶۷ درصد افزایش یافت (جدول ۳). هرقدر نیاز استاندارد فسفر برای یک خاک بیش‌تر باشد به این معنی است که به‌منظور نگهداری غلظت فسفر در یک حد مطلوب در محلول برای تغذیه گیاه، به ازای واحد وزن خاک کود فسفر بیش‌تری به خاک باید افزوده شود، زیرا چنین خاک‌هایی از توانایی جذب فسفر بالایی برخوردار می‌باشند. دهیلون و بار (۲۰۰۶) نسبت C/P بالا (۵۲۹:۱) در بقایای کاه و کلش گندم را دلیلی بر غیرمتحرک شدن فسفر افزوده‌شده توسط ریزجانداران و کاهش غلظت تعادلی آن در محلول خاک گزارش کردند (در این مطالعه نیز نسبت C/P کاه و گلش گندم معادل ۵۶۷:۱ بود). در مقابل، در خاک‌های تیمارشده با بیوچار جذب فسفر و نیاز استاندارد فسفر با افزایش دمای گرماکافت و سطوح مصرفی بیوچار در مقایسه با خاک شاهد کاهش و غلظت تعادلی فسفر در فاز محلول افزایش یافت (جدول ۳). کم‌ترین مقدار نیاز استاندارد فسفر مربوط به خاک تیمارشده با بیوچار ۶۰۰ در سطح ۶ درصد و معادل ۸۰/۷۲ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک بود که در مقایسه با خاک شاهد با ۵۱/۸۸ درصد کاهش همراه بود. کاهش جذب فسفر و وارد شدن بیش‌تر فسفر به فاز محلول در سطوح بالای بیوچار را می‌توان به بلوکه شدن و کاهش مکان‌های جذب فسفر در اثر افزودن بیوچار نسبت داد. هم‌چنین، افزایش pH (کاهش فعالیت Al^{3+}،$Fe^{2,3+}$) پس از افزودن بیوچار به خاک اسیدی یکی از عوامل مؤثر در افزایش غلظت تعادلی فسفر در فاز محلول، کاهش جذب و نیاز استاندارد فسفر در خاک عنوان شده است (چینتالا و همکاران، ۲۰۱۴). فسفر رهاسازی شده از بیوچار نیز می‌تواند جذب مکان‌های جذبی خاک شده و لذا با اشغال این مکان‌ها سبب کاهش جذب فسفر و افزایش غلظت تعادلی فسفر در فاز محلول در خاک تیمارشده با بیوچار در مقایسه با خاک شاهد شود. علاوه -

براین، هدایت الکتریکی بالای بیوچار و آزاد شدن نمک‌ها و عناصر غذایی محلول از بیوچار، می‌تواند سبب افزایش قدرت یونی محلول خاک در خاک تیمارشده با بیوچار شود. این موضوع سبب کاهش پتانسیل الکتریکی مثبت سطح خاک و به دنبال آن کاهش جذب و نیاز استاندارد فسفر در خاک اسیدی می‌شود (چینتالا و همکاران، ۲۰۱۴). در این مطالعه نیز pH، هدایت الکتریکی و فسفر قابل‌استفاده خاک با افزایش دمای گرماکافت و سطوح مصرفی بیوچار در خاک پس از ۳ ماه انکوباسیون به‌طور معنادار افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در خاک تیمارشده با بیوچار ۶۰۰ در سطح ۶ درصد pH این خاک پس از ۳ ماه انکوباسیون معادل ۶/۶۱، هدایت الکتریکی معادل ۱/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و فسفر قابل‌استفاده معادل ۲۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. که می‌تواند ناشی از مقادیر بیش‌تر pH، خاکستر، کربنات کلسیم معادل و فسفر کل بیوچار ۶۰۰ در مقایسه با بیوچار ۳۰۰ باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نیاز استاندارد فسفر برآوردشده در این مطالعه با استفاده از معادله ون‌های، تبدیل کاه و کلش گندم به بیوچار و مصرف آن در خاک اسیدی می‌تواند نیاز به مصرف کودهای فسفری را به‌منظور نگهداری غلظت فسفر در یک حد مطلوب در محلول برای تغذیه گیاه به‌طور قابل توجهی کاهش دهد. در مقابل، افزودن کاه و کلش گندم می‌تواند سبب افزایش نیاز استاندارد فسفر و به‌عبارت دیگر افزایش نیاز کودی گیاه برای تولید بهینه در خاک اسیدی شود. پیش‌نهاد می‌گردد مطالعاتی مشابه با بیوچارهایی حاصل از زیست‌توده‌های متفاوت در خاک‌های متفاوت انجام شود. هم‌چنین پارامترهای برآوردشده از معادلات هم‌دماهای جذب متفاوت در مراحل عملی آزمون خاک استفاده و همبستگی آن‌ها با پاسخ‌های گیاهی در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه بررسی شود.

فهرست منابع

Baninajarian, S., Shirvani, M. (2020). Use of biochar as a possible means of minimizing phosphate fixation and external P requirement of acidic soil. Journal of Plant Nutrition, 44 (1): 59-73.

Chintala, R., Schumacher, T. E., McDonald, L. M., Clay, D. E., Malo, D. D., Papiernik, S. K., Clay, S. A., Julson, J. L. (2014). Phosphorus sorption and availability from biochars and soil/biochar mixtures. CLEAN–Soil, Air, Water, 42: 626-634.

Dari, B., Nair, V. D., Harris, W. G., Nair, P., Sollenberger, L., Mylavarapu, R. (2016). Relative influence of soil-vs. biochar properties on soil phosphorus retention. Geoderma, 280: 82-87.

Dhillon, N., Brar, B. (2006). Effect of incorporation of crop residues and organic manures on adsorption/desorption and bio-availability of phosphate. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 76: 95-108.

Eduah, J. O., Nartey, E. K., Abekoe, M. K., Breuning-Madsen, H., Andersen, M. N. (2019). Phosphorus retention and availability in three contrasting soils amended with rice husk and corn cob biochar at varying pyrolysis temperatures. Geoderma, 341: 10–17.

Reyhanitabar, A., Frahadi, E., Ramezanzadeh, H., 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.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Estimating the standard phosphorus requirement with the Van Huay equation in soil treated with biochar

Larissa Ghodszad[1], Adel Reyhanitabar[2], Shahin Oustan[3]

[1,2, 3] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Abstract

This research was conducted to investigate the standard phosphorus requirement using Van Huay's isotherm equation in an acidic soil sample treated with wheat straw and its' derived biochar at two temperatures of 300 and 600 °C at three rates of 0, 3 and 6% (w/w). Based on the determination coefficients (r^2) and the standard error of estimate (SE), the Van Huay equation showed an acceptable fit to most of the phosphorus sorption data (r^2=0.93, SE = 96.65). The standard phosphorus requirement estimated at an equilibrium concentration of 0.2 mg L^{-1}, increased to 47.52% and 84.67%, with the application of wheat straw at the rates of 3 and 6%, respectively compared to untreated soil. In contrast, with the increase in pyrolysis temperature and biochar application rates, the value of this parameter showed a decreasing trend compared to the untreated soil; So that the application of biochar produced at 600 °C at the rate of 6% reduced the phosphorus standard requirement by 51.88% compared to untreated soil. Based on the obtained results, the biochar application in acidic soil can reduce the phosphorus standard requirement as a criterion of the fertilizer requirement of most crops for optimal production by reducing phosphorus sorption.

Keywords: **Acidic soil, Phosphorus sorption, Pyrolysis**

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مطالعه اثر بیوچار بر هم‌دمای جذب فسفر خاک با معادله دوبینین-رادشکویچ

لاریسا قدس‌زاد*[۱]، عادل ریحانی‌تبار[۲]، شاهین اوستان[۳]

[۱] گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ *larissaghodszad@ymail.com
[۳،۲] گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

در این پژوهش هم‌دمای جذب فسفر با استفاده از معادله دوبینین-راد شکویچ در یک نمونه خاک اسیدی تیمار شده با بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس در سه سطح ۰، ۳ و ۶ درصد (وزنی/ وزنی) مطالعه شد. براساس ضرایب تبیین (r^2) و خطای معیار برآورد (SE)، معادله دوبینین-رادشکویچ به داده‌های جذب فسفر برازش قابل قبولی نشان داد (r^2 =۰/۹۷, SE = ۰/۰۰۲۴۳۳). مقادیر متوسط انرژی آزاد جذب فسفر بیش‌تر از ۸ کیلوژول بر مول بود که نشان‌دهنده جذب شیمیایی فسفر در خاک‌ها بود. تغییرات پارامترهای حداکثر ظرفیت جذب فسفر (q_m) و متوسط انرژی آزاد جذب فسفر (E) با افزایش دمای گرماکافت و سطوح مصرفی بیوچار در مقایسه با خاک تیمار نشده روند کاهشی داشت. کم‌ترین مقادیر q_m و E مربوط به خاک تیمار شده با بیوچار تهیه شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس در سطح ۶ درصد بود که در مقایسه با خاک تیمارنشده به‌ترتیب ۲۹/۱۶ درصد و ۷/۶۸ درصد کاهش یافت. بر اساس این مطالعه، مصرف بیوچار کاه و کلش گندم تهیه شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس در خاک اسیدی می‌تواند باکاهش متوسط انرژی آزاد جذب فسفر و حداکثر ظرفیت جذب فسفر، غلظت و فراهمی فسفر را در محلول خاک افزایش دهد.

کلمات کلیدی: انرژی جذب، ظرفیت جذب، گرماکافت

مقدمه

کشاورزی مدرن به مصرف کودهای فسفری برای حفظ قابلیت تولید وابسته است و کارایی مصرف این کودها به‌دلیل تثبیت فسفر مصرفی توسط خاک عموماً کم است. فسفر در خاک‌های اسیدی با چهار مکانیسم جذب سطحی توسط اکسیدهای آهن و آلومینیوم، تشکیل فسفات آهن و آلومینیوم نامحلول، تبادل لیگاندی و واکنش‌های رسوب تثبیت می‌شود (اجوزا و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت فسفر خاک استفاده از هم‌دماهای جذب است. با استفاده از این روش می‌توان غلظت فسفر در فاز محلول خاک، انرژی جذب و حداکثر مقدار جذب فسفر توسط خاک، قدرت بافری خاک در برابر تغییرات غلظت فسفر در محلول و وضعیت تعادل بین فسفر در فاز محلول و فاز جامد و ارتباط بین آن‌ها را برآورد کرد (متین و همکاران، ۲۰۲۰). شناخت اثر بیوچار بر شیمی فسفر خاک با استفاده از مطالعات هم‌دما می‌تواند در مدیریت مصرف کودهای فسفری کمک‌کننده باشد. در مطالعه هم‌دمای انجام شده توسط اجوا و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شد در خاک اسیدی (pH= ۵/۰۳) تیمار شده با بیوچار شلتوک برنج و چوب بلال در سطح ۱ درصد (وزنی/وزنی) با کاهش دمای گرماکافت از ۶۵۰ به ۳۰۰ درجه سلسیوس ظرفیت جذب فسفر خاک کاهش

و غلظت تعادلی فسفر در فاز محلول افزایش یافت. این محققان کاهش جذب فسفر در خاک اسیدی تیمارشده با بیوچار را غلظت بالای فسفر بیوچار و آزاد شدن آن به خاک، تغییر ویژگی‌های سطح خاک اسیدی با کاربرد بیوچار و افزایش pH تعادلی گزارش کردند. مطالعات معدودی در ارتباط با هم‌دمای جذب فسفر با کاربرد بیوچار در خاک‌های اسیدی ایران انجام گرفته است. بر این اساس، این مطالعه باهدف ارزیابی رفتار جذب فسفر در یک خاک اسیدی تیمار شده با کاه و کلش گندم و بیوچار تهیه شده از آن در دو دمای متفاوت (۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس) و در سه سطح ۰، ۳ و ۶ درصد (وزنی/ وزنی) و تعیین پارامترهای حاصله از معادله دوبینین-رادشکویچ از معادله دوبینین-رادشکویچ انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش یک نمونه خاک مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از منطقه‌ای زراعی واقع در استان گیلان تهیه شد. نمونه خاک تهیه‌شده ابتدا هواخشک شده سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. در مرحله بعد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها با روش‌های متداول آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (اجوا و همکاران، ۲۰۱۹). تهیه بیوچار کاه و کلش گندم در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس و اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های زیست‌توده کاه و کلش گندم و بیوچارهای تهیه‌شده مطابق روش ریحانی‌تبار و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد. در این مطالعه، بیوچارهای تهیه‌شده در دماهای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس به‌اختصار بیوچار۳۰۰ و بیوچار ۶۰۰ نامیده شد. در مرحله بعد کاه و کلش گندم، بیوچار۳۰۰ و بیوچار ۶۰۰ به‌میزان ۰، ۳ و ۶ درصد (وزنی/وزنی) به‌طور جداگانه به نمونه خاک تهیه‌شده افزوده و به‌طور کامل مخلوط شد. هم‌چنین۵۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک از منبع کود اوره به‌منظور شبیه سازی مزرعه به خاک‌ها افزوده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳ ماه در دمای آزمایشگاه و در رطوبت معادل ظرفیت مزرعه انکوبه شدند. خاکی که با کاه و کلش گندم و بیوچار تیمار نشده بود به‌عنوان خاک شاهد در نظر گرفته شد. برای تعیین هم‌دماهای جذب فسفر در خاک‌های انکوبه شده ۲ گرم از هر نمونه خاک در ۲ تکرار به داخل لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شده و به هریک از لوله‌ها ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار کلریدکلسیم حاوی ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در لیتر از منبع پتاسیم‌دی هیدروژن‌فسفات افزوده شد. در هر یک از لوله‌های سانتریفیوژ حاوی خاک، دو قطره تولوئن به‌منظور متوقف کردن فعالیت میکروبی افزوده شد. لوله‌های سانتریفیوژ تا رسیدن به حالت تعادل (۴۸ ساعت) تکان داده شدند. سپس در۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و از کاغذ صافی واتمن ۴۰ عبور داده شدند (اجوا و همکاران، ۲۰۱۹). غلظت فسفر در این محلول‌ها با روش رنگ سنجی آبی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. داده‌های جذب فسفر به معادله دوبینین-راد شکویچ مطابق رابطه (۱) به‌روش غیرخطی برازش داده شد. در این معادله، c غلظت تعادلی فسفر در محلول بر حسب مول در لیتر ($mol\ L^{-1}$)، q مقدار فسفر جذب‌شده بر حسب مول فسفر بر کیلوگرم خاک ($mol\ P\ kg^{-1}$)، q_m حداکثر ظرفیت جذب برحسب بر حسب مول فسفر بر کیلوگرم خاک ($mol\ P\ kg^{-1}$) و K ثابت وابسته به انرژی جذب برحسب $mol^2\ kJ^{-2}$ می‌باشند.

$$q = q_m \exp(-K\varepsilon^2) \quad (1)$$

در رابطه (۱)، ε عبارت است از پتانسیل پلانی[1] و برابر است با:

$$\varepsilon = RTLn\left(1+\frac{1}{c}\right) \quad (2)$$

در رابطه (۲)، T و R به‌ترتیب دما برحسب درجه کلوین (K°) و ثابت عمومی گازها و معادل با ۰/۰۰۸۳۱۴ برحسب کیلوژول بر مول بر درجه کلوین ($kJ\ mol^{-1}\ K^{o-1}$) است. با استفاده از ثابت K و براساس معادله زیر می‌توان متوسط انرژی آزاد جذب ماده را به‌وسیله جاذب‌ها تعیین کرد (رابطه ۳).

$$E = (2K)^{-0.5} \quad (3)$$

که در آن، E عبارت است از تغییر انرژی آزاد بر حسب کیلوژول بر مول ($kJ\ mol^{-1}$) وقتی یک مول از یون به سطح جاذب منتقل می‌شود. مقادیر E در پیش‌گویی نوع جذب مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ به‌طوری که مقادیر کم‌تر از ۸ نشان‌دهنده جذب فیزیکی و مقادیر بین ۸ تا ۱۶ نشان‌دهنده جذب شیمیایی می‌باشد.

نتایج و بحث

مطابق جدول ۱، نمونه خاک تهیه‌شده دارای pH اسیدی، بافت لوم، کربن آلی زیاد (کربن آلی در محدوده ۳/۵-۲/۵ درصد)، فسفر قابل‌استفاده کم (کم‌تر از ۱۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) و غیر شور (هدایت الکتریکی کم‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر) است.

جدول ۱. ویژگی‌های نمونه خاک تهیه‌شده.

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کلاس بافت خاک	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	فسفر قابل‌استفاده ($mg\ kg^{-1}$)	کربن آلی (٪)
۳۹/۴۹	۳۶/۹۶	۲۳/۵۵	لوم	۴/۵۵	۰/۱۶۱	۹/۸	۲/۷۳

$dS\ m^{-1}$ = دسی‌زیمنس بر متر، $mg\ kg^{-1}$ = میلی‌گرم بر کیلوگرم و ٪ = درصد

در این مطالعه نسبت هیدروژن به کربن آلی برای هر دو نوع بیوچار تهیه‌شده کم‌تر از ۰/۷ بود و تغییرات مقادیر این نسبت با افزایش دمای گرماکافت، به‌علت فرآیندهای دهیدراسیون و دکربوکسیلاسیون با کاهش همراه بود (جدول ۲). طبق تعریف مؤسسه بین المللی بیوچار ماده ای بیوچار در نظر گرفته می شود که نسبت هیدروژن به کربن آلی در آن کم‌تر از ۰/۷ باشد. درصد هیدروژن نیز با تبدیل کاه و کلش گندم به بیوچار و افزایش دمای گرماکافت روند کاهشی نشان داد که می‌تواند ناشی از دهیدراسیون بیش‌تر زیست‌توده با افزایش دما باشد. عملکرد کم‌تر بیوچار ۶۰۰ در مقایسه با بیوچار ۳۰۰ می‌تواند ناشی از دست رفتن بیش‌تر مواد فرّار و تجزیه حرارتی ساختارهای لیگنوسلولز با افزایش دمای گرماکافت با شد. هم‌چنین تجزیه حرارتی ساختارهای لیگنو سلولزی و افزایش مقدار مواد معدنی با افزایش دمای

[1] Polanyi potential

گرماکافت می‌تواند دلیل احتمالی درصد بیش‌تر خاکستر، کربنات کلسیم معادل و مقادیر بیش‌ترEC، pH و فسفر کل در بیوچار ۶۰۰ در مقایسه با بیوچار ۳۰۰ باشد. (ریحانی‌تبار و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۲. ویژگی‌های کاه و کلش گندم و بیوچارهای تهیه‌شده.

تیمار	عملکرد (٪)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	خاکستر (٪)	H/C_{org}	کربنات‌کلسیم معادل (٪)	کربن کل (٪)	هیدروژن کل (٪)	فسفر کل ($g\ kg^{-1}$)
کاه و کلش گندم	*	۷/۵۶	۰/۶۸	۱۶/۶۵	۱/۸۹	*	۳۹/۷۰	۶/۲۶	۰/۷۹
بیوچار ۳۰۰	۳۸	۶/۶۴	۱/۲۰	۲۲/۶۷	۰/۵۶	۲/۷۵	۴۷/۷۳	۲/۲۱	۱/۱۸
بیوچار ۶۰۰	۳۰	۹/۷۰	۱/۸۰	۳۵/۶۴	۰/۲۸	۶/۲۵	۵۳/۶۲	۱/۲۵	۲/۱۴

*اندازه‌گیری نشد. C_{org} = کربن آلی، $g\ kg^{-1}$ = گرم بر کیلوگرم

براساس ضرایب تبیین (r^2) و خطای معیار برآورد (SE)، جذب فسفر در خاک‌های مورد مطالعه به خوبی از معادله دوبینین-رادشـــکویچ پیروی می‌کند (جدول ۳). تغییرات ثابت K_D در دامنه ۰/۰۰۲۷۶۴ تا ۰/۰۰۳۷۱۰ $mol^2\ kJ^{-2}$ برآورد شـد. در تمامی خاک‌های مورد مطالعه مقادیر E بدسـت آمده بیش‌تر از ۸ کیلوژول بر مول بود که نشـان‌دهنده جذب شیمیایی فسفر در خاک‌ها است. به‌نظر می‌رسد مقادیر q_m برای تمامی خاک‌های مورد مطالعه بیش‌تر از مقدار واقعی برآورد شده است.

جدول۳. پارامترهای برآوردشده معادله دوبنین-رادشکویچ برای خاک‌های مورد مطالعه.

خاک‌های مورد مطالعه	q_m ($mol\ P\ kg^{-1}$)	K_D ($mol^2\ kJ^{-2}$)	E ($kJ\ mol^{-1}$)	r^2	SE
خاک شاهد	۰/۰۹۷۲	۰/۰۰۳۱۶۲	۱۲/۵۷	۰/۹۷	۰/۰۰۲۳۸۵
خاک+ کاه و کلش گندم سطح ۳ درصد	۰/۰۹۸۵	۰/۰۰۲۷۶۴	۱۳/۴۵	۰/۹۲	۰/۰۰۴۵۷۰
خاک+ کاه و کلش گندم سطح ۶ درصد	۰/۱۱۷۰	۰/۰۰۲۸۱۸	۱۳/۳۲	۰/۹۴	۰/۰۰۴۰۸۱
خاک + بیوچار ۳۰۰ سطح ۳ درصد	۰/۰۸۹۰	۰/۰۰۳۳۷۴	۱۲/۱۷	۰/۹۸	۰/۰۰۱۸۷۵
خاک + بیوچار ۳۰۰ سطح ۶ درصد	۰/۰۷۶۴	۰/۰۰۳۴۹۱	۱۱/۹۷	۰/۹۹	۰/۰۰۱۴۳۰
خاک + بیوچار ۶۰۰ سطح ۳ درصد	۰/۰۷۹۰	۰/۰۰۳۳۸۲	۱۲/۱۶	۰/۹۸	۰/۰۰۱۶۱۸
خاک + بیوچار ۶۰۰ سطح ۶ درصد	۰/۰۶۸۸	۰/۰۰۳۷۱۰	۱۱/۶۱	۰/۹۹	۰/۰۰۱۰۷۸

در این مطالعه با افزودن کاه و کلش گندم به خاک غلظت تعادلی فســـفر در محلول خاک کاهش و متعاقباً پارامترهای حداکثر ظرفیت جذب فسفر (q_m) و متوسط انرژی آزاد جذب فسفر(E) برآورد شده در مقایسه با خاک شاهد افزایش یافت (جدول ۳). نسـبت C/P بالا (۵۲۹:۱) در بقایای کاه و کلش گندم دلیلی بر غیرمتحرک شـدن فسـفر افزوده‌شـده به‌صورت ترکیبات فسفولیپیدی، نوکلئوتیدی و سایر شکل‌های آلی توسط ریزجانداران و کاهش غلظت تعادلی فسفر در محلول خاک گزارش شده است (دهیلون و بار، ۲۰۰۶). در مقابل، با افزایش دمای گرماکافت و سطوح مصرفی بیوچار تغییرات حداکثر ظرفیت جذب فسفر (q_m) و متوسط انرژی آزاد جذب فسفر (E) در مقایسه با خاک شاهد روند کاهشی نشان داد (جدول ۳). کم‌ترین مقادیر پارامترهای q_m و E مربوط به خاک تیمارشده با بیوچار ۶۰۰ در سطح ۶ درصد و

به‌ترتیب معادل ۰/۰۶۸۸ مول فسفر بر کیلوگرم خاک و ۱۱/۶۱کیلوژول بر مول بود که در مقایسه با خاک شاهد به‌ترتیب با ۲۹/۱۶ درصد و ۷/۶۸ درصد کاهش همراه بود. کاهش جذب فسفر و وارد شدن بیش‌تر فسفر به فاز محلول در سطوح بالای بیوچار را می‌توان به بلوکه شدن و کاهش مکان‌های جذب فسفر در اثر افزودن بیوچار نسبت داد. هم‌چنین افزایش pH (کاهش فعالیت $Fe^{2,3+}$،Al^{3+})، آزادسازی فسفر از بیوچار به خاک، افزایش هدایت الکتریکی (EC) پس از افزودن بیوچار به خاک اسیدی از عوامل مؤثر در افزایش غلظت تعادلی فسفر در فاز محلول، کاهش جذب فسفر گزارش شده است (چینتالا و همکاران، ۲۰۱۴). هدایت الکتریکی بالای بیوچار و آزاد شدن نمک‌ها و عناصر غذایی محلول از بیوچار، می‌تواند با افزایش قدرت یونی محلول خاک سبب کاهش پتانسیل الکتریکی مثبت سطح خاک و به دنبال آن کاهش جذب فسفر در خاک اسیدی شود. در این مطالعه نیز pH، هدایت الکتریکی و فسفر قابل‌استفاده خاک با افزایش دمای گرماکافت و سطوح مصرفی بیوچار پس از ۳ ماه انکوباسیون به‌طور معنادار افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در خاک تیمار شده با بیوچار ۶۰۰ در سطح ۶ در صد، pH این خاک معادل ۵/۴۴، هدایت الکتریکی معادل ۰/۶۴ دسی‌زیمنس بر متر و فسفر قابل‌استفاده معادل ۳۹/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود که می‌تواند ناشی از مقادیر بیش‌تر pH، خاکستر، کربنات کلسیم معادل و فسفر کل بیوچار ۶۰۰ در مقایسه با بیوچار ۳۰۰ باشد.

نتیجه‌گیری

در این بررسی معادله دوبینین-رادشکویچ برازش خوب و توصیف قابل قبولی از داده‌های جذب فسفر داشت. کاربرد کاه و کلش گندم و بیوچار حاصل از این زیست‌توده توانست موجب تغییر در ویژگی‌های جذب فسفر در خاک اسیدی شود. با افزودن بیوچار تهیه‌شده در دمای بالا به خاک اسیدی حداکثر ظرفیت جذب فسفر و متوسط انرژی آزاد جذب فسفر خاک در مقایسه با خاک تیمارنشده کاهش و فراهمی فسفر در فاز محلول خاک به‌ویژه در سطوح بالای مصرفی افزایش یافت. پیش‌نهاد می‌شود مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای برای ارزیابی تأثیر بیوچارهای تهیه‌شده از زیست‌توده‌های متفاوت بر تغذیه فسفری و شاخص‌های رشد در گیاهان متفاوت انجام شود.

فهرست منابع

Chintala, R., Schumacher, T. E., McDonald, L. M., Clay, D. E., Malo, D. D., Papiernik, S. K., Clay, S. A., Julson, J. L. (۲۰۱٤). Phosphorus sorption and availability from biochars and soil/biochar mixtures. CLEAN–Soil, Air, Water, ٤٢: ٦٢٦-٦٣٤.

Dhillon, N., Brar, B. (2006). Effect of incorporation of crop residues and organic manures on adsorption/desorption and bio-availability of phosphate. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 76: 95-108.

Eduah, J. O., Nartey, E. K., Abekoe, M. K., Breuning-Madsen, H., Andersen, M. N. (2019). Phosphorus retention and availability in three contrasting soils amended with rice husk and corn cob biochar at varying pyrolysis temperatures. Geoderma, 341: 10–17.

Matin, N. H., Jalali, M., Antoniadis, V., Shaheen, S. M., Wang, J., Zhang, T., Wang, H., Rinklebe, J. (2020). Almond and walnut shell-derived biochars affect sorption-desorption, fractionation, and release of phosphorus in two different soils. Chemosphere, 241:124888.

Reyhanitabar, A., Frahadi, E., Ramezanzadeh, H., 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.

Studying the biochar effect on sorption isotherm of soil phosphorus with the Dubinin-Radushkevich equation

Larissa Ghodszad[1*], Adel Reyhanitabar[2], Shahin Oustan[3]

[1,2, 3] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Abstract

In this research, phosphorus sorption isotherm was studied using the Dubinin-Radushkevich equation in an acidic soil sample treated with biochar obtained from wheat straw at two temperatures of 300 and 600 °C at three rates of 0, 3, and 6% (w/w).
Based on the determination coefficients (r^2) and the standard error of estimate (SE), the Dubinin-Radushkevich equation showed an acceptable fit to the phosphorus sorption data (r^2=0.97, SE =0.002433). The mean free energy of phosphorus sorption was higher than 8 kJ mol^{-1}, which indicated the chemical sorption of phosphorus in the soils. The changes of maximum phosphorus sorption capacity (q_m) and mean free energy of phosphorus sorption (E) had a decreasing trend with increasing biochar pyrolysis temperature and application rate compared to the untreated soil. The lowest values of q_m and E related to the soil treated with biochar produced at 600 °C at the level of 6%, which decreased by 29.16% and 7.68%, respectively, compared to the untreated soil. According to this study, the application of wheat straw biochar prepared at 600 °C in acidic soil can increase the concentration and availability of phosphorus in the soil solution by reducing the mean free energy of phosphorus sorption and the maximum phosphorus sorption capacity.

Keywords: **Pyrolysis, Sorption energy, Sorption capacity**

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

کانی‌شناسی توالی لس-خاک قدیمی اواخر پلیستوسن در گرگان، ایران

فائزه شهپوری[1*]، فرهاد خرمالی[2]، حسین تازیکه[3]

۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳ دکتری گروه علوم خاک دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

اگرچه در سالیان گذشته اطلاعات زیادی در خصوص جنبه‌های مختلف رسوبات لسی مربوط به پلیستوسن که در شمال کشور واقع شده‌اند، بدست آمده‌است اما همه این مطالعات لزوم بررسی دقیق‌تر و جزئی‌تر رسوبات لسی و توالی-های خاک‌های دیرین مدفون در آن‌ها را آشکارتر می‌نماید. ضمن اینکه جای خالی نگرش تاثیر تغییر اقلیم بر تحول و تکامل زمین‌نما در مطالعات گذشته احساس می‌شود. در این تحقیق با استفاده از کانی شناسی بخش رس که متاثر از اقلیم است سعی شده‌است تا ضمن کمک به پیش بینی و بازسازی اقلیم گذشته تاثیر تغییرات اقلیمی بر تحول و تکامل زمین نماهای لسی مطالعه گردد. با توجه به مواد مادری لسی و طبق نتایج مطالعات انجام شده در استان گلستان در رژیم‌های رطوبتی که شرایط برای تغییر و تبدیل کانی‌ها نسبتاً مناسب نمی‌باشد بیشتر در خاک شاهد کانی‌های اولیه یا به ارث رسیده هستیم.

واژگان کلیدی: لس، خاک قدیمی، اقلیم گذشته

مقدمه

در اواخر پلیستوسن تغییرات اقلیمی از شرایط سرد و خشک به گرم و مرطوب باعث گسترش رسوبات لسی و خاک‌های قدیمی در شمال ایران شده‌است (Vlaminck et al, 2015). Pécsi (۱۹۹۰) ترکیب کانی‌شناسی اجزاء مختلف لس ها را این گونه بیان کرد: در بخش شن، کوارتز غالب بوده و در بخش سیلت کانی های کوارتز (۳۰-۵۰٪) ، انواع فلدسپارها (۵-۲۰٪) ، کربنات ها (۲۵-۲٪) ، میکا و کلریت (۴-۱۰٪) و کانی های سنگین (۱-۶٪) وجود دارند. در بخش رس درشت و متوسط (۲-۰/۲ میکرون)، ایلیت مهم ترین کانی و در بخش رس ریز (کمتر از ۰/۲ میکرون)، اسمکتیت ها غالب هستند (Muhs et al, 2000). خرمالی و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه کانی‌شناسی خاک‌های لسی در اقلیم‌های مختلف شرق استان گلستان نتیجه گرفتند که با حرکت از منطقه با رژیم رطوبتی زریک خشک (متوسط بارندگی ۳۵۰ میلی‌متر در سال) به سمت منطقه با بارندگی سالیانه ۶۵۰ میلی‌متر (زریک معمولی) بر مقدار کانی اسمکتیت افزوده شده و در منطقه با رژیم رطوبتی یودیک (متوسط بارندگی بیش‌تر از ۷۰۰ میلی‌متر در سال) بر مقدار کانی ورمی‌کولیت افزوده می‌شود. در کمربند لس اروسیا، بیشترین توجه علمی به توالی های لس-خاک جنوب شرق اروپا و آسیای مرکزی شده است (Zeeden et al, 2017; Fitzsimmons et al, 2016) در حالی که اطلاعات نسبتا

کمی در مورد لس های ایران در دسترس است. به همین دلیل، توالی های لس-خاک شمال ایران بایگانی‌های ارزشمندی برای مطالعات تغییرات محیطی گذشته در منطقه هستند (Wang et al, 2017).

مواد و روش‌ها

توالی لس-خاک قدیمی سعدآباد در دامنه¬های شمالی رشته کوه البرز در استان گلستان، در نزدیکی شهر گرگان با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه و ۲۳ ثانیه شمالی واقع شده‌است. به طور کلی محدوده مورد مطالعه دارای آب و هوایی معتدل و نیمه مرطوب است و میانگین بارندگی سالانه ۶۲۰ میلی‌متر دارد. . در مجموع ۵ نمونه به عنوان نماینده ای از افق های خاک تکامل یافته، دو خاک مدرن و افق های لسی برای اندازه گیری های اندازه ذرات توالی لس-خاک قدیمی سعد آباد گرگان گرفته شد.. از هرنمونه رس تفکیک شده به روش کیتریک و هوپ ، چهار تیمار شامل منیزیم، منیزیم و اتیلن گلیکول، پتاسیم در دمای معمولی و پتاسیم در حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد تهیه گردید و سپس اسلایدهای تهیه شده از هر یک از این تیمارها به وسیله دستگاه اشعه ایکس (XRD) مدل Inel در زوایای ۲Θ بین ۲ تا ۳۰ درجه اسکن گردیدند. جهت مطالعه نیمه کمی کانی‌ها از سطح زیر منحنی پیک‌های رده اول کانی‌های یافته شده در تیمار منیزیم-اتیلن گلیکول به عنوان شدت پیک‌ها استفاده شد (Johns et al, 1954).

نتایج و بحث

ترکیب کانی های رسی در خاک تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله مواد مادری، اقلیم، توپوگرافی، پوشش گیاهی، زمان و محیط شیمیایی است. کانی‌های ایلیت، کلریت، کائولینیت و کوارتز کانی‌های موجود در خاک‌های مورد مطالعه بودند (جدول ۱).

ترتیب کانی‌های رسی: ایلیت> کلریت> کائولینیت> کوارتز

جدول ۱- برآورد نیمه کمی ترکیب کانی های بخش رس افق های منتخب منطقه مورد مطالعه.

افق	ایلیت	کلریت	کائولینیت	کوارتز
Bw	+++	++	++	++
ABkb3	+++	++	++	++
CBk	++	++	++	++
ABk	+++	++	++	++
C	+++	+++	++	++

+: <۱۰٪، ++: ۱۰-۲۵٪، +++: ۳۰-۵۰٪، ++++: >۵۰٪

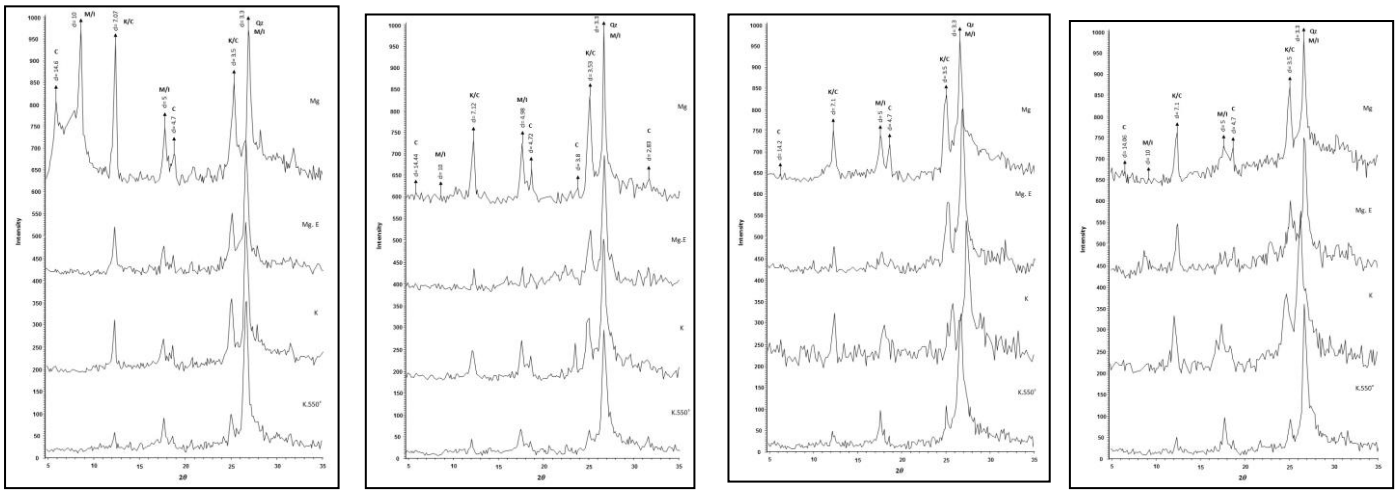
حضور کانی‌های رسی ایلیت و کلریت در مواد لسی بیانگر فرآیند هوادیدگی در زمان تشکیل و حاکم بودن اقلیم سرد و خشک است (Li et al, 2000). کانی ایلیت بطور متوسط فراوان ترین کانی رسی در رژیم رطوبتی زریک می‌باشد و با

توجه به اینکه مواد مادری لسی در منطقه مربوط به دوران یخچالی پلیستوسن و شرایط سرد و خشک می‌باشد و روند خاصی را با افزایش عمق نشان نمی‌دهد منشأ ارثی برای این کانی قابل قبول است. Khormali و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که ایلیت به سایر کانی‌ها که غالباً اسمکتیت می‌باشد تبدیل می‌شود. در رژیم رطوبتی زریک بدلیل شرایط نسبتاً نامناسب‌تر رطوبتی برای تبدیل ایلیت به کانی‌های دیگر مقدار ایلیت زیاد می‌باشد. کانی کلریت بطور واضح در پرتونگاراشعه ایکس بخش رس این پروفیل قابل تشخیص است. کلریت یکی از کانی‌های است که در همه افق‌ها وجود دارد و بیشترین مقدار مربوط به افق C است و در سایر افق‌ها کمتر می‌باشد که نشان دهنده منشا ارثی این کانی است. کانی کلریت در اثر هوادیدگی به کانی‌های بین لایه‌ای کلریت-ورمیکولیت و اسمکتیت تبدیل می‌شود. منشا این کانی در این خاک‌ها ارثی می‌باشد (Wilson, 1999; Khormali and Abtahi, 2003). کانی کائولینیت مقدارش از سطح به عمق نسبتاً ثابت است. با توجه به اینکه Khormali و Abtahi (۲۰۰۳) شرایط اسیدی، فعالیت متوسط Si و اندک بودن کاتیون‌های قلیایی را برای نو تشکیلی کائولینیت از محلول خاک را بیان کردند و با توجه به اینکه شرایط در خاک‌های مورد مطالعه برای تشکیل کائولینیت مناسب نیست و از طرف دیگر میزان تکامل خاک‌های مورد مطالعه در حد متوسطی قرار دارد، به نظر می‌رسد دلیل حضور این کانی به علت منشا ارثی داشتن آن در این خاک‌ها است (Wilson, 1999; Khormali and Abtahi, 2003). کوارتز از مهم‌ترین کانی های غیرفیلوسیلیکاته رسی است که می تواند در ریزترین اندازه ذرات هم در خاک وجود داشته باشد. می تواند منشا ارثی و یا بیوژنیک داشته باشد که حاصل فعالیت های گیاهان و جانوران است و به صورت اجزای باقی مانده در خاک و رسوبات زمین شناسی یافت می شود. مقدار کانی کوارتز از سطح به عمق تغییراتی نشان نمی دهد و می تواند از مواد مادری به ارث رسیده باشد.

در نتیجه در رژیم‌های رطوبتی که شرایط برای تغییر و تبدیل کانی‌ها نسبتاً مناسب نمی‌باشد بیشتر در خاک شاهد کانی‌های اولیه هستیم (کانی‌های به ارث رسیده). کانی‌های ایلیت، کلریت، کائولینیت و کوارتز بیشتر منشا ارثی در خاک‌ها داشتند. خاک‌های مورد مطالعه دارای مواد مادری لسی هستند و طبق نتایج مطالعات انجام شده در استان گلستان، در این خاک‌ها میزان دو کانی ایلیت و کلریت نسبت به کانی‌های دیگر برتری نسبی دارد (خرمالی و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول ۲. راهنمای نتایج کانی‌شناسی افق های انتخابی منطقه مورد مطالعه.

راهنما	
M/I =	mica/ illite
K/C =	kaolinite/ chlorite
C =	chlorite
Qz =	quartz



۲- افق Bw سعدآباد شکل ۳- افق ABkb3 سعدآباد شکل ۴- افق CBk سعدآباد شکل ۵- افق ABk خاک قدیمی سعدآباد شکل ۶- افق C لسی سعدآباد

نتیجه‌گیری

در اواخر پلیستوسن تغییرات شرایط اقلیمی سرد و خشک به گرم و مرطوب منجر به تکامل رسوبات لسی و خاک-های قدیمی در شمال ایران شده‌است. توالی لس-خاک در مطالعه ما نشان می‌دهد که هنگامی که مواد لسی رسوب می‌کنند، براساس نتایج کانی های رسی تحت تاثیر فرآیندهای خاکساز قرار نگرفته‌اند و بیشتر متاثر از خصوصیات مواد مادریشان هستند. درجه‌های مختلف تشکیل خاک حاکی از افزایش رطوبت از شرق به غرب و از شمال به جنوب در دوره حاضر و آخرین دوره بین‌یخچالی است. احتمالاً ، شیب اقلیمی همانطور که اخیراً در شمال شرقی ایران مشاهده شده‌است ، در اواخر پلیستوسن نیز وجود داشته‌است. بنابراین لس و خاک قدیمی در سعدآباد یک الگوی

بازگشت‌کننده را نشان می‌دهند، که با سابقه چینه‌نگاری بخش‌های توشن و مبارک‌آباد مطابقت دارد (Vlaminck et al, 2015; Ghafarpour et al, 2016).

فهرست منابع

خرمالی، ف. و قربانی، ر. ۱۳۸۸. منشأ و پراکنش کانی‌های رسی در خاک‌های منطقه اقلیمی شرق استان گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. شماره ۶.

خرمالی، ف.، قربانی، ر. و عموزاده عمرانی، ر. ۱۳۸۴. منشا و پراکنش کانی‌های رسی در لندفرم‌های مختلف سه حوزه آبخیز شرق استان گلستان. گزارش طرح پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ص ۷۸.

Fitzsimmons, K.E., Sprafke, T., Zielhofer, C., Günter, C., Deom, J.M., Sala, R., Iovita, R., ۲۰۱٦. Loess accumulation in the Tian Shan piedmont: implications for palaeoenvironmental change in arid central Asia. Quaternary International. https://doi.org/ ۱۰,۱۰۱٦/j.quaint.۲۰۱٦,۰۷,۰٤۱.

Ghafarpour, A., Khormali, F., Balsam, W., Karimi, A., Ayoubi, S., 2016. Climatic interpretation of loess-paleosol sequences at Mobarakabad and Aghband, northern Iran. Quaternary Research. 86: 95-109.

Jackson, M.L. 1975. Soil Chemical Analysis. Advanced Course. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soils, Madison, Wisconsin, USA.

Johns, W.D., Grim, R.E., and Bradley, W.F. 1954. Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. J. Sediment Petrol. 24: 242-251.

Khormali, F., Abtahi, A., Mahmoodi, S., and Stoops, G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. Catena. 53: 273-۳۰۱.

Khormali, F., and Abtahi, A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. Clay Minerals, 38: 511-527.

Khormali, F., Kehl, M. 2011. Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in Northern Iran, Quaternary International. 234:109-123.

Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. Soil Science. 96: 312-325.

Li, L., Keller, G., Adatte, T., and Stinnesbeck, W. 2000. Late Cretaceous Sea level changes in Tunisia: A Multi-disciplinary Approach. Special publication 157, Geological Society of London, pp. 447-458.

Mehra, O.P., Jackson, M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner. 5: 317-327.

Muhs, D.R., and Bettis III, E.A. 2000. Geochemical variations in Peoria Loess of western Iowa indicate paleowinds of midcontinental North America during last glaciation. Quaternary Research. 53: 49-61.

Pécsi, M. 1990. Loess is not just the accumulation of dust. Quaternary International. 7/8: 1-12.

Vlaminck, S., Kehl, M., Lauer, T., Shahriari, A., Sharifi, J., Eckmeier, E., Lehndorff, E., Khormali, F., 2015. Loess-soil sequence at Toshan (northern Iran): insights into late Pleistocene climate change. Quaternary International. http:// dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.028.

Wang, X., Wei, H., Khormali, F., Taheri, M., Kehl, M., Frechen, M., Lauer, T., Chen, F., 2017. Grain-size distribution of Pleistocene loess deposits in northern Iran and ist palaeoclimatic implications. Quaternary International. 429 (Part B): 41-51.

Wilson, M.J. 1999. The origin and formation of clay minerals in soils: past, present and 642 future perspectives. Clay Minerals. 34:7-24.

Zeeden, C., Hambach, U., Veres, D., Fitzsimmons, K., Obreht, I., Beosken, J., Lehmkuhl, F., 2017. Millennial scale climate oscillations recorded in the Lower Danube loess over the last glacial period. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.12.029.

Clay mineralogy of loess-paleosol sequence late Pleistocene in Gorgan, Iran

Shahpouri, F[*1]., Khormali, F[2]., Tazikeh, H[3].

[۱] PhD □□□□□□□, □□□□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□, □□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□, □□□□□□□ □□□□□□□□□□ of Technology

[۲] □□□□., □□□□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□, □□□□□□□ □□ □□□□□ □□□ □□□□ □□□□□□ □□□□□□□□□□ □□ Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

[۳] PhD., Soil Science Department, Faculty of Water and Soil Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

Although a lot of information has been obtained in the past years about the different aspects of loess sediments related to the Pleistocene located in the north of the country, all these studies require a more detailed analysis to make it more obvious the loess-paleosols sequences. The application of climate-influenced clay mineralogy in this research has made an effort to forecast and recreate the paleoclimate while also examining the effects of climate change on the evolution of loess landscapes. There are more primary or inherited minerals, according to the Loess parent material and findings from research done in the Golestan region in moisture regimes where conditions are not particularly favorable for modifying and altering minerals.

Keywords: Loess, Paleosol, Paleoclimate

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

منشاء یابی کانونهای داخلی گردوغبار کشور با استفاده از مدل فرسایش پذیری سرزمین

حمیدرضا عظیم زاده[1*]، علی محمد طهماسبی بیرگانی[2]، وحیدموسوی[3]، محمدحسین مختاری[4]،
احدستوده[4]، اصغر مصلح آرانی[4]، مهدی رهنما[5]، ساویز صحت کاشانی[5]، سارا کرمی [5]، عباس رنجبر[5]

۱- عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد؛ * (hazimzadeh@yazd.ac.ir)

۲- دبیر ستاد ملی سیاستگذاری مقابله با گردوغبار سازمان حفاظت محیط زیست

۳-عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۴- عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۵-عضو هیئت علمی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، سازمان هواشناسی کشور

چکیده

گردوغبار یکی از معضلات کنونی کشور و شناخت مناطق مستعد غبارخیزی پیش‌زمینه کنترل آن است. شاخص فرسایش‌پذیری سرزمین مبین حساسیت اراضی به تولید گردوغبار، متاثر از عوامل بافت خاک، رطوبت، پوشش گیاهی و سنگفرش است. این شاخص بدون بعد از نظر عددی بین صفر تا یک و در چهار کلاس کیفی کم-متوسط-زیاد-شدید، در مقیاس مکانی از محلی تا جهانی و در مقیاس زمانی از ساعت تا سال قابل براورد است. پس از تهیه لایه های اطلاعاتی از مجموع مطالعات سازمانهای مختلف مانند سازمان حفاظت محیط زیست، منابع طبیعی و آبخیزداری، زمین شناسی کشور و هواشناسی کشور، پهنه بندی شاخصها در سطح ملی انجام و از تلفیق آن فرسایش پذیری سرزمین محاسبه گردید. مقیاس مکانی وضوح ۱×۱ کیلومترمربع و مقیاس زمانی متوسط ماهانه برای ۱۲ ماه سال در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۲ و واحد کاری پهنه کواترنر کشور با مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ در نظرگرفته شد. نتایج نشان میدهد پهنه مستعد و منشاء گردوغبار کشور دارای مساحت بالغ بر ۳۰،۰۵۱،۸۸۴ هکتار است که دارای انحراف از معیار ۶۱۸،۹۰۹ هکتار در ماههای ۱۲گانه سال است. وسعت کلاسهای کم فرسایش‌پذیری سرزمین۱۸،۸۷۴،۸۷۰±۴۸۶،۹۶۳ هکتار (بیشترین وسعت در بین کلاسها)، فرسایش‌پذیری متوسط برابر با ۲۳۵،۸۶۵±۵،۳۸۸،۱۶۷ هکتار، زیاد ۳۴۶،۲۵۹±۲۰،۸۸۶ هکتار و شدید بالغ بر۵،۴۴۲،۵۸۷±۶۲،۶۷۴ هکتار در طول ۱۲ ماه سال در حال نوسان و تغییر است.

واژگان کلیدی: فرسایش پذیری سرزمین، فرسایش پذیری خاک، فرسایش پذیری رطوبت، فرسایش پذیری پوشش گیاهی، فرسایش پذیری سنگفرش

مقدمه

فرسایش بادی روندی از تخریب سرزمین با پیامدهای جهانی است. درک الگوهای مکانی و زمانی مستعد بودن به فرسایش بادی، برای یکپارچه‌سازی مطالعات فرسایش بادی در مقیاس مکانی و ارتقاء استراتژی‌های مدیریتی برای کنترل محیط‌زیستی آن، ضروری است. بدین لحاظ نیاز به ابزاری برای برآورد حساسیت سرزمین به فرسایش بادی و تولید گردوغبار وجود دارد. از سوی دیگر لازم است تا این موضوع تبین شود که در طول زمان و در واکنش به تغییرات اقلیمی و فشارهای مدیریتی، حساسیت سرزمین به فرسایش بادی چگونه تغییر می‌کند.

اصطلاح " فرسایش‌پذیری سرزمین" اشاره به حساسیت نسبی اراضی به فرسایش بادی دارد. عوامل کنترل فرسایش خاک و زمین در محدوده‌ای از مقیاس‌های مکانی (محلی به جهانی) و زمانی (ثانیه به سال) عمل می‌کند. تغییرات اقلیمی و عوامل مدیریت سرزمین باعث تغییر در فرسایش خاک و شرایط زبری سطح در یک منظر می‌شود. این تغییرپذیری بدان معنی است که فرسایش‌پذیری خاک و سرزمین علاوه بر اینکه دارای پیوستگی مکانی و زمانی است، پویا نیز می‌باشد (Geeves *et al.*, 2000).

فرسایش‌پذیری خاک بستگی به بافت خاک دارد، اما تغییرات رطوبت، خاکدانه‌سازی و سله سطحی باعث تغییر آن خواهد شد (Merrill *et al.*, 1999 ؛ Zobeck, 1991). اثر عناصر غیرقابل فرسایش مانند پوشش گیاهی از طریق پراکندگی نیروی تنش برشی باد بین عناصر زبری و سطح خاک عمل نموده و عامل افزایش ارتفاع زبری و کاهش احتمالی فرسایش می‌شود (Marshall, 1971; Raupach *et al.*, 1993). فاکتورهای کنترل فرسایش‌پذیری سرزمین شامل عواملی است که بر فرسایش‌پذیری خاک، ویژگی‌های سرزمین (پوشش گیاهی و ژئومورفولوژی)، آب و هوا (بارش، بیلان تابش، بادناکی) و مدیریت تأثیر می‌گذارد. در مناطقی که عناصر زبری غیرقابل تخریب در سطح وجود ندارد، فرسایش‌پذیری سرزمین توسط فرسایش‌پذیری خاک کنترل می‌شود. پوشش گیاهی بوته‌ای-علفی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای تغییرات به مراتب سریعتر از پوشش درختچه و درخت و در واکنش به پارامترهای اقلیمی و مدیریت است (Specht and Specht, 1999). حساسیت اراضی به فرسایش بادی به طور معنی‌داری تحت تاثیر افزایش نیروهای همدوستی بین ذرات ناشی از وجود آب است. (Chepil, 1956؛ Belly, 1964؛McKenna-Cornelis and Gabriels, ؛Fécan et al., 1999؛Chen et al., 1996 ؛Neuman and Nickling, 1989 ۲۰۰۳). آثار بافت خاک در فرسایش‌پذیری خاک را می‌توان در مدل‌سازی و محاسبه u^*t بر اساس توزیع اندازه ذرات خاک بدست آورد. این روش در مناطق مختلفی در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی بکار گرفته شده است. مدل‌های WEAM (Shao et al., 1996)، IWEMS (Lu and Shao, 2001) و DEAD (Zender et al., 2003a) از این جمله‌اند. سنگفرش از مهمترین ویژگی های ژئومورفولوژی دشتهای بیابانی به عنوان عامل ایمنی طبیعی است. به عبارت دیگر نقش پوشش گیاهی در مناطق مرطوب را ایفا می‌کند. وجود سنگ و سنگریزه در سطح خاک خواص فیزیکی خاک را متاثر می‌سازد و در کنترل فرسایش آبی و بادی نقش‌آفرین است (عظیم زاده و همکاران، ۱۳۸۱ ؛ عظیم زاده و اختصاصی،۱۳۸۱ ؛ فتوحی و همکاران، ۱۳۸۹).

مناطق مستعد فرسایش بادی به عنوان منشاء و کانونهای گردوغبار محسوب می‌شود. بررسی منشاءیابی کانونهای گردوغبار باید به این نتایج ختم شود که الگوهای مکانی و زمانی این مناطق چگونه است. در این بررسی، با هدف تعیین مناطق منشاء گردوغبار در سطح کشور پس از مطالعه تحقیقات متعدد از اقصی نقاط جهان، مدل ارزیابی

حساسیت فرسایش بادی سرزمین فرسایش‌پذیری سرزمین[1] انتخاب شده است (Webb *et al.*, 2009) . این انتخاب با توجه به مجموعه ویژگیهای مثبت آن نظیر ساده بودن در عین حال در نظر گرفتن پارامترهای مهم و تاثیرگذار و دارا بودن مقیاس منطقه‌ای (حد واسط مقیاس مزرعه و جهانی) انجام شد. لازم به ذکر است در استفاده از این مدل امکان به کارگیری روابط تجربی حاصل از تحقیقات میدانی کشور در محاسبه شاخص‌ها وجود داشت که بر قوت آن و بومی-سازی مدل افزود.

مواد و روش‌ها

مبانی نظری مدل: در این بحث خلاصه چارچوب مدل و روش محاسبه فرسایش‌پذیری سرزمین AUSLEM ارائه خواهد شد. این مدل دارای دو بخش دینامیک شامل پوشش گیاهی و رطوبت خاک و دو جزء ثابت شامل سنگفرش و بافت خاک است. فرسایش‌پذیری سرزمین در این مدل به صورت بدون بعد و در دامنه صفر تا یک در نظر گرفته می‌شود تا بیانگر میزان نسبی مستعد بودن اراضی به فرسایش بادی باشد. در این حالت مقدار کمی تلفات خاک یا فرسایش برآورد نمی‌شود. در این مدل فرسایش‌پذیری اراضی به صورت پیوسته بین مقادیر صفر (فاقد فرسایش‌پذیری) تا یک (به شدت فرسایش‌پذیر) تقسیم می‌شود. فاکتورهای تجمعی تعیین کننده فرسایش‌پذیری سرزمین Er از حاصلضرب اجزاء زیر بدست می‌آید:

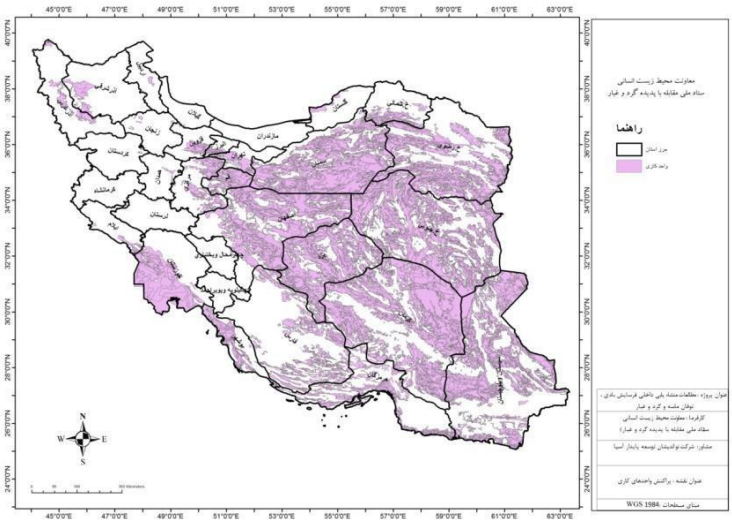
$$Er = Etx \,.\, Egc \,.\, Ew. \, Erk \qquad (۱)$$

که در آن؛ Etx شاخص تاثیر بافت خاک، Egc شاخص تاثیر پوشش گیاهی، Ew شاخص تاثیر رطوبت خاک، Erk شاخص تاثیر پوشش سنگفرش و اجزاء درشت سنگی بر فرسایش‌پذیری سرزمین است. مدل با ترکیب لایه‌ها در نرم-افزار ArcGIS اجراء می شود. در این بررسی مدل در مقیاس مکانی با وضوح مکانی ۱×۱ کیلومترمربع و در مقیاس زمانی در بازه زمانی ماهانه اجرا شد.

روش تحقیق: در تهیه نقشه واحد کاری از نقشه واحدهای زمین شناسی سطحی کشور شامل تمام واحدهای سنگی و رسوبی ایران که شکل‌گیری آن ها در دوره کواترنری بوده و با مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ استفاده شده است. سپس این نقشه به عنوان نقشه پایه با نقشه رخساره‌های کلان ژئومرفولوژی کشور و نقشه مناطق تحت تاثیر فرسایش بادی تلفیق و در نهایت واحد کاری زمینی تعیین گردید. لازم به یادآوری است که در مناطقی از محدوده طرح حاضر که هریک از نقشه رخساره های کلان ژئومرفولوژی کشور و یا نقشه های برداشت،حمل و رسوب‌گذاری فرسایش بادی (مناطق تحت تاثیر فرسایش بادی) موجود نبود بر اساس تلفیق دو لایه مابقی و درصورت نبود هیچکدام از نقشه های اخیر، نقشه کواترنری ملاک عمل قرار گرفته است. در نهایت و پس از حذف پلی‌گونهای کمتر از ۱۰۰۰ هکتار ، تعداد ۷۲۳

[1] AUSLEM (Australian Land Erodibility Model)

واحدکاری یا واحد همگن به مساحت بیش از ۷۱ میلیون هکتار برای کل کشور حاصل گردید. در شکل ۱ پراکنش واحدهای کاری در کشور ارائه شده است.



شکل ۱: پراکنش واحدهای کاری شناسایی کانونهای گردوغبار کشور

در هریک از واحدهای کاری بر مبنای اطلاعات حاصل از تصاویر ماهواره‌ای شاخص‌های چهارگانه مدل AUSLEM محاسبه و مدل اجرا شد.

جدول ۱: معادلات بکار رفته در مدل AUSLEM

شاخص	فرمول	شرح
Etx	$Q=a.clay\%^{b}$	a , b ضرایب ثابت، $clay$ درصد رس، Q فرسایش پذیری خاک $gm^{-1}s^{-1}$
Egc	$Egc=e^{-\beta.gc}$	β ضریب کاهشی تاثیر پوشش گیاهی بر تلفات خاک و gc درصد پوشش گیاهی
Ew	$Ew=e^{-bw}$	b ضریب کاهشی فرسایش پذیری ناشی از رطوبت
Erk	$Erk=e^{-b.rk}$	b ضریب کاهشی فرسایش پذیری ناشی از سنگفرش

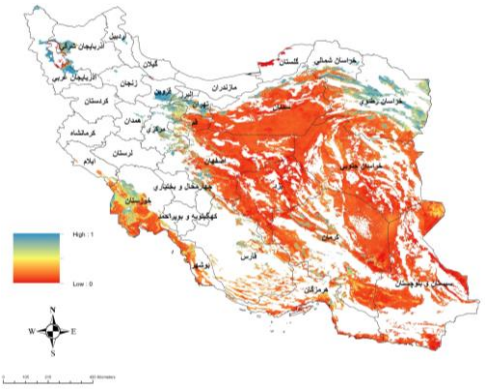
نتایج و بحث

با توجه به شکل ۲ که پهنه‌بندی فرسایش‌پذیری سرزمین از نظر رطوبت (میانگین ۱۳۹۶-۱۳۹۲) را نشان می‌دهد، بخش عمده‌ای از سطح کشور از نظر رطوبتی خشک است و تنها در محدوده‌هایی از اراضی کشاورزی که دارای پراکنش در اطراف کانون‌های جمعیتی است، در طول سال تغییرات رطوبت تاثیرگذار در غبارخیزی است. بررسی‌ها نشان میدهد شاخص رطوبت فرسایش‌پذیری سرزمین استان‌های سمنان، اصفهان، کرمان، سیستان و بلوچستان، جنوب خوزستان، بوشهر، گلستان، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و بخش عمدهای از استان خراسان جنوبی را در کلاس شدید و زیاد قرار داده است. وسعت پهنه های این دو کلاس به ترتیب ۵۶ و بالغ بر ۳۱ درصد است. بررسی انحراف از

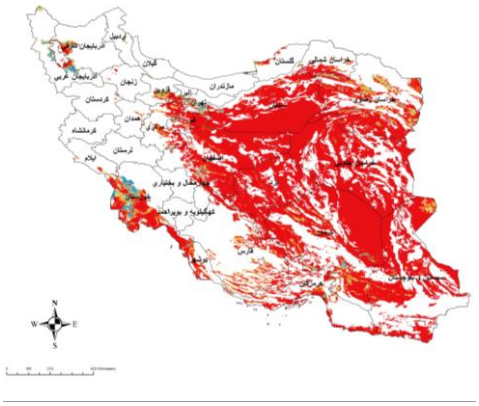
معیار پهنه های مستقر برای هر یک از این دو کلاس، بیش از ۳ میلیون هکتار در سال است. کلاس فرسایش پذیری رطوبت متوسط کمتر از ۴ و کلاس کم بیش از ۹ درصد را به خود اختصاص داده است. مطابق نتایج ارائه شده در شکل۳ میانگین شاخص پوشش گیاهی با استفاده از میانگین ماهانه دوره مطالعات ۵ ساله از ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ محاسبه شده است. همانگونه که از پهنه‌بندی شاخص پوشش گیاهی فرسایش‌پذیری سرزمین مشخص است، بیش از ۹۳ درصد از مساحت واحدهای کاری کشور از نظر این شاخص دارای کلاس فرسایش‌پذیری شدید است و دارای پوشش گیاهی فقیر است. وسعت پهنای شاخص فرسایش‌پذیری سرزمین پوشش گیاهی در کلاس شدید دارای انحراف از معیاری معادل ۱/۷۲ میلیون هکتار طی ۱۲ ماه سال است. مطابق نتایج حاصل از شکل ۴ شاخص پوشش سنگفرش، وسعت بخش قابل توجهی از واحدهای کاری (بالغ بر ۸۰ درصد پهنه) دارای فرسایش‌پذیری سنگفرش کم است. به عبارت دیگر دارای پوشش سنگفرش با ارزش حفاظتی است. حفظ این سطوح دارای پوشش سنگفرش، به دلیل همترازی اثر آن‌ها با پوشش گیاهی یکی از موارد مهمی است که باید برای مقابله با فرسایش بادی و گرد وغبار در اولویت قرار گیرد. در این خصوص حدود ۱۱ درصد پهنه واحدهای کاری متوسط، ۱/۵ درصد زیاد و ۷/۶۸ درصد دارای فرسایش پذیری شدید است. مطابق نتایج شکل ۵، در خصوص فرسایش‌پذیری بافت خاک حدود ۵۵ درصد از وسعت محدوده مورد مطالعه در واحدهای کاری دارای کلاس فرسایش‌پذیری متوسط است. مساحت محدوده‌های با کلاس کم رتبه دوم را در بین کلاسها دارد و بالغ بر ۳۶ درصد مساحت واحدهای کاری برآورد شده است. در رتبه سوم از نظر وسعت، پهنه‌هایی است که دارای کلاس شدید (بیش از ۷ درصد وسعت محدوده واحدهای کاری) است. در حدود کمتر از ۲ درصد از واحدهای کاری در کلاس زیاد از نظر فرسایش پذیری بافت خاک قرار می‌گیرد. در شکل ۶ پهنه‌بندی فرسایش پذیری سرزمین ارائه شده است. مطابق این نقشه بیش از ۳۰ میلیون هکتار از اراضی کشور به عنوان منشاء گردوغبار قلمداد می شود.

نتیجه‌گیری

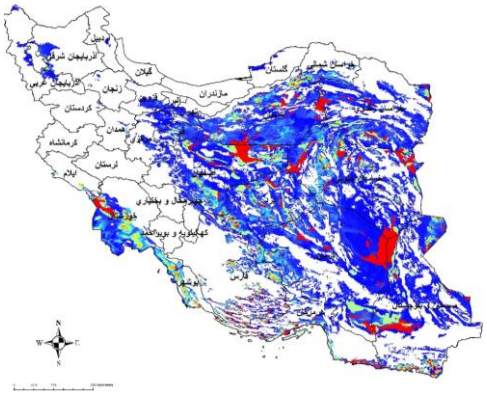
وسعت مناطق دارای پتانسیل غبارخیزی در عرصه واحدهای کاری بالغ بر ۳۰،۰۵۱،۸۸۴ هکتار است که دارای انحراف از معیار ۶۱۸،۹۰۹ هکتار در ماههای ۱۲ گانه سال است. این اراضی با توجه به رقم فرسایش پذیری که بین صفر تا یک و در چهار کلاس کیفی کم، متوسط، زیاد و شدید طبقه‌بندی شد. وسعت کلاسهای کم فرسایش پذیری سرزمین در ماههای مختلف سال ۱۸،۸۷۴،۸۷۰ هکتار از مناطق مورد مطالعه را در قالب واحدکاری می‌پوشاند. انحراف از معیار کلاس کم بالغ بر ۴۸۶،۹۶۳ هکتار در ماههای مختلف سال برآورد شده است. بیشترین وسعت در بین کلاسهای فرسایش‌پذیری سرزمین مربوط به کلاس کم است. کلاس فرسایش‌پذیری متوسط در سطحی برابر با ۱۶۷،۵،۳۸۸ هکتار و با انحراف از معیار ۲۳۵،۸۶۵ هکتار در سال تغییر می‌کند. وسعت کلاسهای کم فرسایش‌پذیری سرزمین۴۸۶،۹۶۳±۱۸،۸۷۴،۸۷۰ هکتار (بیشترین وسعت در بین کلاسها)، فرسایش‌پذیری متوسط برابر با ۲۳۵،۸۶۵±۵،۳۸۸،۱۶۷ هکتار، زیاد ۳۴۶،۲۵۹±۲۰،۸۸۶ هکتار و شدید بالغ بر۶۲،۶۷۴±۵،۴۴۲،۵۸۷ هکتار در طول ۱۲ ماه سال در حال نوسان و تغییر است.



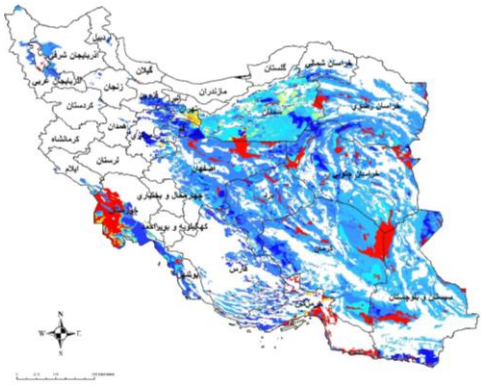
شکل ۲: شاخص فرسایش پذیری رطوبت کشور (۱۳۹۶-۱۳۹۲)



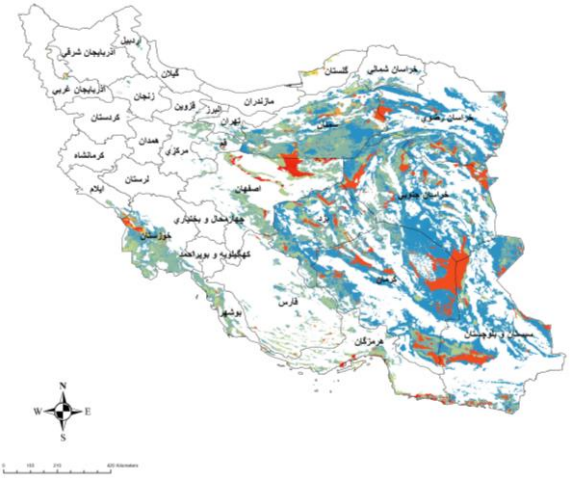
شکل ۳: شاخص فرسایش پذیری پوشش گیاهی (۱۳۹۶-۱۳۹۲)



شکل ۴: شاخص فرسایش پذیری سنگفرش کشور



شکل ۵: فرسایش پذیری بافت خاک کشور



شکل ۶: مناطق منشاء گردوغبار کشور بر مبنای فرسایش پذیری سرزمین - میانگین (۱۳۹۶-۱۳۹۲)

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه یزد، ریاست پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، ریاست محترم پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، معاونت محترم محیط انسانی سازمان حفاظت محیط زیست و دفتر بررسی مخاطرات زمین شناسی، زیست محیطی و مهندسی سازمان زمین شناسی کشور تشکر و سپاس خود را ابراز می داریم.

فهرست منابع

عظیم زاده، ح . ر و اختصاصی، م . ر . ، ۱۳۸۱ . فرسایش بادی : مطالعه تأثیر خصوص یات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش پذیری بادی و ارایه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد - اردکان . مجله علوم - کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ، شماره اول، ص ۱۳۹،۱۵۲

عظیم زاده، ح. ر. و اختصاصی، م. ر.، حاتمی م.، و اخوان قالیباف م.، ۱۳۸۱، مطالعه تاثیر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک در شاخص فرسایش‌پذیری بادی خاک و ارائه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد اردکان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره اول.

فتوحی، ف، . عظیم زاده، ح . ر . ، اختصاص ی، م . ر . و طالبی ، ع . ، ۱۳۸۹ . بررسی کاهش مخاطرات مناطق خشک ناشی از پوشش سنگفرش بیابانی و تأثیر آن بر فرسایش پذیری و سرعت آستانه فرسایش بادی (مطالعه موردی : بخشی از دشت یزد - اردکان). اولین همایش ملی کویر، فرصتها وتهدیدات . دانشگاه بیرجند

Belly, P.Y., 1964. Sand movement by wind. U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, Technical Memorandum, 1: 1 - 38.

Chen, W., Zhibao, D., Zhenshan, L., Zuotao, Y., 1996. Wind tunnel test of the influence of moisture on the erodibility of loessial sandy loam soils by wind. Journal of Arid Environments, 34(4): 391-402.

Chepil, W.S., 1956. Influence of Moisture on Erodibility of Soil by Wind. Soil Science Society Proceedings, 20: 288 - 291.

Cornelis, W.M., Gabriels, D., 2003. The effect of surface moisture on the entrainment of dune sand by wind: an evaluation of selected models. Sedimentology, 50(4): 771-790. 69.

Fécan, F., Marticorena, B., Bergametti, G., 1999. Parameterization of the increase of the aeolian erosion threshold wind friction velocity due to soil moisture for arid and semiarid areas. Annales Geophysicae, 17(1): 149-157.

Geeves, G.W., Leys, J.F., McTainsh, G.H., 2000. Soil Erodibility. In: P.E.V. Charman, Murphy, B.W. (Editor), Soils: their properties and management. Oxford University Press, Melbourne.

Marshall, J.K., 1971. Drag measurements in roughness arrays of varying density and 99. distribution. Agricultural Meteorology, 8: 269-292.

McKenna Neuman, C., Nickling, W.G., 1989. A theoretical and wind tunnel investigation of the effect of capillary water on the entrainment of sediment by wind. Canadian Journal of Soil Science, 69: 79-96.

Merrill, S.D., Black, A.L., Fryrear, D.W., Saleg, A., Zobeck, T.M., Halvorson, A.D., Tanaka, D.L., 1999. Soil wind erosion hazard of spring wheat-fallow as affected by long-term climate and tillage. Soil Science Society of America Journal, 63: 1768-1777.

Shao, Y., Raupach, M.R., Leys, J.F., 1996. A model for predicting aeolian sand drift and dust entrainment on scales from paddock to region. Australian Journal of Soil Research, 34: 309-342.

Specht, R.L., Specht, A., 1999. Australian plant communities: dynamics of structure, growth and biodiversity. Oxford University Press, Melbourne, 492 pp.
Webb, N. P., H. A. McGowan, S. R. Phinn, G. H. McTainsh, and J. F. Leys (2009), A model to predict land susceptibility to wind erosion in western Queensland, Australia, Environ. Model. Software, 24, 214 – 227, doi:10.1016/j.envsoft.2008.06.006.
Zender, C.S., Bian, H., Newman, D., 2003a. The Mineral Dust Entrainment and Deposition (DEAD) Model: Description and 1990s Dust Climatology. Journal of Geophysical Research, 108(D14): 4416-4439.
Zobeck, T.M., 1991. Soil properties affecting wind erosion. Journal of Soil and Water Conservation, 46: 112 - 118.

Dust sources and origins in Iran based on the Land Erodibility model

H.R. Azimzadeh*[1], A.M. Tahmasebi Birgani[2], V. Mosavi[3], M.H. Mokhtri[4], A. Sotoudeh[4], A. Mosleh Arani[4], M. Rahnama[5], S. Sehat[5], S. Karami[5], A. Ranjbar[5]
1- Yazd University (hazimzadeh@yazd.ac.ir)
2- DOE, Secretary of Iran's National Dust Management headquarters
3- Tarbiat Modares University, Natural Resources Faculty
4- Yazd university
5- IR of Iran Meteorological Organization, IRIMO

Abstract

Dust emission is a significant problem in the country, and a thorough understanding of areas susceptible to dust can assist in determining effective control measures. The Land erodibility index indicates how susceptible to dust emission the land is, influenced primarily by soil texture, soil moisture, vegetation, and rock fragment paving factors. These factors represent dimensionless indices, which can be calculated numerically between zero and one and classified into four quality classes: low-moderate-high-severe, on a spatial scale from local to global, and on a timescale from hours to years. After preparing layers of information from all the studies of different organizations such as Iran EOD, NRWM, GSME, and IRIMO, zoning of Erodibility Indices was done at the national level and the erodibility of the land was calculated. We utilized a 1x1 km^2 resolution and a 12-month average timescale for 2016-2016, employing a mapping work unit of the country's Quaternary zone with a scale of 1:1,000,000. The results reveal that the susceptible area and source of dust emission in the country covers 30,051,884 ha, which deviates from the standard by 618,909 ha across the 12 months of the year. In total, 486,963±18,874,870 ha of land have low, 235,865±5,388,167 ha have average, 20,886±346,259 ha have high, and 62,674±5,442,587 ha have extreme land erodibility, which fluctuates throughout the year.

Keywords: Land Erodibility, Vegetation cover Erodibility, Soil Moisture Erodibility, Rock Fragment Erodibility, soil Texture Erodibility

وزارت علوم، تحقیقات وفناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ویژگی‌های شیمیایی خاک در کاربری‌ها و فصل‌های مختلف

شکوفه اصغرزاده[۱]، مسعود بازگیر[۲*]، مهدی حیدری[۳]، فرهاد قاسمی آقباش [۴]

۱-کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.
۲-دانشیار گروه مهندسی خاک و آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: m.bazgir@ilam.ac.ir
۳- دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.
۴- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر.

چکیده

جهت مدیریت و حفظ حاصلخیزی خاک بررسی شاخص‌های کیفی خاک از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف این پژوهش بررسی خصوصیات شیمیایی خاک در کاربری‌ها و فصل‌های مختلف در استان ایلام می‌باشد. بر این اساس، در سه کاربری باغ، جنگل و کشاورزی در سه فصل بهار، تابستان و پاییز، تعداد ۲۱ نمونه خاک سطحی (۰-۱۵ سانتی‌متر) از هر کاربری (جمعاً ۶۳ نمونه خاک) نمونه برداری و برای اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی نظیر اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر و پتاسیم قابل جذب به آزمایشگاه منتقل گردید. تجزیه‌های آماری به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم افزار SAS انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده بین ویژگی‌های شیمیایی خاک در فصل و کاربری‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. نتایج نشان داد pH خاک در کاربری کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها به طور معنی‌داری ($p<0.05$) معنی‌داری بیشتر بود. همچنین، میزان نیتروژن کل خاک در کاربری جنگل نسبت به کاربری کشاورزی و باغ در فصل‌های مختلف کمتر تعیین گردید. علاوه بر این، بیشترین میزان فسفر و پتاسیم درکاربری باغ به ترتیب با ۱۸/۲ و۶۸۴/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین در کاربری جنگل به ترتیب با ۱۱/۶ و ۴۲۷/۳ میلی‌گرم برکیلوگرم بود.

کلمات کلیدی: کشاورزی، جنگل، ماده آلی خاک، پتاسیم قابل جذب، اسیدیته خاک

مقدمه

خاک یکی از عوامل اساسی تشکیل دهنده هر اکوسیستمی است که به عنوان یک منبع حیاتی، نقش مهمی در انجام وظایف اقتصادی، اجتماعی و محیطی ایفا می‌کند. امروزه به دلیل استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و تغییر کاربری از اکوسیستم‌های طبیعی به مدیریت شده، همچنین کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی عملکرد خاک دچار مشکل شده است. تعیین اثرات کاربری بر خاک، از طریق مطالعه و ارزیابی شاخص‌های کیفیت خاک امکان‌پذیر است. این اثرات می‌تواند محدوده وسیعی از تغییر ویژگی‌های خاک شامل ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک باشد (مهماندوست و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعه کیفیت خاک در شناسایی اثر مدیریت‌های متفاوت در

عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی از جمله تخریب مراتع، جنگل‌ها و احیا اراضی از اهمیت زیادی برخوردار است (بریجدا و همکاران ، ۲۰۰۰). هدف اصلی این پژوهش بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک در فصول مختلف در سه کاربری جنگل، کشاورزی و باغ بود. این بررسی منعکس‌کننده تأثیر مدیریت بر کیفیت خاک در کوتاه‌مدت بوده است که راه‌حل مفیدی در جهت شناخت مدیریت‌های پایدار خاک در هر منطقه به منظور جلوگیری از تخریب خاک، تولید پایدار و حفظ محیط زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل تحقیق در دانشگاه ایلام با طول جغرافیایی(″۵۲ ,′۲۲ ,°۴۶) و عرض جغرافیایی (″۲۲ ,′۲۹ ,°۳۳) واقع شده است. در این مطالعه ۶۳ نمونه خاک از سه کاربری ذکر شده در هر فصل بهار، تابستان و پاییز برداشت شدند (در هر فصل از هر کاربری ۲۱ نمونه خاک جمع آوری شد). نمونه‌های خاک از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک به منظور بررسی پارامترهای شیمیایی خاک برداشت شدند. در این پژوهش pH خاک توسط دستگاه pH متر، کربن آلی به روش والکی و بلاک)، فسفر خاک به روش السن و پتاسیم از طریق دستگاه فلیم فتومتر مورد بررسی قرار گرفتند (زرین کفش،۱۳۷۰).

نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک در کاربری و فصل‌های مختلف

بر اساس نتایج حاصل از جدول (۱) پارامترهای شیمیایی خاک به جز کربن آلی تحت تأثیر فصل قرار گرفتند و در سطح یک درصد معنی دار شدند. همچنین، اثر متقابل دوگانه فصل× کاربری بر میزان اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی وکربن آلی اثر گذار بود ($P<0.01$).

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسیدیته خاک	کربن آلی	نیتروژن کل	پتاسیم
فصل	۲	۰/۳۳**	۱/۰۳۲^{ns}	۰/۰۱۶**	۳۹/۹۹**
کاربری	۲	۰/۷۷**	۳۵/۳۵**	۰/۰۲۱**	۲۳/۵۵**
فصل×کاربری	۲	۰/۱۹**	۷/۶۹۹**	^{ns}۰/۰۰۲	۱۹/۵۶**

* معنی داری در سطح ۵ درصد ** معنی داری در سطح ۱درصد ^{ns} غیر معنی دار

در کاربری کشاورزی میزان نیتروژن کل نسبت به کاربری باغ و جنگل بیشتر و بین سایرکاربری‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دیده شد. اسیدیته در کاربری های باغ و کشاورزی اختلاف معنی‌دار نداشت، اما در کاربری جنگل

این ویژگی معنی‌دار ($p<0.05$) گشت (جدول۱). تغییرات اسیدیته خاک به به مقدار بارندگی مرتبط دانست. نتایج این پژوهش با نتایج محققین دیگر نظیر پاتو و همکاران، ۱۳۹۵؛ و پسندیده و همکاران، ۱۳۹۵ مطابقت دارد.

جدول۲- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی خاک در کاربری‌های مختلف

منبع تغییرات	اسیدیته خاک	نیتروژن کل (٪)	کربن آلی(٪)	پتاسیم (mg/kg)
جنگل	۷/۲۲^{b}±/۰۲۳	۱۱/۳۵^{b}±/۰۲	۱/۳۸^{a}±/۲۵	۴۲۷/۳۱۲^{b}±۳۴/۸۵
کشاورزی	۷/۳۵^{a}±/۰۲۳	۱۹/۱۳^{a}±/۰۲	۱/۳۵^{a}±/۷۵	۵۷۴/۵۹^{a}±۳۳/۸۸
باغ	۷/۱۶ ^{ab}±/۰۲۳	۱۷/۸۴^{a}±/۰۲	۲/۲۷^{a}±/۰۳	۶۸۴/۶۳^{a}±۳/۲۵

میزان اسیدیته خاک در کاربری کشاورزی در فصل پاییز با مقدار ۷/۳ بیشتر از دو کاربری دیگر بود. در کاربری جنگل در فصل تابستان بیشتربن میزان اسیدیته خاک مربوط به کاربری باغ با مقدار۷/۶ بود. در این پژوهش میزان pH خاک در کاربری کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. لال (۲۰۰۴) علت افزایش اسیدیته خاک در اراضی تحت مدیریت را وابسته به فعالیت‌ها و نحوه مدیریت در کودهی و میزان آبیاری یا بارندگی بیان کرد. نتایج این پژوهش با نتایج محققینی نظیر واحدی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

بر اساس جدول (۱)، عنصر غذایی پتاسیم، تحت تأثیر اثر فصل قرار گرفتند و در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. با توجه به نتایج بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب در کاربری باغ به ترتیب با ۱۸/۲ و۶۸۴/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین در کاربری جنگل ۴۲۷/۳ میلی‌گرم برکیلوگرم بود.

میزان پتاسیم در کاربری جنگل در فصل تابستان با ۷۴۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین و در کاربری باغ با میزان ۲۵۸/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین بود (شکل۱). پتاسیم به مقدار کود شیمیایی، بقایای گیاهی و آلی، آب آبیاری و نوع رس بستگی دارد (سی یرز، ۲۰۰۳). در این پژوهش میزان پتاسیم در کاربری جنگل بیشتر از کاربری باغ و کشاورزی به‌دست آمد زیرا در کاربری جنگل به دلیل وجود مواد آلی حاوی پتاسیم ، نوع بافت خاک (Clay) و رطوبت، میزان پتاسیم بیشتر از سایر کاربری‌ها شد. علت کم شدن پتاسیم در فصل پاییز درکاربری کشاورزی و باغ را می‌توان به جذب پتاسیم توسط ریشه درختان و گیاهان نسبت داد.

شکل ۱- مقایسه میانگین و اثر فصل بر میزان پتاسیم قابل دسترس خاک در کاربری‌های مختلف

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش میزان اسیدیته خاک در کاربری کشاورزی در فصل پاییز با مقدار ۷/۳ بیشتر از دو کاربری دیگر بود. در فصل بهار بین کاربری باغ و جنگل مختلف اختلاف معنی‌داری دیده نشد اما کاربری کشاورزی با مقدار۷ کمتر بود. ولی در کاربری جنگل در فصل تابستان بیشتربن میزان اسیدیته خاک مربوط به کاربری باغ با مقدار۷/۶ بود. میزان کربن آلی در فصل بهار در کاربری باغ با ۵/۲ درصد بیشترین و در کاربری جنگل با ۱/۳درصد کمترین میزان را نشان داد. همچنین بین میزان کربن آلی در فصل‌ها و کاربری‌های مختلف اختلاف معنی‌داری دیده شد. کاربری باغ در فصل بهار با میزان ۲۰/۲ درصد بیشترین و جنگل درفصل تابستان با میزان ۶/۸ درصد کمترین میزان نیتروژن را داشتند اما در فصل پاییز و تابستان در کاربری‌های مختلف اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در این پژوهش میزان پتاسیم در کاربری جنگل بیشتر از کاربری باغ و کشاورزی به‌دست آمد زیرا در کاربری جنگل به دلیل وجود مواد آلی حاوی پتاسیم ، نوع بافت خاک (Clay) و رطوبت، میزان پتاسیم بیشتر از سایر کاربری‌ها شد. علت کم شدن پتاسیم در فصل پاییز درکاربری کشاورزی و باغ را می‌توان به جذب پتاسیم توسط ریشه درختان و گیاهان نسبت داد.

منابع

- پاتو، م.، صالحی، ع.، امیری، ق.، شفیعی، ع. (۱۳۹۵). ذخیره کربن و رابطه آن با ویژگی های فیزیکی و شیمیایی در خاک کاربری های مختلف در منطقه زاگرس شمالی، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، صفحه ۷۴۷-۷۵۶.
- پسندیده، م.، ملکوتی، م.، محمد اسماعیل، ز.، شهبازی، ک. (۱۳۹۷). بررسی وضعیت فسفر خاک در اراضی کشاورزی پارس آباد مغان، نشریه پژوهش های خاک، جلد ۳۲، شماره ۳، صفحه ۳۴۳-۳۵۴.
- مهمان‌دوست، ف.، اولیایی، ح.، ادهمی، ا.، نقی‌ها، ر.، (۱۳۹۸). تغییر ویژگی‌های زیستی شیمیایی و حاصلخیزی خاک در نتیجه تغییر کاربری، نشریه علوم آب و خاک ، دوره ۲۳، شماره ۴، صفحه ۱۵۴-۱۴۱، ۱۳۹۸.

- واحدی، ع. ا، متاجی، ا و س. م، حجتی، (۱۳۹۳). مدلسازی مخزن کربن آلی خاک در رابطه با ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک در جنگل گلندرود در شمال ایران، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۱: (۲۸)، ۵۳-۶۲،
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. science, 304(5677), pp.1623-1627.
- Syers, K.J., 2005. Soil and plant potassium in agriculture a review. *Naw. Nawoż*, *3*(24), pp.9-36

Soil chemical properties in different land uses and climate

Shokoofe Asgharzadeh[1], Massoud Bazgir[2*], Mehdi Heydari[3], Farhad Ghasemi Aqbash
1- Master of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ilam University.
*2- Associate Professor, Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University.
Corresponding author: m.bazgir@ilam.ac.ir
3- Associate Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University.
4- Assistant Professor, Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University.

Abstract
In order to manage and maintain soil fertility, it is very important to check soil quality indicators. The purpose of this research is to investigate the chemical properties of soil in different uses and seasons in Ilam province. Based on this, in the three uses of garden, forest and agriculture in the three seasons of spring, summer and autumn, 21 surface soil samples (0-15 cm) from each use (63 soil samples in total) were taken and measured. Chemical characteristics such as soil acidity, electrical conductivity, organic carbon, total nitrogen and absorbable phosphorus and potassium were transferred to the laboratory. Statistical analysis was done in factorial form in completely randomized design by SAS software. Based on the obtained results, a significant difference was observed between the chemical characteristics of the soil in different seasons and uses. The results showed that soil pH was significantly ($p<0.05$) higher in agricultural use than in other uses. Also, the amount of total soil nitrogen in forest use was determined to be lower than in agriculture and garden use in different seasons. In addition, the highest amount of phosphorus and potassium was found in garden use with 18.2 and 684.6 mg/kg, respectively, and the lowest in forest use with 11.6 and 427.3 mg/kg, respectively.

Key words: Agriculture, Forest, Soil organic matter, Availed potassium, Soil acidity

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

ارزیابی توانایی تشکیل بیوفیلم توسط اجزای باکتریایی کود زیستی فسفات بارور ۲

اسماعیل کریمی[۱*]، سیما اصل یزدانی[۲]، علی اصغر علیلو[۳]

۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. * پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله
sm_ka80@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه.

۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه.

چکیده

ارزیابی تشکیل بیوفیلم باکتریایی می‌تواند به عنوان معیاری در جهت ارزیابی توانایی کلونیزاسیون ریشه گیاهان توسط اجزای باکتریایی کودهای زیستی فسفر مانند فسفات بارور۲ در نظر گرفته شود. نظر به توزیع تجاری گسترده این کود در کشور، این مطالعه در شرایط آزمایشگاهی جهت ارزیابی توان تشکیل بیوفیلم توسط باکتری‌های p5 *Pantoea agglomerans* و p13 *Pseudomonas putida* در ترشحات ریشه دو رقم گیاه گندم و یک رقم جو انجام شد. نتایج نشان دادند که هر دو باکتری قادر به تشکیل بیوفیلم در مواجهه با ترشحات ریشه گیاهان مذکور می‌باشند. میزان تشکیل بیوفیلم در همه شرایط توسط سویه p5 بیشتر از p13 بوده و اختلاط دو باکتری در ترشحات ریشه گندم رقم هما باعث افزایش توان تشکیل بیوفیلم و در سایر موارد باعث کاهش توان تشکیل بیوفیلم نسبت به حالت تک تلقیحی سویه p5 شد. بیشترین میزان تشکیل بیوفیلم توسط اجزای زیستی به صورت جداگانه در ترشحات ریشه جو و به حالت ترکیبی در ترشحات ریشه ای گندم رقم هما اتفاق افتاد. با توجه به نتایج این مطالعه به نظر می‌رسد که نوع گیاه در بهره‌گیری از فواید کود زیستی بسیار مهم بوده و لازم است که کودهای زیستی از این نظر برای گیاهان پرکشت در کشور مورد ارزیابی واقع شوند.

واژگان کلیدی: ترشحات ریشه، کریستال ویوله، کلنیزاسیون ریشه

مقدمه

یافته‌های اخیر نشان داده‌اند که نوع باکتری مایه‌زنی شده و نوع گیاه میزبان در پاسخ به مایه‌زنی با کودهای زیستی تاثیر بسیار مهمی داشته و از این‌رو ضرورت دارد که قبل از هر گونه توصیه‌ای برای کاربرد کودهای زیستی سازگاری با گیاهان میزبان مورد توجه قرار گیرد (Karimi et al., 2022). کلنیزاسیون ریشه گیاهان زراعی توسط ریزوباکتری‌های معرفی شده و استقرار پایدار در ریزوسفر، یکی از مهمترین عوامل موفقیت در کاربرد کودهای زیستی به شمار می‌رود، بنابراین فرآیند کموتاکسی، تشکیل بیوفیلم و تشکیل میکروکلنی‌ها توسط باکتری‌های محرک رشد در سطح ریشه که از فرآیندهای کلنیزاسیون ریشه‌های گیاهان به شمار می‌روند، بسیار مهم می‌باشند. این فرآیندها وابسته به ترشحات ریشه گیاه میزبان بوده و با توجه به تفاوت ترشحات ریشه در گیاهان پاسخ باکتری یکسان نخواهد بود (Feng et al., ۲۰۲۱). بیوفیلم باکتریایی یک ساختار پیچیده و منظم در سطح یک مایع یا یک جامد بوده که از کمپلکس ترشحات

میکروبی نظیر پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه به همراه باکتری‌های داخل آن تشکیل می‌شود و به خاطر خاصیت آبدوستی که دارد ۹۷ درصد آن را آب تشکیل می‌دهد (Kaushal and Wani, 2015). زندگی بیوفیلمی نسبت به حالت پلانکتونی (آزادزی) شانس بقای باکتری را در شرایط تنش از جمله شرایط تنش آبی افزایش داده و باعث تداوم فعالیت محرک رشدی باکتری در شرایط مذکور می‌شود. علاوه بر این بدلیل شباهتهای ژنتیکی در فرآیند تشکیل بیوفیلم و کلنیزاسیون ریشه گیاهان انتظار می‌رود توانایی کلنیزاسیون ریشه در اینگونه باکتری‌ها بالا بوده و در رقابت‌های میکروبی شانس بالایی برای کلنیزه کردن ریشه گیاهان داشته باشند. مشخص شده که باسیلوس‌هایی با توان تشکیل بیوفیلم بالا در شرایط آزمایشگاهی، توانستند به طور موثری گیاه آرابیدوپسیس را کلنیزه نمایند (Dietel et al. 2013). کود فسفاته یکی از پرمصرفترین کودهای شیمیایی در کشاورزی ایران بوده و جدیدترین آمارها بر طبق گزارش رسمی جراید کشور سالانه ۶۰۰ هزارتن کود فسفاته در بخش کشاورزی مورد نیاز است که وارداتی بوده و نیازمند خروج ارز از کشور و تحمیل بیشترین هزینه به بخش تولید در بین کودهای دیگر می‌باشد (https://www.irna.ir/news/83669566). این در حالی است که چندین کود زیستی فسفره در کشور تولید و عرضه شده که پذیرش عمومی و کاربرد موثر در خصوص آنها جلوه آنچنانی ندارد. از آنجایی که کلونیزاسیون موثر ریشه گیاهان می‌تواند یکی از دلایل موفقیت کاربرد این کودهای زیستی باشد لذا مطالعه تشکیل بیوفیلم توسط اجزای این کودها در مواجهه با گیاهان مختلف می‌تواند معیاری از توان کلنیزاسیون آنها ارایه نموده و رهگشای مشکلات این بخش باشد. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی توان تشکیل بیوفیلم اجزای زیستی کود فسفات بارور ۲ در ترشحات ریشه گیاهان گندم و جو به عنوان منابع استراتژیک غلات مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه کود و جداسازی باکتری: کود فسفات بارو ۲ تازه تولید شده (حاوی باکترهای حل کننده فسفات *پانتوآ آگلومرانس* سویه P5 و *سودوموناس پوتیدا* سویه P13) از بازار سم و کود فروشی در شهرستان مراغه خریداری گردیده و باکتری‌های آن در روی محیط کشت آگار مغذی (Nutrient Agar) جداسازی و خالص سازی شدند.

انتخاب بذور و جمع‌آوری ترشحات ریشه و بذر: بذور گیاهان گندم سرداری ۱۳۹، جو رقم آبیدر و چاودار رقم محلی از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ایستگاه تحقیقاتی مراغه تهیه شدند. برای جمع‌آوری ترشحات، بذور پس از ضدعفونی با وایتکس و الکل روی کاغذ خشک استریل داخل پتری‌دیش استریل ریخته شده و ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به داخل آن افزوده شد و جهت انجام فعالیت های متابولیسمی به اتاقک رشد با دمای ۲۸ درجه سانتی-گراد منتقل گردیدند. پس از رشد بذر و ظهور جوانه و ریشه‌ها پس از مدت تقریبا ده روز در شرایط این آزمایش، با رعایت کلیه اصول استریل گیاهچه ها به داخل بطری‌های حاوی محیط MMS منتقل گردیده و دهانه ظروف با پنبه پوشانده شد، و به مدت یک هفته روی شیکر در اتاق کشت در ۸۰ دور در دقیقه در شرایط نوری ۱۶ ساعته با شدت نور ۸۰۰۰ لوکس و در دمای ۲۸ درجه سانتیگراد رشد کردند. پس از کدر شدن محیط‌های کشت ناشی از ورود

ترشحات ریشه گیاهچه‌ها حذف و ترشحات مذکور به عنوان ترشحات ریشه تا مرحله دو برگی مورد استفاده قرار گرفتند.

ارزیابی توانایی تشکیل بیوفیلم در حضور و عدم حضور ترشحات

توانایی تشکیل بیوفیلم جدایه‌ها بر مبنای روش Stepanovic و همکاران (۲۰۰۰) با اندکی تغییر در روش انجام شد. برای این منظور از هر پتری‌دیشی که باکتری‌ها در آن کشت شده بودند، کلنی‌های موکوئیدی با قطر بزرگ‌تر انتخاب شده و به شرح زیر مورد آزمون قرار گرفتند. ابتدا یک لوپ پر از کلنی باکتری به یک لوله حاوی ۵ میلی‌لیتر TSB تلقیح و این لوله به‌مدت ۱۸ تا ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، در داخل شیکر انکوباتور در ۱۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. ۵۰ میکرولیتر از این سوسپانسیون به ۰/۵ میلی‌لیتر محیط کشت استریل (TSB 0.5 X حاوی یک درصد گلوگز) درون میکروتیوپ‌های پلاستیکی اضافه شد و به مدت ۱۴ الی ۱۶ ساعت در گرمخانه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. لازم به‌ذکر است که برای هر نمونه سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس، محتوای داخل میکروتیوب‌ها تخلیه و سه بار با سرم فیزیولوژیک استریل به آرامی شستشو داده شدند تا سلول‌های غیر متصل به دیواره میکروتیوب‌ها خارج شوند. سپس تثبیت سلول‌ها با گذاشتن این میکروتیوب‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون به‌مدت یک ساعت انجام شد. در ادامه کار میکروتیوب‌ها با ۰/۵ میلی‌لیتر کریستال ویوله ۰/۲ درصد به‌مدت ۳۰ دقیقه، رنگ‌آمیزی شدند. بعد از ۳۰ دقیقه، چاهک‌ها با آب شهری به آرامی شسته شده و با ۰/۵ میلی‌لیتر اسید استیک ۱۱ درصد به‌عنوان حلال، پر شدند. بعد از ۱۵ دقیقه انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، ۲۰۰ میکرولیتر از محتویات میکروتیوب‌ها به آرامی به میکروپلیت منتقل شده و مقدار جذب نوری در چاهک‌ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر، توسط دستگاه ELISA Reader خوانده شد. لازم به ذکر است که این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید.

تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم افزار MSTAT C و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

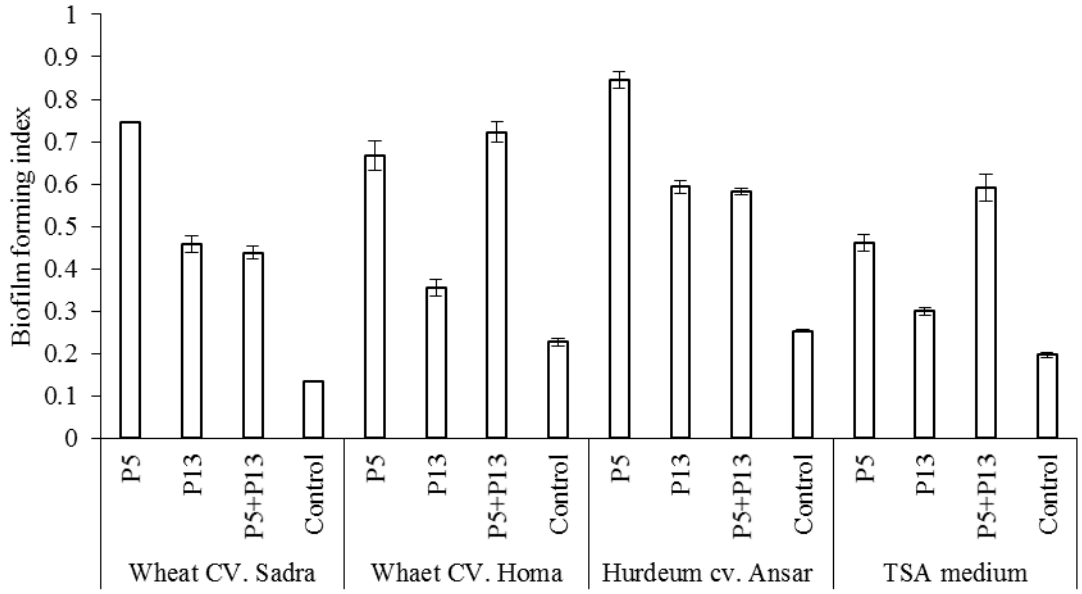
نتایج حاصله نشان دادند که نوع محیط کشت (اعم از مصنوعی و ترشحات انواع گیاهان)، نوع باکتری و اثر متقابل باکتری در محیط کشت در تشکیل بیوفیلم توسط باکتری‌های مورد مطالعه موثر می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای آزمایشی بر تشکیل بیوفیلم.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
باکتری	۳	۰/۵۲**
محیط کشت	۳	۰/۰۷**
باکتری در محیط کشت	۹	۰/۰۳۵*
ضریب تغییرات (٪)		۱۲

بر اساس نتایج ارایه شده در شکل ۱ قدرت تشکیل بیوفیلم در تمامی محیط کشت‌ها توسط سویه p5 بیشتر از سویه p13 می‌باشد. در مقایسه با محیط کشت مصنوعی (TSB) سویه p5 در ترشحات گندم رقم صدرا ۶۲ درصد، گندم رقم هما ۴۴ درصد و جو ۸۳ درصد افزایش یافت. در سویه p13 این ارقام به ترتیب ۵۸ درصد، ۲۲ درصد و ۱۰۰ درصد تغییر یافتند. این موضوع احتمالا نشان می‌دهد که اولا ترشحات ریشه می‌تواند به لحاظ بیوشیمیایی موجب تشدید تشکیل بیوفیلم باکتریایی در سطح ریشه شود و ثانیا این اثر در مورد باکتری‌های مختلف به یک میزان اتفاق نمی‌افتد و نوع گیاه و نوع باکتری در این اثر افزایشی بسیار مهم می‌باشند.

تشکیل بیوفیلم توسط مخلوط باکتری‌ها در مقایسه با محیط کشت مصنوعی در ترشحات گندم رقم صدرا و رقم هما به ترتیب ۲۶ درصد کاهش و ۲۲ درصد افزایش یافت و در ترشحات جو بدون تغییر بود. این رفتارهای متفاوت در تشکیل بیوفیلم توسط مخلوط گونه‌های باکتریایی نشان می دهد که متابولیت‌های باکتریایی می‌توانند اثرات هم افزایی و یا کاهشی و یا خنثی در تشکیل بیوفیلم داشته باشند، لذا این موضوع در تهیه مایه تلقیح های چند گونه‌ای بایستی مورد توجه قرار بگیرد. و در شاهد بدون باکتریایی ترشحات به ترتیب ۳۳ درصد کاهش، ۱۵ درصد افزایش و ۲۸ درصد افزایش یافت. بیشترین میزان تشکیل بیوفیلم توسط این سویه p5 در ترشحات جو مشاهده شد.



شکل ۱: شاخص تشکیل بیوفیلم توسط اجزای کود زیستی فسفات بارور ۲ در محیط کشت مصنوعی و طبیعی ترشحات ریشه گندم ارقام هما و صدرا و جو رقم انصار P5 باکتری *P. ugglomerans* ، P13 باکتری *P. putida* و P5+P13 مخلوط دو باکتری و C محیط کشت بدون باکتری می‌باشد.

Beauregard و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که ژن‌های دخیل در تشکیل بیوفیلم برای کلنیزاسیون ریشه گیاه *Arabidopsis thaliana* با باکتری *B. subtilis* بسیار ضروری هستند و در تشکیل بیوفیلم برخی از پلی‌ساکاریدهای گیاهی نقش سیگنالی و محرک داشته و در عین حال می‌توانند توسط باکتری بعنوان منبع کربن برای سنتز اگزوپلی ساکارید ماتریکس بیوفیلم استفاده می‌شوند. برای شکل‌گیری و توسعه بیوفیلم‌های چند گونه‌ای، برهمکنش‌های سلول به سلول، که به عنوان چسبندگی (co-adhesion) و هم‌انباشتگی (co-aggregation) شناخته می‌شوند ارتباطات متقابل بین سلول‌های مجاور را در یک بیوفیلم تقویت می‌کنند. مرحله چسبندگی به شدت وابسته به خصوصیات فیزیکوشیمیایی باکتری وابسته بوده و مختص همان باکتری هست ولی در مرحله هم انباشتگی که مرحله توسعه بیوفیلم می باشد بسیار وابسته به تولید پلی ساکاریدها بوده که به عنوان سیمان بین سلولی عمل نموده و باکتریها را در کنار هم نگه می دارد (Joshi et al., 2021).

نتیجه‌گیری

کلنیزاسیون ریشه گیاهان زراعی توسط مایه تلقیح‌های معرفی شده جهت بهره‌مندی از کارکردهای اکولوژیکی آنها مهم است. نوع باکتری و نوع گیاه در جهت افزایش این توان موثر بوده و پیشنهاد می‌شود که توان تشکیل بیوفیلم توسط باکتری‌های محرک رشد بعنوان معیاری در گزینش آنها و برای گیاهان خاص مورد آزمون قرار گیرد.

فهرست منابع

Beauregard, P.B., Chai, Y., Vlamakis, H., Kolter, R. (2013). *Bacillus subtilis* biofilm induction by plant polysaccharides. Proceedings of the National Academy of Sciences 110(17):E1621-۳۰.

Feng, H., Fu, R., Hou, X., Lv, Y., Zhang, N., Liu, Y., Xu, Z., Miao, Y., Krell, T., Shen, Q. (2021). Chemotaxis of Beneficial Rhizobacteria to Root Exudates: The First Step towards Root–Microbe Rhizosphere Interactions. International Journal of Molecular Sciences, 22: ۶۶۵۵.

Joshi RV, Gunawan C and Mann R (2021) We Are One: Multispecies Metabolism of a Biofilm Consortium and Their Treatment Strategies. Frontiers in Microbiology, 12:635432.

Karimi, E., Aliasgharzad, N., Esfandiari, E. et al. (2022). Biofilm forming rhizobacteria affect the physiological and biochemical responses of wheat to drought. AMB Expr 12: 93.

Kaushal, M., Wani, S.P. (2015). Plant-growth-promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. Annals of Microbiology, 66 (1): 35-۴۲.

Dietel, K., Barbara, B., Budiharjo, A., Fan, B., Borriss, R. (2013). Bacterial traits involved in colonization of *Arabidopsis thaliana* Roots by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. Plant Pathology Journal, 29(1): 59–66.

Stepanovic, S., Vukovic, D., Hola, V., Di Bonaventura, G., Djukic, S., Cirkovic, I., Ruzicka, F. (2007). Quantification of biofilm in microtiter plates: overview of testing conditions and practical recommendations for assessment of biofilm production by staphylococci. Journal of Pathology, Microbiology and Immunology, 115(8):891-9.

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
(مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

Evaluation of the ability of biofilm formation by bacterial components of Baravar 2 phosphate biofertilizer

Esmaeil Karimi[1*], Sima Aslyazdani[2], Ali Asghar Alilo[3]

۱- Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh. * E-mail of the Corresponding author: sm_ka80@yahoo.com

2- MSc student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.

3- Department of Plant Genetic and Production Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.

Abstract

Biofilm formation ability by bacterial could be considered as a criterion to the ability of plant root colonization by the bacterial components of phosphorus biofertilizers like Baravar2 phosphate biofertilizer. This biofertilizer as a commercial product widely distributed in the country. This laboratory study was conducted to evaluation the ability of *Pantoea agglomerans* p5 and *Pseudomonas putida* p13 biofilm formation in the root exudates of two varieties of wheat and one variety of barley. The results showed that both bacteria are able to form biofilms in facing with the root exudates of the plants. The amount of biofilm formation in all conditions by p5 strain was higher than p13. Mixing of two bacteria in the root exudates of Homa cultivar increased the biofilm formation ability and in the other cases it decreased in compared to the single inoculation of p5 strain. The highest rate of biofilm formation by biological components occurred individually in barley root exudates and in combined condition was occurred in wheat root exudates of Homa variety. According to the results of this study, it seems that the type of plant is very important in order to taking advantage of the biofertilizers benefits. So it is necessary to evaluate biofertilizers from this point of view for cultivated plants.

Key words: Root secretions, Crystal violet, Root colonization

هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت احیاگر و چالشهای خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)

سنتز و مطالعه کود آهسته رهش فسفره مناسب خاک های شور و سدیمی

فاطمه یزدانی نژاد[1*]، مصطفی چرم[2]،محمد جواهریان[2]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز*

(Fyazdani89@yahoo.com)

۲- دکتری خاکشناسی، استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دکتری شیمی آلی، استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده : در این پژوهش کودهایی بر پایه پلی ساکاریدهای زیست تخریب پذیر کربوکسی متیل سلولز (ثعلب) و بتاسیکلودکسترین سنتز گردید. کودهای سنتز شده تحت تأثیر ترکیبات نمکی و تغییرات pH ارزیابی شدند. همچنین ریخت شناسی کودهای سنتز شده به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که می توان با پوشش دادن کودهای شیمیایی از رهایش سریع کودها در محیط جلوگیری کرده و علاوه بر صرفه جویی در مصرف کود آلودگی های زیست محیطی به حداقل خواهد رسید. با مقایسه دو نوع کود سنتز شده مشخص گردید که نوع شبکه ساز مورد استفاده برمیزان رهایش عنصر غذایی فسفر در محیط هایی با pH های متفاوت موثر می باشد. وجود ترکیبات شبکه ساز(کراس لینکرها) در ساختار شبکه ضروری بوده و باعث جلوگیری از انحلال هیدروژل ها در فاز محلول می گردد.

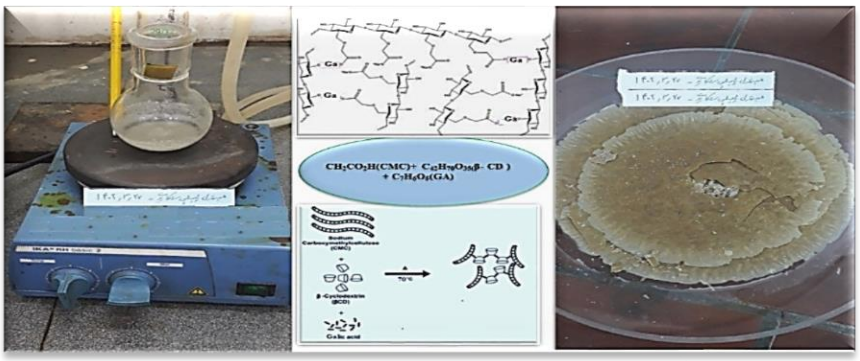
واژگان کلیدی: بتا سیکلودکسترین ، تورم ، رهاسازی ،کربوکسی متیل سلولز ،' گالیک اسید

مقدمه : شور و سدیمیبودن خاک یک تنش غیر زنده مهم است که رشد و نمو گیاهان را در سراسر جهان محدود می کند. گیاهانی که در شرایط خاک شور و سدیمی رشد می کنند مقدار قابل توجهی از استرس اسمزی بالا، سمیت یونی و اختلالات تغذیه ای را تجربه می کنند که همه این موارد محصول وضعیت فیزیکی نامناسب خاک بوده و منجر به کاهش بهره وری گیاه می شوند (Anamul Hoque,2019). کشور ایران پس از هند و پاکستان با دارا بودن۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور و سدیمی در صدر کشورهای در معرض تهدید تنش شوری قرار دارد(فرهاد خورسندی و همکاران، ۹۷).خاک های شور و سدیمی مناسب کشت محصولات کشاورزی نیستند و نمی توانند هر گیاهی را برای رشد پشتیبانی کنند (Houjuan et al ,. 2019). فسفر از جمله عناصر غذایی پر مصرف در کشت محصولات زراعی می باشد .کمبود فسفر و کارایی جذب پایین این عنصر در خاک های با pH بالا یکی از مشکلات مهم در خاک های زراعی مناطق خشک و نیمه خشک می باشد (Shithi et al ,. 2019). یک راه حل مفید به منظور غلبه بر مشکلات ذکر شده توسعه کودهای آهسته رهش یا به عبارتی فرمولاسیون رهایش کنترل شده می باشد تا مواد مغذی متناسب با نیاز گیاهان در اختیار آنها قرار گیرد (پورخیابی و همکاران، ۱۳۹۶). کودهای آهسته رهش از طریق پوشش دار کردن کودهای شیمیایی توسط موادی که موجب کاهش سرعت انحلال آنها در آب می شود، تهیه می شوند میزان رهاسازی و انحلال عناصر غذایی از این کودها به ترکیبات و مواد مورد استفاده برای پوشش دهی ذرات کودی بستگی دارد(Ye et al ,. 2020). در حال حاضر با توجه به افزایش جمعیت جهانی و کاهش اراضی قابل کشت نگاه به خاک های شور و سدیمی به عنوان یک منبع بالقوه ارزشمند مورد توجه می باشد. بنابراین باید کودهای مناسبی جهت استفاده در خاک های شور و قلیا برای جایگزین کودهای شیمیایی فعلی در

راستای کاهش مضرات این کودها جهت استفاده در خاکهای شور و سدیمی سنتز گردد که دارای خصوصیات بارزی همچون مقاومت در برابر شوری، توانایی جذب بالای آب، قیمت پایین و زیست تخریب پذیر باشد. هدف از انجام این مطالعه تولید یک کود جدید با قابلیت جذب بالای آب و رهاسازی آرام عناصرغذایی مناسب خاک های شور و سدیمی می باشد.

مواد و روشها :

۱- سنتز هیدروژل کامپوزیت کندرها بر پایه پلی ساکاریدهای کربوکسی متیل سلولز و بتا سیکلودکسترین (Erceg et al., 2020، Dilaver et al., 2016، Houjuan et al., 2019). در این پژوهش کربوکسی متیل سلولز (ثعلب) به عنوان بستری برای سنتز هیدروژل. آدیپک اسید(ADA) و گالیک اسید(GA) به عنوان اتصال دهنده عرضی یا شبکه ساز، بتا سیکلودکسترین(β- CD) به عنوان هیدروژل مورد استفاده قرار گرفت .(شکل ۱).



شکل۱- شماتیک سنتز هیدروژل

۲- اندازه گیری ظرفیت تورم و بررسی مقدارجذبآب هیدروژل: به منظور بررسی مقدار جذب آب توسط هیدروژل کامپوزیت از کیسه چای استفاده شد (Houjuan et al,2019). تورم نمونه هیدروژلی در بازه های زمانی مختلف بین ۱۸۰-۰ دقیقه بررسی و مقدار تورم تعادلی(ES) از معادله (۱) به دست آمد.

$$Es\ (g/g) = \frac{w3-w2}{w1} \qquad (۱)$$

w_1: وزن خشک هیدروژل بر حسب گرم، w_2: وزن صافی بر حسب گرم، w_3: مجموع وزن صافی و هیدروژل متورم شده بر حسب گرم، Es: مقدار تورم تعادلی بر حسب (g/g)

۳-اثر محلول نمکی بر جذب آب: برای بررسی تغییرات مقدار جذب هیدروژل ها در خاک های شور و محیط هایی در محلول های با غلظت های مختلف نمک (KCL،NaCl) قرار داده شد طبق معادله (۱) مقدار جذب نمونه در محلول نمکی اندازه گیری شد(Houjuan et al., 2019) .

۴- آزمایش مقدار یا ظرفیت رهاسازی کود در آب در pH های خنثی تا قلیایی ضعیف (۸-۷-۶≈pH): پس از سنتز کود میزان رهاسازی فسفر در pH های خنثی تا قلیایی در فواصل زمانی ۲۸ روز مورد بررسی قرار گرفت. (Bortolin,۲۰۱۳). به منظور بررسی پروفایل رهایش کود از فرمولاسیون های تهیه شده، نمونه برداری و اندازه گیری هدایت الکتریکی فرمولاسیون در داخل آب مقطر به عنوان تابعی از زمان انجام شد معادله (۲).

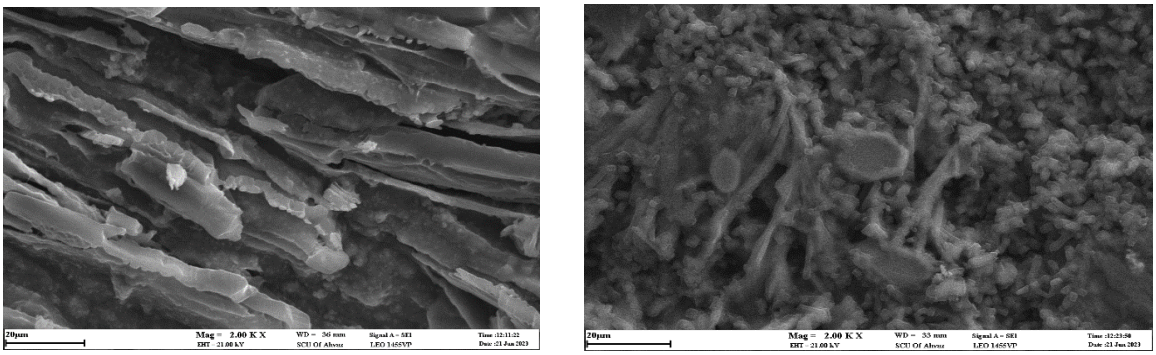
$$E = \frac{VE\sum_{1}^{n-1} Ci + V0Cn}{m0} \times 100 \qquad (2)$$

E : درصد رهایش تجمعی کود، V_E: حجم نمونه برداری (mL)، V_0: حجم اولیه محیط رهایش (mL)، C_i و Cn غلظت های کود (mg/L)، i و n دفعات نمونه برداری و m_0 وزن کود در داخل فرمولاسیون (mg) می باشد.

۵- بررسی ریخت شناسی هیدروژل کامپوزیت سنتز شده: برای ارزیابی ریخت شناسی هیدروژل های سنتز شده از میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM با ولتاژ شتاب دهنده ۱۰۰ کیلو ولت (Yao et al.,2010) برای مطالعه ریخت شناسی نمونه ها استفاده شد.

نتایج و بحث :

ریخت شناسی هیدروژل کامپوزیت سنتز شده: برای بررسی ریخت شناسی سطح هیدروژل های سنتز شده تصویرهای SEM مورد استفاده قرار گرفت. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است هیدروژل سنتز شده آدپیک اسید(سمت چپ) دارای یک ساختار متخلخل می باشد، یکی از عوامل جذب در هیدروژل ها ساختار متخلخل می باشد. میزان تورم هیدروژل سنتز شده با کراس لینکر آدپیک اسید نسبت به هیدروژل سنتز شده با کراس لینکر گالیک اسید بیشتر بوده است که این عامل به میزان تخلخل هیدروژل بر می گردد.

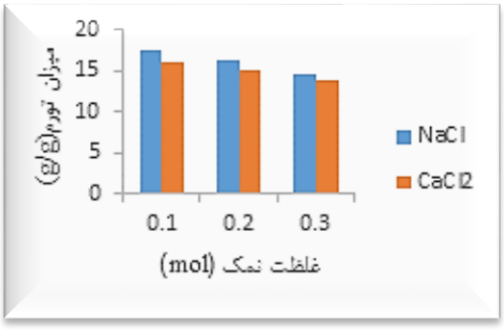


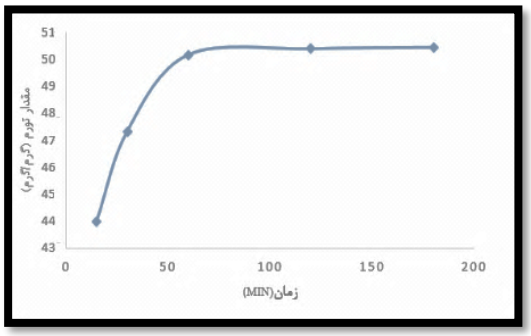
شکل۲- تصاویر SEM مربوط به کودهای سنتز شده فسفره بر پایه گالیک اسید (سمت راست) و آدپیک اسید(سمت چپ)

سینتیک جذب هیدروژل در محیط آبی: از مهمترین ویژگی های هیدروژل ها قابلیت جذب بالای آب طی یک زمان مشخص و محدود است. همانطور که در شکل۳ مشاهده می شود، جذب طی ۶۰ دقیقه به حداکثر مقدار رسیده و سپس تقریباً ثابت می ماند.

اثر نوع و غلظت محلول های نمکی بر میزان تورم: عامل اصلی جذب آب در ترکیباتی با ساختارهای هیدروژلی اختلاف فشار اسمزی می باشد. در محلول های نمکی به دلیل کاهش اختلاف فشار اسمزی میان هیدروژل و محیط خارج مقدار جذب آب کاهش می یابد. در محلول هایی که دارای املاح معدنی و کاتیون های چند ظرفیتی هستند اثر شبکه ای شدن یون های چند ظرفیتی موجب کاهش ظرفیت تورم هیدروژل می شود. بنابراین نوع و غلظت نمک موجود در محیط محلول بر میزان جذب آب اثر قابل ملاحظه ای می گذارد، در نتیجه با افزایش بار کاتیون میزان

شبکه ای شدن یونی زیاد شده و میزان تورم کاهش می یابد شکل۴ مقایسه میزان تورم نمک های دوظرفیتی و تک ظرفیتی را نشان می دهد.





شکل۴- اثر نوع و غلظت محلول های نمکی بر میزان تورم

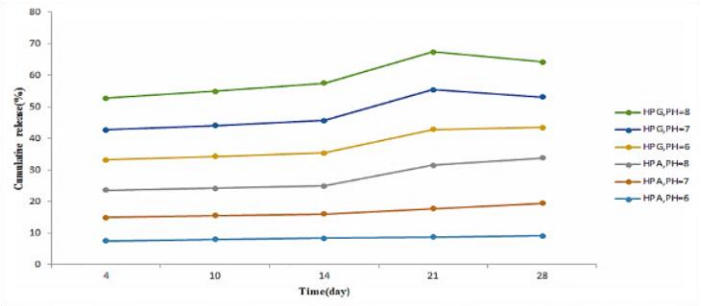
شکل۳- سینتیک جذب هیدروژل در محیط آبی

****تاثیر pH هاش بر روی میزان جذب آب :** هیدروژل ها در محیط هایی با pH های متفاوت میزان جذب متفاوتی خواهند داشت. جهت بررسی میزان جذب آب از محلول هایی با pH ۷،۸،۹ استفاده گردید و جهت تنظیم pH این محلول ها از HCL و NaOH استفاده شد. مطابق شکل۵ بیشترین میزان جذب آب در محلولی با pH=7 دست آمد. از جمله دلایل کم شدن جذب در pH های بالا بار منفی افزایش یافته است که این افزایش بار منفی باعث دافعه آنیون – آنیون و تخریب ساختار هیدروژل می شود.

شکل ۵- تاثیر پ هاش بر روی میزان جذب آب

***** بررسی رهایش عنصر غذایی فسفر از کودهای سنتز شده :** نتایج حاصل از بررسی رهایش کودهای سنتز شده در محلول آبی طی مدت زمان ۲۸ روز بیانگر این است که در تیمارهایی که از عامل شبکه ساز آدیپیک اسید استفاده شده بود (شکل ۶) میزان رهایش عنصرغذایی فسفر در pH های مختلف بسیار کمتر از تیمارهایی است که از عامل شبکه ساز گالیک اسید استفاده شده است.کمیته استاندارد سازی اروپا برای توصیف کودهای آهسته رهش سه

شاخص، رهاسازی کمتر از ۱۵٪ در ۲۴ ساعت، رهاسازی کمتر از ۷۵٪ در ۲۸ روز و حداقل حدود ۷۵٪ رهاسازی در زمان تعیین شده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد پیشنهاد کرده است(Trenke,2010 and Shaviv,2001). با توجه به تعریفی که کمیته استاندارد سازی اروپا برای توصیف کودهای آهسته رهش بیان نموده است در تیمارهایی که از عامل شبکه ساز گالیک اسید استفاده شده است نتایج بهتری حاصل گردیده است. (محمدی و همکاران، ۹۷) کود شیمیایی نیتروژن دار آهسته رهش با استفاده از مواد زیست تخریب پذیر صمغ زانتان و پودر آلژینات قالب سازی به عنوان مواد پوششی در یک بستر سیال تولید نمودند و کودهای پوشش دار نیتروژنه با یک و دو لایه پوششی ایجاد کردند. نتیجه به دست آمده از درصد اوره آزاد شده به کل اوره موجود در نمونه های ساخته شده نشان داد که پوشش ایجاد شده باعث افزایش زمان انحلال کود به بیش از ۱۲ روز می شود.



شکل ۶- رهاسازی فسفر از کود های سنتز شده تحت تاثیر زمان وpH

نتیجه گیری: با توجه به نتایج حاصله استفاده از پلیمرهای طبیعی در سنتز هیدروژل ها علاوه بر بهبود ظرفیت جذب آب منجر به رهایش کود با الگوی آهسته تری می شود. در واقع بکارگیری هیدروژل ها جهت رهایش کنترل شده کودهای شیمیایی منجر به کاهش آلایندگی زیست محیطی، کاهش میزان آب مصرفی در فرآیند آبیاری، بهبود حفظ و نگهداری کودهای شیمیایی در خاک و کمک به بهبود رشد گیاهان خواهد شد.

فهرست منابع:

اولاد، ع.، میرمحسنی، ع. و پورخیابی،م. ۱۳۹۶. تهیه فرمولاسیون های آهسته رهش کودهای شیمیایی و ریزمغذی ها با استفاده از هیدروژل های پلیمری با هدف بهبود رهایش مواد مغذی و جلوگیری از اتلاف آنها. پایان نامه.

خورسندی،ف. و هاشمی نژاد،ی. کشاورزی در شرایط شور(راهنمای تصویری ویژه زارعین، مروجین و باغداران).۱۳۹۷.

Bortolin, A., Aouada, F.A., Mattoso, L.H.C., and Ribeiro, C. (2013) Nanocomposite PAAm/Methyl Cellulose/Montmorillonite Hydrogel: Evidence of Synergistic Effects for the Slow Release of Fertilizers Agricultural and Food Chemistry, 61, 7431−7439.

Dilaver,M. and Yurdakoc,k.2016. Fumaric acid cross-linked carboxymethyl cellulose poly(vinylalcohol)hydrogels. DOI10.1007/s00289-016-1613-7.

Erceg, T., Stupar, A., Cvetinov, M., Vasic, V.,and Ristic, I. 2020. Investigation the correlation between chemical structure and swelling, thermal and flocculation properties of carboxymethylcellulose hydrogels. DOI:10.1002/app.50240.

Houjuan, Qi., Ma, R., Shi, C., Huang, Z., Liu, S., Sun, L.,and Hu, T. Novel low-cost carboxymethyl cellulose microspheres with excellent fertilizer absorbency and release behavior for saline-alkali soil. International Journal of Biological Macromolecules. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.047.

Shithi Chow dhury, D him an Bhusan, M d. Abul Hashem and M d. Anamul Hoque.(2019). Organic amendaments for mitigating soil salinity in rice. Vol. 6, No. 1, April 2019 : 11-17.

Shaviv.A.2001.Advances in controlled-release fertilizers, Advances in Agronomy, vol. 71, pp. 1–49.

Trenke, M.E. 2010. Slow-and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture, International Fertilizer Industry Association (IFA).

Yao, J.Houang,Y and Wang,H.2010.Controlling zeolite structures and morphologies Using polymer networks. Journal of Materials Chemistry. Doi:10.1039/c0jm01003k.

Ye, H. M., Lia, H. F., Wanga, C. S., Yang, J., Guoyong Huang, G., Meng, X., and Zhou, Q. 2020. Degradable polyester/urea inclusion complex applied as a facile and environment-friendly strategy for slow-release fertilizer: Performance and mechanism. Chemical Engineering Journal. 381. 12270. https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.12270.

Synthesis and study of slow phosphorus release fertilizer suitable for salin sodic soils

Fateme yazdaninezhad[1] ,Mostafa chorom[2] , Mohammad javaherian[2]

PhD student, Department of Soil Science and Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Faculty of Agriculture1

PhD in Soil Science, Professor of the Department of Soil Science and Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Faculty of Agriculture2

PhD in organic chemistry, assistant professor of chemistry department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Faculty of Sciences2

Abstract: In this research, fertilizer based on biodegradable polysaccharides and beta-cyclo dextrin were synthesized. The synthesized fertilizers were evaluated under the influence of salt solutions and pH changes. Also, the morphology of these fertilizers was examined by scanning electron microscope (SEM). The results showed that by covered the chemical fertilizers, the rapid release of fertilizers in the environment can be prevented and in addition to saving the consumption of fertilizers, environmental pollution will be minimized. By comparing two types of synthesized fertilizers, it was found that the type of network builder used is effective in the release of phosphorus nutrients in environments with different pH. The presence of cross-linkers in the network structure is essential and prevents the dissolution of hydrogels in the solution phase.

Key words: Beta-Cyclo dextrin, Swelling, Release, Carboxymethyl Cellulose, Gallic acid