محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

برآورد ضرایب نفوذ در رژیم جریان کاهشی با استفاده از مدل SIPAR_ID

کیوان زرعکانی[۱]، هادی رمضانی اعتدالی[۲]، پیمان دانش‌کار آراسته[۳]، محدثه السادات فخار[۴*]

[۱] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

[۲] استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

[۳] دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

[۴] دانشجوی کارشناسی مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

چکیده

معادله نفوذ مهمترین و مشکل ترین پارامتر ارزیابی سامانه آبیاری سطحی است. ضرایب معادلات نفوذ نقش اساسی در ارزیابی و طراحی سامانه‌های آبیاری دارند؛ به همین دلیل برای افزایش بازده آبیاری ضروری است که این ضرایب با دقت بالا تخمین زده شوند. درصد زیادی از زمین‌های کشاورزی در ایران به صورت جویچه‌ای آبیاری می‌شوند که تحقیق درباره کاربرد روش مزبور نیاز به توجه بیشتری دارد امروزه با توجه به مصرف بالای آب در کشور اهتمام به اصلاح روشهای آبیاری مضاعف گشته است. با توجه به اینکه هنوز اراضی کشاورزی به صورت سنتی آبیاری می‌شود یافتن راه‌حلی به منظور اصلاح روشهای مذکور با هزینه‌هایی به مراتب کمتر از آبیاری تحت فشارضروری به نظر می‌رسد. یکی از مهمترین اقدامات برای اصلاح سیستم‌های آبیاری سطحی برآورد دقیق ضرایب معادلات نفوذ است هدف از این تحقیق برآورد ضرایب بهینه در رژیم جریان پیوسته وکاهش جریان طی رخداد آبیاری در یک قطعه زمین زراعی و باغی است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد حداکثر خطا برابر۰/۷ است و مقدار R^2 در مدل SIPAR_ID در آبیاری نواری و جویچه‌ای به ترتیب برابر با ۰/۶۱ و ۰/۸۴ است.

کلمات کلیدی: معادلات نفوذ، آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای، سرعت نفوذ، رخداد آبیاری

مقدمه

از آنجا که سرعت نفوذ آب در خاک تعیین کننده زمان تداوم آبیاری برای ذخیره نمودن مقدار مشخصی آب در داخل خاک بوده، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. درحقیقت نفوذ آب در خاک یکی از حساس‌ترین پارامترهای موثر برآبیاری سطحی و یکی از مشکل ترین پارامترهایی است که باید برآورد شود. روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری نفوذ وجود دارد و بسته به روش آبیاری متفاوت است. در آبیاری جویچه‌ای سطح خاک که در معرض نفوذ قرار دارد، تقریباً سهمی شکل است و نفوذ به صورت دو بعدی در اطراف جویچه صورت می‌گیرد. در واقع هرکدام از روشهای اندازه‌گیری سرعت نفوذ که استفاده می‌شود باید شرایط آبیاری را شبیه‌سازی کند. (سهرابی وپایدار، ۱۳۸۴). مهمترین مشخصه خاک از نظر کشاورزی نفوذ می‌باشد و وارد شدن آب به داخل خاک را نفوذ می‌گویند نفوذ با تغییر عواملی چون بافت، رطوبت اولیه خاک، مقدار جریان ورودی به مزرعه و عملیات زراعی تغییر می‌کند در بین این عوامل یاد شده رطوبت اولیه و مقدار جریان ورودی به مزرعه دارای تغییرات زیادی در طول فصل زراعی می‌باشند در نتیجه اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک در یک وضعیت خاص رطوبتی و مقدار جریان ورودی به مزرعه متغییر می‌باشد. مشکلات اندازه‌گیری نفوذ (پر هزینه و وقت گیر بودن آن) و همچنین تغییرپذیری نفوذ با تغییر رطوبت اولیه شناسایی معادله نفوذی که دارای کمترین حساسیت نسبت به تغییرات رطوبت اولیه و مقدار جریان ورودی به مزرعه باشد از اهمیت خاصی در مطالعات آب و خاک برخوردار خواهد بود (ابراهیمی وهمکاران، ۱۳۹۱). Holzapfel و همکاران،۲۰۰۴) به بررسی نفوذ در آبیاری جویچه‌ای پرداختند نتایج آنها نشان دادکه نفوذ آب در جویچه تحت عواملی چون شکل جویچه و اندازه جویچه و سطح تماس آب با خاک قرار می‌گیرد. (دربندی و همکاران،۱۳۸۴) به بررسی میزان حساسیت ضرایب معادله‌های نفوذ کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) نسبت به رطوبت اولیه خاک پرداختند آن ها آزمایشات نفوذسنجی را با استفاده از استوانه‌های مضاعف در ۹ رطوبت اولیه مختلف خاک انجام دادند و نشان دادند که ضریب a_2 معادله کوستیاکوف ($z=a_1ta_2$) وb کوستیاکوف _لوییز حساسیت کمتر و ضرایب f مدل کوستیاکوف _لوییز حساسیت بیشتری به تغییرات رطوبت اولیه خاک دارد. (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۸۸) به ارزیابی سه مدل SIPAR_ID,EVALUE ,INFILT برای تخمین ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف در آبیاری جویچه‌ای پرداختند در ارزیابی مدل‌های مختلف تخمین ضرایب نفوذ نتایج بدست آمده نشان داد که برآورد میزان آب نفوذ یافته در خاک در

* fakhar.mohadese95@gmail.com

مدل SIPAR_ID دارای خطای کمتری می‌باشد با توجه به سادگی و تحت ویندوز بودن مدل SIPAR_ID استفاده از این مدل را توصیه کرده‌اند در حالی که عمق جریان در نقاط مختلف طول جویچه اندازه‌گیری نشده باشد، مدلSIPAR_ID به خوبی می‌تواند ضرایب نفوذ را پیشبینی کند.

عوامل موثر بر تغییرات مکانی نفوذ به دو گروه تقسیم میشوند که گروه اول شامل عواملی ناشی از ویژگیهای هیدرولیکی جریان در طول مزرعه مانند فرصت نفوذ، تغییرات عمق جریان و محیط خیس شده به دلیل کاهش دبی جریان در طول مزرعه است. براساس برخی تحقیقات مزرعه‌ای سامانی و همکاران، (۱۹۸۵) و عباسی و همکاران، (۲۰۰۳) رابطه مستقیم بین عمق جریان آب محیط خیس شده و نفوذ آب در آبیاری جویچه‌ای وجود دارد. (Naseri وهمکاران، ۲۰۰۸). تاثیر عواملی چون فرصت نفوذ، رطوبت اولیه خاک، عمق جریان، سطح مقطع جریان، محیط خیس شده و چگالی ظاهری مرطوب را بر نفوذ تجمعی آب در جویچه بررسی نمودند. آنها با داده‌های مزرعه‌ای نشان دادند که فرصت زمان نفوذ بیشترین اثر مثبت و مستقیم را بر نفوذ تجمعی داشته و اثر مستقیم رطوبت اولیه خاک بر نفوذ تجمعی ۲/۳۱ برابر کمتر از فرصت نفوذ است نکته مهم اینکه برلحاظ کردن تغییرات مکانی نفوذ آب در خاک در ارزیابی و طراحی سامانه‌های آبیاری تاکید شده است. زبردست و همکاران، (۱۳۹۳) تغییرات زمانی نفوذ را در دوخاک لوم رسی در کرج و اصفهان در دو مدیریت متفاوت آبیاری جویچه‌ای بررسی کردند. دو تیمار مدیریتی شامل خاک بدون کاه و کلش و خاک با کاه و کلش بود فاصله جویچه‌ها ۷۵ سانتیمتر و طول آنها ۶۰ متر بود تغییرات زمانی نفوذ تجمعی در تمامی تیمارها مشاهده نشد مقادیر نفوذ تجمعی در طول فصل روند نزولی و به صورت لگاریتمی گزارش شد. نفوذ نهایی و راندمان کاربرد آب در انتهای فصل کشت نسبت به ابتدای دوره به ترتیب ۳۴و ۱۰ درصد کاهش یافت. مهمترین و جدیدترین روشهای تخمین پارامترهای نفوذ، استفاده از داده‌های پیشروی است که تاثیر شرایط دینامیکی نفوذ آب در خاک را نیز در نظر میگیرد. روشهای یک نقطه، دو نقطه، بهینه‌سازی چند سطحی و روش پیشروی (Benami و Ofel ۱۹۸۴). از جمله این روش‌هاست که پایه واساس این روش‌ها، معادله بیلان حجم است این معادله بر قانون بقاء جرم استوار بوده و نخستین بار توسط (Louis,Milne، ۱۹۳۸) در آبیاری نواری به کار گرفته شد این رابطه بعدها توسط افرادی همچون(Bratt et al. 1982), (Foreign, 1964 و philip)، (Alvin,Walkerl ۱۹۸۲)در آبیاری جویچه‌ای به کار گرفته شد. ارزیابی گسترده‌ای از روش‌های مختلف برآورد پارامترهای نفوذ در جویچه و نوارهای آبیاری نشان داد که روش دو نقطه ای ابراهمیان و همکاران، (۲۰۱۴) و روش دونقطه‌ایAlvinو Walkerl (۱۹۸۲) نتایج بهتری در مقایسه با سایر روش‌ها دارند مطالعه دیگری با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای به مقایسه روش‌های بهینه سازی چند سطحی و موازنه حجم به منظور برآورد پارامترهای معادله نفوذ کستیاکف پرداخت و برای پیش-بینی حجم کل روانآب و نفوذ، خطای نسبی در روش بهینه‌سازی چندسطحی کمتراز روش موازنه حجم بود.

مواد و روش‌ها

محل انجام این تحقیق مزرعه جهان آباد واقع در شهرستان البرز استان قزوین می باشدکه دارای مختصات ۳۶/۱۸ شمالی و۵۹/۰۵ شرقی می‌باشد. شهرستان البرز دارای وسعتی معادل ۴۱۶ کیلومتر مربع بوده آب و هوای شهرستان خشک و نیمه خشک و میانگین بارندگی سالانه آن ۳۰۹ میلیمتر میباشد کمترین بارندگی در ماه تیر، مرداد و شهریور و بیشترین بارندگی در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین اتفاق می‌افتد. سردترین و گرم ترین ماه‌های سال به ترتیب دی و تیر می‌باشد. در مزرعه انتخابی از دو نوع روش آبیاری جوی و پشتهای و نواری به ترتیب برای آبیاری ذرت و درختان هلو و شلیل استفاده گردید آبیاری مزرعه از یک حلقه چاه عمومی با دبی ۴۵ لیتر برثانیه انجام شده است و فواصل بین پشتهها نیز ۷۵ سانتیمتر و طول جویچه های مورد بررسی ۱۸۰ متر بوده است . همچنین فواصل بین درختان ۳*۳ و نوارهایی به طول ۱۰۰ متر و به عرض ۲,۵ متر جهت آبیاری درختان ایجاد شده است. ۱) کیفیت و آب و خاک ورودی به مزرعه از اهمیت زیادی برخوردار است طبق نتایج و تحقیقات انجام شده در عمق صفر تا سی سانتیمتر بافت خاک از نوع لوم رسی بوده و درصد اشباع SP، ۵۱درصد بوده و مقدار EC ۱/۸۳ دسیزیمنس برثانیه و مقدار PH نیز برابر ۸ می‌باشد و از نظر شوری نیز دارای محدودیت نمی‌باشد. همچنین از آب مورد استفاده در مزرعه نیز نمونه تهیه شد که کیفیت آب نیز مناسب ارزیابی گردید. ۲) طول مدت آزمایش در هر مزرعه برابر با مدت زمان آبیاری در نظر گرفته شده است. اندازه‌گیری‌های لازم برای ارزیابی و آنالیز شامل رطوبت خاک قبل از آبیاری، اندازه جریان ورودی، سرعت پیشروی آب، شرایط خاک، خصوصیات مقطع جریان، زمان قطع جریان، سرعت پسروی، می‌باشند. در این تحقیق داده‌های مربوط به سه آبیاری اول در بخش زراعت و باغ برداشت گردید. علت این امر اهمیت آبیاری اول(خاکاب) با توجه به ضریب زبری بالا در اولین رخدادهای آبیاری و مسایل تحلیل مسایل مرتبط با آن می‌باشد. به منظور ارزیابی، طراحی و شبیه‌سازی جریان آب در جویچه‌های آبیاری تعیین معادله نفوذ آب در خاک که تاحد امکان به شرایط واقعی مزرعه نزدیک باشد، ضروری است، مشخصات جویچه و نوارهای مورد مطالعه به شرح جدول شماره ۱ است که جویچه‌ها را با حرف لاتین F و نوارها با حرف لاتین B مشخص شده اند و جویچه‌ها و نوارهایی که روش کاهش جریان پس از فاز پیشروی در آنها اعمال گردیده است با حرف لاتین C در جدول مشخص گردیده‌اند طول جویچه‌های مورد بررسی ۱۸۰ متر و طول نوارهای مورد مطالعه ۱۰۰ متر

می‌باشد شایان ذکر است که رژیم کاهش جریان پس از اتمام فاز پیشروی و به میزان نصف دبی ورودی اعمال گردید. روش اجرای عملیات در هر یک از رخدادهای سه گانه آبیاری در مزارعی که تحت پوشش آبیاری جویچه‌ای قرار دارند به شرح ذیل بوده است: یک نمونه خاک جهت اندازه گیری میزان رطوبت خاک قبل از آبیاری برداشت گردید. شش جویچه برای آزمایش انتخاب ۳ جویچه برای بررسی شرایط جریان با دبی ثابت و ۳ جویچه برای اعمال شرایط جریان کاهشی و طول مشخصات سطح مقطع آنها اندازه گیری گردید . این ردیف‌ها بسته به مورد، یک درمیان و یا همجوار بودند . جهت دقت در اندازه گیری‌ها کنار یکی از ردیف ها به فواصل ۲۰ متر میخ کوبی (نشانه گذاری) گردید. کد ارتفاعی در طول مسیر فاروها جهت تعیین شیب مزرعه، برداشت گردید. زمان پیشروی آب به هر یک از ایستگاه ها یادداشت شد. زمان قطع جریان یادداشت گردید و رژیم کاهش جریان به نصف در جویچه‌های مورد بررسی اعمال گردید و جهت دنبال نمودن جبهه خیس در خاک، اطمینان از کفایت و میزان یکنواختی آبیاری در سه نقطه ابتدایی، میانی و انتهایی جویچه با برداشت نمونه خاک پس از ۴۸ ساعت از زمان آبیاری میزان رطوبت خاک تعیین گردید. در طرح مورد مطالعه یک مزرعه تحت پوشش آبیاری نواری قرار دارد. موارد زیر جهت گردآوری داده‌ها برای ارزیابی و بررسی آبیاری نواری صورت گرفته است. مکانی در مزرعه انتخاب گردید که خاک، شیب و گیاه در آن نقطه در برگیرنده مشخصات کامل مزرعه بود. SIPAR-ID مدلی تحت ویندوز برای تخمین ضرایب نفوذ معادله کوستیاکف و ضریب زبری مانینگ در آبیاری سطحی پیشنهاد شده است. (مارتوس و همکاران،۲۰۱۰) SIPAR_ID یک نرم افزار مبتنی بر تکنیک مدلسازی معکوس چند هدفه برای تخمین مقادیر میدان‌های نفوذ و پارامترهای زبری از یک رویداد آبیاری سطحی تحت هر دو شرایط ورودی ثابت و متغیر است. موتور شبیه-سازی آن کاملا انعطاف پذیر و دقیق است به لطف یک مدل ترکیبی که ترکیبی از مدل تعادل حجم با شبکه‌های عصبی مصنوعی است. SIPAR_ID نیز تخمینی از عدم قطعیت و حساسیت پارامترهای شناسایی را فراهم میکند. محدودیتی از نظر باز یا بسته بودن انتهای مزرعه برای این مدل وجود ندارد. این مدل برای تخمین ضرایب از معادله بیلان حجم و روش حل معکوس استفاده می‌کند. و از شبکه عصبی مصنوعی به منظور به حداقل رساندن اختلاف مرحله پیشروی اندازه‌گیری وشبیه سازی شده است ورودی‌های این مدل شامل هیدروگراف جریان ورودی، فاز پیشروی، شیب کف مزرعه، ضرایب هیدرولیکی و هندسی مقطع و عمق جریان در هر ایستگاه در زمان‌های مختلف است. این مدل توانایی انجام آنالیز حساسیت وعدم قطعیت نتایج خروجی را دارا است. در مدل SIPAR_ID برای شبیه سازی فاز پیشروی از مدل بیلان حجم استفاده میشود و حل عددی در مدل براساس ترکیب معادله بیلان حجمی و شبکه عصبی مصنوعی است.

جویچه	F1	FC1	F2	FC2	F3	FC3	B1	BC1	B2	BC2	B3	BC3
طول جویچه (متر)	180	180	180	180	180	180	100	100	100	100	100	100
فاصله جویچه‌ها (متر)	75/0	75/0	75/0	75/0	75/0	75/0	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2
شیب (درصد)	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0
زمان کاهش جریان (دقیقه)	120	120	90	90	90	90	25	25	22	22	24	24
زمان قطع جریان (دقیقه)	125	125	115	115	115	115	40	40	45	45	40	40
متوسط جریان ورودی به جویچه	6/1	6/1	5/1	5/1	6/1	6/1	5/12	5/12	5/11	5/11	12	12
رخدادآبیاری	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2	3	3

در این مدل از ساده ترین رویکرد معادله سنت_ونانت که ادغام معادله پیوستگی برروی کل جریان سطحی و نفوذ کرده و همچنین جایگزینی معادله دینامیک برای مشخصات در وسط نیمرخ جریان است، استفاده شده است این کار باعث تسهیل مدل سازی آبیاری سطحی میگردد. معادله سنت ونانت براصول فیزیکی دومعادله پیوستگی ومومنتم استوار است. این معادلات حل تحلیلی ندارند ولی با درنظر گرفتن یکسری فرضیات ساده و معتبر در آبیاری

سطحی به راحتی حل میشوند. به این ترتیب این مدل از معادله بیلان حجمی در طول مسیر پیشروی جریان آب استفاده میکند. در مدل SIPAR_ID همچنین برای یافتن پاسخ بهینه سراسری با همگرایی مناسب از الگوریتم تکاملی تفاضلی استفاده شده است. که دراین تحقیق مقایسه فاز پیشروی و پسروی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل SIPAR_ID ارائه شده است.

به منظور ارزیابی مدل‌ها در تخمین پارامترهای نفوذ، حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه با استفاده از روش‌های مذکور برآورد و با حجم آب نفوذیافته با استفاده از روش‌های مذکور برآوردو مقایسه گردید.

درصد خطای نسبی: $RE=\frac{(Pi-Qi)}{Qi}*100$

حداکثر خطا: $ME=MAX\left|Pi-Qi\right|_{i=1}^{n}$

ریشه دوم میانگین مجذور: $RMSE=[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Pi-Qi)^2}{n}]^{\frac{1}{2}}$

کارایی مدلسازی (EF): $EF=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Qi-Q)^2-\sum_{i=1}^{n}(Pi-Qi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Qi-Q)^2}$

که درآن، Pi مقادیر پیش بینی شده، Qi مقادیر اندازه‌گیری شده (مشاهده‌ای)، n تعداد نمونه‌ها و Q مقدار متوسط پارامتر مشاهده شده می‌باشد. حداقل مقدار Me، RE و RMSE صفر وحداکثر مقدار EF برابر یک می‌باشد.

EF می‌تواند مقادیری منفی داشته باشد. مقدار زیاد ME نشانگر بدترین حالت کارکرد مدل است. شاخص EF، مقادیر پیش‌بینی شده را با میانگین اندازه-گیری شده، مقایسه میکند. مقادیر منفی EF بیانگر آن است که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، برآوردی بهتر از مقادیر پیش‌بینی شده دارد. چنانچه تمامی مقادیر پیشبینی و اندازه‌گیری شده باهم برابر شوند، مقدار عددی شاخص‌های ME، RE و RMSE برابر با صفر و مقدار EF برابر با یک خواهد بود.

نتایج و بحث

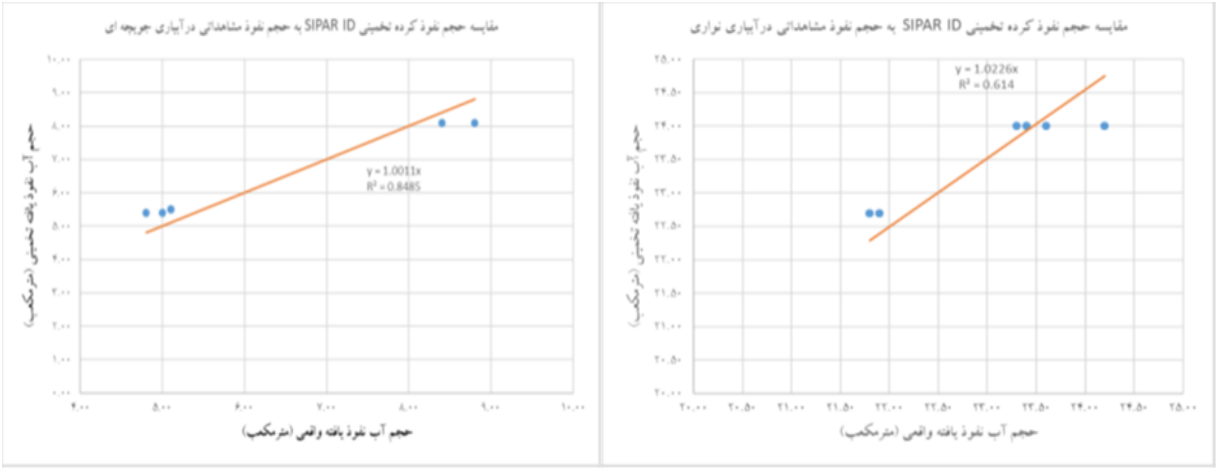
نفوذ مهمترین و مشکلترین پارامتر ارزیابی سامانه آبیاری سطحی است. اهمیت دانستن معادله نفوذ جهت تشریح هیدرولیک آبیاری سطحی، همراه با مشکلات تخمین قابل اطمینان پارامترهای آن، موجب صرف وقت و هزینه زیادی برای طراحی یک سامـــانه آبیاری میشود و در این تحقیق پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف _ لوئیس به روش استفاده از نرم افزار SIPAR_ID تعیین شد و زمان قطع جریان در اولین آبیاری که به خاکاب معروف می‌باشد نسبت به رخدادهای بعدی آبیاری مقدار بیشتری را به خود دارد که علل مربوط به آن زبری و کمبود رطوبت موجود در خاک را می‌توان برشمرد که زارع را به اعمال زمان آبیاری بیشتر وا می‌دارد. شیب موجود در اراضی یکنواخت و فاصله بین جویچه‌ها و نوارها باتوجه به نوع کشت زارع تعیین گردیده بود. (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۰) در ارزیابی مدل‌های مختلف تخمین ضرایب نفوذ، نتایج بدست آمده نشان دادکه برآورد میزان آب نفوذ یافته درخاک، مـــدل SIPAR_ID دارای خطای کمتری می‌باشد و با توجه به تحت ویندوز بودن مدل SIPAR_ID استفاده از این مدل توصیه می-شود. (ابراهمیان وکمالی،۱۳۹۶) مدل SIPAR_ID عملکرد قابل قبولی ندارد چون این روش سرعت نفوذ نهایی را برآورد نمی‌کند و در همه آبیاری‌ها کم برآورد داشت ودر بعضی آبیاری‌ها نیز ۳۰ درصد خطا داشته است. همانطور که در جدول شماره(۲) مشخص شده ضرایب معادله نفوذ که به عنوان یکی از مهمترین پارامترها در ارزیابی و طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی می‌باشد با استفاده از مدل تعیین گردید در گام بعدی پس از مقایسه حجم آب نفوذ کرده با میزان واقعی مشاهده شده و استفاده از شاخص‌های آماری ضرایب بهینه معادله نفوذ تعیین گردید. برای تعیین دقت روش پیشنهادی برای پیـشبینی مقدارکل حجم آب نفوذ یافته به جویچه اطلاعات هیدروگراف‌های جریان ورودی و خروجی مبنا قرارگرفـت.و مقدار کل حجم آب نفوذ یافـــــته محاسبه شده با استفاده از معادله نفوذ کوستیاکف لوئیس بدست آمده با مقادیر حاصل از هیدروگراف‌های جریان ورودی و خروجی مقادیر دقیق حجم آب وارد شده به جویچه و آب خارج شده از جویچه و حجم آب نفوذ یافته به جویچه بعد از اتمام آبیاری ارائه می‌دهد. به منظور ارزیابی مدل‌ها در تخمین پارامترهای نفوذ حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه با استفاده از روش مذکور برآورد و با حجم آب نفوذ یافته با استفاده از هیدوگراف جریان ورودی _خروجی محاسبه شده، مقایسه گردید سپس با استفاده از شاخص مختلف آماری میزان دقت مدل برآورد گردید.

جدول ۲. ضرایب نفوذ معادله کوستیاکف لوییس به دست آمده در مدل‌های مختلف

جویچه ها	SIPAR_ID	
	a	$K(m^3/min^a/m)$
F1	۰/۳۲۳۲	۰/۰۱۲۸
FC1	۰/۳۲۳۲	۰/۰۱۲۸
F2	۰/۲۱۱۷	۰/۰۱۲۵
FC2	۰/۲۱۱۷	۰/۰۱۲۵
F3	۰/۲۰۵۷	۰/۰۱۲۷
FC3	۰/۲۰۵۷	۰/۰۱۲۷
B1	۰/۲۹۳۶	۰/۰۵
BC1	۰/۲۹۳۶	۰/۰۵
B2	۰/۲۵۹۲	۰/۰۴۴
BC2	۰/۲۵۹۲	۰/۰۴۴
B3	۰/۲۶۶۷	۰/۰۵۵
BC3	۰/۲۶۶۷	۰/۰۵۵

جدول ۳. نتایج بررسی شاخص‌های مختلف آماری برروی ضرایب معادله نفوذ در مدل‌های مختلف

جویچه‌ها	SIPAR_ID درصد خطای نسبی(RE%)
F1	-۳/۵
FC1	-۷/۳
F2	۸
FC2	۱۲/۵
F3	۷/۸٤
FC3	۷/۸٤
B1	۲/۵
BC1	۳
B2	۳/٦۵
BC2	٤/۱۳
B3	۱/۷
BC3	-۱
میانگین قدرمطلق خطای نسبی	۵/۲
حداکثرخطا برحسب متر مکعب(ME)	۰/۷
ریشه دوم میانگین مجذور متر(RMSE)	۰/۵
کارایی مدل سازی (EF)	۰/۹۹



شکل ۱. مقایسه حجم نفوذ کرده تخمینی در جویچه و نوار.

نتایج حاصل از مدل در جدول(۳) و نمودارهای مربوط بیانگر عملکرد بالای مدل SIPAR_ID در تعیین ضرایب معادله نفوذ است. نتایج بررسی در تمام شاخص های ریشه دوم میانگین مجذور خطاها (RMSE) درصد خطای نسبی (RE) حداکثر خطا (ME) و کارایی مدل سازی (EF) از برتری نتایج پیش بینی حجم آب نفوذ یافته با استفاده از ضرایب نفوذ خروجی مدل SIPAR_ID دارد.

نتیجه‌گیری

نفوذ از پارامترهای مهم در کشاورزی است به همین سبب نتایج مدل SIPAR_ID نشان می‌دهد دارای کمترین خطا و بهترین عملکرد می‌باشد و همچنین مطالعات نشان می‌دهد که مقادیر ضریب زبری درهر آبیاری بسیار متغیر است وحتی شبیه سازی مراحل پیشروی وپسروی با مقدار مشابه باعث خطای نسبتا قابل توجهی در تخمین آن خواهد شد. (کلمنز و همکاران، ۲۰۰۱) نتایج نمودارها نشان از تطابق مناسب بین مقادیر شبیه سازی شده پیشروی پسروی ومقادیر مشاهداتی دارد که نشان از دقت ضریب زبری مدل SIPAR_ID دارد.

منابع:

امینی زاده س، لیاقت ع، محمودیان شوشتری م،کوچک زاده ص، ارائه یک حل صریح معادلات مدل اینرسی صفر با تاثیر محیط خیس شده جهت شبیه سازی آبیاری جویچه‌ای، نشریه پژوهش کشاورزی پاییز ۱۳۸۵، دوره ۶،شماره ۳، ص ۱۶-۱

پرچمی عراقی ف.، میرلطیفی س .م، قربانی دشتکی ش و مهدویان م.ح. ۱۳۸۹. ارزیابی برخی مدل های نفوذ آب به خاک در برخی کلاس های بافتی وکاربری های اراضی. نشریه آبیاری زهکشی ایران شماره ۲، جلد ۴ ص ۲۰۳- ۱۹۳

راستگو س ، بشارت س، ۱۳۹۶ مطالعه و ارزیابی روش های توسعه یافته تخمین پارامتر های نفوذ در آبیاری جویچه ای معمولی نشریه آبیاری و زهکشی ایران ، شماره ۴، جلد ۱۱، ص ۶۹۱-۶۸۰

کمالی پ ، ابراهمیان ح .۱۳۹۶ مقایسه و ارزیابی روش های مختلف برآورد معکوس ضرایب معادله نفوذ در شرایط کشت داخل جویچه . تحقیقات آب وخاک ایران دوره ۴۸ شماره ۱ ، ص ۴۸-۳۹

جوادی ع ، مشعل م ، ابراهمیان ح ، ۱۳۹۳. تحلیل حساسیت معادلات نفوذ آب به خاک و ضرایب آن ها نسبت به رطوبت اولیه و بار آبی. نشریه آب و خاک، جلد۲۸، شماره ۵، ص ۹۰۸-۸۹۹

Ebrahimian H.,Liaghat A.,Parsinejad M.,Abbasi F.and Navabian M. 2012 Comparison of one –and two dimensional models to simulate alternate and conventional furrow fertigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 138(10):929

Holzapfel, E., Mario,M., and Chavez-Morales, J.(1986)."Surface Irrigation Optimization Models. J.Irrig.Drain.,Eng.,112(1),1_19

Rodriguez, J. A., and J. C., Martos. 2008. SIPAR_ID: Freeware for surface irrigation parameter identification. J. Environmental Modelling and Software: 2 p. (In press).

Strelkoff, T. S., Clemmens, A. J., El-Ansary, M. and M. Awad. 1999. Surface irrigation evaluation models: Application to level basin in Egypt. Trans. ASAE., 42(4): 1027–1036.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Estimation of penetration coefficients in the decreasing flow regime using the model SIPAR_ID

Keyvan Zarakani [1], Hadi Ramezani Etemadi [2], Peyman Danesh Kar Araste[3], Mohadese Sadat Fakhar[4]
[1] Graduated Master of Irrigation and Drainage, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[2] Assistant Professor of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[3] Associate Professor of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
[4] Undergraduate student of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Abstract

Penetration equation is the most important and most difficult parameter for estimating surface irrigation system. The coefficients of penetration equations have a major role in evaluating and designing irrigation systems; therefore, it is necessary to estimate these coefficients with high precision to increase the irrigation efficiency. A large percentage of agricultural land in Iran is irrigated with irrigation, which requires more attention to be paid to the application of the method. Today, due to high water consumption in the country, it has been stepped up to improve irrigation methods. Regarding the fact that agricultural lands are traditionally irrigated, finding a way to improve these methods seems to be much less expensive than irrigation under pressure. One of the most important measures for the correction of surface irrigation systems is the accurate estimation of the coefficients of penetration equations. The purpose of this study is to estimate optimal coefficients in continuous flow regime and reduce flow during irrigation in a land plot and garden. The results show that the maximum error is equal to 0.7 and the value of R^2 in the SIPAR _ID model in tape and jet irrigation is respectively 0.61 and 0.84, respectively.

Keywords: Penetration equations, surface irrigation, Furrow irrigation, penetration rate, irrigation event

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیر مواد اصلاحی بر شاخص سطح برگ (LAI) باقلا در منطقه‌ی دشت ارمو، شهرستان دره شهر استان ایلام

محمد زینوند[۱]، افسانه عالی‌نژادیان[۲*]، اکبر سهرابی[۲]، محمد فیضیان[۳]، امیدعلی اکبرپور[۴]

[۱] دانشجوی دکتری پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه لرستان

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان

[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان

[۴] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان

چکیده

شاخص سطح برگ، از مؤلفه‌های کلیدی در تخمین عملکرد محصول و بررسی تنش های ناشی از شرایط محیطی به شمار می رود. با توجه به اهمیت تعیین دقیق این شاخص، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر برخی مواد اصلاحی بر شاخص سطح برگ گیاه باقلا رقم شاخ بزی، با آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام اجرا شد. پژوهش با هدف بررسی و مقایسه‌ی اثرات دو عامل، انواع مواد اصلاحی و مقادیر ناهمانند مواد اصلاحی (بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار و کود شیمیایی به میزان ۱۰۰ درصد نیاز کودی) روی گیاه باقلا انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد مواد بهساز باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ باقلا (به میزان ۵ تا ۲۲ درصد) گردید. بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۰۶) در تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه و کمترین آن (۳/۳۵) در تیمار شاهد به‌دست آمد. بنابراین می‌توان بیان کرد که مصرف مواد بهساز به‌خصوص به شکل خام و کود مرغی اثرات مفیدی بر شاخص سطح برگ، رشد گیاه و عملکرد محصول باقلا خواهد داشت .

کلمات کلیدی: شاخص سطح برگ، مواد اصلاحی، باقلا، دره شهر.

مقدمه

باقلا (*Vicia faba* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی بوده و سابقه کشت و کار آن به قبل از تاریخ بر می‌گردد. باقلا یکی از حبوبات عمده در بسیاری از کشورهای جهان به‌شمار می‌رود که به‌صورت دو منظوره در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (موسوی و همکاران، ۲۰۱۰). سطح زیر کشت باقلا در جهان ۲۰۵۷۸۸۳ هکتار و میزان تولید آن ۳۳۹۸۳۳۰ تن می‌باشد. عملکرد باقلا در جهان ۱۶۵۱/۴ کیلوگرم در هکتار است (فائو، ۲۰۱۳). سطح زیرکشت باقلا در ایران حدود ۳۵ هزار هکتار می‌باشد. در استان ایلام باقلا یکی از حبوبات مهم به‌شمار می‌رود و به عنوان محصول زمستانه در نقاط مرکزی و جنوبی استان کشت می‌شود (مجنون حسینی، ۲۰۰۸).

* ایمیل نویسنده مسئول: alinezhadian.a@lu.ac.ir

از زمان‌های گذشته کاربرد کودهای دامی در فعالیت‌های کشاورزی جایگاه خاصی داشته است و امروز نیز می‌توانند نقش موثر خود را در قالب کشاورزی پایدار و آلی ایفا نمایند (پورشیرازی و همکاران، ۱۳۹۰). برای دستیابی به حداکثر محصول در گیاه باقلا وجود عناصر غذایی به مقدار لازم و متعادل در محیط پراکنش ریشه این گیاه ضروری است (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۵).کودهای دامی سبب اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه افزایش محصول شده و با تجزیه مواد آلی توسط ریز جانداران و تولید گاز کربنیک در جامعه گیاهی، فتوسنتز، رشد و کارکرد محصول را افزایش می‌دهند (تئودور و همکاران، ۱۹۹۹).

شاخص سطح برگ[1] (LAI) یکی از متغیرهای مهم در مطالعات اقلیمی (اورت، ۲۰۰۴)، اکولوژیکی و تحقیقات زراعی (سلطانی و گالشی، ۲۰۰۲) به شمار می‌رود. بنابراین اندازه‌گیری دقیق شاخص سطح برگ برای درک اثرات متقابل بین رشد و نمو گیاه و محیط امری ضروری است (جسوس و همکاران، ۲۰۰۱). شاخص سطح برگ نمایه‌ای جهت برآورد اندازه‌ی تابش دریافتی توسط گیاه است که بر کارکرد بیولوژیک گیاه تأثیر زیادی دارد. اهمیت میزان شاخص سطح برگ در جامعه گیاهی از آنجا ناشی می‌گردد که در واقع عمل فتوسنتز به عنوان فرآیند تولید ماده آلی در برگ انجام می‌شود و برگ‌ها اندام اصلی دریافت نور، فتوسنتز و تعرق می‌باشند. سطح برگ ابزار مناسبی برای تولید گیاه و قابلیت استفاده از نور محسوب می‌شود (کن زویک و همکاران، ۱۹۹۶). یکی از شاخص‌های مهم اکولوژیک که به‌عنوان یک متغیرکلیدی در فرآیندهای بیولوژیک گیاهان محسوب می‌شود، سطح برگ است. زیرا برگ‌ها در واقع رابط بین گیاه زراعی و اتمسفر هوا (محل تبادل انرژی) می‌باشند. از آنجایی که سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص رابطه مستقیم دارد، افزایش شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص سبب افزایش سرعت رشد محصول و افزایش عملکرد محصول می‌گردد (اریکسون و همکاران، ۲۰۰۵). سطح برگ یک متغیر مهم برای مطالعات فیزیولوژیکی و زراعی شامل رشد گیاه، دریافت نور، کارایی فتوسنتزی، تبخیر و تعرق و پاسخ به کودها و آبیاری می‌باشد (بلانکو و فولگاتی، ۲۰۰۵). همچنین نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که شاخص سطح برگ معیار مناسبی برای برآورد میزان تغییرات عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط مختلف محیطی به‌شمار می‌رود. بنابراین اندازه‌گیری دقیق شاخص سطح برگ برای درک اثرات متقابل رشد و نمو گیاه و محیط امری ضروری است (بخشنده و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به فقر خاک‌های اکثر مناطق کشور از نظر مواد آلی و اهمیت کودهای دامی و بقایای محصولات کشاورزی در توان تولیدی خاک، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر برخی مواد اصلاحی بر شاخص سطح برگ گیاه باقلا رقم شاخ بزی، در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام روی گیاه باقلا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل پاییز، سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام با کاربرد انواع مواد اصلاحی و مقادیر ناهمانند مواد اصلاحی (بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در

[1] Leaf area index

هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار و کود شیمیایی با توجه به آزمون خاک (۲۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم) در سه تکرار اجرا گردید. اراضی دشت ارمو - چمژاب از نظر تقسیمات کشوری جزء استان ایلام و شهرستان دره‌شهر بوده و از لحاظ مختصات جغرافیای بین طول‌های ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۳ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و با متوسط ۶۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع گردیده است. میانگین ماهیانه متوسط دمای روزانه هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد ۲۱/۳ و متوسط دمای حداقل ۱۳/۵ و متوسط دمای حداکثر ۲۹/۲ سانتی گراد است، تبخیر سالیانه حدود ۲۶۵۵ میلی‌متر و میانگین مجموع بارندگی ۴۱۷/۱ میلی‌متر می‌باشد. خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، مزرعه تهیه و به منظور یکنواختی از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد؛ سپس در معرض هوا خشک گردید.کاه و کلش گندم و بقایای یونجه از مزارع شهرستان دره شهر تهیه شد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ – برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ویژگی	واحد	خاک
بافت	-	Clay Loam
pH	-	۷/۶۵
هدایت الکتریکی	dS/m	۱/۹۲
کربن آلی	٪	۱/۵۲
نیتروژن کل	٪	۰/۱۴۷
پتاسیم قابل جذب	mg/kg	۱۶۳/۷
فسفر قابل جذب	mg/kg	۱۳/۸
روی قابل جذب	mg/kg	۰/۷۸
آهن قابل جذب	mg/kg	۶/۲۵
مس قابل جذب	mg/kg	۱/۲۳

اندازه گیری شاخص سطح برگ، در مرحله گلدهی در همه کرت‌ها به طور همزمان انجام شد. جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج مدل دلتا تی استفاده گردید. پس از تعیین تراکم بوته واقعی (بوته در مترمربع) شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (دیکاگو دیوایس، ۲۰۰۴):

$$LAI = (pla \times den)/10000 \quad (۲)$$

که در آن LAI؛ شاخص سطح برگ، pla؛ متوسط سطح برگ هر بوته (سانتی‌متر مربع) و den؛ تراکم واقعی (بوته در متر مربع) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین تأثیر مواد بهساز بر شاخص سطح برگ باقلا در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (کمیت F) اثر مواد بهساز بر شاخص سطح برگ باقلا

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ
تیمار	۱۰	۷/۲۵**
تکرار	۲	۰/۶۵ns
خطا	۲۰	-
ضریب تغییرات	-	۵/۲۸

ns و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ باقلا تحت تاثیر تیمارهای مختلف مواد بهساز

تیمار	M1	M2	M3	G1	G2	G3	Y1	Y2	Y3	Ch3	S
شاخص سطح برگ	۳/۳ cd	۳/۶۴ bc	۴/۰۳ a	۳/۲۴ d	۳/۵ cd	۳/۹۶ ab	۳/۳۳ cd	۳/۶۵ bc	۴/۰۶ a	۳/۵۸ c	۳/۳۵ cd

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

M_1: ۲ تن در هکتار، M_2: ۴ تن در هکتار، M_3 : ۶ تن در هکتار کود مرغی،

G_1: ۵ تن در هکتار، G_2: ۱۰ تن در هکتار، G_3:۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم،

Y_1: ۵ تن در هکتار، Y_2: ۱۰ تن در هکتار، Y_3: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه،

Ch_3: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد.

طبق نتایج تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲)، کاربرد مواد بهساز اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ نشان دادند. مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳) نیز نشان می‌دهد که با افزایش مواد بهساز به خاک، شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد در همه‌ی تیمارهای دریافت کننده‌ی مواد بهساز افزایش یافته است. اما این روند افزایشی فقط در تیمارهای ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه، ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم و تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی نسبت به شاهد معنی‌دار بود و سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان ندادند. بیشترین شاخص سطح برگ‌ها (۴/۰۶) در تیمار ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه و کمترین آن (۳/۳۵) در تیمار شاهد مشاهده گردید. از آنجایی که سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص رابطه مستقیم دارد، افزایش شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص سبب افزایش سرعت رشد محصول و افزایش عملکرد محصول می‌گردد. کابلی (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی تاثیر نیتروژن مصرفی و نوع بقایای گیاهی بر مراحل فنولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین باقلا در منطقه گنبد کاووس پرداخت. نتایج وی نشان داد که اثر بقایای گیاهی بر شاخص سطح برگ و تعداد غلاف در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. علیزاده و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به بررسی اثر بقایای گیاهی و تنش شوری بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل در خاک تحت کشت جو پرداختند. نتایج آنها نشان داد که خاک‌های حاوی بقایای یونجه حداکثر سطح برگ و کلروفیل را داشتند. همچنین بیان کردند که افزایش هر گونه پسماند گیاهی سبب افزایش سطح برگ و میزان کلروفیل و قدرت پنجه زنی گیاه می‌گردد و شدت آن بستگی به نوع و کیفیت بقایای گیاهی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک می‌گردد. کاربرد مواد بهساز آلی به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از عناصر غذایی قابل دسترس، سبب بهبود شاخص سطح برگ باقلا شد. به‌طوریکه از بین این مواد بهساز، بقایای یونجه تأثیر بیشتری نسبت به تیمارهای کود مرغی، کاه و کلش گندم و کود شیمیایی در افزایش شاخص سطح برگ گذاشته‌است. باتوجه به اینکه استفاده از بقایای گیاهی یونجه نسبت به کود مرغی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تراست، جهت بهبود شاخص سطح برگ باقلا، می‌توان کاربرد ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه را پیشنهاد نمود .

منابع

بخشنده، الف. سلطانی، الف. و ر، غدیریان. ۱۳۹۰. اندازه گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه AccuPAR در گندم. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد ۱۸. شماره ۴. ۱۰۲-۹۷.

پورشیرازی، م. سماوات، س. زلفی، ب. مختار، م. مرادی، ف. و ق، مرادی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر مواد آلی از منابع مختلف بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گیاه در استان بوشهر. مجله پژوهشهای خاک. جلد ۲۵. شماره ۴. ص ۲۹۳-۲۸۵.

علیزاده، م. چرم، م. و ن، عنایتی. ۱۳۹۴. اثر بقایای گیاهی و تنش شوری بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل در خاک تحت کشت جو. دومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. ص ۱۴۹-۱۵۶.

کابلی، ع. ۱۳۹۴. تاثیر نیتروژن مصرفی و نوع بقایای گیاهی بر مراحل فنولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین باقلا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس. ۹۹ ص.

Blanco, F.F. and M.V. Folegatti. 2005. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 62, 4.

Decagon Devices. 2004. AccuPAR PAR/LAI ceptometer model LP-80. Operator's manual version 1.2. p: 97.

Ewert, F. 2004. Modeling plant responses to elevated CO2: How important is leaf area index? Ann. Bot. 93: 619 627.

Eghbal B, Ginting D and Gilly JE, 2004. Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. Agronomy journal 96:442-447.

Eriksson, H., L. Eklundh, K. Hall, and A. Lindroth, 2005. Estimating LAI in deciduous forest stands Agric. For. Meteorol. 129: 27-37.

FAO. 2013. FAOSTAT/ Productiostat/ Crops. Available at Web site http:// faostat. fao.org.Food and Agriculture Organization of the United Nations (verified 5 September 2015).

Jesus, W.C.J., and Vale, F.X.R. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agron. J. 93: 989-991.

Knezevic, Z., Weise,S.F., and Swanton,C.J. 1996. Interference of red root pigweed (Amaranthus retroflexus L.) in corn (Zea mays L.) and soybean (Glycin max L.). Weed Sci. 42: 568-578.

Koocheki, A., and Banayane Avval, M. 1995. Grain Legume Cropping. University Jehad of Mashhad Press. 240P. (In Persin).

Majnun Hussein, N. 2008. Agriculture and Grain Production. Jihad University Tehran Press. 283P.

Mousavi, H., Siyadat, S.A., Moshatty, A., and Gholizdeh, M.R. 2010. Effects of row distance on the yield of beans in Ahvaz region. Journal of plant Sciences Cultivation 2(4):1- 7. (In Persian with English Summary).

Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: Experimentationand simulation. Field Crops Res. 77: 17-30.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The Effect of amendment materials on the Leaf Area Index (LAI) Bean in Aramou plain, Darreh Shahr city, Ilam province

Zeinvand[1], M., Alinejadian[*2], A., Sohrabi[2], A. Feizian[3], M., Akbarpour[4], O.

[1] ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[4] Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

The leaf area index is one of the key components in product performance estimation and environmental stress testing. Considering the importance of precise determination of this index, the present study was conducted to investigate the effect of some amendment materials on leaf area index of the horn-goose bean plant, a split-plot experiment, in the crop year 2019-2018, in three replications in a farm in Dasht-e Aramou, Dareshahr-Ilam province, in three replications. The aim of this study was to investigate and compare the effects of the two factors, the types of amendment materials and the amount of insoluble matter (alfalfa residues at 5, 10 and 15 ton/ha, straw and wheat straw at 5, 10 and 15 ton/ha, chicken manure at three levels of 2, 4 and 6 ton/ha and fertilizer is 100% fertilizer requirement, on bean plant. The results showed that the use of baking agents significantly increased the bean leaf area index (from 5 to 22%). The highest leaf area index (04.06) was obtained in the treatment of 15 tons per hectare alfalfa and the lowest (3.35 percent) in control treatment. Therefore, it can be stated that the use of improvers, especially in raw form and poultry manure, will have beneficial effects on leaf area index, plant growth and yield of the bean.

Keywords: Leaf Area Index, amendment materials, bean, Dare Shahr.

[*] Corresponding author, Email:alinezhadian.a@lu.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیر مواد بهساز بر محتوای نسبی کلروفیل (SPAD) گندم در منطقه‌ی دشت ارمو- شهرستان دره شهر، استان ایلام

محمد زینوند[۱]، افسانه عالی‌نژادیان*[۲]، اکبر سهرابی[۲]، محمد فیضیان[۳]، امیدعلی اکبرپور[۴]

[۱] دانشجوی دکتری پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه لرستان

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان

[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان

[۴] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان

چکیده

اندازه‌گیری محتوای نسبی کلروفیل (SPAD) معیار مناسبی در برنامه‌های اصلاحی در جهت افزایش میزان فتوسنتز برگ به شمار می‌آید. در تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر برخی مواد بهساز بر محتوای نسبی کلروفیل برگ گیاه گندم رقم سیروان، آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام اجرا شد. پژوهش با هدف بررسی و مقایسه‌ی اثرات دو عامل، انواع مواد بهساز و مقادیر ناهمانند مواد بهساز (بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار و کود شیمیایی به میزان ۱۰۰ درصد نیاز کودی) روی گیاه گندم انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد مواد بهساز باعث افزایش معنی‌دار محتوای نسبی کلروفیل برگ گندم (به میزان ۱۸ تا ۱۲۲ درصد) گردید. بیشترین محتوای نسبی کلروفیل برگ (۱۸/۶) در تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی و کمترین آن (۸/۳۷) در تیمار شاهد به‌دست آمد. باتوجه به یافته‌ها می‌توان بیان کرد که مصرف مواد بهساز به شکل کود مرغی و بقایای گیاهی، اثرات مفیدی بر محتوای نسبی کلروفیل برگ، رشد گیاه و عملکرد محصول گندم خواهد داشت.

کلمات کلیدی: گندم، مواد بهساز، محتوای نسبی کلروفیل، دره شهر.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی است که حدود ۵۶ درصد انرژی و ۵۰ درصد پروتئین مردم دنیا را تامین کرده و غذای بخش بزرگی از جمعیت‌های مختلف پراکنده در قاره‌ها را شامل می‌شود (فائو، ۲۰۱۳). امروزه گندم غذای اصلی مردم در بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد به‌طوری که ۲۰ درصد کالری مورد نیاز جهان را تأمین می‌نماید (فائو، ۲۰۱۳). گندم در قرن حاضر یکی از راهبردی‌ترین گیاهان زراعی به حساب می‌آید، به گونه‌ای که با افزایش تولید گندم، کمبود مواد غذایی می‌تواند رفع شود. در ایران گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی بوده و سطح زیر کشت آن در حدود ۲ میلیون هکتار یعنی حدود ۵۳ درصد اراضی زراعی ایران می‌باشد (رامیار، ۱۳۸۹).

از زمان‌های گذشته کاربرد کودهای دامی در فعالیت‌های کشاورزی جایگاه خاصی داشته است و امروزه نیز می‌تواند نقش موثر خود را در قالب کشاورزی پایدار و آلی ایفا نمایند (پورشیرازی و همکاران، ۱۳۹۰). کودهای دامی سبب اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه افزایش محصول شده و با تجزیه مواد آلی توسط ریز جانداران و تولید گاز کربنیک در جامعه گیاهی، فتوسنتز، رشد و کارکرد محصول را افزایش می‌دهند (تئودور و همکاران، ۱۹۹۹).

برای اندازه‌گیری کلروفیل اگرچه روش‌های پیچیده و دقیق آزمایشگاهی وجود دارد اما در سال‌های اخیر تعیین محتوای کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی درمزرعه رواج یافته است. با توجه به اینکه روش‌های تخریبی اندازه‌گیری کلروفیل زمان‌بر و پرهزینه است در مواقعی که عوامل تنش‌زا آثار سریعی می‌گذارند پاسخگو نمی‌باشد، استفاده از روش‌های غیرتخریبی محاسبه محتوای کلروفیل که معایب فوق را ندارد و در طول زمان قرائت‌های زیادی را نیز می‌توان از آنها برداشت کرد، توصیه می‌شود. روش اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ با دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD)

* ایمیل نویسنده مسئول: alinezhadian.a@lu.ac.ir

تاکنون برای ارزیابی محتوای کلروفیل و نیاز نیتروژنی گونه‌های مختلف گیاهی به کار رفته است. کلروفیل‌متر یک وسیله دستی می‌باشد و اعداد حاصل از آن با مقادیر محتوای کلروفیل برگ ارتباط دارد (ماجور و همکاران، ۲۰۰۳). دستگاه کوچک و دستی اسپادمتر سریع و بدون تخریب بافت‌های گیاهی، قادر به تخمین کلروفیل قابل عصاره‌گیری از برگ‌های گونه‌های زراعی است. باید توجه داشت که عدد SPAD به هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می دهد. این عدد همبستگی بالایی با مقدار کلروفیل برگ دارد (ارال و تولنار، ۱۹۹۷).

با توجه به فقر خاک‌های اکثر مناطق کشور از نظر مواد آلی و اهمیت کودهای دامی و بقایای محصولات کشاورزی در توان تولیدی خاک، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر برخی مواد بهساز بر محتوای نسبی کلروفیل برگ گیاه گندم رقم سیروان، در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام روی گیاه گندم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل پاییز، سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام با کاربرد انواع مواد اصلاحی و مقادیر ناهمانند مواد اصلاحی (بقایای یونجه در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کاه و کلش گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود مرغی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار و کود شیمیایی با توجه به آزمون خاک (۲۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم) در سه تکرار اجرا گردید. اراضی دشت ارمو - چمژاب از نظر تقسیمات کشوری جزء استان ایلام و شهرستان دره‌شهر بوده و از لحاظ مختصات جغرافیای بین طول‌های ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۳ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و با متوسط ۶۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع گردیده است. میانگین ماهیانه متوسط دمای روزانه هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد ۲۱/۳ و متوسط دمای حداقل ۱۳/۵ و متوسط دمای حداکثر ۲۹/۲ سانتی گراد است، تبخیر سالیانه حدود ۲۶۵۵ میلی‌متر و میانگین مجموع بارندگی ۴۱۷/۱ میلی‌متر می‌باشد. خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، مزرعه تهیه و به منظور یکنواختی از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد؛ سپس در معرض هوا خشک گردید.کاه و کلش گندم و بقایای یونجه از مزارع شهرستان دره شهر تهیه شد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ – برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ویژگی	واحد	خاک
بافت	-	Clay Loam
pH	-	۷/۶۵
هدایت الکتریکی	dS/m	۱/۹۲
کربن آلی	٪	۱/۵۲
نیتروژن کل	٪	۰/۱۴۷
پتاسیم قابل جذب	mg/kg	۱۶۳/۷
فسفر قابل جذب	mg/kg	۱۳/۸
روی قابل جذب	mg/kg	۰/۷۸
آهن قابل جذب	mg/kg	۶/۲۵
مس قابل جذب	mg/kg	۱/۲۳

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ، از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502-Minolta-japan) استفاده شد. این دستگاه محتوای کل کلروفیل را به‌صورت شاخصی به نام SPAD اندازه می‌گیرد که روش غیر تخریبی است. به‌منظور اندازه‌گیری این صفت از قسمت‌های میانی پهنک برگ‌های تازه توسعه یافته گیاهان در مرحله گلدهی در هر واحد آزمایشی حدود ۱۰-۵ بار قرائت انجام شد و میانگین این داده‌ها توسط دستگاه به‌عنوان داده نهایی ارائه شد (طهرانی، ۱۳۸۴).

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین تأثیر مواد بهساز بر محتوای نسبی کلروفیل برگ گندم در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (کمیت F) اثر مواد بهساز بر شاخص کلروفیل برگ گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل برگ
تیمار	۱۰	۶۶/۰۱**
تکرار	۲	۴/۸۳*
خطا	۲۰	-
ضریب تغییرات	-	۴/۸

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ گندم تحت تاثیر تیمارهای مختلف مواد بهساز

تیمار	M1	M2	M3	G1	G2	G3	Y1	Y2	Y3	Ch3	S
شاخص کلروفیل برگ	۱۳/۴ e	۱۶/۳ b	۱۸/۶ a	۱۲/۱۷ f	۱۴/۹۳ c	۹/۹۳ g	۱۳/۵ de	۱۶/۶۳ b	۱۸/۱ a	۱۴/۶ cd	۸/۳۷ h

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

M_1: ۲ تن در هکتار، M_2: ۴ تن در هکتار، M_3 : ۶ تن در هکتار کود مرغی،

G_1: ۵ تن در هکتار، G_2: ۱۰ تن در هکتار، G_3:۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم،

Y_1: ۵ تن در هکتار، Y_2: ۱۰ تن در هکتار، Y_3: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه،

Ch_3: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد.

طبق نتایج تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲)، کاربرد مواد بهساز اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص کلروفیل برگ نشان دادند. مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳) نیز نشان می‌دهد که با افزایش مواد بهساز به خاک، شاخص کلروفیل برگ نسبت به تیمار شاهد در همه‌ی تیمارهای دریافت کننده‌ی مواد بهساز افزایش یافته است. این روند افزایشی در تمام تیمارها نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. بیشترین شاخص سطح برگ‌ها (۱۸/۶)در تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی و کمترین آن (۸/۳۷) در تیمار شاهد مشاهده گردید. احمدی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم (رقم الوند) پرداختند، نتایج آنها نشان داد که افزایش سطح کود دامی از ۳۰ به ۶۰ تن در هکتار، شاخص کلروفیل برگ‌ها را به طور معنی‌داری افزایش داد ولی بر سایر صفات مورد مطالعه اثر معنی‌داری نداشت. آقایی سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی به بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مصرف چهار تن زئولیت و ۱۵ تن کود دامی در هکتار هم در شرایط آبی نرمال و تنش اثر مثبتی در افزایش میزان کلروفیل داشت. علیزاده و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به بررسی اثر بقایای گیاهی و تنش شوری بر میزان کلروفیل و شاخص سطح برگ در خاک تحت کشت جو پرداختند. نتایج آنها نشان داد که خاک‌های حاوی بقایای یونجه حداکثر کلروفیل را داشتند. آنان همچنین بیان کردند که افزایش هر گونه پسماند گیاهی سبب افزایش سطح برگ و میزان کلروفیل و قدرت پنجه زنی گیاه می‌گردد و شدت آن بستگی به نوع و

کیفیت بقایای گیاهی دارد. افوسو انیم و همکاران (۲۰۰۹) در کشور غنا به بررسی اثرات کودهای دامی بر خصوصیات گیاه جو بهاره پرداختند. نتایج آنها حاکی از آن بود که کود دامی باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ جو بهاره شد.

نتیجه‌گیری کلی

تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک می‌گردد. کاربرد مواد بهساز آلی به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از عناصر غذایی قابل دسترس، سبب بهبود شاخص کلروفیل برگ گندم شد. به‌طوریکه از بین این مواد بهساز، کود مرغی تأثیر بیشتری نسبت به تیمارهای بقایای گیاهی یونجه، کاه و کلش گندم و کود شیمیایی در افزایش شاخص کلروفیل برگ گذاشته است. باتوجه به اینکه استفاده از کود مرغی اثرات بیشتری بر شاخص کلروفیل برگ گندم داشت، بنابراین می‌توان جهت بهبود شاخص کلروفیل برگ گندم، کاربرد ۶ تن در هکتار کود مرغی را پیشنهاد نمود.

منابع

آقایی سربرزه، م. رجبی، ر. حقدوست، ر. و ر، محمدی. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله نهال و بذر. جلد ۲۴. شماره ۳. ص ۶۰۱-۵۷۹.

احمدی نژاد، ر. ن، نجفی. ن، ع، اصغرزاد. و ش، اوستان. ۱۳۹۲. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم (رقم الوند). نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۳. شماره دو. ص ۱۹۴-۱۷۷.

پورشیرازی، م. سماوات، س. زلفی، ب. مختار، م. مرادی، ف. و ق، مرادی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر مواد آلی از منابع مختلف بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گیاه در استان بوشهر. مجله پژوهشهای خاک. جلد ۲۵. شماره ۴. ص ۲۹۳-۲۸۵.

رامیار، ح. وم، جم نژاد. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر تداخلی جو ناخواسته روی شاخص‌های رشد چند رقم گندم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد هشتم. شماره ۷۵. ص ۸۱-۷۵.

زینوند، م . الف، سهرابی. ۱۳۹۳. پاک سازی خاک های آلوده به فلزات سنگین با استفاده از گیاهان سبز(گیاه پالایی). مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست. کرمان.

سماوات، س. ۱۳۸۶. گزارش وضعیت ماده آلی خاکهای کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب.

طهرانی، م. ۱۳۸۴. بررسی نیاز غذایی چغندرقند به ازت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج. نشریه فنی شماره ۱۲۳۵. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.

علیزاده، م. چرم، م. و ن، عنایتی. ۱۳۹۴. اثر بقایای گیاهی و تنش شوری بر شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل در خاک تحت کشت جو. دومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. ص ۱۴۹-۱۵۶.

مسگرباشی، م. بخشنده، م. نبی‌پور، م. و ع، کاشانی. ۱۳۸۵. اثرات بقایای گیاهی و سطوح کود شیمیایی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دو رقم گندم در اهواز. مجله علمی کشاورزی. ۲۹(۱). ص۶۲-۵۳.

Eral, H. and M. Tollenaar. 1997. Maize leaf absorptance of photosynthetically active radiation and its estimation using chlorophyllmeter. Crop Sci. 37: 436-440.

FAO. 2013. FAOSTAT/ Productiostat/ Crops. Available at Web site http:// faostat. fao.org.Food and Agriculture Organization of the United Nations (verified 5 September 2015).

Major, D. J., R. Baumeister, A. Toure and S. Zhao. 2003. Digital Imaging and Spectral Techniques (Application to Precision Agriculture and Crop Physiology). ASA-CSSA-SSSA Special Publication, Madison WI, USA.

Ofosu-Anim, J. and Leitch, M. 2009. Relative efficacy of organic manures in spring barley production. Australian. Journal. 82: 80-83.

Theodore, C.H. and R.B.Jackson. 1999. Interactive effects of water stress and elevated co_2 on growth, photosynthesis, and water use efficiency. Agron. J, 36:3-31.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The Effect of amendment materials on the Relative Content of Chlorophyll (SPAD) Wheat in Aramou plain, Darreh shahr city, Ilam province.

Zeinvand[1], M., Alinejadian[*2], A., Sohrabi[2], A. Feizian[3], M., Akbarpour[4], O.

[1] ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[4] Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

Measurement of relative chlorophyll content (SPAD) is a good measure in correctional programs to increase leaf photosynthesis. The present study was conducted to investigate the effect of some amendment materials on the relative content of chlorophyll content of wheat leaves of cultivar Sierwan, a randomized complete block design experiment, in the crop year 2019-2018, in three replications in a farm in Dasht-e Aramou, Dare Shahr-Ilam province. The aim of this study was to investigate and compare the effects of the two factors, the types of amendment materials and the amount of insoluble matter (alfalfa residues at 5, 10 and 15 ton/ha, straw and wheat straw at 5, 10 and 15 ton/ha, Chicken manure at three levels of 2, 4 and 6 ton/ha and fertilizer is 100% fertilizer requirement on wheat plant. The results showed that the use of baking agents significantly increased the relative chlorophyll content leaves (18 to 122 percent). The highest relative chlorophyll content (18.6%) was observed in the treatment of 6 tons per hectare of Chicken manure and the lowest (8.37) in control treatment. Therefore, it can be stated that the use of improvers, especially in the Chicken manure form and herbal remnants, will have beneficial effects on relative chlorophyll content, plant growth and yield of wheat.

Keywords: Wheat, amendment materials, relative chlorophyll content, Dare Shahr.

[*] Corresponding author, Email: alinezhadian.a@lu.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

برآورد منحنی مقاومت مکانیکی خاک با استفاده از منحنی مشخصه آب خاک

فاطمه مسکینی ویشکایی[۱*]، محمدحسین محمدی[۲]، محمد رضا نیشابوری[۳]

[۱] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فن‌آوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

[۳] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

مقاومت مکانیکی خاک (SR) یکی از مهمترین محدودیت‌های فیزیکی خاک در رشد و نفوذ ریشه گیاه است. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی امکان برآورد منحنی مقاومت مکانیکی خاک با استفاده از منحنی مشخصه آب خاک در دو بافت غالب خاک استان زنجان انجام شد. دو نمونه خاک با بافت لوم شنی و لوم رسی انتخاب گردید. توزیع اندازه ذرات، جرم مخصوص ظاهری، منحنی مشخصه آب خاک و منحنی مقاومت مکانیکی خاک اندازه‌گیری شد. افزایش مکش ماتریک خاک از ۳۳۰ cm تا ۱۵۰۰۰ cm و کاهش رطوبت خاک موجب افزایش مقدار SR به‌ترتیب از ۰/۷ MPa تا ۱/۷ MPaدر خاک لوم شنی و از ۰/۵۹ MPa تا ۲/۲۹ MPa در خاک لوم رسی گردید. علاوه بر این، نتایج این پژوهش نشان داد که در یک مکش ماتریک مشخص، مقدار مقاومت به نفوذ در خاک لوم رسی بیشتر از خاک لوم شنی بود. با افزایش رس خاک، دقت برآورد منحنی مقاومت مکانیکی خاک توسط مدل پیشنهادی کاهش یافت. نتایج نشان داد که در خاک‌هایی با مقدار رس کمتر از ۲۵ درصد، مدل پیشنهادی قادر به برآورد مناسب منحنی مقاومت مکانیکی خاک است اما استفاده از مدل در خاک‌های با مقدار رس بیشتر مستلزم واسنجی ضرایب تجربی مدل است.

کلمات کلیدی: محدودیت فیزیکی خاک، مدل‌سازی، نفوذ ریشه.

مقدمه

مقاومت خاک، به ظرفیت یک خاک برای مقاومت، ایستادگی یا تحمل نمودن تنش مکانیکی اعمال شده بدون ایجاد گسیختگی (مانند شکاف، قطعه قطعه شدن یا جریان یافتن) اطلاق می‌گردد (Lal و Shukla، ۲۰۰۴). در کشاورزی، مقاومت خاک در مباحث رشد گیاه (Wang و همکاران، ۲۰۰۹)، طویل شدن ریشه (Ghestem و همکاران، ۲۰۱۳)، پایداری خاکدانه، فرسایش‌پذیری و تشکیل سله و تراکم خاک (Jung و همکاران، ۲۰۱۰) کاربرد دارد. در واقع، مقاومت مکانیکی خاک به نفوذ، مقاومت فیزیکی خاک در برابر حرکت ریشه در پروفیل خاک است که متأثر از جرم مخصوص ظاهری، تخلخل و مقدار رطوبت خاک است (Bartzen و همکاران، ۲۰۱۹). به طور کلی، خاک‌های رسی خشک مقاومت مکانیکی بالایی دارند (Lal و Shukla، ۲۰۰۴). Stock و Downes (۲۰۰۸) به بررسی اثر افزایش ماده آلی به خاک بر مقاومت خاک به نفوذ در تمام محدوده رطوبتی خاک پرداختند و نشان دادند که در مقادیر رطوبت بالاتر از ظرفیت مزرعه‌ای، تغییرات مقدار مقاومت به نفوذ در راستای تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک است.

نتایج مطالعات Materechera و همکاران (۱۹۹۱) بر روی روابط مقاومت به نفوذ و رشد ریشه نشان داد که مقاومت مکانیکی بیش از ۳/۶ MPa می‌تواند مانع رشد ریشه گردد. Whalley و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که عموما در مقادیر مقاومت به نفوذ بالاتر از ۲/۵ MPa، طویل شدن ریشه به طور معنی‌داری محدود می‌گردد. با این وجود تعدادی از مطالعات مزرعه‌ای حاکی از سلامت ظاهری گیاهان در مقاومت به نفوذ بالاتر از ۲/۵ MPa بودند. برخی از محققین علت این امر را اثر مقدار رطوبت خاک در زمان قرائت فروسنج می‌دانند. Whalley و همکاران (۲۰۰۸)، مقاومت مکانیکی خاک را به عنوان یک تنش فیزیکی محدود کننده رشد و عملکرد گیاه گندم مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که صرف نظر از تفاوت در نوع خاک، ساختمان و وضعیت رطوبت خاک، مقاومت خاک به خوبی قادر به پیش‌بینی عملکرد گیاه بوده و به‌عنوان یک تنش فیزیکی مهم، عملکرد و راندمان تولید گیاه را محدود می‌کند.

اندازه‌گیری منحنی مقاومت مکانیکی خاک دشوار و زمان‌بر است. چندین مطالعه انجام شده است که با استفاده از ویژگی‌های زود یافت خاک و توابع تجربی، مقدار مقاومت مکانیکی را برآورد نموده اند. اما با توجه به وابسته به مکان بودن روابط بسط داده شده، نمی‌توان آن‌ها به سایر خاک‌ها تعمیم داد. Dexter و همکاران در سال (۲۰۰۴) مدلی را پیشنهاد نمود که با استفاده از داده‌های منحنی مشخصه آب خاک می‌توان منحنی مقاومت مکانیکی خاک را پیش‌بینی نمود. مدل پیشنهادی آن‌ها دارای پایه و مبنای فیزیکی بوده و از این رو بسیار ارزشمند می‌باشد. به‌دلیل محدودیت در داده‌های منحنی

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

مقاومت مکانیکی خاک، تاکنون دقت برآورد مدل دکستر ارزیابی نگردیده است. هدف این پژوهش، ارزیابی مدل Dexter و همکاران (۲۰۰۷) در برآورد منحنی مقاومت مکانیکی خاک به نفوذ ریشه در دو بافت خاک غالب استان زنجان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو نمونه خاک با بافت لوم شنی (۳۶°۴۰′ N ۴۸°۲۴′ E و ارتفاع ۱۶۵۱ متر) و لوم رسی (۳۶°۴۱′ N ۴۸°۲۳′ E و ارتفاع ۱۵۷۶ متر) از اراضی دانشگاه زنجان در سال ۹۲ تهیه گردید. نمونه‌برداری به صورت مرکب از عمق ۰ -۳۰ سانتی‌متر انجام گرفت. توزیع اندازه ذرات خاک‌ها با استفاده از هیدرومتر و الک، جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از نمونه دست‌نخورده و به روش سیلندر و منحنی مشخصه آب خاک با استفاده ازستون آب آویزان (۱۰۰-۱ cm)، دستگاه صفحات فشاری (۵۰۰۰ -۱۰۰ cm) و غشای فشاری (مکش ۱۵۰۰۰ -۵۰۰۰ cm) اندازه‌گیری شد (Dane و Hopmans، ۲۰۰۲).اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک با استفاده فروسنج مخروطی با قطر ۲۰/۲۷ mm و سطح مقطع ۳۲۳ mm^2 با زاویه 30° (ASAE S313.3 FEB04) با سرعت نفوذ ۱ $cm\ min^{-1}$ در عمق ۴-۱ cm سطح خاک گلدان‌ها (شکل ۳- ۲) در چندین مکش ماتریک مختلف خاک در محدوده‌ی ۳۰۰ تا ۱۵۰۰۰ cm انجام گرفت تا یک منحنی پیوسته حاصل شود (Lowery و Morrison، ۲۰۰۲). در هر مکش، مقاومت مکانیکی خاک در ۳ تکرار اندازه‌گیری شده و میانگین آن‌ها محاسبه گردید.

شکل ۳-۲ نمایی از فروسنج مخروطی برای اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک درون گلدان

در این مطالعه، علاوه بر اندازه‌گیری مستقیم مقاومت مکانیکی خاک، روش Dexter و همکاران (۲۰۰۷) نیز برای برآورد مقاومت مکانیکی خاک (SR) با استفاده از داده‌های منحنی مشخصه آب خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. رابطه پیشنهادی آنان، شامل دو جزء اصلی است: جزء اول معیاری از درجه تراکم خاک است و جزء دوم بیان کننده سهم آب منفذی در مقاومت خاک است:

$$SR = a' + b'\left(\frac{1}{S}\right) + c'\sigma' \qquad (۱)$$

SR مقاومت مکانیکی خاک برحسب کیلو پاسکال، σ تنش مؤثر است و سهم آب منفذی را در مقاومت خاک نشان میدهد، S شیب منحنی رطوبتی در نقطه عطف بوده و به‌عنوان شاخصی از کیفیت فیزیکی بکار می‌رود. و $\frac{1}{S}$ معیاری از درجه تراکم خاک است. a'، b' و c' پارامترهای تجربی و بدون بعد حاصل از برازش معادله هستند (a'=328, b'=37.39, c'=1.615). شاخص S دکستر و σ' با استفاده از پارامترهای معادله ون‌گنوختن قابل برآورد می‌باشند (Dexter، ۲۰۰۷):

$$S = -n(\theta_s - \theta_r)\left[1+\frac{1}{m}\right]^{-(1+m)} \quad (۲)$$

$$\sigma' = S_e h \quad (۳)$$

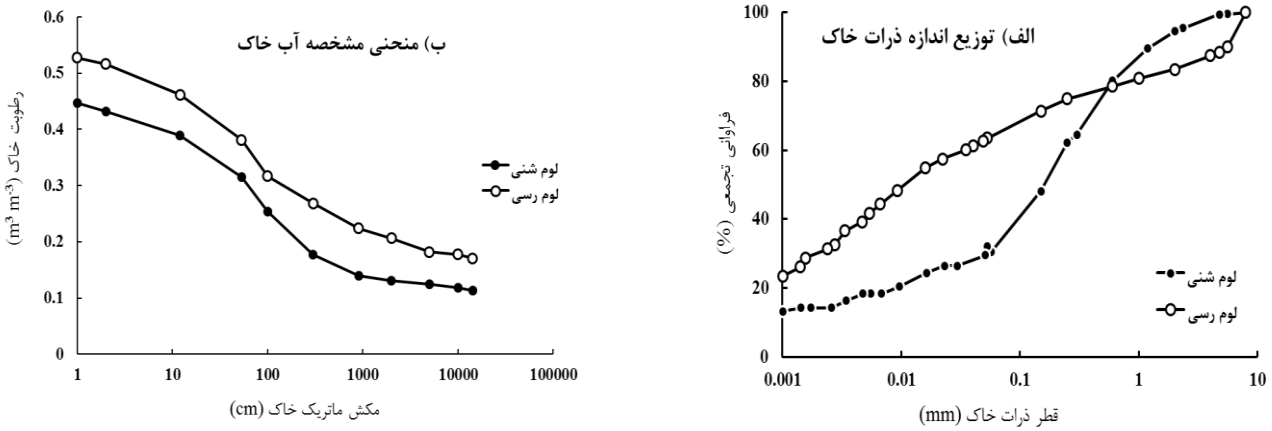
S_e [-] درجه اشباع نسبی است $(\theta-\theta_r)/(\theta_s-\theta_r)$ و h مکش آب منفذی است که از معادله ون‌گنوختن (۱۹۸۰) محاسبه می‌شود:

$$h(S_e) = \frac{1}{\alpha}\left[a^{\frac{-1}{m}} - 1\right]^{\frac{1}{n}} \quad (۴)$$

برای ارزیابی دقت برازش مدل از آماره میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE) استفاده شد.

نتایج و بحث

منحنی توزیع اندازه ذرات خاک و منحنی مشخصه آب خاک در دو بافت خاک مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. خاک با بافت لوم شنی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ g cm^{-3} دارای ۱۴ درصد رس و ۱/۳ درصد کربن آلی بود در حالیکه دومین نمونه خاک با بافت لوم رسی ۳۰ درصد رس، ۱ درصد کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری برابر با ۱/۲۵ g cm^{-3} داشت.

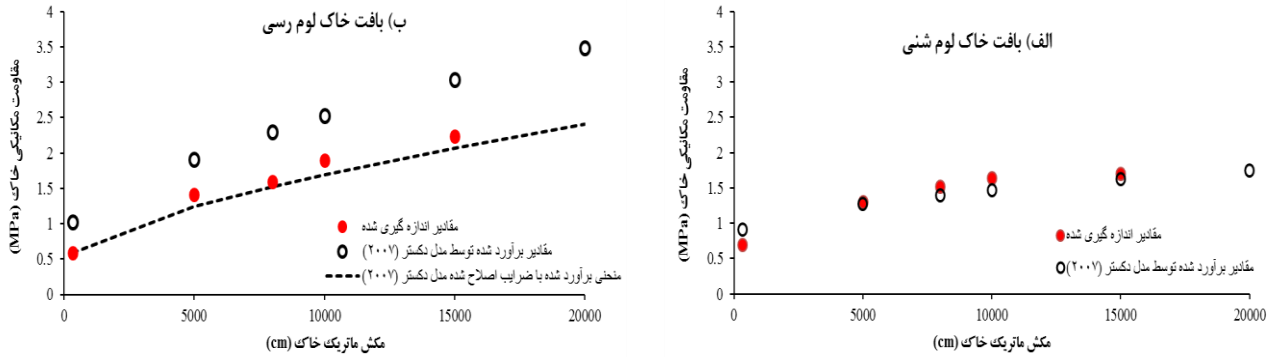


شکل ۱. منحنی توزیع اندازه ذرات (الف) و منحنی مشخصه آب خاک (ب) در دو بافت خاک لوم شنی و لوم رسی استان زنجان

تغییرات مقاومت مکانیکی خاک (SR) دو خاک لوم شنی و لوم رسی در مکش‌های ماتریک مختلف خاک در شکل ۲ الف و ب نشان داده شده است. افزایش مکش ماتریک خاک از ۳۳۰ cm تا ۱۵۰۰۰ cm و به‌موازات آن کاهش رطوبت خاک موجب افزایش مقدار SR به ترتیب از ۰/۷ MPa تا ۱/۷ MPa در خاک لوم شنی و از ۰/۵۶ MPa تا ۲/۲۹ MPa در خاک لوم رسی گردید (شکل ۲ الف و ب). افزایش مقدار SR با کاهش رطوبت خاک در نتیجه افزایش در تنش مؤثر خاک می‌باشد. Ley و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که رابطه بین مقدار رطوبت خاک و مقاومت به نفوذ خاک به نوع سیستم مدیریتی خاک بستگی دارد. در مقادیر بالای رطوبت خاک، عملا مقاومت به نفوذ خاک نسبت به تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک حساس نمی‌باشد. هر چند نرخ افزایش SR در مقابل کاهش رطوبت به توزیع اندازه ذرات خاک (Wilson و همکاران، ۲۰۱۳)، ضریب اصطکاک بین آن‌ها (Mohammadi و Meskini-Vishkaee، ۲۰۱۲) و مقدار ماده آلی خاک (Stock و Downes، ۲۰۰۸) بستگی دارد.

ویژگی‌هایی مانند توزیع اندازه ذرات، مینرالوژی رس و مقدار ماده آلی خاک با تأثیر بر خاکدانه سازی، جرم مخصوص ظاهری و حجم ویژه، مقدار رطوبت و توزیع اندازه منافذ بر مقاومت خاک تاثیر می‌گذارند (Lal و Shukla، ۲۰۰۴). نتایج این پژوهش نشان داد که در یک مکش ماتریک مشخص، مقدار مقاومت به نفوذ در خاک لوم رسی بیشتر از خاک لوم شنی بود. این نتایج توسط یافته‌های Wilson و همکاران (۲۰۱۳) تایید می‌شود. آن‌ها نیز

مشاهده کردند که مقاومت به نفوذ خاک نه تنها متأثر از کلاس بافتی خاک، بلکه تحت‌تأثیر مقدار رس و مینرالوژی کانی‌های رسی خاک قرار دارد. یافته‌های آنان نیز حاکی از افزایش مقاومت به نفوذ خاک با افزایش مقدار رس خاک بود.



شکل ۲. تغییرات مقاومت مکانیکی خاک به صورت تابعی از مکش ماتریک خاک در خاک لوم شنی (الف) و خاک لوم رسی (ب). نقاط توخالی برآورد روش Dexter و همکاران (۲۰۰۷)، نقاط توپر با رنگ قرمز مقادیر اندازه‌گیری شده و منحنی برازش مدل Dexter و همکاران (۲۰۰۷) با ضرایب واسنجی‌شده را نشان می‌دهند.

نتایج نشان داد که مدل Dexter و همکاران (۲۰۰۷) مقاومت مکانیکی خاک را در خاک لوم شنی با دقت مناسبی (RMSE= ۰/۱۳۹) برآورد نمود (شکل ۲ الف). درحالی‌که در خاک لوم رسی، مقادیر برآورد شده توسط مدل در تمامی مکش‌های مورد مطالعه بیش از مقادیر اندازه‌گیری شده بود (RMSE = ۰/۷۴۴) و با کاهش مقدار رطوبت خاک و خشک‌تر شدن خاک، اختلاف بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده نیز بیشتر شد (شکل ۲ ب). باید به این نکته اشاره نمود که در مجموعه داده‌هایی که برای بسط ضرایب تجربی مدل Dexter و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شده است مقدار رس خاک از ۲ تا ۲۵ درصد بوده است. و خاک مورد مطالعه در این پژوهش در محدوده خاک‌های استفاده شده در بسط ضرایب تجربی مدل نبود و همین امر، دلیل عدم توانایی مدل Dexter و همکاران (۲۰۰۷) در برآورد منحنی مقاومت مکانیکی خاک لوم رسی بود. بنابراین در این پژوهش با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، مقدار ضرایب تجربی رابطه (۱) برای خاک لوم رسی واسنجی گردید (رابطه ۵).

$$SR = 331.2 + 8.88\left(\frac{1}{S}\right) + 1.194\sigma' \qquad (۵)$$

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد در صورت عدم امکان اندازه‌گیری منحنی مقاومت مکانیکی خاک، می‌توان از منحنی مشخصه آب خاک برای برآورد آن استفاده نمود. هرچند در استفاده از مدل پیشنهادی باید به این نکته توجه نمود که دقت مدل پیشنهادی در محدوده مقادیر ویژگی‌های داده‌هایی می‌باشد که در بسط ضرایب تجربی مدل استفاده شده است. و برای خاک‌هایی با مقادیر بالای رس (مقدار رس خاک بیش از ۲۵ درصد)، ضرایب تجربی مدل نیاز به واسنجی دارند. با توجه به مکانیزه‌شدن کشاورزی و کاهش سطح کیفی خاک‌های کشاورزی که موجب افزایش تراکم خاک گردیده، مقاومت مکانیکی خاک یکی از عوامل فیزیکی مهم و مؤثر بر عملکرد محصول خواهد بود که علاوه بر اثرگذاری بر مقدار آب قابل استفاده خاک برای گیاه، بر توانایی ریشه‌دوانی گیاه نیز مؤثر است. بنابراین اندازه‌گیری و مطالعه مقاومت مکانیکی خاک‌های کشور و روش‌های برآورد آن در راستای نیل به کشاورزی و تولید پایدار ضروری است.

منابع:

Bartzen, B. Th., Hoelscher, G. L., Ribeiro, L. L. O. and Seidel, E. P. 2019. How the soil resistance to penetration affects the development of agricultural crops? Journal of Experimental Agriculture international, 30(50), 1-17.

Baumhardt, R. L., Unger, P. W. and Dao, T. H. 2004. Soil and crop management-seedbed surface geometry effects on soil crusting and seedling emergence. Agronomy Journal, 96, 1112–1117.

Dane, J. H. and Hopmans, J. W. 2002. Pressure cell. In: Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods (ed. Dane, J. H. and Topp, G. C.) Pp. 684–688. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI.

Dexter, A. R., Czyz˙, E. A. and Gat¸e, O. P. 2007. A method for prediction of soil penetration resistance. Soil & Tillage Research, 93, 412-419.

Ghestem, M., Veylon, G., Bernard, A., Vanel, Q. and Stokes, A. 2013. Influence of plant root system morphology and architectural traits on soil shear resistance. Plant soil, 377, 43-61.

Jung, K. Y., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Lee, K. S. and Chung, S. O. 2010. Soil compaction varies by crop management system over a claypan soil landscape. Soil & Tillage Research, 107, 1–10.

Lal, R. and Shukla, M. K. 2004. Principal of soil physics. Marcel Dekker, INC. New York, Basel.

Ley, G. J., Mullins, C. E. and Lal, R. 1993. Effect of soil properties on the strength of weakly structured tropical soils. Soil & Tillage Research, 28, 1–14.

Lowery, B. and Morrison, J. E. 2002. Soil penetrometers and penetrability. In: Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods' (ed. Dane, J. H. and Topp, G. C.) Pp. 363-388. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI.

Materechera, S. A., Dexter, A. R. and Alston, A. M. 1991. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant-species. Plant Soil, 135, 31–41.

Mohammadi, M. H. and Meskini-Vishkaee, F. 2012. Predicting the film and lens water volume between soil particles using particle size distribution data. Journal of Hydrology**,** 475, 403-414.

Stock, O. and Downes, N. K. 2008. Effects of additions of organic matter on the penetration resistance of glacial till for the entire water tension range. Soil & Tillage Research, 99, 191-201.

Wang, Y., Chen, Y., Rahman, S. and Froese, J. 2009. Tillage effects on soil penetration resistance and early crop growth for red river clay. Canadian Biosystems Engineering, 51, 2.1-2.11.

Whalley, W. R., Watts, C. W., Gregory, A. S., Mooney, S. J., Clark, L. J. and Whitmore, A. P. 2008. The effect of soil strength on yield of wheat. Plant Soil, 306, 237–247.

Wilson, M. G., Sasal, M. C. and Caviglia, O. P. 2013. Critical bulk density for a Mollisol and a Vertisol using least limiting water range: Effect on early wheat growth. Geoderma, 192, 354–361.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Estimation of soil mechanical resistance curve using soil water characteristic curve

Meskini-Vishkaee, F.[*1], Mohammadi, M.H.[2], Neyshabouri, M.R.[3]

[1] Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[3] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

Soil mechanical resistance (SR) is one of the most important soil physical limitations in plant growth and root penetration. Therefore, this study was conducted to evaluate the possibility of estimating soil mechanical resistance curve using soil water characteristic curve in two dominant soil textures of Zanjan province. Two soil samples with sandy loam and clay loam textures were selected. Particle size distribution, Bulk density, soil water characteristic and soil mechanical resistance curves were measured. Increasing soil matric suction from 330 cm to 15000 cm and decreasing soil moisture increased the value of SR from 0.7 MPa to 1.7 MPa in sandy loam soil and from 0.59 MPa to 2.29 MPa in clay loamy soil. In addition, the results of this study showed that the value of SR in clay loam soil was higher than that of sandy loam in a matric suction. With increasing clay content, the precision of the proposed model estimations was reduced. The results showed that in soils with clay content less than 25%, the proposed model was able to estimate properly the soil mechanical resistance curve, but the use of the proposed model in soils with higher clay content is required to calibrate the model experimental coefficients.

Keywords: Soil physical restriction, Modeling, Root penetration.

[*] Corresponding author, Email: fatemeh.meskini@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی مدل‌های نفوذ آب به خاک در خاک‌های ورتیسول شبکه آبیاری پایاب سد ماکو، پلدشت، استان آذربایجان غربی

فرزین پرچمی عراقی[1*]، رضا ادیبان[1]، محمد پسندیده[2]

[1] استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

[2] استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

چکیده

نفوذ آب به یکی از خاک نقش مهمی در چرخه آبی طبیعت ایفا می‌کند. اهمیّت پدیده نفوذ پژوهشگران را بر آن داشته تا همواره در پی ارائه مدلی مناسب برای بیان کمّی آن باشند. در پژوهش حاضر، عملکرد مدل‌های نفوذ فیلیپ، کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز، سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و هورتون در برآورد نفوذ تجمعی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، داده‌های حاصل از آزمایش‌های نفوذپذیری به‌روش استوانه‌های مضاعف در ۳۶ نقطه از خاک‌های ورتیسول اراضی شبکه آبیاری پایاب سد ماکو، پلدشت، استان آذربایجان غربی جمع‌آوری شد. پارامترهای مدل‌های یاد شده به‌روش حداقل مجموع مربعات خطا تعیین گردید. نتایج نشان داد که در مقایسه با دیگر مدل‌های مورد بررسی، عملکرد مدل کوستیاکوف در برآورد نفوذ تجمعی از روند پایدارتری برخوردار بود. به‌گونه‌ای که این مدل در اکثر نمونه‌های خاک مورد بررسی حایز رتبه نخست ارزیابی گردید. حال آن‌که این روند در دیگر مدل‌ها مشاهده نشد. مدل‌های کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز و فیلیپ کم‌برآوردگر و مدل‌های هورتون و SCS بیش‌برآوردگر بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که در مقایسه با دیگر مدل‌های نفوذ مورد بررسی، مدل کوستیاکوف بهترین مدل برای بیان کمّی فرآیند نفوذ آب به خاک در منطقه مطالعاتی است.

کلمات کلیدی: مدل فیلیپ، مدل کوستیاکوف، مدل کوستیاکوف-لوییز، مدل هورتون، مدل SCS

مقدمه

نفوذ آب به خاک به‌عنوان فرآیند اولیه‌ی ورود آب از سطح خاک به‌داخل ناحیه‌ی غیراشباع خاک می‌باشد. این فرآیند یکی از اجزای اصلی چرخه‌ی هیدرولوژی است. اهمیّت این فرآیند سبب گردیده است، مدل‌های فیزیکی و تجربی گوناگونی به‌منظور کمّی نمودن این فرآیند ارائه گردد (Kostiakov, 1932; Lewis, 1937; Philip, 1957; Argyrokastritis and Kerkides, 2003). به‌طور کلّی، مدل‌های نفوذ آب به خاک، شامل مدل‌های تخمینی با اساس فیزیکی و مدل‌های تخمینی تجربی می‌باشد (Rawls *et al.*, 1993). شرح مختصری از مدل‌های فوق در جدول (۱) ارائه گردیده است. از آنجا که فرضیّات و پارامترهای به‌کار رفته در مدل‌های نفوذ باهم متفاوت است، انتظار می‌رود در یک شرایط معیّن، مدلی خاص دارای عملکرد بهتری در مقایسه با بقیه باشد. از این‌رو پژوهش‌های متعددی در زمینه‌ی ارزیابی و مقایسه‌ی عملکرد مدل‌های نفوذ صورت گرفته است (Mishra *et al.*, 2003; Ghorbani Dashtaki *et al.*, 2009; Parchami-Araghi *et al.*, 2013). به همین دلیل، ارزیابی کارآیی این مدل‌ها در خاک‌های ایران که عمدتاً آهکی می‌باشند، ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو، هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی و مقایسه کارآیی مدل‌های نفوذ گرین و امپت، فیلیپ، کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز، هورتون و سازمان حفاظت خاک آمریکا در تبیین فرآیند نفوذ آب به خاک در خاک‌های ورتیسول شبکه آبیاری پلدشت، استان آذربایجان غربی بوده است.

* ایمیل نویسنده مسئول: f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir

جدول ۱. شرح مدل‌های نفوذ مورد بررسی و پارامترهای برازشی آنها (*)

نام مدل	پارامترها	معادله
فیلیپ	S و A	$I = St^{1/2} + At$
کوستیاکوف	k و b	$I = kt^{b}$
کوستیاکوف-لوییز	k'، b' و A'	$I = k't^{b'} + A't$
هورتون	C، m و a	$I = C\ t + m(1-e^{-at})$
SCS	a'' و b''	$I = a''t^{b''} + c''$

(*)در این جدول، I: نفوذ تجمعی (سانتی‌متر) و t: زمان (دقیقه) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز این پژوهش از مطالعات خاکشناسی صورت گرفته در اراضی شبکه آبیاری پایاب سد ماکو، پلدشت، استان آذربایجان غربی در بهمن‌ماه ۱۳۹۶ جمع‌آوری شد. شبکه آبیاری پلدشت در محدوده جغرافیائی "03 ,58' ,44 °تا "05 ,07' ,48 °طول شرقی و "57 ,10' ,39 °تا "42 ,16' ,39 °عرض شمالی در نزدیکی شهر پلدشت، شهرستان ماکو، استان آذربایجان غربی و به‌فاصله ۲۴۰ کیلومتری از شمال شهرستان ارومیه قرار گرفته است. محدوده طرح پلدشت دارای سطحی به وسعت ناخالص ۴۰۷۰ هکتار و مساحت خالص ۳۵۱۱ هکتار می‌باشد. از سوی دیگر، فعالیت جریان‌های سطحی منطقه منجر به ظهور تشکیلات آبرفتی جوانی گردیده است که همچنان در اعماق سطحی نیم‌رخ خاک فاقد ساختمان و خلل و فرج بوده و مانعی در جهت گسترش ریشه‌های گیاه و نفوذ عمقی آب آبیاری/بارندگی محسوب می‌شوند. خاک‌های محدوده مطالعاتی در رده خاکی ورتیسول قرار می‌گیرند و وجود درز و ترک و آثار خفیفی از قلیائیت در سطح خاک مشهود بود. بررسی‌های صورت گرفته حاکی از سنگین‌بافت بودن خاک سطحی (شامل کلاس‌های بافتی لوم رسی سیلتی، لوم رسی و رس سیلتی) در بخش عمده‌ای از محدوده مطالعاتی بود. خاک زیرسطحی، عموما، شامل لایه‌های ضخیم (ضخامت بیش از ۱/۵ متر) و فشرده لوم رسی، لوم رسی سیلتی و لوم رسی شنی با پلاستیسیته متوسط تا زیاد به همراه میان لایه‌های شنی بود. خاک زراعی محدوده مطالعاتی دارای عمق محدودی (بین ۴۰ تا ۷۰ سانتی‌متر) بوده و بر روی یک لایه آبرفتی بسیار ضخیم و متراکم قرار گرفته است. طی مطالعات فوق نفوذپذیری خاک منطقه مطالعاتی در ۳۶ نقطه به‌روش استوانه‌های مضاعف انجام شد.

به‌منظور بررسی اعتبار نتایج هر آزمایش و نیز تعیین بهترین تکرار از روش تحلیل اعتباریابی[1] به‌روش پایایی داخلی[2] استفاده گردید (Parchami-Araghi *et al.*, 2013). پارامترهای برازشی هریک از مدل‌های نفوذ مورد بررسی به‌روش حداقل مربعات خطا و با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) تعیین گردید. عملکرد مدل‌های مورد بررسی در برآورد نفوذ تجمعی برای هر خاک با محاسبه‌ی آماره‌های میانگین خطا (ME)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی پیرسون (r) و حداکثر خطای مطلق (ErMax) تعیین گردید. آماره‌های فوق برای رتبه‌بندی نهایی مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به هریک از آماره‌های MAE، RMSE و r رتبه‌ای به مدل‌های مورد بررسی داده شد که میانگین این رتبه‌ها، به‌عنوان رتبه‌ی نهایی هریک از مدل‌ها در نظر گرفته شد. در صورت احراز رتبه مشابه برای هر دو مدل از آماره ErMax به‌منظور قضاوت نهایی در خصوص درجه نکویی عملکرد دو مدل استفاده گردید.

نتایج و بحث

دامنه‌ی تغییرات پارامترهای مدل‌های نفوذ مورد بررسی در جدول ۲ و نمونه‌ای برازش مدل‌های نفوذ مطالعاتی بر داده‌های اندازه‌گیری شده نفوذ تجمعی در شکل ۱ ارائه شده است. بر اساس مقادیر آماره ضریب تغییرات ارائه شده در جدول ۳، در مقایسه با سایر پارمترهای مدل‌های مورد بررسی، پارامترهای A' (مدل کوستیاکوف-لوییز)، c'' (مدل SCS) و A (مدل فیلیپ) از بیشترین تغییرپذیری و عدم قطعیت برخوردار بوده‌اند. دلیل این امر را می‌توان به وجود درز و ترک در خاک‌های مطالعاتی و بسته شدن تدریجی آن‌ها در مجاورت رطوبت نسبت داد. به‌گونه‌ای که ماهیت بسیار متغیر این درز و ترک‌ها موجب تغییرپذیری بسیار بالای پارامترهای فوق که به نوعی با سرعت نفوذ نهایی آب در خاک‌های مطالعاتی مرتبط هستند، گردیده است. با توجه به جدول ۳ و بر اساس مقادیر آماره ME، مدل‌های کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز و فیلیپ کم‌برآوردگر و مدل‌های هورتون و SCS

1-Reliability Analysis
2-Internal Consistency

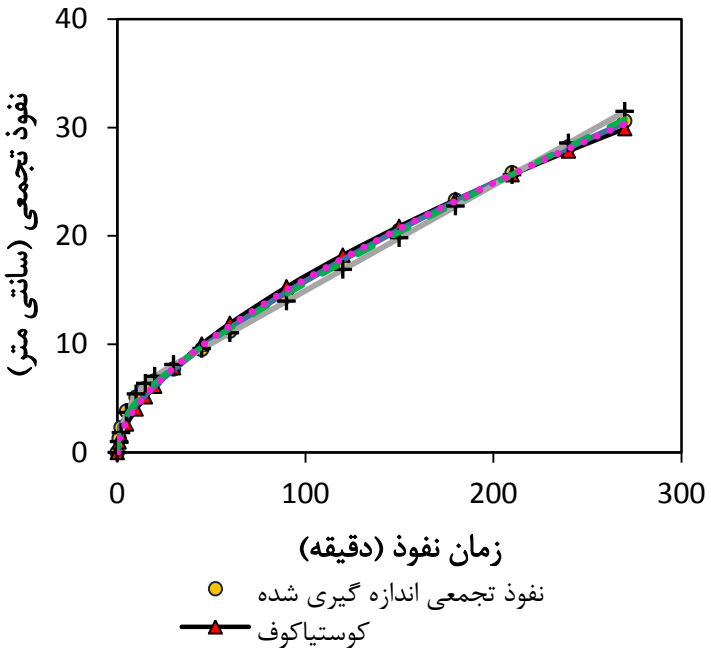
بیش‌برآوردگر بوده‌اند. مقایسه مقادیر آماره‌های ME و MAE حاکی از آن است که این کم‌برآوردگری یا بیش‌برآوردگری در هیچ‌یک از مدل‌های مورد بررسی به‌صورت سیستماتیک رخ نداده است. بر اساس مقادیر آماره RMSE، هورتون، کوستیاکوف-لوییز، SCS، کوستیاکوف و فیلیپ به‌ترتیب، از بهترین عملکرد در برآورد نفوذ تجمعی در خاک‌های مطالعاتی برخوردار بوده‌اند. همچنین، بر اساس آماره ضریب همبستگی پیرسون، مدل‌های هورتون، کوستیاکوف-لوییز، SCS، کوستیاکوف و فیلیپ به‌ترتیب، از بهترین عملکرد برخوردار بوده‌اند. بر اساس آماره ErMax مدل‌های هورتون، کوستیاکوف-لوییز، کوستیاکوف، SCS و فیلیپ به‌ترتیب، از کمترین حداکثر خطای مطلق برخوردار بوده‌اند. بر اساس میانگین رتبه‌های محاسبه شده برای عملکرد هریک از مدل‌های نفوذ مورد بررسی در نمونه‌های خاک مطالعاتی مدل‌های کوستیاکوف، هورتون، SCS، کوستیاکوف-لوییز و فیلیپ به‌ترتیب، از بهترین عملکرد در برآورد فرآیند نفوذ عمودی آب به خاک در خاک‌های ورتیسول منطقه مطالعاتی برخوردار بوده‌اند. بر اساس مقادیر انحراف معیار رتبه‌های ارزیابی محاسبه شده می‌توان گفت که عملکرد مدل‌های SCS، فیلیپ، کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز و هورتون در نمونه‌های خاک مطالعاتی از به‌ترتیب، از بیشترین پایداری برخوردار بوده است.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی پارامترهای نفوذ برآورد شده از طریق برازش مدل‌های نفوذ بر داده‌های نفوذ حاصل از آزمایش‌های استوانه‌های مضاعف.

نام مدل	پارامترهای مدل	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات (درصد)
کوستیاکوف	K	۰,۵۰۲	۱۰,۰۷۰	۲,۳۱۵	۷۰,۵۰۸
	B	۰,۲۴۸	۰,۶۱۰	۰,۴۰۵	۲۱,۸۱۷
کوستیاکوف-لوییز	k'	۰,۵۰۲	۱۰,۰۴۱	۲,۳۶۳	۶۸,۴۸۰
	b'	۰,۲۴۸	۰,۵۴۶	۰,۳۹۲	۲۰,۳۲۱
	A'	۰,۰۰۰	۰,۰۶۸	۰,۰۰۴	۳۵۰,۷۹۱
هورتون	C	۰,۰۰۸	۰,۱۱۵	۰,۰۳۹	۶۵,۹۹۵
	M	۳,۴۸۱	۶۰,۵۹۸	۱۱,۱۶۸	۸۵,۰۴۸
	A	۰,۰۲۷	۰,۱۹۰	۰,۰۷۰	۶۳,۰۴۶
SCS	a''	۰,۵۰۲	۹,۶۱۳	۲,۲۶۲	۷۰,۰۲۴
	b''	۰,۲۴۸	۰,۷۱۷	۰,۴۱۰	۲۳,۸۳۷
	c''	۰,۰۰۰	۱,۷۳۰	۰,۱۰۵	۳۷۶,۸۷۵
فیلیپ	S	۰,۴۲۱	۵,۴۷۶	۱,۳۷۸	۶۵,۷۹۴
	A	۰,۰۰۰	۰,۰۳۸	۰,۰۰۲	۳۵۴,۷۴۳

جدول ۳- مقادیر آماره‌های ارزیابی مدل‌های نفوذ و رتبه مدل به‌ازای تمامی داده‌های آزمایش‌های نفوذپذیری

آماره ارزیابی	نام مدل				
	کوستیاکوف	هورتون	SCS	کوستیاکوف-لوییز	فیلیپ
(cm) ME	-۰,۰۵۶	۰,۰۱۴	۰,۰۸۹	-۰,۱۱۱	-۰,۱۵۱
(cm) MAE	۰,۶۳۷	۰,۴۰۶	۰,۶۲۷	۰,۶۲۲	۱,۱۵۳
(cm) RMSE	۰,۷۴۹	۰,۴۷۶	۰,۷۳۷	۰,۷۳۱	۱,۳۴۹
(-) r	۰,۹۹۳	۰,۹۹۶	۰,۹۹۳	۰,۹۹۳	۰,۹۸۲
(cm) ErMax	۱,۴۳۳	۰,۹۲۷	۱,۴۵۲	۱,۳۹۵	۲,۳۲۱
میانگین (انحراف معیار) رتبه نهایی	۲,۱۳۹ (۰,۸۲۸)	۲,۲۷۸ (۱,۶۶۷)	۲,۵۵۶ (۰,۷۷۳)	۳,۳۶۱ (۰,۹۶۱)	۴,۶۶۷ (۰,۸۲۸)



شکل ۱- نمونه‌ای برازش مدل‌های نفوذ مطالعاتی بر داده‌های اندازه‌گیری شده نفوذ تجمعی (سانتی‌متر).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی عملکرد مدل‌های فیلیپ، کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز، هورتون و SCS نشان داد که مدل‌های مورد بررسی در این پژوهش در نمونه‌های خاک مختلف عملکردی متفاوت داشتند. با این وجود، در مقایسه با سایر مدل‌ها، نحوه‌ی برآورد نفوذ تجمعی در مدل کوستیاکوف از روند پایدارتری برخوردار بوده و در اکثر نمونه‌های خاک مورد بررسی حایز رتبه‌ی نخست ارزیابی گردید. حال آن‌که این روند در دیگر مدل‌ها مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از ارزیابی کلی برآورد نفوذ تجمعی توسط مدل‌های نفوذ مورد بررسی در این پژوهش، کوستیاکوف، هورتون، SCS، کوستیاکوف-لوییز و فیلیپ، به‌ترتیب، در رده‌های نخست تا پنجم ارزیابی قرارگرفتند. بنابراین، می‌توان گفت از بین مدل‌های نفوذ مورد بررسی، مدل کوستیاکوف از بهترین مدل برای بیان کمّی فرآیند نفوذ آب به خاک در خاک‌های ورتیسول منطقه مطالعاتی برخوردار است.

منابع:

Argyrokastritis, I. and Kerkides, P. 2003. A note to the variable sorptivity infiltration equation. Water Resources Management, 17,133–145.

Ghorbani Dashtaki, S., Homaee, M., Mahdian, M.H. and Kouchakzadeh, M. 2009. Site-Dependence Performance of Infiltration Models. Water Resources Management, 23, 1573-1650.

Green, W.H. and Ampt, G. 1911. Studies of Soil Physics, Part 1. The flow of air and water through soils. Journal of Agricultural Science, 4, 1-24.

Haverkamp, R., Rendon, L. and Vachaud, G. 1987. Infiltration equations and their applicability for predictive use. In, Yu-SI Fok (ed.) Infiltration Development and Application. Honolulu, Hawaii. pp. 142-152.

Horton, R.E. 1940. An Approach Towards a Physical Interpretation of Infiltration Capacity. Soil Science Society of America Proceedings, 5, 399-417.

Kostiakov, A.N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Transactions Congress International Society for Soil Science, 6th, Moscow, Part A, 17-21.

Lewis, M.R. 1937. The rate of infiltration of water in irrigation practice. Eos Trans AGU 18,361–368.

Mezencev, V.J. 1948. Theory of formation of the surface runoff. Meteorologiae Hidrologia, 3, 33-40.

Mishra, S.K, Tyagi, J.V. and Singh, V.P. 2003. Comparison of infiltration models. Hydrol. Processes, 17, 2629–2652.

Mukheibir, P. 2008. Water resources management strategies for adaptation to climate-induced impacts in South Africa. Water Resour Manage 22,1259–1276.

Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration, 1. The infiltration equation and its solution. Soil Science, 83, 345–357.

Rawls, W.J., Ahuja, L.R., Brakensiek, D.L. and Shirmohammadi, A. 1993. Infiltration and soil water movement. In, Handbook of Hydrology, Maidment, D.R. (Ed.). McGraw-Hill, New York.

Sadegh Zadeh, K., Shirmohammadi, A., Montas, H.J. and Felton, G. 2007. Evaluation of infiltration models in contaminated landscape. Journal of Environmental Science and Health, 42(7), 983-988.

US Department of Agriculture, Natural Resources and Conservation Service. 1974. National Engineering Handbook. Section 15. Border Irrigation. National Technical Information Service, Washington, DC, Chapter 4.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Performance Assessment of Some Infiltration Models in Vertisol Soils of Downstream Lands of Maku Dam, Poldasht, Western Azerbaijan Province, Iran

Parchami-Araghi*[1], F., Adiban[1], R., Pasandideh, M.[2]

[1] Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Institute, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran.

[1] Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran.

Abstract

Infiltration process is one of the most important components of the hydrological cycle. The importance of the infiltration process has enforced the soil and water researchers to model this process for quantitative applications. In this study, the performance of Philip, Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Soil Conservation Service (SCS) and Horton infiltration models for estimation of the cumulative soil water infiltration was evaluated. For this purpose, the infiltration data were obtained by double rings method from 36 points in Vertisol Soils of Downstream Lands of Maku Dam, Poldasht, Western Azerbaijan Province, Iran. The infiltration parameters were then estimated, using least square optimization method. The results indicated that, compared to other models, the performance of Kostiakov model had more consistent trend in estimating the cumulative infiltration under the studied soil samples. This model provided first ranking of evaluation in different soil samples. The results indicated that Kostiakov, Kostiakov-Lewis, and Philip models underestimated the infiltration process while Horton and SCS models overestimated the soil water infiltration process. The results of this study indicated that compared to the other infiltration models, the Kostiakov model is the best model for quantifying the infiltration process in the study area.

Keywords: Philip model, Kostiakov model, Kostiakov-Lewis model, Horton model, SCS model

* Corresponding author, Email: f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی منحنی رطوبتی در خاک‌های با ساختمان مختلف

نوشین رمضانی[۱*]، احمد لندی[۲]، عبدالرحمن برزگر[۳] و غلامعباس صیاد[۴]

[۱] دانشجوی اسبق دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

[۲] استاد پیدایش و رده‌بندی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

[۳] استاد فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

[۴] دانشیار فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

مطالعه منحنی رطوبتی، به منظور حل بسیاری از مشکلات مدیریتی خاک و آب مرتبط با کشاورزی و محیط زیست بسیار ضروری است. به همین منظور این مطالعه با هدف بررسی منحنی رطوبتی در ستون‌های خاک با ساختمان مختلف در دشت سیلاخور استان لرستان انجام شد. آزمایش به‌صورت آزمایشگاهی و بر روی ستون‌های دست‌نخورده با سه نوع ساختمان مختلف (دانه‌ای، مکعبی و فشرده) و یک ساختمان دست‌خورده در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) و با ۳ تکرار انجام شد. منحنی رطوبتی هر نمونه خاک در مکش‌های ۱۰۰ تا ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه صفحات فشاری ترسیم شد. نتایج نشان داد که اثر ساختمان خاک بر ظرفیت نگه‌داشت آب معنی‌دار بود. در حالت اشباع، درصد رطوبت حجمی در خاک‌های با ساختمان دانه‌ای ۶، ۳۰ و ۲۸ درصد به‌ترتیب بیشتر از خاک‌های با ساختمان مکعبی، فشرده و دست‌خورده بود. همچنین بهم‌خوردگی ساختمان خاک به‌علت یکنواختی ذرات خاک و افزایش منافذ ریز و بسیار ریز، میزان نگه‌داشت آب در خاک را در مکش‌های زیاد (۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ سانتی‌متر) افزایش داد.

کلمات کلیدی: دانه‌ای، دست‌خورده، فشرده و مکعبی.

مقدمه

ساختمان خاک به‌ویژه توزیع اندازه منافذ خاک، یک ویژگی اساسی است که رفتار هیدرو- مکانیکی خاک را توصیف می‌کند. نگه‌داشت آب در خاک و هدایت هیدرولیکی توسط ساختمان خاک و توزیع اندازه منافذ کنترل می‌شوند (Otalvaro و همکاران، ۲۰۱۶). خاکدانه‌ها و پایداری ساختمان خاک، یکی از پارامترهای فیزیکی حیاتی در مطالعات کشاورزی و زیست محیطی از قبیل مدیریت زهکشی و آبیاری، فرسایش، رواناب و آلودگی آب هستند (Mamedov، ۲۰۱۴). آگاهی در مورد خصوصیات هیدرولیکی خاک از جمله منحنی رطوبتی، به منظور حل بسیاری از مشکلات مدیریتی خاک و آب مرتبط با کشاورزی، اکولوژی و محیط زیست بسیار ضروری است. خصوصیات هیدرولیکی خاک، فاکتورهای کلیدی هستند که حرکت آب و انتقال املاح را کنترل می‌کنند. مهم‌ترین خصوصیت هیدرولیکی خاک ظرفیت نگهداشت آب در خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع است (Shwetha و همکاران، ۲۰۱۵). Yoon در سال ۲۰۰۹، ساختمان خاک را با استفاده از منحنی رطوبتی بررسی و گزارش کرد که منحنی رطوبتی خاک‌های ساختمان‌دار، منعکس‌کننده سیستم منافذ خاک است که وابسته به توزیع اندازه ذرات خاک (بافت) و آرایش ذرات خاک در واحدهای ساختمانی خاک است. Bayat و همکاران (۲۰۱۷) منحنی نگهداشت آب در خاک را با استفاده از مدل‌های منحنی نفوذ شبیه‌سازی کردند و بیان کردند که بین محتوی آب خاک، مکش ماتریک و مقاومت نفوذ خاک یک رابطه ریاضی برقرار است. همچنین منحنی نگهداشت آب در خاک و منحنی نفوذ می‌توانند برای پیش‌بینی یکدیگر استفاده شوند. منحنی مشخصه رطوبتی خاک برای بسیاری از مطالعات آب و خاک مانند حفاظت خاک، برنامه‌ریزی آبیاری، زهکشی، انتقال املاح، رشد گیاهان و بررسی تنش آبی گیاهان ضروری است. ازطرفی، افزایش نگرانی عمومی در مورد آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخلیه زیرسطحی فاضلاب‌های مضر، موجب تحقیقات جدید بسیاری در رابطه با جریان در محیط غیراشباع شده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی و مقایسه منحنی رطوبتی و میزان نگهداشت آب در خاک‌های با ساختمان مختلف است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در منطقه بیاتان از توابع شهرستان بروجرد واقع در دشت سیلاخور بالا در استان لرستان انجام شد. علت انتخاب منطقه موردنظر، وجود ۳ نوع ساختمان متفاوت و قابل تفکیک در اعماق مختلف و با اقلیم، مواد مادری و بافت مشابه بود. بنابراین جریان ترجیحی در ساختمان‌های مختلف، در شرایط مشابه و به‌طور کمّی و کیفی ارزیابی و مقایسه شدند. بیاتان در شمال شرق شهر اشترینان و هم‌مرز با شهرستان ملایر در استان همدان، در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی قرار دارد. جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	پ.هاش	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	نسبت جذب سدیم (mmol/L)1/2	ماده آلی (درصد)	آهک (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (Mg/m^3)	میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (mm)
لوم	۷/۰۹	۰/۳۸	۱/۰۱	۰/۷۶	۹/۵۳	۱/۲۲	۱/۰۷

مطالعه در شرایط آزمایشگاهی بر روی یک ستون دست‌خورده (Disturbed) و سه ستون دست‌نخورده (Undisturbed) (در مجموع ۴ تیمار و هرکدام ۳ تکرار) انجام شد. ستون‌های دست‌نخورده شامل سه نوع ساختمان دانه‌ای (Granular)، ساختمان مکعبی (Granular) و فشرده (Massive) بودند. نمونه‌های دست‌نخورده از سه عمق ۲۵-۰ (دانه‌ای)، ۲۵-۵۰ (مکعبی) و ۷۵-۵۰ سانتی‌متری (فشرده) تهیه شدند. به‌منظور تهیه این ستون‌ها، لوله‌های پلی‌اتیلن به ضخامت ۳ میلی‌متر با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر تهیه شدند. همچنین نمونه‌های دست‌نخورده توسط رینگ‌های فلزی به قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر از هر نمونه خاک تهیه شدند و منحنی مشخصه رطوبتی مربوط به هر نمونه خاک در مکش‌های ۱۰۰ تا ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (Pressure Plate) تعیین و ترسیم گردید. تجزیه واریانس به‌روش مدل خطی عمومی GLM (Generalized Linear Model) و با استفاده از طرح کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) در ساختمان‌های مختلف خاک به‌عنوان تیمار اصلی توسط نرم افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه آماری نشان داد اثر ساختمان خاک بر میزان نگهداشت آب در خاک در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد (جدول ۲). Robot و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند ساختمان خاک بر منحنی رطوبتی آب در خاک اثر می‌گذارد و میزان نگهداشت آب در خاک را کنترل می‌کند.

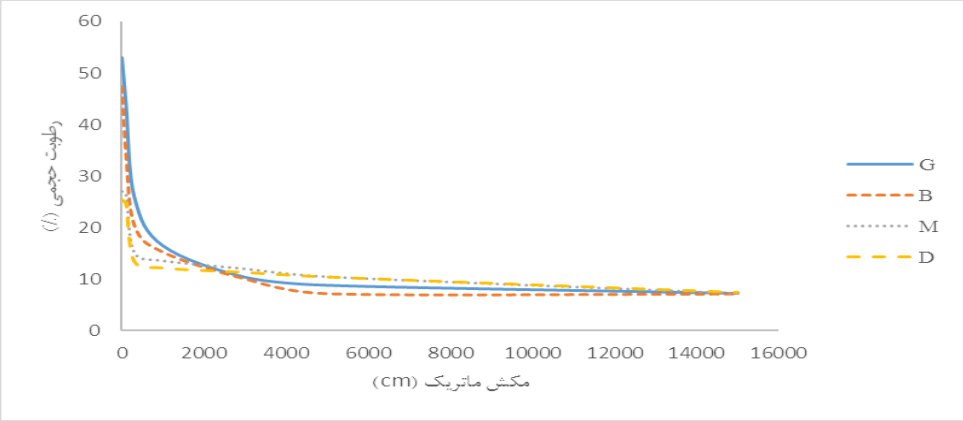
جدول ۲. تجزیه واریانس میزان نگهداشت آب در ساختمان‌های مختلف خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		Φ_0	Φ_{100}	Φ_{300}	Φ_{1000}	Φ_{3000}	Φ_{5000}	Φ_{15000}
ساختمان خاک	۳	۵۸۰/۴۹**	۲۳۰/۱۵**	۹۶/۷۱**	۱۰/۶۷**	۲/۴۲**	۷/۲۵**	۰/۰۴۱^{ns}
خطا	۸	۰/۲۴۰	۰/۰۸۴	۰/۰۳۱۸	۰/۰۹۳	۰/۰۵۶	۰/۰۸۳	۰/۰۱۲

** و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد (حرف Φ نشان دهنده مکش ماتریک و اندیس‌ها بیان‌کننده مکش‌های مختلف با واحد سانتی‌متر هستند).

منحنی رطوبتی برای هر ۴ نمونه خاک مورد مطالعه در محدوده مکش ماتریک ۰ تا ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر در شکل ۱ آورده شده است. در همه خاک‌های مورد مطالعه میزان رطوبت در مکش‌های مختلف، متفاوت بود. زیرا بر طبق تئوری موئینگی تحت مکش‌های مختلف، خروج آب از منافذِ با شعاع متفاوت رخ می‌دهد (Watson and luxmoore,1986).

با افزایش مکش ماتریک (به سمت پتانسیل منفی‌تر) میزان درصد رطوبت حجمی در همه خاک‌ها کاهش یافت (شکل ۱). زیرا در مکش‌های بیشتر، خروج آب از منافذ با شعاع کوچکتر صورت می‌گیرد و میزان درصد رطوبت خاک کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه در همه خاک‌های مورد مطالعه بیشترین میزان نگهداشت آب در مکش صفر (اشباع) و کمترین مقدار در مکش ماتریک ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر (نقطه پژمردگی دائم) اندازه‌گیری شد.



شکل ۱. منحنی مشخصه رطوبتی ساختمان‌های مختلف

(حروف G، B ,M و D به‌ترتیب بیان کننده ساختمان دانه‌ای، مکعبی، فشرده و دست‌خورده هستند).

مقایسه میانگین درصد رطوبت حجمی در ساختمان‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. در مکش صفر بیشترین درصد رطوبت حجمی مربوط به خاک‌های با ساختمان دانه‌ای بود. اختلاف معنی‌داری بین درصد رطوبت اشباع خاک‌های با ساختمان فشرده و دست‌خورده وجود نداشت و کمترین میزان رطوبت حجمی اشباع مربوط به این دو خاک بود. در مکش صفر تمام منافذ خاک از آب پر است. با توجه به میزان رطوبت اشباع اندازه‌گیری شده در خاک‌های مختلف در این مکش، می‌توان این‌گونه بیان کرد که خاک‌های با ساختمان دانه‌ای بیشترین تعداد منافذ و خاک‌های با ساختمان فشرده و دست‌خورده کمترین تعداد منافذ را داشتند. Qi و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند ساختمان خاک با اثر بر توزیع اندازه منافذ خاک باعث تغییر شکل منحنی رطوبتی به ویژه زمانی که رطوبت خاک اشباع و یا نزدیک به اشباع باشد، می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین نگهداشت آب در ساختمان‌های مختلف خاک

	مکش ماتریک (cm)						
	۰	۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰
دانه‌ای	۵۷/۰۳a	۴۰/۸۳a	۲۶/۰۲a	۱۶/۴۷a	۱۰/۳۸c	۸/۸۰b	۷/۲۲a
مکعبی	۵۳/۴۷b	۳۵/۵۰b	۲۰/۵۹b	۱۵/۳۱b	۱۰/۱۳c	۷/۲۶c	۷/۱۸a
فشرده	۴۰/۳۳c	۳۰/۵۳c	۱۵/۲۳c	۱۳/۶۳c	۱۱/۳۲b	۱۰/۴۴a	۷/۴۵a
دست خورده	۴۰/۹۱c	۳۰/۵۱c	۱۳/۴۵d	۱۲/۱۷d	۱۲/۰۸a	۱۰/۵۵a	۷/۳۲a

حروف غیرمشابه در هر مکش نشان دهنده معنی‌داری و حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی داری در ساختمان‌های مختلف است.

در همه ساختمان‌های مورد مطالعه، در مکش ۱۰۰ سانتی‌متری درصد رطوبت حجمی نسبت به رطوبت اشباع کاهش یافت ولی در خاک‌های با ساختمان مکعبی میزان اختلاف درصد رطوبت حجمی در این مکش بیشتر از ساختمان‌های دیگر بود. این نشان می‌دهد که در این خاک تعداد منافذی که در مکش ۱۰۰ سانتی‌متر آب خود را از دست دادند بیشتر از سایر ساختمان‌ها بوده است. به عبارت دیگر منافذی که در مکش ۱۰۰ سانتی‌متر آب خود را از دست دادند از منافذ نگهدارنده آب در این مکش (۰/۰۱۵ میلیمتر) بزرگ‌تر بودند. Qi و همکاران (۲۰۱۸)، بیان کردند که هر چقدر اندازه منافذ خاک بزرگ‌تر باشد، میزان و سرعت از دست رفتن آب توسط این منافذ بیشتر است.

در مکش‌های ماتریک ۳۰۰ و ۱۰۰۰ سانتی‌متر روند نگهداشت آب در ساختمان‌های مختلف خاک به ترتیب زیر بود: خاک‌های با ساختمان دانه‌ای> مکعبی> فشرده > دست‌خورده. خاک‌های با ساختمان دانه‌ای به علت کروی بودن خاکدانه‌ها و منافذ درون و بین خاکدانه‌ای بسیار زیاد بیشترین درصد رطوبت حجمی در پتانسیل‌های مذکور را داشتند. در خاک فشرده و دست‌خورده کاهش تخلخل و تعداد منافذ منجر به کاهش ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک شد که با نتایج بهاری (۱۳۸۹)، مطابقت دارد.

در مکش ماتریک ۳۰۰۰ سانتی‌متر روند میزان نگهداشت آب در ساختمان‌های مختلف متفاوت بود. بیشترین میزان نگهداشت آب در این مکش در خاک با ساختمان دست‌خورده مشاهده شد. بهم خوردن ساختمان خاک و یکنواختی ذرات این خاک تعداد منافذ ریز بسیار زیاد رطوبت حجمی را در این خاک افزایش داد. Richard and Cousin (۲۰۰۱)، بیان کردند که کاهش میزان نگه داشت آب در پتانسیل بین ۵- تا ۲۰- کیلو پاسکال وابسته به کاهش منافذ با قطر ۱۵ تا ۶۰ میکرون بوده و در مقابل افزایش میزان نگهداشت آب در پتانسیل ۲۰- تا ۸۰- وابسته به افزایش منافذ با قطر ۴ تا ۱۵ میکرون می‌باشد. طبق نظر ایشان همخوانی بسیار خوبی بین میزان نگهداشت آب و تخلخل اندازه‌گیری شده در پتانسیل بین ۲۰- تا ۸۰- کیلو پاسکال وجود دارد، که به منافذ ساختمانی باقی مانده در شبکه بافتی خاک بر می‌گردد. در این مکش اختلاف معنی‌داری در نگهداشت آب بین خاک‌های با ساختمان دانه‌ای و مکعبی مشاهده نشد و این نشان می‌دهد که در این مکش تعداد منافذ نگهدارنده آب در دو ساختمان مذکور مشابه است. در خاک-های با ساختمان فشرده میزان رطوبت حجمی ۱۰/۵ و ۸/۵ درصد نسبت به خاک‌های با ساختمان دانه‌ای و مکعبی بیشتر بود. بر اساس گزارشات منتشر شده، خاک‌های با ساختمان فشرده به دلیل کاهش منافذ ساختمانی و افزایش منافذ بافتی در مکش‌های زیاد مقدار بیشتری آب در خود نگه می‌دارند (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۰).

در مکش ماتریک ۵۰۰۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری در میزان نگهداشت آب بین خاک‌های با ساختمان فشرده و خاک‌های بدون ساختمان وجود نداشت و بیشترین میزان نگهداشت آب در این دو نوع خاک مشاهده شد. در این پتانسیل کمترین درصد نگهداشت آب مربوط به خاک‌های با ساختمان مکعبی بود. طبق رابطه کاپیلاری منافذی که در مکش‌های ماتریک زیاد درگیر می‌باشند، بسیار ریز هستند. به طور کلی میزان نگهداشت آب در مکش-های زیاد را می‌توان به تعداد منافذ بسیار ریز مرتبط دانست. در خاک‌های با ساختمان دانه‌ای به علت کروی بودن خاکدانه‌ها و درصد تخلخل کل بیشتر، تعداد منافذ ریز نسبت به خاک‌های با ساختمان مکعبی بیشتر بود. همچنین علت افزایش مقدار نگهداشت آب در خاک‌های با ساختمان دست‌خورده (در مکش ماتریک ۵۰۰۰ سانتی‌متر) یکنواختی ذرات الک شده و درنتیجه افزایش منافذ ریز خاک بود. Hill and Sumner (۱۹۶۷) با بررسی تغییرات میزان نگهداشت آب ناشی از تغییرات هندسی منافذ بیان کردند که در مکش‌های زیاد با افزایش تعداد منافذ ریز میزان نگهداشت آب در خاک افزایش می‌یابد.

در مکش ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر هیچ اختلاف معنی‌داری در مقادیر آب نگهداری شده در بین ساختمان‌های مختلف دیده نشد. زیرا رطوبت نگهداری شده در این پتانسیل به ماتریکس خاک بر می‌گردد و چون بافت خاک در همه تیمارها یکسان بود، این نتیجه منطقی می‌باشد. میزان آب نگهداری شده در مکش‌های ماتریک کم به توزیع اندازه منافذ که وابسته به ساختمان است و در مکش‌های زیاد تحت تأثیر بافت و ماتریکس خاک می‌باشد (Zhang و همکاران، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر منافذ انتقال آب دارای خلل و فرج بزرگ‌تر از ۳۰ میکرون (مکش‌های کم‌تر از ۵ کیلوپاسکال) هستند. منافذ نگهدارنده آب دارای قطر ۰/۲ تا ۳۰ میکرون (۵ تا ۱۵۰۰ کیلوپاسکال) و منافذ نگهدارنده آب جذبی دارای قطر کم‌تر از ۰/۲ میکرون (مکش‌های بیشتر از ۱۵۰۰ کیلوپاسکال) هستند (برزگر و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که ساختمان خاک بر شکل منحنی رطوبتی و میزان نگه‌داشت آب تأثیر داشت. در همه ساختمان‌های مورد مطالعه، با افزایش مکش ماتریک میزان درصد رطوبت حجمی در همه خاک‌ها کاهش یافت و بیشترین میزان نگهداشت آب در مکش صفر (اشباع) و کمترین مقدار در

مکش ماتریک ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر (نقطه پژمردگی دائم) اندازه‌گیری شد. در حالت اشباع بیشترین درصد رطوبت حجمی در خاک‌های با ساختمان دانه-ای بود و کمترین میزان رطوبت حجمی اشباع مربوط به خاک‌های با ساختمان فشرده و دست‌خورده بود. در نتیجه خاک‌های با ساختمان دانه‌ای بیشترین تعداد منافذ و ظرفیت نگه‌داشت آب اشباع را داشتند. بهم خوردن ساختمان خاک و یکنواختی ذرات این خاک، تعداد منافذ ریز و بسیار ریز و ظرفیت نگه‌داشت آب را در مکش‌های زیاد نسبت به خاک‌های با ساختمان دست‌نخورده افزایش داد.

منابع

برزگر، ع. ا. ۱۳۸۹. فیزیک خاک پیشرفته. چاپ چهارم. ویرایش دوم. انتشارات دانشگاه چمران اهواز.

بهاری، س. ۱۳۸۹. مقایسه شاخص‌های جریان ترجیحی در ستون‌های خاک دست خورده و دست نخورده. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

رمضانی، ن.، صیاد، غ.ع.، برزگر، ع. ا.، حق‌نیا، غ.ح و منصوری، ی. ۱۳۹۱. اثر تراکم بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی یک خاک لوم. نشریه آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۱.

Bayat, H. and Zadeh, G.E., 2017. Estimation of the soil water retention curve using penetration resistance curve models. Computers and Electronics in Agriculture.

Hill, J.N.S. and Sumner, M.E., 1967. Effect of bulk density on moisture characteristics of soils. Soil Science, 103(4), 234-238.

Mamedov, A.I., 2014. Soil water retention and structure stability as affected by water quality. Eurasian Journal of Soil Science, 3(2), 89.

Otalvaro, I.F., Neto, M.P.C., Delage, P. and Caicedo, B., 2016. Relationship between soil structure and water retention properties in a residual compacted soil. Engineering Geology, 205, 73-80.

Qi, Z., Jingfang, S. and Wenwei, L., 2018, May. A survey about characteristics of soil water retention curve. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 153, No. 6, p. 062076). IOP Publishing.

Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S. and Vogel, H.J., 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. Geoderma, 314, pp.122-137.

Richard, G., Cousin, I., Sillon, J.F., Bruand, A. and Guérif, J., 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. European Journal of Soil Science, 52(1), pp.49-58.

Shwetha, P. and Varija, K., 2015. Soil water retention curve from saturated hydraulic conductivity for sandy loam and loamy sand textured soils. Aquatic Procedia, 4, pp.1142-1149.

Watson, K.W. and Luxmoore, R.J., 1986. Estimating Macroporosity in a Forest Watershed by use of a Tension Infiltrometer 1. Soil Science Society of America Journal, 50(3), pp.578-582.

Yoon, S.W., 2009. A measure of soil structure derived from water retention properties: A kullback-Leibler distance approach. Rutgers The State University of New Jersey-New Brunswick.

Zhang, S., Grip, H. and Lövdahl, L., 2006. Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess soils in China. Soil and Tillage Research, 90(1-2),117-125.

Soil Physics and Plant Growth

The study of water retention curve in different soil structure

N. Ramezani[1*], A. Landi[2], A. Rahman. Barzegar [3] and G. Abbas. Sayyad [4]

[1] PhD in Soil Physics and Conservation College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran

[2] Professor of Soil Genesis and Classification, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran

[3] Professor of Soil Physics and Conservation, respectively, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran

[4] Associate Professor of Soil Physics and Conservation, respectively, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran

Abstract

The study water retention curve is very important in order to solve many management problems of soil and water in agriculture and the environment sector. Therefore, this study was carried out to evaluate the humidity curve in columns of different soil structure in Silakhor plain of Lorestan province. The study was carried out in laboratory condition on undisturbed columns with three different types of structures (granular, blocky and massive) and a disturbed structure in a completely randomized design (CRD) with three replica. The water retention curve of each soil sample were plotted in a 100 to 15000 cm suction using a pressure plate device. The results showed that the effect of soil structure on water retention capacity in different suction was significant. In saturated state, volumetric water content in soils with a granular structure was 6, 30 and 28 percent higher than that of blocky, massive, and disturbed soils respectively. In addition, the soil disturbance and uniformity of soil particles and the increase of micropores increased amount of water retention capacity in the soil in higher matric suction (3000 and 5000 centimeters).

Keywords: Blocky, granular, disturbed and mass

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی تاثیر سیستم ریشه گیاهان وتیور و کلم زینتی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

سمیه گاراژیان*[۱]، حجت امامی[2]، امیر فتوت[۳]، الهام امیری خبوشان[۴]

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

۴ دانش آموخته دکترای خاک شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

سیستم‌های ریشه‌ای متفاوت گیاهان، ویژگی‌های فیزیکی خاک را به طور متفاوتی تحت تاثیر قرار می‌دهند. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سیستم ریشه دو گیاه وتیور و کلم زینتی که به ترتیب ریشه افشان و متراکم دارند بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تیمار و نه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل گیاه وتیور، گیاه کلم زینتی و خاک بدون گیاه به عنوان شاهد و ویژگی‌های فیزیکی اندازه گیری شده شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های خاک (MWD)، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_s) و میزان رس قابل پراکنش در آب (DC) بودند. نتایج نشان داد که تفاوت در سیستم ریشه گیاه بر K_s تاثیر معنی‌داری نداشت، اما برMWD و DC در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزانMWDدر تیمار وتیور مشاهده شد و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. بیشترین میزانDC مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار وتیور بود و تفاوت تیمارهای شاهد و کلم زینتی معنی‌دار نبود، اما هر دو تیمار با تیمار وتیور تفاوت معنی‌داری داشتند. به طور کلی تیمار وتیور بیشترین تاثیر را در کاهش DC خاک و افزایشMWD داشت، که می‌تواند با نوع سیستم ریشه افشان این گیاه مرتبط باشد.

کلمات کلیدی: *رس قابل پراکنش در آب، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، میانگین وزنی قطر* خاکدانه.

مقدمه

ویژگی‌ها و عناصر غذایی خاک، به طور مکانی و زمانی تغییر می‌کنند. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بیشتر تحت تأثیر عواملی مانند گیاهان، فعالیت انسانی، حیوانات، ریزجانداران، اقلیم و شرایط توپوگرافی قرار می‌گیرند و دچار تغییر می‌شوند. وضعیت خاک را می‌توان با بررسی تغییر ویژگی‌های آن، که ممکن است ناشی از تأثیر متقابل ویژگی‌های خاک و عوامل محیطی باشد تشخیص داد (شاهویی، ۱۳۸۵). مطالعات نشان داده است که گیاهان اثرات خاصی بر ویژگی‌های خاک دارند. مواد آلی در مرحله اول از طریق بقایای گیاهان وارد خاک شده و در بستر خاک تجمع پیدا می‌کنند و به مرور با تجزیه و ورود به خاک موجب تأثیر بر بسیاری از ویژگی‌های خاک می‌شوند. علاوه بر این گیاهان طیف وسیعی از منابع خاک مانند آب، نیتروژن، فسفر و غیره را از خاک جذب کرده و بر مقدار آن در خاک و چرخه آنها در طبیعت تأثیر می‌گذارند که این موضوع خود بر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اثر گذار است. از طرفی با توجه به اینکه گیاهان در طی رشد خود از نظر فیزیولوژی تغییرات زیادی می‌یابند (Eviner ، ۲۰۰۴)، احتمالاً موجب تغییر ویژگی‌های خاک نیز می شوند (Bardgett و همکاران، ۱۹۹۹). به عنوان مثال گونه‌های گیاهی از لحاظ سیستم ریشه‌ای و نیز مقدار جذب عناصر غذایی از خاک متفاوت هستند (Gransee و همکاران، ۲۰۰۰)، که این موضوع خود می تواند بر ویژگی‌های مختلف خاکی که در آن رشد می‌کند تاثیرگذار باشد. مطالعات مختلفی تأثیر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های مختلف خاک را گزارش کرده-اند و پوشش گیاهی را به عنوان یک عنصر مهم و تأثیرگذار بر فرآیندهای هیدرولوژیک و تغییرات خاک ذکر کرده‌اند (Gui و همکاران، ۲۰۰۷). سیستم‌های ریشه‌ای مختلف، خاکدانه سازی را به طور متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهند. سیستم ریشه‌ای قوی، ترشحات ریشه‌ای و فعالیت میکروبی به ویژه قارچها، ساختمان خاک را بهبود می‌دهند. در حقیقت نوع پوشش گیاهی در یک منطقه با انواع سیستم مورفولوژیکی اندام هوایی و نیز سیستم ریشه‌ای متفاوت می‌تواند بر ویژگی های پایه‌ای خاک نظیر مقدار ماده آلی، هدایت الکتریکی، pH خاک، توزیع اندازه خاکدانه‌ها و دیگر ویژگی‌های پایه‌ای آن تأثیرگذاشته که برآیند آن می‌تواند بر پایداری ساختمان خاک، مقدار نگهداشت آب در خاک و حتی نفوذ پذیری آب به خاک تأثیرگذار باشد و به این ترتیب بر مقاومت خاک در یک منطقه به فرسایش و

* ایمیل نویسنده مسئول: somayep44@gmail.com

تقویت آب‌های زیرزمینی تاثیرگذار می‌باشد (Seitz و همکاران، ۲۰۱۵). گرچه تأثیر ویژگی‌های فیزیکی خاک بر رشد ریشه در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است؛ ولی تحقیقات اندکی در رابطه با توصیف تغییرات ویژگی‌های خاک در اثر رشد گیاهان انجام شده است. بنابراین با توجه به اهمیت پوشش گیاهی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، این تحقیق با هدف بررسی تاثیر سیستم ریشه دو گیاه وتیور و کلم زینتی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه ها، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و میزان رس قابل پراکنش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سیستم ریشه گیاهان وتیور و کلم زینتی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک، شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، رس قابل پراکنش در آب (DC) و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (Ks)، نمونه‌برداری از خاک واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد از لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد. پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمومی در آزمایشگاه، خاک‌ها از الک ۴ عبور داده شدند و به داخل گلدان‌ها منتقل شدند. کربن آلی به روش اکسایش تر و نیتروژن کل به روش کجلدال اندازه گیری شد. pH در عصاره گل اشباع و EC در گل اشباع اندازه‌گیری شدند (جدول۱). تعداد ۲۷ گلدان ۵ کیلویی تهیه شد، ۹ گیاه وتیور و ۹ گیاه کلم زینتی داخل گلدانها کشت شدند و ۹ گلدان نیز به عنوان شاهد از خاک پر شدند. آبیاری هر سه روز یک-بار و به میزان ظرفیت مزرعه انجام شد. نگهداری گلدان‌ها در گلخانه پژوهشی تحت شرایط کنترل شده با میانگین حداقل و حداکثر دما ۱۸ تا ۲۷ و رطوبت نسبی ۷۲ تا ۹۲ درصد انجام شد. پس از طی یک دوره ۷۵ روزه، برداشت گیاهان انجام شد. خاک اطرف ریشه از هر گلدان نمونه برداری شده و پارامترهای فیزیکی مورد نظر اندازه‌گیری شدند. پایداری خاکدانه ها در آب به روش الک تر و با استفاده از سری الک های ۴، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین وزنی قطر خاکدانه ها بر اساس رابطه ۱ (Kemper و Rosenau ، ۱۹۸۶) محاسبه شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{k} W_i \overline{x_i} \qquad ۱$$

$\overline{x_i}$: میانگین قطر چشمه‌های دو الک متوالی برحسب میلی‌متر و W_i: نسبت جرم توده خاک باقی‌مانده روی هر الک به جرم کل خاک پس از تصحیح شن است.

اندازه گیری رس قابل پراکنش خود به خودی (SDC) بر اساس جرم کل خاک، به روش هیدرومتری انجام شد که عامل پراکنده‌ساز فقط آب مقطر است (Rengasamy و همکاران، ۱۹۹۱). سوسپانسیون تهیه شده از خاک به مدت ۵ دقیقه توسط همزن با دور بالا هم زده شده و قرائت هیدرومتر نیز در زمان های ۳۰ثانیه، ۶۰ ثانیه، ۱,۵ ساعت و ۲۴ ساعت انجام شد. اندازه‌گیری K_s به روش بار ثابت (Klute و Dirksen ، ۱۹۸۶) بر روی نمونه‌های استوانه‌ای دست‌نخورده به قطر ۵ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر که از خاک اطراف ریشه گیاه نمونه برداری شدند بر اساس رابطه ۲ انجام شد. در هنگام نمونه برداری سعی شد نمونه های تهیه شده فاقد ریشه باشند اما با توجه به نزدیکی محل نمونه برداری به ریشه های گیاه، احتمالا مقادیر کمی ریشه های کوچک در خاک وجود داشتند.

$$K_S = \frac{VL}{At(H_2 - H_1)} \qquad ۲$$

که V حجم آب خروجی از نمونه پس از رسیدن به شرایط جریان ماندگار بر حسب سانتی‌متر مکعب، L ارتفاع نهایی نمونه پس از انجام آزمایش بر حسب سانتی‌متر، A سطح مقطع نمونه بر حسب سانتی‌متر مربع، t زمان بر حسب ثانیه و $(H_2 - H_1)$ تفاوت بار هیدرولیکی بین ورودی و خروجی جریان آب بر حسب سانتی‌متر هستند. پس از اندازه گیری پارامتر های مورد نظر تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم JMP و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث :

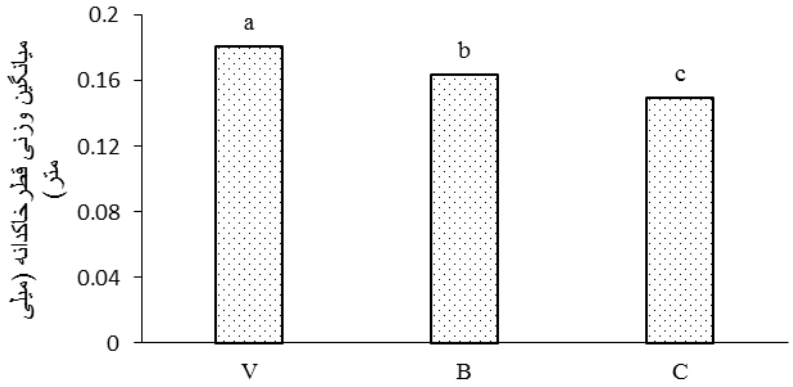
نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای آهک نسبتاً زیاد با ماده آلی کم (کمتر از ۱درصد) و بافت سیلتی لوم بود.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	EC(ms/cm)	pH	نیتروژن کل(mg/kg)	کربنات کلسیم معادل (٪)	ماده آلی (٪)
سیلتی لوم	۳۴	۵۶	۱۰	۱,۲۱	۷,۶۵	۴۰۶	۱۹,۵۶	۰,۷۲

تاثیر سیستم ریشه بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

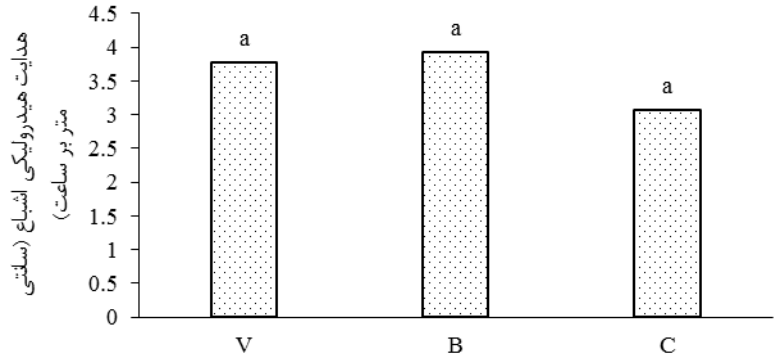
سیستم ریشه گیاه بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در سطح یک درصد تاثیر معنی داری داشت. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه ها مربوط به تیمار وتیور و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود که گیاهی در آن کشت نشده بود. پس تیمار وتیور با ریشه افشان در مقایسه با سایر تیمار ها بیشترین تاثیر را بر افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه ها داشته است. همچنین تفاوت بین تمام تیمار ها با یکدیگر معنی‌دار شد. این نتایج با تحقیقات حاج عباسی و فلاح زاده (۱۳۸۹) و Liu و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد. لازم به ذکر است کوچک بودن ارقام اندازه گیری شده به علت وجود درصد بالایی از سیلت در خاک مورد نظر بوده و ارتباطی به خطای محاسباتی یا آزمایشی ندارد.



شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر سیستم ریشه‌ای گیاهان بر میانگین وزنی قطر خاکدانه (وتیور: V، کلم زینتی: B و شاهد: C)

تاثیر سیستم ریشه بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

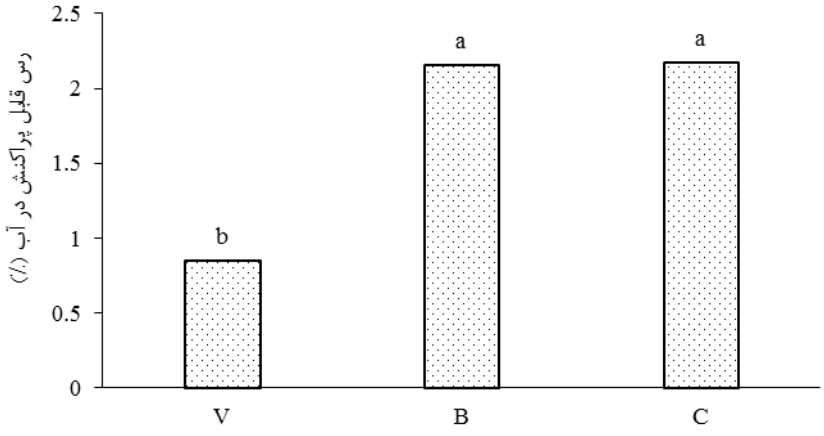
نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد ریشه گیاهان سبب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع نسبت به شاهد شده است، به طوری که بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در تیمار کلم زینتی با ۲۸ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد و تیمار وتیور نیز به طور مشابه باعث افزایش ۲۳ درصدی آن نسبت به شاهد شد، اما تفاوت در نوع سیستم ریشه گیاه تاثیر معنی داری بر هدایت هیدرولیکی اشباع آب در خاک نداشت. به نظر می‌رسد سیستم ریشه‌ای گیاه اگر چه در کوتاه مدت نیز با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش منافذ درشت خاک سبب افزایش غیرمعنی‌دار هدایت هیدرولیکی خاک شده است، اما به دلیل زمان کوتاه و احتمالا عدم تجزیه بقایای گیاهی و ریشه، تاثیر آنها معنی‌دار نشد و احتمالا برای تاثیر بیشتر و معنی‌دار کشت گیاه به زمان بیشتر و کشت چند ساله گیاهان نیاز است.



شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر سیستم ریشه بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (وتیور: V، کلم زینتی: B و شاهد: C)

تاثیر سیستم ریشه بر رس قابل پراکنش خود به خودی در آب

تاثیر سیستم ریشه گیاه بر رس قابل پراکنش خود به خودی در آب که بر اساس جرم کل خاک محاسبه شده در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان رس قابل پراکنش خود به خودی در آب مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار وتیور بود. همچنین بین تیمار های شاهد و کلم زینتی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما هر دو تیمار با تیمار وتیور تفاوت معنی‌داری داشتند. Emerson (۱۹۴۵) بیان داشت که ریشه‌های گیاه و هیف‌های قارچی باعث تشکیل و پایداری خاکدانه های بزرگ شده و از این طریق مانع پراکنش رس ها می‌شوند. بنابراین سیستم ریشه باعث بهبود خاکدانه سازی و کاهش رس قابل پراکنش خاک شده است و در گیاه وتیور که سیستم ریشه افشان دارد رشد بیشتر ریشه در خاک باعث بیشترین تاثیر در کاهش رس قابل پراکنش خاک شده است.



شکل ۳- تاثیر سیستم ریشه بر رس قابل پراکنشخود به خودی در آب (وتیور: V، کلم زینتی: B و شاهد: C)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تاثیر متفاوت گیاهان با سیستم ریشه‌ای متفاوت بر برخی از ویژگی های فیزیکی خاک است. پوشش گیاهی علاوه بر اینکه از عوامل کنترل کننده رواناب است از طریق بهبود ویژگی های فیزیکی خاک، نقش کلیدی در کنترل فرسایش خاک نیز دارد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها با وجود افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع تیمارهای حاوی گیاه، اما به دلیل زمان کوتاه و احتمالاً عدم تجزیه بقایای گیاهی و ریشه، تاثیر آنها معنی‌دار نشد. همچنین بیشترین میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه ها در تیمار گیاه وتیور که دارای ریشه افشان است، مشاهده شد. بیشترین میزان رس قابل پراکنش در تیمار شاهد که فاقد گیاه بود مشاهد شد و میزان رس در تیمار کلم زینتی بسیار نزدیک به آن بود و در مقابل تیمار وتیور رس قابل پراکنش بسیار کمتری داشت. بنابراین

ریشه گیاه وتیورکه حالت افشان دارد حجم بیشتری از خاک را اشغال کرده و به دلیل تماس بیشتر با خاک، تاثیر بیشتری بر ویژگی‌های فیزیکی خاک داشته و موجب بهبود بیشتر خاکدانه سازی و کاهش میزان رس قابل پراکنش در آب شده است.

منابع:

حاج عباسی. م.ع و ج. فلاح زاده. (۶۳۱۱). تغییرات در خاکدانه سازی، کربوهیدرات و کربن آلی در اثر کشت وکار در خاک خشک ایران مرکزی. نوزدهمین کنفراس بین المللی علوم خاک، بریسبانا، استرالیا.

شاهویی، سید صابر (مترجم)، ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیات خاک، چاپ اول، انتشارات دانشگاه کردستان، ص ۸۸۰

Bardgett, R. D., J. L. Mawdsley, S. Edwards, P. J. Hobbs, and J. S. Rodwell. ۱۹۹۹. Plant species and nitrogen effects on soil biological properties of temperate upland grasslands. Funct. Ecol. ۱۳, ۶۵۰–۶۶۰.

Emerson, W. W. 1945. The determination of stability of soil crumbs. J. Soil Sci. 5, 235-50.

Eviner, V. T. ۲۰۰۴. Plant traits that influence ecosystem processes vary independently among species. Ecology ۸۵, ۲۲۱۵–۲۲۲۹.

Gransee, A., L. Wittenmayer. ۲۰۰۰. Qualitative and quantitative analysis of water soluble root exudates in relation to plant species and development. J. Plant. Nut. Soil. Sci-Z. Pflanzener. Und. Bodenkund. ۱۶۳, ۳۸۱–۳۸۵.

Gui, L., I. Chen, B. Fu, Z. Huang, D. Wu, &, w. Wei. ۲۰۰۷. The effect of land uses and Rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area. China. J. Hydrol. ۲۵۸-۳۳۵:۲۴۷.

Kemper W.D., and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425–442. In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part a: Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Klute, A., and C. Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. In: Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods, A. Klute, Ed. Soil Science Society of America, Madison, WI

Liu, A., Ma, B.L. and Bomke, A. A. (2005). Effects of cover crops on soil aggregate stability, total organic carbon, and polysaccharides. Soil Science Society of America Journal, 69, 2041-2048.

Rengasamy, P , and Olsson, K.A. 1991 . Sodicity and soil structure. Australian Journal of soil Research. 29, 935-952.

Seitz, S., Goebes, P., Song, Z., Bruelheide, H., Härdtle, W., Kühn, P., Li, Y. and Scholten, T. ۲۰۱۵. Tree species identity and functional traits but not species richness affect interrill erosion processes in young subtropical forests. SOIL. Discuss. ۲(۱): ۷۰۱–۷۳۶

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The effect of *Vetiveria zizanioides* and *Brassica oleraceae* roots on some soil physical properties

Garazhian*[۲], S., Emami[2], H., Fotovat[3], A., Amiri Khaboushan[4], E.

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[3] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[4]PhD., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

Different roots of plants affect the physical properties of the soil differently. This research was carried out with the aim of investigating the effect of root system of two plants of *Vetiveria zizanioides* and *Brassica oleraceae*, which include distributed and rooted dense roots respectively, on some soil physical properties in a completely randomized design in three treatments and nine replications. Experimental treatments consisted of *Vetiver* plant, *Brassica* plant and unplanted soil as control. Soil physical properties including mean weight diameter (MWD), saturated hydraulic conductivity (K_s), and dispersible clay content in water (DC) were measured. The results showed that the different root systems affected the MWD and DC significantly ($P< 0.01$) and K_s insignificantly. The maximum and minimum values of MWD were observed in the *Vetiver* and control treatments, respectively, which had a significant difference. The highest and lowest values of DC were observed for control treatment and *Vetiver* treatment. Differences between control and *Brassica* treatments were not significant, but both treatments were different with *Vetiver* treatment significantly. In general, the *Vetiver* treatment had the greatest effect on reducing DC and increasing MWD, due to the fibrous root system of this plant.

Keywords: Water dispersible clay, Saturated hydraulic conductivity, Mean weight diameter of aggregates

*Corresponding author, Email: somayep44@gmail.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیر ماده آلی، کرم خاکی و آهک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه

مینا صمدی[۱*]، محمود شعبانپور[۲]، صفورا اسدی کپورچال[۳]، نسرین قربانزاده[۳]،احمد شیرین‌فکر[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۳] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۴] هیات علمی پژوهشکده چای کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

پایداری خاکدانه یکی از عوامل موثر مقاومت خاک در برابر متلاشی شدن است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد همزمان آهک، کرم خاکی و دو نوع کود آلی با منشا گیاهی و حیوانی بر روی پایداری خاکدانه، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ فاکتور و در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل حضور یا عدم حضور کرم خاکی و فاکتور دوم شامل آهک(در دو سطح صفر و یک درصد وزنی) و فاکتور سوم کود آلی (در سه سطح صفر، ۲ درصد وزنی کود گاوی پوسیده و ۲ درصد وزنی کمپوست شلتوک برنج) بود. شش ماه پس از اعمال تیمارها میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد کاربرد هر دو نوع کود آلی و کرم خاکی برپایداری خاکدانه معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$)، اما کاربرد آهک به تنهایی معنی‌دار نشد. کمترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه در تیمار شاهد (۱/۲۵ میلی‌متر) مشاهده شد. به طور کلی نتایج پژوهشحاضر نشان داد که هر چند کاربرد توام کود آلی و آهک و کرم خاکی موجب بهبود پایداری خاکدانه می‌شود لیکن بیشترین میانگین وزنی قطر خاکدانه در تیمار کود کمپوست (۲/۴۸ میلی‌متر) مشاهده می‌شود، بنابراین کاربرد کود آلی به ویژه کود کمپوست در شرایطی که خاکدانه‌ها از پایداری کافی برخوردار نیستند، به منظور بهبود پایداری آن‌ها توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: تخلخل، خاکدانه‌سازی،کمپوست، کود گاوی

مقدمه

پایداری خاکدانه میزان مقاومت خاکدانه در مقابل نیروهای وارده بر آن است که یکی از عوامل موثر مقاومت خاک در برابر متلاشی شدن است (Jozefaciukو Czachor، ۲۰۱۴). یکی از روش‌های رایج که سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها در برابر نیروهای طبیعی می شود، افزودن موادآلی و بقایای گیاهی به خاک است(خسروی و موسوی، ۱۳۹۶).پایداری خاکدانه‌های خاک نه تنها به مقادیر ماده‌آلی اضافه شده، بلکه به کیفیت ماده‌آلی هم بستگی دارد(Yagueو همکاران ۲۰۱۲). یک رویکرد امیدوارکننده برای افزایش پایداری خاکدانه و نفوذپذیری آب و هوا در خاک، استفاده از یون‌هایی مانند کلسیم به شکل سنگ آهک پودر شده یا اکسید کلسیم است (Keiblingerو همکاران ۲۰۱۶).برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که جانداران خاکزی نیز نقش مهمی در پایداری خاکدانه‌ها ایفا می‌کنند. در این راستا جانداران ماکروفون خاک مانند کرم‌های خاکی از طریق حفر دالان، عبور دادن مواد آلی و خاک از روده و ترشح کلسیتسبب پیوستگی ذرات اولیه و در نتیجه تشکیل خاکدانه و افزایش نفوذپذیری خاک می‌شوند(Al-Malikiو Scullion، ۲۰۱۳). نتایج پژوهش Chengeو همکاران (۲۰۱۵) نشان دادکه وجود ماده آلی در خاک با ایجاد لایه آبگریز اطراف خاکدانه‌ها سبب کاهش نفوذ آب در خاکدانه و افزایش پایداری آن‌ها می‌شوند.در پژوهش دیگری پایداری خاکدانه در حضور کرم خاکی آنسیک (*Lumbricusterrestris*L.)و موادآلی مختلف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که کاربرد موادآلی و کرم خاکی هریک به تنهایی موجب افزایش شاخص پایداری مانند میانگین وزنی قطر خاکدانه[۱]، توزیع اندازه خاکدانه‌ها، میانگین هندسی قطر ذرات وهمچنین مقدارکلسیم و منیزیم خاک می‌شود، ولی بهترین نتیجه هنگام کاربرد همزمان کرم خاکی با موادآلی حاصل شد. همبستگی معنی‌دار بین کلسیم خاک و میانگین وزنی قطر ذرات نشان دهنده آن بود که کرم خاکی با ترشح کلسیت از طریق پیوند کاتیونی با ذرات رسی و ماده آلی به پایداری خاکدانه‌ها و در نتیجه ساختمان خاک کمک می‌کند(موسوی و رئیسی، ۱۳۸۹).بوجیلا و گالایی (Boujilaو Gallai، ۲۰۰۸) بیان کردند که در اراضی کربناتی تونس، کربنات کلسیم بین ذرات خاک مانند ملات عمل می کنند که سبب استحکام و مقاومت خاک در برابر عوامل تخریب کننده خاک می شود. با توجه به این که افزودن آهک، کرم خاکی و ماده آلی به خاک می‌تواند بر پایداری خاکدانه‌ها تاثیر قابل توجهی داشته باشد و اثر کاربرد همزمان این سه تیمار بر پایداری خاکدانه کمتر مورد بررسی قرار گرفته است هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر کرم خاکی، ماده آلی و آهک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه می‌باشد.

---

* ایمیل نویسنده مسئول: minasamadi313@gmail.com

[1]Mean Weight Diameter

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد آهک، کرم خاکی و کود آلی با منشا گیاهی و حیوانی بر روی پایداری خاکدانه، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ فاکتور و در ۳ تکرار (۳۶ گلدان) اجرا شد. فاکتور اول کرم خاکی (در دو سطح بدون کرم خاکی و ۱۰ عدد کرم خاکی با اندازه متوسط برای هر گلدان) و فاکتور دوم شامل آهک (در دو سطح صفر و ۱ درصد وزنی) و فاکتور سوم کود آلی (در سه سطح صفر، ۲ درصد وزنی کود گاوی پوسیده و ۲ درصد وزنی کمپوست شلتوک برنج) بود. در ابتدا خاک اسیدی با ماده آلی کم از عمق ۳۰-۰ سانتی‌مترینمونه‌برداری شده و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد و به گلدان‌های سه کیلوگرمی منتقل گردید. بعد از اعمال تیمارها، گلدان‌ها ۶ ماه در شرایط انکوباسیون با دمای ۱۵ الی ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در تمام این مدت رطوبت گلدان‌ها با روش وزنی در حد ظرفیت زراعی حفظ شد. بعد از اتمام دوره، میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر (Gee وBauder،۱۹۸۶)، بافت به روش هیدرومتری، pHبا استفاده از pH سنج، ماده آلی به روش والکی-بلک و کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید اندازه‌گیری شدند. پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین پارامترها نیز با استفاده از آزمون توکی در محیط نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) ارائه شده است. خاک مورد مطالعه دارای pH اسیدی با ماده آلی کم (کمتر از یک درصد) و دارای بافتی سنگین است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی‌های‌خاک	بافت	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	pH	کربنات کلسیم معادل (٪)	ماده آلی (٪)
	رس سیلتی	۵/۲	۴۲/۴	۵۲/۴	۴/۵۹	۰/۵	۰/۸۹

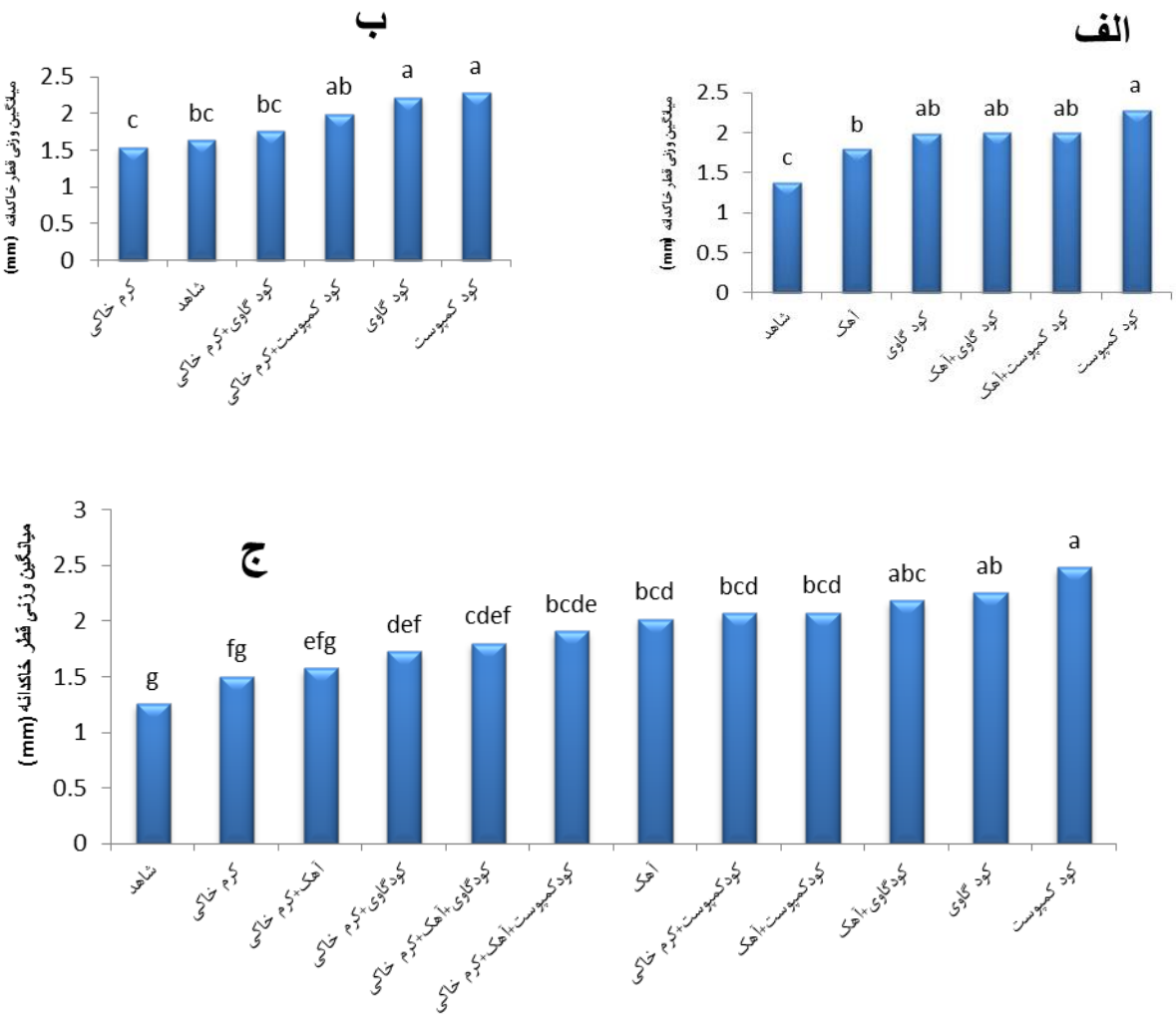
نتایج تجزیه واریانس میانگین وزنی قطر خاکدانه در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده آهک و اثر متقابل آهک و کرم خاکی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه معنی‌دار نبود، لیکن اثر ساده کرم خاکی، کود آلی و نیز اثر متقابل کود آلی و کرم خاکی، کود آلی و آهک و اثر سه‌گانه کود آلی و آهک و کرم خاکی بر پارامتر مورد نظر معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از هر دو نوع کود آلی اصلاح کننده سبب افزایش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه نسبت به شاهد شد و دو کود آلی تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نشان ندادند که این موضوع به درصد کربن آلی بالا که از عوامل اصلی سیمانی‌کننده ذرات خاک هستند در کودها نسبت به شاهد برمی‌گردد. نتایج پژوهش اصغری و نجفیان (۱۳۹۴) نیز بیانگر آن است که افزودن کاه و کلش و کود گاوی به دلیل افزایش کربن آلی خاک سبب افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه نسبت به شاهد شد. بر اساس پژوهش موسوی و رئیسی (۱۳۸۹)تلقیح خاک با کرم خاکی موجب افزایش MWDشد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس میانگین وزنی قطر خاکدانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
کود آلی	۲	۰/۹۶۸۴	۵۱/۹۳**
آهک	۱	۰/۰۱۸۹	۱/۰۱^{ns}
کرم خاکی	۱	۰/۷۰۸۱	۳۷/۹۷**
کود آلی×آهک	۲	۰/۳۷۶۶	۲۰/۲۰**
کرم خاکی×آهک	۱	۰/۰۲۱۴	۱/۱۵^{ns}
کود آلی×کرم خاکی	۲	۰/۰۹۶۸	۵/۱۹*
کود آلی×آهک×کرم خاکی	۲	۰/۱۹۹۴	۱۰/۶۹**
خطای آزمایشی	۲۴	۰/۰۱۸۶	-

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد

اثرات برهم‌کنش کود آلی و آهک، کود آلی و کرم خاکی و کود آلی و آهک و کرم خاکی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه در شکل ۱ ارائه شده است. همانطور که در شکل ۱-الف مشاهده می‌شود اثرات برهم‌کنش هر دو نوع کود آلی (کود گاوی و کود کمپوست) و آهک در تمام تیمارها سبب افزایش MWDگردید لیکن بیشترین مقدار MWDدر تیمار کود کمپوست حاصل شد. نتایج پژوهش‌های FaridGiglo و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیانگر این موضوع است که بیشترین تاثیر مثبت پارامترهای خاک بر پایداری خاکدانه در عمق‌های سطحی و زیرین توسط ماده آلی ایجاد می‌شود و در عمق زیرین بعد از ماده آلی و رس، آهک تاثیر مستقیم و مثبتی بر پایداری خاکدانه دارد. تاثیر آهک و مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک‌ها به دلیل توانایی آهک برای فلکوله کردن کلوئیدهای خاک و نیز اثر سیمان کنندگی ماده آلی در خاک می‌باشد (آرمین و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۱–اثرات برهم‌کنش کود آلی و آهک (الف)، کود آلی و کرم خاکی (ب) و کود آلی و آهک و کرم خاکی (ج) بر MWD (وجود حروف مشترک روی ستون‌ها بیانگر نبود اختلاف آماری معنی‌دار است)

اثرات برهم‌کنش کود و کرم خاکی (شکل۱- ب) بیانگر آن است که کاربرد هر دو نوع کود کمپوست و کود گاوی به همراه کرم خاکی سبب افزایش معنی دارمیانگین وزنی قطر خاکدانهنسبت به کاربرد کرم خاکی به تنهایی گردید. بر اساسنتایج به دست آمده از پژوهش‌های موسوی و رئیسی (۱۳۸۹) نیز کاربرد مواد آلی و کرم خاکی هر یک به تنهایی سبب افزایش شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها شده، ولی بهترین نتیجه از کاربرد همزمان کرم خاکی و مواد آلی بدست آمد، به طوری که تلقیح کرم‌های خاکی در حضور مواد آلی موجب افزایش ۳۹ درصدی MWD گردید.

اثرات برهم‌کنش کود، آهک و کرم خاکی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه (شکل۱- ج) نشان دهنده آن است که اثر تیمارهای کود کمپوست، کود گاوی و کود گاوی و آهک تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند لیکن استفاده از کود کمپوست بیشترین مقدار MWDرا سبب گردیده است که با پژوهش‌های Wang و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی داشته است. Wang و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی تاثیر شش نوع کود آلی را بر روی پایداری خاکدانه مطالعه کردند و نتایج پژوهش آن‌ها بیانگر آن بود که بیشترین میانگین وزنی قطر خاکدانه با کاربرد کود کمپوست ساقه ذرت حاصل گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن است که هر چند تیمارهای کرم خاکی، کرم خاکی و کود، کود و آهک و اثرات سه‌گانه آن‌ها سبب افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه شده است لیکن بیشترین افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه در تیمارهای کود آلی (کود کمپوست و کود گاوی) مشاهده شده است بنابراین پیشنهاد می‌شود در اراضی کشاورزیکه مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه آن‌ها پایین است به منظور افزایش پایداری خاکدانه‌ها از کود کمپوست استفاده شود.

منابع:

آرمین،م.،روحیپور،ح.، احمدی،ح.،سلاجقه،ع.،مهدیان، م.ح. وقربانیاخیبری، و. ۱۳۹۵. روابط بین پایداری خاکدانه ها و برخی خصوصیات خاک درحوزه آبخیز طالقان. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۹ (۲)، ۲۹۵-۲۷۵.

اصغری، ش. و نجفیان، م. ۱۳۹۴. اثر برهمکنش مواد آلی و کرم خاکی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دو خاک در شرایط تراکمی متفاوت. تحقیقات کاربردی خاک، ۳ (۱)، ۱۰۲-۸۹.

خسروی، آ. و موسوی،س.ع.ا. ۱۳۹۶. اثر اسیدهای آلی و چرخه های تر و خشک شدن بر پایداری و توزیع اندازه خاکدانه ها در یک خاک آهکی. نشریه پژوهش های خاک(علوم خاک و آب)، ۳۱ (۲)، ۲۷۷-۲۶۳.

موسوی، ف.س. و رئیسی، ف. ۱۳۸۹. پایداری خاکدانه ها در حضور کرم *خاکی* (*Lumbricusterrestris* L.) و موادآلی مختلف در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۴ (۵۴)، ۸۳-۷۱.

Al-Maliki, S. and Scullion, J. 2013.Interactions between earthworms and residues of differing quality affecting aggregate stability and microbial dynamics.Applied Soil Ecology, 64, 56-62.

Baver, L.D., Gardner, W.H., and Gardner, W.R. 1972. Soil Physics. John Wiley and Sons, Inc., New NY.

Bouajila, A. and Gallai.T. 2008. Soil organic carbon fraction and aggregate stability in carbonated and no carbonated soils in Tunisia. Journal of Agronomy, 7: 127-137.

Cheng, M., Xiang, Y., Xue, Zh.,An, Sh. and Darboux, F. 2015. Soil aggregation and inter-aggregate carbon fractions in relation to vegetation succession on the Loess Plateau. China. Catena. 124: 77-84.

FaridGiglo, B., Arami,A. and Akhzari,D. 2014. Assessing the role of some soil properties on aggregate stability using path analysis (Case Study: Silty-Clay-Loam and Clay-Loam soil from gully lands in North West of Iran). Ecopersia, 2(2), 513-523.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-Siz analysis. In: Methodes of soil Analysis, Part 1, Phsical and Mineralogical Methods, Klute A(ED.). Agronomy Monograph NO.9(2 ndedn). American Society of Agronomy, Madison, WI, 383-411.

Jozefaciuk, G. and Czachor, H. 2014.Impact of organic matter, iron oxides, alumina, silica and drying on mechanical and water stability of artificial soil aggregates. Assessment of new method to 30 study water stability, Geoderma, 221-222, 1-10.

Keiblinger, K.M., Bauer, L.M., Deltedesco,E., Holawe, F.,Unterfrauner,H., Zehetner, F. and Peticzka,R. 2016. Quicklime application instantly increases soil aggregate stability. International Agrophysics, 30, 123-128.

Yague, M.R., Bosch-Serra, A.D., Antunez, M. and Boixadera, J. 2012. Pig slurry and mineral fertilization strategies effects on soil quality: Macroaggregate stability and organic matter fractions. Science of Total Environment, 438, 218-224.

Wang, F., Tong, Y.A., Zhang, J.S., Gao, P.C. and Coffie, J.N. 2013. Effects of various organic materials on soil aggregate stability and soil microbiological properties on the Loess Plateau of China. Plant Soil Environ, 59, 4: 162-168.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Effects of organic matter, earthworm and lime on aggregate mean weight diameter

Samadi*[1], M., Shabanpour[2], M., Asadi Kapourchal, S.[3], Ghorbanzadeh, N.[3], Shirinfekr, A.[4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

[3]Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

[4]Scientific Board Member, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)

Abstract

Aggregate resistance is one of the effective factors in soil resistance to collapse.This study was carried out to investigate the effect of concurrent application of lime, earthworm and two types of organic fertilizer (with plant and animal origin) on aggregate stability. For this purpose, a factorial experiment with completely randomized design with three factors and three replications was performed. First factor was the presence or absence of earthworm, second factor was including lime (at two levels of zero and 1% by weight) and the third factor was organic fertilizer (at three levels of zero, 2% weight of rotten cow manure and 2% weight of rice bulk compost).The treatments with their replicates were left for six months and then the mean weight diameter of the aggregates was measured with the wet sieving method. The results indicated that application of both organic fertilizers and earthworms was significant on aggregate stability ($p < 0.01$), but lime application alone was not significant. The lowest mean weight diameter of aggregate was obtained in the control treatment (1.25 mm). Generally, the results of this study showed that although concurrent application of organic fertilizers, lime and earthworms improves the aggregates stability, but the highest mean weight diameter of aggregate was observed in compost treatment (2.48 mm), so organic fertilizers application, especially compost, is recommended in order to improve aggregates stability when the aggregates are not stable enough.

Keywords: Aggregation, Compost, Cow manure, Porosity

* Corresponding author, Email: minasamadi313@gmail.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی مدل UPFLOW در شبیه سازی خیزموییینگی در کشت و صنعت نیشکر

سعید اجرامی[۱]، بیژن خلیلی مقدم[*۲]

[۱]دانش آموخته گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۲]دانشیارگروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

حرکت رو به بالای آب از طریق خیز موئینگی از سطح آب زیرزمینی کم عمق به منطقه ریشه یکی از جریان‌های مهم و اثر گذار بر سیستم خاک می‌باشد. UPFLOW یک مدل تخصصی برای تعیین خیز موییینگی است که این مدل ساده و با حجم کم اطلاعات ورودی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی کارایی مدل UPFLOW در شبیه‌سازی خیز موییینگی در شرایط سطح آب زیرزمینی کم عمق بر اساس اندازه‌گیری میزان خیز موییینگی واقعی با استفاده از لایسیمتر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر خوزستان می‌باشد. به منظور انجام ازمایش داده‌های ورودی مدل شامل بافت خاک و ضرایب رطوبتی هر لایه، تبخیر و تعرق، درصد رطوبت خاک، عمق آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی اندازه‌گیری گردید. سپس خیز موئینگی برای هر دوره یک ماهه در طول مراحل رشد نیشکر محاسبه گردید. ارزیابی کارایی این مدل بوسیله برخی معیارهای آماری مانند ضریب تشخیص (R^2)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین مربع ریشه خطا (RMSE) و خطای نسبی (RE) و شاخص کارائی مدل (EF) انجام گردید. نتایج این پژوهش نشان داده است که مدل UPFLOW در منطقه مورد مطالعه، در شبیه سازی جریان رو به بالا در شرایط مشخص آب زیرزمینی، محصول، اقلیم و مدیریت کارایی (به استناد شاخص های آماری) مناسب را نشان نداده است. بنابراین این مدل در شرایط سطح آب زیرزمینی کم عمق جهت برآورد دقیق خیز موئینگی نیازمند بررسی‌های همه جانبه در شرایط مختلف و در صورت امکان اصلاح و تنظیم این مدل در منطقه مورد نظر می-باشد.

کلمات کلیدی: خیزموئینگی، تبخیر و تعرق، لایسیمتر، کشت و صنعت نیشکر

مقدمه

خیزموییینگی از جمله پدیده‌هایی است که به خواص فیزیکی خاک مانند نوع تخلخل و بافت خاک و شرایط محیطی شامل تبخیر و تعرق، شرایط گیاه و عمق آب زیرزمینی وابسته است. خیز موییینگی را می‌توان، جریان رو به بالای آب از سطح ایستابی به سطح خاک در اثر اختلاف پتانسیل بین سطح خاک و لایه اشباع زیرین تعریف نمود. تعیین جریان رو به بالا و خیزموییینگی امری دشوار بوده و نیازمند شناخت کامل از تمامی عوامل موثر بر جریان آب در خاک مانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، عوامل اقلیمی و مدیریتی می‌باشد. اندازه‌گیری و سنجش جریان رو به بالا به صورت تجربی و مستقیم در مزارع، سخت و دشوار می‌باشد که نیازمند وقت و هزینه زیاد است. روش‌های مستقیم در مزارع به دلیل هزینه زیاد و مشکلات اجرایی تا به حالا به صورت محدود مورد بررسی بوده و بیشتر اندازه‌گیری‌ها به صورت آزمایشی و در مقیاس کوچک می‌باشد. مدل های پیشرفته شبیه سازی جریان آب در محیط متخلخل غیر اشباع می تواند جهت بر آورد جریان رو به بالا و صعودکاپیلاری به صورت قابل اطمینانی در هر نوع محیط استفاده شود، ولی نیاز به داده های با دامنه گسترده دارد. مدل های مختلفی در جهان به منظور اندازه گیری خیزموییینگی طراحی گردیده است که اساس طراحی همه این مدل ها، قوانین فیزیکی در روابط آب و خاک می باشد. از جمله این مدل ها می توان به مدل هایی همچون مدلDRAINMOD، مدل های تحلیلی TSMA و QSSAM، مدل عددی NM و مدل سه بعدی هایدروس(Hydrus 3D) اشاره نمود. مدل های نام برده به دلیل نیاز به داده های ورودی متنوع و طیف وسیع آن، پیچیده می باشند(Ali و همکاران، ۲۰۱۳). Raes در سال ۲۰۰۰، یک مدل به نام UPFLOW به صورت یک نرم‌افزار کامپیوتری ارائه داد. این مدل برای مکان، شرایط و دوره زمانی خاص در سطح آب زیرزمینی کم عمق طراحی

[*]نویسنده مسئول: khalilimoghadam@asanrukh.ac.ir ,moghaddam623@yahoo.ie

گردیده است. مدل UPFLOW، به عنوان یک نرم افزار کار آمد برای پیش بینی پدیده مویینگی و جریان رو به بالا در خاک مورد استفاده قرار گیرد. دلیل مورد توجه قرار گرفتن این نرم افزار سادگی محیط و همچنین حجم کم اطلاعات ورودی و به طور کلی کاربرد راحت تر و آسان این مدل نسبت به سایر مدل‌های تعیین جریان آب در خاک برای تعیین خیزمویینگی می‌باشد. در کشور ایران تحقیقات محدودی بر روی خیزمویینگی در خاک انجام گرفته است و با توجه به اثر زیاد پدیده مویینگی در عملکرد محصول، بویژه در مزارع نیشکر، پژوهش گسترده در باره این پدیده نیاز می‌باشد. از آنجایی که تا کنون در استان خوزستان بر روی خیز مویینگی تحقیقات محدودی انجام شده و مدل UPFLOW مورد ارزیابی قرار نگرفته است، هدف از این مطالعه بررسی خیز مویینگی در خاک‌های جنوب خوزستان و ارزیابی این مدل در کشت و صنعت‌های نیشکر خوزستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از لایسیمتر حجمی زهکش‌دار که در کشت و صنعت امیرکبیر در ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز واقع است، استفادگردید. طبق بررسی-های میدانی نیمرخ خاک دارای بافت لوم رسی بوده است. ضخامت این لایه دو متر و میانگین هدایت هیدرولیکی آن ۰/۳۵ متر بر روز در نظر گرفته شد. طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده عمق آب زیرزمینی در منطقه در نوسان بین ۱/۷۵ تا ۲/۵ متر بود. عمق آب زیرزمینی در لایسیمتر با توجه به شرایط طبیعی در حد پایین‌ترین لوله زهکشی در دو متری از سطح زمین در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه حجم نمک بالا آمده در اثر جریان رو به بالا، هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در نرم افزار وارد گردید. در تعریف این مدل، عمق آب زیرزمینی باید حداقل یک متر زیر عمق موثر ریشه باشد. میانگین سالانه هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نیز در سال زراعی ۹۳-۹۲ حدود ۴/۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر گزارش شده است. بیشترین سرعت جذب مربوط به منطقه بالایی ریشه، حدود ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است و در بخش پایینی، کمترین سرعت را دارد. در هر ماه سرعت جذب با توجه به مرحله رشد گیاه و تبخیر و تعرق بالقوه به مدل وارد گردید. به دلیل حساسیت نیشکر به خفگی، نقطه بی‌هوازی ۷ درصد زیر نقطه اشباع در نظر گرفته شده است.

بعد از جمع آوری اطلاعات ورودی مدل، با توجه به نرم افزار مدل UPFLOW می‌توان مقدار حداکثر حجم جریان رو به بالا را به صورت شدت جریان یا دبی بدست آورد. در این پژوهش، داده‌های مربوط به آب زیرزمینی و خاک و عمق ریشه در طول محاسبات ثابت و داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق و سرعت جذب ریشه در هر دوره از محاسبات، متغیر در نظر گرفته شد. همچنین خیزمویینگی نیز برای هرماه به‌صورت جداگانه محاسبه شد. با استفاده از داده‌های برداشت شده از لایسیمتر، از رابطه ۱ و ۲ برای محاسبه خیزمویینگی بر حسب میلی متر استفاده گردید:

$$P+I+Cg= DP+RS+ET+\Delta S \quad (۱)$$

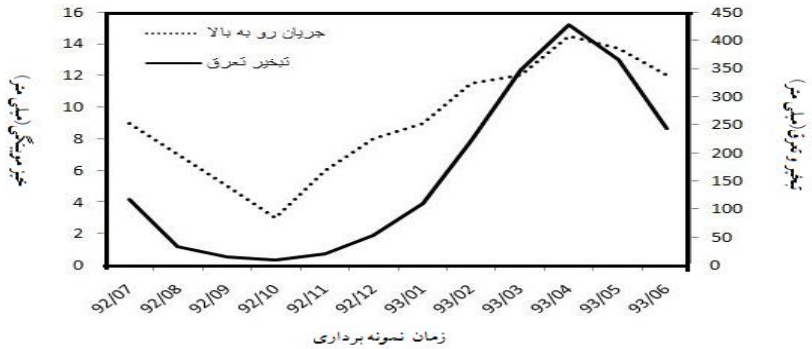
$$Cg= (DP+ET)-(P+I) \quad (۲)$$

که در این رابطه بر حسب میلی متر، P: بارندگی، I: آبیاری، Cg: خیز مویینگی، DP: زهکشی، RS: رواناب سطحی، ET: تبخیر و تعرق و ΔS: تغییرات رطوبتی می‌باشد. به منظور صحت این مدل در زمین‌های تحت کشت نیشکر در جنوب استان خوزستان، خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی به‌دست آمده از محاسبات لایسیمتری مقایسه گردید. جهت انجام این مقایسه از ضریب تشخیص (R^2)، میانگین خطا (ME)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین مربع ریشه خطا (RMSE) و خطای نسبی (RE) استفاده گردید، همچنین کارائی مدل با کمک شاخص کارائی مدل (EF) و شاخص سازش (d) تعیین شد.

نتایج و بحث

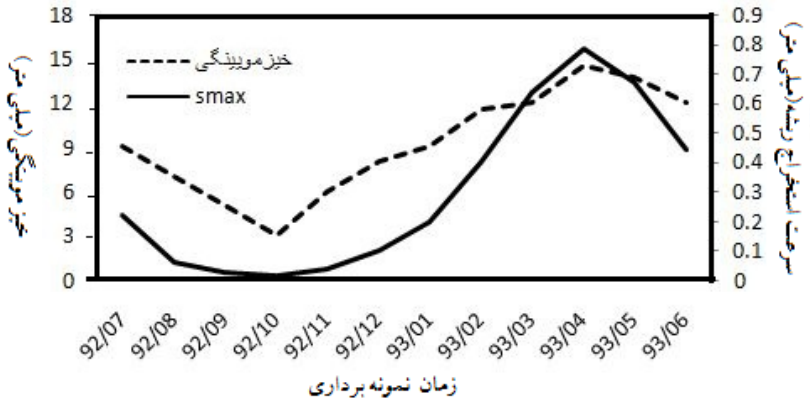
با توجه به شکل۱، مشاهده می‌شود که از ماه مهر به سمت دی ماه، میزان تبخیر وتعرق کاسته می‌شود و در ماه دی به حداقل خود می‌رسد. در ماه‌هایی که تبخیر و تعرق کم است خیزمویینگی شبیه سازی شده بوسیله مدل، به نمودار تبخیر و تعرق نزدیک است و در دی ماه میزان تبخیر و تعرق برابر خیزمویینگی می‌باشد. Deproost و Raes (۲۰۰۳) بیان داشت، حداکثر خیز مویینگی برابر تبخیر و تعرق است و از آن فراتر نخواهد رفت. این پژوهشگر نشان داد که حداکثر جریان رو به بالا نمی‌تواند از تبخیر و تعرق تجاوز کند. بررسی شکل ۱ نشان داد که از دی ماه به سمت اسفندماه، مقدار تبخیر و تعرق و خیز مویینگی شبیه سازی شده با شیب کم افزایش می‌یابد. ولی از فروردین ماه به بعد با گرم شدن هوا و تشدید رشد گیاه، شیب نمودار تبخیر و تعرق شبیه سازی شده نیز زیاد می‌شود و در هر دوره یک ماهه مقدار تبخیر و تعرق افزایش چشم‌گیری نسبت به ماه قبل دارد. با افزایش تبخیر و تعرق از فروردین تا تیر مقدار خیزمویینگی افزایش می‌یابد ولی شیب افزایش آن هم سو با شیب تند نمودار تبخیر و تعرق نیست و دارای شیب نسبتاً ملایمی است. Grunberger و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی که برای طراحی مدلی جهت پیش بینی خیزمویینگی در خاک به

صورت آزمایشگاهی انجام دادند، تاثیرات افزایش درجه حرارت اتمسفر را بر روی سرعت خیزموییینگی مورد بررسی قرار دادند. آنها بر اساس مشاهدات خود به این نتیجه رسیدند که در مواردی که سطح خاک بدون پوشش گیاهی و سطح آب زیرزمینی کم عمق می باشد، درجه حرارت تا حدی باعث افزایش خیزموییینگی می گردد و پس از آن کاهش می یابد. اما در مواردی که سطح خاک تحت پوشش همراه با آبیاری است، افزایش حرارت با تاثیر بر تبخیر تعرق و افزایش رشد گیاه، باعث افزایش خیزموییینگی در خاک می گردد.



شکل ۱- شبیه سازی تبخیر و تعرق و خیزموییینگی نسبت به زمان با استفاده از مدل UPFLOW

روند تغییرات خیزموییینگی با روند تغییرات سرعت استخراج آب توسط ریشه نیشکر موازی است(شکل ۲). حداقل جریان رو به بالا در حداقل سرعت جذب و حداکثر جریان رو به بالا نیز در حداکثر سرعت جذب اتفاق می‌افتد. در مطالعه‌ای که توسط Feddes و همکاران (۱۹۷۸) در ارتباط شبیه سازی سرعت جذب آب توسط ریشه انجام گردید، به این نتیجه رسیدند که افزایش سرعت جذب در یک مقطع زمانی باعث کاهش در پتانسیل سطح خاک می شود. بنابراین، افزایش جذب باعث استخراج بیشتر آب از سطح خاک و منطقه ریشه شده و با ایجاد یک پتانسیل مکش، بین سطح ایستابی و سطح خاک یک شیب پتانسیل ایجاد می گردد و باعث تغییر در نوع جریان در خاک می شود. Kroes و همکاران(۲۰۱۷) در مطالعه ای دیگر به رابطه مستقیم بین خیزموییینگی و سرعت جذب آب توسط ریشه اشاره کرده است و این رابطه را با اثر سرعت جذب بر مولفه های پتانسیلی سطح خاک، توجیه کرده است. زمانی که جریان رو به بالا اتفاق می افتد، بسته به کیفیت آب زیرزمینی مقادیری نمک را با خود به سمت بالا حمل می کند. بر اساس شبیه سازی مدل UPFLOW، در این مطالعه بیشترین حجم نمک در تیر ماه در حدود ۱ تن در هکتار در ماه به محدوده ریشه نیشکر حمل می گردد.



شکل ۲-شبیه‌سازی سرعت استخراج آب به‌وسیله ریشه و خیزموییینگی نسبت به زمان با استفاده از مدل UPFLOW

شاخص‌های صحت‌سنجی مدل UPFLOW در کشت و صنعت امیرکبیر برای سال زراعی ۹۳-۹۲ در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱، مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی (R^2)، میانگین خطا (ME)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) به ترتیب برابر با ۰/۲۳، ۸/۷، ۸/۷ و ۹/۱ می‌باشد.

جدول۱. شاخص‌های صحت‌سنجی مدل UPFLOW نسبت به داده‌های واقعی

شاخص	R^2	R	ME	MAE	RMSE	RE	EF	IA(d)
مقدار	۰/۲۳	۰/٤۷	۸/۷۱	۸/۷۱	۹/۱	۱۸۰/٥	-۱۳٦/٤	-٦/۲٥

مقدار ضریب همبستگی نشان دهنده همبستگی پایین بین داده‌ها می‌باشد. مقدار میانگین قدر مطلق خطا نیز برابر با میانگین خطا محاسبه گردید که نشان دهنده بزرگی تمامی مقادیر تخمینی از مشاهدات واقعی می‌باشد. مقدار نسبتا بالای ریشه میانگین مربع خطا نیز نشان‌دهنده ی خطای مدل در تخمین خیزموییینگی در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش می‌باشد. با توجه به جدول ۱، شاخص کارائی مدل (EF) نیز، ۱۳۶- محاسبه شد. منفی بودن این مقدار و خارج بودن این مقدار از رنج بین ۰ تا ۱۰۰ نشان‌دهنده عدم تطابق خروجی‌های مدل نسبت به داده‌های واقعی می‌باشد. همچنین شاخص ویلمونت (d) حدود ۶/۲۵- محاسبه شد. منفی بودن و فاصله گرفتن این شاخص از حد استاندارد خود، نشان‌دهنده عدم کارائی مدل و صحت و دقت پایین مدل می‌باشد. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین موید این مطلب است که کارایی این مدل وابسته به مکان و محل تحقیق است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش دما و رشد رویشی نیشکر، خیز موییینگی افزایش می یابد، اما با توجه به سیستم آبیاری و زهکشی، شرایط اقلیمی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک در کشت و صنعت های نیشکر امیر کبیر، خیز موییینگی همواره کمتر از ۲ میلی متر بوده است. روند تغییرات خیز موییینگی شبیه سازی شده بوسیله مدل UPFLOW مطابق مقادیر اندازه گیری شده از طریق لایسیمتر بوده است. اگرچه شاخص های آماری بیان کننده کارایی نامناسب این مدل در سیستم کشاورزی در جنوب خوزستان می باشد. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین موید این مطلب است که کارایی این مدل وابسته به مکان و محل تحقیق است. در ویرایش جدید این مدل بعضی از نقایص همچون حداکثر پتانسیل تبخیر را مرتفع نموده است. اما همچنان خطاهایی در شبیه سازی خیز موییینگی وجود دارد. بنابراین پیشنهاد می شود این مدل در شرایط مختلف آب و

هوایی و خاک های مختلف و سیستم های زراعی و گیاهان متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج این ارزیابی و خطاهای موجود در نرم افزار برای شبیه سازی خیز مویینگی در استان خوزستان به ریز بسط دهنده نرم افزار UPFLOW ارائه گردید. که امید است در ویرایش های آینده اصلاحات صورت گیرد.

منابع:

Ali , M. H . Abustan, I, Islam, S. 2013. Simulation of upward flux from shallow water-table using UPFLOW model. Journal of Natural Resources and Development, 3, 123-127.

Feddes, R. A., Kowalik, P. J., Zaradny, H. 1978. Simulation of Field Water Use and Crop Yield, Simulation Monographs, PUDOC. Wageningen, The Netherlands.

Kroes, J., Supit, I., Van Dam, J., Van Walsum, P., Mulder, M. 2017. Impact of capillary rise and recirculation on crop yields. Hydrol Earth System Science Discuss, 1-31.

Gr¨unberger, O. J., L. Michelot, L. Bouchaou, P. Macaigne, Y. Hsissou and C. Hammecker. 2011. Capillary rise quantifications based on in-situ artificial deuterium peak displacement and laboratory soil characterization. Hydrol. Earth System Science, 15, 1629–1639.

Raes, D. 2000. ET0: A software for calculation of reference evapotranspiration. Dept. of Land and Water Management, K. U. Leuven University, Leuven, Belgium.

Raes, D. and P. Deproost. 2003. Model to assess water movement from a shallow water table to the root zone. Agric. Water. Man. 62, 79–91.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Capillary Rise Simulation Using UPFLOW Model in Sugarcane Agro-industries of Khuzestan

S., Khalilimoghadam[2*], B. Ejrami[1],

[1] M. Sc. Graduated Student, Soil Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

Abstract

Upward movement of water by capillary rise of shallow groundwater (1–1.5 m) to the root zone (0.4–0.6 m) system is one of the most important and affecting incoming flux on the soil system. UPFLOW is the simple and specialist model for capillary rise simulation with low input data. The aim of this study was assessment of UPFLOW efficiency in simulation of capillary rise in shallow groundwater and comparison with field measurement using lysimeter device in Amir-Kabir sugar cane agro-industry in southern Khuzestan. The input data consist of soil texture, moisture coefficient of each layer, depth and hydraulic conductivity of groundwater evapotranspiration and soil moisture percentage were measured. Then capillary rise was calculated in each growth stage on monthly period. The efficiency of UPFLOW model was evaluated using statistical criteria like determination coefficient (R^2), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), relative error (RE) and efficiency factor (EF). It can be concluded that the overall performance of UPFLOW model in the simulation of upward flow in certain conditions groundwater, crop, region and management, did not confirm the suitable performance. Also this model in shallow groundwater condition, in order to accurately determine the capillary rise, require comprehensive studies in different conditions and if possible, modify and adjust these models are in the area.

Keywords: Capillary rise, Evapotranspiration, lysimeter, Sugarcane Agroindustry.

* Corresponding Author: khalilimoghadam@asanrukh.ac.ir ,moghaddam623@yahoo.ie

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

مقایسه داده های دو نفوذ سنج مکشی و استوانه دوگانه در برآورد ویژگی های هیدرولیکی خاک به روش حل معکوس

پریسا مشایخی[۱*] و محسن دهقانی[۲]

[۱ و ۲] اعضای هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

چکیده

آگاهی از ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در پیش‌بینی حرکت آب و املاح در خاک، کنترل شوری و مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری اهمیت زیادی دارد. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار HYDRUS-2D/3D برای برآورد پارامترهای هیدرولیکی در سه بافت متفاوت خاک به روش معکوس، با استفاده از داده‌های نفوذ سنج مکشی و نفوذسنج استوانه‌های دوگانه، استفاده شد. برای ارزیابی پارامترهای هیدرولیکی برآورد شده به روش حل معکوس، از شاخص‌های ضریب همبستگی پیرسون (r)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSD)، اختلاف میانگین‌ها (MD)، و قدر مطلق خطای میانگین-ها (AMD) استفاده شد. نتایج نشان داد، مقادیر رطوبت حجمی برآوردشده توسط روش‌های حل معکوس با استفاده از داده‌های نفوذ سنج دوگانه همخوانی بیشتری با مقادیر رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده داشت. مقادیر ضریب تبیین (R^2) بین میزان رطوبت حجمی اندازه‌گیری‌شده و برآورد شده در روش حل عددی معکوس با استفاده از داده‌های نفوذسنج دوگانه و مکشی به ترتیب معادل ۰/۹۳۶۳و ۰/۸۱۹۰ بود. در کل پارامترهای هیدرولیکی برآورد شده با استفاده از داده‌های نفوذسنج استوانه‌دوگانه، از خطای بسیار کمتری نسبت نفوذسنج مکشی برخوردار بودند.

کلمات کلیدی: پارامترهای هیدرولیکی، مدل¬سازی معکوس، نفوذ تجمعی، HYDRUS-2D/3D

مقدمه

آگاهی از ویژگی‌های هیدرولیکی خاک برای پیش‌بینی حرکت آب و املاح در خاک، مسائل مختلف آبیاری و زهکشی، تعیین نیاز آبی گیاهان، مقدار آب موجود در خاک، کنترل شوری و مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری اهمیت زیادی دارد (Alletto و همکاران، ۲۰۱۵).

منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در بررسی حرکت آب در خاک به شمار می‌آیند که هم در رابطه با مدیریت آب و خاک و هم درباره سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند رطوبت قابل استفاده، تخلخل خاک و توزیع اندازه منافذ، اطلاعات سودمندی ارائه می‌کنند (Scharnagl و همکاران، ۲۰۱۱).

معمول‌ترین روش تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، روش مستقیم اندازه‌گیری آنها در آزمایشگاه است که استفاده از آنها بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. از طرفی، در بیش‌تر روش‌های آزمایشگاهی از نمونه‌های کوچک به حجم ۱۰۰ تا ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب استفاده می‌شود. بنابراین استفاده از اندازه‌گیری‌های انجام شده در این مقیاس هر چند هم که دقیق صورت گرفته باشد، به سختی برای مقیاس‌های بزرگ مزرعه‌ای قابل تعمیم است. افزون بر این، به علت تغییرپذیری مکانی و زمانی زیاد این ویژگی‌ها، تعداد نمونه‌های زیادی برای توصیف دقیق آنها در شرایط مزرعه نیاز است (Asgarzadeh و همکاران، ۲۰۱۴). در بسیاری از موارد برای انجام اندازه‌گیری‌ها به روش مستقیم نیاز به ایجاد یک شرایط مرزی و اولیه مشخص است که پیاده سازی آن به ویژه در مقیاس مزرعه دشوار است و شرایط جریان نیز می‌بایست در طول آزمایش پایدار باشد (Abd Rashid و همکاران، ۲۰۱۵).

بنابراین پژوهشگران برای برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، به سمت روش‌های غیرمستقیم روی آوردند. که یکی از آن‌ها روش حل معکوس است. روش حل معکوس (Inverse solution)، فرآیندی است که در آن به طور متوالی پارامترهای هیدرولیکی خاک به طریقی تعدیل و تنظیم می‌شوند که مدل با دقت مناسب و قابل قبولی قادر به تخمین پاسخ سیستم مورد بررسی در دوره زمانی مشخص باشد. مدل سازی معکوس معمولاً شامل تخمین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک با استفاده از حل عددی مکرر معادله‌ی ریچاردز می‌باشد (Vrugt و همکاران، ۲۰۰۸). معادله‌ی ریچاردز برای جریان آب در خاک به شکل زیر است:

$$C(h)\frac{\partial h}{\partial t} = \nabla[K(h)\nabla(h+z)] \qquad (۱)$$

* ایمیل نویسنده مسئول: mashayekhi_enj@yahoo.com

که در این معادله C(h) به گنجایش ویژه رطوبتی خاک [L^{-1}] معروف است و نشان‌دهنده‌ی شیب منحنی نگهداشت آب خاک (SWCC) است h .بار ماتریک آب خاک (پتانسیل ماتریک [L^{-1}] (می‌باشد t .زمان[T] ، Kهدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک[$L T^{-1}$] ، و z نشان‌دهنده بار ثقلی [L] است .

Greeb و همکاران (۲۰۰۹) و Vereecken و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که ویژگی‌های هیدرولیکی که به صورت معکوس از طریق اندازه گیری‌های درجا (in situ measurments) شامل میزان اندازه گیری رطوبت خاک و یا پتانسیل ماتریک در شرایط طبیعی و واقعی برآورد می‌شوند، بسیار بهتر از اندازه گیری‌های انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی و توابع انتقالی، شرایط جریان آب در خاک را توصیف می‌کنند. در پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر نفوذسنج‌های دیسکی و استوانه دوگانه، به عنوان روش‌های اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک و تعیین پارامترهای نفوذ استفاده شده‌اند. هم-چنین در مطالعات تفصیلی خاک‌شناسی صورت‌گرفته در کشور، روش نفوذسنج‌های استوانه دوگانه به عنوان روش استاندارد اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک مورد استفاده قرار گرفته است. این امر منجر به آن شده است که داده‌های اندازه‌گیری‌شده نفوذ آب به خاک به این روش به آسانی و فراوانی در اختیار پژوهش‌گران قرار گیرد (Ghorbani Dashtaki et al., 2009).

هایدروس (HYDRUS) یک برنامه پیشرفته تحت ویندوز برای تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی حرکت آب، املاح و گرما در خاک بوده و قادر به برآورد پارامترهای هیدرولیکی خاک و یا پارامترهای انتقال املاح به روش حل معکوس می‌باشد. این برنامه توسط Simunek و همکاران (۱۹۹۹) در آزمایشگاه شوری خاک ایالات متحده پی‌ریزی شده که در بسیاری از پژوهش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی برای بهینه‌سازی و برآورد پارامترهای هیدرولیکی خاک به روش حل معکوس مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن نسبتاً رضایت‌بخش بوده است (Mashayekhi و همکاران، ۲۰۱۶، Alletto و همکاران، ۲۰۱۵ و Pollalis and Valiantzas، ۲۰۱۵).

از آنجا که استفاده از نفوذسنج‌های استوانه دوگانه و نفوذسنج مکشی از روش‌های معمول و نسبتا متداول اندازه‌گیری نفوذ تجمعی آب به خاک در مقیاس میدانی هستند، پژوهش حاضر با هدف مقایسه پارامترهای هیدرولیکی خاک به دست آمده از روش حل معکوس با استفاده از داده‌های نفوذ تجمعی اندازه‌گیری‌شده در دو آزمایش نفوذ سنج مکشی و نفوذ سنج استوانه مضاعف و با کمک نرم افزار HYDRUS2D-3D، در سه نوع بافت متفاوت خاک (بافت ریز، متوسط و درشت) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، آزمایش نفوذ آب به خاک با استفاده از نفوذسنج‌های استوانه دوگانه و نفوذ سنج مکشی، در سه منطقه از استان اصفهان با بافت‌های متفاوت (منطقه دشتی با بافت متوسط، منطقه سروش بادران با بافت درشت و منطقه رودشت با بافت ریز) و هر آزمایش در ۳ تکرار انجام گرفت. سپس با حفر خاک رخ در هر منطقه، از قسمت میانی لایه‌های۱۰-۰، ۳۰-۱۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و برخی ویژگی‌های فیزیکی در سه تکرار در این خاک‌ها اندازه گیری شد. همچنین منحنی مشخصه رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه جعبه‌ی شن برای مکش-های کمتر از ۱۰۰ سانتی‌متر و دستگاه صفحه فشار برای مکش‌های ۱۰۰ تا ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر اندازه گیری شد و پارامترهای مدل ون گنوختن با برازش این مدل بر داده‌های اندازه گیری شده‌ی منحنی مشخصه رطوبتی خاک توسط نرم افزار RETC به‌دست آمد. برای شبیه سازی نفوذ غرقابی آب به خاک در هر دو آزمایش نفوذ سنج استوانه دوگانه و مکشی، از نرم افزار HYDRUS-2D/3D استفاده شد. بدین منظور، محدوده خاک مرطوب در زیر استوانه های دوگانه به صورت یک ناحیه متقارن حول محوری به مرکزیت استوانه داخلی در نظر گرفته شد. شعاع استوانه‌های داخلی و خارجی به ترتیب ۱۵ و ۳۰ سانتی متر، عمق جای‌گذاری استوانه‌ها در خاک ۱۰ سانتی متر و عمق خاک ۱۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. شرط مرز ورودی برای استوانه‌های داخلی و خارجی، بار آبی ثابت (ارتفاع آب روی سطح خاک برابر ۱۰ سانتی متر) در نظر گرفته شد که برای استوانه داخلی ثابت و برای استوانه بیرونی با گذشت زمان متغیر و با تغییر جزیی (نزدیک به صفر) بود. شرایط مرزی برای محدوده سطح خاک در خارج از استوانه‌ها به صورت اتمسفری، تعریف شد. همچنین دیواره استوانه‌ها شرایط بدون جریان و برای مرز پایینی (عمق خاک) زهکشی آزاد تعریف شد. برای پیاده‌سازی شرایط آزمایش نفوذسنج مکشی، محدوده خاک مرطوب در زیر صفحه نفوذسنج، به صورت یک ناحیه متقارن حول محوری به مرکزیت صفحه در نظر گرفته شد. ابعاد شبیه سازی ۱۰۰ سانتی متر در ۱۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. شرایط مرزی برای محدوده زیر دیسک به صورت جریان متغیر (Variable flux)، برای سایر مرزها به صورت بدون جریان (No flux) و برای مرز پایینی (عمق خاک) زهکشی آزاد (Free drainage) تعریف شد. همچنین شرایط اولیه برای شبیه سازی حرکت آب در خاک برای این آزمایش براساس رطوبت اولیه اندازه گیری شده در خاک تعریف شد.

در این شبیه سازی‌ها، برای کمّی نمودن ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در معادله ریچاردز، از مدل ون گنوختن معلم با فرض m =1-1/n استفاده شد. پارامترهای معادله ون گنوختن با استفاده از نقاط منحنی مشخصه رطوبتی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه و به کمک نرم افزار RETC در هرنمونه خاک برآورد شدند. سپس برای مقایسه پارامترهای هیدرولیکی برآورد شده به روش حل معکوس در دو شبیه‌سازی انجام‌شده با پارامترهای هیدرولیکی اندازه‌گیری‌شده، از شاخص‌های ضریب همبستگی پیرسون (r) (-)، ریشه میانگین مربعات انحراف‌ها (m^3m^{-3}) (RMSD)، اختلاف میانگین‌ها (m^3m^{-3}) (MD)، میانگین مربعات انحراف‌ها (m^3m^{-3}) (MSD) استفاده شد. همچنین میزان رطوبت موجود در خاک با استفاده از پارامترهای هیدرولیکی اندازه‌گیری‌شده و رطوبت تخمینی با استفاده از پارامترهای هیدرولیکی به دست آمده از روش حل معکوس در دو شبیه‌سازی انجام گرفته به کمک نرم افزار HYDRUS2D-3D، مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس درصد ذرات اولیه خاک تعیین شده (با استفاده از سیستم طبقه‌بندی اندازه ذرات وزارت کشاورزی آمریکا)، خاک‌های مورد مطالعه در سه کلاس متفاوت شامل رس سیلتی Silty Clay (بافت ریز)، لوم Loam (بافت متوسط) و لوم شنی Sandy Loam (بافت درشت) قرار گرفتند.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

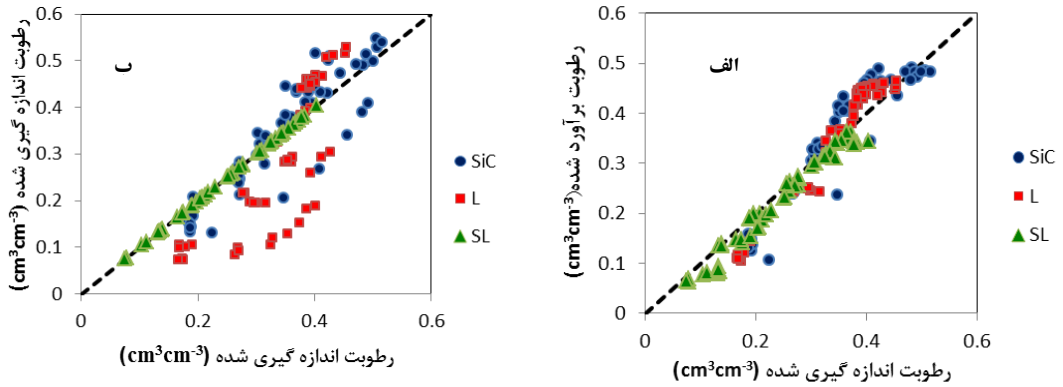
شماره خاک	عمق (cm)	کلاس بافتی خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	درصد سنگریزه	شن (٪)	K_s (cm min^{-1})	چگالی ظاهری (gr cm^{-3})	θ_s (cm^3 cm^{-3})	FC (cm^3 cm^{-3})	PWP (cm^3 cm^{-3})
۱	۰-۱۰	رس سیلتی	۴۲	۴۸	۱۵	۱۰	۰/۰۰۱	۱/۲۱	۰/۵۱۱	۰/۳۹۰	۰/۱۹۱
	۱۰-۳۰	رس سیلتی	۴۰	۴۶	۱۲	۱۴	۰/۰۰۵	۱/۳۱	۰/۵۰۳	۰/۳۸۷	۰/۱۸۴
	۳۰-۶۰	رس سیلتی	۴۰	۴۶	۱۲	۱۴	۰/۰۰۵	۱/۴۰	۰/۵۱۰	۰/۳۸۵	۰/۱۷۹
۲	۰-۱۰	لوم	۲۶	۴۴	۱۰	۳۰	۰/۰۰۸	۱/۴۵	۰/۴۴۳	۰/۳۳۳	۰/۱۸۱
	۱۰-۳۰	لوم	۲۶	۴۱	۸	۳۳	۰/۰۱۲	۱/۵۶	۰/۴۱۴	۰/۳۵۴	۰/۱۷۶
	۳۰-۶۰	لوم	۲۷	۴۲	۱۰	۳۱	۰/۰۰۹	۱/۶۱	۰/۴۴۳	۰/۳۳۱	۰/۱۸۰
۳	۰-۱۰	لوم شنی	۷	۴۹	-	۴۴	۰/۰۶۰	۱/۵۹	۰/۳۹۵	۰/۲۲۰	۰/۱۱۲
	۱۰-۳۰	لوم شنی	۷	۴۷	-	۴۶	۰/۰۸۰	۱/۶۶	۰/۳۸۶	۰/۲۵۲	۰/۱۲۱
	۳۰-۶۰	لوم شنی	۸	۴۷	-	۴۵	۰/۰۴۰	۱/۷۶	۰/۳۷۶	۰/۲۰۱	۰/۰۸۹

جدول۲ نتایج حاصل از ارزیابی منحنی مشخصه رطوبتی خاک به‌دست آمده از پارامترهای هیدرولیکی خاک برآورد شده با روش معکوس در دو آزمایش نفوذ سنج مکشی و استوانه دوگانه را در مقایسه با پارامترهای هیدرولیکی اندازه‌گیری‌شده، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، منحنی مشخصه رطوبتی حاصل از پارامترهای هیدرولیکی به دست آمده از روش معکوس در آزمایش نفوذسنج استوانه‌های دوگانه، دارای میزان خطا و انحراف کمتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه بوده است. Ramos و همکاران (۲۰۰۶) با مقایسه پارامترهای هیدرولیکی خاک مدل معلم ون گنوختن به دست آمده از آزمایش مستقیم و در محل (نفوذ آب به خاک از طریق نفوذسنج مکشی) بر روی چهار نوع بافت خاک از درشت به ریز، همخوانی خوبی بین SWCC اندازه‌گیری شده به روش‌های آزمایشگاهی و میدانی مشاهده نمودند. با این وجود در پژوهش حاضر، منحنی مشخصه رطوبتی برآورد شده با استفاده از داده‌های نفوذسنج مکشی دقت پایینی نسبت به داده‌های برآورد شده به وسیله نفوذسنج استوانه‌های دوگانه داشت. این یافته با نتایج حاصل از پژوهش‌های Šimůnek و همکاران (۱۹۹۸) همخوانی دارد. این پژوهشگران نیز همبستگی ضعیفی بین SWCC به دست آمده از روش مدل معکوس با استفاده از داده‌های نفوذسنج مکشی و اندازه گیری‌های آزمایشگاهی (به روش مستقیم) گزارش نمودند.

جدول ۲- ارزیابی آماری منحنی‌های مشخصه رطوبتی برآورد شده برای خاک‌های مورد مطالعه

	MD	MSD	RMSD	MPearson	رتبه
روش معکوس در آزمایش استوانه‌های دوگانه	-۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۱	۰/۰۳۶	۰/۹۸۸	۱
روش معکوس در آزمایش نفوذسنج مکشی	-۰/۰۴۸	۰/۰۰۹	۰/۰۷۸	۰/۹۵۸	۲

شکل ۳ پراکنش مقادیر رطوبت حجمی اندازه گیری شده و برآورد شده توسط روش‌های حل معکوس در دو شبیه‌سازی انجام گرفته را در اطراف خط یک به یک برای نمونه خاک‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است، هم‌خوانی بیشتری بین داده‌های رطوبت حجمی اندازه گیری شده و تخمین زده شده به روش حل معکوس با استفاده از داده‌های آزمایش استوانه‌های دوگانه دیده می‌شود. ضریب تبیین (R^2) بین میزان رطوبت حجمی اندازه گیری شده و تخمین زده شده در مورد داده‌های به دست آمده از روش استوانه‌های دوگانه معادل ۰/۹۳۶۳و برای داده‌های نفوذسنج مکشی ۰/۸۱۹۰ بود.



شکل ۳- پراکنش مقادیر رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط روش‌های استوانه‌های دوگانه(الف)، نفوذ سنج مکشی(ب)

در پژوهش حاضر علت این اختلاف احتمالا تفاوت در ابعاد آزمایش‌ها است. در آزمایش استوانه‌های دوگانه حجم بسیار بیشتری از خاک در حرکت آب در خاک درگیر می‌شود. همچنین عمق پیش روی آب در خاک بسیار بیشتر از آزمایش نفوذسنج مکشی است. به گونه‌ای که در پایان شبیه سازی نفوذ آب به خاک در پایان آزمایش نفوذسنج مکشی، جبهه رطوبتی نهایتا تا عمق نه تا ده سانتی متری پیش‌روی کرده بود؛ در حالیکه نفوذ آب در خاک در آزمایش استوانه‌های دوگانه به عمق چهل سانتی متری هم رسید. بنابراین به نظر می‌رسد که داده‌های نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده در آزمایش نفوذ-سنج مکشی تنها برای بهینه سازی پارامترهای هیدرولیکی خاک در ناحیه زیر دیسک مناسب است. از آنجا که در این پژوهش ویژگی‌های هیدرولیکی در سه لایه خاک (از سطح خاک تا عمق شصت سانتی متر) اندازه‌گیری و در نظر گرفته شده است، این یافته می‌تواند عامل ایجاد اختلاف بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه و بهینه سازی شده توسط داده‌های آزمایش نفوذسنج مکشی باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، پارامترهای هیدرولیکی برآورد شده به روش حل عددی معکوس از دقت قابل قبولی در مقایسه با داده‌های اندازه‌گیری‌شده در آزمایشگاه برخوردار بودند؛ همچنین پارامترهای هیدرولیکی و در نتیجه میزان رطوبت برآورد شده با استفاده از داده‌های نفوذسنج استوانه دوگانه از دقت بالاتری نسبت به داده‌های حاصل از نفوذسنج مکشی برخوردار بودند که دلیل این امر درگیر بودن حجم بیشتری از خاک در جریان و نفوذ آب بوده است که امکان شبیه‌سازی بهتر را در محیط نرم‌افزار فراهم کرده است. از آنجایی‌که ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در

روش‌های حل عددی معکوس از طریق اندازه‌گیری‌های درجا شامل اندازه‌گیری مقدار رطوبت و یا پتانسیل ماتریک خاک در شرایط طبیعی و واقعی برآورد می‌شوند، شرایط جریان آب در خاک را بسیار بهتر از اندازه‌گیری‌های انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی و توابع انتقالی توصیف می‌کنند. در کل با توجه به آنچه که گفته شد؛ به نظر می‌رسد استفاده از داده‌های نفوذ سنج استوانه دوگانه جایگزین مناسبی برای روش‌های مستقیم آزمایشگاهی دربرآورد دقیق و قابل قبول پارامترهای هیدرولیکی خاک باشد.

منابع

Alletto, L., Pot, V., Giuliano, S., Costes, M., Perdrieux, F. and Justes, E. 2015. Temporal variation in soil physical properties improves the water dynamics modeling in a conventionally-tilled soil. Geoderma, 243(244), 18–28.

Asgarzadeh, H., Mosaddeghi, M.R., Dexter, A.R., Mahboubi, A.A. and Neyshabouri, M.R. 2014. Determination of soil available water for plants: consistency between laboratory and field measurements. Geoderma, 226–227, 8–20

Ghorbani Dashtaki, Sh., Homaee, M., Mahdian, M.H. and Kouchakzadeh, M. 2009. Site-dependence performance of infiltration models. Water Resources Management, 23, 2777–2790.

Gribb, M. M., Forkutsa, I., Chandler, D. G. and McNamara, J. P. 2009. The Effect of Various Soil Hydraulic Property Esti mates on Soil Moisture Simulations. Vadose Zone Journal, 8, 321–331.

Mashayekhi, P., Ghorbani-Dashtaki, S., Mosaddeghi, M.R., Shirani, H., and Mohammadi Nodoushan, A.R. 2016. Different scenarios for inverse estimation of soil hydraulic parameters from double-ring infiltrometer data using HYDRUS-2D/3D. International Agrophysics, 30(2), 203-210.

Pollalis, E.D and Valiantzas, J.D. 2015. Isolation of a 1D infiltration time interval under ring infiltrometers for determining sorptivity and saturated hydraulic conductivity: numerical, theoretical, and experimental approach. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 141(2), 1-10.

Ramos, T., Gonçalves, M., Martins J. van Genuchten, M.Th. and Pires, F. 2006. Estimation of soil hydraulic properties from numerical inversion of tension disk infiltrometer data. Vadose Zone Journal, 5 (2), 684–696.

Scharnagl, B., Vrugt, J. A., Vereecken, H. and Herbst, M. 2011. Inverse modeling of in situ soil water dynamics: investigating the effect of different prior distributions of the soil hydraulic parameters. Hydrology and Earth System Sciences, 15, 3043– 059.

Šimůnek, J., Wang, D., Shouse, P.J. and van Genuchten, M.Th. 1998. Analysis of field tension disk infiltrometer data by parameter estimation. Agrophysics, 12,167-180

Šimůnek, J., Šejna, M. and van Genuchten, M.Th. 1999. HYDRUS-2D software for simulating water fl ow and solute transport in two-dimensional variably saturated media. Version 2.0. Int. Ground Water Model. Ctr., Colorado School of Mines, Golden.

Vereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., and van Genuchten, M.Th. 2010. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten–Mualem soil hydraulic properties: A review Vadose Zone Journal, 9,795–820.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Comparison of using double-ring and tension disk infiltrometers data for soil hydraulic properties estimation via inverse solution

Mashayekhi[*1], P and Dehghani, M [2]

[1&2.] Scientific members of Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Agricultural Research, Education and Extension organization (AREEO), Isfahan, Iran

Abstract

Knowledge of soil hydraulic properties is very important in water and salts movement predicting and control and management of salinity and irrigation. In this study, HYDRUS2D/3D software was used to estimate the hydraulic parameters via inverse modeling using double-ring and tension disk infiltrometers data in 3 different soil textures. The accuracy and reliability of the predictions were evaluated by the mean difference (MD, m3 m3), the absolute value of mean differences (AMD, m3 m-3), the mean deviation of the root of mean squared differences (RMSD, m3 m-3) and the Pearson's correlation coefficient (r). Based on statistical evaluations, there was a good agreement between the soil water content values measured in the soil profile and those predicted using double-ring data by inverse modeling. The values of the coefficient of determination (R2) between the measured water content and the inverse estimated using double-ring and tension disk infiltrometers data were 0.9363 and 0.8190, respectively. In general, the inverse estimated hydraulic parameters using double-ring data had much less error than those estimated using the tension disk data.

Keywords: Cumulative infiltration, HYDRUS2D/3D, Inverse modeling, Soil hydraulic parameters

Corresponding author, Email: mashayekhi_enj@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشدگیاه

اثرات تجهیز و نوسازی اراضی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در اراضی شالیزاری لشت نشاء

معصومه ایزدپناه[1*]، محمود شعبانپور[2]، سپیده ابریشم کش[3]، ایرج باقری[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[2] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[3] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[4] استادیار گروه مکانیزاسیون دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

اطلاعات کافی در مورد اثرات تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری بر خصوصیات فیزیکی خاک وجود ندارد. این پژوهش با هدف ارزیابی اثرات تجهیز و نوسازی اراضی بر درصد ذرات اولیه (شن، سیلت و رس)، مقاومت فروروی خاک و پایداری خاکدانه در اراضی شالیزاری لشت‌نشاء، استان گیلان انجام شد. تعداد ۲۰ نمونه از هر یک از اراضی سنتی(تجهیز نشده) و تجهیز شده در دو منطقه بالاگفشه و لیموچاه واقع در لشت‌نشاء به ترتیب با سابقه اجرای طرح ۲ و ۵ سال، برداشت شد. نتایج نشان داد که تجهیز و نوسازی موجب تغییر بافت از رسی به لوم رسی در منطقه بالاگفشه شد. افزایش معنی‌دار مقاومت فروروی در منطقه لیموچاه و کاهش پایداری خاکدانه درهر دو منطقه بالاگفشه و لیموچاه مشاهده گردید. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد علاوه بر اثرات مثبتی که برای طرح تجهیز و نوسازی ذکر می‌گردد، این طرح می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی مرتبط با ساختمان خاک، اثرات نامطلوبی داشته باشد. اما با اعمال مدیریت پایدار خاک از قبیل کشت گیاهان علوفه‌ای و برگرداندن بقایای آنها به خاک، این اثرات منفی بر خاک تا حدی قابل جبران است.

کلمات کلیدی: تسطیح اراضی، ساختمان خاک، پنترومتر، میانگین وزنی قطر خاکدانه

مقدمه

امروزه نگرانی جدی بشر، مقابله با عدم تعادل بین مواد غذایی و افزایش جمعیت است که در این خصوص تلاش های بسیاری جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی صورت گرفته است. تجهیز و نوسازی اراضی با هدف ایجاد شیب یکنواخت، افزایش کارایی جذب آب و بهبود کاربرد ماشین-آلات در اراضی شالیزاری و مزارع سویا انجام می‌گردد (Brye وهمکاران ۲۰۰۶). ایجاد شیب مناسب با توجه به بافت و میزان نفوذپذیری در مزرعه، موجب بهبود سامانه مدیریت آب، کنترل علف هرز، کاهش فرسایش سطحی توسط رواناب می‌شود (دوات گر و همکاران ۱۳۹۱). علاوه بر اثرات مثبت احتمالی بر آبیاری و سهولت حرکت ماشین آلات کشاورزی، اجرای طرح تجهیز و نوسازی می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اثرات مهمی داشته باشد. در این راستا سلحشور و همکاران (۱۳۸۸) در نتایج پژوهشی بیان کردند که در گیلان، ۷۴ درصد کشاورزان در سال اول پس از تسطیح و ۳۷ درصد آنان حتی پس از سال سوم تسطیح به علت کاهش نفوذ پذیری خاک دچار مشکل در مدیریت آبیاری هستند. همچنین گزارش شده است که تراکم حاصل از عملیات تسطیح موجب تخریب ساختمان خاک، افزایش جرم مخصوص ظاهری (Lowery وSchule، ۱۹۹۱)، مقاومت فروروی (Ayers و Perumpral، ۱۹۸۲) و تولید رواناب و فرسایش (Lundekvam ، ۲۰۰۷) می‌گردد. اما Patrick و همکاران(۲۰۱۷) با بررسی اثرات تجهیز و نوسازی بر رواناب سطحی طی یک دوره‌ی ۴ ساله بر روی زمین های سنت لارنس (کیوبیک کاناد) به این نتیجه رسیدند که تجهیز و نوسازی اراضی حداقل تا دو سال، حجم رواناب سطحی را کاهش می‌دهد. Jose و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای در مورد اثرات تجهیز و نوسازی، افزایش جرم مخصوص ظاهری، پراکندگی رس و کاهش تخلخل کل، منافذ درشت و ریز، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ظرفیت نگهداری آب، قابلیت هدایت الکتریکی خاک و تغییر عمق افق B را گزارش کردند. نتایج Sharifi و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که تجهیز و نوسازی اراضی، موجب تغییرات شدید در ویژگی‌های خاک طی ۴ سال شد بطوری که مقادیر رس، سیلت و جرم مخصوص ظاهری نسبت به اراضی سنتی مجاور افزایش و قابلیت هدایت الکتریکی، اسیدیته، ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش یافت، همچنین جمعیت وتنوع باکتری‌ها، قارچ‌ها، اکتینومیست و نماتدها در خاک‌های تجهیز شده نسبت به اراضی سنتی کمتر بود. باتوجه به اینکه هرساله بیش از ۱۰۰۰۰۰هکتار از اراضی شالیزاری در استان گیلان و مازندران

* ایمیل نویسنده مسئول: Izadpanahs@yahoo.com

تحت تجهیز و نوسازی اراضی قرارمی‌گیرند و جبران خسارت‌های ناشی از تخریب خصوصیات خاک نیازمند هزینه زیاد و گذشت زمان است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تجهیز و نوسازی بر برخی خصوصیات فیزیکی مهم خاک در مناطق بالاگفشه و لیموچاه واقع در لشت نشاء، استان گیلان که به ترتیب دو و پنج سال است که تجهیز و نوسازی شده اند انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، تعداد۲۰ نمونه از هریک از اراضی سنتی و تجهیز شده از عمق ۰-۲۰ سانتی متر در دو منطقه بالاگفشه و لیموچاه به ترتیب با سابقه اجرای طرح دو و پنج سال، نمونه برداری شد. به طور کلی ۸۰ نمونه خاک به آزمایشگاه انتقال داده و درصد ذرات اولیه به روش هیدرومتری، پایداری خاکدانه (نمونه دست نخورده) به روش الک تر، اندازه گیری شد. همزمان با نمونه برداری، مقاومت فروروی توسط دستگاه پنترومتر از هر نقطه در ۴ تکرار قرائت و میانگین حسابی محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS برای آنالیز واریانس و آزمون تی برای مقایسه میانگین‌ها انجام شد. سطح پنج درصد برای توصیف معنی‌داری آماری استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر تجهیز و نوسازی بر درصد ذرات اولیه و بافت خاک

نتایج مقایسه میانگین درصد ذرات اولیه خاک در اراضی سنتی و تجهیز شده واقع در مناطق بالاگفشه و لیموچاه در جدول ۱ آورده شده است. با انجام عملیات تجهیز و نوسازی، در هر دو منطقه، درصد ذرات اولیه خاک در اراضی سنتی و تجهیزشده دارای تفاوت معنی دار ($p<0.05$) بود، بطوری‌که در بالاگفشه با سابقه تجهیز دو سال، مقدار شن و سیلت افزایش، مقدار رس کاهش و کلاس بافتی از رسی به لوم رسی تغییر یافت. در لیموچاه با سابقه تجهیز پنج سال، رس و سیلت افزایش، شن کاهش اما کلاس بافت با اراضی سنتی تفاوتی نداشت. تغییرات دربافت خاک به عملیات خاکریزی و خاکبرداری و خصوصیات منطقه موردمطالعه بستگی دارد. Brye و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی در رابطه با اثرات طرح تجهیز و نوسازی بر خصوصیات فیزیکی خاک گزارش دادند که در نقاط خاکبرداری به علت در معرض سطح قرار گرفتن خاک زیر سطحی که حاوی مقدار رس بیشتری نسبت به خاک سطحی است، مقدار رس افزایش و سیلت کاهش معنی دار اما درصد شن تفاوت معنی‌داری نداشت. در مطالعه ای دیگر، Unger و همکاران (۱۹۹۰)، اثر خاکبرداری و خاکریزی حاصل از تسطیح زمین را بر درصد ذرات اولیه یک خاک لوم رسی بررسی کردند، نتایج پژوهش آنها نشان داد که در مناطق خاکبرداری، دارای رس بیشتری نسبت به مناطق خاکریزی شده است. همچنین بافت خاک از نواحی خاکبرداری به سمت مناطق خاکریزی به ترتیب از لومی رسی به لوم سیلتی تغییر کرد.

جدول ۱. مقایسه میانگین درصد ذرات اولیه در دو منطقه بالاگفشه و لیموچاه

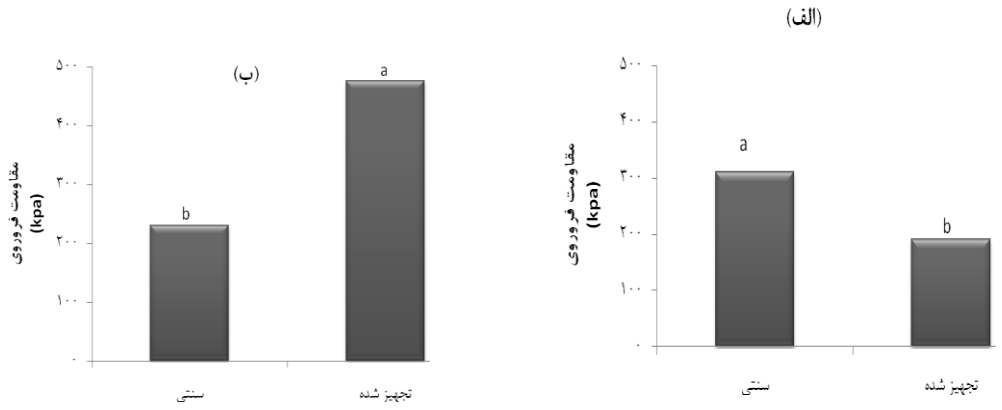
منطقه	نوع اراضی	شن(٪)	رس(٪)	سیلت(٪)
بالاگفشه	سنتی	۱۸/۵ b	۴۵/۲ a	۳۶/۳ b
	تجهیزشده	۲۰/۷ a	۳۸/۲ b	۴۱/۱ a
لیموچاه	سنتی	۱۷/۲ a	۳۸/۱۱ b	۴۴/۷۲ b
	تجهیز شده	۱۳/۸۴ b	۳۹/۳ a	۴۶/۸۳ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند.

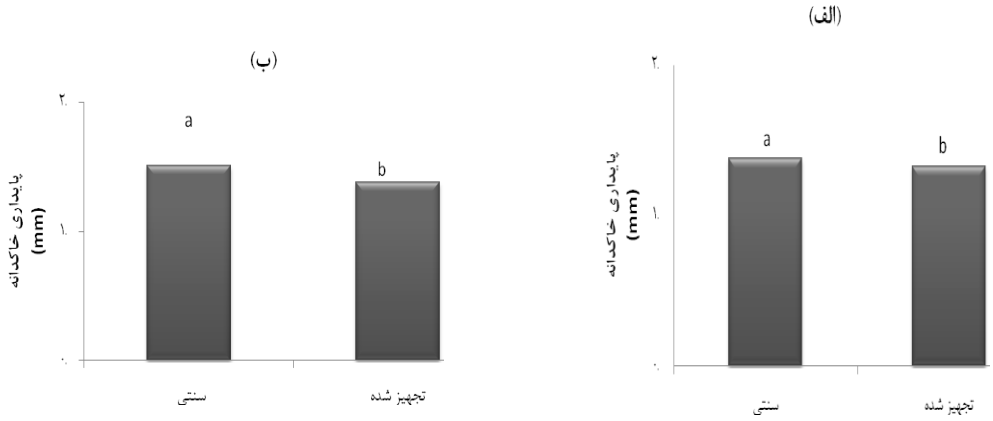
تأثیر تجهیز و نوسازی بر مقاومت فروروی و پایداری خاکدانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مقاومت فروروی از اراضی سنتی به سمت اراضی تجهیز شده در منطقه بالاگفشه و لیموچاه، به ترتیب کاهش و افزایش معنی دار ($P<0.05$) دارد (شکل ۱). مقاومت فروروی خاک با ویژگی‌هایی نظیر نشست خاک، حجم انقباض، جرم مخصوص ظاهری و رطوبت وزنی دارای همبستگی بالایی است (علیزاده و همکاران ۱۳۹۴). Brye و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که پس از گذشت یک سال از عملیات تسطیح اراضی، مقاومت فروروی افزایش یافت و شخم عمیق به دنبال عملیات تسطیح را جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک توصیه کردند. بررسی‌های انجام شده نشان داد که در مناطق تجهیز شده بالاگفشه تناوب برنج-شبدر اعمال می‌شود که این امر می‌تواند موجب کاهش معنی‌دار مقاومت فروروی در مقایسه با اراضی سنتی شده باشد.

نتایج مقایسه میانگین پایداری خاکدانه نشان داد که در هر دو منطقه، میانگین وزنی قطر خاکدانه بعد از عملیات تجهیز و نوسازی اراضی، کاهش معنی دار($P<0.05$) داشته است (شکل ۲). تسطیح اراضی نیز مانند شخم نیز نوعی بهم خوردگی خاک است که می‌تواند موجب تغییر ویژگی-های فیزیکی خاک گردد. تسطیح اراضی می‌تواند موجب تخریب ساختمان طبیعی خاک گردد به طوری که سطح اراضی شالیزاری فاقد ساختمان قابل تشخیص شده و به صورت بدون ساختمان در نظر گرفته شود (Brye و همکاران ۲۰۰۵). فعالیت کرم‌های خاکی، فعالیت میکروبی ریز موجودات خاکزی و فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی همگی از فرآیندهای خاکدانه سازی می‌باشند که مدیریت نامناسب خاک به واسطه تخریب سریع زیستی و تجزیه ریشه گیاه وهیف‌های قارچی، کاهش جمعیت موجودات خاکزی و عوامل مساعد کننده ایجاد خاکدانه‌های درشت را ازبین می‌برد (Cecillon و همکاران۲۰۱۰). در طرح تجهیز و نوسازی، لایه‌های سطحی خاک از مناطق مرتفع‌تر به مناطق پست‌تر منتقل می‌شوند که موجب کاهش ضخامت خاک سطحی حاوی مواد غذایی، و دارای فعالیت میکروبی بیشتر می‌شود(Wu و Yu، ۲۰۰۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین مقاومت فروروی اراضی سنتی و تجهیز شده در منطقه الف) بالاگفشه و ب)لیموچاه



شکل ۲- مقایسه میانگین پایداری خاکدانه در اراضی سنتی و تجهیز شده درمنطقه الف) بالاگفشه و ب) لیموچاه

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد، علاوه بر فواید طرح تجهیز و نوسازی، این طرح می‌تواند پیامدهای منفی بر خصوصیات فیزیکی مهم خاک نیز داشته باشد. کاربرد ماشین آلات سنگین در اراضی شالیزاری جهت تسطیح زمین و عملیات خاکبرداری و خاکریزی می‌تواند موجب تخریب ساختمان و متراکم‌شدن خاک شود. افزایش تراکم خاک، پیامدهای نامطلوبی مانند اشکال در رشد و توسعه گیاه و کاهش جذب آب توسط آن را به دنبال دارد. اما با انجام عملیات مدیریتی صحیح نظیر تناوب گیاهان علوفه‌ای از قبیل شبدر با برنج که در منطقه بالاگفشه انجام شد می‌توان از اثرات منفی تسطیح اراضی بر خصوصیات خاک کاست.

منابع

دوات گر، ن.، شکوری کتیگری، م. و یزدانی، م.ر.۱۳۹۱. ارزیابی اثر عملیات تسطیح اراضی برتغییرات مکانی برخی ویژگی های مرتبط با حاصلخیزی خاک های شالیزاری. نشریه دانش آب وخاک، ۲۲(۲)،۵۴-۴۱.

سلحشور دلیوند، ف.، ناظمی، ا. ح. و یزدانی، م. ر. ۱۳۸۸. بهبود مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی،۲۶-۲۵،۳۳۴-۳۱۹.

علیزاده، م.، میرزایی، ف. سهرابی، ت. و یزدانی، م.ر.۱۳۹۴.تاثیر بقایای گیاهی و زئولیت برمقاومت فروروی خاک‌های ترکدار شالیزاری.پژوهش-های حفاظت خاک و آب،۲۲(۶)،۲۱۵-۲۰۳.

Ayers, P.D. and Perumpral, J.V. 1982. Moisture and density effect of cone index. Trans. ASAE ,24, 1169–1172.

Brye, K.R., Slaton, N.A. and Norman, R. J.2005.Penetration resistance as affected by shallow-cut land leveling and cropping. Soil and tillage research,81,1-13.

Brye, K.R., Slaton, N.A. and Norman, R. J. 2006. soil physical and biological Propertiesas affected by land leveling in a clayey aquert. Soil science society of America,70, 631.

Cecillon, L., Nilvania, A., Mello, D., Dedanieli, S. and Brun, J.J. 2010.Soil macroaggregate dynamics in a mountain spatial climate gradient .biogeochemistry,97,43-31.

Jose, M.B.P., Timm, L.C., Reichardt, K. and Pauletto, E.A. 2014. Impacts of Land leveling on Lowland Soil Physial Properties. Revista Brasileira de cieciea do solo,38, 315-326.

Lundekvam, H.E. 2007. Plot studies and modelling of hydrology and erosion in southeast Norway. Catena, 71, 200–209

Patrick , G., François, Ch. and Georges, T. 2017. Land leveling impact on surface runoff and soil losses: Estimation with coupled deterministic stochastic models for a Québec agricultural field. Journal of Hydrology, 544, 488-499.

Sharifi, A., Gorji, M., Asadi, H. and Pourbabaee, A.A. 2014. Land leveling and changes in soil properties in paddy fields of Guilan province, Iran. Paddy and water Envionment ,12, 139-145.

Lowery, B. and Schuler, R.T. 1991. Temporal effects of subsoil compaction on soil strength and plant growth. Soil Sci. Soc.Am, 55, 216–223.

Unger, P.W., Fulton, L.J. and Jones, O.R. 1990. Land-leveling effects on soil texture, organic matter content, and aggregate stability. Soil Water Conserv, 45, 412–415.

Ye, Y. and Wu, C. 2002. Influence of land consolidation on soil characteristics and the technology of soil reconstruction. Zhejiang Agric Univ, 28(3), 267–271.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Evaluating the effects of land leveling on some soil physical properties in paddy fields of Lasht nesha

Masoomeh Izadpanah[*1] , Mahmoud Shabanpour [2], Sepideh abrishamkesh [3], Iraj Bagheri [4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Guilan

[2] Associate Professor, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Guilan

[3] Assistant Professor, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Guilan

[4] Assistant Professor, Mechanization Department, Faculty of Agriculture, University of Guilan

Abstract

There is insufficient information about the effects of land leveling on the soil physical properties in paddy fields. This research was carried out to evaluate the effects of land leveling on the percent of soil primary particles (sand, silt and clay), penetration resistance and aggregate stability in paddy fields of Lashte nesh, located in Guilan province. 20 samples were collected from each of traditional(unleveled) and leveled lands in two regions of Balagafsheh and Limoochah, with history of plan implementation of 2 and 5 years, respectively. The results showed that land leveling result in soil textural class change from clay to clay loam in Balagafsheh. Significant increase of penetration resistance in limoochah and decrease of aggregate stability were observed in both Balagafsheh and Limoochah. Generally, results of this research showed that leveling can have adverse impacts on soil physical properties related to soil structure in addition to reported positive effects. However, soil sustainable management practices such as cultivation of fodder plants and inverting their residues to soil can compensate the negative effects on soil.

Keywords: Land leveling, Mean weight diameter of aggregate, Penetrometer, Soil structure

[*] Corresponding author, Email: Izadpanahs@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیر تراکم بر هدایت الکتریکی و برخی خصوصیات فیزیکی خاک

صغری درویش‌زاده[۱*]، محمود شعبانپور[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

تراکم با خارج کردن هوا موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود. برای هر خاک تراکم باعث به وجود آمدن چگالی ظاهری می‌شود که به مقدار رطوبت خاک بستگی دارد. هدایت الکتریکی یک پارامتر مهم مورد نیاز در مهندسی خاک می‌باشد. در خاک‌های غیر اشباع هدایت الکتریکی تابعی از درصد رطوبت خاک می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، تاثیر پارامترهای تراکم خاک بر هدایت الکتریکی و جرم مخصوص ظاهری خاک می‌باشد. تعداد ۷۰ نمونه خاک از نقاط مرکزی استان گیلان نمونه برداری شد. اندازه‌گیری تراکم خاک با پروکتور استاندارد و پروکتور اصلاح‌شده انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از روش رگرسیون خطی و نرم افزار SPSS استفاده گردید. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد بین جرم مخصوص ظاهری خاک و حداکثر جرم مخصوص خشک پروکتور استاندارد به وجود آمد (R^2= 0.254). با افزایش میزان رطوبت زمانی که بیش از مقدار درصد رطوبت بهینه باشد جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص خشک کاهش می‌یابد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد میان هدایت الکتریکی و حداکثر جرم مخصوص خشک پروکتور اصلاح‌شده به وجود آمد (R^2= 0.248). با افزایش مقدار آب ذرات خاک پراکنده شده و هدایت الکتریکی و جرم مخصوص خشک کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: چگالی، چگالی خشک، درصد رطوبت بهینه

مقدمه

فشردگی خاک یکی از عوامل مهم تاثیر گذار بر رشد گیاه و تولید محصول است. به عبارت دیگر تراکم خاک موجب کاهش تخلخل، کاهش عناصر غذایی و کاهش آب و اکسیژن مورد نیاز برای گیاه می‌شود. در اثر تراکم منافذ بزرگ خاک کاهش یافته و رشد گیاه محدود می‌شود. هدایت الکتریکی یکی از ویژگی‌های ذاتی خاک می‌باشد. که به تراکم، ساختمان، مقدار آب و درجه حرارت بستگی دارد. در خاک‌های رسی هدایت الکتریکی به توزیع اندازه ذرات بستگی دارد.جایی که بار الکتریکی در سطح ذرات رس قرار می‌گیرد. (Mc Carter 1984) و Fukue و همکاران (۱۹۹۹) مشاهده کردند که هدایت الکتریکی خاک‌ها با افزایش مقدار آب کاهش می‌یابد. Robain و همکاران (۱۹۹۶) بیان می‌دارند که تغییر مقاومت الکتریکی با ساختمان خاک ارتباط دارد و مقدار مقاومت الکتریکی به ماکروپورزها و میکروپورزها مربوط می‌شود. هدایت الکتریکی به وسیله حرکت یون‌ها در میان منافذ الکترولیتی صورت می‌گیرد (Bryson, 2005). هدایت الکتریکی به هدایت مایع درون حفرات خاک بستگی دارد. وقتی که در خاک‌های رسی بار سطحی وجود داشته باشد (Bai وهمکاران ۲۰۱۳). جرم مخصوص ظاهری در یک محدوده رطوبتی افزایش می‌یابد. اما با افزایش بیشتر رطوبت جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. که این نوعی از رفتار تراکم خاک است (Saini و همکاران ۱۹۸۴) و (Ohu و همکاران ۱۹۸۹). Stone و همکاران (۱۹۹۳) بیان می‌دارد که با افزایش مقدار رطوبت جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. که بستگی زیادی به بافت خاک دارد. با افزایش مقدار رطوبت زمانی که مقدار آب زیر درصد رطوبت بهینه باشد جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. اما وقتی که مقدار رطوبت بیش از حد معین باشد جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد (Aragon و همکاران ۲۰۰۰). خاک‌های شنی تراکم‌پذیری کمتری نسبت به خاک‌های ریزدانه دارند. بنابراین جرم مخصوص ظاهری آنها کمتر است (Larson و همکاران ۱۹۸۰). Sivrikaya و همکاران (۲۰۱۳) در اثر متراکم شدن خاک یک همبستگی بین درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک با خاک‌های ریز دانه به وجود آمد که به خصوصیات خاک، وزن مخصوص خاک و توزیع اندازه ذرات خاک بستگی دارد. این پژوهش به منظور کاهش مشکلات ناشی از تراکم خاک در کشاورزی صورت گرفته است. زیرا تراکم موجب تخریب ساختمان خاک می‌شود.

*ایمیل نویسنده مسئول: darzishzadeh_da@yahoo.com

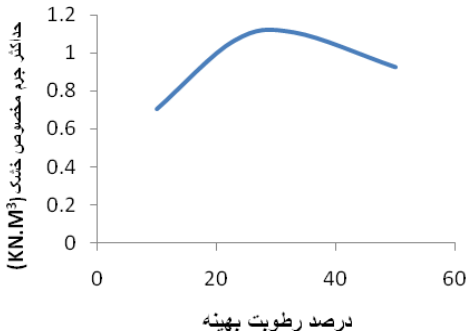
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از خاک‌های کشاورزی استان گیلان با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار صورت گرفته است. مساحت استان گیلان ۱۴۰۴۴ کیلومتر مربع می‌باشد. رطوبت نسبی آن بین ۴۰ تا ۱۰۰ درصد است. متوسط بارندگی سالانه بین ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ میلیمتر متغیر می‌باشد. تعداد ۷۰ نمونه خاک به صورت تصادفی از عمق ۲۵-۰ سانتیمتری از نقاط مرکزی استان گیلان نمونه برداری شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن برای انجام آزمایش به آزمایشگاه انتقال یافت. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bouder, 1986) ، تراکم خاک شکل (۱) با پروکتور استاندارد (ASTMD 698-91) و پروکتور اصلاح شده (ASTMD1557-91) ، (Benson, 1998)، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه (Black and Hartezh 1986) ، EC ، pH ، در شرایط عصاره اشباع (Black, 1965) ، انجام شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ و تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

شکل۱- دستگاه پروکتور استاندارد و پروکتور اصلاح‌شده

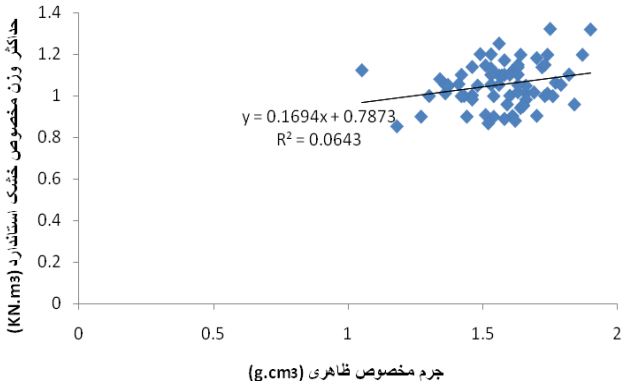
نتایج و بحث

برخی از خصوصیات خاک‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد بین حداکثر جرم مخصوص خشک پروکتور استاندارد و جرم مخصوص ظاهری خاک وجود دارد (R^2= 0.245). در تراکم خاک جرم مخصوص ظاهری تا یک حدی افزایش می‌یابد اما با افزایش درصد رطوبت بهینه جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد که با نتایج (Stone و همکاران ۱۹۹۳) و (Aragon و همکاران ۲۰۰۰) مطابقت دارد. همبستگی مثبت و معنی‌داری میان حداکثر جرم مخصوص پروکتور اصلاح‌شده و هدایت الکتریکی به وجود آمد (R^2= 0.248). با افزایش مقدار آب ذرات خاک پراکنده شده، هدایت الکتریکی و جرم مخصوص خشک کاهش می‌یابد. که با نتایج (Bryson, 2005) و (Bai و همکاران ۲۰۱۳) مطابقت دارد. شکل (۲) منحنی تراکم خاک را نشان می‌دهد.

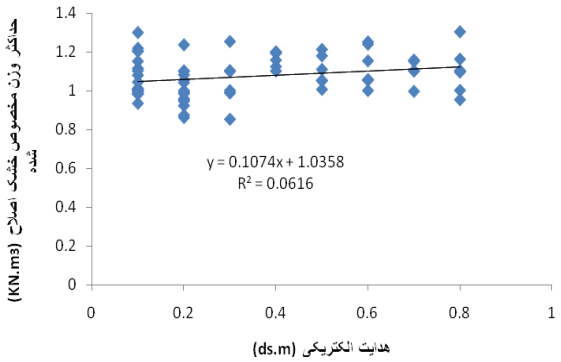


شکل۲- منحنی تراکم خاک

شکل (۳) نشان دهنده همبستگی میان جرم مخصوص ظاهری و حداکثر جرم مخصوص خشک پروکتور استاندارد می‌باشد و شکل (۴) نشان دهنده همبستگی بین هدایت الکتریکی و حداکثر جرم مخصوص خشک پروکتور اصلاح‌شده است.



شکل۳- همبستگی جرم مخصوص ظاهری با حداکثر جرم مخصوص خشک



شکل۴- همبستگی هدایت الکتریکی با حداکثر جرم مخصوص خشک اصلاح‌شده

نتیجه‌گیری

در اثر تراکم خاک جرم مخصوص ظاهری با افزایش مقدار آب افزایش می‌یابد زمانی که مقدار آب زیر درصد رطوبت بهینه باشد اما وقتی که مقدار آب به بالای درصد رطوبت بهینه برسد جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. همچنین زمانی که مقدار آب بالاتر از درصد رطوبت بهینه باشد ذرات خاک پراکنده شده و هدایت الکتریکی خاک کاهش می‌یابد. از آنجایی که کشاورزی در رطوبت بهینه موجب تراکم خاک می‌شود بنابراین مشخص بودن این رطوبت برای جلوگیری از تخریب خاک ضروری است.

منابع

Aragon, A.; Garcia, M. G., Filgueira, R. R.;(2000). Pachepsky, Ya. A. Maximum compactibility of Argentine soils from the proctor test; the relationship with organic carbon and water content. Soil & Tillage Research 56. 197-204.

Bai, W., Kong, L., Guo, A., (2013). Effects of physical properties on electrical conductivity of compacted lateritic soil. Journal of rock mechanics and geotechnical Engineering, 406-411. Black, C. A. (1965). Methods of soil analysis. Part 2. Ame. Society of agronomy Inc., publisher misson, Wilconsin, USA, 9: 1372-1376.

Blake, G.R., and Hartge, K. H. (1986). Bulk density. P. 363-375. In: A. Klute (ed.). Methods of soil analysis.2nd ed. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.

Blotez, L.; Benson, C. and Boutwell, G. (1998). Estimating optimum water content and maximum dry unit weight for compacted clays, J Geotech. Engrg.,ACSE, 124(9), 907-912.

Bryson, L. S. (2005). "Evaluation of geotechnical parameters using electrical resistivity measurements." Proc., Earthquake Engineering and Soil Dynamics, GSP 133, Geo-Frontiers 2005, ASCE, Reston, VA

Gee, G. W., and J.W. Bauder. (1986). Particle size analysis. P. 383-411. In: A. Klute. (ed.). Methodes of soil analysis. 2nd ed. Agron. Monogr. 9.ASA. Madision. WI.

Sivarikaya, O., Kayadelen, C. and Cecen, E.(2013). Prediction of the compaction parameters for coarse- Graned soils with fines content by MLR and GEP. ACTA Geotechnica slovenica, No.2 pp. 29-41.

Stone, R. J., Ekwue, E. I. (1993). Maximum bulk density achieved during soil compaction as affected by the incorporation of three organic materials. Transactions of the ASAE. American society of agricultural Engineers. 36(6): 1713-1719.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Effect compaction on electrical conductivity and some soil physical properties

darvishzadeh[*1] , S., Shabanpour[2], M.
[1] M. Sc. Student, Soil Science Department Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran
[2] Associate Prof, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

Abstract
Compaction is the process of increasing the bulk density of a soil by driving out air. For any soil, at a given compaction effort, the bulk density to create depends on the soil moisture content. Electrical conductivity is an important parameter in soil engineering in unsaturated soils, Electrical conductivity is function of moisture content. The purpose of this research was, Effect parameters of soil compaction on the soil electrical conductivity and bulk density. 70 soil samples were sampled from Guilan central points. Soil density was measured with standard proctor and modified proctor. For data analysis used of liner regression methods and SPSS software. Results showed that to created a positive and significant correlation at a level of five percent between bulk density and Maximum dry unit weight of standard proctor (R^2= 0.254). With increasing moisture content, when moisture content is more than optimum water content, reduced bulk density and dry unit weight. Also to created a positive and significant correlation at a level of five percent between electrical conductivity and Maximum dry unit weight of modified proctor (R^2= 0.248). With increasing water content, dispersed soil particles and reduced electrical conductivity and dry unit weight.
Keywords: Density, Dry Density, Optimum water content

[*] Corresponding author, Email: darzishzadeh_da@yahoo.com

*corresponding author, Email: darvishzadeh_da@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی تاثیر تراکم طولی ریشه بر گنجایش آب تجمعی در گیاه آفتابگردان

زهرا کاظمی[۱*]، محمدرضا نیشابوری[۲]، داوود زارع حقی[۳]، حسین عسگرزاده[۴]، اژدر عنابی میلانی[۵]، مهدیه ایرانی[۶]، عادل دباغ محمدی نسب[۷]

[۱]دکتری فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه تبریز

[۲]استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[۳]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[۴]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

[۵]استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

[۶]کارشناس ارشد فیزیک و حفاظت خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

چکیده

گنجایش آب تجمعی (IWC)، انتگرال تابع گنجایش آب دیفرانسیلی (C(h)) در دامنه مکش صفر تا بی‌نهایت با اعمال توابع وزنی ناشی از محدودیت‌های مختلف خاک است. تاکنون مطالعات محدودی در زمینه اثر تراکم طولی ریشه (RLD) بر IWC انجام شده است. هدف این پژوهش بررسی تاثیر RLD روی IWC در گیاه آفتابگردان (تیره آستراسه و جنس هلیانتوس) بود. بدین منظور یک خاک لوم رس شنی جمع‌آوری و سه سطح چگالی ظاهری (D_b) مساوی ۱/۳۵، ۱/۵۵ و ۱/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب (به ترتیب D_1 تا D_3) در لوله‌های پلیکا (گلدان) با قطر ۳۰ و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر ایجاد شد. پس از کشت بذور آفتابگردان و استقرار کامل گیاه در مرحله اتمام رشد رویشی و شروع رشد زایشی، چهار سطح هرس ریشه از طریق قطع بخشی از انشعابات ریشه (حدوداً ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد که به ترتیب L_1 تا L_4 نامگذاری شدند) در طوقه ایجاد و دو دوره تر و خشکی اعمال شد. مقدار IWC در مرحله نخست به روش Groenevelt و همکاران (IWC_G) و در مرحله دوم با دخالت دادن RLD در قالب مقاومت هیدرولیکی خاک (IWC_{RS}) محاسبه و با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان داد تفاوت IWC_{RS} بین سه سطح D_b و بین چهار سطح L معنی‌دار بود. مکش شروع محدودیت فراهمی آب در انتهای خشک منحنی رطوبتی در سطوح مختلف D و L برای IWC_{RS} بر خلاف IWC_G متفاوت گردید. در مقایسه میانگین بین IWC_G و IWC_{RS} برای سطوح مختلف D و L، تفاوت تیمارهای D_1 و تفاوت بین L_1 و L_2 معنی‌دار بود.

کلمات کلیدی: مقاومت هیدرولیکی خاک، هرس ریشه، توابع وزنی

مقدمه

مفهوم گنجایش آب تجمعی (IWC[۱]) حاصل انتگرال گنجایش آب دیفرانسیلی[۲](C(h)) در دامنه مکش صفر تا بی‌نهایت با اعمال توابع وزنی ناشی از محدودیت‌های مختلف خاک است که توسط Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) مطرح گردید. تاکنون تاثیر محدودیت‌های فیزیکی ناشی از زهکشی سریع خاک، تهویه ناکافی، مقاومت مکانیکی خاک (Groenevelt و همکاران، ۲۰۰۱؛ Grant و همکاران، ۲۰۱۰) و شوری (Groenevelt و همکاران،۲۰۰۴؛ Nang و همکاران، ۲۰۱۰) در ایجاد تابع $\omega_i(h)$ برای محاسبه IWC مد نظر قرار گرفته، اما تاثیر تراکم طولی ریشه (RLD[۳]) به ندرت مورد توجه قرار گرفته است. هدف این پژوهش محاسبه گنجایش آب تجمعی با دخالت دادن RLD در قالب RS برای گیاه آفتاب گردان (IWC_{RS}) و مقایسه آن با مقادیر محاسبه شده به روش Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱)، (IWC_G) بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک خاک لوم رس شنی انتخاب و سه سطح چگالی ظاهری (D_b معادل ۱/۳۵، ۱/۵۵و ۱/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، به ترتیب D_1، D_2 و D_3) با ریختن خاک لوم رس شنی مورد نیاز در لوله‌های پلیکا (که از این به بعد گلدان نامیده می‌شوند) با قطر ۳۰ و ارتفاع ۷۰ سانتی

* ایمیل نویسنده مسئول: zkazemi2016@gmail.com

[1] Integral water capacity
[2] Differential water capacity
[3] Root length density

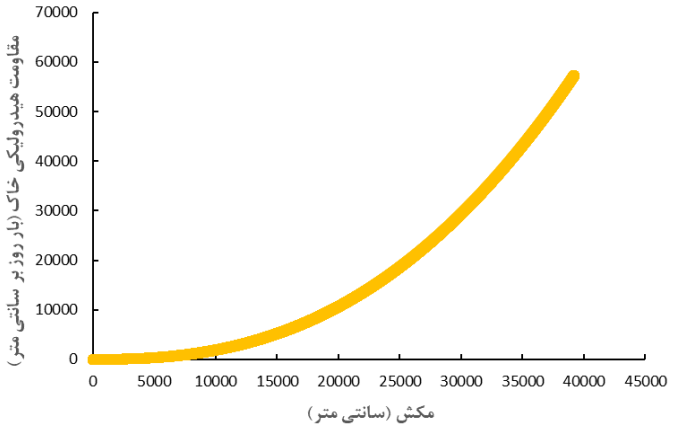
متر به روش کاظمی (۱۳۹۷) ایجاد شد. پس از رشد کامل ریشه‌ها در آفتابگردان، اتمام رشد رویشی و شروع رشد زایشی (ظاهر شدن طبق)، در هر سطح D_b با هرس کردن ریشه (قطع حدود ۷۵٪، ۵۰٪، ۲۵٪ و صفر درصد انشعابات ریشه در محل طوقه)، چهار سطح هرس ریشه ایجاد و هرکدام با ۳ تکرار در مجموع ۳۶ گلدان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (CRD) در گلخانه چیده شدند. بذور جوانه‌دار شده آفتابگردان به تعداد ۳ عدد در هر گلدان کشت شدند. در طول دوره رشد تا قبل از شروع اعمال دوره‌های تر و خشکی، رطوبت خاک گلدان‌ها در حول وحوش رطوبت معادل ۳۳۰ سانتی متر نگه داشته شد تا گیاهان به خوبی رشد نمایند پس از آن دو دوره خشکی (از نزدیک رطوبت اشباع تا پژمردگی گیاه) که در مجموع یک ماه به طول انجامید، اعمال شد. در آخرین روزهای چرخه تنش دوم، برداشت قسمت‌های هوایی گیاه و سپس ریشه انجام گرفت و طول ریشه‌ها پس از جدا شدن از خاک هر گلدان با بکارگیری نرم‌افزار GSA Image Analyzer تعیین و پس از تقسیم بر حجم خاک به عنوان RLD (سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب) گزارش شد. اثرات مستقل و توأم فشردگی و هرس ریشه بر IWC_{RS} و IWC_G و مقایسه میانگین با بکارگیری نرم‌افزار SAS بررسی شد.

تعیین IWC به روش Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) (IWC_G) و بر مبنای مقاومت هیدرولیکی خاک[4] (RS) (IWC_{RS})

جزئیات محاسبه IWC_G در پژوهش کاظمی و همکاران (۱۳۹۷) ارائه شده است. در پژوهش جاری اثر تراکم طولی ریشه بر IWC از طریق تأثیرگذاری بر مقاومت هیدرولیکی خاک با بکارگیری معادله ۱ (آسودو، ۱۹۷۵) در دامنه خشک منحنی رطوبتی بررسی شد. در واقع بر اساس معادله زیر با رشد گیاه به دلیل افزایش RLD مقاومت هیدرولیکی خاک کاهش یافته و جریان آب به سمت ریشه با سهولت بیشتری اتفاق می‌افتد.

$$R_s = \frac{\ln(\pi RLD)+2\ln a}{4\pi.RLD.\Delta z} \times \frac{1}{K(h)} \qquad (1)$$

در معادله ۱، R_s مقاومت هیدرولیکی خاک (بار روز بر سانتی‌متر)، a شعاع ریشه (سانتی‌متر)، RLD تراکم طولی ریشه (سانتی‌متر ریشه بر سانتی‌متر مکعب خاک)، ΔZ ضخامت لایه خاک اشغال شده با ریشه (سانتی‌متر) و K هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک (سانتی‌مترمربع بر بار بر روز) است. نحوه ایجاد تابع وزنی برای Rs به این صورت بود که پس از محاسبه Rs از رابطه مذکور، در دامنه مکش صفر تا مکشی که گیاه توانست آب جذب کند، منحنی RS در مقابل مکش ماتریک خاک (h) رسم گردید (شکل ۱). مقدار این مکش نهایی برای تیمارهای مختلف فشردگی خاک و سطوح مختلف هرس ریشه متفاوت بود و از ۱۳۱۳۴ سانتی‌متر در تیمار D_1L_1 تا ۳۹۱۸۴ سانتی‌متر در تیمار D_1L_4 متغیر بود.



شکل ۱-تغییرات مقاومت هیدرولیکی خاک، RS(h)، محاسبه شده به عنوان تابعی از مکش ماتریک خاک

فرض شد تا نقطه جدا شدن منحنی از محور افقی (با خطای ۵۰۰ cm ± مکش ماتریک خاک)، مقدار مقاومت هیدرولیکی خاک برای رشد گیاه و جذب آب محدودیتی ایجاد نمی‌کند و در آن محدوده از مکش، مقدار ضریب وزنی برای RS معادل ۱ فرض شد (ω_{RS} =1) ولی از آن به بعد مقدار آن سیر

[4] Soil hydraulic resistance

نزولی به‌خود گرفت. مقدار RS در آن مکش که جدا شدن منحنی از محور افقی منحنی اتفاق افتاد (RSc)، به مقدار RS در هر مکش، RS(h)، تقسیم شد (RSc/RS(h)) و به عنوان ضریب وزنی مد نظر قرار گرفت. پس از ایجاد ضریب وزنی RS، $\omega_{RS}(h)$، با معادله ۲، مقدار IWC در دامنه خیس منحنی رطوبتی به روش Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) و در دامنه خشک منحنی به جای استفاده از تابع وزنی برای هدایت هیدرولیکی کم، تابع وزنی $\omega_{RS}(h)$ مورد استفاده قرار گرفت.

$$\omega_{RS}(h)=\frac{RS_c}{RS(h)} \qquad (۲)$$

نتایج و بحث

مقادیر IWC حاصل بر مبنای روش Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) (IWC_G) و بر مبنای مقاومت هیدرولیکی خاک (IWC_{RS}) در جدول ۱ ارائه شده است

جدول۱- مقادیر IWC_G، و IWC_{RS} برای تیمارهای مختلف فشردگی خاک (D_1 , D_2, D_3) در سطوح مختلف هرس ریشه (L_1, L_2, L_3, L_4)

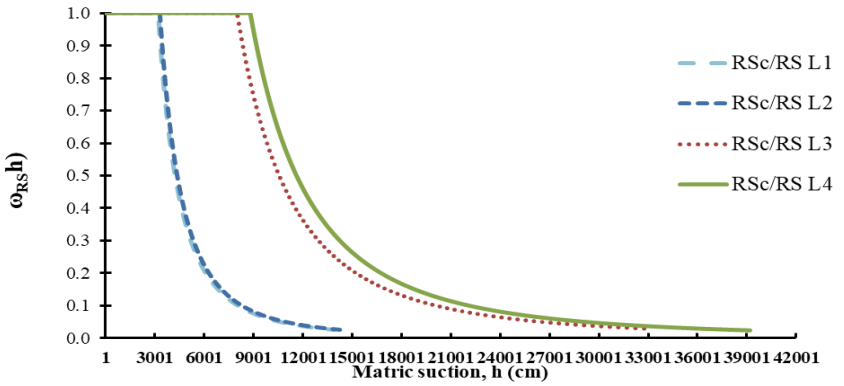
تیمار	D_1L_1	D_1L_2	D_1L_3	D_1L_4	D_2L_1	D_2L_2	D_2L_3	D_2L_4	D_3L_1	D_3L_2	D_3L_3	D_3L_4
IWC_{RS} (cm^3cm^{-3})	۰/۲۰۱	۰/۲۰۵	۰/۲۳۲	۰/۲۳۳	۰/۱۴۴	۰/۱۵۳	۰/۱۵۴	۰/۱۵۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶
IWC_G (cm^3cm^{-3})	۰/۲۲۹	۰/۲۲۹	۰/۲۲۹	۰/۲۲۹	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸

گنجایش آب تجمعی حاصل بر مبنای روش Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) (IWC_G)

بیشینه مقدار IWC_G (۰/۲۲۹ cm^3cm^{-3})در بین سه تیمار فشردگی خاک به تیمار D_1) و کمینه آن (۰/۰۳۸ cm^3cm^{-3}) به تیمار D_3 (در هر چهار سطح هرس ریشه) تعلق داشت. افزایش فشردگی خاک از ۱/۳۵ به ۱/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، مقدار IWC_G را از ۰/۲۲۹ به ۰/۰۳۸کاهش داده که معادل افت ۸۳ درصد در آب قابل استفاده است. برای تیمارهای D_1 طبق تعریف Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) مقدارگنجایش آب دیفرانسیلی موثر ($E_i(h)$) در انتهای خیس منحنی رطوبتی که توابع وزنی تهویه ($\omega_a(h)$) و هدایت هیدرولیکی زیاد ($\omega_K(h)_{wet}$) دخالت داده شده‌اند، حدود ۳۳ درصد مقدار C(h) بود. در دامنه مکش ۳۳۰ تا ۸۹۷۳ سانتی‌متر هیچ گونه محدودیتی برای جذب آب وجود نداشت و ضریب وزنی جذب مساوی ۱ می باشد. از مکش ۸۹۷۳ تا ۱۲۰۰۰ سانتی‌متر و ۱۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر توابع وزنی دخیل به ترتیب عبارت بودند از تابع وزنی مقاومت بالای فورورروی خاک، ($\omega_R(h)$) و هدایت هیدرولیکی کم ($\omega_{RK}(h)_{dry}$) مقدار $E_i(h)$ در انتهای خشک منحنی رطوبتی حدود ۷۹ درصد مقدار C(h) در آن دامنه است. برای تیمارهای D_3 با چگالی ظاهری معادل ۱/۷۵ گرم برسانتی مترمکعب تا مکش ۹۸۳ سانتی‌متر رطوبت خاک به واسطه وجود مشکل تهویه برای گیاه قابل جذب نیست و مقدار $E_i(h)$ در انتهای خیس منحنی رطوبتی (شکل ارائه نشده است) تنها حدود ۱۳ درصد مقدار C(h) بوده و از مکش ۹۹۳۵ سانتی‌متر مقاومت فروروی خاک به بیشینه محدودکنندگی خود رسید. بر اساس تعریفGroenevelt و همکاران (۲۰۰۱) رطوبت خاک برای گیاه غیر قابل جذب فرض شد و دامنه بدون محدودیت در این تیمار وجود نداشت. نتایج تیمار D_2 و شکل‌های این بخش به دلیل محدودیت تعداد صفحات مقاله در اینجا ارائه نشده است. در صورت نیاز به رساله دکتری کاظمی (۱۳۹۷) مراجعه شود.

گنجایش آب تجمعی حاصل بر مبنای مقاومت هیدرولیکی خاک (IWC_{RS})

تغییرات RSc/RS به عنوان توابع وزنی توسعه یافته برای مقاومت هیدرولیکی خاک (ω_{RS}) برای تیمار D_1 در هر سطح هرس ریشه (L_1-L_4) در شکل ۲ ارائه شده است. برای تیمارهای D_1L_1 تا D_1L_4، RS_C به ترتیب در مکش‌های ۴۰۰۰، ۴۵۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۱۳۰۰۰ سانتی‌متر اتفاق افتاد (شکل ۲). دخالت دادن $\omega_{RS}(h)$ باعث شد IWC_{RS} تیمارهای D_1L_1 و D_1L_2 در مقایسه با IWC_G برای تیمارهای D_1 به ترتیب ۱۲/۲، ۱۱/۶ درصد کاهش و برای تیمارهای D_1L_3 و D_1L_4 به ترتیب حدود یک و دو درصد افزایش یابد. برای تیمارهای D_2L_1 تا D_2L_4 این محدودیت به ترتیب در مکش‌های ۵۵۰۰، ۷۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ سانتی‌متر شروع شد. بر خلاف تیمارهای D_1، مقدار RS_C بین سطوح مختلف هرس ریشه تیمار D_3 تفاوت زیادی نداشت و مکش شروع محدودیت مقاومت هیدرولیکی خاک نیز از ۴۰۰۰ در سطح L_1 تا ۵۰۰۰ سانتی‌متر در سطوح L_2 تا L_4 متغیر بود.



شکل ۲- **RS_C/RS** به عنوان توابع وزنی توسعه یافته برای مقاومت هیدرولیکی خاک (ω_{RS}) برای تیمار **D_1 (a)** در هر سطح هرس ریشه (**L_1-L_4**)

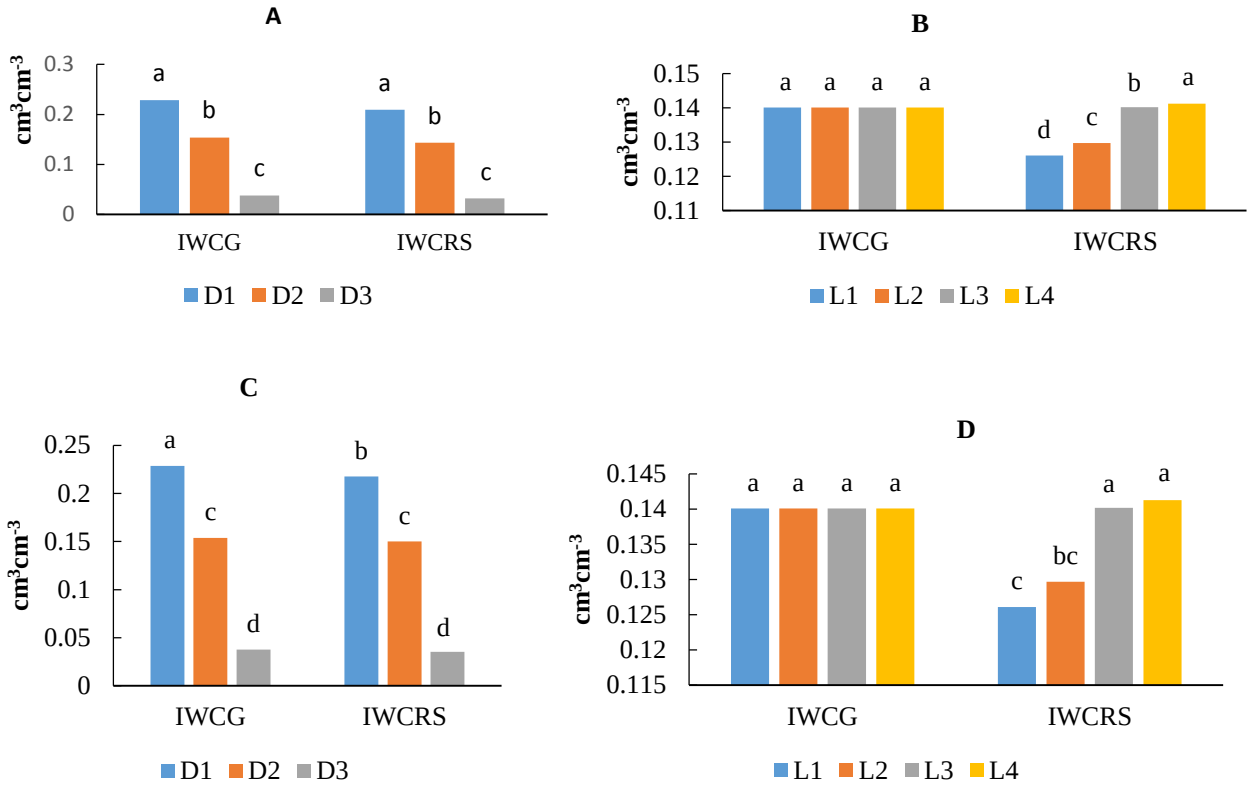
D_1= 1.35 g.cm^{-3}، L_2، L_3 و L_4 برای تیمار D_1: به ترتیب معادل: ۶۱، ۵۰/۴، ۲۱ و صفر درصد هرس ریشه

اگر چه تفاوت زیادی بین مکش ۱۲۰۰۰ سانتی‌متر که Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) به عنوان مکش شروع محدودیت هدایت هیدرولیکی کم در محدوده خشک منحنی رطوبتی در نظر گرفتند و مکش ۴۰۰۰ برای تیمار D_3L_1 و یا ۵۰۰۰ سانتی‌متر برای تیمار D_3L_4 وجود دارد، اما اختلاف بین مقادیر IWC_{RS} و IWC_G اندک است (جدول ۱). مقدار گنجایش آب دیفرانسیلی در مکش‌های بزرگتر در مقایسه با مقدار آن در محدوده خیس منحنی بسیار کمتر بوده و در حقیقت در محدوده‌ای که مقاومت هیدرولیکی خاک یا هدایت هیدرولیکی بر جذب آب تأثیرگذار است، رطوبت زیادی در خاک وجود ندارد بطوری که با وجود ۷۰۰۰ سانتی‌متر اختلاف بین مقادیر بحرانی، دو روش تنها ۰/۰۰۲ سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب بین IWC_G و IWC_{RS} تیمار D_3 و D_3L_4 تفاوت دارند. در پژوهش مسکینی ویشکایی (۱۳۹۳) در خاک لوم رسی افزایش ناگهانی RS در کلزا و گندم به ترتیب از مکش ماتریک ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ سانتی‌متر شروع شد. IWC_{RS} تیمارهای D_2L_1 تا D_2L_4 به ترتیب ۹۳/۶، ۹۹/۴، ۱۰۰ و ۱۰۰/۷ درصد مقدار IWC_G برای تیمار D_2 بود. برای تیمارهای D_3 از مکش ۲۷۳۴ (تخلخل تهویه‌ای ۱۵٪) تا مکش معادل SR بحرانی تنها تابع وزنی $\omega_R(h)$ و پس از آن تا مکشی که جذب آب ادامه یافت. علاوه بر آن تابع $\omega_{RS}(h)$ نیز بر جذب آب تأثیرگذار شد. IWC_{RS} در تیمارهای D_3L_1 تا D_3L_4 به ترتیب ۸۹، ۹۴، ۹۴ و ۹۴ درصد مقدار IWC_G برای تیمار D_3 گردید. به نظر می‌رسد این مدل بکارگیری ω_{RS} در کنار توابع وزنی بکار رفته توسط Groenevelt و همکاران (۲۰۰۱) نتوانسته است تأثیر این تابع وزنی جدید و RLD را نشان دهد حال آنکه مقادیر IWC بر مبنای هدایت روزنه‌ای برگ (نتایج ارائه نشده است)، نشان می‌دهد هرس ریشه، به¬ویژه در سطح L_1 و L_2 تأثیر قابل توجهی بر مقدار جذب آب توسط گیاهان دارد.

اثر مستقل و توام فشردگی خاک و هرس ریشه بر IWC

نتایج مقایسه میانگین مقادیر IWC محاسبه شده به دو روش مختلف نشان داد در مقایسه میانگین در هر گروه IWC، برای سطوح مختلف D تفاوت هر دو IWC_G و IWC_{RS} بین سه سطح D_b و برای IWC_{RS} بین چهار سطح L معنی‌دار بود (شکل۳ –A و B) که نشان می دهد هرس ریشه جذب آب را به طرز معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد و آن را کاهش داد. این نتایج هماهنگ با یافته های Besharat و همکاران (۲۰۱۰) است که اثر مهم RLD در

جذب آب توسط گیاهان را مدنظر قرار دادند. در مقایسه بین گروهی برای سطوح مختلف D تفاوت دو گروه IWC تنها برای تیمارهای D_1 معنی‌دار بود (شکل۳ – C). برای سطوح مختلف L تفاوت دو گروه IWC برای L_1 و L_2 معنی‌دار و برای دو سطح دیگر غیرمعنی‌دار بوده است (شکل۳ – D). در مقایسه بین سطوح D_iL_i های دو گروه IWC، تفاوت D_1L_1 و D_1L_2 بین دو گروه معنی‌دار بود و بین بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ارائه نشده است).



شکل ۳- مقایسه میانگین بین و داخل گروهی IWC_G و IWC_{RS} برای سطوح مختلف چگالی ظاهری (**D**) و هرس (**L**) ریشه

D_1= 1.35g.cm^{-3} D_2= 1.55g.cm^{-3} D_3= 1.75g.cm^{-3}

L_1، L_2، L_3 و L_4 برای تیمار D_1: به ترتیب معادل : ۶۱، ۵۰/۴، ۲۱ و صفر درصد هرس ریشه، برای تیمار D_2: به ترتیب معادل : ۶۱، ۴۳، ۲۳/۵ و صفر درصد هرس ریشه و برای تیمار D_3: به ترتیب معادل : ۷۱، ۳۸، ۲۸ و صفر درصد هرس ریشه. در هر گروه اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

نتیجه‌گیری

بر خلاف فرض این پژوهش که تصور می‌شد مقدار RLD بر مقدار RS و به تبع آن روی IWC تأثیر زیادی داشته باشد اما در مقایسه با K(h) تأثیر آن کمتر بود اگر چه تفاوت مقادیر IWC_{RS} بین سطوح مختلف هرس ریشه، از نظر آماری معنی‌دار بود.

منابع:

کاظمی، ز. ۱۳۹۷. تاثیر تراکم طولی ریشه آفتابگردان بر ظرفیت آب انتگرالی در سطوح مختلف فشردگی در یک خاک لوم رس شنی. رساله دکتری در رشته علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

مسکینی ویشکایی، ف. ۱۳۹۳. برآورد دامنه رطوبت قابل دسترس برای گیاه گندم و کلزا با استفاده از عوامل خاک و گیاه. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. ایران.

Acevedo, H.E. 1975. The growth of maize (*zea mays* L.) under field conditions as affected by its water relations, Ph.D. thesis, University of California, Davis Agriculture, plant physiology.

Besharat, S., Nazemi, A. H. and Sadraddini, A. A. 2010. Parametric modeling of root length density and root water uptake in unsaturated soil. Turk J. Agric. Fors, 34, 439-449.

Grant, C. D., Groenevelt, P. H., Robinson, N. I., and Chahal, S. S. 2010. The matric flux potential as a measure of plant-available water in soils restricted by hydraulic properties alone. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Aust. Symposium 2.1.1 optimizing water use with soil physics pp, 177-178.

Groenevelt, P. H., Grant, C. D., and Murray, R.S., 2004. On water availability in saline soils. Australian Journal of Soil Research 42, 833-840.

Groenevelt, P. H., Grant, C. D, and Semetsa, S. 2001. A new procedure to determine soil water availability. Australian Journal of Soil Research, 39, 577-598.

Nang, N.D., Grant, C.D., and Murray, R.S. 2010. An evaluation of plant available water during reclamation of saline soils: Laboratory and field approaches, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia (Published on DVD).

Topic for submission: Soil physics and plant growth

Evaluation of the effect of root length density on integral water capacity in sunflower plant

Kazemi*[1], Z., Neyshaburi[2], M.R., Zare Haghi, D.[3] Asgarzadeh, H. [4] Onnabi Milani, A[5], Irani, M[6], Dabbagh Mohammadi nasab, A[7].

[1] PhD of soil physics and conservation, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

[4] Assistant Prof. Soil and Water Research Department, East Azerbaijan Agricultural and National Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

[4] M.Sc. of soil physics and conservation, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

[3] Assistant Prof., Plant Ecophysiology Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

Abstract

Integral water capacity (IWC) is the integral of differential water capacity function (C(h)) in the range of 0 to infinity soil matric potential multiplied by some weighting functions each taking into account effect of various soil limitations. Up to now the effect of root length density (RLD) on IWC has been seldom investigated. The purpose of this study was to evaluate the effect of RLD on IWC based in sunflower (*Helliantus annus* L.) plant. For this purpose, a sandy clay loam soil was evenly compacted to three bulk densities (D_b) equal to 1.35, 1.55 and 1.75 g cm ($D_1$to D_3, respectively) in PVC columns (called pots hereafter) with 30 cm diameter and 70 cm height. Sunflower seedlings were planted in the pots and after their full establishment at the end of vegetative growth and onset of reproductive growth four levels of RLD was created by pruning root branches (approximately 75%, 50%, 25% and 0% that was named L_1 to L_4, respectively) around the root crown. Two periods of wetting and drying cycles were imposed. IWC was computed first by adopting Groenevelt et al. approach (IWC_G) and second by introducing RLD in the form of soil hydraulic resistance (IWC_{Rs}) and compared each other. The results showed differences between IWC_{RS} for the D_b treatments and for the L levels were significant. Contrary to IWC_G, for IWC_{RS} the h value in which water availability restriction for the plants started, was different for each soil compaction and each root pruning level. Comparing the means among IWC_G and IWC_{Rs} at different D and L levels showed significant differences between D_1 treatments and L_1 and L_2 levels.

Keywords: Soil hydraulic conductivity, root pruning weighting functions

* Corresponding author, Email: zkazemi2016@gmail.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیر مواد آلی از منابع مختلف بر عملکرد محصول چغندر قند

انور اسدی جلودار[۱*]، داود حسن پناه[۲]، اسماعیل اصغری داشکسن[۳] و رحیم صمدی [۴]

[۱] مربی پژوهشی، بخش تحقیقات خاک وآب، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اردبیل

[۲] استادیار،بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اردبیل

[۳] کارشناس سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل

[۴] کارشناس مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اردبیل

چکیده

این طرح بمنظور افزایش توان حاصلخیزی خاک، ایجاد بستر مناسب برای رشد ریشه چغندر قند، تحت تاثیر مواد آلی از منابع مختلف در مزرعه مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مغان در یک قطعه زمین با نه تیمار (مصرف مواد آلی از سه منبع : کود دامی، کاه وکلش و کود سبز، هر کدام در سه سطح: ۲/۵ ، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به اضافه شاهد (عدم مصرف مواد آلی) جمعا ده تیمار در سه تکرار بصورت کرتهای ثابت در قالب طرح کامل تصادفی به مدت سه سال زراعی اجرا گردید. طی سه سال دو بار کشت محصول چغندرقند (سال اول و سال سوم) با رعایت تناوب زراعی انجام گرفت. هر سال مراحل کاشت و داشت با شر ایط عرف محل انجام و محصول کرتها بطور جداگانه برداشت و عملکرد کرتها محاسبه گردید. همچنین نمونه ریشه چغندر قند هر سال از کرتها تهیه و در آزمایشگاه عیار قند محصول اندازه گیری گردید. میانگین داده های دو سال مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تجزیه واریانس عملکردها نشان داد، کار برد مواد آلی از منابع مختلف در عملکرد محصول و عیار قند چغندر بسیار معنی دار است. بطوریکه بالاترین عملکرد مربوط به تیمار T4،(۷۶/۱ تن در هکتار) و بیشترین عیار قند مربوط به تیمار T3، (۱۱/۸۲ درصد) است. و کمترین عملکرد و عیار قند مربوط به تیمار T1، به ترتیب ۵۸/۶۴ تن در هکتار و ۷/۹۷ درصد عیار قند است.

کلمات کلیدی: مواد آلی، چغندر قند، بستر مناسب ، عیار قند Guene

مقدمه:

یکی از عوامل موثر در عملکرد و کیفیت مطلوب محصولات کشاورزی وجود مواد آلی در خاک است. تخریب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک درنتیجه عدم مصرف کودهای آلی وکشت وکار بیش از اندازه سبب گردیده تا در سالهای اخیرمصرف این نوع کودها دوباره مورد توجه قرار بگیرد. بطوریکه امروزه مدیریت مطلوب ماده آلی درخاک قلب کشاورزی پایدار نام گرفت است (Stevenson، ۱۹۹۴). مواد آلی بدلیل ظرفیت تبادل کاتیونی حدود۳۰۰ مول برکیلوگرم و سطح ویژه ۹۰۰ مترمربع برکیلوگرم از پتانسیل بالایی در نگهداری وآزاد سازی عناصر غذایی برخورداراست و در بافر کردن PH خاک نقش عمده ای ایفا می نماید (اسدی رحمانی و سماوات، ۱۳۷۸). تحقیقات بسیاری برای مطالعه تاثیر مواد آلی برخواص گوناگون خاک توسط محققین در کشورهای متعدد صورت گرفته است (Lieffering وMclay ، ۱۹۹۶ .، Glasener و palm ، ۱۹۹۵). نتایج کلیه این تحقیقات تاکید بسیار برتاثیرات مثبت و مفید مواد آلی برخواص مختلف خاک و میزان تولیدات کشاورزی دارند. در این راستا Nurenberg و stammel (۱۹۸۹) گزارش دادند که افزایش ۱۲ تن کود مرغی به خاک ، در مقایسه با تیمار مصرف کود های شیمیای اختلاف معنی داری بین عملکرد محصولات مختلف نشان داده است. همچنین Sharma و همکاران (۱۹۸۱) گزارش دادند که گیاه عدس به عنوان کود سبز می تواند تا ۴۰٪ ازت قابل جذب در اختیار گیاه قرار دهد و افزایش معنی داری در عملکرد ایجاد نماید. درمطالعه ای دیگری درخوزستان، بااستفاده از باگاس نیشکر به میزان ۲۰ و۴۰ تن درهکتار توانستند به ترتیب ۷و۱۱درصدجرم مخصوص ظاهری خاک راکاهش دهند (صیاد وکاظمی،۱۳۸۰). به طورکلی هدف از کاربرد کودهای آلی بهبود شرایط بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک می باشد و این مواد بعنوان منبعی از انرژی وعناصر غذایی برای اکوسیستم خاک مهم می باشند. مواد کربن دار نظیرکمپوست، کودهای بیولوژیکی، کودهای دامی و بقایای گیاهی درصورتیکه به مقدارکافی مصرف شوند می توانند اثرات مفیدی بر خصوصیات خاک و افزایش حاصلخیزی آن داشته باشند (Erich و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به تولید روز افزون مواد زاید شهری و از طرفی کاهش مواد آلی خاکها به علت کشت و زرع مداوم، به گردش در آوردن مجدد این مواد زاید آلی به عنوان مواد اصلاح کننده خاک نسبت به دفن و سوزاندن آنها برتری دارد(Felipo ، ۱۹۹۶). استفاده از انواع کود ها ی دامی نیز بطور موثری به اصلاح اراضی کشاورزی کمک می کند . خاکها برای اینکه حاصلخیز

* ایمیل نویسنده مسئول: m_asadij@yahoo.com

باشند می بایستی بطور نسبی بیش از سه در صد مواد آلی داشته باشند. مواد آلی موجب تیره شدن رنگ خاک و باعث جذب بیشتر حرارت در خاک می شود، خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشیده و موجب تشکیل خاکدانه های مناسب وایجاد بستر خوب برای بذر می شود. عملیات خاکورزی را بهبود و در خاک موجب حفظ رطوبت بخصوص در مناطق دیم میگردد (سالاردینی، ۱۳۷۴). به دلیل در نظر نگرفتن اهمیت و تاثیرات مثبت مواد آلی در اراضی کشاورزی، اغلب خاک های کشور از این لحاظ دچار کمبود گشته و باعث کاهش چشمگیری در حاصلخیزی خاک شده است . هدایت و راهنمایی کشاورزان محلی در این ارتباط که سطح زیادی را شامل می شود، می تواند تاثیر بسزایی در افزایش میزان تولیدات کشاورزی داشته باشد و در ثبات و حفظ کشاورزی پایدار مؤثر واقع گردد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این طرح ابتدا مطالعات دقیقی از نظر وجود منابع مواد آلی در منطقه انجام، و روشن گردید که در استفاده از منابع مواد آلی می توانیم از کود دامی به اضافه کاه وکلش وکود سبز (جو کشت شده در اول تابستان) که در منطقه استفاده از آنها بین کشاورزان مرسوم است، استفاده نمائیم. برای اجرای طرح ابتدا قطعه زمینی را در مزرعه مرکز انتخاب نمودیم سپس نمونه خاک مرکب ، جهت آنالیز وتعیین مقدار عناصر موجود تهیه گردید. قطعه انتخابی به سی کرت (۳ * ۱۰) یعنی ده تیمار (T1- شاهد عدم مصر ف کود آلی، T2- مصرف ۲/۵ تن در هکتار کود دامی T3- مصرف ۵ تن در هکتار کود دامی T4 – مصرف ۱۰ تن کود دامی در هکتار T5- مصرف ۲/۵ تن کاه وکلش در هکتار T6- مصرف ۵ تن کاه و کلش در هکتار T7- مصرف ۱۰ تن کاه و کلش در هکتار T8- مصرف ۲/۵ تن کود سبز در هکتار T9- مصرف ۵ تن کود سبز در هکتار T10- مصرف ۱۰ تن کود سبز در هکتار) در سه تکرار تقسیم گردید. قبل از کاشت، تیمارهای کودآلی از منابع دامی و کاه وکلش وکود سبز هر کدام در سه سطح ودر سه تکرار اعمال،بستر کشت آماده و عملیات کاشت با بذرکار ردیفی انجام گرفت. مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک (کود فسفره از نوع سوپرفسفات تریپل بمقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت وباشخم عمیق ، ازت از نوع اوره بمقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ودر سه نوبت به صورت سرک)برای تمامی کرت ها بمقدار مساوی و هم زمان اعمال گردید. درطول مرحله داشت، کارهایی از قبیل وجین، تنک، آبیاری، سمپاشی بر الیحه آفات و بیماریها، نمونه برداری انجام و یادداشت برداری لازم به عمل آمد. پس از دوره رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی، نهایتا مزرعه سرزنی و به روش دستی برداشت محصول انجام گرفت. نمونه لازم تهیه وبه آزمایشگاه سنجش عیار قند ارسال گردید و عملکرد هکتاری محاسبه و داده ها مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت .

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، کاربرد مواد آلی اثر معنی‌داری بر مقدار عملکرد و عیار قند داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقدار مصرف مواد آلی از منابع مختلف عملکرد محصول و عیار قند در مقایسه با تیمار شاهد که هیچگونه مواد آلی مصرف نشده بود، افزایش یافت. بطوریکه بالاترین عملکرد محصول و عیار قند به ترتیب مربوط به تیمار T4،(۷۶/۱ تن در هکتار)و تیمار T3، (۱۱/۸۲ در صد) و کمترین آنها مربوط به تیمار T1، ۵۸/۶۴ تن در هکتار با ۷/۹۷ در صد عیار قند است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر مواد آلی از منابع مختلف بر عملکرد ریشه چغندر قند

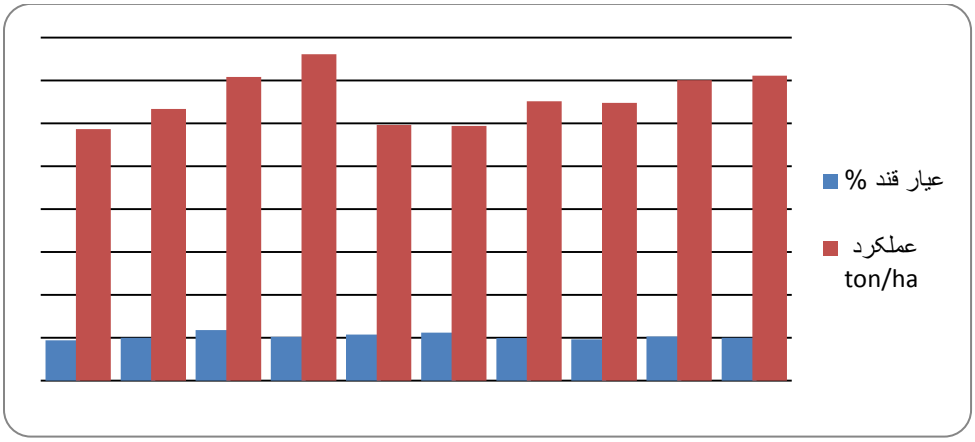
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۱۷/۳۹۰	۰/۷۲۸۲^{ns}
تیمار	۹	۱۰۸/۶۱۴	۴/۵۴۸۰**
خطا	۱۸	۲۳/۸۸۲	
ضریب تغییرات	۷/۴۰	-	-

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد.

جدول ۲: :نتایج تجزیه واریانس تاثیر مواد آلی از منابع مختلف بر درصد عیار قند چغندر قند

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۱/۶۲۸	۰/۹۹۷۹^{ns}
تیمار	۹	۹/۹۶۶	۶/۱۰۷۵**
خطا	۱۸	۱/۶۳۲	
ضریب تغییرات	۷/۴۰	-	-

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد.



شکل۱- اثر سطوح مواد آلی از سه منبع دامی، کاه و کلش و کود سبز بر عملکرد ریشه و عیار قند محصول چغندر در منطقه مغان

شکل (۱) مقایسه اثر سطوح مختلف کود آلی از منابع مختلف با شاهد را نشان می دهد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که استفاده از کود آلی موجب افزایش عملکرد برداشت ریشه و در صد قند چغندر شده است. این افزایش با مقدار سطح مصرف کود آلی رابطه مستقیم دارد بطوریکه عملکرد محصول درکرتهای آزمایشی که از سه منبع کود آلی استفاده شده بود با افزایش مقدار مواد آلی مصرفی افزایش یافت. و این اثر مثبت در عملکرد محصول به ترتیب در کود دامی ، بعد کود سبز و کاه وکلش بیشتر خود را نشان د اد .

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که کاربرد موادآلی از منابع مختلف موجب افزایش عملکرد ریشه و عیار قند چغندر قند در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصر ف مواد آلی) گردید. همچنین مشاهده گردید کود دامی در مقایسه با کاه و کلش و کود سبز تاثیر بیشتری در عملکر د ریشه و عیار قند دارد و با افزایش مقدار مصر ف این تاثیر بیشتر خود را نشان می د هد. بنابراین استفاده از کود دامی، کاه و کلش و کود سبز که در منطقه به وفور قابل دسترسی است برای کشاورزان توصیه می گردد. استفاده از منابع کود آلی علاوه بر افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول و افزایش درآمد اقتصادی زارع، می تواند در تحقق کشاورزی پایدار، حفظ منابع و بهداشت و سلامتی محیط زیست بسیار موثر باشد.

منابع:

اسدی رحمانی، هادی . و سعید. سماوات . ۱۳۷۸. مواد آلی، اهمیت وافزایش آن در خاک نشریه فنی شماره ۴۲، موسسه تحقیقات خاک و آب نشر آموزش کشاورزی کرج .

سالاردینی، علی اکبر . ۱۳۷۴ . حاصلخیزی خاک شماره ۱۱۳۹، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، تهران، ایران.

صیاد . غلامعباس و حسین کاظمی . ۱۳۸۰ . بررسی تاثیر کاربرد باگاس نیشکر بربرخی خصوصیات فیزیکی خاک . مجله علوم خاک . جلد ۱۵ . شماره ۱، ۱۵۱-۱۴۴ .

Felipo, M. T., 1996. Compost as a source of organic matter in Mediterranean soils.P. 402-412. In: M. Bertoldi et al, (ed.) The science of composting. 1st ed. Part 1,Blakie Academic and Professional. Glasgow, UK..

Glasener, K.M.,and C.A. palm. 1995 . Ammonia volatilization from tropical legume mulches and green manures on unlimed and limed soils. Plant and soil . 177:33-41 .printed in the Netherlands.

Nuernberg , N . J ., stammel, JG. 1989. Crop yielde and soil chemical properties under different crop rotation .organic and mineral fertilizer treatments . Revista-Brasileira-de-Ciencia-do-solo. 13:1. 87-93 .

Sharma, R. C., K.C. Sud, and H.C. Sharma. 1981 Effect of soil organic matter on potato production and N.P.K. availability. Indian journal of agricultural chemistery. 14(1-2) : 133-138 .

Stevenson ,F.J.1994.Humuschemistry.P.1-20 John Wiley and Sons Inc.New york.

Lampkin , N. 1994. Organic farming .published by farming press Booksandvideeswharfedale Root . Ipswich o 4LG – United Kingdom.

Lieffering, R.E.,and C.D.A. McLay . 1996 . the effect of strong hydroxide solutions on the stadility of aggregates and hydraulic conductivity of soil . European j .Soi.Sci . 47:43-50.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The effect of organic materials from different sources on the yield of sugar beet product

Asadi jlodar[*1], A., Hassanpanah[2], D., Asghari dashkasan, A.[3] Samadi, R.[4]

[1] Researcher, Department of O Soil Research, agricultural research, Education and Extension center of Ardabil

[2] Associate Prof., Department of Horticultural Science Research, agricultural research, Education and Extension center of Ardabil

[3] M. Sc., Ardabil Province Agricultural Jihad organization

[4] M. Sc., Agricultural research, Education and Extension center of Ardabil

Abstract

This plan to increase the power of soil fertility, create a suitable bed for the growth of sugar beet root, under the effect of organic materials from different sources in farm Research Center, Education and extension of Moghan agriculture in one piece of land with nine treatments (organic matter consumption of three sources: manure, its lawyers and green manure, each in three Levels: 2.5 , 5 and 10 T ha-1 (the non-consumption of organic substances) had a total of 10 treatments in three replications in the form of a randomized complete design for three cropping years. in a three-year period, sugar beet (first and third year) cultivation was performed with the crop rotation. each year, the planting stages were carried out and the products were separately harvested and their performance was calculated. Also, sugar beet root sample was prepared from the samples and measured in the sugar laboratory of the product. the mean of two years data were analyzed statistically. Analysis of variance functions showed that the work of organic matter from different sources in crop yield and sugar beet is significant. The highest yield is related to T4 (1/76 ton/ha) and the highest sugar-related treatments of T3 (82.11%). And the lowest yield and the sugar alloy related to T1 was 64.58 tons per hectare and 97.7% of sugar

Keywords: Organic materials, sugar beet, suitable bed, sugar shifter

[*] Corresponding author, Email: m_asadij@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیرات بیوچارکلزا بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یک خاک با بافت رسی سیلتی

آناهیتا تیموری*[۱]، علی اشرف امیری نژاد[۲]، مختار قبادی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی

[۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی

چکیده

بیوچار نوعی ماده آلی غنی از کربن است که از پیرولیز مواد آلی در شرایط اکسیژن کم تولید می‌شود. به دلیل ویژگی‌های خاص بیوچار نسبت به سایر ترکیبات آلی، افزودن آن به خاک می‌تواند باعث بهبود و اصلاح کیفیت خاک برای یک مدت طولانی شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف بیوچار (صفر، یک و سه درصد وزنی) بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یک خاک سیلتی کلی و در قالب طرح کامل تصادفی اجراء گردید. بعد از افزودن بیوچار به خاک، برای مدت سه ماه و با حفظ رطوبت در حد ظرفیت گلدانی، عملیات تثبیت بیوچار در خاک صورت گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک گردیده، به نحوی که ضمن افزایش ماده آلی خاک از ۱/۸۷ به ۶/۶۱ درصد، تخلخل خاک از ۵۶ به ۷۱ درصد و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از ۰/۶۴ به ۰/۷۱ میلی‌متر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. البته، هدایت الکتریکی (EC) خاک نیز از ۲/۲۹ به ۳/۰۱ dS/m و pH از ۷/۶۷ به ۸/۰۳ به‌طور جزئی اما معنی‌داری افزایش یافتند. بنابراین، می‌توان گفت که استفاده از بیوچار، یک استراتژی نوین، ارزان و مناسب برای اصلاح و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک است.

کلمات کلیدی: پایداری خاکدانه‌ها، کیفیت فیزیکی خاک، ماده آلی خاک.

مقدمه

ماده آلی با ایجاد شرایط خاکدانه‌سازی باعث بهبود وضعیت تخلخل و افزایش نفوذ پذیری آب و هوا در خاک شده و لذا یک عنصر اساسی از نظر قابلیت تولید محسوب می‌شود. در سال‌های گذشته، استفاده از کودهای شیمیایی برای دستیابی به عملکرد بالا، سبب گردید تا اهمیت موادآلی در تولید محصولات کشاورزی کمتر در نظر گرفته شود، در حالی که کودهای آلی از نظر مدیریتی، بر جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تاثیر گزار است. (Njoku و همکاران ۲۰۱۶). یک راهکار جدید برای بهبود و حفظ سطح ماده آلی خاک در طولانی مدت، استفاده از بیوچار است (Sun و همکاران ۲۰۱۴). بیوچار [i] یک ماده متخلخل کربنی است که از گرماکافت [ii] بقایای آلی مانند ضایعات گیاهی در دمای بالا و در یک شرایط بدون اکسیژن یا با میزان اکسیژن محدود به دست می‌آید (Uchimiya و همکاران ۲۰۱۹). بنابراین، در مناطق خشک و نیمه خشک با میزان ماده آلی پایین، مصرف بیوچار می تواند به عنوان یک ماده اصلاحی، سبب افزایش کربن آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک گردد (Mastoa و همکاران ۲۰۱۳). از اثرات بیوچار بر کیفیت فیزیکی خاک، تاثیر آن در افزایش تخلخل کل خاک، افزایش منافذ درشت خاک و افزایش پایداری ساختمان خاک است (Lehmann. and Joseph، ۲۰۰۹). همینطور، نتایج تحقیقات متعددی نشان می‌دهد که افزودن بیوچار به خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود (Kumar و همکاران ۲۰۱۳). لذا هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر بیوچار کلزا بر خصوصیات و کیفیت فیزیکی یک خاک با بافت رسی سیلتی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی انجام گردید. تیمار آزمایشی شامل بیوچار کلزا در سه سطح مختلف (صفر، یک و سه درصد وزنی) بود. نمونه‌ی خاک از لایه‌ی سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) اراضی ماهیدشت استان کرمانشاه تهیه گردید. نمونه های خاک بعد از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، برای اندازه گیری‌های فیزیکی و شیمیایی لازم مورد استفاده قرار گرفت. بافت خاک به روش هیدرومتر، pH با دستگاه pH سنج، هدایت الکتریکی عصاره خاک (EC) با دستگاه هدایت سنج، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسیدکلریدریک و کربن آلی به روش اصلاح شده واکلی وبلاک تعیین شد (جدول۱).

جدول۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده

ویژگی خاک	pH	EC dS/m	کربن آلی (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)	شن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک
مقدار	۷/۷	۲/۲۹	۱/۱	۲۶/۵	۱۶/۴	۴۱	۴۲/۶	رسی سیلتی

برای انجام طرح از گلدان‌هایی با ظرفیت ده کیلوگرم خاک استفاده گردید . نمونه‌ی خاک، بعد از افزودن بیوچار لازم در داخل گلدان‌ها ریخته شد و برای مدت سه ماه فرایند تثبیت بیوچار به صورت خوابانیدن انجام گرفت. در طی این مدت، رطوبت گلدان‌ها هر سه روز یکبار در حد ظرفیت گلدانی نگه داشته شد. سپس اندازه گیری‌های فیزیکی و شیمیایی لازم بر روی نمونه های خاک داخل گلدان‌ها صورت گرفت. در این راستا، پایداری خاکدانه‌ها با روش الک تر و چگالی ظاهری خاک به روش کلوخه تعیین و درصد تخلخل نیز مطابق روش مرسوم محاسبه گردید. همچنین، آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد..

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر بیوچار کلزا بر ویژگی‌های خاک

نتایج تجزیه واریانس اثرات بیوچار کلزا بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ آمده است. مطابق این جدول، اثر سطوح بیوچار کلزا بر جرم‌مخصوص ظاهری خاک، تخلخل، میزان هدایت الکتریکی و pH از نظر آماری در سطح یک درصد و بر مقدار ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است.

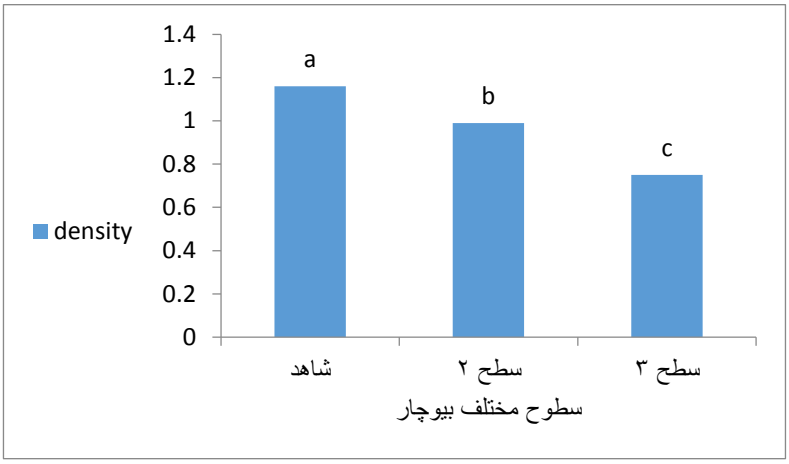
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر بیوچار کلزا بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن مخصوص ظاهری	تخلخل	MWD	ماده‌آلی	EC	pH
بیوچار	۲	۰/۱۲۷**	۰/۰۱۸*	۰/۰۰۴*	۳/۱۹**	۰/۶۲**	۰/۰۲۴**
خطا	۶	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۵۹**	۰/۰۳۹**	۰/۰۱۹**

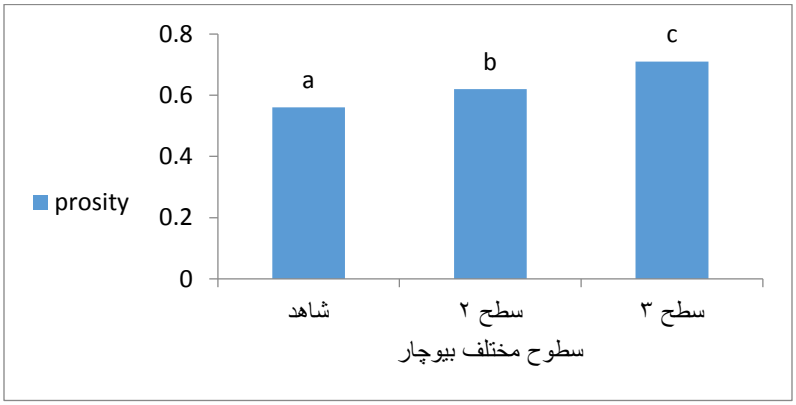
** و * به ترتیب بیانگر معنی‌دارشدن در سطح یک و پنج درصد

تاثیرات بیوچار بر جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک

سطوح مختلف بیوچار به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید (شکل ۱). افزودن ماده آلی از قبیل بیوچار به خاک، با بهبود شرایط خاکدانه‌سازی، وضعیت تخلخل خاک را ارتقاء بخشیده که در نتیجه جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد (نیک روش و همکاران، ۱۳۹۷). اختلاف معنی داری در میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در شرایط مصرف و عدم مصرف بیوچار در خاک در بعضی تحقیقات گزارش شده است (Lei and Zhang، ۲۰۱۳ ؛ Hardie و همکاران ۲۰۱۴). شکل ۲ نیز اثرات بیوچار کلزا بر افزایش تخلخل خاک را نشان می‌دهد. بیوچار که خود ماده‌ای متخلخل با سطح ویژه بسیار زیاد است، می‌تواند سال‌ها در خاک ماندگاری داشته و در بهبود تخلخل خاک موثر باشد (Liangو همکاران ۲۰۰۶).



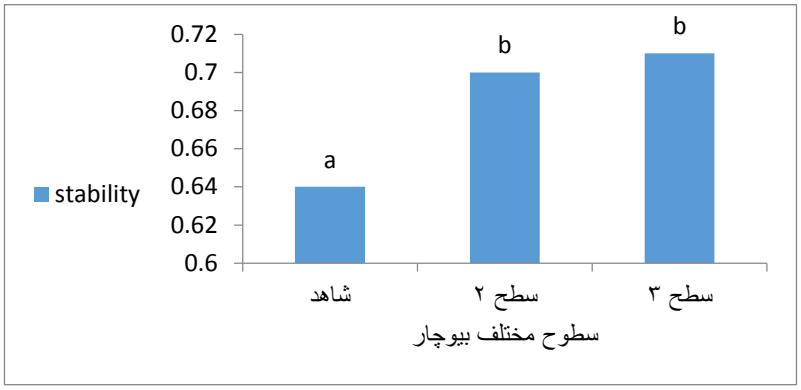
شکل ۱- اثرات بیوچار کلزا بر جرم مخصوص ظاهری خاک



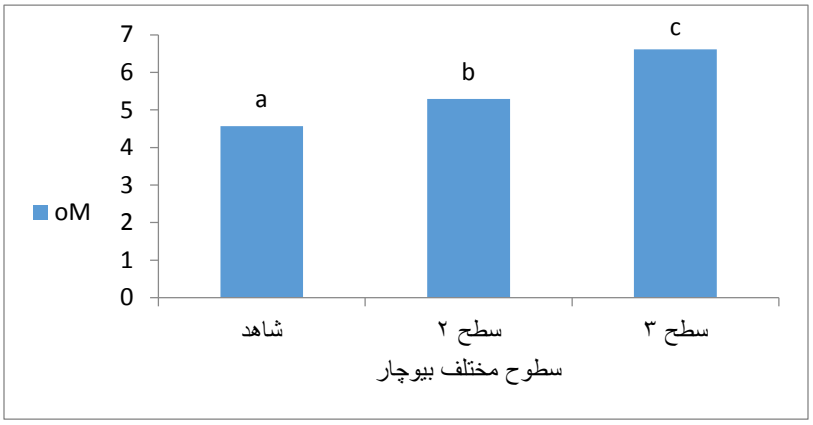
شکل ۲- اثرات بیوچار کلزا بر میزان تخلخل خاک

تاثیرات بیوچار بر پایداری خاکدانه‌ها و مقدار ماده آلی خاک

با اضافه کردن سطوح مختلف بیوچار کلزا به خاک اولیه، پایداری خاکدانه ها افزایش چشمگیری داشته، بطوری‌که میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از ۰/۶۴ به ۰/۷۱ میلی‌متر افزایش یافت (شکل ۳). ارزیابی ساختمان خاک که معمولا بر اساس پایداری خاکدانه‌ها بیان می‌شود (Bronick and Lal، ۲۰۰۵)، تحت تاثیر توزیع مواد آلی در خاک قرار است و افزایش ترکیبات آلی و از جمله بیوچار به خاک، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین کننده پایداری خاکدانه‌ها است (Fattet و همکاران ۲۰۱۱). شکل ۴ نیز اثرات معنی‌دار بیوچار بر افزایش میزان ماده آلی خاک را نشان می‌دهد.



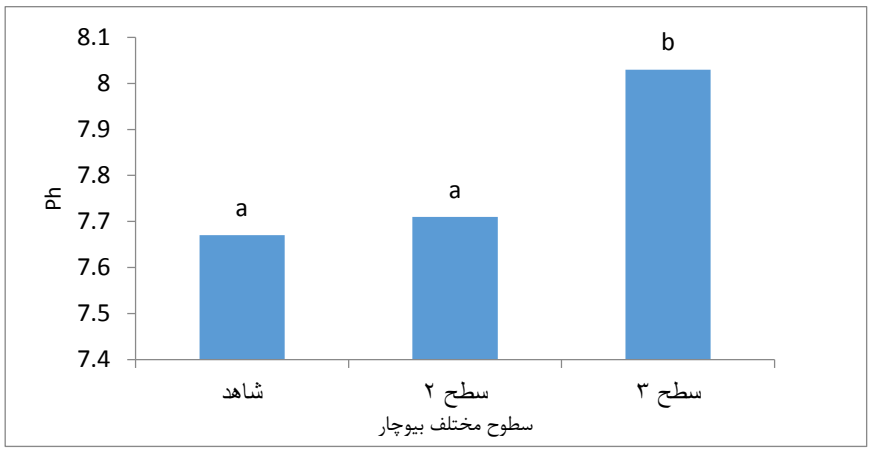
شکل۳. اثرات بیوچار کلزا بر میانگین وزنی خاکدانه‌ها



شکل ۴. اثرات بیوچار کلزا بر میزان ماده آلی خاک

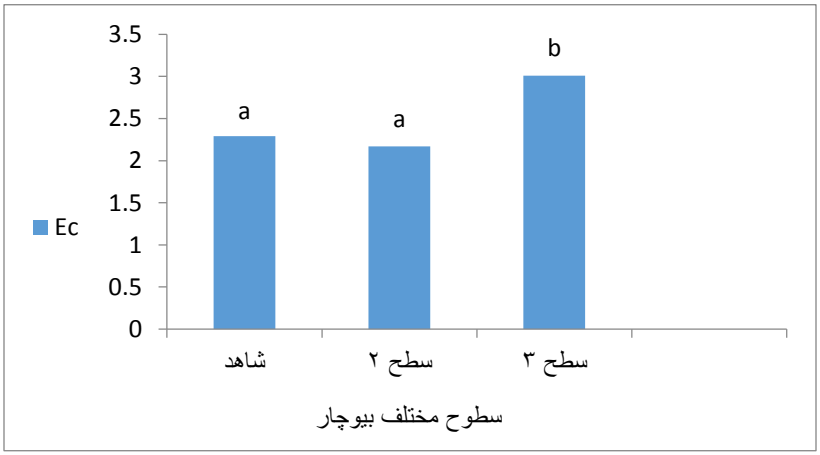
تاثیرات بیوچار بر pH و EC خاک

اثر بیوچار کلزا در افزایش pH خاک از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۵). از آنجا که مواد قلیایی موجود در بیوچار در مقایسه با مواد خام اولیه، به راحتی آزاد می‌شوند، این موضوع می‌تواند دلیل اصلی افزایش pH خاک باشد. البته میزان تاثیر، تحت تاثیر نوع ماده اولیه، درجه حرارت و مدت زمان تولید می‌باشد. مشابه این نتیجه توسط Van Zwieten و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه تأثیر بیوچار بر pH خاک‌های آهکی گزارش شده است.



شکل۵. اثرات بیوچار کلزا بر میزان pH خاک

همچنین، تاثیر مقدار بیوچار بر قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (شکل ۶). به نظر می‌رسد افزایش قابلیت هدایت الکتریکی مربوط به افزوده شدن املاح موجود در بیوچار و همچنین تأثیر بیوچار بر ترکیبات خاک و آزادسازی عناصر محلول باشد (خادم و همکاران ۱۳۹۵).



نمودار ۶. اثرات بیوچار کلزا بر میزان هدایت الکتریکی (EC) خاک

نتیجه‌گیری

بطورکلی این پژوهش نشان داد که تیمارها و سطوح مختلف بیوچار سبب تغییرات و به عبارتی، بهبود ویژگی‌ها و کیفیت فیزیکی خاک می گردد. بر طبق نتایج حاصله، بیوچار کلزا از طریق افزایش سطح ماده آلی خاک، موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش تخلخل و افزایش پایداری خاکدانه‌ها گردید. استفاده از بیوچار به عنوان یک ماده زیستی ارزان و پایدار در خاک، می‌تواند موجب بهبود بلند مدت خواص و کیفیت فیزیکی خاک و افزایش بهره‌وری محصول گردد. به عبارت دیگر، مقاومت شدید بیوچار در مقابل تجزیه و در نتیجه پایدار بودن آن در خاک، یکی از مزایای استفاده از بیوچار است. ضمن آن‌که تهیه آن از یکسری منابع ارزان (بقایای گیاهی)، و با صرفه اقتصادی صورت می‌گیرد. قابل ذکر است که ضمن توجه به مزایای مذکور، کاربرد این ماده در خاک ممکن است موجب افزایش جزئی pH خاک‌های آهکی و یا بالا رفتن میزان EC آن‌ها گردد.

منابع

نیک روش، ا. برومند نسب، س. ناصری، ع. محمدی. ا. ۱۳۹۷. بررسی اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لوم-شنی. نشریه آب و خاک، ۳۲، ۳۹۷-۳۸۷.

خادم، ا. رِییسی، ف. و بشارتی، ح. ۱۳۹۵. تاثیر بیوچار ذرت بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک های آهکی. دومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران. تهران.

Bronick, C. J. and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma, 124, 3-22.

Fattet, M. Fu. Y., Ghestem, M. Ma. W., Foulonneau, M., Nespoulous, J., Bissonnais, Y.L. and Stokes, A. 2011. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. Catena, 8722.

Hardie, M., Clothier B. Bound S. Oliver G. and Close D. 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? Plant Soil, 376: 347361.

Kumar, S., Masto, R.E. Ram, L.C. Sarkar, P. George, J. and Selvi, V.A. 2013. Biochar preparation and its potential use in soil application. Ecological Engineering, 55: 67–72

Lei, O., and Zhang, R. 2013. Effects of bio-chars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulic properties. Journal of Soils and Sediments, 13: 1561-1572.

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. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal, 70:17191730

Masto, R.E. Kumar, S. Rout T.K. Sarkar P. George, J. and Ram, L.C. 2013. Biochar from water Hyacinth (Eichornia crassipes) and its impact on soil biological activity. Catena 111:64–71.

Njoku, C., Uguru, B. N., and Chibuike, C. C. 2016. Use of biochar to improve selected soil chemical properties, carbon storage and maize yield in an Ultisol in Abakaliki Ebonyi State, Nigeria. International Journal of Environmental and Agriculture Research 2: 15-, 60-69.

Sun, Y., Gao, B., Yao, Y., Fang, J., Zhang, M., Zhou, Y. Chen, H., and Yang, L. 2014. Effects of feedstock type, production method, and pyrolysis temperature on biochar and hydrochar properties. Chemical Engineering Journal, 240: 574–578.

Uchimiya, M., Lima, I.M., Thomas Klasson, K., Chang, S., Wartelle, L.H., Rodgers, J.E., 2010. Immobilization of heavy metal ions (CuII, CdII, NiII, and PbII) by broiler litter-derived biochars in water and soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58, 5538-5544.

Van Zwieten, L., Kimber, S. Morris, S. Chan, K.Y. Downie, A, and Rust, J. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of paper mill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant Soil, 46: 327-235.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Effects of biochar on physical and chemical properties of a soil with a silty clay texture

Taimuori[*1], A., Amirinejad[2], A.A., Ghobadi, M.[3]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Razi, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Razi, Iran

[3] Associate Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture University of Razi, Iran

Abstract

Biochar is a carbon-rich organic matter, is produced by pyrolysis under low oxygen conditions. Because of its special properties, than other organic compounds, adding of biochar can improve the soil quality for a long time. This study was conducted to investigate the effect of different levels of biochar (0, 1 and 3 wt. %) on the physical and chemical properties of a soil with a silty clay texture, in a completely randomized design. After the addition of biochar to the soil, its stabilization operation was carried out for a period of three months, with the maintenance of soil moisture at the pot capacity level. The results showed that application of biochar to the soil, improved soil physical properties, so that soil organic matter increased from 1.87 to 6.61%, soil porosity from 56 to 71% and mean weight diameter of aggregates from 0.64 to 0.71 mm, significantly. Of course, the electrical conductivity (EC) also increased from 2.29 to 3.01 dS/m and soil pH from 7.67 to 8.8. Therefore, it can be said that the use of biochar is a new, inexpensive and suitable strategy to improve the soil physical properties.

Keywords: Aggregate stability, soil physical quality, soil organic matter

[*] Corresponding author, Email: anahita.tamori@gmail.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی روش بوت‌استرپ و GLUE در تعیین عدم قطعیت پارامترهای مدل ون‌گنوختن

سمانه اطمینان[۱]، وحیدرضا جلالی[۲*]، مجید محمودآبادی[۲]، عباس خاشعی سیوکی[۳]، محسن پوررضا بیلندی[۳]

[۱]دانشجوی دکترای فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۲]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۳]دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

چکیده

مطالعه ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به‌ویژه پارامترهای منحنی رطوبتی خاک در جهت اهداف کشاورزی، محیط زیست و کاربردهای مهندسی بسیار کارآمد و با ارزش است. پارامترهای منحنی رطوبتی خاک نه تنها در برآورد رطوبت خاک و تعین نیاز آبی گیاه نقش بسزائی دارد بلکه در میزان عملکرد و کارایی سایر مدل‌های فیزیکی خاک در جهت مدیریت آب و خاک بسیار کارآمد می‌باشد. از این‌رو، در این تحقیق به ارزیابی میزان عدم‌قطعیت پارامترهای مدل ون‌گنوختن در بافت شن لومی با استفاده از روش بوت استرپ و GLUE پرداخته شده است. علاوه بر ارزیابی عدم‌قطعیت پارامترهای مدل ون گنوختن میزان توانایی این دو روش در برآورد عدم‌قطعیت پارامترهای منحنی رطوبتی خاک نیز بررسی می‌گردد. بدین منظور از نمونه خاک مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان به طور کاملاً تصادفی ۵۰ نقطه انتخاب و نمونه‌برداری صورت گرفت. با استفاده از نرم افزار RETC پارامترهای مدل ون‌گنوختن تخمین زده شد و سپس میزان عدم قطعیت پارامترهای با استفاده از روش بوت‌استرپ و GLUE مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل بیانگر وجود عدم‌قطعیت در پارامترهای مدل ون‌گنوختن به‌ویژه پارامتر n، α و θ_s است. از سوی دیگر نتایج نشان داد که روش GLUE نسبت به روش بوت‌استرپ در ارزیابی عدم‌قطعیت مدل ون‌گنوختن توانمندتر عمل می‌کند.

کلمات کلیدی: منحنی رطوبتی خاک، مدل فیزیکی خاک، RETC.

مقدمه

رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک محسوب می‌شود که در تعیین نیاز آبی گیاه، مدیریت منابع آب- خاک، ارزیابی میزان رخداد خشکسالی، سیلاب و همچنین مطالعات تغییرات اقلیمی نقش کلیدی دارد (Harrison و همکاران،۲۰۱۲). منحنی رطوبتی خاک از شاخص‌ترین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به شمار می‌رود که برای تعیین میزان رطوبت خاک بسیار پرکاربرد می‌باشد، همچنین این متغیر بیانگر وضعیت خاک و نوع مدیریت اعمال شده بر آن است (Liu و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین منحنی رطوبتی خاک یکی از سودمندترین ابزار کاربردی در فرآیند مدل‌سازی به‌ویژه فرآیند جریان آب و انتقال املاح می‌باشد. منحنی رطوبتی خاک علاوه براین که متاثر از نوع خاک و شرایط مدیریتی است، نحوه نمونه‌برداری، روش انتخابی مورد استفاده در برآورد پارامترهای آن نیز تحت تاثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد که سبب افزایش درجه عدم قطعیت پارامترهای منحنی رطوبتی خاک می‌گردد (Calamak و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به این که منحنی رطوبتی یک ورودی کلیدی در مدل‌های آب – خاک محسوب می‌شود و از سوی دیگر در ارزیابی سایر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک نیز نقش اساسی ایفاء می‌کند، مطالعه عدم قطعیت منحنی رطوبتی خاک بسیار ضروری و با اهمیت می‌باشد. از روش‌های کاربردی که در مطالعه عدم قطعیت می‌توان از آنها استفاده نمود، روش بوت استرپ و GLUE می‌باشد . صبری و همکاران (۱۳۹۴) عدم قطعیت شیب منحنی رطوبتی خاک در نقطه عطف را با استفاده از شبکه عصبی ادغام شده با بوت استرپ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان بیانگر وجود عدم قطعیت در توابع انتقالی بکار رفته در برآورد نقطه عطف منحنی رطوبتی خاک است. Deng و همکاران (۲۰۰۹) نیز با استفاده از روش بوت‌استرپ به مطالعه عدم قطعیت جریان غیراشباع آب در خاک پرداختند. Yan و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش GLUE به ارزیابی عدم قطعیت پارامترهای هیدرولیکی خاک پرداختند، نتایج حاصل بیانگر توانمندی این روش در برآورد کمّی عدم قطعیت پارامترها است. Brandyk و همکاران (۲۰۱۶) نیز میزان عدم قطعیت رطوبت خاک در یک بافت لوم شنی را با استفاده از روش GLUE مطالعه نمودند. نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر وجود عدم‌قطعیت در رطوبت خاک اندازه‌گیری شده با استفاده از TDR می‌باشد. عدم

*ایمیل نویسنده مسئول: v.jalali@uk.ac.ir

قطعیت پارامترهای منحنی رطوبتی خاک نقش بسزائی در ساختار منحنی رطوبتی خاک ایفا می‌کنند، به‌ویژه زمانی که ساختار منحنی رطوبتی خاک انعکاس‌کننده ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و شاخصی از کیفیت آب مورد استفاده باشد و همچنین بیانگر میزان دقت بکار رفته در اندازه‌گیری داده‌هاست. از این‌رو، بررسی و مطالعه عدم قطعیت پارامترهای منحنی رطوبتی خاک در بهبود برآورد پارامترهای هیدرولیکی و شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژی در مقیاس‌های بزرگ می‌تواند کمک شایانی به محققین داشته باشد. هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی عدم قطعیت پارامترهای مدل ون‌گنوختن در بافت شن لومی با کاربرد دو روش بوت استرپ و GLUE می‌باشد و همچنین میزان توانایی و کارایی این دو روش نیز مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

مواد و روش

در این پژوهش از بافت شن لومی که از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان نمونه‌برداری شده بود، استفاده گردید. از این-رو به ۵۰ نمونه تصادفی تهیه و پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و توزیع ذرات خاک با استفاده از روش پیپت و منحنی رطوبتی خاک با استفاده از روش صفحه فشاری اندازه‌گیری شدند. برای بدست آوردن مقادیر پارامترهای منحنی رطوبتی خاک از نرم افزار RETC استفاده گردید. سپس با استفاده از روش بوت‌استرپ و GLUE میزان عدم‌قطعیت پارامترهای مدل ون‌گنوختن (معادله ۱) مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$\theta_w = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)S \quad (1)$$

$$m=1-1/n \quad S = \frac{1}{[1+(\alpha.\psi)^n]^m} \quad (2)$$

که θ_w، θ_r و θ_s به‌ترتیب مقدار آب حجمی، آب باقی‌مانده و آب اشباع‌شده می‌باشند، S : درجه اشباع موثر خاک بوده که بین صفر و ۱ متغیر است و α ، n و m نیز پارامترهای برازش‌دهنده منحنی رطوبتی خاک هستند که مقادیر غیرمنفی می‌باشند.

روش تخمین عدم قطعیت

- **بوت‌استرپ:** در این روش ابتدا به تولید نمونه‌های ساختگی مشابه با نمونه اصلی پرداخته می‌شود و سپس با برآورد مقدار اریبی، ارائه برآوردگر اریب- اصلاح‌شده و ساخت بازه‌های اطمینان به ارزیابی عدم‌قطعیت مقدار کارایی بدست آمده از نمونه اصلی می‌پردازد. از خود داده‌ها و به تعداد داده‌های هر سری، نمونه گرفته می‌شود. این عمل، معمولاً چندین بار (در این تحقیق ده‌هزار بار) تکرار شده و برای هر تکرار یک میانگین و یک واریانس محاسبه شده و سپس فاصله اطمینان هر تکرار محاسبه می‌شود (Tibshiranو Efron ، ۱۹۹۳).

- **GLUE :** یکی از روش‌های کاربردی که در مبحث تعیین عدم‌قطعیت در جنبه های مختلف علوم کاربرد فراوانی یافته است، روش GLUE است (Bevenو Binley، ۱۹۹۲). مراحل اجرای روش GLUE به شرح زیر می‌باشد:

تعیین محدودی اولیه پارامترها که براساس مطالعات پیشین، از تابع توزیع یکنواخت استفاده گردید.

برای تولید N مجموعه داده تصادفی برای هر پارامتر از روش نمونه‌گیری مکعب لاتین بهره گرفته شد که در این تحقیق ۱۰۰۰۰ نمونه برای هر پارامتر تولید شده است.

تعیین تابع درست‌نمایی: در زمینه عدم قطعیت توابع زیادی در این خصوص ارائه شده است که می‌توان به حداقل میانگین مربعات خطا و تبدیل نمایی واریانس خطا با ضریب شکل N اشاره نمود (Izady و همکاران، ۲۰۱۵) .

حد آستانه برای پذیرش مجموعه پارامترهای قابل قبول تعیین شد.

برای مجموعه پارامترهای قابل قبول مقادیر درست نمایی محاسبه گردید.

معیارهای ارزیابی عدم قطعیت

برای تعیین میزان کارایی روشهای مورد مطالع در تخمین میزان عدم قطعیت پارامترهای مدل ون‌گنوختن، از شاخصهای P *factor* و *d factor* به قرار زیر استفاده شد:

عامل P: درصد قرار گرفتن داده‌ها در محدوده فاصله اطمینان را نشان می‌دهد (Han و Vanapalli، ۲۰۱۶).

$$P_{CI} = \frac{NQ_{Observed}}{NQ_{All}} \times 10 \quad (۳)$$

که در رابطه فوق $NQ_{Observed}$، تعداد متغیر مشاهداتی که در فاصله اطمینان قرار گرفته‌اند و NQ_{All}، تعداد کل متغیر بدست آمده است.

عامل d: پهنای نرمال‌شده محصور بین حد بالا و حد پایین متغیر شبیه‌سازی شده در سطح اطمینان موردنظر می‌باشد (Jin et al., 2010).

$$d-factor = \frac{1}{n}\sum \frac{Limit_{Upper,t} - Limit_{Lower,t}}{Q_{Obs,t}} \quad (۴)$$

در رابطه فوق $Limit_{Upper,t}$ و $Limit_{Lower,t}$ به ترتیب حد بالا و حد پایین فاصله اطمینان محاسبه شده در tامین مقدار شبیه‌سازی است. n تعداد کل اندازه‌گیری شده و $Q_{Obs,t}$ مقداری که برای متغیر مورد نظر مشاهده شده است، می‌باشد.

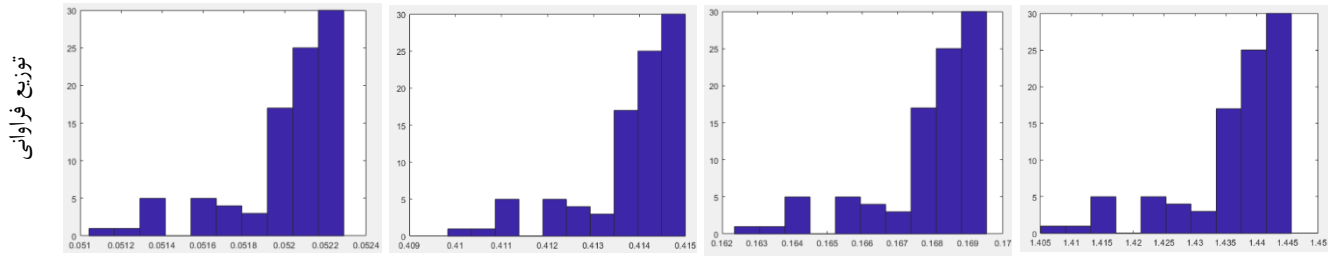
نتایج و بحث

در جدول ۱ دامنه تغییرات اولیه (پیشین) پارامترهای مدل ون‌گنوختن براساس عملکرد نرم‌افزار RETC ارائه شده است. همچنین توزیع فراوانی (توزیع پسین) هر یک از پارامترها براساس بهترین سری از داده‌های حاصل از هر دو روش بوت‌استرپ و GLUE به‌ترتیب در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است.

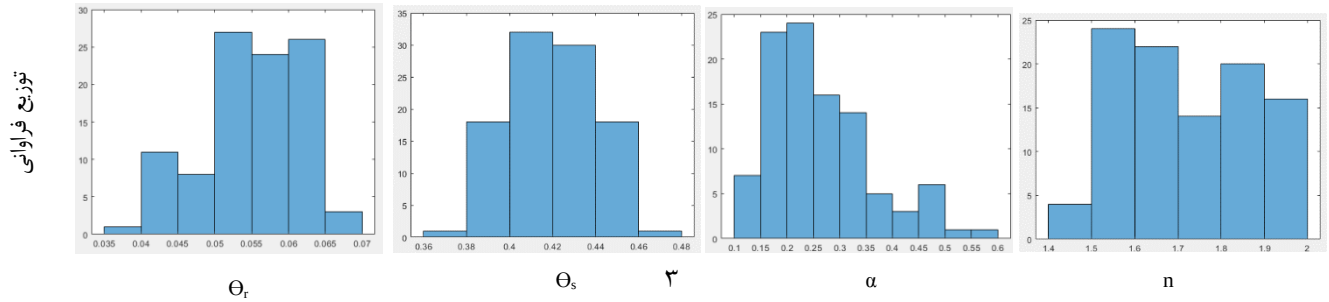
جدول۱- توزیع پیشین پارامترهای مدل ون‌گنوختن

مدل ون‌گنوختن	Θ_r	Θ_s	α	n
	۰/۰۳۵-۰/۰۷	۰/۳۶-۰/۴۸	۰/۰۹۱-۰/۲۷	۰/۶۰۹-۲/۶۳

توزیع پسین پارامترهای مدل، شاخصی برای ارزیابی میزان عدم قطعیت مدل است. توزیع‌های با حداکثر فراوانی، مربوط به پارامترهایی است که به درستی در مدل شناخته شده‌اند در حالی که توزیع‌های مسطح، مربوط به میزان عدم قطعیت پارامتر می‌باشد. پارامتری که هیستوگرام فراوانی توزیع پسین آن مسطح و دامنه تغییرات آن به توزیع پیشین آن نزدیک باشد در واقع حساسیت کمتری در مدل سازی دارد.



شکل۱- توزیع پسین پارامترهای مدل ون‌گنوختن براساس روش بوت‌استرپ



شکل۲- توزیع پسین پارامترهای مدل ون‌گنوختن براساس روش GLUE

برپایه شکل ۱ و ۲ می‌توان بیان نمود که عدم‌قطعیت در هر چهار پارامتر مدل ون‌گنوختن به خوبی قابل مشاهده است. اما دامنه تغییرات و نحوه توزیع فراوانی پارامترها در روش GLUE نسبت به روش بوت‌استرپ روندی متفاوت‌تری را دنبال می‌کند. دامنه تغییرات Θ_r و Θ_s در روش بوت‌استرپ در دامنه کوچکتری نسبت به توزیع اولیه در حال تغییر است و از سوی دیگر روند پیوسته‌ای را دنبال نمی‌کند در حالی که در روش GLUE در همان محدوده اولیه در حال تغییر است و دارای یک روند پیوسته می‌باشد. برای پارامتر α، توزیع پسین در هر دو روش در بازه خارج از محدوده اولیه است هرچند که مجدداً در روش بوت‌استرپ روندی گسسته دارد. دامنه توزیع پسین پارامتر n در هر دو روش نیز دارای یک بازه کوچکتر نسبت به بازه توزیع پیشین می‌باشد که روند تغییرات در روش GLUE نسبت به روش بوت‌استرپ پیوسته و گسترده‌تر است. با وجود تفاوت‌های موجود در بازه توزیع پسین پارامترها در هر دو روش، به خوبی عدم‌قطعیت موجود در پارامترهای مدل ون‌گنوختن نسبت به توزیع پیشین آن برآورد شده است. بازه اطمینان ۹۵ درصد برای نمونه خاک شن لومی براساس عملکرد روش بوت‌استرپ و GLUE در شکل ۳ ارائه شده است.

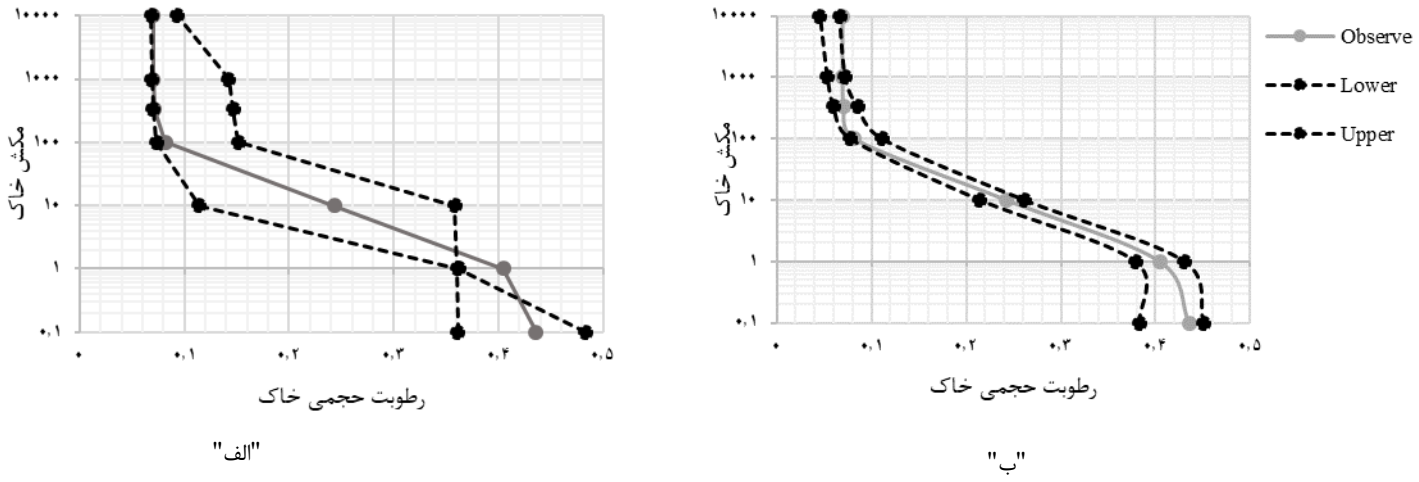
با توجه به شکل ۳ "الف" حد بالای منحنی رطوبتی خاک روندی متفاوت از منحنی رطوبتی حاصل از نرم‌افزار RETC طی می‌کند، به‌طوری که عدم توانایی روش بوت‌استرپ در شبیه‌سازی مقدار رطوبت حجمی خاک در محدوده مکش‌های پایین به‌خوبی قابل مشاهده است. وضعیت قرار گرفتن منحنی رطوبتی خاک و حد بالا و پایین محدوده اطمینان در نمودار "الف" را می‌توان به کارایی پایین روش بوت‌استرپ در این مطالعه نست داد، در حالی که روش GLUE عملکرد خوبی داشته است. حد بالا و پایین حاصل از روش GLUE روندی کاملاً مشابه با نمودار حاصل از نرم‌افزار RETC دارد. از سویی براساس نمودار "ب" پهنای باریک بازه اطمینان بیانگر توانایی بالای روش GLUE در تعیین حد بالا و پایین منحنی رطوبتی خاک می‌باشد. با توجه به نمودار حاصل در خاک شن لومی با کاهش مکش خاک، عدم قطعیت دارای روند افزایشی است که بیشترین روند در برآورد نقطه اشباع مشاهده می‌گردد. نتایج مطالعات Minasny و Field (۲۰۰۵) نیز موید افزایش عدم‌قطعیت همراه با کاهش مکش در خاک‌های سبک است. همچنین این محققین بیان نمودند که در خاک‌های با بافت سبک، دامنه تغییرات عدم‌قطعیت در محدوده مکش‌های پایین نسبت به محدوده مکش‌های بالا روند افزایشی دارد در حالی‌که در سایر بافت‌ها رفتاری متفاوت قابل مشاهده است که این عدم‌قطعیت موجود را می‌توان به توزیع اندازه ذرات خاک نسبت داد. برای ارزیابی بهتر محدوده اطمینان و روند قرار گرفتن منحنی رطوبتی در این بازه از دو شاخص P و d استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل که در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین مقدار P و کمترین مقدار d متعلق به روش GLUE است. هرچه پهنای بازه اطمینان باریکتر باشد مقدار شاخص d کمتر و به صفر نزدیکتر می‌باشد و در مقابل مقدار شاخص P بیشتر و به ۱۰۰ نزدیکتر خواهد بود که بیانگر کاهش عدم‌قطعیت مدل مورد مطالعه است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲، روش GLUE به خوبی توانسته است منحنی رطوبتی خاک را شبیه‌سازی کند. در مقابل روش بوت‌استرپ واجد دقت بالایی در برآورد عدم‌قطعیت مدل ون‌گنوختن است که با نتایج تحقیق Minasny و Field (۲۰۰۵) نیز مطابقت دارد.

جدول ۲- ارزیابی کمّی عدم‌قطعیت مدل ون‌گنوختن

	روش	P	d
مدل ون‌گنوختن	بوت‌استرپ	۲۸/۵۷	-۰/۵۹
	GLUE	۸۵/۷۱	۰/۲۶

نتیجه‌گیری

عدم‌قطعیت یک ویژگی ذاتی است که در ساختار مدل، پارامترها و داده‌های ورودی مدل نهفته می‌باشد. از آن‌جایی که برآورد مجموعه بهینه از پارامترها به‌ویژه در روابط غیرخطی به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد و همواره با خطا مواجه است، کاربرد روش‌های عدم‌قطعیت این امکان را فراهم می‌سازد تا خطای موجود در فرآیند مدل‌سازی با استفاده از محدوده اطمینان مشخص گردد. نتایج این تحقیق بیانگر وجود



"الف" "ب"

شکل۳- بازه اطمینان منحنی رطوبتی خاک براساس مدل ون‌گنوختن. "الف":روش بوت‌استرپ، "ب" : روش GLUE

عدم‌قطعیت در پارامترهای مدل ون‌گنوختن می‌باشد. بیشترین و کمترین عدم‌قطعیت به ترتیب در نقطه برآورد اشباع خاک و رطوبت باقی‌مانده خاک مشاهده گردید که می‌توان به توزیع اندازه ذرات و روش بکار رفته در تعیین نقاط منحنی رطوبتی خاک نسبت داد. همچنین بازه اطمینان حاصل از روش GLUE به خوبی بیانگر توانایی این روش در واسنجی پارامترهای مدل ون‌گنوختن است به‌طوری که تمام نقاط اندازه‌گیری شده در بازه اطمینان ۹۵ درصد قرار گرفته است و ضخامت بازه اطمینان نسبتاً کم می‌باشد. در حالی که در روش بوت‌استرپ بازه اطمینان دارای ضخامتی پهن‌تر می‌باشد که نشاندهنده پرت بودن تخمینهای صورت‌گرفته و قرار نگرفتن نقاط اندازه‌گیری در محدوده اطمینان توسط این روش می‌باشد که در مجموع این روش در برآورد نقاط رطوبتی عملکرد ضعیفی نشان داده است.

منابع:

صبری، م.، نیشابوری، م. ر.، قربانی، م. ع.، شهبازی، ف. و ولیزاد، خ. ۱۳۹۴. تخمین شاخص کیفیت فیزیکی خاک و عدم‌قطعیت با به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی بوت‌استرپ (BANNs). نشریه دانش آب و خاک، ۲۶ (۱/۲)، ۱۸۷-۱۷۳.

Beven, K., Binley, A. 1992. The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. Hydrological processes. Journal. 6: 279-298. https://doi:10.1002/hyp.3360060305.

Brooks, R., and Corey, T. 1964. HYDRAU uc Properties of Porous Media. Hydrology Papers, Colorado State University.

Calamak, M., Melih Yanmaz, A., and Kentel, E. 2017. Probabilistic evaluation of the effects of uncertainty in transient seepage parameters. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 143(9), 06017009.

Efron, B., and Tibshirani, R. J. 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman and Hall, New York, NY.

Deng, H., Ye, M., Schaap, MG., and Khaleel, R. 2009 .Quantification of uncertainty in pedotransfer function- based parameter estimation for unsaturated flow modeling. Water. Resource. Research. Journal. 45(4).

Harrison, K. W., Kumar, S. V., Peters- Lidard, C. D., and Santanello, J. A. 2012 .Quantifying the change in soil moisture modeling uncertainty from remote sensing observations using Bayesian inference techniques. Water. Resource. Research. Journal. 48(11).

Han, Z. and Vanapalli, S.K. 2016. Stiffness and shear strength of unsaturated soils in relation to soil-water characteristic curve. Géotechnique Journal. 66(8):627-647.

Izady, A., Davary, K., Alizadeh, A., Ziaei, A. N., Akhavan, S., Alipoor, A., and Brusseau, M. L. 2015. Groundwater conceptualization and modeling using distributed SWAT-based recharge for the semi-arid agricultural Neishaboor plain, Iran. Hydrogeology Journal. 23(1): 47-68.

Jin, X., Xu, C.Y., Zhang, Q., Singh, V.P. 2010. Parameter and modeling uncertainty simulated by GLUE and a formal Bayesian method for a conceptual hydrological model. Hydrology Journal. 383(3-4):147-155.

Liu, W., Luo, X., Huang, F., Fu, M. 2017. Uncertainty of the Soil–Water Characteristic Curve and Its Effects on Slope Seepage and Stability Analysis under Conditions of Rainfall Using the Markov Chain Monte Carlo Method. Water Journal. 9(10): 758.

Minasny, B., and Field, D. J. 2005. Estimating soil hydraulic properties and their uncertainty: the use of stochastic simulation in the inverse modelling of the evaporation method. Geoderma, 126(3-4), 277-290.

van Genuchten, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils 1. Soil science society of America journal. 44(5): 892-898.

Yan, Y., Liu, J., Zhang, J., Li, X., and Zhao, Y. 2017. Quantifying soil hydraulic properties and their uncertainties by modified GLUE method. Int. Agrophys Journal. 31(3): 433-445.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: soil physics and growth plant

Uncertainty assessment of van Genuchten parameters using Bootstrap and GLUE method

Samaneh Etminan[1], Vahidreza Jalali[* 2], Majid Mahmoodabadi[2], Abbas Khashei siuki[3], Mohsen Pourreza Bilondi[3]

[1]Ph.D. candidate, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

[2]Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman.

[3]Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

Abstract:

Studying soil hydraulic properties specially the parameters of soil water retention curve is useful and effective for agriculture, environmental and engineering applications purposes. The parameters of soil water retention curve not only have insignificant role to estimate soil water and determine the plant-water requirement, but also are very effective to performance and efficiency other physical soil models to soil and water management. So, in this research assessed van Genuchten parameters of uncertainty in Loamy sand texture using Bootstrap and GLUE methods, also investigated the ability of these methods to estimate uncertainty of soil water retention curve parameters. For this purpose, were selected completely random 50 soil sample points of agriculture faculty, Shahid Bahonar university of Kerman. Using RETC software, van Genuchten model parameters were estimated, then uncertainty parameters were assessed with applied Bootstrap and GLUE method. The results represent that existence of uncertainty in the parameters of the van Genuchten model especially n, α and Θ_s. On the other hand the results showed that GLUE method had ability to assess van Genuchten model uncertainty.

Keyword: Soil water retention, Physical soil model, RETC.

[*]Corresponding author, Email: v.jalali@uk.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

شبیه‌سازی حرکت آب در خاک در روش آبیاری بارانی با استفاده از مدل دو بعدی HYDRUS

سمانه اطمینان[۱]، وحیدرضا جلالی*[۲] ، مجید محمودآبادی[۲]، عباس خاشعی سیوکی[۳]، محسن پوررضا بیلندی[۳]

[۱]دانشجوی دکترای فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۲]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۳]دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

چکیده

کاربرد روش‌های نوین آبیاری به منظور کاهش مصرف آب در کشاورزی یکی از روش‌های مدیریت منابع آب در جهت جبران کمبود منابع آب مصرفی طی چند دهه اخیر است. استفاده از این روش‌ها مستلزم مطالعه روند تغییرات رطوبت خاک و میزان قابل دسترسی آن برای گیاه می‌باشد. از این‌رو در این مطالعه با استفاده از مدل دو بعدی HYDRUS به مطالعه روند تغییرات رطوبت خاک تحت روش آبیاری بارانی در شرایط مزرعه‌ای پرداخته شده است. میزان رطوبت خاک در چهار بازه زمانی (۲ ساعت، ۲ روز، ۴ روز و ۶ روز بعد از اتمام آبیاری) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی میزان واسنجی مدل از دو شاخص RMSE و MAE استفاده شد. مقدار RMSE برای بازه‌های زمانی فوق به ترتیب برابر با ۰/۰۲۴، ۰/۰۲۸، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۳ می‌باشد که بیانگر دقت بالای مدل در برآورد مقدار رطوبت خاک است. همچنین روند تغییرات رطوبت خاک بیانگر وجود اختلاف اندکی بین مقدار اندازه‌گیری‌شده با مقادیر شبیه‌سازی شده می‌باشد که این واقعیت نشان‌دهنده توانمندی بالای مدل در شبیه‌سازی رطوبت خاک است. از این‌رو برای مدیریت دقیق میزان آب مصرفی در روش آبیاری بارانی می‌توان از مدل دوبعدی HYDRUS بهره‌مند شد.

کلمات کلیدی: مدیریت آب، رطوبت خاک، مدل‌سازی.

مقدمه

کمبود منابع آب شیرین، الزام ارائه راه‌کارهایی برای افزایش راندمان مصرف آب با هدف بالابردن سطح تولیدات کشاورزی و مدیریت مسائل زیست محیطی را ایجاب می‌نماید که در این راستا کاربرد روش‌های آبیاری نوین (بارانی و قطره‌ای) به عنوان راه‌حلی کاربردی با هدف صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری آب، به عنوان جایگزین روش‌های سنتی (غرقابی) مطرح می‌باشد(ملکیان و قیصری، ۱۳۹۰). مطالعه و ارزیابی حرکت و توزیع آب در خاک و الگوی جذب آب توسط ریشه گیاه نیازمند کاربرد مدل‌های شبیه‌ساز می‌باشد که طی فرآیند شبیه‌سازی می‌توان به بررسی اثرات طولانی مدت عملیات کشاورزی و روش‌های آبیاری بر میزان عملکرد پرداخت و حتی امکان مطالعه اثرات آن بر محیط زیست نیز فراهم می‌گردد. در این زمینه می‌توان مدل دو بعدی HYDRUS را نام برد که دارای قابلیت شبیه‌سازی توزیع رطوبت خاک و الگوی جذب آب توسط ریشه گیاه به صورت شعاعی و عمودی است (Simunek et al., 1999). مطالعات Chen و همکاران (۲۰۱۴) در زمینه حرکت آب و انتقال املاح تحت آبیاری با آب شور نشان داد که مدل هایدرس دو بعدی به خوبی توانسته است میزان حرکت آب و املاح در خاک را شبیه‌سازی کند. Wang و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از مدل دو بعدی HYDRUS به مطالعه رطوبت خاک تحت کشت گندم در چهار عمق مختلف با بافت لوم سیلتی پرداختند. نتایج حاصل بیانگر دقت بالای مدل در شبیه‌سازی پارامترهای مورد نظر و همچنین توانایی مدل مورد مطالعه در برآورد رطوبت خاک طی شش نوبت آبیاری بود. Romas و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل دو بعدی هایدروس به شبیه‌سازی رطوبت خاک، هدایت الکتریکی و غلظت نیترات خاک تحت شرایط مدیترانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که مدل مذکور به خوبی قادر به برآورد پارامترهای مورد نیاز برای فرآیند شبیه‌سازی است و همچنین به‌خوبی توانسته است فرآیندهای مورد نظر را شبیه‌سازی نماید. هدف از این مطالعه شبیه‌سازی میزان رطوبت خاک تحت روش آبیاری بارانی با استفاده از مدل دو بعدی HYDRUS می‌باشد و همچنین سنجش میزان دقت و صحت مدل هایدروس در شبیه‌سازی است. قابل ذکر است عملکرد مدل دو بعدی HYDRUS بیشتر برای آبیاری سطحی، زیرسطحی و قطره‌ای ارزیابی شده است در حالی که در زمینه ارزیابی میزان توانایی و دقت مدل هایدروس برای روش آبیاری بارانی، مطالعات محدودی انجام شده است.

* ایمیل نویسنده مسئول: v.jalali@uk.ac.ir

مواد و روش

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند واقع در روستای امیرآباد (۵ کیلومتری بیرجند) صورت گرفت. برای این منظور، در زمینی به وسعت ۳۰۰۰ مترمربع که به مدت ۴ سال تحت کشت یونجه بود پروفیلی به عمق ۱ متر حفاری شد، از ۵ عمق خاک، ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد و برای اندازه‌گیری بافت خاک و سایر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک به آزمایشگاه انتقال شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در فواصل زمانی مختلف از TDR استفاده گردید که رطوبت خاک در هر ۵ عمق به مدت ۵ ماه متوالی طی مراحل آبیاری بارانی اندازه‌گیری شد. این مزرعه تحت آبیاری بارانی بود که دبی هر نازل برابر با ۰/۵ لیتر در ثانیه می‌باشد و تعداد کل نازل‌های سیستم بارانی ۱۰ عدد می‌باشد که کرت مورد نظر در هر هفته به مدت ۸ ساعت آبیاری می‌شد. اطلاعات هواشناسی منطقه نیز از ایستگاه هواشناسی دانشگاه تهیه شد.

شبیه‌سازی

برای شبیه‌سازی حرکت آب در خاک از مدل دو بعدی HYDRUS استفاده شد که حرکت آب در خاک با حل عددی معادله ریچاردز مورد بررسی قرار می‌گیرد. معادله ریچاردز به روش عددی عناصر گالرین حل شده است و قادر به شبیه‌سازی حرکت آب در خاک تحت شرایط اشباع و غیراشباع است (Simunek et al., 1999).

شرایط اولیه و مرزی

شرایط اولیه جریان براساس میزان دبی نازل‌ها و مساحت خیس‌شده تعریف شد. از جریان جانبی و افقی در طول پروفیل صرف‌نظر شده است. برای حاشیه پایینی پروفیل با توجه به بافت و پایین بودن سطح آب زیرزمینی، شرایط زهکشی آزاد و برای حاشیه بالایی شرایط مرزی اتمسفری (تبخیر و تعرق و میزان بارندگی) در نظر گرفته شد.

تعین پارامترهای هیدرولیکی مدل

قبل از اجرای مدل نیاز است که پارامترهای هیدرولیکی خاک براساس مدل ون‌گنوختن- معلم تعین شوند که پارامترهای مورد نظر در جدول ۱ ارائه شده‌اند و برای محاسبه این پارامترها از نرم‌افزار Rosseta استفاده شد.

جدول ۱- پارامترهای هیدرولیکی مدل ون‌گنوختن- معلم

عمق خاک (cm)	بافت خاک	θ_r	θ_s	α	n	K_s(cm/min)
۰-۲۰	لوم رسی شنی	۰/۰۶۶۸	۰/۳۲۳۲	۰/۰۶	۲/۱۸	۱/۲
۲۰-۴۰	لوم رسی شنی	۰/۰۶۷	۰/۳۲۵۶	۰/۰۵۶	۲/۱۴	۱/۵
۴۰-۶۰	لوم شنی	۰/۰۵۹	۰/۳۵۱	۰/۰۵	۱/۷۸	۱۴/۵
۶۰-۸۰	لوم شنی	۰/۰۵۱	۰/۳۲۸۹	۰/۰۸۷	۱/۶۷	۱۴/۶
۸۰-۱۰۰	لوم شنی	۰/۰۶	۰/۳۸۷	۰/۰۲۷	۱/۵۱	۱۴/۶

واسنجی مدل

در ابتدا لازم است که میزان صحت عملکرد مدل مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور از شاخص‌های RMSE و MAE استفاده شد. RMSE (مجذور میانگین مربعات خطا) بیانگر میزان انحراف مقادیر شبیه‌سازی از مقادیر اندازه‌گیری شده است که هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر عملکرد بهتر مدل می‌باشد. MAE (میانگین مطلق خطا) بیش برآورد و کم‌برآورد مدل را مشخص می‌کند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(O_i - P_i)^2}{n}} \quad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum(O_i - P_i) \quad (۲)$$

که در روابط فوق O_i ، مقدار اندازه‌گیری‌شده و P_i ، مقدار شبیه‌سازی شده است.

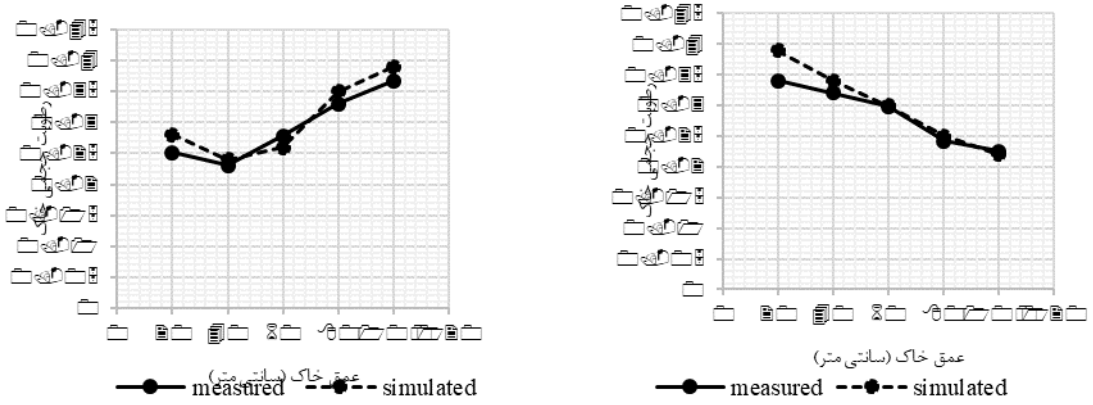
نتایج و بحث

برای ارزیابی عملکرد مدل دو بعدی HYDRUS ابتدا میزان عملکرد مدل واسنجی گردید. بدین منظور مقدار رطوبت خاک اندازه‌گیری شده با استفاده از TDR در عمق‌های مختلف خاک با نتایج حاصل از شبیه‌سازی مورد مقایسه قرار گرفت. روند تغییرات رطوبت خاک در عمق‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و شاخص‌های ارزیابی برای هر ۴ دوره زمانی (۲ ساعت بعد از اتمام آبیاری، ۲ روز، ۴ روز و ۶ روز از اتمام آبیاری) محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده‌اند. مقدار شاخص RMSE در این بازه‌های زمانی به ترتیب برابر با ۰/۰۲۴، ۰/۰۲۸، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۳ بدست آمد که بیانگر میزان دقت مدل در برآورد رطوبت خاک است. همچنین مقدار شاخص MAE نیز به ترتیب برابر با ۰/۰۱۴، ۰/۰۰۱۳، ۰/۰۱۲ و ۰/۰۳۲ می‌باشند. برای بررسی بهتر دقت مدل روند تغییرات رطوبت خاک در دو بازه زمانی نشان داده شدند (شکل ۱) که بیانگر نزدیک بودن نقاط اندازه‌گیری به نقاط شبیه‌سازی است. با توجه به نتایج حاصل از دو شاخص ارزیابی می‌توان عنوان نمود که مدل توانسته است مقدار رطوبت خاک را بعد از آبیاری در فواصل زمانی مختلف به خوبی برآورد نماید. بعد از اطمینان از میزان واسنجی مدل، توزیع رطوبت خاک با استفاده از مدل دو بعدی HYDRUS شبیه‌سازی شد.

جدول۲- ارزیابی واسنجی مدل دوبعدی HYDRUS

زمان اندازه‌گیری	RMSE	MAE
۲ ساعت بعد از اتمام آبیاری	۰/۰۲۴	۰/۰۱۴
۲ روز بعد از اتمام آبیاری	۰/۰۲۸	۰/۰۰۱۳
۴ روز بعد از اتمام آبیاری	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲
۶ روز بعد از اتمام آبیاری	۰/۰۳	۰/۰۳۲

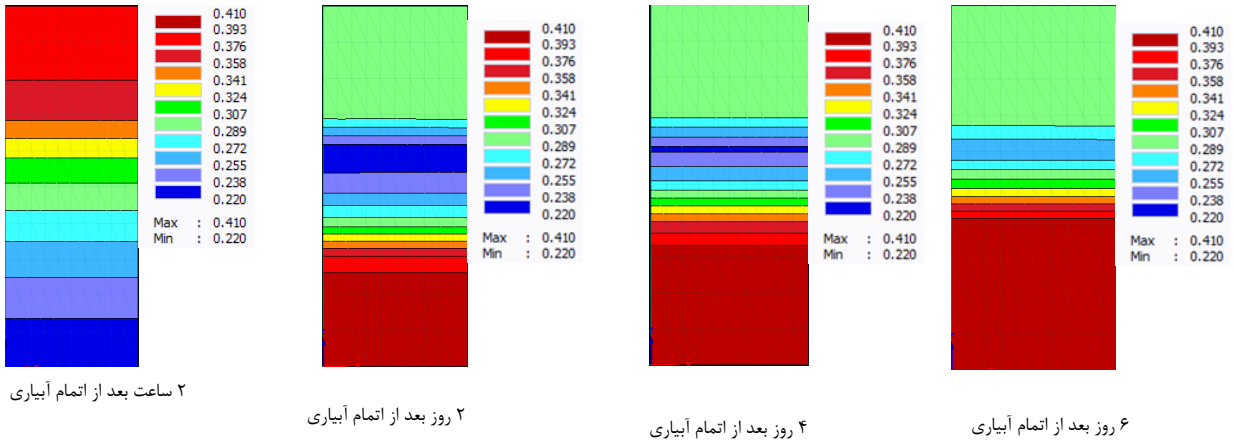
همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است در ساعات اولیه اتمام آبیاری بیشترین درصد رطوبت خاک در عمق‌های سطحی خاک مشاهده می‌شود. در حالی‌که بعد از گذشت زمان و رخداد فرآیند نفوذ آب در خاک کاهش درصد رطوبت خاک در لایه سطحی و افزایش رطوبت خاک در لایه‌های پایینی پروفیل خاک رخ داده است. در روز ۲ و ۴ بعد از آبیاری در وسط پروفیل کاهش شدید رطوبت مشاهده می‌شود که این کاهش شدید رطوبت در انتها لایه دوم و اوایل لایه سوم پروفیل خاک رخ داده که بیانگر تغییر بافت خاک و به تبع تغییرات پارامترهای هیدرولیکی در خاک را به همراه داشته است که باعث مشاهده این چنین رفتاری می‌گردد. با گذشت زمان کمترین مقدار رطوبت در پروفیل در روز ۶ در حدود ۰/۲۵ درصد حجمی است هرچند که مجدداً در لایه سوم تغییرات رطوبت از ۰/۲۷ به ۰/۲۵ و از ۰/۲۵ به ۰/۲۷ درصد مشاهده می‌شود که این اتفاق بیانگر توزیع مجدد رطوبت در این لایه است. البته قابل ذکر است که روند توزیع مجدد رطوبت در لایه چهارم در روزهای ۲ و۴ بعد از اتمام آبیاری نیز مشاهده شده است. برپایه نتایج بدست آمده می‌توان ذکر نمود که مدل مورد مطالعه دارای قابلیت کاربرد در شبیه‌سازی حرکت آب در خاک تحت روش آبیاری بارانی است. نتایج مطالعات Wang و همکاران(۲۰۱۳) ، Romas و همکاران (۲۰۱۲) ، عطایی و همکاران (۱۳۹۷) و بشارت و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیانگر توانایی مدل دو بعدی HYDRUS در برآورد رطوبت خاک تحت روش‌های مختلف آبیاری است.



الف) ۲ ساعت بعد از اتمام

ب)۶ روز بعد از اتمام آبیاری

شکل ۱- واسنجی مدل طی ۲ ساعت و ۶ روز بعد از اتمام



شکل ۲- روند شبیه‌سازی رطوبت خاک طی ساعات بعد از اتمام آبیاری در عمق‌های مختلف

نتیجه‌گیری

در این پژوهش توزیع رطوبت خاک تحت روش آبیاری بارانی با استفاده از مدل دو بعدی HYDRUS مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از شاخص‌های واسنجی مدل بیانگر توانایی مدل در برآورد مقدار رطوبت خاک است که با توجه به مقدار RMSE در زمان‌های مختلف می‌توان ذکر نمود که مدل با خطای بسیار اندکی توانسته است مقدار رطوبت خاک را شبیه‌سازی نماید. همچنین روند رطوبت خاک در دو زمان شبیه‌سازی دارای روندی مشابه با نقاط اندازه‌گیری شده است. براین اساس مدل مذکور می‌تواند با صحت بالایی به شبیه‌سازی رطوبت خاک بپردازد. عملکرد مدل بیانگر میزان کاربرد آن در روش آبیاری بارانی است که می‌توان برای بررسی و برآورد میزان حرکت آب و املاح در خاک تحت این روش آبیاری از این مدل بهره برد.

منابع

بشارت، س.، ناظمی، الف. ح.، صدرالدینی، ع. الف. و شهمراد، ص. ۱۳۹۰. استفاده از نرم‌افزار HYDRUS در شبیه‌سازی حرکت و جذب آب در خاک و ارائه نرم‌افزار SWMRUM. نشریه دانش آب و خاک، ۲۱ (۴)، ۱۳۷-۱۲۱.

عطایی، ع.، نیشابوری، م. ر.، اکبری، م.، زارع‌حقی، د و عنابی میلانی، الف. ۱۳۹۷. ارزیابی مدل هایدروس دو بعدی برای تعیین توزیع رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی درختان پسته. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۲ (۴)، ۵۹۵-۵۸۱.

ملکیان، ر و قیصری، م. ۱۳۹۰. حساسیت سنجی مدل CSM-CERES-Maize نسبت به ظرفیت زراعی خاک برای شبیه‌سازی سرنوشت نیتروژن در نیمرخ اااک. حفاظت منابع و خاک. ۱ (۲)، ۱۳-۱.

Chen, M., Willgoose, G. R., & Saco, P. M. 2014. Spatial prediction of temporal soil moisture dynamics using HYDRUS- 1D. *Hydrological Processes*, *28*(2), 171-185.

Ramos, T. B., Šimůnek, J., Gonçalves, M. C., Martins, J. C., Prazeres, A., & Pereira, L. S. 2012. Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. *Agricultural Water Management*, *111*, 87-104.

Šimunek, J. S., Sejna, M., & van Genuchten, M. T. 1999. The HYDRUS-2D Software Package for Simulating the Twodimensional Flow of Water. Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Porous Media, IGWMC-TPS, 53.

Wang, J., Gong, S., Xu, D., Juan, S., & Mu, J. 2013. Numerical simulations and validation of water flow and heat transport in a subsurface drip irrigation system using HYDRUS- 2D. Irrigation and Drainage, 62(1), 97-106.

Topic for submission: soil physics and growth plant

Simulation of soil water movement under drip irrigation using HYDRUS -2D

Samaneh Etminan[1], Vahidreza Jalali*[22], Majid Mahmoodabadi[3], Abbas Khashei siuki[4], Mohsen Pourreza Bilondi[5]

[1]Ph.D. candidate, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

[2]Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman.

[3]Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

Abstract:

Application of new irrigation methods to reduce water consumption in agriculture is one of the methods of water resources management to compensate the water resources shortage in recent decades. The use of these methods involves studying soil moisture changes and its available amount for the plant. Therefore, in this study, the 2-D HYDRUS was used to study the soil moisture variation under drop irrigation method in field conditions. Soil moisture content was measured in four periods (2 hours, 2 days, 4 days and 6 days after irrigation). The RMSE and MAE indices were used to evaluate the calibration of the model. The RMSE for the above time intervals is 0.024, 0.028, 0.02 and 0.03 respectively, which indicates the high accuracy of the model in estimating the soil moisture content. Also, the trend of soil moisture variation indicates a slight difference between the measured value and the simulated values, which indicates the high model's ability to simulate soil moisture. Consequently, HYDRUS 2-D model can be used accurately to manage water consumption in drip irrigation system.

Keywords: water management, soil moisture, modeling.

* Corresponding author, Email: v.jalali@uk.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی مدل آسولاین اُر (۲۰۱۴) جهت تبیین زهکشی خاک

زهرا اسدی[۱*]، محمدحسین محمدی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ، دانشگاه تهران

[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ، دانشگاه تهران

چکیده

هدف از این پژوهش، برآورد منحنی زهکشی خاک با استفاده از روش آسولاین اُر (۲۰۱۴) و مقایسه و ارزیابی نتایج حاصل از آن با مقادیر تجربی در مقیاس کوچک بود. بدین منظور، در شرایط گلخانه و بدون حضور گیاه، منحنی زهکشی در ۱۸ ستون خاک با سه خصوصیت هیدرولیکی متفاوت و دو سطح شوری آب آبیاری (۱/۵ و ۲۰ دسی زیمنس برمتر) اندازه گیری و پارامترهای مدل در شرایط مختلفی بررسی شد. ابتدا در سناریو الف، کل آب موجود در دامنه رطوبتی اشباع و مکش ۰/۱ و ۱۵ بار (D_∞) محاسبه شده مقدار عامل هدایت هیدرولیکی(K_m) از برازش تعیین گردید. سپس در سناریو ب، با استفاده از داده‌های منحنی رطوبتی، مقدار K_m محاسبه و D_∞ از برازش بدست آمد و در سناریو ج، هردو پارامتر از برازش تعیین شدند. نتایج نشان داد ، محاسبه D_∞ مطابق سناریو الف، دارای خطای زیادی است . ضریب تبیین در سناریو ب بسیار پایین بدست آمد. اما در سناریو ج ، بالاتر از ۰/۹۷ بود که نشان از برازش مناسب مدل داشت. همچنین مشاهده گردید، دقت مدل در خاک های با بافت درشت نسبت به خاک های بافت ریز و در شوری پایین بیشتر می باشد.

کلمات کلیدی: منحنی زهکشی، منحنی مشخصه آب خاک، هدایت هیدرولیکی.

مقدمه

هدف اصلی زهکشی در اراضی کشاورزی، افزایش تولید محصول می باشد. زهکشی با خارج کردن آب اضافی و ایجاد تهویه مناسب در محیط ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی می شود و به خاک های اشباع از آب کشاورزی اجازه می‌دهد که عملیات زراعی به موقع انجام گیرد. همچنین زهکشی به شروع به موقع رشد گیاه و ادامه آن با قدرت بیشتر و در نتیجه بهره‌وری بالاتر کمک می‌کند. (Kale، ۲۰۱۱). Youngs (۱۹۶۰)، برای توصیف زهکشی تجمعی در برابر زمان، رابطه بین ارتفاع آب زهکشی شده (D) با گذشت زمان (t) را به صورت زیر بیان نمودند:

$$D = D_\infty\left(1 - EXP\left(-\frac{k_S}{D_\infty}t_i\right)\right)$$ رابطه۱

D_∞،کل آب قابل زهکشی، (عمق آب معادل) تا عمق Z (m) از خاک بعد از گذشت زمان بی نهایت، از رابطه (۲) حاصل میشود:

$$D_\infty = Z(\theta_s - \theta_r)$$ رابطه ۲

θ_s ، θ_r (m^3m^{3-}). به ترتیب رطوبت اشباع و باقیمانده خاک هستند. رابطه (۱) بر اساس ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع است درحالیکه فرآیند زهکشی غالبا در شرایط غیر اشباع حاکم است. برای انعکاس بهتر شرایط غیراشباع حاکم بر پروفیل خاک، آسولاین و اُر (۲۰۱۴) پیشنهاد دادند که به جای K_s از ضریب K_m در مدل‌ها استفاده گردد که نشان دهنده میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی اشباع و بیانگر مقطع در دسترس برای جریان می باشد:

$$Km = \frac{\int_0^1 sK(S)dS}{\int_0^1 sdS}$$ رابطه ۳

S درجه اشباع موثر خاک است که از رابطه زیر به دست می آید

$$S = \frac{\theta - \theta r}{\theta s - \theta r}$$ رابطه ۴

آسولاین - اُر(۲۰۱۴)، معادله Youngs (۱۹۶۰)، برای تبیین زهکشی خاک را به صورت زیر اصلاح کردند:

* ایمیل نویسنده مسئول: zasadi2626@yahoo.com

$$D = D\infty\left(1 - EXP\left(-\frac{Km}{D\infty}t\right)\right)$$ رابطه ۵

تا کنون تاثیر کمی ضرایب ارائه شده توسط آسولاین و اُر (۲۰۱۴) بر برآورد های معادله زهکشی Youngs (۱۹۶۰) در شرایط طبیعی بررسی نشده است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر عبارتند از : برآورد مقدار آب زهکشی با استفاده معادله آسولاین و اُر و مقایسه و ارزیابی نتایج حاصل از آن با مقادیر تجربی بود

مواد و روش‌ها

ابتدا مقداری خاک مزرعه، به روش دست خورده از لایه سطحی خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر) تهیه گردید. بعد از انتقال نمونه های خاک به آزمایشگاه و هوا خشک کردن، بخشی از نمونه ها کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند تا برخی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی آن‌ها مشخص گردد. و بخش دیگر از نمونه ها برای پر کردن ستون های پلاستیکی به قطر۲۵ و ارتفاع ۲۹ سانتی‌متر، از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شدند.

برای ارزیابی و به منظور اندازه‌گیری مقدار و شدت زهکشی با سه نوع خاک (۱، ۲و ۳) با خصوصیات هیدرولیکی متفاوت، دو سطح شوری آب آبیاری (۱/۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) و در سه تکرار (مجموعا ۱۸ ستون) انجام گرفت. در هر ستون ۱۲ کیلوگرم خاک خشک ریخته شد و در هر کدام یک زهکش دست ساز در مرکز خاک نصب شد. زهکش دست ساز شامل یک شیلنگ شفاف و کلاهک متخلل (با هدایت هیدرولیکی بسیار بیشتر از هدایت هیدرولیکی اشباع) متصل به آن بود. کلاهک زهکش در داخل ستون ها و در مرکز خاک تعبیه شد و سر دیگر شیلنگ در یک بطری حاوی آب با سطح مبنای مشخص، ثابت گردید. این آزمایش در شرایط گلخانه و بدون حضور گیاه، و در حالت تبخیر و بدون تعرق از خاک انجام شد. در ابتدا با مقادیر کافی آب آبیاری، خاک اشباع شده و سپس به خاک زهکشی خاک تا رسیدن به مکش ۱۰۰ سانتی متربه صورت تابعی از زمان تا قطع جریان خروجی اندازه گیری شد و با استفاده از داده‌های بدست آمده منحنی زهکشی برای تمام ستون های خاک رسم گردید. برای ساخت محلول های آبیاری از نمک کلرید کلسیم و کلرید سدیم با نسبت یک به یک استفاده شد. جهت ارزیابی برازش مدل آسولاین ار (۲۰۱۴) (معادله ۵) بر دادهای تجربی زهکشی، و تعیین مقادیر بهینه پارامترها، مقادیر K_m و D_∞ در سناریوهای مختلفی محاسبه یا برآورد شدند. سناریو الف) D_∞ در دو دامنه رطوبتی از معادله (۲) محاسبه شد. الف-۱) از رطوبت اشباع (θ_s) (به عنوان حد بالایی) تا رطوبت در مکش ۰/۱ بار (θ_r) (به عنوان حد پایینی) الف-۲) از رطوبت اشباع تا رطوبت در مکش ۱۵ بار. سپس K_m متناظر با آن از برازش مدل تعیین شد. سناریو ب) K_m با استفاده از منحنی رطوبتی خاک و معادله (۳)، محاسبه شد و D_∞ متناظر با آن از برازش مدل تعیین شد. سناریو ج) دو عامل D_∞ و K_m از برازش مدل تعیین و با مقادیر نظیر به دست آمده در سناریو های الف و ب مقایسه گردید. برای بررسی دقت پیش بینی مدل و نیز تطابق بین مقادیر تجربی و نتایج حاصل از برازش مدل ها، از معیارهای ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید.

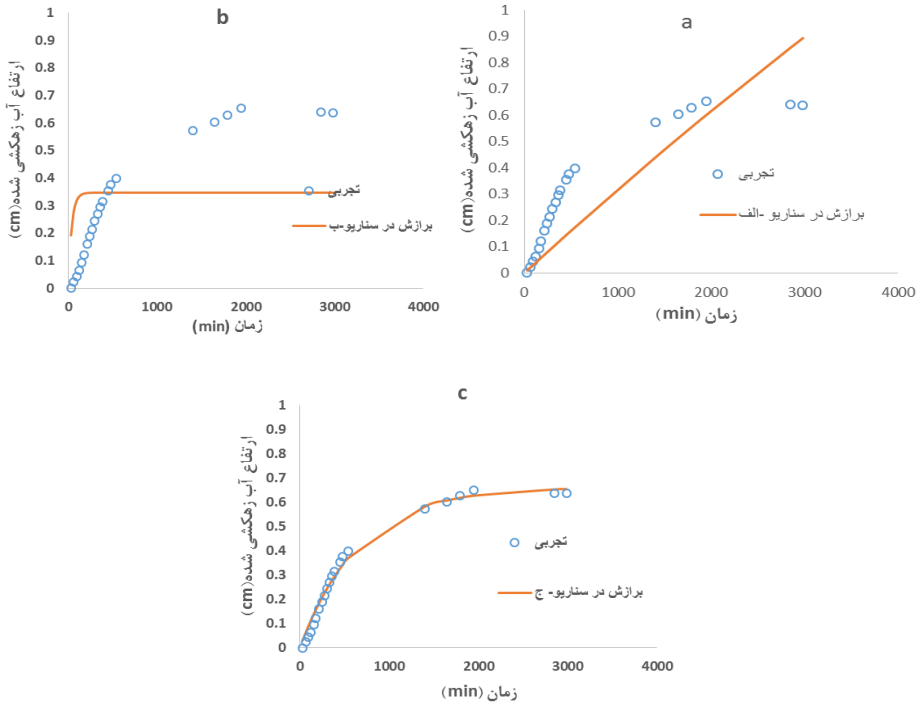
نتایج و بحث

جدول(۱)، برخی خصوصیات خاک های بکار رفته از جمله درصد رس و شن، هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks)، جرم مخصوص ظاهری خاک (B.d) و عمق خاک های (Z) مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۱) برخی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک ها

خاک	بافت خاک	رس	شن	K_s	B.d	Z	θ_s	$\theta_{0.1}$	θ_{15}
		درصد		$m.day^{-1}$	$Mg.rn^{-3}$	m	(m^3m^{-3})	(m^3m^{-3})	(m^3m^{-3})
۱	Sandy loam	۱۰/۱۶	۶۸/۲۴	۲/۳۵	۱/۱۸	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۲۰	۰/۱۰
۲	Sandy loam	۱۵/۲۳	۶۷	۲/۴۱	۱/۱۸	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۲۲	۰/۱۲
۳	Sandy loam	۸/۹۹	۷۱/۷۴	۱/۱	۱/۴۵	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۱۰

مقادیر رطوبت اشباع، رطوبت در مکش‌های ۰/۱ و ۱۵ بار، و عمق خاک‌های ۱، ۲ و ۳، در جدول ۱ ارائه شده است. D_∞ در سناریو الف-۱، در خاک‌های ۱، ۲ و ۳، به ترتیب ۰/۰۷۹، ۰/۰۷۵ و۰/۰۴۷ متر و در سناریو الف-۲، ۰/۱۰۲، ۰/۱ و ۰/۰۶۵ متر به دست آمد. مقدار کل آب زهکشی، زمانی که مکش ۱۵ بار به عنوان حد پایین زهکشی در نظرگرفته می شود، نسبت به مکش ۰/۱ بار، بیشتر می باشد. در هر دو مکش مورد بررسی، D_∞ محاسبه شده در خاک ۳ کمتر از ۱ و ۲ می‌باشد. برازش مدل آسولاین-ار (۲۰۱۴)، بر داده های تجربی خاک ۱ با استفاده از سناریو های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. منحنی زهکشی حاصل از برازش مدل، در سناریو الف، به صورت خطی بدست آمد (شکل ۱-a)، این در حالی است که مدل آسولاین -ار (۲۰۱۴) به فرم نمایی می باشد و در زمان های اولیه، شیب شدت زهکشی در برابر زمان زیاد است و با گذشت زمان کاهش می یابد. به عبارت دیگر در سناریو الف، مدل برازش شده همخوانی مناسبی با داده های تجربی ندارد به نحوی که مدل، در زمان‌های ابتدایی زهکشی، کمتر و در زمان‌های انتهایی، بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است، که نشان از عدم برازش مناسب این مدل بر داده‌های ذکر شده، در سناریو الف دارد. ضریب تبیین پایین (۰/۶۵-۰/۹۳) نیز مؤید این مطلب می‌باشد (جدول ۲).



شکل ۱- رابطه بین زمان و ارتفاع آب زهکشی تجربی و برازش مدل در سناریو های مختلف، در خاک ۱
(a، b و c، به ترتیب مربوط به سناریوهای الف، ب و ج)

جدول (۲) نشان می‌دهد که در سه خاک و هر دو سطح شوری مورد مطالعه، K_m های برآورد شده در سناریو الف-۱ و الف-۲ تقریبا باهم برابر می‌باشند. به عبارت دیگر مقدار K_m تاثیر بخش انتخاب شده منحنی زهکشی قرار نمی‌گیرد. K_m حاصل از برازش در سطح شوری ۱/۵ در خاک ۲ برابر با ۰/۰۰۳۱ ($m\ day^{-1}$) و کوچکتر از K_m خاک‌های ۱ و۳ می‌باشد و در سطح شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر اگرچه میزان K_m در خاک۱کمتر می باشد اما تفاوت محسوسی در خاک ها مشاهده نمی‌شود. در سناریو الف، با توجه به دو مکش مورد مطالعه به عنوان حد پایین زهکشی، اثر خصوصیات هیدرولیکی بر پارامترهای مدل تا حدودی در نظر گرفته شده است و مقادیر متفاوتی برای سه خاک محاسبه شده است که مقادیر آن ها در بخش اول ذکر گردیده است و با توجه به میانگین ضریب تبین در خاک۱ و ۲، بیشتر از۳ بوده، که نشان می‌دهد دقت مدل در سناریو الف، در خاک‌های بافت ریز بیشتر است.

جدول (۲) نشان داد با افزایش شوری، ضریب تبیین در سناریو الف،بیش از ۶ درصد افزایش داشته ولی همچنان کمتر از ۰/۸۶ است که نشان دهنده عدم برازش مناسب مدل در هر دو سطح شوری می باشد. با افزایش شوری، میانگین K_m بیش از ۵۵ درصد، در خاک های ۱و ۳،

کاهش و در خاک ۲ ، افزایش داشته و البته اعتماد پذیری این نتایج مستقیما تحت تاثیر توان برازش مدل دارد که در سناریو اول این برازش چندان زیاد نیست

جدول۲- نتایج حاصل از برازش مدل در سناریو الف

شوری		پارامتر های متناظر با D_∞ محاسبه شده در مکش ۰/۱ بار			پارامتر های متناظر با D_∞ محاسبه شده در مکش ۱۵ بار		
		K_m(m day^{-1})	R^2	RMSE (m)	K_m (m day^{-1})	R^2	RMSE(m)
۱/۵	۱	۹/۰۶×۱۰$^{-۳}$	۰/۸۲	۱/۸۶×۱۰$^{-۳}$	۸/۶۶×۱۰$^{-۳}$	۰/۸۱	۱/۹۳×۱۰$^{-۳}$
	۲	۳/۱۷×۱۰$^{-۳}$	۰/۸۸	۱/۰۷×۱۰$^{-۳}$	۳/۱۱×۱۰$^{-۳}$	۰/۸۸	۱/۰۸×۱۰$^{-۳}$
	۳	۱/۰۲×۱۰$^{-۲}$	۰/۶۶	۲/۷۳×۱۰$^{-۳}$	۹/۸۵×۱۰$^{-۳}$	۰/۶۵	۲/۷۸×۱۰$^{-۳}$
۲۰	۱	۲/۹۳×۱۰$^{-۳}$	۰/۹۳	۶/۱۳×۱۰$^{-۳}$	۲/۸۹×۱۰$^{-۳}$	۰/۹۳	۶/۱۹×۱۰$^{-۳}$
	۲	۴/۹۲×۱۰$^{-۳}$	۰/۸۶	۱/۵۶×۱۰$^{-۳}$	۴/۸۴×۱۰$^{-۳}$	۰/۸۶	۱/۵۸×۱۰$^{-۳}$
	۳	۴/۳۴×۱۰$^{-۳}$	۰/۸	۱/۳۹×۱۰$^{-۳}$	۴/۴۱×۱۰$^{-۳}$	۰/۸	۱/۳۶×۱۰$^{-۳}$

جدول ۳- نتایج حاصل از برازش مدل در سناریو ب و ج

شوری		پارامتر های متناظر با K_m محاسبه شده در سناریو ب			پارامتر های حاصل از برازش در سناریو ج			
		D_∞(m)	R^2	RMSE (m)	$\mathbf{K_m}$(m day^{-1})	D_∞(m)	R^2	RMSE (m)
۱/۵	۱	۵/۵×۱۰$^{-۳}$	۰/۳۸	۲/۶۰×۱۰$^{-۳}$	۲/۱۳×۱۰$^{-۲}$	۱/۰۱×۱۰$^{-۲}$	۰/۹۹	۳/۱۷×۱۰$^{-۳}$
	۲	۲/۴۴×۱۰$^{-۳}$	۰/۱۸	۱/۲۲×۱۰$^{-۳}$	۱/۱۹×۱۰$^{-۲}$	۴/۴۲×۱۰$^{-۳}$	۰/۹۵	۱/۲۸×۱۰$^{-۳}$
	۳	۷/۱۳×۱۰$^{-۳}$	۰/۷۴	۲/۱۷×۱۰$^{-۳}$	۲/۹۷×۱۰$^{-۲}$	۱/۰۴×۱۰$^{-۲}$	۰/۹۸	۳/۱۳×۱۰$^{-۳}$
۲۰	۱	۱/۷۲×۱۰$^{-۳}$	۰/۱۷	۱/۰۱×۱۰$^{-۳}$	۷/۱۷×۱۰$^{-۳}$	۴/۱۶×۱۰$^{-۳}$	۰/۹۴	۱/۰۳×۱۰$^{-۳}$
	۲	۳/۲۳×۱۰$^{-۳}$	۰/۳۵	۱/۲۲×۱۰$^{-۳}$	۲/۰۲×۱۰$^{-۲}$	۶/۵۷×۱۰$^{-۳}$	۰/۹۶	۱/۳۳×۱۰$^{-۳}$
	۳	۳/۷۱×۱۰$^{-۳}$	۰/۳۸	۱/۸۴×۱۰$^{-۳}$	۱/۴۸×۱۰$^{-۲}$	۶/۷۴×۱۰$^{-۳}$	۰/۹۸	۲/۱۲×۱۰$^{-۳}$

در سناریو- ب، مقدار K_m محاسبه شده از معادله (۳) در خاک های ۱، ۲و ۳ به ترتیب ۰/۱۳۶، ۰/۱۴ و ۰/۰۸۵ متر بر روز بدست آمد. که در مقایسه با K_S (جدول۱) در همه خاک ها این مقادیر تفاوت قابل ملاحظه‌ای با هم دارند و کوچکتر از K_S می باشند. با توجه به شکل (۱-b) و ضریب تبیین بسیار پایین وکمتر از ۰/۷۴ (جدول ۳) می-توان نتیجه گرفت که در سناریو ب امکان برآورد صحیح D_∞ وجود ندارد. بنابراین هیچ یک از سناریوهای الف و ب نمی توانند روش درستی برای محاسبه پارامتر های معادله آسولاین - ار (۲۰۱۴) عاید نمایند. به همین دلیل در سناریو (ج) مقادیر K_m و D_∞ از برازش تعیین شد. تقریبا در تمام خاک های مورد مطالعه در سناریو (ج)، مقادیر R^2 به دست آمده زیاد (متوسط ۰/۹۶۵) بوده و RMSE کم (متوسط ۰/۰۰۲) می‌باشد (جدول ۳). نمونه ای از برازش مدل در سناریو ج در شکل (۱-c) نشان داده شده است به طور کلی ضرایب تبیین قوی به همراه مقادیر کم RMSE نشان دهنده دقت و انعطاف مناسب مدل آسولاین-ار (۲۰۱۴) در تبیین و توجیه منحنی های زهکشی خاک می‌باشد. در هر دو سطح شوری، مقادیر D_∞ بدست آمده از برازش کمتر از D_∞ محاسبه شده در سناریو الف می باشد این کاهش از ۸۲ درصد در خاک ۱و سطح شوری ۰/۱، تا ۹۵ درصد کاهش در خاک۱ و سطح شوری ۲۰ دسی زیمنس بر

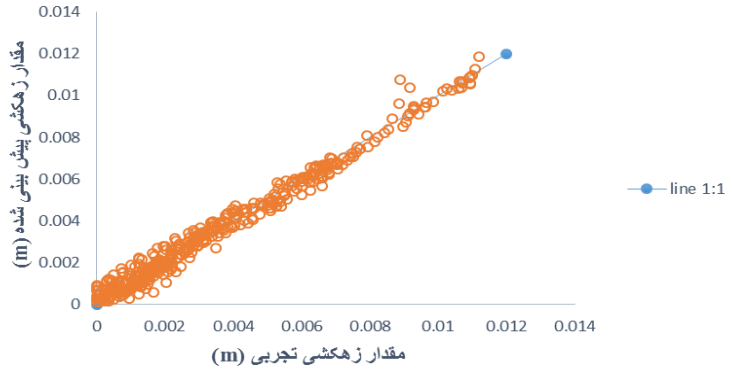
متر، متغیر بود. K_m بدست آمده از برازش در سناریو (ج)، نسبت به K_m محاسبه شده در سناریو (ب)، بیش از ۵۴ درصد کاهش داشت و در شوری بالا، مقدار این کاهش، بیشتر می باشد. احتمالا در مقیاس های کوچک، با استفاده از معادله ۲و۳، نمی توان مقدار بهینه K_m و D_∞ را تعیین کرد. مقایسه بین مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S) و میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع (K_m) بدست آمده از برازش (سناریو ج) نشان می‌دهد که این مقادیر دارای تفاوت قابل توجهی هستند. در سناریو (ج)، در تمامی خاک‌ها مقادیر K_S بزرگتر از مقادیر K_m می‌باشد زیرا K_m میانگین وزنی کلیه هدایت های هیدرولیکی غیراشباع است که در ان فرآیند زهکشی خاک حاکم است ولی K_S حداکثر مقدار هدایت هیدرولیکی ممکن است. در سناریو (ج) با افزایش شوری پارامتر K_m در خاکهای ۱ و ۳ کاهش یافته و در خاک ۲ تغییری نداشته است. D_∞ اندازه گیری شده، خاک های ۱ و۳ ، در شوری ۰/۱، بیش از ۱/۵ برابر مقدار آن در شوری ۲۰ می باشد. این پارامتر در خاک ۲و در شوری ۲۰ ، به میزان کمی افزایش داشته است. با توجه به جدول ۴میانگین D_∞ اندازه‌گیری شده در سطح شوری ۰/۱ دسی زیمنس بر متر، برابر با ۰/۸۶ سانتی متر و بیشتر از مقدار آن در سطح شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، می باشد. اما در سناریو الف، اثر شوری بر پارامتر D_∞ لحاظ نشده است. و زمانی که یک مکش ثابت (۰/۱ یا ۱۵ بار) به عنوان حد پایین زهکشی در نظر گرفته شد، D_∞ یک خاک مشخص، در هر دو سطح شوری، مقدار مشابه ای داشت.

جدول۴ -D_∞ اندازه گیری شده در خاک و در دو سطح شوری

خاک	D_∞ (m)	
	۱/۵ (dSm^{-1})	۲۰ (dSm^{-1})
۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴
۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶
میانگین	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۵۳

مقایسه D_∞ حاصل از برازش مدل در سناریو ج (جدول ۳) با مقادیر تجربی(جدول ۴) نشان می دهد این دو باهم برابر می باشند روند کاهش D_∞ اندازه گیری شده با افزایش شوری مشابه با تغییرات میانگین D_∞ به دست آمده از برازش در سناریو- ج می باشد. در شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر روند تغییرات K_m حاصل از برازش در سناریو ج، عکس K_m محاسبه شده در سناریو (ب) می باشد (خاک۲ > خاک۱ > خاک۳). در شوری۲۰ ، K_m در خاک های ۱ و ۳ تقریبا برابر و دو برابر K_m در خاک ۱می‌باشد. میانگین D_∞ بدست آمده از برازش مدل در خاک های ۱، ۲و۳ به ترتیب ۰/۰۰۷۱، ۰/۰۰۴۷ و ۰/۰۰۸۵ متر می باشد که مشابه با روند موجود در مقادیر اندازه گیری شده می باشد. و نشان دهنده این است که، مقدار کل آب زهکشی در خاک هایی با بافت درشت بیشتر از خاک‌های با بافت ریز است. ضریب تبین هر سه خاک در سناریو ج، بیش از ۰/۹۶ بوده که نشان دهنده برازش مناسب مدل در خاک‌های با خصوصیت هیدرولیکی متفاوت است. Hellel و همکاران (۱۹۷۲) و mabmvibela و van rensburg (۲۰۱۵)، نشان دادند که خصوصیات فیزیکی و نگهداشت آب خاک، مقدار کل آب قابل زهکشی را تعیین می‌کند. با توجه به D_∞ حاصل از برازش در سناریو (ج) مکشی که در آن زهکشی متوقف می‌گردد در تمام خاک ها و در هر دو سطح شوری، کمتر از ۰/۱ بار است. به عنوان مثال، زهکشی خاک۱ ، در سطح شوری ۰/۱ دسی زیمنس بر متر، در مکش ۰/۰۲۶ بار (رطوبت ۰/۴۰۲) و در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، در مکش ۰/۰۱۸ بار (رطوبت ۰/۴۹۲) متوقف می‌شود. بنابراین احتمالا در مقیاس کوچک ، مکش ۰/۱ و ۱۵ بار و هر محدوده ای بین این دو، حد پایینی رطوبت زهکشی یا همان FC را نشان نمی دهد و به عبارت دیگر رطوبت FC برای مقیاسهای کوچک قابل تعریف نیست. Meyer و Gee (۱۹۹۹)؛ Hillel (۱۹۹۸) نشان دادند تخمین FC بر اساس مکش معتبر نیست. از آنجایی که هیچ تضمینی وجود ندارد که زهکشی از خاک در این مکش ها ناچیز گردد. مشکل اساسی در استفاده از مکش برای تخمین ظرفیت زراعی این حقیقت است که این یک روش استاتیک است در حالی که زهکشی خاک و رسیدن به FC یک حالت پویا است(Ahuja و همکاران، ۲۰۰۸؛ Hille، ۱۹۸۰). شکل ۲ مقایسه کلی بین مقادیر زهکشی اندازه گیری شده و نتایج حاصل از برازش مدل در سناریو (ج) را

نشان می دهد. ملاحظه می شود که تمام نقاط تقریبا روی خط ۱:۱ بوده که نشان دهنده برازش مناسب مدل در سناریو ج می باشد .اگرچه قدرت برازش نمی تواند اعتبار فرضیات استفاده شده در در تعریف پارامتر های ورودی را تایید کند (شکل ۱-c).



شکل۲- مقایسه کلی ارتفاع نسبی آب زهکشی شده حاصل از اندازه گیری و برآورد مدل در سناریو ج

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در مقیاس کوچک، عملکرد مدل (سناریو ج)، هنگامی که D_{∞} و K_m با استفاده از معادله های پیش‌بینی یا مقادیر مشاهده شده ، (سناریو الف و ب) محاسبه شود کاهش می‌یابد. همچنین، اگرچه مدل بر داده های تجربی به خوبی برازش یافت. اما نمی‌تواند خصوصیات فیزیکی خاک را به طور مناسب پیش بینی کند بنابراین ما به مفهوم فیزیکی پارامتر های مدل مشکوک هستیم .از طرفی، وقتی عمق آب زهکشی به عنوان پارامتر مدل در نظر گرفته شود دقت مدل آسولاین –ار بیشتر شده و دقت مدل در خاک های بافت درشت و متوسط و خاک های با شوری کم بیشتر است.

منابع:

Assouline, S. and Or, D. 2014. The concept of field capacity revisited: Defining intrinsic static and dynamic criteria for soil internal drainage dynamics. Water Resour Research, 50, 4787–4802.

Hillel, D. H., Krentos, V. D., Styllianou, Y. 1972. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. Soil Science Society American Journal. 114, 395–400

Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics, Academic, San Diego, Calif.

Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations. San Diego: Academic Press.

Kale, S. 2011. Estimating effects of drainage design parameters on crop yields under irrigated lands using DRAINMOD. Scientific Research Essays. 14, 2955–2963

Mavimbela, S. S. W. and Van Rensburg L.D. 2015. In situ evaluation of internal drainage induplex soils of the Tukulu, Sepane and Swartland forms. South African Journal Plant Science. 32(4), 209-220

Meyer, P. D. and Gee, G. 1999. Flux-based estimation of field capacity. Journal Geotech Geoenviron Engineer. 125, 595–599.

Youngs, E.G. 1960. The drainage of liquids from porous materials. Journal Geophysic Research. 65, 4025-4030.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Evaluation of Assouline- Or model (2014) to express soil drainage curve

Asadi[*1], Z., Mohammadi[2], M. H.,

[1] P hd. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tehran, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tehran, Iran

Abstract

The objectives of this research are prediction of soil drainage curve using Assouline Or model (2014), comparison of predicted results with the experimental data. This research was conducted for 18 small soil columns under different salinity level of irrigation water using different scenarios. In A scenario, water from saturated water content and water content of 0.1 and 15 bar matric potential assumed as the mobile water, D_{∞}, and input to Assouline- Or model to determine weighted average of hydraulic conductivity, K_m with fitting. In B scenario, K_m is computed using water characteristic curve and D_{∞} is predicted using fitted model. Finally in C scenario, D_{∞} and k_m are predicted using fitted model. . The R^2 of model in B scenario was low while the R^2 was more 0.97 in C scenario indicating that model is capable of predicting drainage curve accurately. Results revealed that the model performed better in coarse textured soil than fine textured soils.

Keywords: Drainage curve, Soil water characteristic curve, hydraulic conductivity.

[*] Corresponding author, Email: zasadi2626@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثرات بلند مدت کاربرد بیوچار حاصل از برگ خرما بر پایداری ساختمان خاک لوم رسی شنی

زهرا گرامی*[۱]، احمد کریمی[۲]، پریا نسیمی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۳] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

بیوچار ترکیب آلی غنی از کربن است که تأثیر آن بر روی بهبود خواص فیزیکی خاک در طول زمان تغییر می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر طولانی‌مدت بیوچار حاصل از برگ نخل خرما بر پایداری ساختمان خاک لوم رسی شنی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور زمان در چهار سطح شامل ۱، ۳، ۶ و ۹ ماه پس از اعمال تیمارها و فاکتور ماده اصلاح کننده (بیوچار برگ خرما) در چهار سطح شامل شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی با سه تکرار به صورت آزمایش گلدانی انجام شد و شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر و خشک اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که اثر اصلی سطح کاربرد اصلاح‌کننده بر میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) به روش الک خشک و تر در سطح احتمال ۱ درصد ($P<0.01$) معنی‌دار گردیده است. کاربرد بیوچار در طولانی مدت باعث افزایش MWD_{Dry} گردید و بالاترین مقادیر MWD_{wet} در کوتاه مدت (ماه اول) بوده است و با افزایش سطح کاربرد بیوچار، روند تغییرات MWD_{Dry} و MWD_{wet} به ترتیب کاهشی و افزایشی بود. در مجموع نتایج نشان داد، افزودن بیوچار به خاک باعث بهبود پایداری ساختمان خاک شده است. لذا می‌توان در اراضی کشاورزی جهت بهبود وضعیت زهکشی و نفوذ از بیوچار برگ خرما استفاده کرد.

کلمات کلیدی: نخل، بیوچار، الک تر و خشک، میانگین وزنی قطر خاکدانه.

مقدمه

ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه‌سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک، عنصر اصلی برای حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. درحالی‌که استفاده از کودهای شیمیایی برای دستیابی به عملکرد بالا سبب گردیده است تا اهمیت مواد آلی کمتر در نظر گرفته شود. بنابراین، جایگزینی کودهای آلی در سطح تولید بهینه محصول به حالت پایدار، به مدیریت جامع‌نگر و آگاه به تمامی جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک تأثیرگذار نه تنها بر کمیت بلکه بر کیفیت و سلامت منابع خاک و محیط زیست نیازمند است (نیک روش و همکاران، ۱۳۹۷) که اخیراً استفاده از بیوچار[۱] (زغال زیستی) به عنوان منبع غنی از کربن و ماده اصلاح‌کننده خاک، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. بیوچار ترکیب آلی غنی از کربن است که از طریق تجزیه گرمایی هر نوع زیست توده تحت شرایط بدون اکسیژن یا حضور جزئی آن، که در اصطلاح گرماکافت[۲] گفته می‌شود، به‌دست می‌آید (Lehmann و همکاران، ۲۰۰۶ و Sohi و همکاران، ۲۰۱۰). این ماده از جنبه‌های مختلف در خاک (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) اثرات مثبت دارد و نقش آن در کاهش اثرات منفی تنش رطوبتی بر کسی پوشیده نیست (Hudson، ۱۹۹۴). طبق تحقیقات انجام شده اثرات اصلاحی بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک، علاوه بر شرایط پیرولیز، به نوع ماده آلی اولیه، نوع خاک و میزان مصرف بیوچار نیز بستگی دارد (Andrenelli و همکاران، ۲۰۱۶). در همین زمینه (Ouyang و همکاران، ۲۰۱۳) گزارش کردند که خصوصیات رطوبتی خاک لوم شنی نسبت به خاک لوم رسی تغییرات بیشتری تحت تأثیر بیوچار دارد.

از فواید افزودن بیوچار به خاک افزایش پایداری خاکدانه‌ها در خاک است که مقدار کربن آلی موجود در خاک به عنوان یکی از عوامل اصلی کنترل کننده پایداری خاکدانه‌ها در خاک‌ها شناخته شده است (Herath و همکاران، ۲۰۱۳؛ Obia و همکاران، ۲۰۱۶؛ Ouyang و همکاران، ۲۰۱۳ و Mukherjee و همکاران، ۲۰۱۳). ماده آلی از طریق پیوند ذرات معدنی خاک، کاهش رطوبت خاکدانه و تأثیر بر استحکام مکانیکی خاکدانه‌های خاک، که یکی از معیارهای به هم پیوستگی نیروهای بین ذرهای خاک است، بر روی ساختمان خاک و پایداری آن اثر می‌گذارد.

* ایمیل نویسنده مسئول: z.gerami@yahoo.com

1 -Biochar
2 -Pyrolysis

نتایج تحقیقات Annabi و همکاران (۲۰۰۷) به نقش مؤثر مواد آلی در افزایش پایداری خاکدانه‌ها و به دنبال آن ایجاد خاکدانه‌های بزرگتر و افزایش مقدار MWD را با افزایش نیروی پیوستگی بین خاکدانه‌ها توسط ترکیبات موجود در مواد آلی مرتبط می‌دانند. Han و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تشکیل خاکدانه‌ها نتیجه فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رخ داده در اکوسیستم خاک است و خاکدانه‌ها می‌توانند به شکل فیزیکی کربن آلی را در بین خود حفظ نموده و از تخریب و پوسیده شدن آن در خاک جلوگیری نمایند. Bouajila و Gallali (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که ارتباط بین پایداری خاکدانه‌ها و افزایش مقدار MWD با ماده آلی بستگی به عوامل پیوندی (هیف‌ها و ریشه‌ها) و ترشحات پلی‌ساکاریدی قارچ‌ها دارد که باعث بهبود حاکدانه‌سازی و ایجاد خاکدانه‌های بزرگتر خواهد شد. Lado و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزایش ماده آلی در خاک از ۲/۳ به ۳/۵ درصد سبب افزایش اندازه خاکدانه‌های با قطر ۲ تا ۴ و ۴ تا ۶ میلی‌متری گردیده که کاهش فرسایش و هدرروی خاک و افزایش MWD و پایداری خاکدانه‌ها را به دنبال دارد.

اغلب خاک‌های مناطق مرکزی ایران با اقلیم خشک و نیمه خشک، دارای کم‌تر از یک درصد ماده آلی است که این مساله باعث ضعیف بودن کیفیت فیزیکی به ویژه از نظر پایداری ساختمان خاک در آنها گردیده است. یکی از روش‌های بهبود کیفیت فیزیکی خاک در این مناطق استفاده از بیوچار است که باعث بهبود کیفیت فیزیکی خاک می‌شود که از طریق آن باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها، نگهداری آب و جابجایی آب و سهولت تبادل گاز می‌شود که این اثرات در طول زمان تغییر می‌کند. با وجود میلیون‌ها اصله نخل و هرس سالانه‌ی آنها در مناطق جنوبی کشور، این امکان فراهم است که از این بقایا جهت تولید بیوچار برگ خرما استفاده شود تا علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باعث کاهش ضایعات درخت خرما شود. بر این اساس در این پژوهش تأثیر بیوچار حاصل از برگ خرما بر پایداری ساختمان در یک خاک لوم رسی شنی به منظور بررسی عملکرد بیوچار در طولانی مدت انجام شد تا استفاده بهتر از بیوچار در مصارف کشاورزی و زیست محیطی انجام شود و کیفیت خاک را به حداکثر برساند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشگاه شهرکرد، با موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۲۰۷۴ متری از سطح دریا انجام شد. خاک مورد نیاز از عمق ۳۰ سانتی‌متری سطحی برداشته و به آزمایشگاه انتقال داده شد. بخشی از نمونه خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی عبور داده شد که نتایج آزمایش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ – برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی

ویژگی	Sand	Silt	clay	Texture	pH	EC	CEC	O.C
واحد	درصد	درصد	درصد	-	-	دسی زیمنس بر متر	سانتی مول بر کیلوگرم	درصد
مقدار	۵۱/۵	۲۶/۵	۲۲	S.C.L	۷/۸۲	۰/۴۶	۱۲/۵	۱/۸۶

به منظور بررسی اثرات بیوچار و زمان بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور زمان و ماده اصلاح کننده (بیوچار) هر کدام در چهار سطح در ۳ تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲– تیمارهای ماده اصلاح کننده و زمان اعمال شده در آزمایش

فاکتور بیوچار	سطح		فاکتور زمان	سطح (ماه)
	درصد وزنی	معادل (تن در هکتار)		
B_0	۰ (شاهد)	۰	T_1	۱
B_1	۰/۵	۱۸	T_2	۳
B_2	۱	۳۶	T_3	۶
B_3	۲	۷۲	T_4	۹

در این پژوهش جهت تهیه بیوچار از برگ خرما استفاده شد. برگ خرما از مرکز تحقیقات استان خوزستان فراهم و نمونه‌های برگ پس از هوا خشک شدن و خرد کردن در لوله‌های فلزی تهیه شده ریخته و به مدت تقریباً ۲ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد برای تهیه بیوچار خرما در داخل کوره

قرار داده شد تا فرآیند گرماکافت انجام شود. بیوچار تولید شده پس از عبور از الک ۲ میلی‌متر، به نسبت وزنی تیمارهای آزمایش به صورت دستی و بطور یکنواخت با ۳ کیلوگرم خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی‌متر مخلوط گردید. نمونه‌های مخلوط خاک و بیوچار به مدت یک ماه در داخل کیسه-های نایلونی، در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت ثابت خوابانده شدند و سپس به ۴۸ گلدان پلاستیکی ۳ کیلوگرمی منتقل گردید. . با اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت زراعی خاک در ابتدای آزمایش، رطوبت همه تیمارها به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. در طول دوره آزمایش آبیاری بر اساس کسر ۵۰ درصد آب قابل استفاده انجام شد. با توجه به فاکتور زمان، پس از گذشت ۱، ۳، ۶ و ۹ ماه پس از اعمال تیمارهای آزمایش شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) با دو روش الک خشک و تر (Kemper و Rosen، ۱۹۸۶) از رابطه‌ی ۱ محاسبه شد.

$$MWD=\sum_{i=1}^{n} w_i \; x_i \qquad (۱)$$

که در آن x_i متوسط قطر یا اندازه خاکدانه‌ها در هر کلاس اندازه‌ای و w_i مقدار نسبی خاکدانه‌های با قطر متوسط x_i است. در انتها برای پی بردن به اثر تیمارها از جدول تجزیه واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از روش چند دامنه‌ای دانکن به کمک نرم‌افزار STATISTICA10 و برای رسم شکل ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۳ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار برگ خرما بر میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک و الک تر را نشان می‌دهد که در میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) به روش الک خشک و تر، اثر اصلی سطح کاربرد اصلاح‌کننده، زمان و اثر متقابل سطح و زمان در سطح ۱ درصد ($P<0.01$) معنی‌دار بودند.

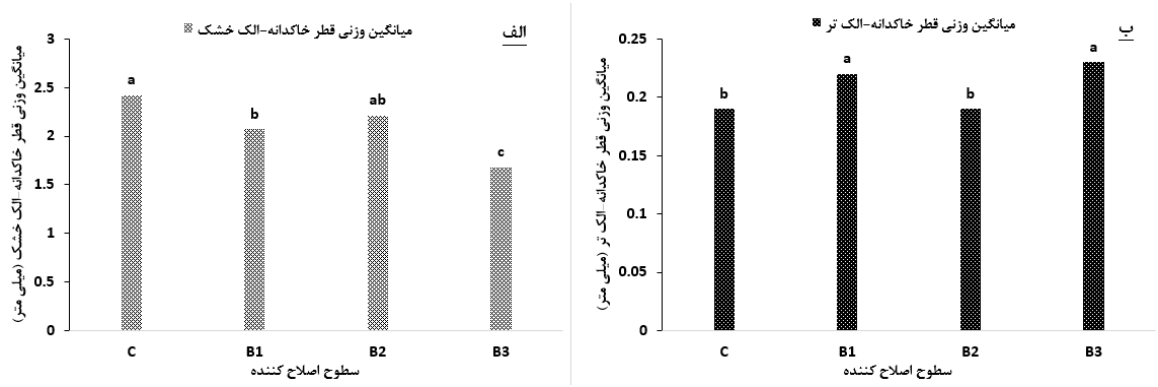
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار برگ خرما بر میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک و الک تر

منبع تغییر	درجه آزادی	MWD_{Dry}	MWD_{wet}
		میانگین مربعات	
سطح	۳	۱/۱۸**	۰/۰۰۶۳**
خطا	۸	۰/۰۶	۰/۰۰۰۶
زمان	۳	۲/۹۴**	۰/۰۱۰۱**
زمان*سطح	۹	۰/۳۳**	۰/۰۰۲۰**
خطا	۲۴	۰/۰۵	۰/۰۰۰۵

**: بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: غیر معنی‌داری است.

MWD_{Dry}، MWD_{wet}: به ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک و الک تر

شکل ۱-الف، نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی (بیوچار برگ خرما) بر میانگین وزنی قطرخاکدانه به روش الک خشک را نشان می‌دهد که در میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک (MWD_{Dry}) بین سطوح مختلف کاربرد بیوچار اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد و با افزایش سطوح بیوچار MWD_{Dry} روند کاهشی نسبت به شاهد دارد. بیشترین و کمترین تغییرات نیز مربوط به تیمار شاهد (C) و B_3 بوده است و تمامی سطوح بیوچار MWD_{Dry} کمتر از شاهد دارند. همچنین میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر (MWD_{wet}) (شکل ۱-ب) بین سطوح B_1 و B_3 با شاهد و B_2 اختلاف معنی‌دار وجود دارد و بیشترین تغییرات مربوط به تیمارهای B_1 و B_3 با ۰/۵ و ۲ درصد وزنی بیوچار معادل (معادل ۱۸و ۷۲ تن در هکتار) و کمترین تغییرات مربوط به شاهد و B_2 با داشتن صفر و ۱ درصد وزنی بیوچار برگ خرما (معادل صفر و ۳۶ تن در هکتار) بوده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطح کاربرد بیوچار میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر به جز تیمار B_2 روند افزایشی دارد که با نتایج Esmaeelnejad و همکاران (۲۰۱۶) مبنی بر افزودن بین صفر تا ۲ درصد وزنی بیوچار باعث افزایش MWD_{wet} در طولانی مدت (۶ ماه) می‌شود، همخوانی دارد.



تیمارهای با حروف لاتین مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی (بیوچار برگ خرما) بر میانگین وزنی قطرخاکدانه به روش الف: الک خشک، ب: الک تر

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اصلاح‌کننده و زمان بر میانگین وزنی قطرخاکدانه به روش الک خشک و الک تر در جدول ۴ آورده شده است. نتایج میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک نشان می‌دهد بیشترین تغییرات در تیمار B_2T_4، با ۱ درصد وزنی بیوچار برگ خرما در ماه نهم بوده است که MWD_{Dry} نسبت به شاهد ۲/۲ درصد افزایش یافته است و کمترین تغییرات B_3T_2 با داشتن ۲ درصد وزنی بیوچار در ماه سوم که MWD_{Dry} نسبت به شاهد ۴۵/۸ درصد کمتر شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد با گذشت زمان میانگین وزنی قطر خاکدانه به جز ماه سوم، افزایش می‌یابد که در مجموع نتایج اثر بیوچار بر میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک نشان می‌دهد که کاربرد ۱ درصد وزنی بیوچار در طولانی مدت باعث افزایش MWD_{Dry} شده است. دلیل افزایش MWD_{Dry} در طولانی مدت را می‌توان به کربن آلی نسبت داد. کربن به عنوان عامل پیونددهنده‌ی ذرات عمل کرده و در نتیجه باعث ایجاد خاکدانه‌هایی با میانگین وزنی قطر بیشتر شده است که Schjønning و همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان کردند که بیوچار به علت کربن زیاد موجب پایداری خاکدانه‌ها به طرز چشمگیری شده است. همچنین نتایج تحقیقات Major (۲۰۰۹) نشان داد که اتصال ذرات خاک به علت اضافه کردن بیوچار موجب افزایش جرم و حجم خاکدانه شده و میزان مقاومت برشی خاک در مقابل تنش‌های برشی افزایش پیدا کرد. Gamage و همکاران (۲۰۱۶) و Blanco-Canqui (۲۰۱۷) نیز بیان کردند که مصرف یک درصد وزنی بیوچار باعث بیشترین افزایش MWD_{Dry} در طولانی مدت (شش ماه) شده است.

جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اصلاح‌کننده و زمان بر میانگین وزنی قطرخاکدانه به روش الک الک تر را نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات مربوط به تیمار B_3T_1 با ۲ درصد وزنی بیوچار برگ خرما در ماه اول است که نسبت به شاهد ۶۳ درصد MWD_{wet} را افزایش داده است. تیمارهای ماه ششم و نهم کمترین تغییرات را دارند و با شاهد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند. نتایج نشان می‌دهد که با گذشت زمان MWD_{wet} کاهش یافته است و بالاترین مقادیر MWD_{wet} در ماه اول بوده است و بهترین کارایی مصرف سطوح مختلف بیوچار در مقادیر MWD_{wet} در کوتاه مدت است. علت افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با افزودن بیوچار و ماده خشک در سطوح مختلف به این علت است که ماده اصلاحی بیوچار با افزایش ماده آلی خاک و به عنوان عامل سیمانی‌کننده عمل و خاکدانه‌های کوچک را به‌هم متصل کرده است و موجب تشکیل خاکدانه‌های بزرگ و مقاوم شده است که باعث افزایش پایداری ساختمان خاک می‌شود که نتایج این پژوهش با یافته‌های Sheng و همکاران (۲۰۱۴) و Annabi و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر نقش مؤثر مواد آلی در افزایش پایداری خاکدانه‌ها و به دنبال آن ایجاد خاکدانه‌های بزرگتر و افزایش مقدار MWD، با افزایش نیروی پیوستگی بین خاکدانه‌ها توسط ترکیبات موجود در مواد آلی مرتبط می‌دانند، همخوانی دارد.

جدول ۴– نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اصلاح‌کننده و زمان بر میانگین وزنی قطرخاکدانه به روش الک خشک و الک تر

شاخص	سطح	زمان			
		T_1	T_2	T_3	T_4
MWD_{Dry}	B_0	۲/۱۸^{def}	۲/۱۲^{ef}	۲/۶۶^{abc}	۲/۷۳^{abc}
	B_1	۱/۳۰^{hi}	۱/۶۲^{gh}	۲/۵۹^{abcd}	۲/۷۶^{ab}
	B_2	۲/۴۲$^{a-e}$	۱/۳۰^{hi}	۲/۳۲^{cdef}	۲/۷۹^{a}
	B_3	۱/۳۰^{hi}	۱/۱۵^{i}	۲/۳۱$^{b-f}$	۱/۹۴^{fg}
	میانگین	۱/۸۰^{b}	۱/۵۵^{c}	۲/۴۷^{a}	۲/۵۵^{a}
MWD_{wet}	B_0	۰/۱۹^{de}	۰/۲۱^{cde}	۰/۱۸^{e}	۰/۱۷^{e}
	B_1	۰/۲۵^{bc}	۰/۲۷^{b}	۰/۱۷^{e}	۰/۱۸^{e}
	B_2	۰/۲۰^{cde}	۰/۱۹^{e}	۰/۱۸^{e}	۰/۱۸^{e}
	B_3	۰/۳۱^{a}	۰/۲۳^{bcd}	۰/۱۹^{e}	۰/۲۱^{cde}
	میانگین	۰/۲۴^{a}	۰/۲۲^{a}	۰/۱۸^{b}	۰/۱۸^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر پایه آزمون چند دامنه‌ای انکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

B_0، B_1، B_2، B_3، B_4، T_1، T_2، T_3 و T_4: به ترتیب صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی اصلاح‌کننده و ماه اول، سوم، ششم و نهم

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج تجزیه واریانس تأثیر طولانی‌مدت بیوچار برگ خشک خرما بر پایداری ساختمان در یک خاک لوم رسی شنی نشان داد که اثر اصلی سطح کاربرد اصلاح‌کننده، زمان و اثر متقابل سطح و زمان در سطح ۱ درصد ($P<0.01$) بر میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) به روش الک خشک و تر معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی (بیوچار برگ خرما) بر میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک و تر نشان داد که با افزایش سطوح بیوچار میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک (MWD_{Dry}) روند کاهشی نسبت به شاهد و میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر (MWD_{wet}) به جز تیمار B_2 روند افزایشی دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که کاربرد یک درصد وزنی بیوچار در طولانی مدت باعث افزایش MWD_{Dry} شده است. در حالیکه بالاترین مقادیر MWD_{wet} در ماه اول با مصرف ۲ درصد وزنی بوده است. دلیل افزایش MWD با مصرف بیوچار در طولانی مدت را می‌توان به کربن آلی نسبت داد. کربن به عنوان عامل پیونددهنده‌ی ذرات عمل کرده و در نتیجه باعث ایجاد خاکدانه‌هایی با میانگین وزنی قطر بیشتر شده است. در مجموع نتایج نشان داده است که افزودن بیوچار به خاک باعث بهبود پایداری ساختمان خاک در دامنه‌ی زمانی بلند مدت با سطح مصرف‌کمتر بیوچار شده است. لذا می‌توان در اراضی کشاورزی جهت بهبود وضعیت زهکشی و نفوذ از بیوچار برگ خرما استفاده کرد.

منابع

نیک‌روش، ا.، برومند نسب، س.، ناصری، ع.ع. و سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۷. بررسی اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لوم شنی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۲ (۲)، ۳۸۷-۳۹۷.

Andrenelli, M.C., Maienzab, A., Genesiob, L., Migliettab, F., Pellegrini, S., Vaccari, F.P. and Vignozzi, N. 2016. Field application of pelletized biochar: Short term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil. Agricultural Water Management, 163, 190–196.

Annabi, M., Houot, H., Francou, F., Poitrenaud, M. and Le Bissonnais, Y. 2007. Soil aggregate stability improvement with Urban Composts of different Maturities. Soil Science Society American Journal, 71, 413-423.

Blanco-Canqui, H. 2017. Biochar and Soil Physical Properties. Soil Science Society American Journal, 81, 687–711.

Bouajila, A. and Gallali, T. 2010. Land use effect on soil and particulate organic carbon and aggregate stability in some soils in Tunisia. African Journal Agricultural Research, 5(8), 764-774.

Esmaeelnejad, L., Shorafa, M. Gorji, M. and Hosseini, S.M. 2016. Enhancement of physical and hydrological properties of a sandy loam soil via application of different biochar particle sizes during incubation period. Spanish Journal Agricultural Research,14(2), e1103.

Gamage, D.N., Mapa, R.B., Dharmakeerthi, R.S. and Biswas, A. 2016. Effect of ricehusk biochar on selected soil properties in tropical alfisols. Soil Research, 54, 302–310.

Han, K. H., Ha, S.G. and Jang, B.C. 2010. Aggregate stability and soil carbon storage as affected by different land use practices. Proc. Of Int. Workshop on evaluation and sustainable management of soil carbon sequestration in Asian countries. Bogor, Indonesia. Sep, 28-29.

Herath, H.M.S.K., Camps-Arbestain, M. and Hedley, M. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol. Geoderma, 209-210,188–197.

Hudson, B.D.1994. Soil organic matter and available water capacity. Journal of Soil Water Conservation, 49, 189–194.

Kemper, W.D. and Rosen, R.C. 1986. Aggregate stability and distribution. In: D.LSparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Ed. pp 425-441. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison Wiusa.

Lado, M., Paz, A. and Ben-Hur, M. 2004. Organic matter and aggregate size interaction, seal formation, and soil loss. Soil Science Society Sm Journal, 68, 935-942.

Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystemsea review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11, 403 427.

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil, 333, 117–128.

Mukherjee, A. and Lal, R. 2013. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. Agronomy, 3, 313–339.

Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G. and Børresen, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. Soil and Tillage Research, 155, 35–44.

Ouyang, L., Wang, F., Tang, J., Yu, L. and Zhang, R. 2013. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 13 (4), 991-1002.

Schjønning P. Munkholm L.J. Elmholt S. 2004. Soil quality in organic. Book of abstracts Eurosoil. http://www. bodenkunde2. uni-freiburg.de/eurosoil/abstracts/id236_Schjonning. Farming effects of crop rotation animal manure and soil compaction.

Sheng, G., Fang-fang, S., Tong, Z. 2014. Effect of rice husk biocha and on some physical properties of expansive clayey soil (Vertisol). Coal fly ash Catena, 114, 17-44.

Sohi, S.P., Krull, E., Lopez-Capel, E. and Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy, 105, 47–82.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Long-term effects of Palm Leave Biochar Application on Structural Stability of Sandy Clay Loam Soil

Gerami[*1], Z., Karimi[2], A., Nasimi, P.[3]

[1] PhD Candidate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[3] M.Sc. Graduated Student., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

Abstract

Biochar is a carbon-rich organic compound which affects the physical properties of the soil over time. The aim of this study was to investigate the long-term effects of palm leaves biochar on the Structural stability of sandy clay loam soil. The experiment was a factorial based on a completely randomized design with time factors at four levels including 1, 3, 6 and 9 months after applying the treatments and factor of amendment (palm leave biochar) in four levels including control, 0.5, 1 and 2% by weight with three replications in a pot experiment and the mean weight diameter of the aggregate was measured by dry and wet sieving method. The results showed that the main effect of the level of application of amendment on mean weight diameter of the aggregates (MWD) by dry and wet sieving method was significant at 1% probability level ($P < 0.01$). Using of biochar in the long- term, increased MWD_{Dry} and the highest MWD_{wet} was in the short term (first month) and with the increase of application of biochar level, MWD_{Dry} and MWD_{wet} changes were decreasing and increasing, respectively. Overall, the results showed that adding biochar to soil improves the stability of the soil structure. So, can be used from palm leave biochar to improve the drainage and infiltration in agricultural land.

Keywords: Palm, Biochar, Dry and wet sieve, Mean weight diameter of the aggregate.

* Corresponding author, Email: z.gerami@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشدگیاه

تعیین حد آستانه و بهترین مدل جذب آب توسط ریشه در مرحله گلدهی گیاه سورگوم

مرجان نوروزی[۱*]، مهدی قاجار سپانلو[۲]، الهام چاوشی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[۳] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

چکیده

به دلیل محدودیت منابع آب شیرین در کشاورزی، استفاده از آب‌های نامتعارف رواج یافته است. لذا به منظور اهمیت کشت سورگوم علوفه‌ای، شرایط اقلیمی حاکم بر استان مازندران مبنی بر وجود تنش شوری و حساسیت اکثر گیاهان به شوری در مرحله گلدهی، این مطالعه با هدف بررسی تعیین حد آستانه گیاه سورگوم در مرحله گلدهی، تحت شوری‌های مختلف آب آبیاری صورت گرفت. آزمایش با رقم اسپیدفید در ۷ تکرار در ستون‌های خاک واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران به اجرا در آمد. تیمارهای شوری شامل آب معمولی(شاهد)، نسبتهای ۱/۴، ۲/۴، ۳/۴ آب دریا و آب معمولی، آب دریا (بصورت خالص) بود. در این مطالعه، مدل‌های جذب آب توسط ریشه بر داده‌های اندازه‌گیری شده در مرحله گلدهی گیاه سورگوم برازش داده شد و پارامترهای مربوط به هر مدل برآورد شد. نتایج نشان داد که در بین این مدل‌ها، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل‌های خطی ارجحیت داشتند. حد آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم نیز در این مرحله ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد. شیب خط کاهش عملکرد نیز ۴ درصد بر دسی‌زیمنس در متر بدست آمد، که بر این اساس، در مرحله گلدهی، گیاه سورگوم به تنش شوری حساس بوده و جزء گیاهان حساس به تنش شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ، مدل دیرکسن، مدل ماس و هافمن، مدل ون‌گنوختن و هافمن، مدل همایی

مقدمه:

با توجه به محدودیت منابع آب شیرین استفاده از آبهای با کیفیت کم و نامتعارف رواج یافته است. در ایران نیز یکی از بهترین منابع آب در شمال کشور رودخانه‌های شور حوزه آبریز دریای خزر می‌باشد. باتوجه به شوری کمتر آب دریای خزر نسبت به شوری آب دریاهای آزاد می‌تواند در مواقع لزوم برای استان‌های شمال کشور مورد استفاده قرار بگیرد (دردی‌پور، ۱۳۸۲). بدین منظور باید از گیاهانی در کشاورزی استفاده شود که نسبت به شوری متحمل باشند. از جمله این گیاهان می‌توان به سورگوم اشاره کرد. Amacher و همکاران (۱۹۹۷) آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را معادل ۴ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمودند، براساس داده‌های این گزارش در EC معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد این گیاه با ۵۰ درصد افت محصول مواجه می‌شود. در حالی که آستانه تحمل به شوری در گزارشات دیگر ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر ذکر شده است (Francois و همکاران، ۱۹۸۴). این گیاه بر اساس تقسیم‌بندی گیاهان در مقاومت به تنش شوری، در کلاس نیمه متحمل قرار می‌گیرد (Maas and Hoffman، ۱۹۷۷).

از آنجائی که اعمال مدیریتی بهینه‌ی آب در مناطقی که کیفیت آب آنها چندان مطلوب نیست، نیازمند تجزیه و تحلیل حساسیت گیاه به شوری در هر یک از مراحل رشد است، لذا برآورد مقدار آب جذب شده به وسیله ریشه گیاهان برای پیش‌بینی چگونگی پاسخ محصولات زراعی به کمیت و کیفیت آب آبیاری بسیار مهم است (Huston و همکاران، ۱۹۹۲).

در این زمینه پژوهش‌های پرشماری پیرامون اثر شوری بر گیاهان مختلف انجام شده است، ولی نتایج حاصله عموماً بصورت کمّی بیان نشده‌اند (همایی، ۱۳۸۱). لذا مدل‌های شبیه‌سازی جذب آب از آن جهت اهمیت می‌یابند که اگر این‌مدل‌ها بتوانند جریان آب به سمت ریشه‌ها را به‌درستی پیش‌بینی کنند، بدون نیاز به اندازه‌گیری‌های صحرایی می‌توان زمان آبیاری برای حداکثر رشد را با استفاده از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب و خاک و پارامترهای مشخص گیاهی تعیین کرد (Green و همکاران، ۲۰۰۶). لذا هدف از این پژوهش ارزیابی مدل‌های جذب آب توسط ریشه در خاک تحت شوری‌های مختلف آب آبیاری در مرحله گلدهی گیاه سورگوم است.

* ایمیل نویسنده مسئول: nassim_sae@yahoo.com

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، با بکارگیری پنج سطح شوری (آب معمولی، نسبتهای ۱/۴ ، ۲/۴ و ۳/۴ آب معمولی و آب دریای خزر، آب دریای خزر (بصورت خالص)) و یک رقم سورگوم (اسپیدفید)، با ۷ تکرار (در کل ۳۵ واحد آزمایشی) در ستون‌های خاک واقع شده در شرایط مزرعه در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران اجرا گردید. جدول (۱) و (۲) هدایت الکتریکی آب آبیاری و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ستون‌های آزمایشی قبل از اعمال تیمارها در جدول ۲ ارائه شده است. مواد آلی به روش والکی و بلک اصلاح شده (Chapman and Praff، ۱۹۶۱)، میزان فسفر قابل جذب به روش Olsen و همکاران (۱۹۹۰)، میزان پتاسیم قابل جذب به روش فلیم‌فتومتری و هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. هدایت الکتریکی نمونه های آب آبیاری

تیمارهای آب آبیاری	$EC \times 10^6 (\mu s/cm)$
آب معمولی	۹۹۵
نسبت ۱/۴ آب دریا و آب معمولی	۴۶۸۰
نسبت ۲/۴ آب دریا و آب معمولی	۸۱۳۰
نسبت ۳/۴ آب دریا و آب معمولی	۱۳۷۱۰
آب دریا	۱۵۹۱۰

جدول۲. برخی ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی‌ها	بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ماده آلی (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)
مقدار	لوم رسی	۶/۸۸	۰/۹۲	۸/۹۳	۱۰۲/۶۶	۲/۰۵	۴۵/۴	۳۰	۲۴/۶

این پژوهش با استفاده از خاکی با بافت لوم رسی و ستون‌های پلاستیکی به قطر ۳۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ سانتیمتر با زهکش‌هایی در کف آن انجام گرفت. همچنین به ازای میزان خاک پر شده در هر ستون میزان کود مصرفی در مزرعه با توجه به آزمون خاک برای گیاه سورگوم، مقادیر کود اوره، سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم نیز به عنوان کود پایه به ازای میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، محاسبه شد و یک روز قبل از کاشت گیاه به هر ستون اضافه گردید. در نهایت در هر ستون نیز ۵ بذر سالم سورگوم کاشته شد و پس از سبز شدن به ۲ بوته سالم تقلیل داده شد.

درضمن به منظور حصول یکنواختی در اعمال شوری، از روش آبیاری قطره‌ای در این تحقیق استفاده گردید. بدین ترتیب که برای هر آبیاری از منبع-های آب با ارتفاع ثابت و مشخص و شیلنگ‌های متصل به آن به صورت قطره‌ای استفاده شد که در فاصله چند سانتیمتری از وسط قاعده ستون‌ها قرار گرفته بودند که به صورت یکنواخت عمل می‌کردند.

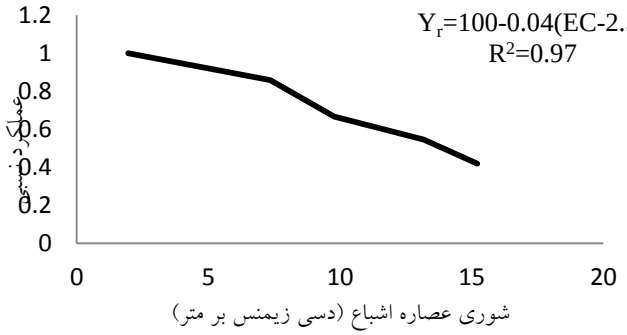
با توجه به حساسیت گیاه سورگوم در مرحله جوانه‌زنی و استقرار از بقیه مراحل رشد به شوری، در این تحقیق پس از کشت سورگوم، آبیاری با آب معمولی انجام شد. سپس از این مرحله به بعد، آبیاری گیاه سورگوم با نسبت‌های مختلف آب دریای خزر و آب معمولی و شوری‌های مختلف که در ستون‌های خاک مدنظر بود تا زمان برداشت این گیاه صورت گرفت.

در نهایت به منظور تعیین حد آستانه کاهش عملکرد گیاه در مرحله گلدهی گیاه سورگوم، عملکرد نسبی با استفاده از مدل‌های Maas and Hoffman (۱۹۷۷)، Van Genuchten and haffman (۱۹۸۴)، Direksen و همکاران (۱۹۹۳) و Homaee و همکاران (۲۰۰۲) محاسبه شد. مدل-های یاد شده بر داده‌های عملکرد نسبی به‌دست آمده در مرحله گلدهی گیاه برازش داده شدند و عملکرد نسبی برآورد شده توسط مدل‌ها با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر سطوح مختلف شوری رسم و نتایج مدل‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید.

همچنین مقایسه کمّی مدل‌های مورد استفاده نیز با محاسبه‌های آماره‌های بیشینه‌ی خطای نسبی (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، کارایی مدل‌سازی یا راندمان مدل (EF)، ضریب جرم باقی‌مانده (CRM)، ضریب تعیین (CD) برای هر کدام از مدل‌ها نیز انجام شد (Loague and Green، ۱۹۹۱).

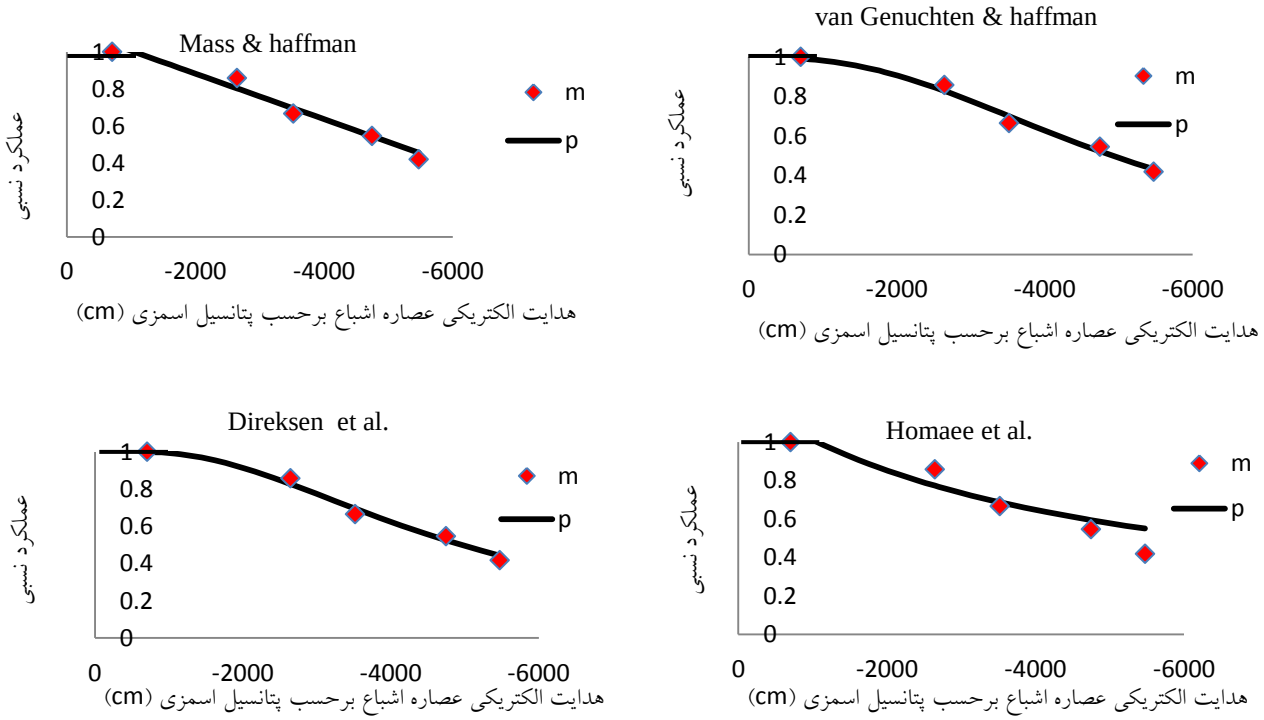
نتایج و بحث

عملکرد نسبی سورگوم در مرحله گلدهی در سطوح مختلف شوری عصاره اشباع خاک در شکل (۱) نشان داده شده است. بر اساس این شکل، عملکرد نسبی گیاه تا شوری حدود ۲/۵ دسی زیمنس بر متر کاهش چندانی نداشته، اما از آن پس، با افزایش شوری، کاهش و در شوری حدود ۱۵ دسی زیمنس بر متر به کمترین مقدار خود رسیده است. حد آستانه تحمل شوری سورگوم، بر اساس Amacher و همکاران (۱۹۹۷) معادل ۴ دسی‌زیمنس بر متر و Francois و همکاران (۱۹۸۴) ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد، حال آنکه پژوهش حاضر نشان داد که آستانه کاهش عملکرد سورگوم در مرحله گلدهی، ۲/۵ دسی زیمنس بر متر است.



شکل ۱- عملکرد نسبی گیاه سورگوم در مرحله گلدهی به عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک

شکل (۲) برازش مدل‌ها بر داده‌های اندازه‌گیری‌شده در مرحله گلدهی را نشان می‌دهد. حروف M و P به ترتیب بیانگر داده‌های اندازه‌گیری شده (Measured) و پیش‌بینی شده توسط مدل (Predicted) می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه کارایی مدل‌های Maas and Hoffman (۱۹۷۷)، Van Genuchten and haffman (۱۹۸۴)، Direksen و همکاران (۱۹۹۳) و Homaee و همکاران (۱۹۹۹) در برازش بر داده‌های عملکرد نسبی گیاه سورگوم در مرحله گلدهی به عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک

با برازش مدل‌های مختلف بر داده‌های اندازه‌گیری‌شده، پارامترهای مختلف هریک از مدل‌ها برآورد شد که نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. شیب خط کاهش عملکرد سورگوم در این مرحله ۴ درصد بر دسی‌زیمنس در متر محاسبه شد. بر این اساس، در این مرحله از رشد نیز به عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک، گیاه سورگوم به تنش شوری حساس بوده و جزء گیاهان حساس به تنش شوری تقسیم می‌شود. شوری که در آن عملکرد ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (EC_{50})، در مدل‌های ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) و دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) در واکنش عملکرد به شوری عصاره اشباع به ترتیب ۱۳/۶۷ و ۱۳/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر محاسبه شد. مقدار پارامتر p مدل ون گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) و مدل همایی و همکاران (۲۰۰۲) در توابع کاهش عملکرد به ترتیب ۲/۵۳ و ۱/۰۶ و ضریب α در مدل همایی و همکاران (۲۰۰۲)، ۰/۳۹ محاسبه شد.

جدول ۳- پارامترهای مدل‌های Maas and Hoffman (۱۹۷۷)، Van Genuchten and haffman (۱۹۸۴)، Direksen و همکاران (۱۹۹۳) و Homaee و همکاران (۱۹۹۹) برای برآورد پاسخ گیاه سورگوم به شوری عصاره اشباع خاک در مرحله گلدهی

معادلات	مقادیر منابع				مقادیر آزمایش						مقادیر برآورد شده مدل					
	p	EC_{50}	b	EC_0	p	α	b	EC_{max}	EC_{50}	EC_m	p	α	b	EC_{max}	EC_{50}	EC_p
Mass & haffman (1977)	–	–	۱۶	۶/۸۴	–	–	۰/۰۴	–	–	۲/۵۰	–	–	۰/۰۴	–	–	۲/۹۲
van Genuchten & haffman (1984)	۳	۲۳/۸۹	–	–	۱/۲۲	–	۰/۰۴	–	۱۳/۷۶	۲/۵۰	۲/۵۳	–	–	–	۱۳/۶۷	–
Direksen et al. (1993)	–	–	–	–	۱/۲۲	–	–	–	۱۳/۷۶	۲/۵۰	۲/۰۰	–	–	–	۱۳/۷۶	۱/۹۰
Homaee et al. (1999)	–	–	–	–	۱/۱۹	–	–	۱۵/۲۰	–	۲/۵۰	۱/۰۶	۰/۳۹	–	۱۵/۵۰	–	۲/۹۷

EC_p: آستانه تحمل به شوری برآورد شده توسط مدل برای گیاه سورگوم– EC_m: بیانگر آستانه تحمل به شوری اندازه‌گیری شده گیاه سورگوم– EC_{50}: مقدار شوری که در آن جذب آب به وسیله گیاه به اندازه ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.– EC_{max}: میزان شوری است که بیشتر از این مقدار افزایش شوری نمی‌تواند با همان روند قبلی در مقدار α کاهش ایجاد کند.– b: شیب خط یا مقدار کاهش عملکرد در گیاه– α: تابع کاهش (جذب نسبی آب توسط ریشه گیاه) – P: ضریب تجربی وابسته به گیاه، خاک و اقلیم

جدول۴- آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه مدل‌های برآورد پاسخ گیاه سورگوم به شوری عصاره اشباع خاک در مرحله گلدهی

مدل	R^2	CRM	ME	EF	CD	RMSE
Mass & haffman (1977)	۰/۹۷	۱/۶۶	۰/۰۵	۰/۹۷	۱/۰۳	۳/۵۶
van Genuchten & haffman (1984)	۰/۹۹	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۳	۰/۹۹	۱/۰۰	۲/۰۰
Direksen et al. (1993)	۰/۹۸	-۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۹۸	۰/۹۶	۲/۲۳
Homaee et al. (1999)	۰/۸۹	-۰/۰۰۱	۰/۱۳	۰/۸۹	۱/۲۸	۷/۲۰

RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا– CD: ضریب کارایی– EF: راندمان مدل– ME: بیشینه خطای نسبی– CRM: ضریب جرم باقیمانده،– R^2: ضریب تبیین

همانطور که از شکل (۲) و ضرایب تبیین ارائه شده در جدول (۴) بر می‌آید، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل ساده و خطی ماس و هافمن (۱۹۷۷)، برازش بهتری بر داده‌های اندازه‌گیری شده دارند. بنابراین برای انتخاب مناسبترین مدل برآوردی در این مرحله، با کمک آماره‌های ذکر شده (۴) بهترین مدل تعیین شد. با توجه به جدول (۲)، کارایی (EF) و خطای ماکزیمم (ME) مدل‌های ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) و دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) نزدیک بهم بوده است و از طرفی مناسب‌ترین مدل، مدلی است که RMSE کمتری داشته باشد و ضریب تخمین (CD) آن به یک نزدیکتر باشد، بنابراین برای این مرحله در بین مدل‌های غیرخطی، مدل ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) واجد شرایط فوق بوده و مناسبترین مدل شناخته شد. از آنجائیکه مدل دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) دارای پارامترهای کمتری می‌باشد نیز در این مرحله از رشد گیاه می‌توان مورد استفاده قرار داد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در مدل‌های جذب آب توسط ریشه گیاه، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل‌های خطی ارجحیت داشتند و از آنجائیکه در بین مدل‌های غیرخطی، مدل ون‌گنوختن و هافمن RMSE و CD کمتری نسبت به دو مدل غیرخطی دیگر داشت، لذا در این مرحله از رشد گیاه سورگوم، مدل ون‌گنوختن و هافمن توانست بهترین مدل شناخته شود. حد آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را در برخی منابع معادل ۴ و در برخی دیگر معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است ولی سورگوم نیز همانند اکثر گیاهان زراعی در مراحل مختلف رشد خود نسبت به شوری واکنش‌های متفاوتی دارد، به همین دلیل می‌توان انتظار داشت که این مقادیر آستانه شوری که از تحقیقات قبلی به دست آمده است، به طور کامل نتواند واکنش گیاه را در مقابل شوری برآورد نماید و شوری آستانه کاهش عملکرد سورگوم در هریک از مراحل رشد با دیگر مراحل رشد آن متفاوت باشد، که در این مطالعه حد آستانه تحمل گیاه سورگوم نسبت به شوری در مرحله گلدهی، ۲/۵دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد. لذا پیشنهاد می‌گردد در استفاده از آب‌های شور در آبیاری، حد آستانه تحمل هر گیاه در مرحله جداگانه درنظر گرفته شود تا میزان مناسبتری از شوری در هر مرحله از رشد گیاه استفاده گردد و عملکرد بهتری بدست آید. همچنین در روش آبیاری قطره‌ای با آب شور، چون فاصله آبیاری‌ها کوتاه بوده، لذا محلول خاک که ریشه گیاه، آب و مواد غذایی موردنیاز خود را از آن دریافت می‌دارد تقریباً در طول دوره رشد گیاه رقیق مانده و غلظت نمک در آن کم است و ضرر کمتری متوجه گیاه خواهد شد، لذا برای گیاهانی که نسبت به شوری مقاومت کمتری دارند می‌تواند روش مناسبی از آبیاری باشد.

منابع

- دردی پور، ا. ۱۳۸۲. بررسی نقش پتاسیم و روی در کاهش اثرات سوء ناشی از آبیاری با آب دریای خزر بر روی رشد و عملکرد جو، پایان نامه دکتری رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

-Amacher, K., Koenig, J. R. and Kitchen, B. 1997. Salinity and plant tolerance. Utah State University. Extension Electronic Publishing.

-Chapman, H. D. and Paraff, P. F. 1961. Methods of analysis for soil plant and water. University of California. Division of agricultural science, 29,142-149.

-Dirksen, C., Kool, J. B., Koorevaar, P. and Van Genuchten, M. Th. 1993. HYSWASOR- Simulation model of hysteretic water and solute transport in the root zone. PP.99-122. *In*: Russo, D. and G. Dagan (Eds.), Water Flow and Solute Transport in Soils Springer Verlag, New York.

-Francois, L.E., Donovan, T.J. and Maas, E.V. 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. Agron. J, 76, 741–744.

-Green S.R., Kirkham, M.B. and Clothier, E. 2006. Root uptake and transpiration: From measurements and models to sustainable irrigation. Agric. Water Manage, 86, 165–176.

-Homaee, M., Driksen, C. and Feddes, R. A., 2002. Simulation of root water uptake I. Non-uiform transient salinity using different macroscopic reduction functions, J. Agricultural Water Management, 57, 89-109.

-Lacerda, C. F., Cambraria, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A. and Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Rev. Bras. Fisiol. Veg, 49,107-120.

-Loague, K. and Green, R.E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. Journal of Contaminant Hydrology, 7, 51-73.

-Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance–current assessment. Journal of Irrigation and Drainage. Div. ASCE, 103,115– 134.

-Olsen, S.R. and Sommers, L. E. 1990. Phosphorus, In: Page A. L., Method of soil analysis. part 2. and agron monoger., ASA , Madison, WI, 403-431.

-Van Genuchten, M. Th. and Hoffman, G. j. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. PP. 258-271. *In* I. Shainberg and J. Shalhevet (Eds.), Soil Salinity under Irrigation Process and Management. Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin, New York.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Determination of the salinity threshold limit and best model for root water absorption at the flowering stage of the sorghum

Noroozi[1*], M., Ghajar Sepanlou[2], M, Chavoshi[3], E.

[1] PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

[2] Assistant Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

[3] Associate Prof., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Sciences and Natural Resources University of Sari, Iran

Abstract

Due to the limitation of fresh water resources in agriculture, has become widespread the use of unconventional water. Therefore, Concerning the importance behind cultivating forage sorghum and the climatic conditions governing Mazandaran province in terms of the existence of salinity stress and sensitivity of most plants to salinity at flowering stage, this study was conducted to determine the threshold of sorghum at the flowering stage, under different saline irrigation water. The experiment was conducted with Spidophyte variety in 7 replications in soil columns located in Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research Center. The salinity treatments included ordinary water (control), proportions of $^{1}/_{4}$, $^{2}/_{4}$, $^{3}/_{4}$ of ordinary water and sea water, sea water (pure). In this study, mathematical models of water absorption by roots were fitted to the measured data at the flowering stage of the sorghum plant and the parameters were estimated for each model. The results showed that non-linear models of linear models were preferred in water absorption models by plant roots. The threshold for sorghum was estimated about 2/5 dS/m. The slope of yield reduction line was 4% per dS/m, according to this, at the flowering stage of the sorghum plant is Sensitive to salinity stress and is one of the plants Sensitive to salinity stress.

Keywords: Direksen model, Maas and Hoffman model, Van Genuchten and haffman model, Homaee model

* Corresponding author, Email: nassim_sae@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی امکان بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک با استفاده از مواد آلی سنتزی و طبیعی (مطالعه موردی: دشت عتابیه، خوزستان)

هناحویزاوی*، علیرضا جعفرنژادی[۱]،

[۱*] دانش اموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، دانشگاه شاهد تهران،

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

چکیده

مدیریت‌های مختلف بدون در نظر گرفتن شرایط خاک باعث افزایش شوری و سدیمی، تخریب ساختمان و کاهش کیفیت خاک می‌گردد. کاهش میزان شوری، افزایش میزان تخلخل و بهبود شرایط فیزیکی خاک اقدامی مؤثر برای حل این مشکل است. این پژوهش باهدف امکان بهبود ساختمان خاک در منطقه عتابیه در خوزستان انجام شد. پژوهشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار در سه تکرار انجام شد. تیمارهای بهبود دهنده شامل باگاس فرآوری شده نیشکر (۱۰ تن در هکتار)، سوپر جاذب (۲۵ کیلوگرم در هکتار)کود بیولوژیک نیتروکسین و باگاس (یک لیتر در هکتار نیتروکسین و پنج تن در هکتار باگاس)، فیلترکیک (پنج تن در هکتار)، گچ (۱۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد، مورد استفاده قرار گرفتند. هدایت الکتریکی، تخلخل کل خاک، جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی اندازه‌گیری شد. بین تیمارهای مختلف اصلاح‌کننده خاک و تیمار شاهد از نظر میانگین تخلخل و جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. گچ با هدایت الکتریکی (dS m^{-1}) ۱۴/۴ که کمترین مقدار ثبت‌شده بود. کمترین جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$) ۱/۱۳در تیمار نیتروکسین و باگاس بود و حداکثر مقدارتخلخل به دست آمده، ۵۵/۷۲درصدنیز برای این تیماردر عمق ۰-۱۵ بود. شاهددر عمق ۱۵-۳۰ کمترین درصد تخلخل (۴۱/۶۸)را داشت. تیمار نیتروکسین+باگاس نسبت باجرم مخصوص حقیقی($g\ cm^{-3}$) ۲/۵۶میانگین این ویژگی در خاک معمولی۳/۳۹درصد کاهش نشان داد. تغییرات مشاهده‌شده در خصوصیات اندازه‌گیری شده‌ی این پژوهش ، در بازه‌ی زمانی آزمایش نشان از اثر مثبت مواد استفاده‌شده دارد.

کلمات کلیدی: هدایت الکتریکی، ساختمان خاک، جرم مخصوص ظاهری

مقدمه

امروزه تخریب اراضی به‌عنوان یک تهدید جهانی مطرح بوده و از جنبه‌های مختلف باعث کاهش محصول وافت عملکرد در اراضی کشاورزی می‌شود. یکی از دلایل تخریب اراضی، شور و سدیمی شدن خاک است که بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تأثیر قرار داده است. (Qadir و همکاران ۲۰۰۳). کاربرد رایج تراکتورها و ادوات در کشاورزی باعث تراکم خاک و درنتیجه تغییر تخلخل و خواص هیدرولیکی خاک می‌شود. آگاهی از تغییرات ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به‌خصوص میزان نفوذ و حرکت آب در خاک در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی جهت اصلاح روش‌های مدیریتی خاک حائز اهمیت است . به‌طورکلی جریان آب در خاک‌های دارای ساختمان اساساً از طریق منافذ درشت است، حتی اگر این منافذ درصد بسیار کوچکی از تخلخل کل خاک را تشکیل دهند (Moret و همکاران ۲۰۰۷).Mosaddeghi و همکاران(۲۰۰۷) و Soane و همکاران(۱۹۹۰) بر این عقیده هستند که تراکم‌پذیری خاک را می توان به‌عنوان بیان کمی رفتار خاک تحت تأثیر تنش و فشارهای مشخص دانست که معمولاً این رفتار با تغییر جرم مخصوص ظاهری، درجه پوکی و تخلخل کل بیان می‌شود. عوامل مختلفی بر تراکم‌پذیری خاک تأثیر دارند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، مواد آلی هستند. الیاف باگاس به‌صورت مخلوط با آهک هیدراته سبب افزایش مقاومت فشاری خاک از طریق افزایش زمان اصلاح خاک و مواد افزودنی به خاک شد. درحالی‌که انقباض طولی در خاکی که با آهک هیدراته تثبیت‌شده بود نسبت به فیبر باگاس افزایش پیدا کرد و بازه زمانی برای اصلاح خاک کاهش‌یافته است (Dangو همکاران ۲۰۱۶). دلایل اصلی شوری خاک شامل استفاده از آب‌شور، تبخیر شدید، آبشویی ناکافی، کمبود آبیاری مناسب و مدیریت زهکشی اراضی است (Rajabzadeh وهمکاران ۲۰۰۹). عتابیه در خوزستان بخشی ازاراضی طرح ۵۵۰ هزارهکتاری مقام معظم رهبری می باشد که ، پس ازپایان عملیات احداث کانال های آبرسان و زهکش های زیز زمینی امکان کشت پیدا کرده است. منطقه از نظر بافت و ساختمان نماینده ده هزار هکتار از اراضی این منطقه می باشد. مشکل از بین رفتن ساختمان خاک در منطقه به دلیل فشردگی بالای خاک، عملیات تسطیح ، فقر موادآلی، بهره‌برداری بیش‌ازحد از خاک حاصلخیز منطقه و عدم توجه به تعادل بین برداشت از خاک و برگرداندن مواد غذایی ایجادشده است. همه‌ی این عوامل سبب نامطلوب شدن ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند وضعیت شوری و سدیمی، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل و... شده است که نتیجه‌ی آن

* ایمیل نویسنده مسئول: natric120@gmail.com

بروز مشکلاتی برای بهره‌برداران و درنهایت کاهش عملکرد است. در این پژوهش تلاش شد با یافتن راه‌کاری مؤثر با استفاده از منابع مختلف مواد آلی (طبیعی و سنتزی) به این مشکل پاسخ داده شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، تابستان سال ۱۳۹۶ در منطقه عتابیه (دشت آزادگان) واقع در استان خوزستان اجرا شد. مختصات منطقه ۴۸ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۶ دقیقه طول شمالی از گرینویچ، در ۷۲ کیلومتری غرب اهواز است. خاک منطقه فاقد ساختمان مناسب و تخریب آن در طی زمان طولانی است. بافت خاک رسی و لوم رسی است. این پژوهش، در مزرعه‌ای که دارای سیستم زهکشی زیرزمینی بود و در حالت آیش قرار داشت انجام گردید. موقعیت جغرافیایی منطقه در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه

طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل (عمق و تیمارهای اصلاح کننده) و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵سانتی‌متری به‌عنوان فاکتور اول و شش تیمار شامل شاهد، فیلتر کیک (پنج تن در هکتار)، گچ (۱۰ تن در هکتار)، ماده آلی باگاس نیشکر (۱۰ تن در هکتار)، کود بیولوژیک نیتروکسین همراه باگاس نیشکر (یک لیتر در هکتار نیتروکسین و پنج تن در هکتار باگاس) و سوپر جاذب (۲۵ کیلوگرم در هکتار از برند آکوازورب) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. ۱۸کرت آزمایشی، هرکدام به مساحت ۱۲ مترمربع تعیین و تیمارها به‌طور یکنواخت با خاک سطحی مخلوط شد. پس از آبیاری کرت‌های آزمایشی در بازه‌های زمانی مشخص، از خاک حاوی تیمارهای بهبوددهنده در دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری ۱۴۴ نمونه خاک در طی ۴ مرحله، نمونه‌برداری شد و هدایت الکتریکی آن‌ها ثبت شد. سایر خصوصیات در انتهای بازه‌ی زمانی آزمایش محاسبه و ثبت گردیدند. هدایت الکتریکی با استفاده از گل اشباع با قیف بوخنر و دستگاه پمپ خلأ اندازه‌گیری شد (علیزاده، ۱۳۸۸). جرم مخصوص ظاهری با استفاده از روش استوانه‌ای خاک دست‌نخورده (شکل ۳) و جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر اندازه‌گیری شد (M.R. Carter و همکاران، ۲۰۰۷) (شکل ۴). تخلخل خاک از طریق مقادیر جرم مخصوص حقیقی و جرم مخصوص ظاهری محاسبه‌شده و با قرار دادن در فرمول رو به رو به دست آمد (M.R. Carter و همکاران، ۲۰۰۷) :

تخلخل خاک =۱- (جرم مخصوص ظاهری/ جرم مخصوص حقیقی)

شکل ۲. تهیه‌ی عصاره اشباع برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی

شکل۳. الف)کوبیدن استوانه‌ی فلزی نمونه‌گیری و اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک. ب) توزین استوانه‌ها پس از خشک شدن خاک.

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطوح مختلف انجام گردید.

نتایج و بحث

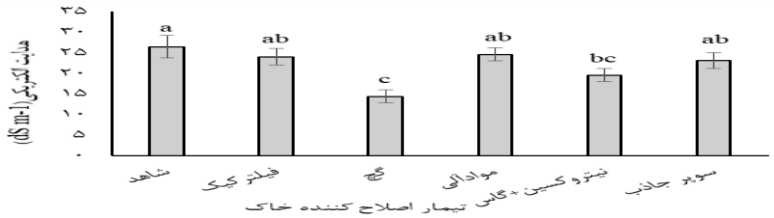
هدایت الکتریکی(Electrigal conductivity)

تجزیه واریانس برای برهمکنش بین عمق نمونه‌برداری و تیمارهای اصلاح خاک حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۱). بیشترین میانگین EC ($dS\ m^{-1}$) ۲۶/۴، متعلق به تیمار شاهد و کمترین مقدار برای گچ با هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$) ۱۴/۴ بود ($\alpha=۰/۰۵$). میزان کاهش EC در تیمارهای فیلترکیک، مواد آلی، نیتروکسین+باگاس و سوپر جاذب نسبت به شاهد به ترتیب ۹/۱، ۷/۱، ۲۶ و ۱۴/۷ درصد بود(شکل۴). اقبال (۲۰۰۲) نیز بیان کرد که هدایت الکتریکی خاک با مصرف کمپوست و کودهای آلی افزایش پیدا می‌کند و باید با شست‌وشوی کافی این مواد آلی شوری را به حد قابل‌تحمل گیاه رساند . دراین پژوهش نیز مصرف موادآلی مختلف همراه با آبیاری منظم باعث کاهش قابل توجه هدایت الکتریکی خاک گردید. منجزی و همکاران (۱۳۹۳) در طی پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطح فیلترکیک نسبت به سطوح شیمیایی، مقدار شوری خاک افزایش می‌یابد. دلیل افزایش شوری در تیمارهای فیلتر کیک در مقایسه با تیمارهای کود شیمیایی، غلظت زیاد نمک در فیلتر کیک مصرفی بود. نتایج آنها مؤید پژوهش حاضراست که اثر مثبت فیلتر کیک در افزایش ماده‌ی آلی خاک، با رعایت برخی موارد، پتانسیل بسیار خوبی برای کاربرد به‌عنوان یک کود آلی و بهبود دهنده ی خاک دارد.

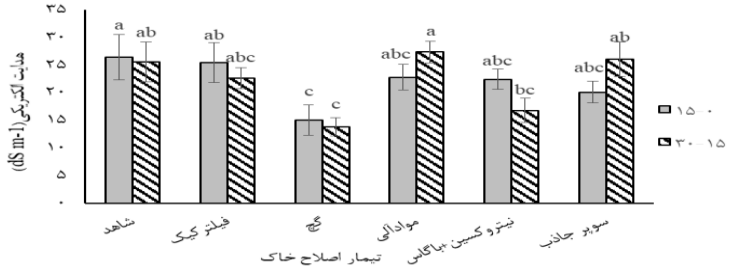
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای بهبود خاک و عمق نمونه‌برداری بر هدایت الکتریکی (عمق ۰-۱۵ و۱۵-۳۰سانتی متری)خاک منطقه دشت آزادگان، عتابیه در سال ۱۳۹۶

	میانگین مربعات	
منبع تغییر	درجه آزادی	هدایت الکتریکی
تکرار	۲	۷۰/۹۹
عمق	۱	۳/۶۷ $^{n.s}$
تیمار اصلاح کننده خاک	۵	۴۷۵/۸۹
عمق * تیمار	۵	۱۱۰/۶۵
خطا	۹۴	۴۷/۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۳۱/۱۷

** : معنی‌دار در سطح احتمال ٪ ۱ *: معنی‌دار در سطح احتمال ٪۵ n.s: غیر معنی‌دار



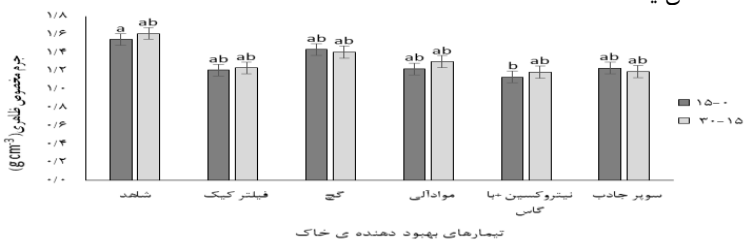
شکل ۴. مقایسه میانگین تغییرات هدایت الکتریکی(EC) تحت اثر تیمار اصلاح خاک به روش توکی ($\alpha=۰/۰۵$)



شکل ۵. مقایسه میانگین تغییرات هدایت الکتریکی (EC) تحت اثر برهم‌کنش عمق نمونه‌برداری و تیمار بهبوددهنده خاک به روش توکی ($\alpha=۰/۰۵$).

جرم مخصوص ظاهری

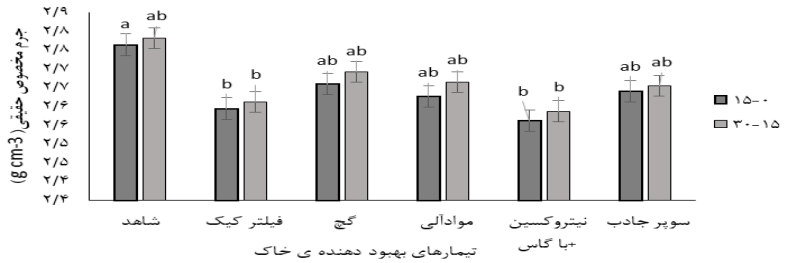
برهم‌کنش تیمار اصلاح‌کننده و عمق خاک برای جرم مخصوص ظاهری نشان داد که بین مقادیر ثبت‌شده برای این ویژگی در تیمار شاهد و تیمارهای اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تیمار نیتروکسین+ باگاس در عمق ۱۵ سانتی‌متری با مقدار ($g\ cm^{-3}$) ۱/۱۳کمترین و تیمار شاهد در عمق ۳۰ سانتی‌متری با ($g\ cm^{-3}$) ۱/۵۹ بیشترین مقادیر را داشتند (شکل۶). البته تغییرات بسیار کم در جرم مخصوص ظاهری خاک می‌تواند نشان از بهبود شرایط فیزیکی آن داشته باشد. صیاد و همکاران (۱۳۷۸) در پژوهش خود که اثر باگاس نیشکر بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک را بررسی کردند به این نتیجه رسیدند که میانگین جرم مخصوص ظاهری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری (عمق اختلاط با ماده‌ی آلی) در تیمارهای شاهد، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار ماده‌ی آلی به ترتیب ۱/۴۷، ۱/۱، ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. به‌این‌ترتیب جرم مخصوص ظاهری در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ تن نسبت به شاهد به ترتیب ۲۵ و ۱۶ درصد کاهش یافت.



شکل۶. مقایسه میانگین تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک تحت اثر برهم‌کنش عمق نمونه‌برداری و تیمار اصلاح‌کننده خاک به روش توکی (α=۰/۰۵)

جرم مخصوص حقیقی

مقایسه میانگین در برهم‌کنش تیمارهای اصلاح‌کننده خاک و عمق نمونه‌برداری‌های برای جرم مخصوص حقیقی اختلاف معنی داری را در سطح ۵ درصد نشان داد . به طوری که تیمار نیتروکسین+ باگاس در عمق ۰-۱۵ سانتی متر با ۲/۵۶ کمترین مقدار بود که نسبت به میانگین جرم مخصوص حقیقی در اغلب خاک‌هاکه حدود ($g\ cm^{-3}$) ۲/۶۵ است، ۳/۳۹درصد کاهش نشان داد. تیمار شاهد با جرم مخصوص حقیقی ($g\ cm^{-3}$) ۲/۷۸ بیشترین مقدار ثبت شده بود(شکل ۷). هرچند بین مقدار این ویژگی برای تیمار فیلترکیک و نیتروکسین + باگاس درهر دو عمق از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت اما این اختلاف با سایر تیمارها، در سطح ۵ درصد معنی دار بود ($p < ۰/۰۵$). نتایج این پژوهش، کاهش مقدار چگالی حقیقی در اغلب تیمارها را نشان داد که می‌تواند دلیلی بر بهبود شرایط فیزیکی خاک باشد. علاوه بر این چون مواد آلی سبک تر از مواد معدنی خاک است، بنابراین تیمارهای فیلتر کیک، موادآلی و نیتروکسین + باگاس که محتوی مقدار نسبتاً زیادی مواد آلی هستند دارای وزن مخصوص حقیقی کمترمی باشند .

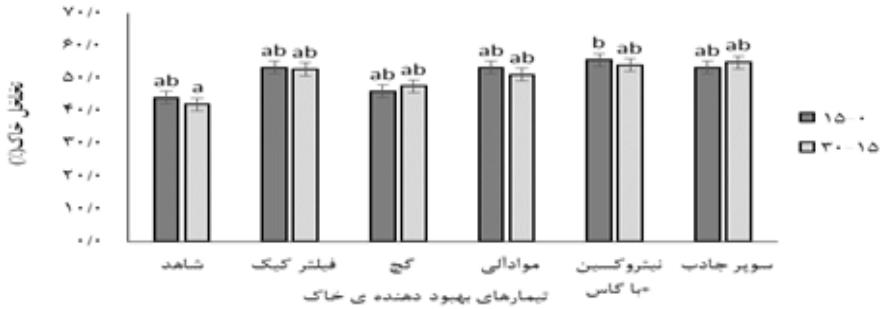


شکل ۷ . مقایسه میانگین تغییرات جرم مخصوص حقیقی تحت اثر برهم‌کنش عمق نمونه‌برداری و تیمار اصلاح‌کننده خاک به روش توکی (α=۰/۰۵).

درصد تخلخل خاک

در برهم‌کنش تیمار بهبوددهنده خاک و عمق خاک بیشترین مقدار ثبت‌شده برای تخلخل ۵۵/۷۲درصد متعلق به تیمار نیتروکسین+ باگاس در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری بود که اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد(شکل ۸). کمترین مقدار تخلخل ۴۱/۶۸درصد مربوط به تیمار

شاهد در عمق ۱۵-۳۰سانتی‌متری بود که با حداکثر بودن مقدار جرم مخصوص ظاهری آن مطابقت دارد. تیمارهای فیلتر کیک، مواد آلی، سوپر جاذب و گچ در مقدار تخلخل اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ۸) . استفاده از کود بیولوژیک همراه با باگاس نیشکر به دلیل اثرات مثبت فعالیت باکتری باعث افزایش تخلخل خاک شده است .از طرفی گلچین وهمکاران (۱۳۷۹) نیز اثر مثبت استفاده از ِگیاهان پوششی و مواد آلی باعث بهبود پایداری خاکدانه ها و افزایش تخلخل خاک وکاهش جرم مخصوص ظاهری می‌گردد.



شکل۸. مقایسه میانگین تغییرات تخلخل کل خاک تحت اثر برهم‌کنش عمق نمونه‌برداری و تیمار اصلاح‌کننده خاک به روش توکی (α=۰/۰۵)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از مواد آلی، گچ، کود بیولوژیک همراه با باگاس نیشکر، فیلتر کیک و سوپر جاذب به‌عنوان بهبوددهنده ساختمان خاک استفاده شد. همچنین ویژگی‌هایی از خاک مانند هدایت الکتریکی، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و تخلخل کل خاک برای رصد کردن وضعیت بهبود ساختمان خاک در دو عمق مختلف (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری) موردبررسی قرار گرفتند. ازلحاظ آماری، تغییرات پارامترهای هدایت الکتریکی خاک در تیمارها و عمق‌های مختلف اختلاف معنی داری را نشان دادند. ویژگی‌های جرم مخصوص ظاهری، و تخلخل کل خاک در تیمارهای مختلف باوجود اختلاف کم در مقادیر ثبت‌شده اما ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان دادند. هرچند این اختلاف کم در مقادیر ثبت‌شده با توجه به بازه‌ی زمانی آزمایش انجام‌شده ،ازنظر فیزیک و ساختمان خاک حائز اهمیت است . افزایش تخلخل در فیلتر کیک، نیتروکسین+ باگاس ومواد‌آلی و کمتر شدن جرم مخصوص ظاهری آنها نسبت به شاهد، در نتیجه ی کاربرد موادآلی طبیعی سنتزی و کود بیولوژیک نیتروکسین است که اختلاط و تجزیه ی این مواد در خاک تا حدودی سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شد. البته کوتاه کردن بازه زمانی بین عملیات آبیاری و نمونه‌برداری نیز می‌تواند وضعیت مناسب‌تری از ویژگی‌های فیزیکی خاک را بیان کند. است .

منابع

بایبوردی، محمد. ۱۳۸۵. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران. چاپ هشتم.

علیزاده، ح. نظری، ب. لیاقت، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی بار افتان ساده‌شده در اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. مجله آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲، ۶۲-۵۵.

یزدان پناه، ن. پذیرا، ا. نشاط، ع و محمودآبادی، م.۱۳۹۰. تأثیربرخی روش‌های اصلاح خاک شور و سدیمی در توزیع عمقی کاتیون های محلول با استفاده از ستون خاک. مجله پژوهش های آبخیزداری(پژوهش و سازندگی)، ۹۱(۲۴) ، ۹۶-۸۸.

Dang, L.C., Fatahi, B. and Khabbaz, H. 2016. Behaviour of Expansive Soils Stabilized with Hydrated Lime and Bagasse Fibres. Procedia Engineering, 143, 658-665

Eghball,B.2002.Soil properties as influenced by phosphorus-and nitrogen-based manure and compost applications. Agronomy Journal, 94, 128-135.

Moret, D.,and Arrúe, J. L. 2007. Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage. Soil and Tillage Research, 96, 103-113.

Mosaddeghi, M. R., Koolen, A. J., Hajabbasi, M. A., Hemmat, A. and Keller, T. 2007. Suitability of pre-compression stress as the real critical stress of unsaturated agricultural soils. Biosystems Engineering, 98, 90–101.

Qadir, M., Steffens, D., Yan F., Schubert, S. 2003. Proton release by N2-fixing plant roots: a possible contribution to phytoremediation of calcareous sodic soils. Land Degrad. Develop., 14, 301–307

Soane, B. D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. Soil and Tillage Research, 16 ،179–201

Rajabzadeh, F., Pazira, E. Mahdian, MH. Mahmoudi, S. and Heidarizadeh, M. 2009. Leaching saline and sodic soils along with reclamation-rotation program in the mid-part of Khuzestan, Iran. Journal of Applied Science, 9, 4020-4025.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Investigating the possibility of improving some physical properties of soil using natural and synthetic organic matter The case Study: Atabiya Plain, Khouzestan

Hoveizavi,H[*1]., A.R. Jafarnejadi[2]

[1]Master of Science in Soil Science Engineering, Shahed University, Tehran, Iran

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

Abstract

Regardless of soil conditions, different management operations have caused salinity and sodium increase in soil, and damaging its structure and reducing soil quality. Reducing salinity, increasing porosity and improving the physical condition of the soil are effective ways to solve these problems. This research has been conducted with the aim of improving the soil structure in the northern Atabiya region of the Azadegan plain. A research which has been conducted in the form of a randomized complete block design with six treatments in three replicates. Characteristics of electrical conductivity, soil total porosity, apparent density, moisture content in field capacity and wilting point were measured. The studied moisture content in field capacity and wilting point under the influence of depth were not significantly different at level 1% and 5% respectively. However, electrical conductivity values for different soil improvement treatments were significantly different. Mean comparison for porosity and apparent density in soil improvement treatments had significant difference between various reforming soil treatments and the control treatment. The observed changes in the measured properties during the test period indicate a positive effect of the materials used.

Keywords: ، Bulk density ،Electrical conductivity, soil structure, porosity

[*] Corresponding author, Email: natric120@gmail.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تغییرات رس قابل پراکنش، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل دسترس گیاه در دو خاک آهکی تیمارشده با لجن فاضلاب و بیوچار آن

زهرا خان‌محمّدی[1*]، مجید افیونی[2]، محمّدرضا مصدّقی[2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اصفهان

[2] استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

بیوچار یک ماده جامد غنی از کربن است که طی فرآیند پیرولیز زیتوده در شرایط عدم حضور و یا حضور جزئی اکسیژن تولید می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی اثر لجن فاضلاب و بیوچار آن بر رس قابل پراکنش، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده خاک برای گیاه دو خاک آهکی لوم رسی و لوم تحت کشت ذرت انجام شد. مقادیر کاربرد لجن فاضلاب (S) ۱۰، ۲۰ و ۴۰ مگاگرم در هکتار (به ترتیب تیمار S۱، S۲ و S۳) بود. بیوچار (B) نیز در مقادیر ۷/۳، ۱۴/۵ و ۲۹ مگاگرم در هکتار (B۱، B۲ و B۳) اعمال شد. در پایان دوره رشد ذرت، رس قابل پراکنش، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده خاک برای گیاه در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار در تمام مقادیر، موجب کاهش معنی‌دار مقدار رس قابل پراکنش در آب در مقایسه با تیمار شاهد شد. این یافته می‌تواند به دلیل مقادیر بیش‌تر شاخص آب‌گریزی خاک در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار باشد. اعمال تیمار لجن فاضلاب و بیوچار سبب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و آب قابل دسترس گیاه شد. در هر دو تیمار لجن فاضلاب و بیوچار با افزایش مقدار کاربرد، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت. هدایت هیدرولیکی اشباع و مقدار آب قابل دسترس گیاه در خاک لوم به طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک لوم رسی بود.

کلمات کلیدی: لجن فاضلاب، بیوچار، رس قابل پراکنش، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده برای گیاه.

مقدمه

در سال‌های اخیر پیرولیز بقایای آلی شامل بقایای کشاورزی، کودهای دامی، باگاس نیشکر، لجن کاغذ و سایر بقایا مورد توجه قرار گرفته است. پیرولیز عبارت است از فرآیند تبدیل گرمایی-شیمیایی[1] زیتوده در شرایط بدون اکسیژن که منجر به ایجاد سه فاز گاز، مایع (روغن و قیر)، و جامد (بیوچار) می‌شود (Verheijen و همکاران، ۲۰۱۰). ساختار آروماتیک چندحلقه‌ای فاز جامد یا همان بیوچار سبب پایداری آن در محیط و ذخیره و ترسیب کربن در خاک می‌شود. بیوچار همچنین می‌تواند شامل مجموعه‌ای از عناصر غذایی برای گیاه باشد، بنابراین یک افزودنی ارزشمند به خاک محسوب می‌شود. (Lehmann و Joseph، ۲۰۰۹). گزارش‌هایی مبنی بر اثر مثبت افزودن بیوچار به خاک بر بهبود ویژگی‌های هیدرولیکی و افزایش مقدار آب قابل دسترس خاک برای گیاه[2] (AWC) وجود دارد. پژوهش Karhu و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که افزودن مقدار ۹ تن در هکتار بیوچار به دست آمده از درخت غان به خاک کشاورزی سبب افزایش گنجایش نگه داشت آب[3] (WHC) به میزان ۱۱ درصد می‌شود. از آن‌جا که بیوچار دارای مقدار زیادی منافذ کوچک است، توانایی زیادی برای نگهداشت آب داشته و WHC را افزایش می‌دهد. Major و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که افزایش مقدار ۱/۶ درصد (وزنی) بیوچار چوب به یک خاک لوم رسی شنی سبب افزایش مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع[4] (K_s) شد. آن‌ها این یافته را به کاهش چگالی ظاهری خاک پس از افزودن بیوچار مرتبط دانستند. اخیراً تولید لجن فاضلاب (S) به دلیل رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های صنعتی افزایش یافته است. پیرولیز لجن فاضلاب به طور بالقوه می‌تواند یک روش انتخابی برای مدیریت لجن به ویژه در مقایسه با روش‌های معمول دفن در زمین و کاربرد مستقیم آن در کشاورزی باشد. این فرآیند ضمن کاهش حجم بقایای جامد و حذف پاتوژن‌ها و عوامل بیماری‌زا در لجن، پیامدهای مثبتی در کشاورزی نیز دارد

*ایمیل نویسنده مسئول: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir

1- Thermochemical transformation
2- Available water content
3- Water holding capacity
4- Hydraulic conductivity

(Hwang و همکاران، ۲۰۰۷). این پژوهش با هدف بررسی اثر لجن فاضلاب (S) و بیوچار آن (B) بر رس قابل پراکنش در آب[1] (WDC)، هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) و آب قابل استفاده خاک برای گیاه[2] (PAW) در دو خاک آهکی با بافت متفاوت و در گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، نمونه‌هایی از دو خاک آهکی با رده‌بندی Typic Haplocambids و بافت‌های لوم رسی و لوم به ترتیب از مناطق فلاورجان و زیار در استان اصفهان تهیه شدند (جدول ۱). خاک‌ها ابتدا هوا-خشک شده و سپس برای حفظ خاکدانه‌ها و حداقل تخریب واحدهای ساختمانی در پژوهش گلخانه‌ای، از الک ۶ میلی‌متری عبور داده شدند. بیوچار لجن فاضلاب در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس تهیه شد (Khanmohammadi و همکاران، ۲۰۱۵). برخی از ویژگی‌های لجن فاضلاب و بیوچار آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها قبل از کشت، لجن فاضلاب و بیوچار تولیدشده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس.

ویژگی	واحد	خاک فلاورجان	خاک زیار	لجن فاضلاب	بیوچار
رس	kg $100kg^{-1}$	۳۰/۲	۱۵/۷	–	–
شن	kg $100kg^{-1}$	۲۲/۲	۴۲/۸	–	–
سیلت	kg $100kg^{-1}$	۴۷/۶	۴۱/۵	–	–
بافت	-	لوم رسی	لوم	–	–
pH	-	۷/۵	۷/۶	۶/۸	۸/۲
رسانایی الکتریکی	dS m^{-1}	۰/۵۰	۰/۴۶	۲/۲۰	۰/۵۲

لجن فاضلاب (S) در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۴۰ مگاگرم در هکتار با خاک‌ها مخلوط شد و به ترتیب با نمادهای S۲،S۱ و S۳ بیان شد. از آن‌جا که فرآیند پیرولیز سبب کاهش جرم بیوچار نسبت به لجن فاضلاب می‌شود (۲۷/۵ درصد از لجن فاضلاب تبدیل به فاز مایع و گاز می‌شود) و به منظور داشتن نتایج قابل مقایسه، میزان کاربرد بیوچار (B) ۷/۳، ۱۴/۵ و ۲۹ مگاگرم در هکتار در نظر گرفته شد و به ترتیب با نمادهای B۲،B۱ و B۳ بیان شد. سپس لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر داخلی ۲۱/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر با خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب و بیوچار به صورت جداگانه و در سه تکرار پر شدند؛ به گونه‌ای که ارتفاع ستون‌های خاک ۵۰ سانتی‌متر شد. یک تیمار شاهد نیز برای هر خاک در نظر گرفته شد. تمام تیمارها در سه تکرار اعمال شدند. برای پایش مقدار آب خاک در طول پژوهش گلخانه‌ای، از روش انعکاس‌سنجی زمانی[3] (TDR) استفاده شد. به این منظور میله‌های دستگاه TDR درون سوراخ‌های ایجادشده در ستون‌ها و در عمق‌های ۱۰، ۲۵ و ۴۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. در هر ستون سه عدد بذر گیاه ذرت (۷۰۴ Single Cross) کشت شد. پس از رسیدن به مرحله دو برگی گیاه ذرت به یک عدد در هر ستون کاهش یافت. در نهایت گیاهان ذرت در هر ستون به مدت ۷۸ روز پس از جوانه‌زنی رشد کردند. در پایان دوره رشد، نمونه‌های دست‌نخورده خاک با حجم ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب از لایه ۱۲/۵ تا ۲۵ سانتی‌متری هر ستون، یعنی جایی‌که بیش‌ترین تراکم ریشه‌ها وجود داشت جمع‌آوری شد. برای محاسبه مقدار PAW، از رطوبت خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب و بیوچار در مکش ماتریک معادل (۳۳۰ هکتوپاسکال) گنجایش مزرعه[4] (FC) و مکش ماتریک معادل (۱۵۰۰۰ هکتوپاسکال) نقطه پژمردگی دائم[5] (PWP) استفاده شد. تفاضل مقادیر به‌دست‌آمده نشان‌دهنده مقدار آب قابل استفاده خاک (v/v) است. هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) نمونه‌های خاک دست‌نخورده به روش بار ثابت[6] اندازه‌گیری شد (Hillel، ۱۹۸۰). مقدار رس قابل پراکنش خاک یکی از ویژگی‌های مؤثر بر پدیده سخت‌شوندگی و شاخصی از ناپایداری ساختمان خاک است. بخشی از رس خاک که در آب مقطر و با اعمال انرژی مکانیکی مشخص، بدون تخریب ماده آلی و خروج

1- Water dispersible clay
2- Plant available water
3- Time domain reflectometry
4- Field capacity
5- Permanent wilting point
6- Constant-head method

نمک‌های محلول و بدون استفاده از مواد پراکنده‌کننده[1] شیمیایی تعیین می‌شود، به عنوان رس قابل پراکنش در آب (WDC) در نظر گرفته می‌شود. رس قابل پراکنش در آب از طریق ته‌نشینی و با استفاده از روش نمونه‌برداری میکرو-پیپت اندازه‌گیری شد (Burt و همکاران، ۱۹۹۳). این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت آرایش فاکتوریل سه‌فاکتوره شامل فاکتورهای دو نوع خاک (فلاورجان و زیار)، دو نوع کود آلی (لجن فاضلاب و بیوچار) و سه نرخ کاربرد (۱، ۲ و ۳) مورد تجزیه آماری قرار گرفت. نتایج به روش تجزیه واریانس (ANOVA) با نرم‌افزار SAS تجزیه آماری شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال $p<۰/۰۵$ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اثر نوع تیمار بر درصد رس قابل پراکنش در آب (WDC) معنی داری بود. درصد رس قابل پراکنش در آب در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲). مقادیر بیش‌تر شاخص آب‌گریزی (RI) تعیین‌شده به روش جذب-پذیری ذاتی در تیمارهای آلی لجن فاضلاب و بیوچار می‌تواند سبب پایداری ساختار منفذی خاک در برابر تنش‌های مرطوب‌شدن سریع شود. در واقع پوشش‌های آب‌گریز، سبب کاهش سرعت مرطوب‌شدن خاک و در نتیجه پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند. همچنین به نظر می‌رسد که افزایش بیش‌تر مقدار کربن آلی کل در خاک‌های پس از برداشت تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار سبب پایداری بیش‌تر خاکدانه‌ها و کاهش رس قابل پراکنش خاک در مقایسه با تیمار شاهد شده است (جدول ۲). احتمالاً افزایش نسبت کربن آلی به رس خاک نیز می‌تواند دلیل کاهش درصد رس قابل پراکنش در آب باشد، زیرا همبستگی منفی و معنی‌داری بین WDC و OC/CC ($r=۰/۷۲۷$, $p < ۰/۰۱$) مشاهده شد. Emerson (۱۹۷۱) بیان نمود که با افزایش کربن آلی خاک، مقدار رس قابل پراکنش در آب به دلیل نقش کربن آلی در ایجاد پیوند بین ذرات خاک و هم‌آوری آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر نوع تیمار اصلاحی بر رس قابل پراکنش در آب، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده برای گیاه.

نوع تیمار	RI	OC/CC	TOC	WDC	K_s	PAW
واحد	-	-	kg 100kg^{-1}	kg 100kg^{-1}	cm h^{-1}	cm^3 cm^{-3}
شاهد	۱/۳۳^{d}	۰/۰۳۲^{b}	۰/۶۶^{b}	۳۰/۲^{a}	۲/۲۱^{c}	۰/۱۰۹^{b}
لجن فاضلاب	۲/۵۴^{a}	۰/۰۳۶^{a}	۰/۷۶^{a}	۲۶/۳^{c}	۳/۰۹^{a}	۰/۱۱۵^{a}
بیوچار	۲/۴۶^{b}	۰/۰۳۶^{a}	۰/۷۶^{a}	۲۵/۳^{d}	۲/۸۷^{b}	۰/۱۱۴^{a}
$LSD_{0.05}$	۰/۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۰۰۱

RI شاخص آب‌گریزی، OC/CC نسبت کربن آلی به مقدار رس خاک، TOC کربن آلی کل، WDC رس قابل پراکنش در آب، K_s هدایت هیدرولیکی اشباع، PAW آب قابل دسترس گیاه.

در هر ستون، اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, $p<0.05$).

اثر نوع خاک، نوع تیمار و مقدار کاربرد تیمار آلی بر K_s و PAW معنی‌دار بود. هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل دسترس گیاه با کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). همچنین K_s در تیمار لجن فاضلاب به طور معنی‌داری بیش‌تر از بیوچار بود. با توجه به این‌که لجن فاضلاب و بیوچار دو تیمار آلی هستند و با در نظر گرفتن نقش مواد آلی در خاکدانه‌سازی، می‌توان بیان نمود که با افزودن لجن فاضلاب و بیوچار و به دنبال آن افزایش خاکدانه‌سازی و توسعه منافذ، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده خاک برای گیاه افزایش یافته است. به علاوه به نظر می‌رسد که افزایش مقدار K_s در تیمارهای S و B در مقایسه با شاهد می‌تواند به دلیل افزایش آب‌گریزی در این تیمارها نیز باشد. گزارش شده است که آب‌گریزی سبب افزایش K_s و احتمال وقوع جریان‌های ترجیحی می‌شود (White و Sully، ۱۹۸۷). Major و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد ۱/۶ درصد وزنی بیوچار چوب به یک خاک با بافت لوم رسی شنی سبب افزایش K_s شد. این پژوهشگران دلیل این یافته را افزایش تخلخل خاک پس از افزودن بیوچار ذکرکردند. مقدار PAW در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار به طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. با توجه به ماهیت آلی لجن فاضلاب و بیوچار، و توان نگهداشت

1- Dispersant

آب زیاد آن‌ها آب قابل استفاده در این دو تیمار بیش‌تر از شاهد بود. بررسی مقدار رطوبت در گنجایش مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) نشان داد که در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار مقدار رطوبت FC به ترتیب ۱/۳ و ۰/۷ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بود. مقدار رطوبت PWP نیز در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۰/۵ و ۰/۰۸ درصد بیش‌تر بود. در واقع افزایش PAW می‌تواند به دلیل افزایش بیش‌تر مقدار رطوبت FC در مقایسه با PWP در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار باشد. بر اساس جدول ۳، K_s و PAW در خاک زیار به طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک فلاورجان بود. از آن‌جا که هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌های درشت‌بافت بیشتر از خاک‌های ریزبافت است، انتظار می‌رفت که مقدار K_s در خاک لومی زیار بیش‌تر از خاک لوم رسی فلاورجان باشد. با توجه به آن‌که بیش‌ترین مقدار آب قابل دسترس مربوط به بافت لوم است، مقدار PAW در این خاک بیش‌تر از خاک فلاورجان بود. به نظر می‌رسد که منافذ متوسط و مویینه برای نگهداشت آب قابل استفاده در خاک زیار فراوان‌تر می‌باشند. مقدار رس قابل پراکنش در خاک فلاورجان به طور معنی‌داری در مقایسه با خاک زیار بیش‌تر بود. با توجه به اینکه نسبت OC/CC در خاک زیار بیش‌تر از خاک فلاورجان است، می‌توان نتیجه گرفت که به ازای واحد جرم رس، کربن آلی بیش‌تری در خاک وجود دارد که سبب پایداری ساختمانی بیش‌تر این خاک می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نوع خاک بر رس قابل پراکنش در آب، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده برای گیاه.

ویژگی	RI	OC/CC	WDC	K_s	PAW
واحد	-	-	%	cm h^{-1}	cm^3 cm^{-3}
فلاورجان	۲/۳۳^{a}	۰/۰۲۶^{b}	۳۱/۱^{a}	۲/۶۰^{b}	۰/۱۰۸^{b}
زیار	۲/۱۱^{b}	۰/۰۴۳^{a}	۲۳/۴^{b}	۳/۰۳^{a}	۰/۱۳۲^{a}

RI شاخص آب‌گریزی، OC/CC نسبت کربن آلی به مقدار رس خاک، WDC رس قابل پراکنش در آب، K_s هدایت هیدرولیکی اشباع، PAW آب قابل دسترس گیاه.
در هر ستون، اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, p<0.05).

اعمال تیمار لجن فاضلاب و بیوچار در تمام مقادیر کاربرد سبب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع در مقایسه با شاهد شد (جدول ۴). همچنین در هر دو تیمار لجن فاضلاب و بیوچار با افزایش مقدار کاربرد، هدایت هیدرولیکی اشباع به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی بیش‌ترین مقدار K_s در تیمار لجن فاضلاب دیده شد. بررسی مقادیر مشابه کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار نشان داد که مقدار K_s در تیمارهای S۱ و S۳ بیش‌تر از B۱ و B۳ بود. در مقابل تفاوت معنی‌داری بین S۲ و B۲ از نظر K_s مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش نوع تیمار آلی و مقدار کاربرد آن بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک.

ویژگی	لجن فاضلاب			بیوچار			شاهد
	S۱	S۲	S۳	B۱	B۲	B۳	-
K_s (cm h^{-1})	۲/۷۱^{d}	۲/۸۹^{c}	۳/۶۹^{a}	۲/۱۶^{e}	۳/۰۱^{c}	۳/۴۵^{b}	۲/۲۰^{e}

اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, p<0.05).

نتیجه‌گیری

درصد رس قابل پراکنش خاک در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار به طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار شاهد بود. مقادیر بیش‌تر شاخص آب‌گریزی خاک در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار می‌تواند سبب پایداری ساختمان خاک در برابر تنش‌های مرطوب‌شدن شود. اعمال تیمار لجن فاضلاب و بیوچار سبب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شد. همچنین در هر دو تیمار لجن فاضلاب و بیوچار با افزایش مقدار کاربرد، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در تیمار لجن فاضلاب به طور معنی‌داری بیش‌تر از بیوچار بود. مقدار PAW در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار به طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود که به دلیل ماهیت آلی لجن فاضلاب و بیوچار و توان نگهداشت آب زیاد آن‌ها است. به‌علاوه افزایش بیش‌تر مقدار رطوبت FC در مقایسه با PWP در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار نسبت به تیمار شاهد، می‌تواند دلیل دیگر افزایش آب قابل دسترس گیاه در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار باشد.

منابع:

Burt, R., Reinsch, T. G. and Miller, W. P. 1993. A micro-pipette method for water dispersible clay. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 2531–2544.

Emerson, W. W. 1971. Determination of the contents of clay-sized particles in soils. J. Soil Sci. 22: 50–59.

Hillel, D. 1980. Application of Soil Physics. Academy Press, New York, 385 p.

Hwang, I. H., Ouchi, Y. and Matsuto, T. 2007. Characteristics of leachate from pyrolysis residue of sewage sludge. Chemosphere. 68: 1913–1919.

Karhu, K., Tuomas, M., Irina, B. and Kristiina, R. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH_4 uptake and water holding capacity – Results from a short-term pilot field study. Agric. Ecosyst. Environ. 140(1–2): 309–313.

Khanmohammadi Z., Afyuni, M. and Mosaddeghi, M.R. 2015. Effect of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of sewage sludge biochar. Waste Management and Research. 33: 275–283.

Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management: An introduction. PP. 1–12. *In*: J. Lehmann and S. Joseph. (Eds.), Biochar for Environmental Management, Science and Technology; Earthscan: London, UK.

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J. and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant Soil. 333(1–2): 117–128.

Verheijen, F. S. Jeffery, Bastos, A. C., Van der Velde, M. and Diafas, I. 2010. Biochar Application to Soils. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

White, I. and Sully, M. J. 1987. Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration. Water Resour. Res. 23: 1514–1522.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth.

Water-dispersible clay, hydraulic conductivity and plant-available water changes of two calcareous soils treated with sewage sludge and its biochar

Zahra Khanmohammadi[1]*, Majid Afyuni[2] and Mohammad Reza Mosaddeghi[2]

[1] Assist. Prof., Department of Soil and Water Research, Isfahan Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran.

[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran.

Abstract

Biochar is a carbon-rich solid material that is produced during pyrolysis process under partial or no oxygen condition. The objective of this study was to determine the effect of sewage sludge and its biochar application on water-dispersible clay, hydraulic conductivity and plant-available water of two calcareous clay loam and loam soils under corn cultivation. The soils were mixed with sewage sludge (S) at the rates of 10, 20 and 40 Mg ha^{-1} (S1, S2 and S3 treatments, respectively). The biochar (B) was applied at the rates of 7.3, 14.5 and 29 Mg ha^{-1} (B1, B2 and B3). At the harvest time, water-dispersible clay, hydraulic conductivity and plant-available water were determined. Sewage sludge and biochar application reduced the water-dispersible clay relative to control treatment. This probably is due to the higher water repellency index in the sewage sludge and biochar treatments compared with control. Sewage sludge and biochar application increased the hydraulic conductivity and plant-available water. Hydraulic conductivity was significantly increased by increasing sewage sludge and biochar application rate. Hydraulic conductivity and plant-available water of loam soil was significantly higher than clay loam soil.

Keywords: Sewage sludge, Biochar, Water dispersible clay, Hydraulic conductivity, Plant available water.

* Corresponding author, Email: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

استفاده از داده‌های طیفی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک برای پیش‌بینی غلظت کل فسفر در خاک‌های جزیره هرمز

فاطمه عباس زاده[۱*]، وحیدرضا جلالی[۲]، اعظم جعفری[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، شهید باهنر کرمان

[۳] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، شهید باهنر کرمان

چکیده

طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک روش سریع، ارزان و بدون تخریب برای محیط‌زیست می‌باشد. از آنجایی که فسفر یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان است لذا هدف این پژوهش برآورد غلظت کل فسفر با استفاده از داده‌های طیفی در محدوده مرئی و مادن قرمز نزدیک می باشد. همچنین تاثیر برخی روش‌های پیش‌پردازش بر مدل‌سازی نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ۵۸ نمونه خاک از سطح جزیره هرمز جمع‌آوری و غلظت کل فسفر با استفاده از روش هضم چهار اسید و با استفاده از دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری داده‌های طیفی نمونه-های خاک، از دستگاه اسپکتورادیومتر زمینی(Field Spec 3, Analytical Spectral Device, ASD Inc) استفاده و بازتاب طیفی نمونه‌های سطحی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک به دست آمد. تاثیر برخی روش‌های پیش‌پردازش بر دقت مدل‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی مقدار کل فسفر پیش‌بینی شد. بر طبق نتایج مقدار ضریب تبیین و ریشه میانگین مربعات خطا برای فسفر به ترتیب ۰/۶۲ و ۳/۰۸ می‌باشد، با توجه به مقدار RPD (۱/۳) مدل ساخته شده توانایی نسبتا خوبی در برآورد مقدار کل فسفر در خاک‌های جزیره هرمز دارد. به طور کلی با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که روش طیف‌سنجی روشی آسان، با حداقل آماده‌سازی نمونه بوده که می‌تواند برای پیش‌بینی اجزای خاک با دقت قابل قبول استفاده شود.

کلمات کلیدی: داده‌های طیفی، رگرسیون حداقل مربعات جزئی، فسفر

مقدمه

از دیدگاه کشاورزی فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان می‌باشد که از دیده‌گاه زیست محیطی مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است (Meissne و همکاران ۲۰۰۸). به دلیل گردش فسفر بین اکوسیستم‌های آبی و خاکی، بررسی و مدیریت آن در خاک از اهمیت زیادی برخوردار است (Porder و همکاران ۲۰۰۷). از این‌رو استفاده از روش‌های غیرمخرب و سریع و ارزان که بتواند غلظت این عنصر را در خاک ثبت نماید از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. استفاده از روش‌های طیف‌سنجی در سال‌های اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. این توجه به دلیل سریع، ارزان و غیرمخرب بودن این روش برای محیط زیست می‌باشد (Guerrero و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی با توسعه تکنیک‌های داده‌کاوی و آمار چند-متغیره، کاربرد این روش در علوم خاک و کشاورزی افزایش یافته است. از روش طیف‌سنجی برای برآورد بسیاری از ویژگی‌های خاک استفاده شده است. بابائیان و همکاران (۱۳۹۲) از توابع انتقالی طیفی در گستره مرئی و مادون قرمز نزدیک برای برآورد نگهداشت آب در خاک استفاده کرده و نشان دادند که توابع انتقالی طیفی می‌توانند به عنوان یکی از روش‌های غیر مستقیم برای مطالعه وضعیت نگهداشت آب در خاک به ویژه در مکش‌های بالاتر مورد استفاده قرار گیرند. محمدی‌منور و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک به تشخیص خاک به آلودگی به کادمیوم و سرب با مدل رگرسیونی و شبکه عصبی پرداختند و نشان دادند که شبکه عصبی بازگشتی و طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک برای پیش‌بینی میزان کادمیوم و سرب موجود در خاک سطحی مناسب می‌باشند. Niederberger و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از اسپکتروسکوپی مادون قرمز نزدیک به ارزیابی اجزای فسفر در گیاهان مختلف در خاک‌های جنگلی پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از مقدار ۰/۸ برای ضریب تبیین کالیبراسیون بود و

* ایمیل نویسنده مسئول: abbaszade.8898@yahoo.com

همچنین بیان داشتند که پیش‌بینی اجزای فسفر با اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز نزدیک می‌تواند شاخه‌ای جایگزین برای روش‌های معمولی باشد درصورتیکه مدل‌ها برای مجموعه‌ای از خاک‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه استفاده شوند.

انتخاب روش پیش‌پردازش مناسب برای داده‌های طیفی در افزایش دقت مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی خصوصیات مد نظر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جمشیدی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر پیش‌پردازش‌های مختلف طیفی بر ارزیابی غیر مخرب کیفیت پرتقال با اسپکتروفتومتری فروسرخ نزدیک پرداختند. آنان نشان دادند که اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز نزدیک بازتابی، در ترکیب با روش‌های شیمی‌سنجی، توانایی پیش‌بینی غیر مخرب مواد جامد حل‌شدنی و اسیدیته قابل تیتر کردن پرتقال را دارد. همچنین، با بیان اینکه روش‌های پیش‌پردازش اثر مستقیم بر نتایج مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات جزئی تدوین شده برای پیش‌بینی پارامترهای مورد نظر داشتند، اهمیت روش‌های پیش‌پردازش را بیان کردند.

هدف از این مطالعه استفاده از داده‌های طیفی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک برای پیش‌بینی غلظت کل فسفر و ارزیابی روش‌های مختلف پیش‌پردازش بر دقت مدل‌سازی می‌باشد.

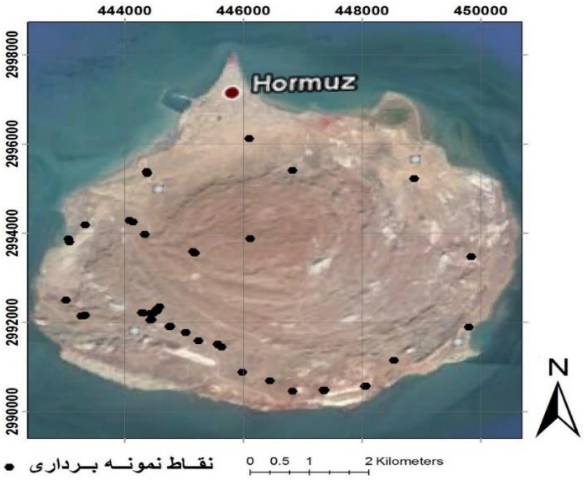
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جزیره هرمز با ۴۱/۹ کیلومتر مربع وسعت در فاصله ۱۸ کیلومتری جنوب غربی بندرعباس در آب‌های خلیج فارس واقع شده است. این جزیره از نظر تقسیمات سیاسی استان جزء شهرستان قشم می‌باشد. آب و هوای هرمز از بندرعباس ملایم‌تراست. میزان بارندگی آن بین ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در نوسان بوده و میزان رطوبت نسبی جزیره بین ۳۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. سطح جزیره هرمز را طبقات رسوبی و آتشفشانی تشکیل داده و طبقات نمکی به صورت تپه‌های نمکی، قسمت اعظم جزیره را پوشانده که اکثراً نمک طعام می‌باشد.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری بازتاب طیفی نمونه‌های خاک

تعداد ۵۸ نمونه خاک از سطح جزیره هرمز جمع‌آوری شد. سیستم نمونه‌برداری به صورت هدفمند انتخاب شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و مقدار کل غلظت فسفر در نمونه‌های خاک با استفاده از روش هضم چهار اسید به وسیله دستگاه ICP-OES[1] اندازه‌گیری شد. پراکنش نقاط اندازه‌گیری شده در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل۱- پراکنش نقاط نمونه‌برداری در خاک‌های جزیره هرمز

به منظور اندازه‌گیری بازتاب نمونه‌های خاک، از دستگاه اسپکترورادیومتر زمینی (FieldSpec®3, ASD, FR, USA)، استفاده شد. نمونه‌های خاک هوا خشک، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شده و طیف آن‌ها در دامنه مرئی و مادون قرمز نزدیک با روش‌های استاندارد و در تاریک‌خانه اندازه‌گیری شد،

[1] . Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometers

میانگین طیف هر یک از نمونه‌های خاک با نرم افزار View Spec Pro Version 6.0 محاسبه و در تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای از بین بردن و یا کم کردن نویز طیف‌ها، از انواع روش‌های پیش‌پردازش شامل فیلتر میانه، فیلتر ساویتزکی (savitzky) و گلای (Golay)، نرمال‌سازی بر اساس میانگین، متغیر نرمال استاندارد (SNV)، تصحیح پخشیده چندگانه (MSC)، مشتق اول استفاده و از روش رگرسیون حداقل مربعات (PLSR)، برای پیش‌بینی پارامتر مورد نظر استفاده شد. برای این منظور به طور تصادفی نمونه‌های خاک به دو گروه کالیبراسیون و اعتبار سنجی تقسیم شدند. درنهایت بهترین مدل برازش داده شده بر اساس حداقل ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی (RMSEP[۲]) معرفی شد (Esbensen, 2006) به‌علاوه پیش‌بینی مقدار پارامتر موردنظر برای گروه اعتبار سنجی انجام‌شده و دقت مدل با استفاده از آماره‌های R^2، RMSE و RPD[۳] مورد ارزیابی قرار گرفت. مراحل توصیف‌های آماری متغیرها، پیش‌پردازش طیف‌ها و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار ParLeS version 3.1 انجام شد.

نتایج و بحث

توصیف آماری عنصر فسفر در دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی در جدول (۱) نشان داده شده است. بر اساس داده‌های جدول میانگین مقدار فسفر در گروه کالیبراسیون ۲۰/۶۶ است در حالی که در گروه اعتبارسنجی برابر ۱۷/۱۶ پی‌پی‌ام می‌باشد. آماره انحراف از میانگین در داده‌های کالیبراسیون ۵/۸۹ و در داده‌های اعتبارسنجی ۴/۲۶ می‌باشد که بیانگر این است که داده‌های اعتبارسنجی به خوبی می‌توانند نماینده مجموعه داده باشند.

جدول(۱) توصیف آماری ویژگی های خاک در دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی

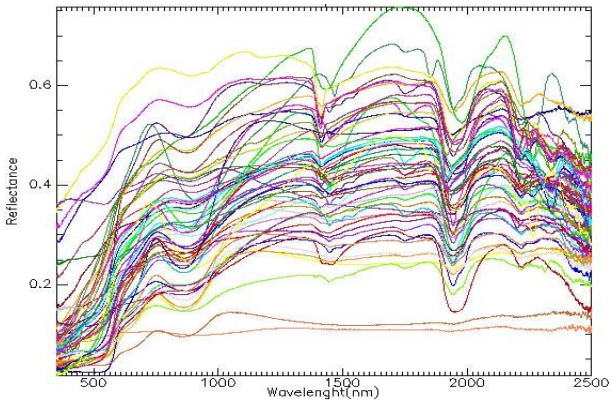
	کالیبراسیون				اعتبار سنجی			
متغیر	حداقل(پی‌پی‌ام)	حداکثر(پی‌پی‌ام)	میانگین	انحراف معیار	حداقل(پی‌پی‌ام)	حداکثر(پی‌پی‌ام)	میانگین	انحراف معیار
فسفر	۱۰/۸۶	۳۴/۵۱	۲۰/۶۶	۵/۸۹	۷/۴۲	۲۴/۱۲	۱۷/۱۶	۴/۲۶

ویژگی‌های طیفی خاک

طیف خام نمونه‌های خاک در شکل(۱) نشان داده شده است. همانطور که از شکل برمی‌آید در طول موج‌های ۱۴۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتر می‌توان ویژگی‌های جذبی آب و رس را مشاهده کرد. به علت فرکانس ارتعاشات پایه مولکول آب در طول‌موج‌های ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر ویژگی‌های جذبی آب (Hunt,1977) و به دلیل جذب نور توسط کانی‌های خاک (Farmer and Russell, 1964)، در طول موج ۲۲۰۰ نانومتر ویژگی‌های جذبی رس مشاهده می‌شود.

[2] .Root Mean Square Error of Prediction

[3] .Ratio Performance Deviation



شکل ۲- طیف خام نمونه‌های خاک جزیره هرمز

اثر پیش‌پردازش و پیش‌بینی غلظت کل فسفر

جدول (۲) اثر برخی از روش‌های مختلف پیش‌پردازش بر مقادیر آماره‌های اعتبارسنجی روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی(PLSR) در پیش‌بینی غلظت کل فسفر را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، زمانی که هیچ پیش‌پردازشی بر روی طیف‌ها صورت نگیرد کم‌ترین میزان R^2 (۰/۰۷) و بیش‌ترین میزان خطابر اساس آماره RMSE (۵/۰۵) را خواهیم داشت. با انجام پیش‌پردازش بر روی نمونه‌ها مقدار ضریب تبیین و RPD افزایش و از میزان خطا کاسته می‌شود. بررسی نتایج نشان داد که روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی، زمانی که از روش پیش‌پردازش متغیر نرمال استاندارد همراه با موجک، فیلتر میانی و مشتق اول استفاده می‌کند، می‌تواند برآورد نسبتا خوبی از غلظت فسفر کل داشته باشد (R2 =0.62 , RMSE=3.08 , RPD=1.38). از میان روش‌های پیش‌پردازش روش SNV with detrending ، فیلتر میانه و مشتق اول با داشتن کم‌ترین میزان ضریب تبیین (۰/۱۶) و بیش‌ترین میزان خطا (۱۰/۳۱) به عنوان نامناسب‌ترین روش پیش‌پردازش شناخته شد. Gras و همکاران (۲۰۱۴) در بخشی از مطالعات خود که با استفاده از طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک به پیش‌بینی برخی از ویژگی‌های خاک می‌پرداخت از ۴۸ روش پیش‌پردازش به صورت ترکیبی و منفرد استفاده و بیان کردند که بهترین دقت مدل‌سازی برای مقدار فسفر و نیتروژن کل D- Trending و SNV بودند. نتایج Malley و همکاران (۱۹۹۱) برای تخمین مقدار فسفر خاک با استفاده از طیف‌سنجی مرئی و مادون‌قرمز نشان داد که تطابق بالایی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی‌شده وجود دارد به طوری‌که ضریب تبیین برابر با ۰/۹ را گزارش کردند.

جدول (۲) تاثیر برخی از روش‌های مختلف پیش‌پردازش طیفی بر دقت مدل‌سازی به روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی در غلظت کل فسفر

Preprocessing	R2	RMSE	RPD
Without preprocessing	0.07	5.05	0.84
MSC, Median filter, 1st Derivative	0.65	3.18	1.34
SNV with wavelet, Median filter, 1st Derivative	0.62	3.08	1.38
SNV, Savitzky- Golay filter, 1st Derivative	0.51	3.78	1.12
SNV with wavelet, wavelet filter, 1st Derivative	0.47	3.31	1.28
SNV with wavelet, Savitzky- Golay, 1st Derivative	0.38	4.05	1.05
SNV with detrending, Median filter, 1st Derivative	0.16	10.30	0.41

نتیجه‌گیری

این تحقیق به منظور برآورد غلظت فسفر کل در خاک‌های جزیره هرمز و تاثیر روش‌های مختلف پیش‌پردازش بر دقت مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی انجام شد. داده‌های طیفی به دست آمده از نرم‌افزار .View Spec میانگین‌گیری و مقادیر بازتاب به جذب تبدیل شدند. برخی از روش‌های پیش‌پردازش بر روی داده‌ها انجام تا دقت مدل‌سازی سنجیده شود. در روش‌های پیش‌پردازش از مشتق دوم به دلیل ایجاد نویز استفاده نشد. با توجه به نتایج به دست آمده مقدار ضریب تبین برای فسفر ۰/۶۲ با مقدار خطا ۳/۰۸ به دست آمد که نشان دهنده دقت نسبتا خوب روش PLSR برای برآورد غلظت فسفر کل خاک‌های جزیره هرمز است. بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان دریافت که روش طیف‌سنجی مرئی -مادون‌قرمز نزدیک یک روش سریع و غیر مخرب بوده و با کمترین ضرر و تخریب برای محیط زیست، می‌تواند بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی کند.

منابع

بابائیان، ا.، م. همایی و ع. نوروزی،۱۳۹۲. اشتقاق و اعتبارسنجی توابع انتقالی طیفی نقطه‌ای در گسترده VIS-NIR-SWIR به منظور تخمین نگهداشت آب در خاک. نشریه حفاظت آب و خاک، ۲(۳): ۲۸-۴۰.

جمشیدی، ب.، س. مینایی.، ع. مهاجرانی و ح. قاسمیان. ۱۳۹۳. بررسی اثر روش‌های پیش‌پردازش‌های مختلف طیفی بر ارزیابی غیرمخرب کیفیت پرتقال با اسپکتروفتومتری فروسرخ نزدیک (NIRS). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۵(۲): ۲۷-۴۴.

محمدی‌منور، ح و باقرپور، ح. ۱۳۹۶. کاربرد روش طیف‌سنجی مرئی و فروسرخ نزدیک در تشخیص آلودگی خاک به کادمیوم و سرب با مدل‌سازی رگرسیونی و شبکه عصبی. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. ۱: ۳۷-۴۳.

Esbensen, K. H. 2006. Multivariate Data Analysis. CAMO Software AS. 5th Edition. 589 Pages.

Farmer, V. C. and Russell, J. D. 1964. The infrared spectra of layer silicates. Spectrochimica Acta, 20, 1149-1173.

Gras, J. P.; Barthes, B. G; Mahaut, B. and Trupin, S. 2014. Best practices for obtaining and processing field visible and near infrared (VNIR) spectra of topsoils. Geoderma, 215,126-134.

Guerrero, C., Viscarra Rossel, R. A. and Mouazen, A. M. 2010. Diffuse reflectance spectroscopy in soil science and land resource assessment. Geoderma, 158, 1-2.

Hunt, G. R. 1977. Spectral signatures of particulate minerals in visible and near-infrared. Geophysics, 42, 501-513.

Malley, D.F., Yesmin, L., Wary, D and Edward, s. 1999. Application of near-infrared spectroscopy in analysis of soil mineral nutrients. Communications in Soil Science and Plant Analysis Journal, 30, 7-8.

Meissner, R., Leinweber, P., Rupp H., Shenker, M. Litaor, M.I., Robinson, S., Schlichting, A. and J. Koehn. 2008. Mitigation of diffuse phosphorus pollution during rewetting of fen peat soils: a Trans-European case study. Water, Air, and Soil Pollution, 188, 111–126.

Niederberger, J., Todt, B., Boca, A., Nitschke, R., Kohler,M., Kuhn, P and Bauhus, J. 2015. Use of near- infrared spectroscopy to assess phosphorus fractions of different plant availability in forest soils. Biogeosciences journal, 12, 3415-3428.

Porder, S., Vitousek, P.M., Chadwick, O.A., Chamberlain, C.P. and Hilley, G.E. 2007. Uplift, erosion, and phosphorus limitation in terrestrial ecosystems, Ecosystems, 10,158–170.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Using spectral data in Vis-NIR spectroscopy rang to predict total phosphorus concentration in Hormuz island soils.

Abbaszadeh[*1], F., Jalali[2], V.R., Jafari, A.[3]

[1] Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahounar University of Kerman, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahounar University of Kerman, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahounar University of Kerman, Iran

Abstract

Spectroscopy in the visible and near infrared, (Vis-NIR) range has been widely used as a rapid, cost-effective and nondestructive technique. Phosphorus element is an essential ingredient for plant growth, then the objective of this study was to estimate total phosphorus concentration, using spectral reflectance (Vis- NIR). The effect of preprocessing method on modeling was investigated too. For this purpose, 58 soil samples were collected from Hormuz Island and the total concentration of phosphorus was measured by using four acid digestion procedure and inductively coupled plasma instrument (ICP-OES). Spectral analysis of the soil in 250-3500nm spectral range was performed using spectrometer. After spectra preprocessing, the prediction of this parameter using partial least squares regression (PLSR) was conducted. According to result, R2 and RMSE for phosphorus were 0.62 and 3.08 respectively. The RPD (=1.3) showed, the model has a relatively good ability to estimate the total amount of phosphorus in the Hormuz island soils. Overall, our findings suggested that spectroscopy can considered as an easy method with minimum sample preparation which can be used in soil properties prediction with acceptable accuracy

Keywords: Partial least squares regression, phosphorus Spectral data

[*] Corresponding author, Email: Abbaszade.8898@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تغییرات ضریب پراکندگی هیدرودینامکی خاک ناشی از وجود سنگریزه در خاک

علی شعبانی[۱*]، فرهاد باقری[۲]

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

چکیده

انتقال آلوده کننده ها مانند کودها، علف کش ها، آفت کش ها و فاضلابها از لایه سطحی خاک به لایه های پایین تر منجر به تخریب منابع آب زیرزمینی می گردد. وجود سنگریزه در خاکهای سنگریزه ای با تغییر اعوجاج مسیر جریان آب می تواند روی حرکت آب و املاح تاثیر گذارد. در این مطالعه اثر مقادیر مختلف سنگریزه بر حرکت آب شور در ستون های خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش درصد سنگریزه در خاک منجر به افزایش ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی می شود. در خاک های سنگریزه ای نسبت به خاک های بدون سنگریزه، افزایش شوری در آب خروجی زودتر مشاهده گردید که بدلیل غلبه بیشتر منافذ درشت خاک که موجب حرکت آسان تر املاح در خاک می گردد. شیب منحنی رخنه در نقطه عطف با افزایش مقدار سنگریزه کاهش یافته است. نتایج این تحقیق می تواند بر فهم اثر سنگریزه بر فرآیند انتقال املاح در خاک های سنگریزه ای کمک کند.

کلمات کلیدی: سنگریزه، منحنی رخنه، انتقال املاح

مقدمه

عمدتا در اراضی با شیب زیاد مانند دامنه کوه ها بدلیل عدم امکان کشت گیاهان زراعی بیشتر اقدام به کاشت درختان می شود. در بسیاری از این اراضی بدلیل نزدیکی به کوه، خاک ها دارای سنگریزه می باشند. وجود سنگریزه در خاک عوامل فیزیکی خاک را تغییر می دهد (Naseri et al., 2019). محمدی و رفاهی (۱۳۸۹) عنوان کردند که به کارگیری عامل توزیع اندازه ذرات اولیه و وارد کردن ذرات بزرگتر از ۲ میلیمتر می تواند برآورد بهتری از پارامترهای هیدرولیکی و تخمین ضرائب معادلات آنها نسبت به بافت خاک ایجاد کند. مهمترین عامل توزیع اندازه ذرات بزرگتر از ۲ میلیمتر و توزیع فضای منافذ حاصل از آن است (Gargiulo et al., 2016). نتایج شعبانی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که سنگریزه نقش زیادی در کاهش و یا افزایش نفوذپذیری خاک دارد. بطوریکه اندازه های بزرگ سنگریزه مانند مانع عمل کرده و باعث کاهش نفوذپذیری خاک می شوند. این در حالی است که سنگریزه های با اندازه های ریز اثر مثبت بر افزایش نفوذپذیری خاک دارند مشابه یافته های . تعیین حد اندازه ای از سنگریزه که مرز تمایز این دو می باشد و باعث تاثیر متفاوت سنگریزه بر نفوذپذیری خاک می گردد نیازمند به تحقیق بیشتر می باشد. بر خلاف تاثیر مثبت ذرات شن بر روی نفوذپذیری خاک، سنگریزه های درشت نه تنها موجب افزایش نفوذپذیری خاک نمی شوند بلکه مانند یک مانع در مسیر جریان نفوذ آب در خاک عمل نموده و موجب کاهش سطح نفوذ می گردند. Cousin et al. (2003) و بیان نمودند که وجود سنگریزه در خاک بدلیل کاهش سطح مقطع نفوذ منجر به برآورد کمتر نفوذپذیری خاک می گردد. اما Ma et al., (2010) بیان نمودند که وجود سنگریزه به مقدار ۸ درصد حجمی موجب افزایش ضریب هدایت هیدرولیکی خاک می گردد اما مقادیر سنگریزه بیشتر از آن موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می گردد. Zhen et al. (2016) با آزمایش انتقال یون های برم و سدیم در خاک های حاوی سنگریزه مشاهده کردند که سنگریزه باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و در نتیجه کاهش انتقال این یون ها در خاک می گردد.

انتقال املاح در خاک از طریق سه فرآیند انتقال توده ای (انتقال همراه با حرکت آب خاک)، پخشیدگی املاح (انتقال در اثر حرکت دمایی تصادفی یا براونی و برخوردها متعدد و انحراف مولکولها) و انتشار هیدرودینامیکی (انتقال بدلیل وجود غیر یکنواختی های خرد-مقیاس در سرعت جریان در منافذ خاک) صورت می گیرد. از آنجایی که آب در مجاری عریض تر سریع تر از مجاری کوچک تر و همچنین در وسط منافذ سریع تر از دیواره های آن حرکت می کند باعث ایجاد اختلاف سرعت حرکت آب و به دنبال آن اختلاف غلظت املاح بین دو نقطه شده که موجب تسریع فرآیند اختلاط و پخشیدگی املاح در خاک در زمان حرکت آب در خاک می شود. وقتی سرعت جریان همرفتی به اندازه ی کافی زیاد باشد تاثیر نسبی انتشار

* ایمیل نویسنده مسئول: shabani@fasau.ac.ir

هیدرودینامیکی زیاد می باشد ولی اگر آب در خاک حرکت نداشته باشد فرآیند پخشیدگی حاکم بوده و فرآیند انتشار هیدرودینامیکی بی تاثیر می باشد (هیلل، ۱۹۹۸).

با توجه به اثر سنگریزه بر حرکت آب در خاک و اهمیت حرکت املاح در خاک هدف از این پژوهش بررسی اثر درصد سنگریزه بر ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به منظور بررسی تغییرات ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی خاک ناشی از وجود سنگریزه، آزمایش غیر پالسی (impulse) ستون عمودی انتقال املاح خاک تحت شرایط جریان ماندگار در قالب طرح کامل تصادفی با چهار میزان مختلف درصد سنگریزه (۰، ۸، ۱۵ و ۱۸ درصد حجمی یا ۰، ۱۵، ۳۵ و ۴۵ درصد وزنی) و در سه تکرار انجام گرفت. خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق از اراضی محوطه دانشگاه فسا (با بافت لوم شنی با مقدار رس، سیلت و شن به مقدار به ترتیب ۱۲/۲۵، ۷۵/۷۵ و ۱۲ درصد و شوری اولیه خاک برابر ۰/۵ dS/m) تهیه و به آزمایشگاه خاک-شناسی دانشگاه فسا منتقل گردیدند. جهت رسم منحنی های رخنه از آب با شوری ۱۱/۱۵ dS/m (انحلال کلرید سدیم در آب) استفاده شده است. خاک‌ها از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. به منظور یکنواختی بین ستون ها، سنگریزه‌هایی که از الک با قطر منافذ ۳ سانتی متر رد شده و روی الک با قطر منافذ ۱ سانتی متر باقی ماند استفاده شد. به عبارت دیگر اندازه قطر سنگریزه‌ها بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر و کوچکتر از ۳۰ میلی‌متر بوده است. به منظور سهولت خروج آب از ستون ها در کف تمامی آنها فیلترهایی سنگریزه ای به ارتفاع یک سانتی‌متر قرار داده شد. هر یک از خاک‌های مذکور قبل از انتقال به گلدان‌ها، به ترتیب به میزان صفر، ۸، ۱۵ و ۱۸ درصد از حجم ستون ها، با سنگریزه مخلوط شدند. به منظور تعیین حجم سنگریزه‌های مورد استفاده در هر ستون از یک ظرف مدرج حاوی آب استفاده گردید. بطوریکه با اضافه کردن سنگریزه، تغییر حجم آب درون ظرف برابر درصد حجمی مورد نظر در هر آزمایش گردد. ستونهای خاک قبل از انجام آزمایش در ظرف آب قرار داده شد تا از پایین اشباع گردد. با توجه به اینکه ارتفاع آب روی ستون خاک بر روی دبی خروجی موثر است، جهت حفظ جریان ماندگار آب در خاک، ارتفاع آب شور به ضخامت ۵ سانتی متر روی ستون خاک با استفاده از بطری ماریوت ایجاد و ثابت نگه داشته شد. در حین انجام آزمایش، حجم و شوری آب خروجی از انتهای ستون، نسبت به زمان اندازه گیری گردید. جهت تعیین ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی از معادله زیر استفاده شد:

$$D_h = \frac{VL}{2\pi S} \qquad (۱)$$

که در آن D_h ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی، V سرعت حرکت آب در منافذ خاک، L طول مسیر یا ستون خاک و S شیب منحنی دررو در p) P=1 نسبت حجم آب خروجی از انتهای ستون به حجم منافذ خاک) می باشد. سرعت حرکت آب در منافذ خاک از رابطه زیر بدست می آید:

$$V = \frac{Q}{An} \qquad (۲)$$

که در آن Q دبی آب خروجی از ستون و A سطح مقطع خاک و n تخلخل خاک سنگریزه ای می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$n = n_s(1 - R_v) + n_g(R_v) \qquad (3)$$

که در آن R_v نسبت حجمی سنگریزه، n_s تخلخل خاک بدون سنگریزه و n_g تخلخل سنگریزه می باشد. در این تحقیق مقدار تخلخل سنگریزه ها صفر فرض گردید.

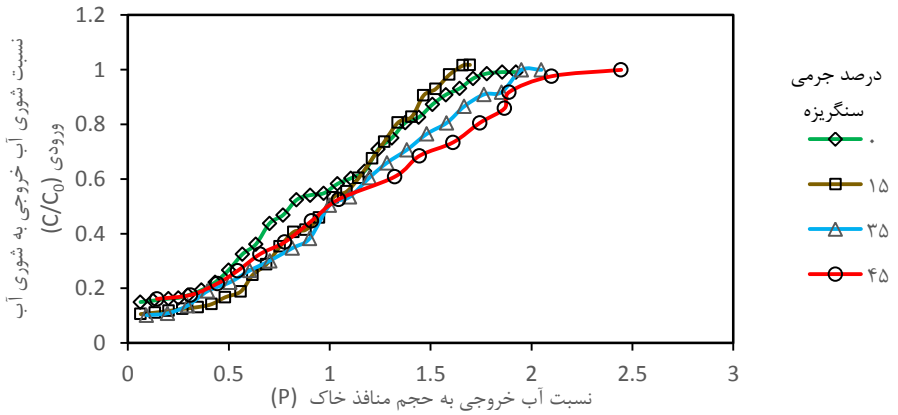
نتایج و بحث

نتایج آزمایش جهت تعیین ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی، شیب منحنی رخنه و تخلخل در مقادیر مختلف سنگریزه درجدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد با افزایش درصد سنگریزه خاک مقدار تخلخل کاهش می یابد که ناشی از اشغال بخشی از فضای خاک بوسیله سنگریزه ها می باشند. منحنی رخنه در مقادیر مختلف سنگریزه در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود با افزایش سنگریزه

خاک منحنی رخنه بازتر و خمیده تر می شود. بنابراین سنگریزه نقش بازدارنده ایفا نموده و خروج املاح در انتهای ستون خاک با روند کندتر و آرام تر رخ می دهد. این موضوع در نتایج اندازه گیری شیب نمودار منحنی رخنه نیز نشان داده شده است. به استثنای مقدار سنگریزه ۱۵ درصد، با افزایش سنگریزه شیب منحنی رخنه در نقطه ای که نسبت حجم آب خروجی به حجم منافذ خاک برابر ۱ می باشد (Pore volume=1) یعنی نقطه عطف منحنی کاهش می یابد. از مقایسه انتهای نمودارها مشخص می گردد هرچه مقدار سنگریزه بیشتر گردد به ازای مقدار حجم آب خروجی بیشتر مقدار شوری آب خروجی برابر شوری آب ورودی خواهد شد. از طرفی نتایج ابتدای نمودار نشان می دهد که با افزایش سنگریزه در خاک افزایش شوری آب خروجی زودتر از اتفاق افتاده و مقدار شوری آب خروجی بیشتر بوده است. این پدیده ممکن است بدلیل ایجاد جریان ترجیحی و منافذ درشت در مرز تماس بین سنگریزه و خاک باشد. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط Zhou et al., (2011) مشابه می باشد. با افزایش سنگریزه مقدار ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی افزایش یافته است. Beibei et al., (2009) بیان نمودند که با افزایش سنگریزه ها مقدار ضریب پراکندگی خاک افزایش یافته است که نتایج این تحقیق با مشاهدات آنها همخوانی دارد.

جدول ۱- ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی و شیب منحنی رخنه در مقادیر مختلف سنگریزه

درصد وزنی سنگریزه	تکرار	تخلخل	شیب منحنی دررو	ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی (cm^2/min)
۰	۱	۰/۴۸	۰/۵۷	۲/۸۳
	۲	۰/۴۸	۰/۵۴	۳/۱۵
	۳	۰/۴۸	۰/۵۶	۲/۸۴
۱۵	۱	۰/۴۴	۰/۸۸	۱/۴۱
	۲	۰/۴۴	۰/۷۸	۱/۸۱
	۳	۰/۴۴	۰/۷۷	۱/۸۸
۳۵	۱	۰/۴۱	۰/۶۵	۳/۲۴
	۲	۰/۴۱	۰/۵۷	۴/۴۷
	۳	۰/۴۱	۰/۵۶	۴/۸۳
۴۵	۱	۰/۳۹	۰/۳۹	۱۴/۸۳
	۲	۰/۳۹	۰/۴۸	۸/۸۸
	۳	۰/۳۹	۰/۴۴	۱۰/۷



شکل ۱- اثر مقادیر مختلف سنگریزه بر منحنی رخنه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می دهد که وجود سنگریزه در خاک منجر به کاهش حرکت آب و در نتیجه کاهش سرعت انتقال املاح به لایه های پایین خاک گردد. با افزایش مقدار سنگریزه در خاک ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی خاک افزایش و شیب منحنی رخنه در نقطه عطف کاهش می یابد که نشان دهنده تغییر آرام و تدریجی غلظت آب خروجی می باشد. هرچند که وجود سنگریزه منجر به ایجاد جریان ترجیحی در خاک و تغییر زودتر غلظت املاح در خروجی و بشوری آب ورودی بازای حجم آب خروجی بیشتری نسبت به حجم منافذ خاک (P بزرگتر) با شوری آب خروجی نسبت به اتفاق می افتد. نتایج این تحقیق می بایست با انجام آزمایشات بیشتر در زمانی که سنگریزه ها دارای تخلخل بیشتر می باشند مورد بررسی دقیق تر قرار گیرد.

منابع

محمدی، م. و ح. رفاهی. ۱۳۸۹. تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک، مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶(۶): ۱۳۹۱-۱۳۹۸.

شعبانی ،ع.، جهانبازی، ا.، احمدی، س. ح.، مقیمی، م. م. و بهرامی، م. ۱۳۹۷. بررسی نفوذپذیری خاک‌های سنگریزه‌ای در زیر و بین درختان پرتقال و زیتون شهرستان فسا. مجله علوم آب و خاک. ۲۲ (۱) :۱۷۵-۱۸۵.

هیلل، د. ۱۹۹۸. فیزیک خاک و محیط زیست، ترجمه بیژن قهرمان. مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۳۸۹

Cousin, I., Nicoullaud, B. and Coutadeur, C. 2003. Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil, CATENA. 5(32): 97–114. doi:10.1016/s0341-8162(03)00037-7

Ma, D., Shao, M., Zhang, J. and Wang, Q. 2010. Validation of an analytical method for determining soil hydraulic properties of stony soils using experimental data, Geoderma. 159(3-4): 262–269. doi:10.1016/j.geoderma.2010.08.001

Naseri, M., Iden, S. C., Richter, N., and Durner, W. 2019. Influence of stone content on soil hydraulic properties: experimental investigation and test of existing model concepts. Vadose Zone Journal, 18(1).

Gargiulo, L., Mele, G., and Terribile, F. 2016. Effect of rock fragments on soil porosity: a laboratory experiment with two physically degraded soils. European journal of soil science, 67(5), 597-604.

Zhen, Q., Zheng, J., He, H., Han, F., and Zhang, X. 2016. Effects of Pisha sandstone content on solute transport in a sandy soil. Chemosphere, 144, 2214-2220.

Zhou, B. B., Shao, M. A., Wang, Q. J., and Yang, T. 2011. Effects of different rock fragment contents and sizes on solute transport in soil columns. Vadose Zone Journal, 10(1), 386-393.

Beibei, Z., Ming'an, S., and Hongbo, S. 2009. Effects of rock fragments on water movement and solute transport in a Loess Plateau soil. Comptes Rendus Geoscience, 341(6), 462-472.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Variations of soil hydrodynamic dispersion coefficient in gravelly soils

Shabani[*1], A., Bagheri[2], F.

[1] Assistant Prof., Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fasa University, Iran

[2] M. Sc. Student, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fasa University, Iran

Abstract

The transport of contaminants such as fertilizers, herbicides, pesticides and wastewaters from soil surface to lower layers results in degradation of groundwater resources. Presence of gravel in the gravelly soil can affect water and solute movement by changing the tortuosity of water flow paths. In this study, impacts of different gravel contents on the saline water movement in soil columns was investigated. Results showed that increase in gravimetric gravel content resulted in increase in hydrodynamic dispersion coefficient. Salinity increase was observed earlier in the effluent from gravelly soil compared with non-gravel soil due to the greater predominance of macropores that made easier solute flow. Value of slope of breakthrough curve at the point of inflection was decreased by increase in gravel contents of soil. Results of this study can help to understand the impact of gravel on solute transport process in gravelly soils.

Keywords: Gravel, Breakthrough curve, Solute transport

[*] Corresponding author, Email: shabani@fasau.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثر آلاینده هیدوکربنه نفتی (گازوئیل) بر نتایج آزمایش تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری

علی شعبانی[۱*]، ندا کریمیان[۲]

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

[۲] دانشجوی سابق کارشناسی علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

چکیده

در زمین‌های اطراف پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها و در اطراف جاده‌ها در زمان وقوع تصادفات ماشین‌های حمل و نقل سوخت، یکی از مشکلاتی که بروز می‌کند، آلودگی خاک به فرآورده‌های نفتی می‌باشد. در این مطالعه اثر آلودگی خاک به گازوئیل بر آزمایش بافت سه نوع بافت خاک (شنی، لومی و لوم رس سیلتی) مورد بررسی قرار گرفت. در سه نوع خاک مورد مطالعه، نتایج آزمایش هیدرومتری تعیین بافت خاک در این تحقیق نشان داد که آغشته بودن ذرات خاک به گازوئیل موجب تغییر معنی داری در مقدار رس، سیلت و شن تعیین شده دارد. بطوریکه درصد ذرات رس اندازه گیری شده در خاک آغشته به گازوئیل بیشتر از مقدار واقعی (در خاک آغشته نشده به گازوئیل) و مقدار سیلت و شن کمتر از مقدار واقعی تعیین گردید. همچنین رابطه بین درصد رس، سیلت و شن قبل از آلوده شدن ذرات خاک به گازوئیل با مقدار آنها بعد از آلودگی به گازوئیل تعیین گردید.

کلمات کلیدی: بافت خاک، رس، سیلت، شن، گازوئیل

مقدمه

گازوئیل یکی از فراورده‌های نفتی بسیار پر کاربرد در کارخانجات، نیروگاه‌ها و سیستم حمل و نقل می‌باشد. یکی از مشکلات عمده‌ای که در زمان کاربرد و انتقال این فراورده نفتی اتفاق می‌افتد بحث نشت آن و آلودگی خاک می‌باشد. ترکیبات غیر قطبی هیدروکربنی مانند گازوئیل بسیار کم در آب حل می‌شوند و به آسانی جذب ذرات خاک و مواد آلی خاک می‌شوند. در یک خاک لوم شنی، به دلیل لزوجت سینماتیکی بیشتر نفت سفید نسبت به آب و نگهداشت کمتر نفت سفید در محیط، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک برای نفت سفید کمتر از آب است (نوری و همکاران، ۱۳۹۱). تغییر خواص فیزیکی خاک‌های آلوده به مشتقات نفتی (Sarmadi et al., 2019)، پایداری شیبها و همچنین ظرفیت باربری پی‌ها و دیگر سازه‌ها را تحت تاثیر قرار می دهد. Rashid et al. (2014) با بررسی خاک های آلوده به گازوئیل مشاهده کردند افزایش گازوئیل موجب کاهش وزن مخصوص ویژه ذرات خاک از ۲/۶۲ به ۲/۲۷ گرم بر سانتی متر مکعب گردید. بین چسبندگی خاک رسی و میزان آلاینده، رابطه ی معکوس برقرار است. این در حالی است که در نمونه های ماسه ای روند مشخصی مشاهده نشده است (صبور و همکاران، ۱۳۹۶). مشاهدات عبادی و کرمانی (۱۳۸۸) نشان داد که آلودگی خاک های رسی به مواد نفتی موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش تراکم پذیری این نوع خاک ها می‌گردد. با افزایش میزان آلودگی در خاک آلوده، درصد رطوبت بهینه خاک کاهش می‌یابد. همچنین، در خاک آلوده به گازوئیل، وزن مخصوص خشک خاک افزایش داشته اما در مورد خاک آلوده به نفت سفید که با افزایش درصد آلودگی، وزن مخصوص خشک خاک کاهش خواهد یافت (زنجرانی و امیری، ۱۳۹۳). نتایج محمدی (۱۳۹۵) نشان داد که تولید رواناب و رسوب تولید شده در همه کرت‌های آلوده به گازوئیل و نفت سفید در مقایسه با کرت غیر آلوده افزایش معنی‌داری داشته است. Hewelke et al., (2018) مشاهده کردند که آلودگی خاک به گازوئیل منجر به افزایش آبگریزی خاک می شود. پارامتر درصد ذرات خاک جزء پارامتر های زود یافت خاک می‌باشد که در بسیاری از مباحث فیزیک خاک مانند توابع انتقالی حرکت آب در خاک، منحنی مشخصه آب خاک و ... کاربرد دارد. (Haghverdi et al., 2018; Santra et al., 2018) فولادمند و هادی پور (۱۳۹۰) با استفاده از پارامتر درصد ذرات تشکیل دهنده خاک و دیگر پارامتر های زود یافت خاک، دقت ۱۲ تابع انتقالی جهت تخمین منحنی مشخصه آب خاک را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنچه که در مورد توابع انتقالی بیشتر حائز اهمیت است تاثیر نتایج آزمایش بافت خاک بر دقت توابع انتقالی می‌باشد .

تاکنون در بیشتر تحقیقاتی که در زمینه خاک های آلوده به مشتقات نفتی انجام شده عمدتا به بررسی اثر آلودگی بر خصوصیات حرکت آب و املاح در خاک مانند ضریب هدایت هیدرولیکی خاک پرداخته شده است. اما تاثیر آلودگی هیدروکربنی بر نتایج آزمایش تعیین بافت خاک مورد بررسی قرار نگرفته است. در این مطالعه اثر آلودگی خاک به گازوئیل بر آزمایش بافت سه نوع بافت خاک مورد بررسی قرار گرفت.

* ایمیل نویسنده مسئول: shabani@fasau.ac.ir

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از سه نوع خاک استفاده گردید. یک خاک با بافت سبک از ایستگاه تحقیقات آبخوان داری کوثر در منطقه گربایگان شهرستان فسا در استان فارس (در ۱۹۰ کیلومتری جنوب شرق شیراز و ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان فسا) و دو خاک با بافت متوسط از خاک اراضی محوطه دانشگاه فسا و اراضی کشاورزی روستای کوشک قاضی در فاصله حدود یک کیلومتری از شهر فسا تهیه گردید. **جهت تعیین درصد وزنی گازوئیل خاک،** قبل از مخلوط کردن خاک با گازوئیل، ابتدا نمونه های خاک در گرمخانه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا کاملا خشک گردد. سپس ۱۰ گرم گازوئیل با ۵۰ گرم خاک مخلوط گردید. بنابراین درصد وزنی گازوئیل خاک برای هر سه نوع بافت خاک برابر ۲۰٪ شد. از روش هیدرومتری جهت اندازه گیری بافت خاک استفاده شد. در روش هیدرومتری نمونه خاک در آب ریخته و پراکنده می‌شود. سرعت متوسط رسوب دانه ها بر اساس قانون استوکس بدست می‌آید. با استفاده از هیدرومتر که در آب بصورت معلق قرار می‌گیرد وزن مخصوص خاک و آب معلق در یک عمق مشخص تعیین می‌شود و سپس قطر ذراتی که سقوط می‌کنند بدست می‌آید. در تعیین بافت خاک در هر دو حالت با و بدون آلوده شدن به گازوئیل، کلیه مراحل مانند مدت زمان هم زدن، مواد مصرفی و تصحیحات دمایی کاملا یکسان انجام گردید (Gee and Bauder, 1986). در این مطالعه هر آزمایش سه بار تکرار گردید. مقایسه میانگین درصد ذرات خاک قبل از اضافه نمودن گازوئیل و بعد از اضافه نموده آن با استفاده از آزمون t در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت.

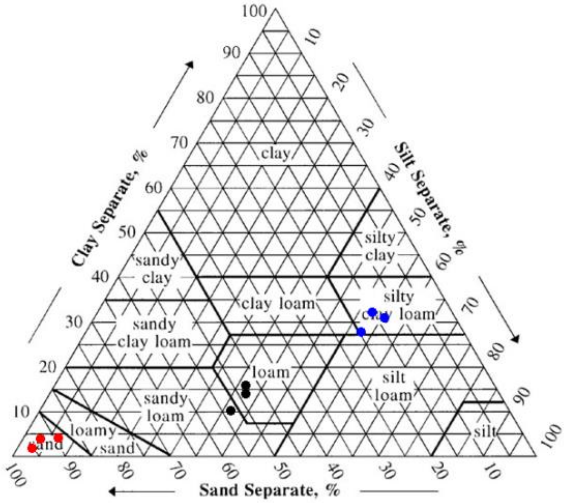
نتایج و بحث

نتایج اندازه گیری بافت خاک سه منطقه مورد مطالعه برای هر سه تکرار بصورت مجزا در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که سه بافت خاک انتخاب شده دارای تفاوتهای محسوسی از نظر درصد رس، سیلت و شن هستند. نتایج اندازه گیری بر روی مثلث بافت خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمایش بافت خاک برای تکرار های مختلف تقریبا با هم مشابه بوده هر چند در خاک نمونه برداری شده از اراضی دانشگاه فسا نتایج یکی از تکرار ها در کلاس بافتی لوم شنی قرار گرفته است. اگرچه نتایج این تکرار هم در مرز دو بافت لوم و لوم شنی قرار گرفته است.

جدول ۱- نتایج بافت خاک نمونه برداری شده از سه منطقه مورد مطالعه

متوسط بافت		رس (٪)		سیلت (٪)		شن (٪)		تکرار	نمونه خاک
با گازوئیل	بدون گازوئیل	با گازوئیل	بدون گازوئیل	با گازوئیل	بدون گازوئیل	با گازوئیل	بدون گازوئیل		
Loamy sand	Sand	۸/۱۶	۳/۴۴	۳/۰	۲/۶	۸۸/۸۴	۹۳/۹۶	۱	منطقه گربایگان
		۸/۱۶	۱/۴۴	۰/۰	۲/۰	۹۱/۸۴	۹۶/۵۶	۲	
		۸/۱۶	۳/۶۸	۲/۰	۶/۰	۸۹/۸۴	۹۰/۳۲	۳	
		۸/۱۶b	۲/۸۵a	۱/۶۷a	۳/۵۳a	۹۰/۱۷a	۹۳/۶۱a		میانگین
Loam	Loam	۲۶/۱۶	۱۳/۴۴	۳۹/۰	۳۷/۰	۳۴/۸۴	۴۹/۵۶	۱	اراضی دانشگاه فسا
		۲۹/۱۶	۱۵/۴۴	۲۹/۰	۳۶/۰	۴۱/۸۴	۴۸/۵۶	۲	
		۲۶/۱۶	۹/۶۸	۳۴/۰	۳۶/۰	۳۹/۸۴	۵۴/۳۲	۳	
		۲۷/۱۶b	۱۲/۸۵a	۳۴/۰a	۳۶/۳a	۳۸/۸۴b	۵۰/۸۱a		میانگین
Silty clay	Silty clay loam	۴۶/۱۶	۲۷/۴۴	۴۶/۰	۵۲/۰	۷/۸۴	۲۰/۵۶	۱	اراضی روستای کوشک قاضی
		۴۸/۱۶	۳۰/۴۴	۴۳/۰	۵۵/۰	۸/۸۴	۱۴/۵۶	۲	
		۴۸/۱۶	۳۱/۶۸	۴۰/۰	۵۲/۰	۱۱/۸۴	۱۶/۳۲	۳	
		۴۷/۴۹b	۲۹/۸۵a	۴۳/۰b	۵۳/۰a	۹/۵۰a	۱۷/۱۵a		میانگین

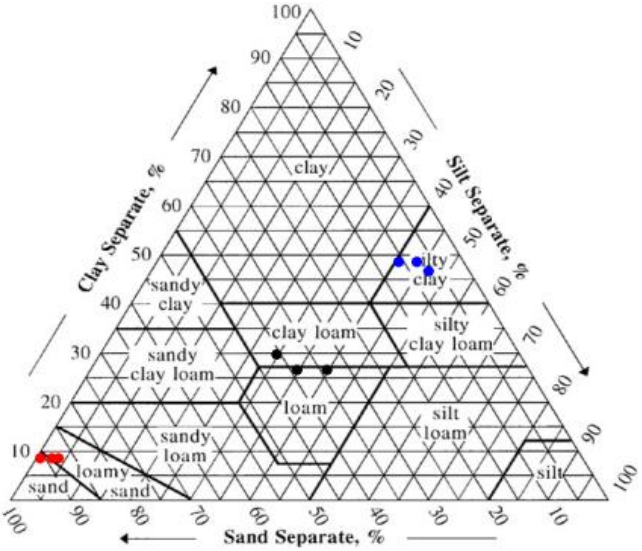
در هر ردیف برای هر ذره خاک، بین اعداد با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آماری وجود ندارد.



شکل ۱- توزیع نتایج آزمایش بافت خاک قبل از آلودگی به گازوئیل (نقاط قرمز رنگ مربوط به خاک اراضی منطقه گربایگان، نقاط سیاه رنگ مربوط به خاک اراضی دانشگاه فسا و نقاط آبی رنگ مربوط به خاک اراضی روستای کوشک قاضی است)

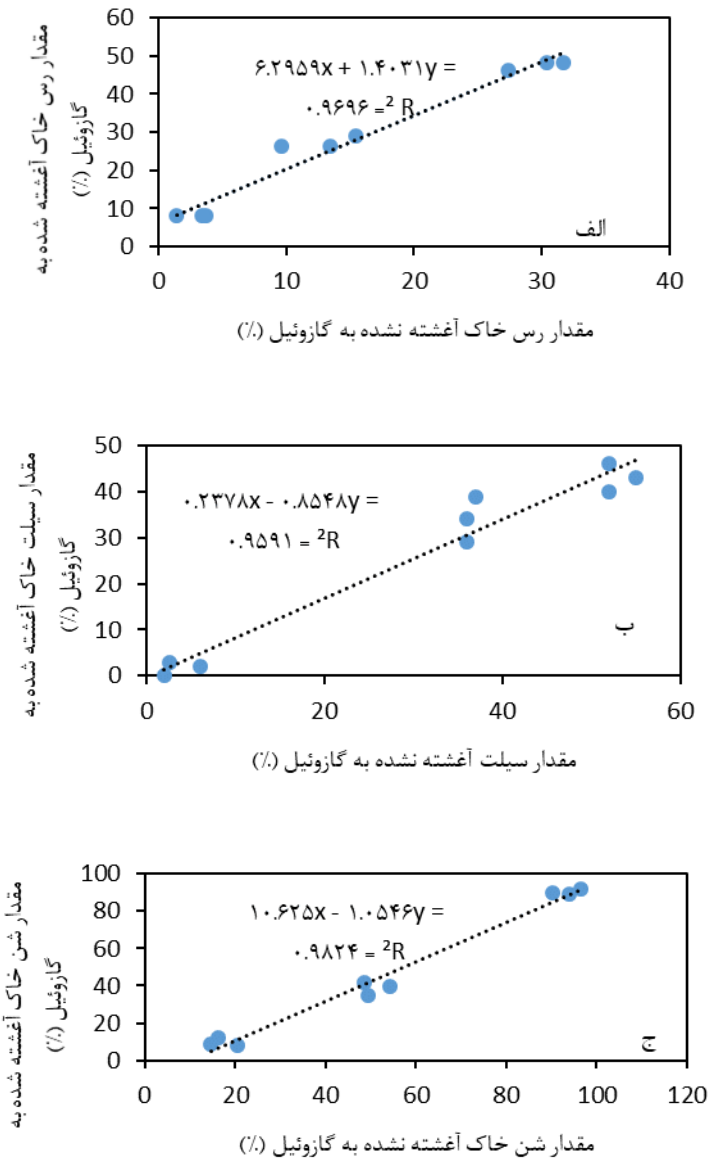
بعد از مخلوط کردن گازوئیل با نمونه های خاک، بافت خاک اندازه گیری گردید که نتایج در شکل ۲ و جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با آغشته شدن ذرات خاک به گازوئیل در هر سه نوع خاک از درصد شن و سیلت کاسته شده و بر درصد رس اضافه گردیده است. بگونه ای که درمورد خاک منطقه گربایگان بافت خاک از شنی به شن لومی، برای خاک اراضی دانشگاه فسا به لوم با مقدار رس بیشتر و به سمت بافت لوم رسی منتقل شده و درمورد خاک اراضی روستای کوشک قاضی از لوم رس سیلتی به رس سیلتی شده است. آنچه که مسلم است با توجه به تعریف بافت خاک که نسبت اجزای تشکیل دهنده ذرات خاک می‌باشد. این نتایج صرفا ناشی از اثر گازوئیل بر روند آزمایش می‌باشد چراکه اندازه ذرات خاک تغییر نیافته است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد با آغشته شدن ذرات خاک به گازوئیل نقاط روی مثلث بافت خاک در هر سه نوع بافت خاک به سمت بالا منتقل شد که نشان دهنده افزایش درصد رس خاک و کاهش درصد سیلت می‌باشد. در روش هیدرومتری اساس کار بر مبنای اندازه گیری چگالی مخلوط آب و خاک می‌باشد که خود تابع سرعت ته نشینی ذرات خاک می باشد. در طی فرآیند ته نشینی ذرات خاک در آب، به ترتیب ذرات شن ، سپس سیلت و نهایتا رس ته نشین می شوند. گازوئیل چگالی کمتری نسبت به آب دارد و بر روی آب شناور می‌گردد. بنابراین طبق قانون شناوری ارشمیدس، وقتی ذره خاک به گازوئیل آغشته می‌گردد باعث افزایش نیروی شناوری وارد بر ذرات خاک می‌گردد. از طرفی با توجه به اینکه در خاکها آلوده به گازوئیل وزن مخصوص ذرات خاک کاهش می‌یابد (Rashid et al. 2014)، سرعت سقوط ذرات بر اساس قانون استوکس کاهش می یابد. بنابراین با آغشته شدن ذرات شن و سیلت به گازوئیل رسوب آنها دیرتر اتفاق بیافتد و مدت زمان بیشتری در آب معلق می‌مانند. نهایتا نتایج آزمایشات

نشان می‌دهد درصد ذرات شن و سیلت کمتر و درصد ذرات رس بیشتر تعیین می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین نشان می دهد که در هر سه نوع بافت خاک، بین مقدار رس اندازه گیری شده در خاک آلوده به گازوئیل با خاک بدون گازوئیل اختلاف معنی داری مشاهده شده است. بین مقدار سیلت خاک اراضی دانشگاه فسا آلوده به گازوئیل و مقدار شن خاک اراضی روستای کوشک قاضی آلوده به گازوئیل با مقدار سیلت و شن همان خاک‌ها بدون آلودگی به گازوئیل اختلاف معنی دار بوده است.



شکل ۲- توزیع نتایج آزمایش بافت خاک بعد از آلودگی به گازوئیل (نقاط قرمز رنگ مربوط به خاک اراضی منطقه گربایگان، نقاط سیاه رنگ مربوط به خاک اراضی دانشگاه فسا و نقاط آبی رنگ مربوط به خاک اراضی روستای کوشک قاضی است)

بر اساس داده های بدست آمده از آزمایشات تعیین بافت خاک قبل از اضافه نمودن گازوئیل و بعد از آن، با استفاده از رگرسیون رابطه بین درصد ذرات رس، سیلت و شن تعیین شده در دو حالت (جداول ۱ و ۲) تعیین گردید که در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از معادلات حاصل که در شکل ۳ ارائه شده می‌توان درصورت آغشته بودن خاک به گازوئیل بعد از انجام آزمایش بافت خاک مقدار واقعی درصد ذرات رس، سیلت و شن (در خاک بدون گازوئیل) را بدست آورد. شیب بزرگتر از ۱ و عرض از مبدا مثبت نمودار شکل ۳ الف نشان می‌دهد که مقدار رس خاک آغشته به گازوئیل بیشتر از خاک آغشته نشده به گازوئیل تعیین گردید. در مورد سیلت، شیب نمودار کمتر از ۱ می‌باشد و عرض از مبدا هم مقدار نزدیک به صفر (۰/۲) می‌باشد که بنابراین در خاک آغشته به گازوئیل مقدار سیلت کمتر از مقدار واقعی تعیین گردید (شکل ۳ ب). همانگونه که قبلا بحث شد نتایج شکل ۳ ج هم نشان می‌دهد که آغشته شدن خاک به گازوئیل موجب تعیین کمتر درصد ذرات شن خاک به روش هیدرومتری می‌گردد چراکه شیب خط تقریبا برابر ۱ ولی عرض از مبدا آن منفی ۱۰ درصد می‌باشد.



شکل ۳- رابطه بین مقدار ذرات در خاک آغشته شده به گازوئیل نسبت به خاک آغشته نشده به گازوئیل. الف) رس ب) سیلت ج) شن

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش هیدرومتری تعیین بافت خاک در سه نوع خاک مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد که آغشته بودن ذرات خاک به مواد آبگریز مانند گازوئیل موجب تغییر در نتایج آزمایش می‌گردد. بطوریکه درصد ذرات رس اندازه گیری شده در خاک آغشته به گازوئیل بیشتر از مقدار واقعی و مقدار سیلت و شن کمتر از مقدار واقعی (در خاک آغشته نشده به گازوئیل) تعیین گردید. بنابراین، هنگام تعیین توابع انتقالی خاکهای آلوده به هیدروکربنی های نفتی از قبیل توابع انتقالی جهت تخمین منحنی مشخصه آب خاک، ضریب هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی هیدرودینامیکی و غیره با استفاده از پارامتر های زود یافت خاک مانند درصد ذرات خاک باید اثر آلوده کننده بر نتایج آزمایش بافت خاک مد نظر قرار گیرد.

منابع

زنجرانی فراهانی، م. و حمیدی، ا. (۱۳۹۳). بررسی رفتار و پارامتر های تحکیمی خاک رس کائولینیت آلوده به مشتقات نفتی. زمین شناسی نفت ایران. ۴(۸)، ۱-۱۵.

صبور م.ر.، قدردان، م. و خورشید احمدی، م. (۱۳۹۶). بررسی عدم قطعیت اثر آلاینده گازوئیل بر رفتار ژئوتکنیکی خاک ماسه ای بستر مخازن نفتی. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، ۴۹ (۴)، ۸۲۰ -۸۱۳ .

عبادی، ت. و کرمانی م. (۱۳۸۸). بررسی تاثیر آلودگی خاک به نفت خام بر پارامترهای ژئوتکنیکی آن، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران ایران، شیراز

فولادمند، ح.ر. و هادی پور، س. (۱۳۹۰). ارزیابی توابع انتقالی پارامتریک برای تخمین منحنی مشخصه آب خاک در استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۵۸، ۲۵-۳۷.

محمدی، س. (۱۳۹۵). تحلیل فرآیندهای نفوذ، تولید رواناب و رسوب در خاک های آلوده به ترکیبات نفتی. پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

نوری، م.، همایی، م. و بای‌بورد، م. (۱۳۹۱). بررسی پارامتریک ویژگی های هیدرولیکی خاک در حضور آلاینده نفت سفید. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۱)، ۴۸-۳۷.

Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. p. 383–411. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI

Haghverdi, A., Öztürk, H. S. and Durner, W. 2018. Measurement and estimation of the soil water retention curve using the evaporation method and the pseudo continuous pedotransfer function. Journal of hydrology, 563, 251-259.

Hewelke, E., Szatyłowicz, J., Hewelke, P., Gnatowski, T., & Aghalarov, R. (2018). The impact of diesel oil pollution on the hydrophobicity and CO 2 efflux of forest soils. Water, Air, & Soil Pollution, 229(2), 51.

Rasheed, Z. N., Ahmed, F. R., & Jassim, H. M. (2014). Effect of crude oil products on the geotechnical properties of soil. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 186, 353-361.

Santra, P., Kumar, M., Kumawat, R. N., Painuli, D. K., Hati, K. M., Heuvelink, G. B. M. and Batjes, N. H. 2018. Pedotransfer functions to estimate soil water content at field capacity and permanent wilting point in hot Arid Western India. Journal of Earth System Science, 127(3), 35.

Sarmadi, M. S., Zohrevand, P., & Rezaee, M. (2019). Effect of kerosene contamination on the physical and mechanical properties of sandy soil. Innovative Infrastructure Solutions, 4(1), 7.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Effect of hydrocarbon pollutant (diesel-fuel) on the results of soil texture test by hydrometric method

Shabani[*1], A., Karimian[2], N.

[1] Assistant Prof., Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fasa University, Iran

[2] Former B. Sc. Student, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fasa University, Iran

Abstract

In the areas around refineries, power plants and roads in the event of fuel truck accidents, one of the problems that occurs is soil contamination with oil products. In this study, the impact of soil contamination to diesel-fuel on tissue texture test of three types of soil texture (sand, loam and silty clay loam) were investigated. For studied soil texture types, results of the hydrometric test showed that the contaminated soil particles to diesel-fuel change significantly results of the test. So that, percent of clay, silt and sand particles in contaminated soils to diesel-fuel were higher, lower and lower than their real values in non-contaminated soils, respectively. Also, relationships between values of clay, silt and sand of soils before Also, the relationships between the percent of clay, silt and sand of the soil before contamination of soil particles to diesel-fuel and their values after contamination were determined.

Keywords: Soil texture, Sand, Silt, Clay, diesel-fuel

[*] Corresponding author, Email: shabani@fasau.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی برخی شاخص‌های بهره‌وری آب در تولید محصول برنج رقم هاشمی در شهرستان رشت

آدینه عبدی[۱*]، صفورا اسدی کپورچال [۲]، مجید وظیفه دوست[۳]، مجتبی رضایی [۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۳] استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۴] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

بهره‌وری آب بیانگر مقدار محصول تولید شده یا میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب کاربردی است. اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در بخش کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمّی وکیفی منابع آب از اهمیتی ویژه برخوردار است. با توجه به محدودیت منابع آب و مصرف بهینه آن در راستای صرفه‌جویی آب و افزایش بهره‌وری آن، پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری مقدار شاخص بهره‌وری آب برای محصول برنج رقم هاشمی اصلاح شده مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار تبخیر-تعرق واقعی از ۲ عدد لایسیمتر ته بسته استفاده شد و مقدار تبخیر-تعرق به طور روزانه اندازه‌گیری و بهره‌وری آب آبیاری (WP_{ir}) و بهره‌وری بر حسب تبخیر-تعرق (WP_{ET}) محاسبه شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده متوسط بهره‌وری آب آبیاری برنج و بهره‌وری برحسب تبخیر-تعرق به ترتیب ۰/۵۸ و۰/۷۶ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد. با توجه به نیاز آبی بالای گیاه برنج، بهره‌وری آب آن نسبت به سایر غلات کمتر است که اعمال مدیریت صحیح آبیاری در اراضی شالیزاری متناسب با مراحل رشد گیاه برنج، منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری در اراضی شالیزاری می‌شود.

کلمات کلیدی: تبخیر-تعرق، صرفه‌جویی آب، عملکرد محصول

مقدمه

با توجه به خشکسالی‌های چند سال اخیر و به دلیل کمبود منابع آبی و رشد بی‌سابقه‌ی تقاضا برای مصرف آب در بخش‌های صنعتی و شرب حجم آب قابل دسترس برای آبیاری شالیزارها نیز به طور فزاینده‌ای کاهش یافته است. توجه به بهره‌وری آب و ارتقای آن با به کار بستن روش‌های مناسب یکی از راهکارهای مهم افزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی و نیز مقابله با بحران کم‌آبی است (کریمی و جلینی، ۱۳۹۶). اعمال مدیریت صحیح و متناسب با رشد گیاه برنج در اراضی شالیزاری منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری آب در اراضی شالیزاری، توسعه کشاورزی پایدار و افزایش امنیت غذایی و نیز توسعه اقتصادی می‌شود (سلحشور و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به نیاز آبی بالای گیاه برنج، بهره‌وری آب آن کمتر از سایر غلات می‌باشد به‌طوریکه بهره‌وری آب برنج در مقیاس جهانی حدود ۰/۱۵ تا ۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب و برای سایر غلات ۰/۲ تا ۲/۴ کیلوگرم بر متر مکعب است (حیدری، ۱۳۹۳). بر پایه پژوهش‌های محققان مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج، کشت برنج در شرایط غرقاب دائم با عمق ایستابی ۲-۷ سانتی‌متر در سطح کرت طی دوره رشد گیاه با وجود تأمین آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه برنج و کنترل رشد علف‌های هرز به دلیل وجود بحران کم آبی، مقرون به صرفه و امکان پذیر نمی‌باشد (شعبانی، ۱۳۸۵).

روش‌های سنتی آبیاری به منظور افزایش بهره‌وری آب و دستیابی به تولید محصول پایدار برنج می‌تواند جایگزین مناسبی تحت عنوان شیوه نوین مدیریت آبیاری باشد که هدف از آن بهره‌برداری کارامد از ذخایر آبی است (عبدی، ۱۳۸۴). برنج از مهم‌ترین گیاهان زراعی ایران است که در مناطق وسیع کشت می‌شود و تقریبا ۱۱ درصد زمین‌های قابل کشت جهان سالانه زیر کشت برنج می‌باشند (Cantrell و Hettel ، ۲۰۰۴).

Yoshida (۱۹۸۱) مراحل زندگی گیاه برنج را با توجه به فیزیولوژی گیاه به سه دوره‌ی رویشی، زایشی و رسیدگی فیزیولوژی تقسیم کرده است. دوره رویشی شامل مراحل جوانه‌زنی، گیاهچه‌ای، پنجه‌زنی و رشد ساقه می‌باشد. دوره زایشی شامل مراحل تشکیل خوشه، ظهور خوشه و گل دادن بوده و دوره رسیدگی فیزیولوژی نیز شامل شیری شدن، خمیری شدن و بلوغ دانه می‌باشد. اعمال آبیاری به ویژگی‌های خاک مانند میزان نفوذ خاک، میزان

* ایمیل نویسنده مسئول: adinehabdi@yahoo.com

تبخیر-تعرق و مدت زمان محو شدن آب از سطح خاک بستگی دارد (رضایی، ۱۳۸۷). بهره‌گیری از آبیاری تناوبی در اراضی شالیزاری سبب بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش عملکرد محصول می‌شود. طی سالیان اخیر مطالعات مختلفی در رابطه با دیدگاه‌های مختلف بهره‌وری آب در بخش کشاورزی انجام شده است. مقدار آب مورد نیاز برنج به طور مستقیم به میزان آب تبخیر شده از طریق برگ‌ها وابسته است و بنابراین میزان آب مورد نیاز برنج بر اساس دوره رشد گیاه تغییر می‌کند. از آنجا که آب مورد نیاز کشت برنج بسته به نوع رقم، روش کاشت، ابعاد کرت، تراکم بوته، مقدار مصرف مواد تغذیه‌کننده، بافت خاک، شرایط زهکشی، اقلیمی و اکولوژیکی منطقه کشت متفاوت است و نیز با توجه به محدودیت منابع آب و مصرف بهینه آن در راستای صرفه‌جویی آب، افزایش بهره‌وری آب و تولید بیشتر محصول برنج، پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری مقدار شاخص بهره‌وری آب برای محصول برنج رقم هاشمی اصلاح شده مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در زمینی به مساحت ۴۹۶۴ متر مربع در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۶۴ دقیقه طول شرقی در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد. رقم برنج کشت شده رقم هاشمی اصلاح شده بود. برای اندازه‌گیری مقدار تبخیر-تعرق واقعی از ۲ عدد لایسیمتر ته بسته استفاده شد و به طور روزانه مقدار تبخیر-تعرق اندازه‌گیری و در نهایت میانگین آنها گزارش شد. آبیاری نیز در طی دوره رشد به مراتب اندازه‌گیری و ثبت شد.

مفهوم شاخص برداشت در مطالعات اکوفیزیولوژیکی به عنوان ابزاری در تفسیر واکنش گیاه زراعی به محیط‌های مختلف و تغییرات اقلیمی کاربرد دارد. روابط زیر با هدف محاسبه میزان بهره‌وری آب مصرفی توسط Kijne و همکاران (۲۰۰۳) ارائه شده است که در آن پارامترهای عملکرد محصول، آب آبیاری، تعرق و تبخیر-تعرق به عنوان اجزای نمایه بهره‌وری به کار گرفته شده‌است.

$$WP_{ir} = \frac{y_a}{(IR+P)} \quad (۱)$$

$$WP_{ET} = \frac{y_a}{ET_a} \quad (۲)$$

که در آنها y_a عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)، IR مقدار آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، P مقدار بارندگی (مترمکعب در هکتار)، ET_a تبخیر-تعرق واقعی (مترمکعب در هکتار)، WP_{ir} بهره‌وری آب آبیاری (کیلوکرم در مترمکعب) و WP_{ET} بهره‌وری برحسب تبخیر-تعرق (کیلوگرم در مترمکعب) می‌باشند. با افزایش مقدار ماده‌ی خشک و شاخص برداشت می‌توان عملکرد محصول را بالا برد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی ویژگی‌های مورد نیاز برای به‌دست آوردن مقدار بهره‌وری، شامل عملکرد دانه پر شلتوک برنج در هر متر مربع، مقدار آبی که گیاه برنج مصرف کرده، مقدار تبخیر تعرق واقعی و میزان بارندگی در کل دوره‌ی رشد گیاه در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- مقدار عملکرد محصول در پنج نقطه با استفاده از کوادرات

نقاط	عملکرد دانه پر	
	Kg/ha	Kg/m^2
۱	۲۳۱۴/۱۹	۰/۲۳۱
۲	۲۹۲۰/۶	۰/۲۹۲
۳	۳۷۰۲/۷۱	۰/۳۷۰
۴	۳۷۹۷/۵۳	۰/۳۷۹
۵	۲۹۳۹/۱۱	۰/۲۹۳

جدول ۲- اطلاعات آبیاری مورد نیاز

مقدار آب آبیاری کل M^3/ha	مقدار بارندگی M^3/ha	مقدار تبخیر-تعرق واقعی M^3/ha
۴۱۷۱/۲	۱۲۲۲	۴۱۵۰

مقدار بهره‌وری در هنگام برداشت محصول در ۵ نقطه مشخص در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده مقدار بهره‌وری آب برنج در منطقه مورد مطالعه بین ۰/۴ تا ۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و با نتایج منتظر و کوثری (۲۰۰۷) که مقدار بهره‌وری آب در محصول برنج را ۰/۴۲ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند، همخوانی داشته است. در سال ۲۰۰۲ در کشور مصر نیز بهره‌وری آب برنج به طور متوسط ۰/۵۵ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد که مقدار آن در همان سال در ایران نیز حدود ۰/۳۲ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد (حیدری، ۱۳۹۳). در کشت برنج بر اساس شیوه مدیریت آبیاری سنتی غرقاب دائم، به جهت زیاده‌روی در مصرف آب در سطح اراضی شالیزاری بهره‌وری آب مصرفی کاهش می‌یابد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). در تحقیقی از رضایی و نحوی (۱۳۸۱) با مطالعه اثر دور آبیاری در کشت برنج به این نتیجه رسیدند که یکی از راه‌های غلبه بر مشکل پایین بودن بهره‌وری آب آبیاری و مصرف بیش از اندازه آب در آبیاری غرقابی، استفاده از روش آبیاری تناوبی با استفاده از تر و خشک کردن مزارع برنج است. همچنین در گزارش‌های مشابهی Belder و همکاران (۲۰۰۷)، Tuong و همکاران (۲۰۰۵) و Shi و همکاران (۲۰۰۲) نیز آبیاری تناوبی را سبب صرفه‌جویی آب عنوان کردند.

جدول ۳- محاسبه مقدار بهره‌وری در ۵ نقطه مشخص در هنگام برداشت محصول

WP_{ET} Kg/m^3	WP_{ir} Kg/m^3
۰/۵۵۷	۰/۴۲۹
۰/۷۰۳	۰/۵۴۱
۰/۸۹۲	۰/۶۸۶
۰/۹۱۵	۰/۷۰۴
۰/۷۰۸	۰/۵۴۴

اعمال مدیریت صحیح آبیاری در اراضی شالیزاری متناسب با مراحل رشد گیاه برنج، منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری در اراضی شالیزاری، توسعه کشاورزی پایدار، افزایش امنیت غذایی و توسعه اقتصادی می‌شود (سلحشور و همکاران ۱۳۸۸). بر اساس پژوهش امیری و رضایی (۱۳۸۸) با تغییر مدیریت آبیاری از شیوه سنتی غرقاب به غیر غرقاب بهره‌وری آب آبیاری ارتقا پیدا کرد و با کاهش آب آبیاری از میزان عملکرد دانه کاسته شده به‌طوریکه به ازای هر یک واحد کاهش آب آبیاری عملکرد دانه حدود ۰/۳ واحد کاهش داشته است.

طبق نتایج تحقیقات انجام شده توسط وانگ و همکاران (۱۹۹۵) عوامل تاثیرگذار در بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در درجه اول، رشد درآمد سرانه خانوارهای روستایی بوده که منجر به افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. با افزایش درآمد سرانه مصرفی، خانوارهای روستایی می‌توانند ماشین‌های ذخیره آب کشاورزی بیشتری خریداری کنند و تمایل بیشتری به مشارکت در تعمیر و نگهداری تجهیزات صرفه‌جویی در آب آشامیدنی روستاها داشته باشند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش متوسط بهره‌وری آب آبیاری حدود ۰/۵۸ و متوسط بهره‌وری بر حسب تبخیر-تعرق ۰/۷۶ به‌دست آمد. به‌طور کلی به‌منظور مدیریت صحیح مزارع شالیزاری در سطح نسبتا وسیع و با در نظر داشتن عملکرد مطلوب محصول در زمان برداشت برنج باید از میزان مصرف آب گیاه برنج از مرحله نشاء تا برداشت اطلاع کافی داشت تا بتوان در سال‌های بعد با در نظر داشتن این اطلاعات در راستای ارتقا و بهبود مصرف آب با توجه به عملکرد مطلوب محصول، اقدامات لازم را انجام داد. همچنین با توجه به اندازه‌گیری میزان آب مورد نیاز گیاه و با بهبود مدیریت مصرف آب در

سطح وسیع زمین‌های کشاورزی و افزایش راندمان مصرف آن می‌توان به طور چشمگیری از هدررفت آب جلوگیری کرد. توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های کارآمد یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمّی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی می‌باشد.در نهایت می‌توان با راه‌کارهایی چون بهبود مدیریت زراعی، تغییر تاریخ کشت، استفاده موثر از آب باران، کاهش مصرف آب در زمان آماده‌سازی زمین، تغییر در روش‌های کشت برنج، کاهش مصرف آب در طول دوره رشد گیاه و استفاده از آب آبیاری تناوبی موجب افزایش بهره‌وری مصرف آب در اراضی شالیزاری شد.

منابع

امیری، ا. و م. رضایی، م. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات بهره‌وری آب در شالیزارهای گیلان. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

حیدری، ن. ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی و عملکرد سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت آب کشور. فصلنامه مجلس و راهبرد، ۲۱ (۷۸)، ۱۹۹-۱۷۷.

رضایی، م. و نحوی، م. ۱۳۸۱. اثر دور آبیاری بر مقدار مصرف آب و عملکرد برنج در گیلان. یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران.

رضایی، م. ۱۳۸۷. روش‌های مختلف آبیاری تناوبی در مزارع برنج به منظور جلوگیری از افت عملکرد در شرایط کم‌آبی. نشریه فنی موسسه تحقیقات برنج کشور.

سلحشور، ف.، ناظمی، ا. ح. و یزدانی، م. ر. ۱۳۸۸. بهبود مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران.

شعبانی، م. ک. ۱۳۸۵. مدیریت بهینه آب در سطح مزرعه: مطالعه موردی ارزیابی استراتژی کم‌آبیاری به صورت یکنواخت در تمام مراحل رشد. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری وزهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

عبدی، پ. ۱۳۸۴. ارزیابی عملکرد اقتصادی سازه‌های کوچک تامین آب کشاورزی. مجله علوم خاک وآب. ۱۹ (۲)، ۳۱۵-۳۰۱.

کریمی، م. و جلینی، م. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی؛ دشت مشهد (یادداشت فنی). نشریه آب و توسعه پایدار، ۴ (۱)، ۱۳۸-۱۳۳.

ملکوتی، م. ج. و کاووسی، م. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل برنج. نشر سنا. ۶۳۲ صفحه.

Belder, P., Bouman, B.A.M., Spiertz, J.H.J. and Guoan, L. 2007. Exploring options for water savings in lowland rice using a modeling approach. Agric. Syst., 92: 114-91.

Cantrell, R.P and Hettel, G.P. 2004. New challenges and technological opportunities for rice based production systems for food security and poverty alleviation in Asia and the Pacific. In: FAO (Food and Agriculture Organization) Rice Conference, FAO, Rome, Italy, 12-13 February.

Kijne, J.W. Barker, R. and Molden, D. 2003. Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. Wallingford, UK: CABI; Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). xix, 332p. (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series 1)

Montazar A., and Kosari H. 2007. Water Productivity Analysis of Some Irrigated Crops in Iran. Proceedings of the International Conference of Water Saving in Mediteranian Agriculture and Future Needs, Valenzano, Italy, Series B, No. 56, Vol. 1.

Shi, Q., Zeng, X., Li, M., Tan, X. and Xu, F. 2002. Effects of different water management practices on rice growth. Proceedings of a thematic workshop on water-wise rice production at IRRI head quarters in Los Banos, Philippines.

Tuong, T.P, Bouman, B.A.M. and Mortime, M. 2005. More Rice, Less Water. Integrated Approaches for Increasing Water Productivity in Irrigated Rice-Based Systems in Asia Plant Prod. Sci. 8(3): 229-239.

Wang, Z. R., Mohan, J. and Feyan, J. 1995. Improved 0-1 programming model for optimal flow scheduling in irrigation canals, Irrig. Drain. Sys. 9: 105-116.

Yoshida, S. 1981. Fundamental of rice. Crop Science. Tagging IRRI Grigorio,G. B. 1997 salinity tolerance genes in rice using Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). Ph.D thesis university of Philippines in Los Banos. Philippines.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Assessing some water productivity indexes in crop production of rice, cultivar Hashemi in Rasht

Abdi[*1], A., Asadi Kapourchal[2], S., Vazifehdoust, M.[3] Rezaei, M.[4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agricultural Sciences University of Guilan, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agricultural Sciences University of Guilan, Iran

[3]Assistant Prof., Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences University of Guilan, Iran

[4] Research Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Abstract

Water productivity is the amount of the product yield per unit of applied water. Measuring and analyzing the water productivity indexes in the agricultural sector in Iran is very important due to quantitative and qualitative water resources restrictions. According to water resources limitation and its optimal consumption in order to save water and increase its productivity, this study was conducted aiming to measure water productivity index for rice cultivar Hashemi modified by Rice Research Institute of Iran. To measure the amount of actual evapotranspiration, 2 closed-ended lysimeters were used and the evapotranspiration was measured in a daily base. Furthermore, the irrigation water productivity (WP_{ir}) as well as the water productivity based on evapotranspiration (WP_{ET}) were calculated. Based on obtained results, the average of irrigation water productivity and the evapotranspiration-based water productivity of rice were 0.58 and 0.76 kg/m^3, respectively. According to high water requirement of rice, its water productivity is lower than other cereals. Finally, the optimal management of irrigation water in paddy soils corresponding to the growth stages of rice would lead to save water consumption and increasing the productivity of rice farms.

Keywords: Crop yield, Evapotranspiration, Saving water

[*] Corresponding author, Email: Adinehabdi@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی میزان جوانه زنی و عملکرد قره داغ(*Nitraria schoberi*) در بافت های متفاوت خاک

حمید رضا ناصری[۱*]، حسام احمدی بیرگانی[۲]

[۱] استادیار گروه آموزشی مدیریت بیابان، مرکز تحقیقات بین الملل بیابان، دانشگاه تهران

[۲] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

چکیده

توسعه پوشش گیاهی با کاشت گیاهان متناسب با بیابان یکی از مهمترین اقدامات در مناطق بیابانی است. گیاه قره داغ(*Nitaria schoberi*) از جمله گیاهان مهم مناطق بیابانی ایران است که برای توسعه پوشش گیاهی مورد توجه است. به همین منظور این تحقیق جهت بررسی جوانه زنی و پارامتر های رشد این گیاه در خاکهای با بافت مختلف در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات بین المللی بیابان دانشگاه تهران انجام گرفت. بذرهای گیاه در گلدان هایی با سه بافت لومی شنی، رسی لومی، سیلتی رسی لومی از خاک های رویشگاه های مختلف این گیاه کاشته شدند. نتایج نشان داد که مقدار میانگین جوانه زنی در سه تیمار اختلاف معنی داری دارد (($P<0.01$) و در خاک رویشگاه ابوزید آباد با بافت .... میزان جوانه زنی بالای ۹۰ درصد است. همچنین اختلاف بین میزان رشد طولی اندام هوایی و ریشه نیز بین سه تیمار معنی دار بوده ($P<0.01$) و کمترین طول ریشه و اندام هوایی مربوط به تیمار خاک حوض سلطان با بافت .... به مقدار ۱۵/۲ و ۸/۸ سانتیمتر بود. نتایج این مطالعه نشان می دهد که گیاه قره داغ در خاک با بافت سبک راندمان و عملکرد بهتری هم در جوانه زنی و هم در رشد دارد.

کلمات کلیدی: اندام هوایی، بذر، بستر کاشت، پارامترهای رشد

مقدمه

یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی، اکوسیستم بیابانی است که در عرصه آن گیاهان بوته‌ای نقش بسیار مهمی را در تولید به عهده دارند. تخریب روز افزون مناطق بیابانی و از بین رفتن پوشش‌های گیاهی اکوسیستم گسترده در کشور طی سه دهه گذشته و دخالت‌های مستقیم و غیر مستقیم انسان سبب از بین رفتن منابع آب و خاک در این عرصه های مهم شده است. در این شرایط، موضوع اصلاح و تجدید حیات پوشش گیاهی در مناطق بیابانی به عنوان یک اولویت در رأس برنامه‌های مدیران و برنامه ریزان منابع طبیعی کشور قرار گرفته است. جهت اصلاح پوشش گیاهی اکوسیستم های تخریب شده، معرفی و کشت گونه‌های مرتعی بومی و غیر بومی و گیاهانی که توانایی سازگاری با شرایط محیطی حاکم در عرصه و نیز قدرت استقرار را داشته باشند اهمیت خاصی دارد (جعفری، ۱۳۹۲). قره داغ گیاهی با نام علمی *Nitraria schoberi* بوته ای بزرگ و خاردار است که معمولاً به‌صورت گسترده روی زمین مشاهده می‌شود. ارتفاع آن ۱ تا ۱/۵ متر می‌باشد. این گیاه، چوبی و بسیار منشعب است و در سه قاره آسیا (غرب آسیا، قفقاز، آسیای مرکزی و شرق آسیا)، آفریقا (شمال آفریقا و اروپا (شرق و جنوب شرق اروپا) حضور دارند. گونه قره داغ در ایران، از بلوچستان تا خراسان، در شوره‌زارهای بیابانی مانند کویر میقان اراک، سوا) حل دریاچه نمک کویر و کویر غول آباد در آران و بیدگل گسترش یافته است و در خطوط هم‌باران ۱۰۰ میلیمتر به بالا قرار دارند (یوسفی، ۱۳۹۷). دامنه ارتفاعی رویشگاه آن بین ۸۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا (درکویر میقان) متغیر است. این درختچه در حاشیه دریاچه‌های نمک با خاک‌های عمیق، رسوبی و شور که دارای بافتی متغیراند رویش دارد. علاوه بر این در خاک‌های گچی و آهکی که دارای محدودیت زهکشی بوده نیز رشد می‌کنند. از جمله مهم‌ترین ارزش‌های قره داغ می‌توان به تثبیت شن‌های روان و جلوگیری از فرسایش خاک، ارزش تولید علوفه، ارزش صنعتی به‌ویژه در رنگرزی، تلطیف هوا و مأمن وحوش اشاره کرد. این گیاه در بسیاری از مناطق به شکل نهال کاشت می شود و زادآوری طبیعی آن از طریق بذر می باشد. اغلب گیاهان بیابانی نظیر قره داغ در مرحله‌ی جوانه‌زنی نسبت به مرحله‌ی بلوغ گیاه و ایجاد نو نهال، به عوامل محیطی و تنش ها حساس‌تر می‌باشند. به همین دلیل یکی از مهم‌ترین مراحل چرخه‌ی زندگی گونه‌های مختلف بیابانی، مرحله‌ی جوانه‌زنی است (Bliss and Zedler، ۱۹۹۷) ؛ زیرا شرایطی را که گیاه در مراحل بعدی در معرض آن قرار می‌گیرد مشخص می‌کند خاک به عنوان بستر رشد گیاه حاوی عناصر و ترکیباتی است که حضور آن‌ها در لایه‌های سطحی خاک یک عامل محدودکننده‌ی مهم در جوانه‌زنی گونه‌های مختلف رویشگاه‌های شورروی می‌باشد (Bezemer و همکاران ، ۲۰۰۶).

* ایمیل نویسنده مسئول: hrnaseri@ut.ac.ir

اگر چه اثر پارامترهای شیمیایی خاک بر جوانه زنی بذر گیاهان امری بدیهی به نظر می رسد اما اثر خصوصیات فیزیکی نظیر بافت خاک در این زمینه کمتر مورد توجه بوده است. در این خصوص مطالعاتی چند بر روی گونه های زراعی و غیر زراعی انجام گرفته است. در یک مطالعه که توسط Smith و همکاران(۱۹۹۵) در ایالت ایلینویز آمریکا به انجام رسیده است واکنش جوانه زنی و نو نهال های گیاه *Boltonia decurrens* به تغییرات بافت خاک و ژئومورفولوژی سطح خاک در گلخانه ارزیابی گردید. نتایج این پژوهشگران نشان داد که جوانه زنی با میزان شن در بافت خاک رابطه مستقیم و مثبتی دارد و سطوح صاف خاک مکان مناسبتری برای استقرار پایه های جوان نسبت به سطوح مواج و پوشیده از لاشبرگ است. Benvenuti (۲۰۰۳) نیز ضمن بررسی رابطه جوانه زنی گونه *Datura stramonium* L. و بافت خاک به این نتیجه رسید که جوانه زنی در بافت شنی با سرعت بیشتری رخ می دهد اما دفن بذرهای گیاه مورد بررسی در عمق ۱۲ سانتیمتری و ماندگاری بذرها مستقل از نوع بافت خاک می باشد.

تقریباً ۹۰ درصد اقلیم ایران خشک و نیمه‌خشک است و به علت کمی منابع آب، شوری آب و خاک، فعالیت های کشاورزی با محدودیت های فراوانی در این مناطق روبروست. استفاده از برخی گیاهان مقاوم به شوری و خشکی یک راه اقتصادی و کاربردی جهت بهره برداری از منابع خاک و آب مناطق خشک و نیمه خشک کشور می‌باشد. بدیهی است که استقرار بسیاری گیاهان غیر زراعی نیز در شرایط حاکم بر بیابان های ایران با محدودیت هایی همراه است و یافتن شرایط بهینه کاشت برخی گونه ها بسیار حایز اهمیت است چرا که در صورت عدم توفیق در استقرار گیاهان در فرایند اصلاح و توسعه پوشش گیاهی، علاوه بر هدر رفت سرمایه می توان انتظار داشت که علاوه بر تخریب بیشتر پوشش گیاهی، بروز طوفان های گرد و غبار و مشکلات محیط شتاب بیشتری بگیرند. هدف از این تحقیق بررسی جوانه زنی و برخی پارمترهای رشد گیاه قره داغ در بسترهای با بافت خاک مختلف می باشد تا بافت خاک مناسب جهت کشت این گیاه تعیین شود. بدیهی است که نتایج بدست آمده در انتخاب اراضی مناسب توسعه کشت این گیاه کمک خواهد نمود.

مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق ابتدا بذرهای گیاه قره داغ تهیه شدند. بذرهای قره داغ از در تیرماه سال ۱۳۹۶ از رویشگاه این گونه در کویر میقان اراک جمع آوری شدند. با توجه به اینکه بذر گیاه قره داغ دارای خواب فیزیولوژکی می باشند و بلافاصله بعد از برداشت قابلیت جوانه زنی ندارند به مدت ۹ ماه در آزمایشگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات بین المللی بیابان در شرایط آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از این مدت در فروردین ماه ۹۷ آزمایشات بر روی این بذرها انجام گرفت. کنترل جوانه زنی و خصوصیات رشد نو نهال ها در گلخانه تحقیقاتی ایستگاه پژوهشی کاشان متعلق به مرکز تحقیقات بین المللی بیابان دانشگاه تهران انجام گرفت. تحقیق در قالب بلوک های کاملا تصادفی با ۱۰ تکرار برای هر تیمار صورت پذیرفت. جهت کاشت بذرها گلدان های پلاستیکی به قطر ۲۰ سانتیمتر و عمق ۳۰ سانتیمتر به کار گرفته شدند. با توجه به اینکه بذر قره داغ برای جوانه‌زنی نیازمند رطوبت کافی و دمای مناسب است و پریکارت موجود مانع جذب آب توسط بذر هست لذا ابتدا بذر در ظرفی به مدت ۴۸ ساعت خیسانده شدند، سپس بر اثر مالش دادن در آب جاری لایه بیرونی آن ها کاملاً از سطح بذر جدا گشته و با شناور سازی آن ها ، بذرهای پوک و آفت‌زده و ناقص از مجموعه حذف گردیده و برای کشت در گلدان ها آماده شدند. شکل (۱) بذرهای قره داغ را در بستر کشت یکی از تیمارها نشان می دهد. برای آماده سازی بستر کشت سه خاک از رویشگاه های مختلف این گونه در آران و بیدگل، ابوزید آباد کاشان و همچنین بخش غربی کویر حوض سلطان انتخاب شدند. برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی این خاک ها مورد در آزمایشگاه آب، خاک و گیاه مرکز تحقیقات بین المللی بیابان مورد آزمون قرار گرفت. بذرهای گیاه قره داغ پس از آماده سازی بعد از کاشت در عمق ۴ سانتیمتری در گلدان ها به مدت ۳۰ روز و به شکل یکسان و با تکرار یک روز در میان بوسیله ی آب مقط آبیاری شدند. در هر نوبت آبیاری ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به هر گلدان تخصیص یافت. ثبت جوانه زنی همزمان با آبیاری انجام شد و در پایان دوره خاک تمامی گلدان ها با جریان آب شسته شد و طول ساقه و ریشه نهال های سبز اندازه گیری شد. داده های بدست آماده پس از آزمون نرمال بودن و همچنین همگنی واریانس ها آنالیز واریانس شدند و مقایسه میانگین آنها نیز بر اساس روش دانکن انجام شد. آزمون های آماری بوسیله ی نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ صورت پذیرفت.

شکل ۱. نمایی از گلدان به کار رفته و بذرهای سبزشده قره داغ (راست) و بلوک های آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی (چپ)

نتایج و بحث

وضعیت فیزیکو شیمیایی هر سه نوع خاک مورد استفاده به عنوان بستر کشت در جدول (۱) قابل مشاهده است. با وجود بافت متفاوت خاک های مورد آزمایش دامنه ی تغییرات شوری بین خاک های مورد تحقیق ۲/۷۴ دسی زیمنس می باشد که نشان دهنده ی اختلاف کم بین میزان شوری در بین خاک هاست. مقادیر نیتروژن در خاک رویشگاه آران و بیدگل ۰/۷۰ درصد می باشد در حالی که در منطقه ابوزید آباد و خاک حاشیه حوض سلطان می باشد مقدار ازت صفر است از سویی مقدار فسفر خاک منطقه آران و بیدگل ۱۰/۱۳ برابرمقدار فسفر خاک ابوزید اباد و ۱۹ برابر خاک حوض سلطان می باشد که دلیل آن حضور متمرکز و مداوم دام بویژه شتر و دفع فضولات در محدوده ی برداشت خاک می باشد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

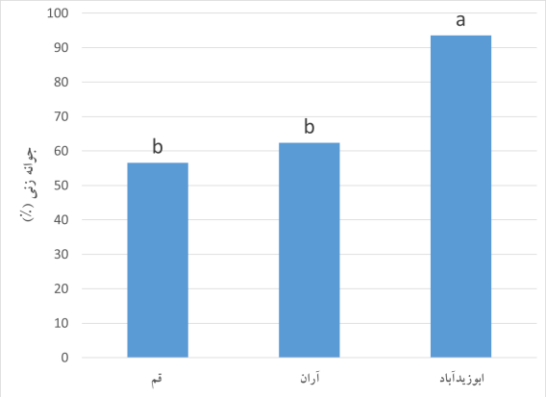
نمونه خاک	واحد	خاک رویشگاه آران و بیدگل	خاک رویشگاه ابوزید آباد	خاک رویشگاه کویر حوض سلطان
pH	عصاره اشباع	۸/۱	۷/۹	۸/۳
EC(dS/m)		۱/۴۴	۴/۱۸	۳/۸
گچ	%	۰	۰	۴/۲۰
TNV		۱۹/۵	۱۰/۲	۱۱/۷
N		۰/۷۰	۰/۰	۰/۰
O.C		۰/۶۵	۰/۳۰	۰/۳۸
Sand		۵	۷۸	۳۲
Clay		۳۵	۳	۳۶
Silt		۶۰	۱۹	۴۳
بافت		سیلتی رسی لومی	لومی شنی	رسی لومی
P	قابل جذب (mg/Kg)	۱۶/۲	۱/۶	۰/۸۵
K		۳۰۵	۲۴۸	۴۲۰
Fe		۱۵/۴	۲/۳۷	۶/۷
Zn		۰/۷۵	۰/۲۲	۰/۱۱
Mn		۱/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۵
Cu		۳/۱۹	۰	۰
Na	Me/L	۲/۰۳	۱۱/۲	۹/۵
Mg+Ca		۱۲/۱	۳۳/۴	۳۸/۵
SAR	-	۰/۸۲	۲/۷۴	۲/۱۶

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که اختلاف معنی داریبین مقادیر جوانه زنی بذرهای قره داغ، طول ساقه و طول ریشه وجود دارد ($P<0.05$) (جدول۲). مقایسه میانگین پارامترهای مورد مطالعه به روش دانکن در اشکال شماره (۲) و (۳) دیده می شود. بر این اساس مقادیر جوانه زنی در خاک رویشگاه آران و بیدگل و خاک حاشیه حوض سلطان در یک گروه قرار می گیرند و جوانه زنی در خاک رویشگاه ابوزید آباد با مقدار بسیار بالاتر در یک گروه مجزا قرار می گیرد و همین وضعیت نیز در میانگین طول ریشه ها دیده می شود. در خصوص طول ساقه ها سه گروه مجزا دیده می شود. به طور مشخص مقادیر بالاتر جوانه زنی و همچنین طول ریشه و ساقه تیمار مربوط به خاک رویشگاه ابوزید آباد قابل توجه است. نکته قابل توجه در این خصوص بافت خاک در این تیمار می باشد که در گروه بافت های سبک قرار می گیرد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس جوانه زنی خاک بستر کشت بر جوانه زنی، طول ریشه و ساقه گونه قره داغ

پارامتر	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
جوانه زنی	بین گروه ها	۲	۷۹۲۰/۲۶	۵۱/۶۷**
	داخل گروه ها	۲۷	۲۰۶۹/۲۰	
طول ریشه	بین گروه ها	۲	۱۰۰۰/۱۹	۳۹/۷۷**
	داخل گروه ها	۲۷	۳۳۹/۴۶	
طول ساقه	بین گروه ها	۲	۲۱۳/۶۵	۱۸/۰۳**
	داخل گروه ها	۲۷	۱۵۹/۹۲	

**: معنی‌دار در سطح یک درصد.

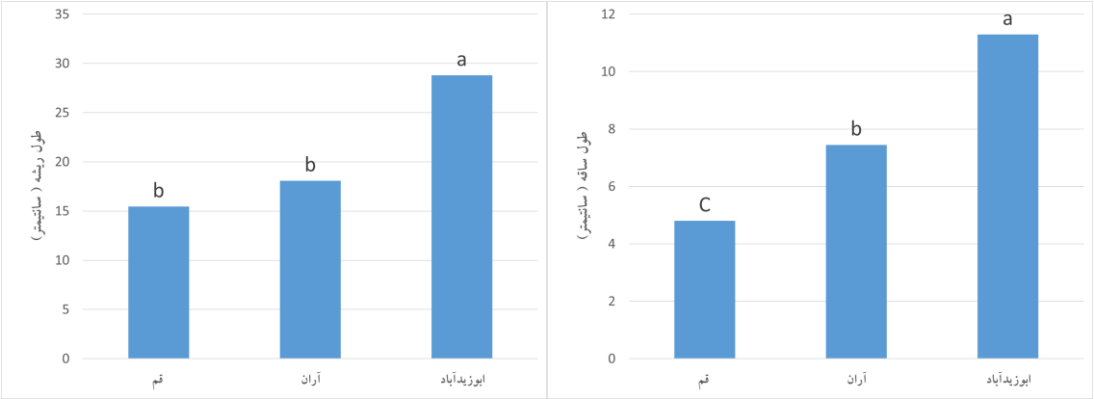


شکل ۲- مقایسه میانگسن جوانه زنی در تیمارهای مختلف بافت خاک (حروف کوچک مشابه و غیرمشابه به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری اختلاف بین تیمارهای مختلف است.)

Dexter (۲۰۰۴) ضمن برشمردن سه ویژگی مهم فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک برای خاک بیان می کند که ویژگی های فیزیکی خاک از جمله بافت اثری تعیین کننده بر مقدار رشد گیاه بویژه ریشه دارد، بافت خاک در کنار میزان تخلخل تعیین کننده دسترسی به آب برای ریشه خواهند بود و در صورت فشردگی خاک و وجود بافت های سنگین توسعه ریشه کند تر صورت می گیرد. Jones (۱۹۸۳) نیز بر این نکته تاکید دارد که رشد ریشه های گیاه در خاکی که پتانسیل آب در آن تا حد (hPa) ۳۳۰- است متاثر از میزان رس و تراکم خاک است. بدیهی است که توسعه ریشه گیاه می تواند منجر به توسعه اندام های هوایی شود و یک رابطه مستقیم بین رشد اندام هوایی و ریشه ها وجود دارد. پژهشگران مختلفی از جمله Bloomberg و Hall(۱۹۸۶) و Walters و همکاران(۱۹۹۳) بر این نکته تاکید دارند که رشد ریشه می تواند بر خصوصیات اندام هوایی تاثیر گذار باشد و در صورت ایجاد هر نوع محدودیتی برای ریشه رشد کلی گیاه تحت تاثر قرا می گیرد. گیاه قره داغ به عنوان یک گیاه Halopsammophytes یا شور- ماسه رست مطرح می باشد(Zhenying و همکاران، ۱۹۹۵).

محل رویش قره داغ در کویر میقان که مهمترین رویشگاه این گونه می باشد نیز از نظر خاک طبق مطالعات انجام شده توسط ناصری (۱۳۸۸) و یوسفی (۱۳۹۷) دارای بافت سبک شنی لومی می باشد. تطابق این گیاه جهت استقرار با خاک سبک و غالبا ماسه ای در نتایج این تحقیق مشهود است. کاهش جوانه زنی و کاهش پارامترهای رشد ریشه و اندام هوایی گیاه نشان می دهد که در طرح های اصلاح و توسعه مراتع علاوه بر خصوصیات شیمیایی خاک باید به خصوصیات فیزیکی هم توجه کامل داشت. نتایج اسدالهی(۱۳۹۶) در به کارگیری سوپر جاذب و تنش شوری نشان داده است که بستر کاشت ماسه ای تا حد زیادی تنش شوری را مهار کرده و جوانه زنی قره داغ در این نوع بستر کاشت با راندمان بالای ۷۰ درصد همراه بوده است. وی همچنین گزارش کرده است که طول ریشه چند برابر رشد طول ساقه و اندام هوایی این گیاه می باشد که در این تحقیق نیز این موضوع مورد تایید است. Stadler و همکاران(۲۰۱۵) رابطه معنی داری بین نوع خاک، میزان شوری و مقدار تولید غلات بدست آورده اند و بیان می کنند که شوری در هر حال در خاک های سبک اثرات منفی کمتری در تولید به همراه خواهد داشت و ماده ی خشک گیاهی خاک با بافت سبک در شوری برابر با خاک با بافت

سنگین بیشتر است. هر چند نتایج Hamed و همکاران(۲۰۱۶) در خصوص عملکرد دو گونه *Atriplex lentiformis* و *Medicago arborea* نشان می دهد که عملکرد این دوگونه در خاک رسی و تحت تنش شوری بیشتر از خاک سبک است اما باید توجه داشت که سرشت هر گونه و نیازهای اکولوژیکی در عملکرد گونه های گیاهی تاثیر فراوانی دارد و گیاه قره داغ از این منظر خاک با بافت سبک را به خاک های با بافت رسی ترجیح می دهد.



شکل ۳- مقایسه میانگین طول ساقه (راست) و ریشه (چپ) در تیمارهای خاک مورد بررسی (حروف کوچک مشابه و غیرمشابه به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری اختلاف بین تیمارهای مختلف است.)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد که در کاشت بذر قره داغ چه به طور مستقیم چ‌i در گلخانه و چه در اراضی طبیعی به منظور گسترش پوشش گیاهی بیابان ها توجه به وضعیت فیزیکی خاک اهمیت خاص دارد. گیاه قره داغ نسبت به بافت سنگین و مقادیر بالای رس واکنش منفی نشان می دهد و طبیعتا توفیق در برنامه های اصلاح و توسعه پوشش گیاهی با این گونه منوط به تامین شرایط مناسب برای ریشه زنی گیاه می باشد. بررسی بافت خاک به عنوان یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی و در کنار آن تراکم خاک راهنمای مناسبی برای انتخاب اراضی مناسب کشت خواهد بود. با توجه به رشد چند برابری ریشه قره داغ نسبت به اندام هوایی هر نوع مانعی در بستر کاشت اعم از بافت سنگین و یا سخت لایه ها می تواند منجر به شکست طرح های توسعه پوشش با این گونه بشود.

منابع

اسدالهی، ی. ۱۳۹۶. ارزیابی جوانه زنی گیاه قره داغ (*Nitraria schoberi*)تحت تنش شوری با بگار گیری سوپر جاذب در بستر کشت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور کرج.

جعفری، م. ۱۳۹۲. احیا مناطق خشک و بیابانی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۹۷ ص.

ناصری، ح. ر، ۱۳۸۸. بررسی ویژگی های موثر آب و خاک بر پوش گیاهی حاشیه پلایا(پلایای حوض سلطان، میقان و مرنجاب)، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی, دانشگاه تهران.

یوسفی، ز. ۱۳۹۷. بررسی ومقایسه کمی و کیفی ترکیبات شیمیایی عصاره میوه قره داغ (*Nitraria schoberi*)دردومنطقه میقان اراک و ابوزید آباد کاشان "، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران.

Bezemer, T.M., Lawson, C.S., Hedlund, K., Edwards, A.R., Brook, A.J., Igual, J.M., Mortimer, S.R. and Van Der Putten, W.H., 2006. Plant species and functional group effects on abiotic and microbial soil properties and plant–soil feedback responses in two grasslands. *Journal of Ecology*, 94(5), pp.893-904.

Bliss, S.A. and Zedler, P.H., 1997. The germination process in vernal pools: sensitivity to environmental conditions and effects on community structure. *Oecologia*, *113*(1), pp.67-73.

Bloomberg, W.J. and Hall, A.A., 1986. Effects of laminated root rot on relationships between stem growth and root-system size, morphology, and spatial distribution in Douglas-fir. Forest science, 32(1), pp.202-219.

Dexter, A.R., 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, 120(3-4), pp.201-214.

Hamed, K.B., Zorrig, W. and Hamzaoui, A.H., 2016. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions. Computers and Electronics in Agriculture, 123, pp.376-383.

Stadler, A., Rudolph, S., Kupisch, M., Langensiepen, M., van der Kruk, J. and Ewert, F., 2015. Quantifying the effects of soil variability on crop growth using apparent soil electrical conductivity measurements. *European journal of agronomy*, *64*, pp.8-20.

Huang, Z., Wu, H. and Hu, Z., 1995. An anatomical study on xeromorphic structures of the psammophytes in Xinjiang. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, *15*(6), pp.56-61.

Walters, M.B., Kruger, E.L. and Reich, P.B., 1993. Relative growth rate in relation to physiological and morphological traits for northern hardwood tree seedlings: species, light environment and ontogenetic considerations. Oecologia, 96(2), pp.219-231.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Soil water conservation using wheat stubble much in rainfed land in a semi-arid region

Naseri[*1], H. R., Ahmadi Birgani[2], H.

[1] Assistant Prof, Desert Management Department, International Desert Research Center, University of Tehran, Iran

[2] Assistant Prof., Department Of Rangelands and Watershed, Faculty of Natural Resources, University of Urmia, Iran

Abstract

The development of vegetation by planting plants appropriate to the desert is one of the most important activities in desert areas. *Nitaria schoberi* is one of the important plants in Iran's desert areas, which considered for the development of vegetation. This research carried out to study the germination and growth parameters of this plant in soils with different texture in the research greenhouse of the International Desert Research Center of the University of Tehran. Seeds of the plant were planted in pots with three different soil texture type of loamy sand, clay loamy and Silt clay loam. The results showed that the mean value of germination in the three treatments was significant ($P < 0.01$). In Abouzid Abad habitat with loamy Sand, the germination rate was above 90%, meanwhile the difference between the length of the aerial part and The roots were significant between the three treatments ($P < 0.01$) and the lowest root and shoot length with 15.2 and 8.8 cm were related to Houze Sultan with Clay Loam soil texture. The results of this study indicate that this plant has more efficiency and better performance both in germination and growth at light soil texture.

Keywords: Areal Parts, Seed, Planting bed, Growth parameters

[*] Corresponding author, Email:hrnaseri@ut.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی وجود آب‌گریزی خاک با روش جذب‌پذیری ذاتی در حوزه آبخیز دریاچه زریبار مریوان

سهیلا فهمیده[1]*، مسعود داوری[2]

[1] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

[2] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

آب‌پذیری و آب‌گریزی خاک دو ویژگی مهم فیزیکی خاک سطحی هستند. آب‌گریزی خاک می‌تواند بر فرایندهای هیدروفیزیکی حاکم بر خاک و همچنین فرایندهای اکولوژیک گیاه نظیر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه تأثیر بگذارد. در این پژوهش که در حوزه آبخیز دریاچه زریبار شهرستان مریوان انجام شد وجود آبگریزی خاک و همچنین تأثیر ویژگی‌های مبنایی خاک بر آن ارزیابی گردید. بدین منظور برخی از ویژگی‌های مبنایی ۱۰۰ نمونه خاک سطحی برداشت شده از منطقه موردمطالعه با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. شاخص آب‌گریزی (WRI) این نمونه‌ها نیز با بهره‌گیری از روش جذب‌پذیری ذاتی و در شرایط رطوبتی آون – خشک تعیین گردید. نتایج نشان داد همه خاک‌های مورد بررسی با توجه به مقادیر WRI آبگریز می‌باشند. بیشترین مقدار WRI آون - خشک در خاکی سبک بافت با پوشش جنگلی مشاهده شد. نتایج همچنین بیان‌گر آن بود که شاخص آب‌گریزی خاک با کربن آلی خاک، نیتروژن کل، تنفس پایه خاک و فعالیت باکتری‌ها در خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است.

کلمات کلیدی: آب‌گریزی خاک، روش جذب‌پذیری ذاتی، ویژگی‌های مبنایی خاک

مقدمه

ذخایر آب جهان به‌دلیل بهره‌برداری‌های بی‌رویه به‌مقدار زیادی کاهش یافته و پیش‌بینی‌های اقلیمی نیز بیان‌گر آن است که آب مهیا شده از طریق بارندگی برای کشاورزی روبه کاهش است. صرف‌نظر از کاهش مقدار بارندگی و محدودیت منابع آب شیرین، هرچه خاک خشک‌تر می‌شود قدرت نگهداری آب در آن کمتر می‌شود. خشک‌شدن خاک سبب می‌گردد مواد آلی محلول به سطح ذرات خاک چسبیده و مانعی برای دفع آب تشکیل شود، که این خود می‌تواند باعث ایجاد خاصیت آب‌گریزی[2] در خاک شود (Aelamanesh و همکاران ۲۰۱۴). آب‌گریزی و آب‌پذیری دو ویژگی مهم فیزیکی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. آب‌گریزی خاک بیان‌گر مقاومت خاک در برابر مرطوب‌شدن برای دوره‌های زمانی چند دقیقه‌ای، چند ساعته و یا بیشتر است. حال آن‌که آب‌پذیری خاک بیان‌گر توانایی خاک برای جذب آب بوده و سرعت و مقدار تجمعی ورود آب به خاک غیراشباع را نشان می‌دهد. در صورتی که آب خودبه‌خود و به‌سرعت سطح ذرات خاک را خیس کند و زاویه تماس آب با خاک صفر درجه باشد، چنین خاکی را آب‌دوست می‌نامند. این در حالی است که اگر نفوذ آب به خاک به‌طور جزئی و یا به آهستگی انجام گیرد و زاویه تماس آب با خاک صفر تا ۹۰ درجه باشد، خاک دارای آب‌گریزی زیربحرانی[3] است. در شرایطی که خاک به آب اجازه نفوذ نداده و آب به شکل قطره‌های کروی روی سطح آن قرار گیرد، زاویه تماس آب با سطح خاک بزرگ‌تر از ۹۰ درجه می‌شود. این خاک‌ها را آب‌گریز واقعی گویند (Doerr و همکاران ۲۰۰۰). آب‌گریزی و آب‌پذیری خاک در هدایت، نگهداری و ذخیره آب در فصل رشد گیاه دارای اهمیتی ویژه بوده و با تأثیر بر کمّیت و کیفیت فرآورده‌های کشاورزی، می‌تواند در پیشرفت‌های اقتصادی نقشی مهم ایفا کنند (Ellerbrock و همکاران ۲۰۰۵). آب‌گریزی خاک به‌علت وجود ترکیباتی آلی همچون اسیدهای چرب، موم‌ها، تانن‌ها و صمغ‌ها ایجاد می‌شود. وجود این مواد سبب ایجاد خاصیت آب‌گریزی در مواد آلی می‌شود (Dekker و همکاران ۲۰۰۹). در خاک‌های آب‌گریز، آب به‌سهولت به درون خاک نفوذ نکرده و به‌شکل قطره‌هایی کروی بر روی سطح آن‌ها قرار می‌گیرد (Almendros و همکاران ۱۹۸۸). با توجه به بررسی‌های انجام شده، از ویژگی‌های زیان‌بار خاک‌های آب‌گریز می‌توان نفوذآیی[4] اندک خاک، افزایش رواناب سطحی و فرسایش آبی و بادی، ایجاد جریان‌های انگشتی، جبهه رطوبتی ناپایدار و افزایش سیلاب و جریان رودخانه‌ای[5] را نام برد. این در حالی است که آب‌گریزی خفیف تا متوسط می‌تواند دارای تأثیراتی مثبت نیز باشد؛

* ایمیل نویسنده مسئول: soheyla.fahmideh@gmail.com

[2] Soil water repellency
[3] Sub-critical water repellency
[4] Infiltrability
[5] Stream flow

آب‌گریزی زیربحرانی[1] می‌تواند سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها (ساختمان) و به‌تبع آن افزایش حفاظت فیزیکی کربن آلی خاک شود. بنابراین آب‌گریزی زیربحرانی یک پدیده‌ی کلیدی در پایداری فیزیکی (ساختمان) و کیفیت خاک محسوب می‌شود (Hallett و همکاران ۲۰۰۱). افزون بر این، مقدار تبخیر در خاک‌های آب‌گریز در مقایسه با خاک‌های آب‌دوست کمتر بوده که خود می‌تواند سبب حفظ ذخیره آبی خاک‌های آب‌گریز شود (Doerr و همکاران ۲۰۰۰).

راجع به آب‌گریزی خاک و عوامل مؤثر بر آن پژوهش‌های چندی انجام شده که از آن جمله می‌توان به Aelamanesh و همکاران (۲۰۱۴)، Hosseini و همکاران (۲۰۱۴)، Leelamanie (2014)، Dekker و همکاران (۲۰۰۹)، Letey و همکاران (۲۰۰۰) و Hallett and Young (1999) اشاره کرد. به‌عنوان مثال Tadayonnejad و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی در استان اصفهان تأثیر پلی آکریل آمید (PAM) را بر آب‌گریزی و رطوبت خاک در یک باغ انار آبیاری‌شده با آب شور در سیستم آبیاری قطره‌ای بررسی کردند. در این پژوهش شاخص آب‌گریزی (WRI) و زاویه تماس آب-خاک با استفاده از روش جذب‌پذیری ذاتی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که افزایش طول مدت آبیاری موجب افزایش شاخص آب‌گریزی و زاویه تماس آب - خاک و کاهش نفوذ آب به‌ویژه در لایه صفر تا ۰/۳ متری شده که احتمالاً به دلیل افزایش اثرات استفاده درازمدت آب شور بر کشش سطحی آب، پایداری خاک، حفاظت فیزیکی ماده آلی در خاک و ثبات پوشش‌های آب‌گریز بوده است. کاربرد PAM به طور معنی‌داری آب‌گریزی خاک را کاهش داده و جذب‌پذیری آب را افزایش داد. Aelamanesh و همکاران (۲۰۱۴) نیز در پژوهشی آب‌گریزی خاک‌های آهکی تحت کاربری‌های مختلف را در استان همدان در غرب ایران بررسی کردند. این محققین تأثیر کربن آلی خاک، نیتروژن کل، فراوانی قارچ‌ها و نسبت کربن آلی خاک به درصد رس را بر شاخص آبگریزی خاک مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. Leelamanie (2014) در پژوهشی آب‌گریزی اولیه ناشی از کودهای آلی و ارتباط آن با میزان کاهش ماده آلی خاک را در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار داد. آب‌گریزی اولیه نمونه‌های خاک با استفاده از آزمون زمان نفوذ قطره آب اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که آب‌گریزی اولیه خاک با افزایش میزان SOM افزایش یافته و مواد آلی آب‌گریز در مقاومت SOM و انباشت درازمدت آن‌ها در خاک سهم به سزایی دارند. حسینی و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی اثر بقایای فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea Schreb.*) حاوی و عاری از قارچ اندوفیت *Epichloë coenophaila* را در سه سطح صفر، یک و دو درصد، بر کربن آلی، تنفس میکربی پایه، رس قابل پراکنش و شاخص آبگریزی در چهار خاک با بافت مختلف بررسی کردند. این محققین نشان دادند که با ریزشدن بافت، کربن آلی و رس قابل پراکنش افزایش و تنفس میکربی پایه و شاخص آبگریزی خاک کاهش می‌یابد. با افزایش مقدار ترکیبات آبگریز (در سطح ۱ درصد) و با افزایش تخلخل خاک (در سطح ۲ درصد) نیز، آبگریزی خاک به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد.

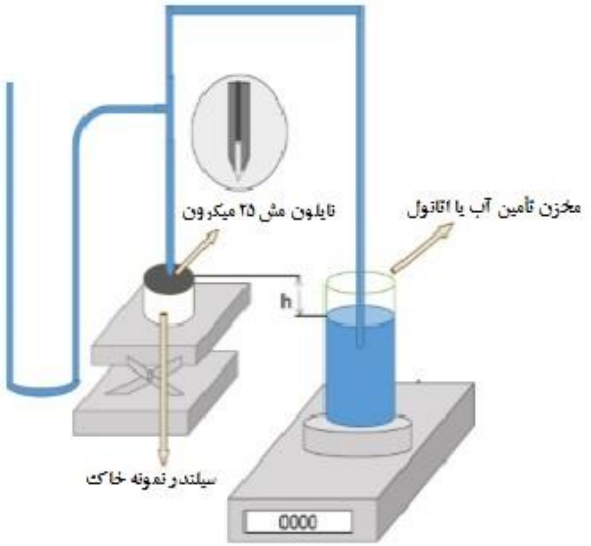
با توجه به این‌که راجع به آب‌گریزی خاک پژوهش‌های اندکی در ایران و به‌ویژه در استان کردستان انجام شده است؛ لذا در این پژوهش تلاش می‌شود ضمن بررسی وجود خاک‌های آبگریز در حوزه آبخیز زریبار شهرستان مریوان در استان کردستان، تأثیر برخی ویژگی‌های مبنایی خاک بر شدت آب‌گریزی خاک نیز ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه بخشی از اراضی واقع در حوزه آبخیز دریاچه زریبار شهرستان مریوان در استان کردستان می‌باشد. مساحت حوزه حدود ۱۰۷۱۸ هکتار بوده که به‌طور عمده تحت پوشش اراضی کشاورزی شامل زراعت آبی، زراعت دیم، باغات پراکنده، مرتع، جنگل، اراضی باتلاقی و مناطق مسکونی است. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به‌ترتیب معادل ۱۰۲۲/۸ میلی‌متر و ۱۲/۱۲ درجه سلسیوس می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه به‌ترتیب زریک و مزیک بوده و دو کلاس بافتی لوم و لوم سیلتی بافت‌های غالب خاک-های منطقه را شامل می‌شوند. در این پژوهش تعداد ۱۰۰ نمونه خاک از منطقه موردمطالعه به‌صورت دست‌خورده از عمق ۵-۰ سانتی-متری به روش تصادفی برداشت شد. نمونه‌ها پس از هوا - خشک‌شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌های خاک، ویژگی‌های مبنایی خاک شامل توزیع اندازه ذرات خاک (PSD) به‌روش هیدرومتری، مقدار کربن آلی خاک به روش والکی-بلاک و نیتروژن کل با روش کجلدال اندازه‌گیری شد (Sparks و همکاران ۱۹۹۶؛ Dane and Topp, 2002). برای شمارش تعداد باکتری و قارچ‌ها از روش A1ef and Nannipieri (1995) و برای اندازه‌گیری تنفس پایه خاک نیز از روش Jaggi (1976) استفاده شد. در این پژوهش، برای اندازه‌گیری آب‌گریزی نمونه خاک‌های دست‌خورده آون‌خشک از روش جذب پذیری ذاتی[2] استفاده شد (Tillman و همکاران ۱۹۸۹). در این روش با بهره‌گیری از دستگاه ریز-نفوذسنج مکشی (برگرفته از پژوهش Hallett and Young, 1999)، میزان

[1]. Sub-critical water repellency
[2]. Intrinsic sorptivity

جذب آب مقطر و اتانول ۹۵ درصد توسط خاک، تحت شرایط نزدیک اشباع (پتانسیل ماتریک معادل ۲- سانتی‌متر برای آب و ۰/۷- سانتی‌متر برای اتانول) اندازه‌گیری شد. در شکل ۱ نمایی کلی و تصویری از وسیله ساخته‌شده در این پژوهش ارائه شده است.



شکل ۱- نمایی کلی از دستگاه اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک به روش جذب‌پذیری ذاتی

در این روش مبنای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک تفاوت در جذب‌پذیری خاک برای آب و اتانول در ابتدای فرایند نفوذ است. در بازه زمانی ۰تا ۱۸۰ ثانیه فرایند نفوذ، جریان بیشتر تحت تأثیر گرادیان پتانسیل ماتریک انجام شده و نیروی ثقل دارای اهمیت کمتری است. پارامتر مؤثر در مقدار نفوذ ابتدایی، جذب‌پذیری خاک[1] بوده که توسط دبی جریان ماندگار مایع (آب یا اتانول) در مدت زمان کوتاه نفوذ و با بهره‌گیری از معادله زیر قابل محاسبه است (Hallett و همکاران ۲۰۰۱).

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \qquad (۱)$$

که در آن، Q دبی جریان ماندگار مایع ($cm^3\ s^{-1}$)، f تخلخل پر از هوای خاک، b پارامتر وابسته به تابع پخشیدگی آب در خاک (معادل ۰/۵۵) و r نیزشعاع انتهای لوله نفوذسنج در تماس با خاک (cm) است. جذب‌پذیری در خاک‌های خشک بیشتر از خاک‌های مرطوب است. جذب‌پذیری و هدایت هیدرولیکی خاک، توسط شکل، فراوانی و اعوجاج منافذ خاک کنترل می‌شوند. به‌صورت کلی خاک‌های با منافذ درشت، هدایت هیدرولیکی بیشتر لیکن جذب‌پذیری کمتری نسبت به خاک‌های با منافذ ریز دارند (Hallett و همکاران ۲۰۰۱). Tillman و همکاران (۱۹۸۹) برای ارزیابی آب‌گریزی خاک شاخص R را پیشنهاد کردند. این شاخص، از طریق اندازه‌گیری جذب‌پذیری آب (S_w) و اتانول (S_e) و با بهره‌گیری از معادله زیر قابل‌محاسبه است:

$$RI = 1.95(\frac{S_e}{S_w}) \qquad (۲)$$

مقدار ثابت ۱/۹۵ در معادله بالا به‌دلیل تفاوت در کشش سطحی و گرانروی آب و اتانول لحاظ شده است. اتانول به‌علت کشش سطحی کم وهمچنین غیرقطبی بودن، مستقل از آب‌گریزی خاک، می‌تواند در تمام خاک‌ها نفوذ کند. لذا جذب‌پذیری اتانول از تخلخل و توزیع اندازه و اعوجاج منافذ خاک تأثیر می‌پذیرد (Hallett و همکاران ۲۰۰۱). R در خاک‌های کاملاً آب‌دوست معادل واحد است. لیکن با افزایش آب‌گریزی خاک، به‌دلیل کاهش S_w، مقدار شاخص آب‌گریزی خاک افزایش می‌یابد. در خاک‌های دارای آب‌گریزی بحرانی، RI از ۱/۹۵ بزرگ‌تر است.

نتایج و بحث

[1] Soil sorptivity

در جدول ۱ توصیف آماری برخی ویژگی‌های ذاتی و شاخص آب‌گریزی خاک‌های موردمطالعه ارائه شده است. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد فراوانی خاک‌های متوسط بافت در منطقه مورد مطالعه زیاد است. با توجه جدول ۱، مقادیر رس، سیلت و شن خاک‌های مورد مطالعه به‌ترتیب در دامنه‌های ۵۱/۷-۰/۸، ۷۰/۲-۱۶/۶ و ۵۹/۱-۶/۰ درصد متغیر بوده که خود بیان‌گر آن است که محدوده‌ای وسیع از کلاس‌های بافتی را شامل می‌شود. با توجه به نتایج، درصد کربن آلی خاک‌های مورد مطالعه محدوده‌ای وسیع را در برگرفته، به‌گونه‌ای که کمینه و بیشینه مقدار آن به ترتیب برابر با ۰/۳۹ و ۹/۱۳ و مقدار میانگین آن نیز برابر ۲/۸۹ درصد است. شایان ذکر است که میانگین کربن آلی برابر ۲/۸۹ درصد در خاک‌های مورد مطالعه متناسب با حد بهینه آن است. گستره شاخص آب‌گریزی خاک تحت شرایط آون خشک برای منطقه موردمطالعه برابر ۸/۶۲–۲/۲۲ است. با توجه به نتایج، همه خاک‌های موردبررسی با مقدار شاخص آب‌گریزی خاک بیشتر از ۱/۹۵ آب‌گریز هستند (Hallett and Young, 1999 و Tillman و همکاران ۱۹۸۹). بیشترین مقدار RI مربوط به خاکی با پوشش جنگلی بوده که می‌توان آن را به درصد زیاد ماده آلی و وجود ترکیبات آب‌گریز در خاک نسبت داد.

جدول ۱- توصیف آماری شاخص آب‌گریزی خاک و برخی ویژگی‌های مبنایی خاک

پارامتر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
رس (٪)	۱۷/۹۶	۰/۸۴	۵۱/۶۹	۹/۸۷
سیلت (٪)	۴۸/۸۷	۱۶/۵۷	۷۰/۲۲	۸/۰۰
شن (٪)	۳۳/۱۸	۶/۰۴	۵۹/۰۷	۱۱/۶۶
کربن آلی (٪)	۲/۸۹	۰/۳۹	۹/۱۳	۱/۸۳
شاخص آب‌گریزی خاک	۳/۷۴	۲/۲۲	۸/۶۲	۱/۲۰

مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌توانند بر آب‌گریزی خاک تأثیر قابل‌توجهی داشته باشند. نتایج نشان داد که شاخص آب‌گریزی خاک (RI) با کربن آلی خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است ($r=۰/۳۰۴^{**}$) (جدول ۲). کربن آلی خاک می‌تواند با بهبود هندسه و حجم منافذ خاک ($r=۰/۲۲۸^{**}$) و ایجاد پوشش‌های آب‌گریز بیشتر ناشی از افزایش تنفس میکربی ($r=۰/۸۶۲^{**}$) سبب افزایش جذب‌پذیری اتانول ($r=۰/۲۰۴^{*}$) و همچنین کاهش جذب‌پذیری آب ($r=-۰/۱۳۵$) و در نتیجه افزایش شاخص آب‌گریزی خاک شود. Vogelmann و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند بین مقدار ماده آلی خاک با شاخص آب‌گریزی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این محققین بیان کردند که جذب اتانول توسط خاک تحت‌تأثیر ماده آلی و ترکیبات آب‌گریز نبوده بلکه به توزیع اندازه و هندسه منافذ خاک بستگی دارد؛ که خود می‌تواند بیان‌گر میزان نفوذ واقعی یک سیال در خاک باشد. حال آن‌که جذب آب در خاک تابعی از حضور ترکیبات آلی در خاک نیز هست. بنابراین با افزایش مواد آلی آب‌گریز، جذب‌پذیری آبی خاک (S_w) کاهش یافته و شاخص آب‌گریزی خاک افزایش می‌یابد. Letey و همکاران (۲۰۰۰)، Martínez –Zavala و همکاران (۲۰۰۹)، Leelamanie, (2014)، Aelamanesh و همکاران (۲۰۱۴) و Sepehrnia و همکاران (۲۰۱۶) نیز بین آب‌گریزی خاک و مقدار ماده آلی رابطه‌ای مثبت و معنی‌داری گزارش کردند. خاصیت آب‌گریزی در خاک افزون بر مقدار ماده آلی خاک به کیفیت آن نیز بستگی دارد. کیفیت نامطلوب بقایای گیاهی همچون بالا بودن نسبت C:N و وجود pH اسیدی سبب تجزیه ناقص لاشبرگ‌ها شده که این خود می‌تواند به تشکیل هوموسی با کیفیت نامطلوب در خاک و به‌تبع آن افزایش خاصیت آب‌گریزی خاک منجر گردد (Vogelmann و همکاران ۲۰۱۳). شاخص آب‌گریزی خاک با فراوانی باکتری‌ها ($r=۰/۲۰۹^{*}$) و تنفس پایه خاک ($r=۰/۴۱۷^{**}$) نیز دارای همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری می‌باشد (جدول ۲). Hallett and Young (1999) گزارش کردند که باکتری‌ها و ریزجانداران خاک می‌توانند با اکسیدکردن مواد آلی از آن به‌عنوان یک منبع انرژی استفاده کرده و تولید موادی آب‌گریز نمایند. Aelamanesh و همکاران (۲۰۱۴) نیز بین شاخص آب‌گریزی خاک تحت شرایط آون-خشک و لگاریتم تعداد باکتری‌های خاک همبستگی ضعیف اما مثبت گزارش کردند.

نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که شاخص آب‌گریزی خاک می‌تواند با نیتروژن کل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری باشد ($r=۰/۲۷۶^{**}$) (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های Hallett and Young (1999) و Aelamanesh و همکاران (۲۰۱۴) نیز سازگاری دارد. این محققین دلیل این موضوع را این‌گونه بیان کردند که افزایش مقدار نیتروژن کل می‌تواند دسترسی مواد مغذی را برای ریزجاندارانی افزایش دهد که می‌توانند مواد آب‌گریز تولید کنند. همبستگی مثبت و معنی‌دار کربن آلی خاک با درصد نیتروژن ($r=۰/۹۳۱^{**}$) تأییدکننده این موضوع است که پس از کربن آلی، نیتروژن فراوان‌ترین عنصر در ماده آلی خاک بوده و می‌تواند نیازمندی‌های ازتی میکروارگانیسم‌ها را تأمین کند. هرچند بایستی خاطر نشان کرد که نسبت این دو عنصر با توجه به نوع ماده آلی می‌تواند بسیار متغیر باشد. بین شاخص آب‌گریزی خاک با درصد رس، درصد شن، فعالیت قارچ‌ها و نسبت کربن به نیتروژن هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری در منطقه موردمطالعه دیده نشد (داده‌ها ارائه نشده است). این نتایج با یافته‌های Aelamanesh و همکاران (۲۰۱۴) و Jafari (2000)

همخوانی دارد.

جدول ۲- ضریب همبستگی پیرسون بین برخی از ویژگی‌های مبنایی خاک و شاخص آب‌گریزی خاک

	RI	OC	TN	C:N	CO_2	nb
RI	۱					
OC	۰/۳۰۴**	۱				
TN	۰/۲۷۶**	۰/۹۳۱**	۱			
CO_2	۰/۴۱۷**	۰/۸۶۲**	۰/۸۰۶**	-۰/۰۱۸ns	۱	
Nb	۰/۲۰۹*	۰/۱۲۹ns	۰/۰۹۷ns	-۰/۰۱۸ns	۰/۰۶۹ns	۱

RI: شاخص آب‌گریزی خاک (-)، OC: کربن آلی (٪)، TN: نیتروژن کل (٪)، CO_2: تنفس پایه خاک ($mg\ CO_2/kg_{dry\ soil}$) و nb: فراوانی باکتری‌ها (تعداد در هر گرم خاک خشک)

نتیجه‌گیری کلی

مدیریت نادرست خاک‌های آبگریز می‌تواند بر تولیدات کشاورزی و محیط زیست پیامدهایی منفی به‌دنبال داشته باشد. در این پژوهش شدت آبگریزی در برخی از خاک‌های حوضه آبخیز زریبار شهرستان مریوان در استان کردستان ارزیابی شده و تأثیر برخی از ویژگی‌های مبنایی خاک بر آن نیز بررسی گردید. نتایج نشان داد که خاک‌های موردبررسی در شرایط آون – خشک، دارای RI بیشتر از ۱/۹۵ بوده و با توجه به گزارشات Tillman و همکاران (۱۹۸۹)، خاک‌هایی آبگریز هستند. بیشترین مقدار RI در خاک‌های مورد بررسی مربوط به خاکی با پوشش جنگلی بوده، که درصد زیاد ماده آلی و وجود ترکیبات آلی، به آبگریزی این خاک یاری رسانده است. نتایج همچنین حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین آبگریزی خاک با کربن آلی خاک، نیتروژن کل، تنفس پایه خاک و فراوانی باکتری‌ها در خاک بود.

منابع

حسینی، ف.، مصدقی، م. ر.، حاج عباسی، م. ع.، سبز علیان، م. ر و سپهری، م. ۱۳۹۶. تأثیر بقایای گیاه فسکیوی بلند در حضور قارچ اندوفیت *Epichlöe coenophaila* بر آب‌گریزی و پایداری ساختمان خاک‌های با بافت متفاوت. مجله علوم آب و خاک، ۲۱ (۲)، ۶۹-۸۲.

A1ef, K. and Nannipieri, K. P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, 576 P.

Aelamanesh, P., Mosaddeghi, M. R., Mahboubi, A. A., Ahrens, B., and Sinegani, A. S. 2014. Water repellency in calcareous soils under different land uses in Western Iran. Pedosphere, 24(3), 378–390.

Almendros, G., Martın, F. and Gonzales-Vila, F.J. 1988. Effects of fire on humic and lipid fractions in a dystric Xerochrept in Spain. Geoderma, 42, 115–127

Dane, J. H. and Topp, C. G. 2002. Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods. Soil Science Society of America press, Madison, WI, 1692p.

Dekker, L.W., Ritsema, C.J., Oostindie, K., Moore, D. and Wesseling, J.G. 2009. Methods for determining soil water repellency on field-moist samples. Water Resources Research 45(4), 1-6.

Doerr, S. H., Shakesby, R. A. and Walsh, R. 2000. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. Earth-Science Reviews, 51(1–4), 33–65.

Ellerbrock, R. H., Gerke, H. H., Bachmann, J. and Goebel, M. O. 2005. Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils. Soil Science Society of America Journal, 69(1), 57–66.

Hallett, P.D. and Young, I.M. 1999. Changes to water repellence of soil aggregates caused by substrate-induced microbial activity. European Journal of. Soil Science. 50(1), 35–40.

Hallett, P.D., Baumgartl, T. and Young, I.M. 2001 Subcritical water repellency of aggregates from a range of soil management practices. Soil Science Society of America Journal, 65(1), 184–190.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A. and Sabzalian, M.R. 2014. Aboveground fungal endophyte infection in tall fescue alters rhizosphere chemical, biological, and hydraulic properties in texture-dependent ways. Plant and Soil, 388(1-2), 351–366.

Jafari, M. 2000. Saline Soils in Natural Resources, Diagnosis and Remediation (in Persian). Tehran University Press, Iran.

Jaggi, W. 1976. Die Bestimmung der CO2-Bildungals MaB der bodenatmung uud der Carbonate im Boden. Zplanzenernaehr Bodenkd, 56(2), 26–38.

Leelamanie, D.A.L. 2014. Initial water repellency affected organic matter depletion rates of manure amended soils in Sri Lanka. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 62(4), 309–315.

Letey, J., Carrillo, M.L.K. and Pang, X.P. 2000. Approaches to characterize the degree of water repellency. Journal of. Hydrology, 231, 61–65.

Martínez-Zavala, L. and Jordán-López, A. 2009. Influence of different plant species on water repellency in Mediterranean heathland soils. Catena, 76(3), 215–223.

Sepehrnia, N., Hajabbasi, M. A., Afyuni, M. and Lichner, Ľ. 2016. Extent and persistence of water repellency in two Iranian soils. Biologia, 71(10), 1137–1143.

Sparks, D. L. Page, A. L. Helmke, P. A. and Loeppert, R. H. 1996. Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy: Madison, WI. 1390p.

Tadayonnejad, M., Mosaddeghi, M. R. and Dashtaki, S. G. 2017. Changing soil hydraulic properties and water repellency in a pomegranate orchard irrigated with saline water by applying polyacrylamide. Agricultural Water Management, 188, 12–20.

Tillman, R.W., Scotter, D.R., Wallis, M.G. and Clothier, B.E. 1989. Water repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. Australian Journal of Soil Research, 27(4), 637–644.

Vogelmann, E. S., Reichert, J. M., Prevedello, J., Awe, G. O. and Mataix-Solera, J. 2013. Can occurrence of soil hydrophobicity promote the increase of aggregates stability?. Catena, 110, pp.24–31.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Investigation of soil water repellency by intrinsic sorptivity method in Zrebar lake watershed, Marivan

Soheyla Fahmideh[*1], Masoud Davari[2]

[1.] Former M. Sc. student, Department of Soil Science and Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

[2.] Assis. Prof., Department of Soil Science and Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Abstract

Soil wettability and water repellency are two major physical properties of soil surface. Soil water repellency can affect the hydrophysical process of soil, as well as influence the ecological process of plant, such as seed germination and growth. In this study that was conducted in Zrebar lake watershed of Marivan, SWR and soil properties affecting it were studied. For this purpose, some basic properties of 100 soil samples were measured by using standard laboratory methods. Water repellency index (WRI) of oven-dried soil samples were determined using the intrinsic sorptivity method. Results of the WRI values showed that the total studied soils were water-repellent. The highest value of $WRI_{oven\text{-}dry}$ was observed in the coarse-textured soil under forest land-use. The results also indicated that the $WRI_{oven\text{-}dry}$ has a positive significant correlation with soil organic carbon, total nitrogen, soil basal respiration and bacterial activities.

Keyword: Soil water repellency, Intrinsic sorptivity method, Soil basic properties

[*] soheyla.fahmideh@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی اثر کاربرد ماده‌آلی وآهک بر اصلاح برخی از خصوصیات فیزیکی خاک در دوره‌های زمانی مختلف در باغ‌های چای استان گیلان

محمود شعبانپور[۱]، آزاده صداقت[۲*]، پروین روستا[۳]

[۱] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۲] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۳] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

به‌دلیل عدم توجه کافی به اهمیت مصرف موادآلی در برخی از باغ‌های چای شمال کشور، مقدار موادآلی در آن‌ها کاهش یافته و به‌همین علت در این باغ‌ها، خاک‌ها از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیائی در شرایط مطلوب قرار ندارند. بنابراین به‌منظور اصلاح برخی از ویژگی‌های خاک از آهک و ورمی‌کمپوست استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر آزمایشی به‌صورت فاکتوریل- اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در باغ چای واقع در منطقه ازبرم و بازکیاگوراب که به‌ترتیب دارای بافت لومی رسی و لومی شنی اجرا شد. ورمی کمپوست در سه سطح صفر، ۲/۵ و ۵ درصد و آهک در دو سطح صفر و ۰/۵ درصد استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در سه مرحله ۰، ۹۰ و ۱۸۰ روز انجام شد. نتایج نشان داد در باغ بازکیاگوراب، ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) پایداری خاکدانه را افزایش داد و همچنین در این باغ استفاده از ورمی‌کمپوست و استفاده تلفیقی از آهک و ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) مقاومت فروروی را در عمق ۵-۰ سانتی‌متری کاهش داد. نتایج نشان داد تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از زمان ۹۰ تا زمان ۱۸۰ روز روند افزایشی داشته است و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در مرحله اول نمونه‌برداری ۰/۴۷ میلی‌متر بوده که بعد از اعمال تیمار در زمان ۱۸۰ روز به مقدار ۰/۷۷ میلی‌متر افزایش یافته است. بنابراین افزودن آهک و ورمی کمپوست سبب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود.

کلمات کلیدی: پایداری خاکدانه، مقاومت فروری، آهک، ورمی‌کمپوست

مقدمه

ماده‌آلی مهم‌ترین جزء خاک در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک است. میزان بالای موادآلی سبب ایجاد رنگ قهوه‌ای تا سیاه در افق سطحی خاک می‌شود. از عملکردهای فیزیکی ماده آلی در خاک می‌توان به بهبود ایجاد خاکدانه، تهویه، حرکت آب، کاهش تبخیر و هدایت گرمایی اشاره نمود. تجمع ضایعات آلی در سطح خاک ممکن است به‌عنوان مالچ عمل کند. هوموس توانایی نگهداری ۹۰-۸۰ درصد از رطوبت را در وزن خود داشته و سبب افزایش ظرفیت خاک برای مقاومت در شرایط خشکسالی می‌شود. اجزای مختلفی از ماده‌آلی در پایداری خاکدانه شرکت دارند که شامل بیوماس میکروبی (بخصوص قارچ‌ها)، پلی‌ساکاریدها، اسید هومیک و فولیک می‌باشند. این ترکیبات با اتصالات فیزیکی- شیمیایی به ذرات رس خاک منجر به تشکیل خاکدانه‌های پایدار می‌شوند (Osman، ۲۰۱۳). بنابراین می‌توان اظهار داشت همبستگی مثبت معنی‌داری بین پایداری خاکدانه و مقدار ماده آلی خاک وجود دارد (Anaabi و همکاران ۲۰۱۱). از دیگر اثرات مواد آلی می‌توان به کاهش جرم مخصوص ظاهری و در نتیجه کاهش تراکم و مقاومت فروروی در خاک اشاره نمود. کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در نتیجه افزودن ضایعات آلی به‌واسطه تأثیر آن در تعدیل جرم مخصوص ظاهری می‌باشد. داده‌های حاصل از ۱۲پژوهش مختلف، ۲۱ نوع خاک،۷ نوع ضایعات و ۸ نوع محصول مشخص نمود که رابطه رگرسیونی خطی با سطح معنی‌داری بالا ($r^2=0.69$) بین افزایش ماده‌آلی خاک از طریق افزودن ضایعات و درصد کاهش جرم مخصوص ظاهری وجود دارد (Khaleel و همکاران ۱۹۸۱). Robin و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تأثیر سه کود آلی (ورمی کمپوست (VF)، کمپوست زباله (GWC) و کود مایع (DM) بر خصوصیات خاک پرداخته‌اند. آنها گزارش دادند که با افزایش درصد موادآلی، کربن آلی کل خاک، تخلخل و پایداری ساختمان افزایش می‌یابد. اثر ماده‌آلی بر خاکدانه به نقش هوموس و مواد هومیک اشاره دارد. ترکیبات هومیک دارای بار سطحی مثبت و گروه های کربوکسیلیک هستند و به‌همین علت مانند کلوئیدهای آلی عمل می‌کنند (FaridGiglo و همکاران ۲۰۱۴). Osuji and Onweremadu (۲۰۰۷) نشان دادندکه کلسیم قابل تبادل همبستگی زیادی با میانگین وزنی قطر خاکدانه دارد که احتمالاً به‌علت توانائی آن در افزایش هماوری کلوئیدهای خاک می‌باشد. علاوه بر این یون‌های کلسیم به‌علت بالا بودن غلظت و داشتن قدرت یونی بالا سبب فشار بر روی لایه مضاعف شده و از طریق کاهش نیروهای دافعه میان ذرات سبب اتصال آن‌ها بهم و ایجاد

* ایمیل نویسنده مسئول: Azadehsedaghat65@gmail.com

خاکدانه‌های پایدار می‌شود. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر ماده‌آلی و آهک بر پایداری خاکدانه و مقاومت فروروی خاک در زمان‌های مختلف در باغ‌های چای استان گیلان بوده است.

مواد و روش‌ها

این طرح در دو باغ چای یکی واقع در بازکیاگوراب روستای بازان از حومه شهرستان لاهیجان با طول جغرافیایی ۵۴' ۴۹° و عرض جغرافیایی ۱۳' ۳۷° و دیگری در ایستگاه تحقیقات چای ازبرم شهرستان سیاهکل با طول جغرافیایی ۵۵' ۴۹° و عرض جغرافیایی ۸۲' ۳۷° در استان گیلان از کشور ایران اجرا شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل-اسپیلت پلات در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آهک در دو سطح (صفر و نیم درصد) و ورمی کمپوست در سه سطح (صفر، ۲/۵ درصد و ۵ درصد) استفاده شد و در سه زمان (صفر، ۹۰ و ۱۸۰ روز) اندازه گیری‌ها انجام شد. تیمارها به‌صورت صفر، آهک ۰/۵ درصد، ورمی کمپوست ۲/۵ درصد، ورمی کمپوست ۲/۵ درصد+ آهک ۰/۵ درصد، ورمی کمپوست ۵ درصد، ورمی کمپوست ۵ درصد+ آهک ۰/۵ درصد استفاده شد. بعد از اندازه‌گیری‌های اولیه در هر کرت، تیمارهای ذکر شده بر روی خاک بین ردیف های چای اعمال گردید و سپس با شخم سطحی با خاک مخلوط شد. برای تعیین ویژگی‌های خاک، ۹۰ و ۱۸۰ روز بعد از اعمال تیمارها نمونه‌برداری خاک انجام و همزمان اندازه‌گیری صحرایی ارائه شد. در این تحقیق از ویژگی‌های فیزیکی، تعیین توزیع اندازه ذرات خاک به‌روش هیدرومتری (Klute، ۱۹۸۶)، توزیع اندازه خاکدانه با روش الک تر (Gee and Bauder، ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری خاک از روش سیلندر (Klute، ۱۹۸۶)، انجام شد. مقاومت فروروی خاک به‌طور مستقیم در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه نفوذسنج مخروطی اندازه‌گیری شد (Klute، ۱۹۸۶). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات اولیه خاک باغ‌های چای محل اجرای طرح

محل اجرای طرح	pH گل اشباع	درصد ماده‌آلی	بافت
ایستگاه تحقیقات چای ازبرم	۴/۶۷	۱/۵	لومی رسی
بازکیاگوراب (روستای بازان)	۴/۰۹	۱/۵	لومی شنی

جدول ۲- برخی خصوصیاتورمی‌کمپوست مورد استفاده

نمونه	pH	EC (dS/m)	%OC	%N	% P_2O_5	% K_2O	C/N
ورمی‌کمپوست	۷/۹۴	۴/۰۷	۳۱/۳۳	۱/۵۶	۱/۵۳	۱/۳۴	۲۰/۰۸

پایداری خاکدانه

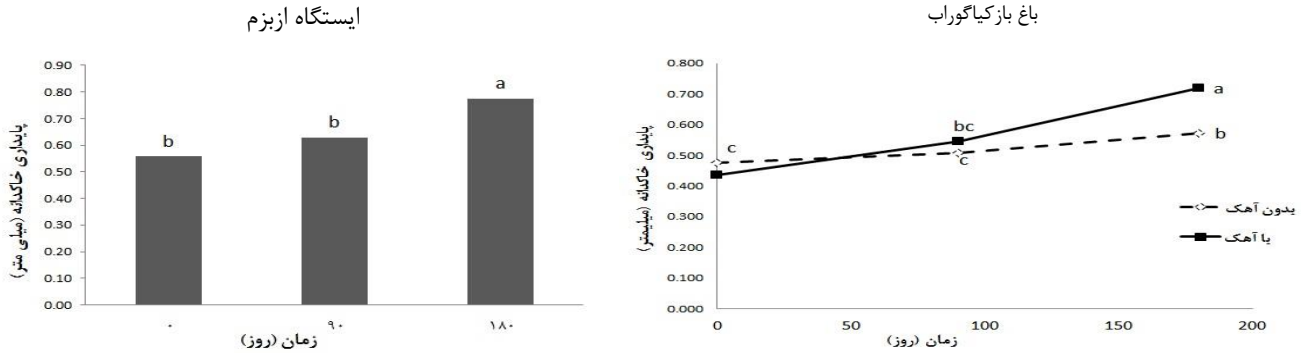
نتایج تجزیه واریانس خاک باغ ازبرم (جدول ۳) نشان می‌دهد. در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر مراحل زمانی بر پایداری خاکدانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (شکل ۱). Duong و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی‌های خود افزایش میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها را در نتیجه افزایش ماده‌آلی، به‌واسطه رشد بیشتر گیاه و وجود ترشحات ریشه‌ای و بازگشت بیش‌تر بقایای گیاهی و تشدید فعالیت میکروبی و وفور نیروهای اتصال دهنده نظیر هیف‌ها و باندهای رسی اعلام نمودند. نتایج تجزیه واریانس خاک باغ بازکیاگوراب (جدول ۴) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست در سطح پنج درصد و مراحل زمانی و اثر متقابل آهک با زمان در سطح یک درصد بر پایداری خاک‌دانه معنی‌دار است. نکته قابل توجه این است که اثر مراحل زمانی در سطح یک درصد بر پایداری خاکدانه معنی‌دار است. مقایسه میانگین مراحل زمانی بر پایداری خاکدانه باغ بازکیاگوراب (شکل ۱) نشان داد که پایداری خاکدانه پس از ۱۸۰روز با میانگین ۰/۷۷میلی‌متر تفاوت معنی‌داری با زمان‌های ۹۰ و اولیه دارد.

جدول ۴. خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثرتیمارها بر برخی ویژگی‌های خاک درباغ بازکیاگوراب

منبع تغییرات	مقاومت فروروی	پایداری خاک‌دانه
بلوک	۱/۲۹	۰/۰۰۵
آهک	۰/۰۷	۰/۰۲
ورمی‌کمپوست	۰/۰۸	۰/۰۷*
آهک* ورمی‌کمپوست	۰/۷۷**	۰/۰۳
مراحل زمانی	۱/۶۶**	۰/۳۰**
آهک* زمان	۰/۴۵	۰/۱۲**
ورمی‌کمپوست* زمان	۰/۰۷	۰/۰۰۵
ورمی‌کمپوست* آهک* زمان	۰/۱۸	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات(درصد)	۳۱/۸۳۱	۱۲/۰۵۹

جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثرتیمارها بر برخی ویژگی‌های خاک درایستگاه ازبرم

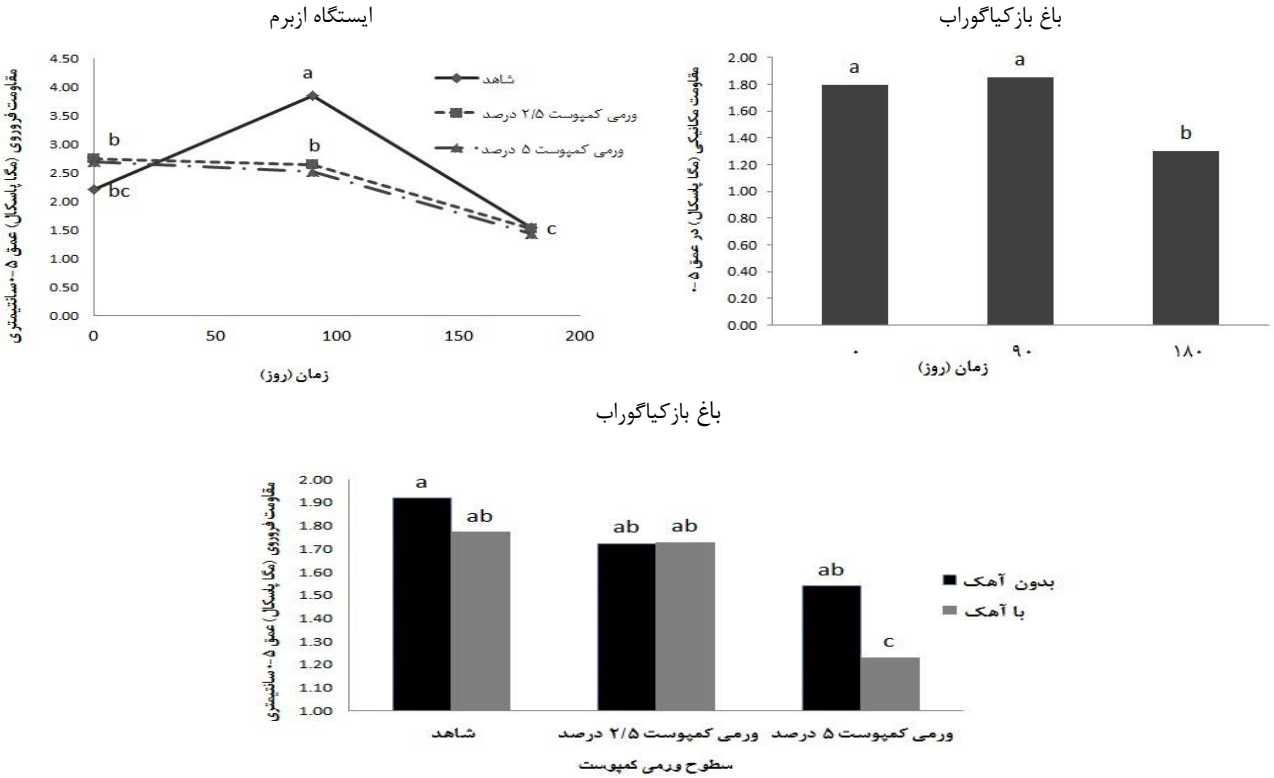
منبع تغییرات	مقاومت فروروی	پایداری خاک‌دانه
بلوک	۰/۸۹	۰/۰۲
آهک	۰/۰۸	۰/۰۰۰۱
ورمی‌کمپوست	۰/۴۸	۰/۰۰۴
آهک* ورمی‌کمپوست	۰/۶۶	۰/۰۱
مراحل زمانی	۱۰/۷۳**	۰/۰۳**
آهک* زمان	۰/۱۶	۰/۰۰۸
ورمی‌کمپوست* زمان	۱/۶۷*	۰/۰۰۶
ورمی‌کمپوست* آهک* زمان	۰/۲۴	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات(درصد)	۳۱/۲۲	۱۰/۱۷۸



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مراحل زمانی بر پایداری خاک‌دانه ایستگاه ازبرم و باغ بازکیاگوراب

۲- مقاومت فروروی خاک

نتایج تجزیه واریانس خاک منطقه ازبرم (جدول ۳) نشان می‌دهدکه در عمق ۵-۰ سانتی‌متری اثر مراحل زمانی در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست با زمان در سطح پنج درصد بر مقاومت فروروی خاک معنی‌دار است. با توجه به شکل ۲، در زمان ۹۰ روز با میانگین۳/۸۵ مگاپاسکال دارای بیشترین مقاومت فروروی بوده‌اند، پلات‌هایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده‌اند نتوانستند سبب تفاوت معنی‌داری با زمان اولیه در کاهش مقاومت فروروی خاک شوند که علت آن احتمالاً خشکی خاک بوده است، ولی با گذشت زمان و تغییر فصل از تابستان به پاییز و با افزایش رطوبت خاک در پلات‌هایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده‌اند مقاومت فروروی خاک به‌طور معنی‌داری نسبت به زمان ۹۰ روز کاهش یافت. با افزودن ماده‌آلی به خاک ریز بافت، شکل‌پذیری و چسبندگی در آنها کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب کاهش مقاومت فروروی این خاک‌ها و مدیریت آسان در آن‌ها می‌شود (شیرانی و همکاران ۱۳۹۰). نتایج تجزیه واریانس خاک باغ بازکیاگوراب (جدول ۴) نشان داد اثر مراحل زمانی و اثر متقابل آهک با ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد برای عمق ۵-۰ سانتی‌متری معنی‌دار است.



شکل۲- مقایسه میانگین اثر مراحل زمانی بر مقاومت مکانیکی در عمق ۵-۰ سانتی‌متری در ایستگاه ازبرم و باغ بازکیاگوراب و اثر سطوح ورمی‌کمپوست و آهک بر مقاومت مکانیکی خاک در عمق cm ۵-۰ در باغ بازکیاگوراب،

شکل ۲ نشان داد که تیمار ۵ درصد ورمی‌کمپوست با آهک ۰/۵درصد با میانگین ۱/۳۲۳ مگاپاسکال دارای کمترین مقدار مقاومت مکانیکی و اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها بوده است، که تنها این سطح ۵ درصد ورمی‌کمپوست همراه با آهک توانست باعث کاهش مقاومت فروروی خاک شود، احتمالاً به‌دلیل این که مقاومت مکانیکی خاک شنی ذاتا کم می‌باشد، لذا فقط سطوح بالای ماده‌آلی، تأثیر بیشتری در کاهش مقاومت فروروی خاک

داشته است. به‌عبارتی در خاک‌های درشت بافت به‌علت اینکه ذرات اتصال کمتری با هم دارند، در نتیجه این خاک‌ها از نظر چسبندگی بین ذرات ضعیف و سست بوده و مقاومت فروروی آنها کم است (شیرانی و همکاران، ۱۳۹۰). بر اساس گزارش Tester (۱۹۹۰) افزودن ۶۰ تن در هکتار کمپوست لجن فاضلاب بر یک خاک شنی لومی طریق کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش نگه‌داری رطوبت در لایه ۱۰ cmسطحی خاک باعث کاهش مقاومت فروروی خاک از ۱۷۵۰کیلو پاسکال در شاهد به ۱۲۳۴ کیلو پاسکال در خاک تیمار شده گردید.

نتیجه گیری

خاک نیمی از باغ‌های چای کشور pH کمتر از ۴/۵ دارند که از حد بهینه pH (۵ تا ۵/۵۶) برای باغ‌های چای کمتر است. لذا افزودن آهک برای اصلاح اسیدیته اضافی خاک ضروری است. افزودن تلفیقی آهک و ورمی‌کمپوست سبب افزایش پایداری خاکدانه و کاهش مقاومت فروری می‌شود. از مقایسه سطوح ورمی‌کمپوست ۲/۵ و ۵ درصد با آهک مشخص شد که سطح ۵ درصد ورمی‌کمپوست با آهک نسبت به سطح ۲/۵ درصد ورمی‌کمپوست و آهک بر بهبود خصوصیات خاک بهتر عمل نمود. این بدین معنی‌است که باغ‌ها به مقادیر بالایی ورمی‌کمپوست نیاز دارند. بنابراین نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن آهک و ماده آلی خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود می‌دهد.

منابع

شیرانی، ح.، ریزه‌بندی، ا.، دشتی، ح.، صادقی، م. ر. و افیونی، م. ۱۳۹۰. اثر تفاله‌های پسته بر برخی خواص فیزیکی و تراکم‌پذیری دو نوع خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره ۵۵، صفحه، ۹۷-۸۵.

Annabi, M., Le Bissonnais, Y., Le Villio-Poitrenaud, M. and Houot, S. 2011. Improvement of soil aggregate stability by repeated applications of organic amendments to a cultivated silty loam soil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 144, 382-389.

Duong, T.T.T., Penfold C. and Marschner, P. 2012. Differential effects of composts on properties of soils with different textures. Biology and Fertility of Soils, 48, 699- 707.

FaridGiglo, B., Arami, A. and Akhzari, D. 2014. Assessing the Role of Some Soil Properties on Aggregate Stability Using Path Analysis (Case Study: Silty-Clay-Loam and Clay-Loam Soil from Gully Lands in North West of Iran). Ecopersia, 2, 513-523.

Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle Size analysis. In: A. Klute(Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1.Physical and Mineralogical Methods, 2 nded Agronomy, 9, 383-411.

Khaleel, R., Reddy, K.R. and Overcash, M.R. 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: A review. Journal of Environmental Quality, 10, 133–141.

Klute, A. 1986.Methodes of Soil Analysis.Part 1.Physical and Mineralogical Methods.Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.

Osman, K. T. 2013. Physical Properties of Soil. In: Soils. Springer Science and Business Media, 49-65.

Osuji, G.E. and Onweremadu, E.U.2007.Structural stability of Dystric Nitisolin relation to some edaphic properties under selected land uses.Natural Science, 5, 11-17.

Robin, P., Morel, C., Vial, F., Landrain, B., Toudic, A., Li, Y. and Akkal-Corfini, N. 2018. Effect of Three Types of Exogenous Organic Carbon on Soil Organic Matter and Physical Properties of a Sandy Technosol. Sustainability, 10, 1146p.

Tester, C.F. 1999.Organic Amendment Effects on Physical and Chemical Properties of a Sandy Soil.Soil Science Society of America Journal, 54, 827-831.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Investigation of the Effect of vermicompost and lime applications on improvement of some physical properties during different time periods in gardens tea of Guilan Province

Mahmoud Shabanpour[1], Azadeh Sedaghat[*2], Parvin Rousta[3]

[1] Associate Prof, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

[2] Ph.D Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

[3] Former M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

Abstract

Due to the lack of attention paid to the importance of using organic matter in some of the northern tea gardens, the amount of organic matter in them has decreased. Therefore, in these gardens, the soils are not in desirable physical and chemical properties. . In order to investigate the effect of lime and vermicompost on some physical and chemical properties of soil, an experiment was conducted as a factorial-split plot arrangement based on complete randomized block design with three replications in two tea gardens soils were located in Azberam and Bazkiagurab (with clay loam and sandy loam texture, respectively). Vermicompost was applied in 3 levels of 0, 2.5% and 5% and lime was applied in two levels of 0 and 0.5%. The measurements were done in three time periods (0, 90 and 180 days). The results showed that vermicompost significantly increased ($P < 0.01$) in the baskiagurbah gardens ($P < 0.01$). Also, the use of vermicompost and the combined of lime and vermicompost were significantly reduced ($P < 0.01$) the penetration resistance at a depth of 5-0 cm.The results showed that the average weight changes of aggregate diameter increased from 90 to 180 days, and the weighted average diameter of the aggregates in the first stage of sampling was 0.47 mm, which after application of the treatment at 180 The day has increased to 0.77 mm. Therefore adding lime and vermicompost improved soil physical properties.

Keywords: Aggregate Stability, Penetration Resistance, Liming; Vermicompost.

[*] Corresponding author, Email: Azadehsedaghat65@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند و تهویه خاک بر پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر

طیبه ساعدی مرغملکی[۱*]، محمد رضا مصدقی[۲]، محمد رضا سبزعلیان[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۲] استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۳] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

با توجه به اهمیت همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند در بهبود ویژگی‌های ریزوسفر و از سوی دیگر کاهش کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک تحت شرایط تنش اکسیژن، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند بر پایداری خاکدانه‌های ریزوسفر در شرایط تهویه‌ای مختلف اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل هفت سطح تخلخل تهویه‌ای (صفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵، ۱۰/۰، ۱۲/۵ و ۱۵/۰ درصد حجمی) در یک خاک لوم شنی، دو وضعیت اندوفیت شامل همزیست با اندوفیت (E+) و بدون اندوفیت (E−) و دو ژنوتیپ از گیاه فسکیوی بلند (75C و 75B) بودند. پس از گذشت ۴ ماه از کاشت و استقرار کامل گیاهان، سطوح تنش تهویه به مدت ۹ ماه اعمال گردید. در پایان، نمونه‌برداری از خاک ریزوسفری صورت گرفت و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب، تنفس میکروبی و ماده آلی خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با کاهش تخلخل تهویه‌ای، تنفس میکروبی و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب به طور معنی‌داری کاهش یافت. اما ارتباط معنی‌داری بین مقدار ماده آلی با درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (r=0.25, p>0.1) وجود نداشت. همچنین نتایج نشان داد، درصد خاکدانه‌های پایدار در آب و مقدار ماده آلی در ریزوسفر گیاهان E+ بیش‌تر از ریزوسفر گیاهان E− بود. در واقع قارچ‌های اندوفیت با توسعه سیستم ریشه‌ای و ذخیره کربن آلی خاک، پایداری خاکدانه‌های ریزوسفر را بهبود بخشیدند.

کلمات کلیدی: ریزوسفر، قارچ اندوفیت، تخلخل تهویه‌ای، خاکدانه‌های پایدار در آب، تنفس میکروبی

مقدمه

تهویه خاک عاملی تعیین‌کننده در بسیاری از فرآیندهای خاک مانند واکنش‌های اکسید و احیای ترکیبات معدنی، حلالیت و فراهمی عناصر غذایی، pH خاک، چرخه ماده آلی، فعالیت و جمعیت میکروبی، ترشحات میکروبی و گیاهی و همچنین پایداری خاکدانه‌ها است (Delaune and Reddy, 2008). از آن‌جایی‌که پخشیدگی اکسیژن در آب $۱۰^{۴}$ بار کمتر از پخشیدگی آن در هوا است، با اشباع‌شدن خاک‌ها، اکسیژن موجود در خاک به سرعت توسط ریزجانداران و فرآیندهای غیرزیستی مصرف اکسیژن، تخلیه می‌گردد. بنابراین دیگر پذیرنده‌های الکترون (به ترتیب NO_3^-، Mn(IV)، Fe(III) و SO_4^{2-}) در فرآیندهای میکروبی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Delaune and Reddy, 2008).

در شرایط بی‌هوازی، غلظت گونه‌های احیایی مواد معدنی مانند Fe^{2+} و Mn^{2+} در خاک افزایش می‌یابد (Husson, 2013) و کاهش آهن ساختمانی (Fe^{3+}) سبب پراکندگی ذرات رس و تخریب خاکدانه‌ها تحت شرایط نبود اکسیژن (آنوکسی) می‌گردد (De-Compos و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین افزایش گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) و غلظت فلزات قلیایی (Ca^{2+} و Mg^{2+}) در محلول خاک به علت کاهش آهن ساختمانی و حلالیت پوشش‌های اکسیدی آهن، منجر به افزایش نیروهای دافعه بین ذرات رس و کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (De-Compos و همکاران، ۲۰۰۹).بسیاری از پژوهش‌ها (DeLaune and Reddy, 2008; Husson, 2013; Neilson and Pepper, 1990; Tokarz and Urban, 2015) نشان داده‌اند که در شرایط کمبود اکسیژن، تنوع و جمعیت میکروبی و به دنبال آن فعالیت و تنفس میکروبی خاک به شدت کاهش می‌یابد. در شرایط کمبود اکسیژن، فعالیت قارچ‌ها و مواد تولیدی آنها، که یکی از مهم‌ترین فاکتورهای خاکدانه‌سازی هستند (Six و همکاران، ۲۰۰۴)، با شدت بیش‌تری نسبت به سایر ریزجانداران (باکتری‌ها) کاهش می‌یابند (Tokarz and Urban, 2015).

گیاهان با آزادسازی ترشحات ریشه‌ای (موسیلاژها و اسیدهای آلی) قادرند ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک ریزوسفر خود را تغییر دهند (Husson, 2013؛ Hosseini و همکاران، ۲۰۱۵b). کمّیت و کیفیت (نوع و ترکیب) ترشحات گیاهی بسته به نوع گیاه، سن گیاه و ویژگی‌های

* ایمیل نویسنده مسئول: tayebeh.saedi@yahoo.com

فیزیکی و شیمیایی محیط رشد گیاه (مانند خشکی، شوری، تهویه و کمبود عناصر غذایی)، بسیار متغیر است (Jones، ۱۹۹۸). به طوری‌که Naveed و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که اسیدهای آلی ترشح‌شده از ریشه گیاهان جو، سبب پراکندگی ذرات خاک شدند در حالی‌که اسیدهای آلی ترشح‌شده از ریشه گیاهان ذرت و بذور Chia (گیاهی از خانواده نعناع) با افزایش هم‌آوری ذرات رس، سبب افزایش درصد خاکدانه‌های پایدار شدند.

روابط همزیستی بین گیاهان و ریزجانداران اثر قابل‌توجهی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک ریزوسفر دارد و بنابراین می‌تواند پایداری خاکدانه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. گونه *Festuca arundinaceae* معروف به فسکیوی بلند، گیاهی مرتعی با کاربرد دوگانه علوفه-چمن گندمیان است که قادر است همزیستی اختصاصی با قارچ اندوفیت *Epichloë coenophiala* برقرار کند (Malinowski and Belesky, 2000). اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند بر ذخیره کربن آلی خاک و جمعیت میکروبی، و در نتیجه افزایش پایداری خاکدانه‌ها توسط Hosseini و همکاران (۲۰۱۵a) گزارش شده است. با توجه به بررسی منابع، شرایط بی‌هوازی سبب تغییر ویژگی‌های شیمیایی، بیولوژیک و فیزیکی خاک و کاهش کیفیت خاک می‌گردد و از طرف دیگر گیاهان، ریزجانداران و روابط همزیستی بین آنها می‌تواند ویژگی‌های خاک اطراف ریشه را اصلاح و کیفیت فیزیکی خاک را بهبود بخشد. اما تاکنون پژوهشی به بررسی اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند بر پایداری خاکدانه‌ها تحت شرایط کمبود اکسیژن نپرداخته است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر همزیستی دو ژنوتیپ 75C و 75B فسکیوی بلند-قارچ اندوفیت بر پایداری خاکدانه‌های ریزوسفری تحت شرایط تهویه‌ای مختلف بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل ۷ سطح تخلخل تهویه‌ای (صفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵، ۱۰/۰، ۱۲/۵ و ۱۵/۰ درصد حجمی)، دو وضعیت اندوفیت (با و بدون اندوفیت) و دو ژنوتیپ از فسکیوی بلند (75B و 75C) در یک خاک لوم شنی (با ۷۸/۳ درصد شن، ۱۰/۳ درصد سیلت و ۱۱/۴ درصد رس) با ۳ تکرار در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. پس از گذشت ۴ ماه از کاشت پنجه‌ها و استقرار کامل گیاهان، سطوح ذکرشده تنش تهویه به مدت ۹ ماه به روش وزنی اعمال گردید. در پایان نمونه‌برداری از خاک ریزوسفری گلدان‌ها به صورت دست‌خورده و دست‌نخورده صورت گرفت. از خاکدانه‌های ۱-۰/۵ میلی‌متر در نمونه‌های دست‌نخورده برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها به روش Kemper and Rosenau (۱۹۸۶) با دستگاه تک-الک تر استفاده شد و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA%) محاسبه شد. در نمونه‌های دست‌خورده، تنفس میکروبی پایه خاک (BSR) به روش Chen و همکاران (۲۰۰۰) و ماده آلی خاک به روش والکلی- بلک اندازه‌گیری شدند. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳، تجزیه آماری با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

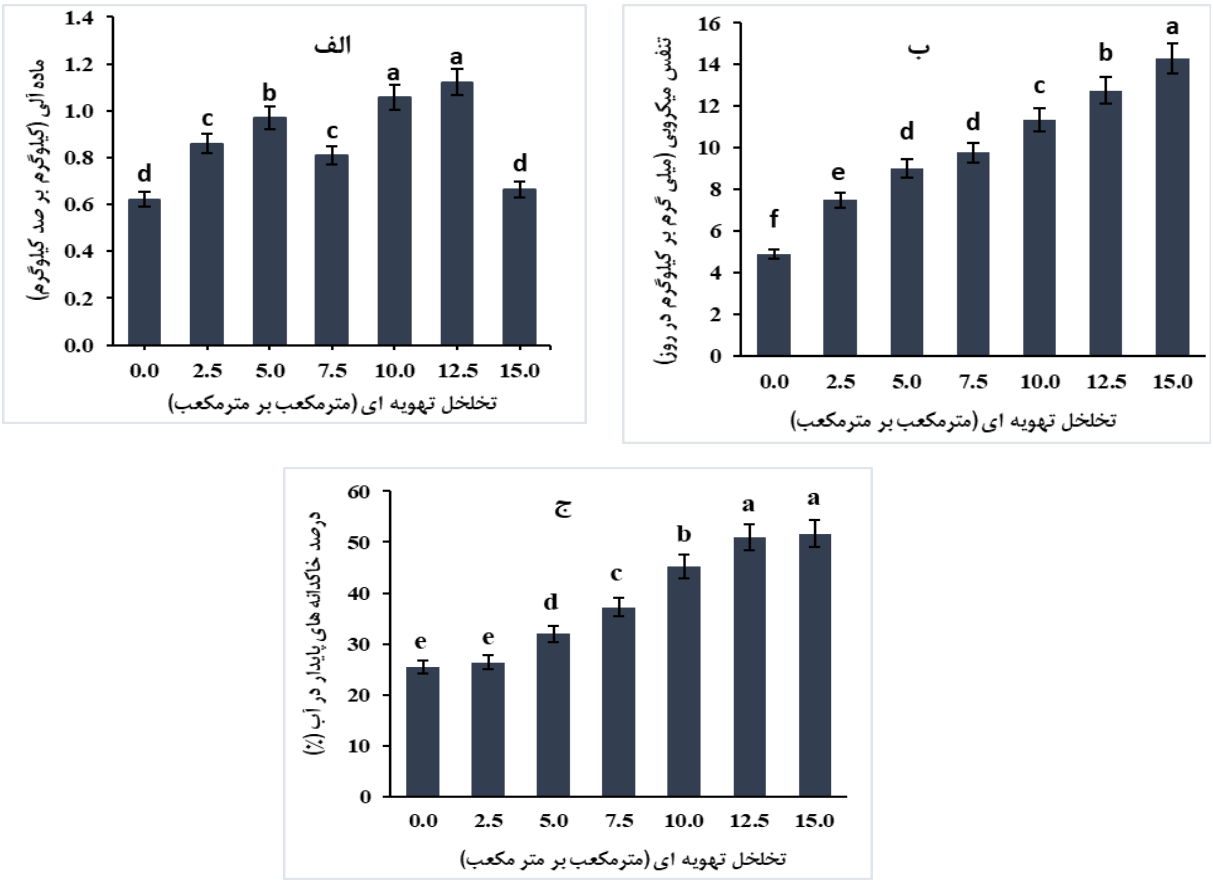
نتایج و بحث

خاک مورد بررسی درشت‌بافت و دارای ماده آلی و کربنات کلسیم معادل کم (به ترتیب ۰/۴۳ و ۶/۷ درصد) بود و به عنوان یک خاک غیرشور (EC گل اشباع برابر با ۰/۹۹ dS/m) و کمی قلیایی (pH برابر با ۷/۹) طبقه‌بندی گردید. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر تنفس میکروبی خاک در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد ولی بر پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی خاک تاثیر معنی‌داری نداشت. همچنین دو تیمار تخلخل تهویه‌ای و اندوفیت اثر معنی‌داری در سطح آماری ۱درصد بر تنفس میکروبی خاک، پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی خاک داشتند.

شکل ۱ نشان می‌دهد که تنفس میکروبی خاک و پایداری خاکدانه‌ها با کاهش درصد تخلخل تهویه‌ای خاک به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. بنابراین تنفس خاک می‌تواند به عنوان شاخص تهویه خاک محسوب شود. پژوهش Neilson and Pepper (۲۰۱۰) نیز نشان داد که با کاهش تهویه، میزان انتشار دی‌اکسید کربن از خاک کاهش می‌یابد. تحت شرایط کمبود اکسیژن، زیتوده و تنوع و فعالیت میکروبی خاک به ویژه قارچها کاهش می‌یابد که ارتباط مستقیمی با تنفس هوازی خاک دارند (DeLaune and Reddy, 2008)(Tokarz and Urban, 2015). واضح است که فعالیت جانداران و ریزجانداران خاک‌زی (هیف‌های قارچی و پلی‌ساکاریدهای میکروبی) از عوامل بیولوژیک موثر بر خاکدانه‌سازی هستند (Six و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین کاهش تنفس میکروبی در اثر کاهش درصد اکسیژن خاک (شکل ۱، ب) تایید می‌کند که کاهش عوامل خاکدانه‌ساز بیولوژیک منجر به کاهش پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر می‌شود.

اما تغییرات مقدار ماده آلی روندی مشابه با پایداری خاکدانه‌ها و تنفس میکروبی خاک نداشت. باتوجه به این‌که مقدار ماده آلی در همه سطوح تخلخل تهویه‌ای کمتر از یک درصد است و همچنین با استناد به ضریب همبستگی غیرمعنی‌دار بین ماده آلی و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (r=0.25,

($p>0.1$) به نظر می‌رسد که کمّیت ماده آلی ارتباط معنی‌داری با پایداری خاکدانه‌ها ندارد، بلکه کیفیت آن پایداری خاکدانه‌ها را تحت تاثیر قرار داده است.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح تخلخل تهویه‌ای خاک بر درصد ماده آلی خاک (الف)، تنفس میکروبی خاک (ب) و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (ج)؛ حروف متفاوت بالای ستون‌ها بیان‌گر تفاوت معنی‌دار است (LSD, $p<0.05$).

در این پژوهش تغییرات ماده آلی خاک می‌تواند در ارتباط با میزان و نوع ترشحات گیاهی و درجه تجزیه آنها در شرایط حضور و عدم حضور اکسیژن باشد. سرعت تجزیه ماده آلی در شرایط هوازی، بیشتر از سرعت تجزیه آن در شرایط بی‌هوازی است و اسید هومیک بخشی از ماده آلی است که وزن مولکولی بیش‌تری نسبت به اسید فولیک دارد و در مراحل پیشرفته‌تری از تجزیه ماده آلی تولید می‌شود (DeLaune and Reddy, 2008). بر اساس نتایج پژوهش‌های پیشین (De-Compos و همکاران، ۲۰۰۹)، مولکول‌های با وزن مولکولی زیاد به علت آب‌گریزی بیش‌تر، حلالیت کم‌تر و حضور حلقه‌های آروماتیک و کربوکسیلیک اسید، تمایل بیش‌تری برای جذب بر روی سطوح معدنی خاک نسبت به مولکول‌های با وزن مولکولی کم دارند.

یافته‌های Kalisz و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که کربوهیدارت‌های محلول در آب داغ، بخشی از ماده آلی هستند که غلظت آنها در شرایط تهویه مناسب بسیار بیش‌تر از شرایط کمبود و نبود اکسیژن است. بسیاری از پژوهش‌ها (Hosseini و همکاران، ۲۰۱۵ a؛ Angers and Mehuys, 1990) نشان دادند که کربوهیدارات‌های محلول در آب داغ از جمله ترکیبات پایدارکننده هستند که همبستگی مثبت و معنی‌داری با پایداری خاکدانه‌ها دارند. بنابراین احتمال می‌رود که در پژوهش حاضر وجود اجزایی از ماده آلی مانند اسید هومیک و کربوهیدرات‌های محلول در آب داغ در شرایط تهویه مناسب، سبب پایداری بیش‌تر خاکدانه‌های ریزوسفری نسبت به شرایط کمبود و نبود اکسیژن گردیده است.

نوع ترکیبات آلی که از ریشه گیاهان آزاد می‌شوند بسته به نوع و سن گیاه و شرایط محیطی مختلف (مانند خشکی، شوری و شرایط غرقابی) می‌توانند متفاوت باشند (Jones، ۱۹۹۸). اسیدهای آلی ترشح‌شده توسط ریشه گیاهان بسته به میزان انحلال و تعداد گروه‌های کربوکسیل‌شان، جذب سطوح

معدنی می‌شوند. به طور کلی تمایل به جذب در اسیدهای آلی به صورت زیر است: فسفات > اگزالات > سیترات > مالات > استات و اسید لاکتیک. (Jones، ۱۹۹۸). نرخ ترشح اسید لاکتیک از ریشه‌های ذرت تحت شرایط بی‌هوازی بیش‌تر از نرخ ترشح مالات و سیترات است (Jones، ۱۹۹۸). تحت شرایط تنش اکسیژن، اسیدهایی مانند اسید لاکتیک، اسید فرمیک، اسید استیک و اسید بوریک که در متابولیسم تخمیری گیاه تولید می‌شوند، توسط ریشه گیاهان به درون ریزوسفر آزاد می‌شوند (DeLaune and Reddy, 2008). Naveed و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که برخی از ترشحات گیاهی پایدارکننده هستند و سبب پایداری خاکدانه‌های ریزوسفر می‌گردند و برخی سبب پراکندگی خاکدانه‌ها و آزادسازی عناصر غذایی به درون ریزوسفر می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت اسیدهای آلی مانند اسید لاکتیک که در شرایط بی‌هوازی توسط گیاهان ترشح می‌شوند به علت تعداد کم گروه کربوکسیل و جذب کم‌تر بر روی سطوح معدنی، سبب کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند.

علاوه بر ماده آلی و ترشحات میکروبی، اکسیدهای آهن و منگنز یکی دیگر از عوامل غالب در تشکیل خاکدانه‌ها هستند (Six و همکاران، ۲۰۰۴). حلالیت اکسیدهای آهن و منگنز تحت تاثیر شرایط تهویه و اکسیژن (پتانسیل اکسید و احیاء) قرار می‌گیرد (Husson، ۲۰۱۳). احیاء اکسیدهای آهن و منگنز و تبدیل Fe^{3+} به Fe^{2+} تحت شرایط کمبود و نبود اکسیژن سبب پراکندگی کلوییدی و کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌گردد (De-Campos و همکاران، ۲۰۰۹). اثر تیمارهای اندوفیت و ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند بر ماده آلی، تنفس میکروبی و خاکدانه‌های پایدار در آب در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تنفس میکروبی خاک در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت کم‌تر از گیاهان بدون اندوفیت است و برخلاف آن مقدار ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت بیش‌تر از گیاهان بدون اندوفیت است. تنفس میکروبی کم در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت به علت ترشح مواد سمّی فنلی و آلکالوییدی از ریشه گیاهان است که در پژوهش‌های پیشین (Hosseini و همکاران، ۲۰۱۵b؛ Handayani و همکاران، ۲۰۱۱) نیز گزارش شده است. Hosseini و همکاران (۲۰۱۵a) دریافتند که قارچ‌های اندوفیت با افزایش ذخیره کربن آلی در ریزوسفر به ویژه در خاک‌های ریزبافت، پایداری ساختمان خاک را تغییر داده و سبب افزایش شاخص‌های پایداری ساختمان خاک می‌شوند. در پژوهش حاضر نسبت جرم خشک ریشه به اندام هوایی در گیاهان همزیست با اندوفیت (۵/۲) در مقایسه با گیاهان بدون اندوفیت (۳/۸) بیش‌تر بود (نتایج نشان داده نشده است) که با نتایج Adams و همکاران (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که همزیستی قارچ اندوفیت (*Epichole* sp.) با یک نوع چمن (Bluegrass) سبب افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی تحت تنش غرقابی می‌شود. بنابراین قارچ‌های اندوفیت از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش ذخیره کربن آلی خاک (Malinowski and Belesky, 2000) قادرند پایداری خاکدانه‌ها را تغییر دهند.

همچنین نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر درصد ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر دو ژنوتیپ 75B و 75C فسکیوی بلند وجود ندارد، ولی مقدار تنفس میکروبی به‌طور معنی‌داری در ریزوسفر گیاهان ژنوتیپ 75C بیش‌تر از 75B است. تنفس میکروبی بیش‌تر در ژنوتیپ 75C می‌تواند به دلیل ترشحات کم‌تر مواد فنلی و سمّی از ریشه‌های این ژنوتیپ گیاهی باشد؛ اگرچه اطلاعاتی در مورد نوع و ترکیبات آزادشده از ریشه ژنوتیپ‌های مختلف فسکیوی بلند در دسترس نیست.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر اندوفیت و ژنوتیپ فسکیوی بلند بر درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)، تنفس میکروبی خاک (BSR) و درصد ماده آلی (OM)

وضعیت اندوفیت	WSA (%)	BSR (میلی‌گرم CO_2 بر کیلوگرم خاک بر روز)	OM (%)
E+	۴۱/۳^{a}	۷/۳^{b}	۰/۹۲^{a}
E–	۳۵/۶ ^{b}	۱۲/۶^{a}	۰/۷۲^{b}
ژنوتیپ			
75C	۳۸/۸^{a}	۱۲/۰^{a}	۰/۸۲^{a}
75B	۳۸/۲^{a}	۷/۹^{b}	۰/۸۰^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, $p<0.05$).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیک خاک‌ها (مانند کیفیت ماده آلی، جمعیت و تنوع میکروبی و فرم ترکیبات معدنی) تحت شرایط کمبود و نبود اکسیژن تغییر می‌کنند و در نتیجه ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند پایداری خاکدانه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

تحت شرایط کمبود اکسیژن، عوامل خاکدانه‌ساز مانند اکسیدهای آهن و منگنز، پلی‌ساکاریدهای میکروبی و هیف‌های قارچی کاهش یافته و همچنین کیفیت ترکیبات آلی حاصل از تجزیه ماده آلی و ترشحات گیاهی و میکروبی، تغییر می‌کند؛ بنابراین تخریب خاکدانه‌ها و ناپایداری ساختمان خاک افزایش می‌یابد. گونه گیاهی، ریزجانداران و روابط همزیستی بین آنها می‌تواند ویژگی‌های بیولوژیک، شیمیایی و فیزیکی ریزوسفر را تحت شرایط تنش تهویه اصلاح کند. با کاهش تخلخل تهویه‌ای، تنفس میکروبی و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب به طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد خاکدانه‌های پایدار در آب و مقدار ماده آلی در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت (E+) بیش‌تر از ریزوسفر گیاهان بدون اندوفیت (E–) بود. همزیستی اندوفیت-فسکیوی بلند از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای و تاثیر بر مقدار و نوع ترشحات گیاهی و در نتیجه افزایش ذخیره کربن آلی خاک، کیفیت شیمیایی و بیولوژیک و به دنبال آن کیفیت فیزیکی ریزوسفر را تحت شرایط کمبود اکسیژن افزایش داده و بنابراین خاکدانه‌سازی را بهبود بخشید.

منابع

Adams, A.E., Kazenel, M.R., Rudgers, J.A., 2017. Does a foliar endophyte improve plant fitness under flooding? Plant Ecology 218(6), 711-723.

Angers, D.A. and Mehuys, G.R. 1990. Barley and alfalfa cropping effects on carbohydrate contents of a clay soil and its size fractions. Soil Biology and Biochemistry, 22, 285–288.

Chen, C., Condron, L., Davis, M. and Sherlock, R. 2000. Effects of afforestation on phosphorus dynamics and biological properties in a New Zealand grassland soil. Plant and Soil, 220(1-2), 151–163.

De-Campos, A.B., Mamedov, A.I. and Huang, C.-h. 2009. Short-term reducing conditions decrease soil aggregation. Soil Science Society of America Journal, 73(2), 550–559.

Handayani, I.P., Coyne, M.S. and Phillips, T.D. 2011. Soil organic carbon fractions differ in two contrasting tall fescue systems. Plant and Soil, 338(1-2), 43–50.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A. and Sabzalian, M.R. 2015a. Influence of tall fescue endophyte infection on structural stability as quantified by high energy moisture characteristic in a range of soils. Geoderma, 249, 87–99.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A. and Sabzalian, M.R. 2015b. Aboveground fungal endophyte infection in tall fescue alters rhizosphere chemical, biological, and hydraulic properties in texture-dependent ways. Plant and Soil, 388(1-2), 351–366.

Husson, O. 2013. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Plant and Soil, 362(1-2), 389–417.

Jones, D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere–a critical review. Plant and Soil, 205(1), 25–44.

Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: A. Klute, Ed. Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 425–442.

Kalisz, B., Lachacz, A. and Glazewski, R. 2015. Effects of peat drainage on labile organic carbon and water repellency in NE Poland. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39(1), 20–27.

Malinowski, D.P. and Belesky, D.P. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Science, 40(4), 923–940.

Naveed, M., Brown, L., Raffan, A., George, T.S., Bengough, A.G., Roose, T., Sinclair, I., Koebernick, N., Cooper, L. and Hackett, C.A. 2017. Plant exudates may stabilize or weaken soil depending on species, origin and time. European Journal of Soil Science, 68(6), 806–816.

Neilson, J.W. and Pepper, I.L. 1990. Soil respiration as an index of soil aeration. Soil Science Society of America Journal, 54(2), 428–432.

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research, 79(1), 7–31.

Tokarz, E. and Urban, D. 2015. Soil redox potential and its impact on microorganisms and plants of wetlands. Journal of Ecological Engineering, 16(3), 20–30.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The effects of tall fescue-endophytic fungus symbiosis and soil aeration on aggregate stability in the rhizosphere

Saedi[*1], T., Mosaddeghi[2], M.R., Sabzalian, M.R.[3]

[1] PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

[3] Assoc. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

It is well-known that the endophytic fungus-tall fescue symbiosis can improve the properties of rhizosphere. Besides, soil physical, chemical and biological quality is diminished under the oxygen-limited conditions. The objective of this study was to evaluate the effects of endophyte-tall fescue symbiosis on the rhizosphere aggregates stability under different soil aeration conditions. A greenhouse experiment was performed with the factorial arrangement of treatments in a completely randomized design with three replications. Experimental treatments were seven levels of air-filled porosity (0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 and 15.0 %v/v) in a sandy loam soil, two endophyte statuses including endophyte-infected (E+) and endophyte-free (E–) and two genotypes of tall fescue (75C and 75B). Four months after planting and establishment of the plants, aeration stress levels were applied for nine months. Then, soil samples were collected from the rhizosphere, and percent of water-stable aggregates, microbial respiration and soil organic matter content were determined. The results showed that the percent of water-stable aggregates and microbial respiration significantly reduced by decreasing the air-filled porosity. However, significant correlation was not observed between organic matter content and percent of water-stable aggregates (r=0.25, p>0.1). In addition, the results showed that the percent of water-stable aggregates and organic matter content were greater in the rhizosphere of E+ plants compared to E– plants. Indeed, the endophytic fungi increased the stability of rhizosphere aggregates through the extension of root system, enhanced organic carbon storage.

Keywords: Rhizosphere, Endophytic fungus, Air-filled porosity, Water-stable aggregates, Microbial respiration

[*] Corresponding author, Email: tayebeh.saedi@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثرات بلند مدت بیوچار حاصل از برگ خرما بر انواع تخلخل خاک لوم رسی شنی

پریا نسیمی[۱]، احمد کریمی[۲*]، زهرا گرامی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۳] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

بیوچار منبع مهمی از ماده آلی است که باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود، اما شناخت اثرهای طولانی مدت آن نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. به این منظور، این مطالعه با هدف بررسی اثرات بلند مدت بیوچار حاصل از برگ خرما بر انواع تخلخل خاک لوم رسی شنی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور ماده اصلاح کننده (بیوچار برگ خرما) در چهار سطح شامل شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی و فاکتور زمان در چهار سطح شامل ۱، ۳، ۶ و ۹ ماه پس از اعمال تیمارها با سه تکرار به صورت آزمایش گلدانی انجام شد و شاخص‌های تخلخل کل (F)، تخلخل مویین و تهویه‌ای اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که اثر اصلی زمان ($P<0.01$) و اثر متقابل زمان و سطح کاربرد ماده اصلاحی ($P<0.05$) بر تخلخل کل معنی‌دار بودند. اثر اصلی سطح کاربرد ($P<0.01$) بر تخلخل تهویه‌ای و همچنین اثر اصلی سطح کاربرد ماده اصلاحی و زمان ($P<0.01$) بر تخلخل مویین معنی‌دار گردیده است. بیشترین کارایی مصرف بیوچار برگ خرما بر تخلخل کل، تخلخل مویین خاک در کوتاه مدت بوده است و تغییرات تخلخل تهویه‌ای نسبت به زمان روند ثابتی ندارد. در نتیجه می‌توان از بیوچار برگ خرما برای مدیریت، اصلاح خاک و افزایش پایدار ماده آلی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی بهره برد.

کلمات کلیدی: بقایای گیاهی، تخلخل کل، تخلخل مویین، ماده آلی

مقدمه

وجود بقایای گیاهی پس از برداشت محصولات زراعی، یکی از مشکلات کشاورزی در ایران است که یکی از راهکارهای استفاده از این بقایا، تجزیه زیست توده در اثر حرارت است. هنگامی که این فرآیند در شرایط بدون اکسیژن یا با مقدار جزئی اکسیژن در دمای کم‌تر از ۹۰۰ درجه‌سانتی‌گراد انجام شود، بیوچار تولید می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۶). بیوچار پایداری بالایی داشته و به منظور مدیریت ضایعات کشاورزی، تولید انرژی، کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و بهبود ویژگی‌های خاک تولید می‌شود که خصوصیات ویژه‌ی بیوچار، آن را به عنوان گزینه‌ی مناسبی برای مصرف در خاک به عنوان اصلاح‌کننده مطرح کرده‌است. بیوچار ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را تحت تأثیر قرار داده و موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (خادم و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از فواید افزودن بیوچار به خاک افزایش تخلخل خاک (Zhang و همکاران، ۲۰۱۹) است که تخلخل خاک شامل دو بخش مویین و تهویه‌ای است (برزگر، ۱۳۷۹) تخلخل مویین به بخشی از خلل و فرج گفته می‌شود که آب را با نیروی مویین نگهداری کرده و قطر آنها در حدود ۰/۶ میلی‌متر یا کمتر است و تخلخل تهویه‌ای آن بخش از تخلخل کل است که قطر حفره‌های آن بیشتر از ۰/۶ میلی‌متر باشد و در مکش ۵۰ سانتی‌متری ارتفاع آب از رطوبت خالی شود (برزگر، ۱۳۷۹) که افزودن بیوچار به خاک به دلیل تخلخل بالای ذاتی در بیوچار، کمک به افزایش منافذ درشت خاک، افزایش پایداری ساختمان خاک به علت وجود مواد آلی زیاد، باعث افزایش تخلخل و انواع آن می‌شود (نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۷). بیوچارها معمولاً جرم مخصوص ظاهری پایینی (حدود ۰/۳ گرم بر سانتیمتر مکعب) دارند، زیرا بیوچار در طول فرایند گرماکافت ساختار متخلخل پیدا کرده، سطح ویژه آن زیاد و جرم مخصوص ظاهری آن کم می‌شود، بنابراین به دلیل داشتن سطح ویژه و تخلخل بالا، باعث تغییر در توزیع اندازه منافذ و افزایش تخلخل خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شوند (Haefele و همکاران، ۲۰۱۱). از طرفی، تخلخل بیوچار به ماده اولیه‌ای که بیوچار از آن تولید می‌شود و شرایط تجزیه در اثر حرارت از جمله دمایی که در آن تولید می‌شود و مدت زمان تجزیه بستگی دارد (Glaser و همکاران، ۲۰۰۲).

در این زمینه Karhu و همکاران (۲۰۱۱) با کاربرد ۹ تن در هکتار بیوچار حاصل از گرماکافت بقایای گیاهی در یک خاک کشاورزی متوجه افزایش ۳/۸ درصدی جرم مخصوص ظاهری و ۳/۷ درصدی تخلخل خاک شدند. نتایج بررسی‌های Obia و همکاران (۲۰۱۶) در یک آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که

* ایمیل نویسنده مسئول: karimiahmad1342@yahoo.com

افزودن بیوچار تهیه شده از بلال ذرت، در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد در یک خاک لوم شنی، جرم مخصوص ظاهری را ۳ تا ۵ درصد به ازای هر درصد بیوچار اضافه شده، کاهش و تخلخل خاک را ۲ درصد به ازای هر درصد بیوچار اضافه شده، افزایش داد. Burrell و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر بیوچار تولید شده از خرده چوب در دمای ۵۲۵ درجه سانتی‌گراد را بر جرم مخصوص ظاهری و آب قابل دسترس در سه نوع خاک با بافت‌های لوم شنی، سیلتی لوم و لوم رسی بررسی کردند. بیوچار به میزان ۳ درصد وزنی به خاک‌ها اضافه شد. نتایج آنها نشان داد که افزودن بیوچار به خاک‌های لومی شنی و سیلتی لوم و لوم رسی به ترتیب کاهش ۳/۱۳، ۳/۱۰ و ۹/۹ درصدی جرم مخصوص ظاهری شد. بیوچار به دلیل سطح ویژه بالایی که دارد، افزایش آب قابل دسترس در توزیع اندازه ذرات و تخلخل خاک ایجاد کرده است. در همین راستا، در یک آزمایش گلخانه‌ای با افزودن مقدار ۴ درصد وزنی بیوچار تولید شده از ساقه گندم در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به یک خاک ماسه‌ای، به ترتیب افزایش ۶/۵۹، ۲۷ و ۶/۶۵ درصد رطوبت در حد ظرفیت زراعی، سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود (Chen و همکاران، ۲۰۱۱)، چون در یک واحد حجم خاک بیوچار وزن خاک را کاهش می‌دهد و همچنین سبب افزایش حجم منافذ خاک نیز می‌شود. Ouyang و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که بیوچار به علت تخلخل بالا به طور مستقیم و از طریق افزایش ماده آلی خاک به طور غیر مستقیم رطوبت قابل دسترس را افزایش می‌دهد.

مصرف بیوچار، به عنوان روش مدیریتی در خاک‌های کشاورزی، نیازمند شناخت تغییرات ایجاد شده در خاک دارد که تولید این ماده و مصرف آن در خاک‌های ایران که کمبود ماده آلی در آنها شایع است و پایداری بالای آن جهت حفظ سطح ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها با گذشت زمان، می‌تواند به عنوان یکی از بهترین روش‌ها مد نظر قرار گیرد. در مناطق جنوبی کشور، با وجود میلیون‌ها اصله نخل و هرس سالانه‌ی آنها این امکان فراهم است که از این بقایا جهت تولید بیوچار برگ خرما استفاده شود تا علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باعث کاهش ضایعات درخت خرما شود. بر این اساس در این پژوهش تأثیر بیوچار حاصل از برگ خرما بر انواع تخلخل در یک خاک لوم رسی شنی به منظور بررسی عملکرد بیوچار در طولانی مدت انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش نمونه خاکی از محوطه دانشگاه شهرکرد از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی عبور داده شد که نتایج آزمایش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ – برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی

عامل	Sand	Silt	clay	ρb	ps	porosity
واحد	درصد	درصد	درصد	گرم بر سانتی‌متر مکعب		درصد
مقدار	۵۱/۵	۲۶/۵	۲۲	۱/۳۷	۲/۵۸	۴۸/۵

به‌منظور تولید بیوچار، برگ خرما از مرکز تحقیقات استان خوزستان تهیه شد و نمونه‌های برگ پس از هوا خشک شدن و خرد کردن در لوله-های فلزی مناسب ریخته و در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت تقریباً ۲ ساعت در داخل کوره قرار داده شد تا فرآیند گرماکافت انجام شود. نمونه-های مخلوط خاک و بیوچار به مدت یک ماه در داخل کیسه‌های نایلونی، در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت ثابت خوابانده شدند و سپس بیوچار آماده‌شده که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده بود، به گلدان‌های پلاستیکی ۳ کیلوگرمی منتقل گردید. آزمایش با اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت زراعی خاک در ابتدای آزمایش، رطوبت همه تیمارها به حد ظرفیت زراعی رسانده شد و در طول دوره آزمایش آبیاری بر اساس کسر ۵۰ درصد آب قابل استفاده انجام شد. در نهایت برخی ویژگی‌های فیزیکی از قبیل جرم مخصوص ظاهری (ρb)، جرم مخصوص حقیقی (ps)، تخلخل کل (F)، تخلخل مویین و تهویه‌ای اندازه‌گیری شد. درصد تخلخل کل خاک با توجه به مقادیر جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی از رابطه ۱ محاسبه شد که در آن ρb، جرم مخصوص ظاهری، ps، جرم مخصوص حقیقی با واحد گرم بر سانتی‌مترمکعب و F درصد تخلخل کل خاک است. جرم مخصوص ظاهری به روش استوانه فلزی نمونه برداری از خاک، جرم مخصوص حقیقی خاک به روش پیکنومتر (Black و Hartge، ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد.

$$F = \left(1 - \frac{\rho b}{ps}\right) * 100 \qquad (1)$$

تخلخل مویین خاک با استفاده از قرار دادن نمونه‌ها در دستگاه صفحه فشاری تحت مکش (۵ کیلو پاسکال) و اندازه‌گیری رطوبت باقیمانده در منافذ میکرو خاک تحت مکش، از طریق تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها که با قرارگیری در آون و تعیین اختلاف وزن مرطوب و خشک نمونه‌ها تعیین شد و از تفاضل بین تخلخل کل و مویین تخلخل تهویه‌ای محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۸).

برای بررسی اثرات بیوچار و زمان بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ماده اصلاح کننده (بیوچار) با چهار سطح (شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی معادل صفر، ۱۸، ۳۶ و ۷۲ تن در هکتار) و زمان نیز با چهار سطح (۱، ۳، ۶ و ۹ ماه) در ۳

تکرار در گلدان انجام گرفت. برای پی بردن به اثر تیمارها از جدول تجزیه واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از چند روش دامنه‌ای دانکن به کمک نرم‌افزار STATISTICA10 انجام شد.

نتایج و بحث

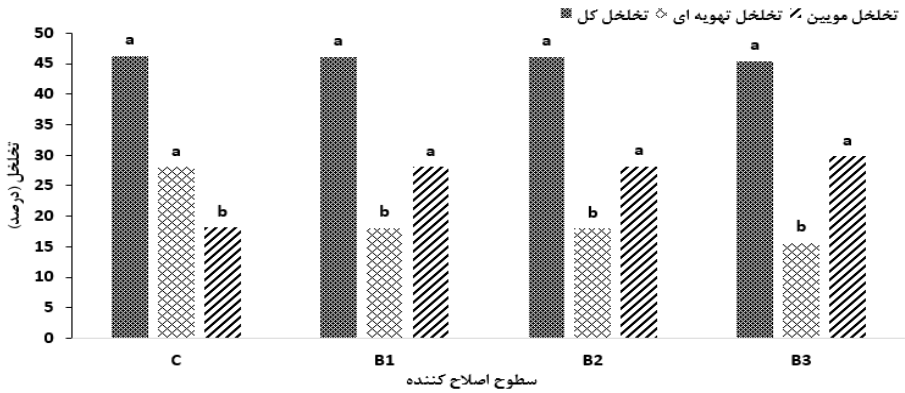
نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار برگ خرما بر تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای و تخلخل مویین نشان می‌دهد (جدول ۲) که اثر اصلی زمان ($P<0.01$) و اثر متقابل زمان و سطح کاربرد ماده اصلاحی ($P<0.05$) بر تخلخل کل معنی‌دار شده‌اند اما اثر اصلی سطح کاربرد ماده اصلاحی بر تخلخل کل معنی‌دار نشده است. اثر اصلی سطح کاربرد ماده اصلاحی ($P<0.01$) بر تخلخل تهویه‌ای معنی‌دار بود و اثر اصلی زمان و اثر متقابل زمان و سطح کاربرد ماده اصلاحی بر تخلخل تهویه‌ای معنی‌دار نشده است. همچنین اثر اصلی سطح کاربرد ماده اصلاحی و زمان ($P<0.01$) بر تخلخل مویین معنی‌دار گردیده است و اثر متقابل سطح و زمان بر تخلخل مویین معنی‌دار نبوده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار برگ خرما بر تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای و تخلخل مویین

منبع تغییر	درجه آزادی	تخلخل کل	تخلخل تهویه‌ای میانگین مربعات	تخلخل مویین
سطح	۳	۱/۷^{ns}	۳۷۱/۹**	۳۴۰/۳**
زمان	۳	۸۶/۷**	۵/۹^{ns}	۱۰۴/۱**
زمان*سطح	۹	۶/۸*	۷/۴^{ns}	۱/۳^{ns}
خطا	۲۴	۲/۹	۴/۳	۰/۹

**: بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: غیر معنی‌داری است.

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی (بیوچار برگ خرما) کاربرد بر تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای و تخلخل مویین (شکل۱) نشان می‌دهد که با افزایش سطح کاربرد ماده اصلاحی بیوچار، تخلخل کل تغییری نکرده است و بین سطوح مختلف کاربرد اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطوح کاربرد بیوچار، تخلخل تهویه‌ای نسبت به شاهد کاهش یافته است و بین سطوح مختلف و شاهد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد، اما بین سطوح ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی بیوچار حتی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی و سطوح کاربرد بر تخلخل مویین نشان می‌دهد که با افزایش سطح کاربرد بیوچار، تخلخل مویین افزایش یافته است و بین سطوح مختلف کاربرد بیوچار و شاهد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد اما بین سطوح کاربرد بیوچار اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود ندارد.



تیمارهای با حروف لاتین مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

شکل ۱– نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی (بیوچار برگ خرما) و سطوح کاربرد بر تخلخل کل، تهویه‌ای و مویین

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اصلاح‌کننده و زمان بر تخلخل کل را نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات مربوط به تیمارهای B_1، B_2 و B_3 در زمان T_1 است که این تیمارها با داشتن ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی بیوچار برگ خرما (معادل ۱۸، ۳۶ و ۷۲ تن در هکتار) در ماه اول نسبت به شاهد، ۳/۲، ۲ و ۵/۴ درصد تخلخل کل را افزایش داده‌اند و کمترین تغییرات مربوط به تیمار B_3 با ۲ درصد وزنی بیوچار در ماه ششم است که نسبت به شاهد ۸/۷ درصد، تخلخل کل کاهش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که با گذشت زمان در تمامی سطوح کاربرد بیوچار، تخلخل کل کاهش یافته است

و در ماه اول، تخلخل کل بالاترین میزان است و نشان از کارایی بیوچار در کوتاه مدت در افزایش تخلخل کل دارد که افزایش تخلخل خاک ناشی از تأثیر مثبت کربن بیوچار مصرفی در هم آوردی ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌های جدید و افزایش منافذ درشت و در واقع کاهش منافذ ریز در خاک ایجاد شده است. همچنین افزایش پایداری خاکدانه و تشکیل خاکدانه‌های درشت، علت افزایش تخلخل خاک نیز می‌تواند باشد که یافته‌های این پژوهش با نتایج Baiamonte و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر افزایش تخلخل خاک به ازای بیوچار اضافه شده و نتایج تحقیقات Blanco-Canqui (۲۰۱۷) که نشان دادند افزایش بیوچار، تخلخل خاک را ۱۴ تا ۶۴ درصد در کوتاه مدت افزایش می‌دهد، همخوانی دارد. همچنین نتایج این پژوهش کاهش تخلخل کل را در بلند مدت نشان داده است که علت پایین بودن استحکام مکانیکی بیوچار است که با گذشت زمان بیوچار به ذرات ریزتر تجزیه می‌شود و با پر کردن منافذ خاک ρb خاک خشک را افزایش می‌دهد که این یافته‌ها نیز با نتایج Verheijen و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد.

جدول ۳– نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اصلاح‌کننده و زمان بر تخلخل کل

سطح	زمان			
	T_1	T_2	T_3	T_4
B_0	۴۸/۵۷^{ab}	۴۶/۵۰^{bc}	۴۵/۰۱^{cd}	۴۵/۰۲^{cd}
B_1	۵۰/۱۰^{a}	۴۶/۰۲^{bcd}	۴۳/۳۰^{de}	۴۵/۱۷^{cd}
B_2	۴۹/۵۲^{a}	۴۴/۵۰^{cd}	۴۶/۰۶^{bcd}	۴۴/۳۸^{cd}
B_3	۵۱/۱۸^{a}	۴۶/۱۱^{bcd}	۴۱/۰۹^{e}	۴۳/۴۰^{cde}
میانگین	۴۹/۸۴^{a}	۴۵/۷۸^{b}	۴۳/۸۶^{c}	۴۴/۴۹^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر پایه آزمون چند دامنه‌ای انکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتایج مقایسه میانگین اثر زمان بر تخلخل تهویه‌ای (جدول ۴) نشان می‌دهد که تخلخل تهویه‌ای در زمان‌های T_1، T_2، T_3 و T_4 (معادل ۱، ۳، ۶ و ۹ ماه) اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارد و همچنین تغییرات تخلخل تهویه‌ای با زمان روند ثابتی ندارد.

نتایج مقایسه میانگین اثر زمان بر تخلخل مویین نشان می‌دهد که تخلخل مویین با گذشت زمان کاهش یافته است و بالاترین مقدار تخلخل مویین در ماه اول (T_1) و پایین ترین مقدار تخلخل مویین در ماه نهم (T_4) بوده است و مقدار تخلخل مویین در ماه سوم، ششم و نهم (T_2، T_3 و T_4) با ماه اول (T_1) به ترتیب به میزان ۱۵/۳، ۱۸/۷ و ۲۲ درصد کاهش یافته است که این نتایج بیانگر کارایی مصرف بیوچار برگ خرما در افزایش تخلخل مویین در کوتاه مدت است. علت آن است که افزودن ماده اصلاحی بیوچار که با ساختار حفره‌ای و متخلخل و داشتن ماده آلی زیاد، موجب بهبود ساختمان خاک شده است که افزایش فرآیند خاکدانه‌سازی نیز باعث افزایش منافذ خاک از قبیل ماکرو و میکروپورها در خاک و در نهایت افزایش تخلخل خاک را موجب شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان به پژوهش Gao Lu و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد که در آن مشخص شد کاربرد بیوچار سبوس برنج در خاک رسی موجب افزایش ماکروپورها، مزوپورها، میکروپورها نسبت به تیمار شاهد می‌شود. تفاوت حجم منافذ بین خاک‌های تیمار شده با بیوچار و کمپوست می‌تواند تحت تأثیر فرآیند فلوکوله شدن و خاکدانه سازی توسط این اصلاح‌کننده‌ها باشد. یافته‌های Jien و Wang (۲۰۱۳) نیز نشان داد که با کاربرد ۲/۵ و ۵ درصد بیوچار چوب درخت در خاک، موجب افزایش تخلخل خاک شده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

جدول ۴– نتایج مقایسه میانگین اثر زمان بر تخلخل تهویه‌ای و مویین

شاخص	زمان			
	T_1	T_2	T_3	T_4
تخلخل تهویه‌ای	۱۹/۵۵^{a}	۲۰/۱۲^{a}	۱۹/۲۴^{a}	۲۰/۸۵^{a}
تخلخل مویین	۳۰/۳۰^{a}	۲۵/۶۷^{b}	۲۴/۶۲^{c}	۲۳/۶۴^{d}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر پایه آزمون چند دامنه‌ای انکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج تجزیه واریانس تأثیر طولانی‌مدت بیوچار برگ خرما بر انواع تخلخل در یک خاک لوم رسی شنی نشان داد که اثر اصلی زمان ($P<0.01$) و اثر متقابل زمان و سطح کاربرد ماده اصلاحی ($P<0.05$) بر تخلخل کل معنی‌دار بودند. اثر اصلی سطح کاربرد ($P<0.01$) بر تخلخل تهویه‌ای و همچنین اثر اصلی سطح کاربرد ماده اصلاحی و زمان ($P<0.01$) بر تخلخل مویین معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد ماده اصلاحی (بیوچار برگ خرما) بر تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای و تخلخل مویین نشان می‌دهد که با افزایش سطح کاربرد ماده اصلاحی بیوچار برگ خرما، تخلخل کل نسبت به شاهد تغییری نکرده است و تخلخل تهویه‌ای کاهش و تخلخل مویین افزایش یافته است. در مجموع نتایج نشان داد افزودن

بیوچار به خاک باعث بهبود تخلخل کل و تخلخل مویین خاک در کوتاه مدت (ماه اول) شده است و تغییرات تخلخل تهویه‌ای نسبت به زمان روند ثابتی ندارد. علت کاهش تخلخل کل و تخلخل مویین در بلند مدت نیز می‌تواند به علت افزایش ρb و پایین بودن استحکام مکانیکی بیوچار باشد که با گذشت زمان بیوچار به ذرات ریزتر تجزیه می‌شود و با پر کردن منافذ خاک ρb خاک، تخلخل کل و تخلخل مویین را افزایش می‌دهد. در انتها پیشنهاد می‌شود، مطالعاتی در مقیاس مزرعه و بر روی بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمایی و بیولوژیکی اصلاح‌کننده‌ی بیوچار در طولانی مدت انجام شود.

منابع

برزگر، ع. ا. ۱۳۷۹. فیزیک خاک پیشرفته. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۳۵ صفحه.

خادم، ا.، رئیسی، ف. و بشارتی، ح. ۱۳۹۶. مروری بر اثرات کاربرد بیوچار بر خصوصیات فیزیکی، شیمایی و زیستی خاک. نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی، ۵(۱)، ۱۳-۳۰.

علیزاده، ا. ۱۳۸۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). چاپ اول.

مرادی، ن.، رسولی‌صدقیانی، م.ح. و سپهر، ا. تأثیر نوع و مقدار بیوچار بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده بعضی عناصر غذایی در یک خاک آهکی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۴)، ۱۲۳۲-۱۲۴۶.

نیک‌روش، ا.، برومند نسب، س.، ناصری، ع.ع. و سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۷. بررسی اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لوم شنی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۲ (۲)، ۳۸۷-۳۹۷.

Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F. and Pasquale, C.D. 2019. Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. Catena, 175:294-303.

Black, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk density. In: Methods of Soil Analysis. Part1. editio. ASA and SSSA. Madison. WI. pp: 363-375.

Blanco-Canqui, H. 2017. Biochar and soil physical properties. Review and Analysis-Soil Physics and Hydrology. Soil Science Society of America Journal, 81:687-711.

Burrell, L.D., Zehetner, F., Rampazzo, N., Wimmer, B. and Soja, G. 2016. Long-term effects of biochar on soil physical properties. Geoderma, 282: 96-102.

Chen, X., Chen, G., Chen, L., Chen, Y., Lehmann, J., McBride, M.B. and Hay, A.G. 2011: Adsorption of copper and zinc by biochars produced from pyrolysis of hardwood and corn straw in aqueous solution. Bioresource Technology, 102 (19):8877–8884.

Gao Lu, S., Fang, S.F. and Tong, Z.Y. 2014. Effect of rice husk biochar and coal fly ash on some physical properties of expansive clayey soil (Vertisol). Catena, 114: 37-44.

Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. Biology and Fertility of Soils, 35: 219–230.

Haefele, S.M., Konboon, Y., Wongboon, W., Amarante, S., Maarifat, A.A., Pfeiffer, E.M. and Knoblauch, C. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. Field Crops Research, 121: 430–440.

Jien, S.H. and Wang, C.S. 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. Catena, 110, 225-233.

Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I. and Regina, K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH4 uptake and water holding capacity. Results from a short-term pilot field study. Agriculture, Ecosystems & Environment, 140:309–13.

Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G. and Børresen, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. Soil and Tillage Research, 155: 35–44.

Ouyang, L., Wang, F., Tang, J., Yu, L. and Zhang, R. 2013. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 13 (4): 991-1002.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A., Van der Velde, M. and Diafas, I. 2009. Biochar application to soils-a critical scientific review of effects on soil properties. Processes and functions, European commission joint research centre for scientific and technical reports, pp. 51-68.

Zhang, Z., Zhu, Z., Shen, B and Liu, L. 2019. Insights into biochar and hydrochar production and applications: a review. Energy, 1(35):1-59.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Long-term Effects of Palm Leave Biochar on the Types of Porosity of Sandy Clay Loam Soil

Nasimi[1], P., Karimi[*2], A., Gerami, Z.[3]

[1] M.Sc. Graduated Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[3] PhD Candidate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

Abstract

Biochar is a major source of organic matter which improves the physical and chemical properties of the soil, but recognizing its long-term effects requires further research. To this end, this study was conducted to investigate long-term effects of palm leave biochar on the types of porosity of sandy clay loam soil. The experiment was a factorial based on a completely randomized design with two factors, factor of amendment (palm leave biochar) in four levels including control, 0.5, 1 and 2% by weight and time factor at four levels including 1, 3, 6 and 9 months after applying the treatments with three replications in a pot experiment was conducted and total porosity (F), capillary porosity and air filled porosity were measured. The results showed that the main effect of time ($P < 0.01$) and the interaction between time and level of application of amendment ($P < 0.05$) on total porosity were significant. The main effect of application level ($P < 0.01$) on air filled porosity, as well as the main effect of the level of amendment and time ($P < 0.01$) on capillary porosity was significant. The most efficient use of palm leave biochar on total porosity, capillary porosity in the short term has been and the variation in air filled porosity is not constant over time. As a result, it is possible to use palm leave biochar for management, soil improvement and sustainable organic matter uptake and reduce the use of chemical fertilizers.

Keywords: Crop residue, Total porosity, Capillary porosity, Organic matter

* Corresponding author, Email: karimiahmad1342@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

پایش ضرایب نفوذپذیری با استفاده از تصاویر ماهواره ای و برداشتهای زمینی در منطقه سمنان

مهین خسروی* ،علی‌اصغر ذوالفقاری، محمدرضا یزدانی

۱ دانشجوی دکتری گروه مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

۲ استادیار گروه مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

۳ دانشیار گروه مناطق خشک، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان

چکیده

دردست داشتن اطلاعات مربوط به نفوذپذیری خاک در طراحی سیستم های آبیاری و ارتقای روش های مدیریتی منابع آب سودمند است. تخمین ضرایب نفوذپذیری با توجه به متغییرهای محیطی ما را در پیش بینی دقیقتر نفوذپذیری خاک یاری خواهد کرد. این تحقیق به منظور بررسی و یافتن ارتباط بین متغییرهای محیطی و ضرایب نفوذپذیری در روشهای کوستیاکوف، فیایپ و هورتون برای تعیین موثرترین متغییرمحیطی انجام شد. در این مطالعه فن آوری تصاویر ماهواره ای در کنار برداشتهای زمینی برای تخمین ضرایب نفوذپذیری خاک استفاده شد. بدین منظور نمونه برداری در۶۰ نقطه انجام گرفت و در هر نقطه متغییرهای زمینی برداشت گردید. همبستگی ضرایب نفوذپذیری خاک با داده های ماهواره سنجندهOLI و داده های برداشت زمینی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ضریب c در مدل هورتون با باند ۷ سنجنده OLI با R^2 حدود ۰/۸۵ بیشترین همبستگی داشته است و کمترین همبستگی را ضریب k در مدل کوستیاکوف با باند ۹ سنجنده OLI با. R^2 حدود ۰/۳۰ داشته است. بالاترین تباین بین بازتاب خاک وآب در باند مادون قرمز نزدیک و پس از آن باند قرمز قرار دارد. بنابراین باندهای ۶،۷و۹ بهترین تخمین را از ضرایب نفوذپذیری ارائه داده اند.

کلمات کلیدی: هورتون، فیلیپ، کوستیاکوف، نفوذپذیری

مقدمه

فرآیند نفوذپذیری نقشی بسیار مهم در چرخه آبی طبیعت ایفا مینماید. ارزیابی این فرایند درخاک با استفاده از روش های فیزیکی و تجربی انجام می شود. اندازه گیری خصوصیات فیزیکی خاک و ارتباط دادن پارامترهای هیدرولیکی به هم می توانند ما را در تعیین نفوذ[1]کمک نماید. در این مطالعه با استفاده از نتایج برداشت های زمینی و بکارگیری داده های تصاویر ماهواره ای ارتباط بین متغییرهای محیطی و ضرایب نفوذپذیری در روشهای کوستیاکوف، فیایپ و هورتون بررسی شد و موثرترین متغییرمحیطی در هریک از این روشها تعیین گردید داده های سنجنده های ماهواره ای اطلاعات مناسبی از پدیده های محیطی در مقیاس وسیع فراهم می کنند (Kogan, 2000; Legates 2000) از آنجاکه ضرایب نفوذپذیری به کاررفته در مدلهای نفوذ باهم متفاوت هستند انتظار میرود بین متغییرهای محیطی و ضرایب نفوذپذیری، ارتباطی وجود داشته باشدکه باعث عملکرد متفاوت روشهای نفوذ شده است(Ghorbani dashtaki et al,2009). در مطالعه ای که توسط Nowruze و همکاران(۲۰۰۷) انجام شد با استفاده از شاخص NDVI رطوبت خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی خوبی بین رطوبت لایه سطحی خاک و شاخص NDVI وجود داشته است. Hamzeh و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده های سنجش از دور و روشهای تجربی رطوبت خاک را محاسبه نمودند. نتایج نشان داد که ترکیب روشهای تجربی نفوذ و داده های سنجش از دور می‌تواند جهت مدل سازی رطوبت خاک در سطح وسیع کارآمد باشد. در مطالعه دیگری که توسط Jalini (۱۹۹۱) انجام شد ضمن ارزیابی و تعیین ضرایب مدلهای نفوذ آب در خاک (کاستیاکف۲، فیلیپ۳ و هورتون۴) تأثیر شرایط سطح خاک روی میزان نفوذ آب به خاک مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که شرایط سطح خاک تأثیر قابل توجهی روی میزان نفوذ داشته است. Neshat and Parekar (۲۰۰۷) با

ایمیل نویسنده مسئول * :ma.khosravi@semnan.ac.ir

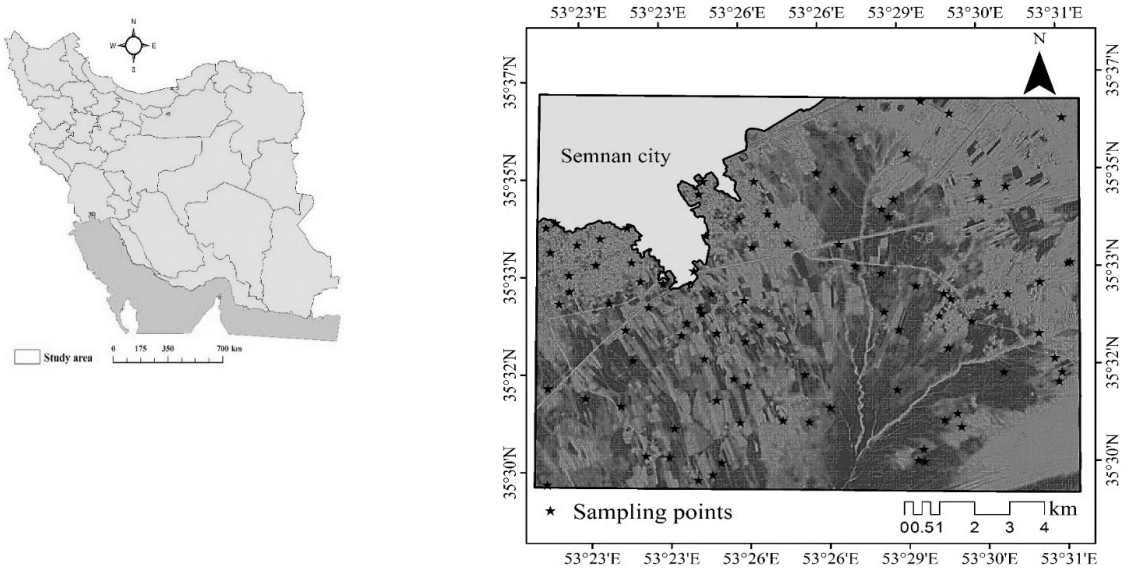
[1] - infiltration
[2] - Kastiacov
[3] - Philippe
[4] - Kastyakov and Horton

مقایسه روشهای مختلف سرعت نفوذ دریافتند که ضرایب مدل کوستیاکوف نسبت به بقیه مدل ها تغییرات بیشتری رانسبت به شرایط خاک نشان می دهد و استفاده از ضرایب مدل های کوستیاکوف و هورتون برای برآورد نفوذ تجمعی در درازمدت همراه با خطای قابل ملاحظه ای است. Kavian و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات مکانی نفوذپذیری پرداختند نتایج نشان داد که وابستگی مکانی قوی بین نفوذپذیری آب در خاک وجود داشته است بدین معنی که بین نمونه های خاک (متغییرهای محیطی)ونفوذپذیری ارتباط مکانی قوی وجود داشت.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه و تعیین نقاط نمونه برداری

منطقه مورد مطالعه در استان سمنان واقع و وسعتی برابر با ۱۶۶۳۰ هکتار از اراضی دشت سمنان را شامل می‌شود. شکل(۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در استان سمنان نشان می‌دهد. کاربری منطقه در اراضی کشاورزی عمدتاً گندم‌زار است که به‌صورت آبی کشت می‌شود همچنین در عرصه منابع طبیعی نیز کاربری منطقه مراتع با پوشش ضعیف می باشند. میانگین دما و بارندگی سالانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۸/۵ درجه سلسیوس و ۱۳۸ میلی‌متر است.



شکل ۱. موقعیت منطقه موردمطالعه و توزیع نقاط نمونه‌برداری با استفاده از روش مربع لاتین مشروط

در این مطالعه برای تعیین نقاط نمونه‌برداری از روش مربع لاتین مشروط۵ استفاده شد. برای اجرا و تعیین نقاط نمونه‌برداری با استفاده از این روش احتیاج به متغییر های محیطی است. این متغیرهای محیطی می‌توانند از تصاویر ماهواره ای استخراج شوند. در این مطالعه باندها و شاخص های تصویر ماهواره ای لندست ۸ که بیشترین ارتباط را به نفوذپذیری خاک داشتند، به عنوان متغیرهای محیطی در تعیین نقاط نمونه برداری با استفاده از مربع لاتین مشروط استفاده شد. مطالعات گذشته نشان داد که شاخص‌های شاخص رشد پایدار۶ (Perry and Lautenschlager,1984)، شاخص رشد پایدار۷ (Walther and Shabaani)، شاخص رشد گیاهان مستطیلی۸ (Qi et al. 1994)، شاخص باروری تغییر داده شده در خاک۹ (Baret et, al.1989) و شاخص باروری تغییر یافته در خاک۱۰ (Baret and Guyot., 1991) و خصوصیات خاک مانند EC، PH، وزن مخصوص ظاهری، محتوی کلسیم و منیزیم، کربنات کلسیم، ماده آلی خاک، هدایت هیدرولیکی و بافت

[5] - Modified Latin hypercube
[6] - Perpendicular Vegetation Index
[7] - Perpendicular Vegetation Index
[8] - Perpendicular Vegetation Index
[9] - Transformed Soil Adjusted Vegetation Index
[10] - Perpendicular Vegetation Index

خاک شامل ذرات رس، سیلت و شن با ضرایب خاک مرتبط می‌باشد. لذا در این مطالعه از خصوصیات مذکور به عنوان ورودی های روش مربع لاتین مشروط استفاده شد. در نهایت با استفاده از روش مذکور تعداد ۶۰ نقطه انتخاب و نمونه‌برداری از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر خاک انجام شد.

متغییرهای محیطی و انتخاب داده ها

در این مطالعه، برای تعیین دقیقتر نفوذ، داده های از راه دور (RS) به عنوان پیش بینی کننده در نظر گرفته شدند. داده های RS از صحنه های بدون ابر تصویر Landsat 8 OLI در ماه مه ۲۰۱۵ به دست آوردند که از سرور ناسا آزادانه به دست می آیند. زنجیره متغییرهای محیطی شامل سه بانده مرئی (باند۲، ۳ و ۴)، مادون قرمز نزدیک (باند۵)، مادون قرمز کوتاه (باند۶ و ۷)، پانکروماتیک (باند۸)، سیروس (باند۹)، مادون قرمزبلند (باند ۱۰) و باند(۱۱) با وضوح فضایی ۳۰ متر به ۳۰ متر می رسد. در نهایت، ۱۶ متغییر محیطی از تصاویر OLI بدست آمد

مدلهای نفوذپذیری

مدل کاستیاکف

از جمله معادلات تجربی که قدیمی ترین معادله نفوذ آب به خاک است معادله کاستیاکف می باشد که در سال ۱۹۳۲ و بصورت زیر ارائه شده است.

$$I(t) = at^b$$ رابطه (1)

نفوذ تجمعی I (t) ، زمان t ، a و b ضرایب متفاوتی برای خاکهای مختلف است و به ترتیب بزرگتر از صفر و بین صفر تا یک می باشد، ولی بعد Philipp (1954) ضرایب معادله فوق را از نقطه نظر فیزیکی بررسی کرده و معتقد است که در زمانهای اولیه (کمتر از ده دقیقه)۰/۵ b =و a برابر با ضریب جذبی خاک(S) است Hartli (1992) معتقد بود که ضرایبa وb بستگی به زمان نفوذ، درصد رطوبت اولیه و هدایت هیدرولیکی خاک دارند.

مدل هورتون

معادله تجربی دیگری که بیشتر میان هیدرولوژیستها کاربرد دارد معادله هورتون می باشد. هورتون پس از مشاهده های فراوان درباره چگونگی نفوذ آب به خاک به این نتیجه رسید که نفوذ آب به خاک از یک تابع نمائی پیروی می کند .این توابع نمائی شامل فرایندهایی می شوند که در آن سرعت انجام کار، متناسب با کار باقی مانده است. معادله هورتون برای شدت نفوذ در نهایت به صورت زیر درمی آید:

$$I(t) = i_c + (i_o - i_c)e^{-kt}$$ رابطه (2)

در این معادله اگر t به سمت بی نهایت میل کند، i(t) برابر با مقداری ثابت و i(c) کمیت مثبت و بزرگتر از صفر خواهد بود و این از مزایای معادله می باشد.Brndstvn (۱۹۸۸)گزارش کرد که معادله هورتون بقدر کافی فرایند نفوذ را در زمانهای کوتاه نشان نمی دهد، چون زمانیکه t=0 باشد i(t)=io خواهد بود و ما هیچوقت در زمان صفر نفوذی نداریم تا شدت نفوذ برابر io باشد.

مدل فیلیپ

یکی دیگر از مدل های نفوذپذیری، مدل فیلیپ است .در این مدل، مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ از مشتق رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$I(t) = st^{0.5} + kt$$ رابطه (3)

در رابطه فلیپ ضریب اشباع خاک بر حسب S سانتیمتر بر جذر ساعت، هدایت هیدرولیکی بر حسب K سانتیمتر بر ساعت است.

نتایج و بحث

پس از تعیین متغییرهای محیطی توسط برداشت های زمینی و پردازش تصاویر ماهواره لندست سنجنده OLI اقدام به تعیین رابطه همبستگی بین داده های زمینی و تصاویر ماهواره سنجنده OLI گردید. با توجه به روشهای برآورد نفوذ مراحل ارزیابی داده ها به صورت زیر انجام شد.

آنالیز همبستگی ضرایب نفوذپذیری با تصاویر ماهواره ای

بررسی میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از روشهای مختلف، مقادیر مختلفی از نفوذ را نشان می دهد بنابراین، بعضی از این روشها بیشتر تحت تاثیر متغییرهای محیطی هستند. جهت شناسایی روابط بین متغییرهای محیطی و ضرایب نفوذپذیری در مدل های مختلف نفوذ، ابتدا همبستگی بین ضرایب نفوذپذیری در هر یک از مدل ها و ۲۸ متغییر محیطی شامل ۱۶ باند و شاخص تصاویر ماهواره ای و ۱۲ خصوصیات خاک به دست آمد، نتایج

همبستگی نشان داد که ضرایب c, a درمدل هورتون و s, k در مدل فیلیپ و k در مدل کوستیاکوف نسبت به باندها و شاخص های تصاویر ماهواره ای همبستگی بیشتری را نسبت متغییرهای مربوط به خصوصیات خاک نشان دادند. ضرایب b, m به ترتیب در مدلهای کوستیاکوف و هورتون تحت تاثیر هیچ یک از متغییرهای محیطی قرار نگرفتند که نشاندهنده مستقل بودن این ضرایب نسبت به متغییرهای محیطی است. همچنین، نتایج نشان داد که ضریب k در مدل کوستیاکوف با باند۹ سنجنده OLI دارای رابطه معنی دار مثبت و قوی بود. در مدل فیلیپ ضریب s با باند ۹و ۱۱دارای رابطه معنی دار و مثبت و ضریب k با باندهای ۵، ۶ و ۷ و شاخص های باروری تغییر داده شده در خاک و باروری تغییر یافته در خاک و رس خاک دارای همبستگی مثبت و رابطه معنی دار بوده است. نتایج بدست آمده نشان داد که از روی میزان انعکاس در محدوده مادون قرمز نزدیک به همبستگی بین متغییرهای محیطی و ضرایب نفوذپذیری پی برد. که از این نظر با تحقیقات Neshat and Parekar(۲۰۰۶) و Nowruz و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر وجود همبستگی بین متغییرهای محیطی و ضرایب مدل های نفوذپذیری همخوانی دارد. ضریب k در مدل فیلیپ بیشترین همبستگی را با باند ۷(مادون قرمز کوتاه) و کمترین را با رس خاک داشته است. بنابراین می توان از این باند برای تفکیک متغییرهای مربوط به آب و خاک استفاده نمود. ضریب c در مدل هورتون با باندهای ۶ ، ۷ و ۱۰ داری همبستگی مثبت و معنی داری بوده است. ارتباط این ضریب با شاخصهای باروری تغییر داده شده در خاک و باروری تغییر یافته در خاک به ترتیب به صورت منفی ضعیف و مثبت ضعیف بوده است. نتایج نشان داد این ضریب بیشترین همبستگی را با باند ۶ و حداقل آن را با باروری تغییر یافته در خاک داشته است. Hartley (۱۹۹۲) گزارش دادکه ضریب نفوذپذیری c بستگی به درصد رطوبت اولیه، هدایت موئینگی و هدایت هیدرولیکی خاک (رطوبت سطح خاک) داشته است که هریک از این مواردبروی مقادیر بازتابش طیفی خاک (امواج قرمز و مادون قرمز) تاثیر داشته است بنابراین نتایج بالا با توجه به واکنش طیفی خاک قابل انتظار است. بیشترین همبستگی از میان کل ضرایب مربوط به ضریب c در مدل هورتون با باند ۷ سنجنده OLI با مقدار۰/۸۵ =R^2 و کمترین همبستگی را ضریب k در مدل کوستیاکوف با باند ۹ بسنجنده OLI با مقدار ۰/۳۰ =R^2 داشته است. در مطالعه ای که توسطNeshat and Parekar((۲۰۰۷) انجام شد، نتایج نشان داد که ضرایب مدل کوستیاکوف بیشترین و ضرایب مدل هورتون کمترین ضریب تبیین نسبت به متغییرهای محیطی(بافت خاک) داشته است.

نتایج کلی این تحقیق نشان می دهدکه تمام شاخص هایی که در فرمول آن ها داده هایی در فاصله خط خاک و باند سبز وآبی قرار دارد همبستگی ضعیفی با ضرایب نفوذپذیری داشته اند، زیرا خاک و آب در این باندها دارای بازتاب کاملا مشابهی هستند. بنابراین تعیین ضرایب نفوذپذیری به کمک شاخص هایی که شامل این باندها هستند، دارای دقت کمی دارند و از این نظر بارفتار طیفی خاک همخوانی دارد. بالاترین تباین بین بازتاب خاک وآب در باند مادون قرمز نزدیک و پس از آن باند قرمز می باشد. بنابراین باندهای ۶،۷و۹ که با داده های این سه باند محاسبه می شوند به خوبی بین خاک و آب تمایز قائل شده و بهترین تخمین را از ضرایب نفوذپذیری ارائه داده اند از این نظر با مطالعات Alavi panah و همکاران (۲۰۰۲) مبنی بر اینکه پدیده های مختلف با توجه به میزان رطوبت شان انعکاس طیفی مختلف داشته و از هم تفکیک می شوند، همخوانی دارد.

آنالیز همبستگی ضرایب نفوذپذیری با خصوصیات خاک

از میان ضرایب مدل های مختلف ضریب k در مدل فیلیپ با ذرات بافت خاک دارای رابطه معنی دار بوده است . مقادیر همبستگی برای رس و سیلت به صورت معکوس ضعیف و برای شن خاک به صورت قوی و مستقیم مشاهده شد به عبارت دیگر هرچه اندازه بافت خاک ریزتر باشد، در نتیجه نسبت بازتاب کاسته می شود و در مقابل با افزایش اندازه ذرات تشکیل دهنده خاک (درشت بافت) میزان بازتاب افزایش پیدا می کند هر چند بر طبق نتایج محققین مختلف مشخص شده است که هر چه اندازه ذرات کوچکتر باشد خاک نرمتر و میزان بازتابش بیشتر است. نتایج متضاد ما و افزایش شدت بازتابش در بافت های درشت تر را می توان به وجود ترکیبات خاکهای شنی، نسبت داد (Bellinaso et al. 2013) برای ضریب k در مدل فیلیپ رابطه معنی داری با سایر متغییرهای برداشت زمینی مشاهده نشد. از دیگر ضرایب تحت تاثیر خصوصیات خاک ضریب a در مدل هورتون است که این ضریب با وزن مخصوص ظاهری دارای ارتباط معنی دارمثبت و قوی بوده است در

مطالعه ای Jalini (۱۹۹۱) و Neshat and Parekar(۲۰۰۷) گزارش دادند که تأثیر شرایط خاک (بافت خاک) روی میزان نفوذ آب در خاک و ضرایب نفوذپذیری به صورت معنی دار بوده است.

تعیین اهمیت متغییرهای محیطی

به منظور تعیین اهمیت متغییرهای محیطی در ضرایب نفوذپذیری از همبستگی پیرسون استفاده شد نتایج نشان دادندکه باندهای ۷، ۶ و۹ سنجنده OLI و وزن مخصوص ظاهری از میان متغییرهای محیطی دارای اهمیت بیشتر بوده است و شاخص های باروری تغییر داده شده در خاک و باروری تغییر یافته در خاک و بافت خاک شامل رس و سیلت و شن در مراتب بعدی اهمیت قرار داشته اند. به عبارت دیگر باندهای۷و۶ سنجنده OLI

با داشتن مقادیر R^2 به ترتیب (۰/۸۵ ، ۰/۸۰) دارای دقت بالایی بوده وبرای تعیین ضرایب نفوذ مناسب تر بودند. از پارامترهای مهم دیگر وزن مخصوص ظاهری بود که با داشتن R^2 حدود ۰/۴۵وباند ۹ سنجنده OLI با R^2 حدود ۰/۳۰ دارای دقت متوسط بوده وشاخص های فوق و بافت خاک دارای کمترین اهمیت بودند.

تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه خطی

جهت به دست آوردن رابطه رگرسیونی بین ضرایب نفوذپذیری در هر یک از مدل های نفوذ با مهمترین باندهای سنجنده OLI از رگرسیون گام به گام چندگانه خطی استفاده شد. معادلات ضرایب نفوذ و باند۷، ۶ و ۹ و وزن مخصوص ظاهری به صورت معادلات رگرسیونی به دست آمد، که در میان ضرایب نفوذپذیری ضریب K در مدل فیلیپ با مقادیر باند۷ بیشترین همبستگی داشته است. محتوای باند ۹ و وزن مخصوص ظاهری نسبت به باند ۷ با مقادیر DN به ترتیب در رتبه های دوم و سوم قرار گرفته اند بنابراین، باند ۷ موثرترین متغییرمحیطی در تعیین ضرایب نفوذپذیری با مقدار

R^2=۰/۸۵ تشخیص داده شد. در روابط رگرسیونی به دست آمده برای ضرایب نفوذپذیری، ضریب DN روابط رگرسیونی برای مدل هورتون، فیلیپ و کوستیاکوف مثبت بدست امد که نشاندهنده تاثیر این ضرایب در مدلهای هورتون، فیایپ و کوستیاکوف به صورت مستقیم بود یعنی هرچه مقادیر ضرایب DN بزرگتر شوند دقت مدل بالاتر رفته و آن معادله برای بررسی نفوذپذیری خاک مناسب تر است و از این نظر با مطالعات Neshat و همکاران

(۲۰۰۵) و Horton (۱۹۴۰) مبنی بر قرار داشتن مقادیرضرایب نفوذ به صورت مثبت مطابقت دارد. در جدول (۲)همبستگی بین باندها و شاخص های تصاویر ماهواره ای وضرایب نفوذپذیری در مدلهای مختلف نشان داده شده است.

جدول (۲)همبستگی بین باندها و شاخص های تصاویر ماهواره ای وضرایب نفوذپذیری در مدلهای مختلف

مدل		معادله رگرسیونی	R^2(ضریب تبیین)
کوستیاکوف	k	K=0.008(DN9)-44.41	۰/۳۰
هورتون	a	a=-27.59(Bulk density)+55.47	۰/۴۵
	c	c=0.0002(DN6)-6/133	**۰/۸۰**
فیلیپ	s	s=0.004(DN9)-25.01	**۰/۳۵**
	k	K=0.0003(DN7)-5.696	**۰/۸۵**

نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که ضرایب نفوذپذیری در مدل کوستیاکوف، فیلیپ و هورتون نسبت به باندها و شاخص های تصاویر ماهواره ای همبستگی بیشتری را در مقابل خصوصیات خاک نشان داده اند. ضرایب a ,c درمدل هورتون و k ,s در مدل فیلیپ و k در مدل کوستیاکوف نسبت به متغییرهای محیطی ارتباط معنی داری را نشان دادند. ضرایب m ,b به ترتیب در مدلهای کوستیاکوف و هورتون تحت تاثیر متغییر محیطی قرار نگرفته و مستقل می باشند. تباین بین بازتاب طیفی ضرایب نفوذپذیری خاک خصوصا در باند مادون قرمز نزدیک قابل توجه می باشد .باتوجه به این یافته می توان دریافت که در صورت استفاده از تصاویر ماهواره ای مناسب وانتخاب یا تعریف شاخص های طیفی مناسب در باندهای قرمز و به ویژه باند مادون قرمز نزدیک می توان بین ضرایب نفوذپذیری خاک تمایز قایل شد. در باندهای مرئی تصویر ماهواره ای تفاوت بین بازتاب طیفی ضرایب نفوذپذیری خاک ناچیز می باشد، بنابراین همان گونه که از این نتیجه انتظار می رفت شاخص هایی که شامل باندهای آبی و سبز تصویر ماهواره ای بودند نتوانستند بین ضرایب نفوذپذیری تمایز قابل ملاحظه ای قائل شده و با داده های تصاویر ماهواره ای همبستگی مناسبی داشته باشند. ضرایب نفوذپذیری که توسط داده های تصاویر ماهواره ای تخمین زده شده است همبستگی مناسبی با ضرایب نفوذپذیری با R^2 بزرگتر از ۵۰ درصد داشته اند. بیشترین همبستگی از میان کل ضرایب مربوط به ضریب c در مدل هورتون با باند ۷ سنجنده OLI با مقدارR^2= ۰/۸۵ بود و کمترین همبستگی را ضریب k در مدل کوستیاکوف با باند ۹ سنجنده OLI با مقدار و R^2= ۰/۳۰ را داشته است.

منابع

جلینی، م. ۱۳۷۵. تعیین ضرایب مد لهای نفوذ آب به خاک در خا کهای اراضی کرکج .پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ۹۹.

حمزه، س. محرابی، م. علوی پناه، س، ک. کیاورز، م. صبائی،ر. ۱۳۹۸. برآور رطوبت خاک با استفاده از داده های سنجش از دور و سیستم بیلان انرژی. سطح. انتشار آنلاین از تاریخ ۰۲ اردیبهشت.۱۳۹۸

کاویان، ع ، ا. احمدی مراسکی، ز. حبیب نژاد روشن، م. جعفریان، ز. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک با استفاده از روشهای تجربی و زمین آماری در دشت ساحلی گلوگاه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۸(۱) ، (۱۸۶-۱۷۷).

مدیری،م. مبانی و اصول دورکاوی. جزوه درسی

نشاط، ع. پاره کار، م. ۱۳۸۶. مقایسه روش های تعیین سرعت نفوذ عمودی آب در خاک. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۴(۳).

نوروزی، ا، ل. بهبهانی، س، م، ر. رحیمی، خ، ع. عقیقی، ح. ۱۳۸۷. مدل رطوبتی لایه سطحی خاک با استفاده از شاخص (NDVI) مطالعه موردی: مراتع استان خراسان رضوی. مجله محیط شناسی، ۳۴ (۴۸) ، (۱۲۴-۱۳۶).

Bellinaso H., Demattê J.A.M., and Araújo S.R. 2010. Soil spectral library and its use in soil classification. Rev. Bras.Ciênc. Solo, 34:861–870.

Hartley, D.M. 1992. Interpretation of Kostiakov infiltration parameters for borders. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 118(1): 156-164.

Horton, R.E. 1923. "The Role of Infiltration in the Hydrologic Cycle" Trans.Am. Geophysical union. 14 -446. 460.

Kogan, F. N. 2000. Contribution of remote sensing to drought early warning In D.A. Wilhite, & D.A. Wood(Eds), Early warning systems for drought preparedness and drought management (PP. 75-87). Geneva:Word Meteorogical Organization.

Legates, D. R. 2000. remote sensing hydro climatology: An introduction. The professional Geographer, 52, 233-234.

Kostiakov, A.N. 1932. On the dynamics of coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying in from dynamic point of view for purposes of amelioration, Tran. Com, Int.Soc. Soil Sci. Moscow, Part A, pp. 17-21.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Monitoring permeability coefficients using satellite imagery and ground observations in Semnan region

KHOSRAVI1*, M., Zolfaghari2, A. A. Yazdani2, , M. R

[1] Ph D. Student, Management of Arid Areas Department, Faculty of Desertification University of Semnan, Iran
[2] Assistant Prof., Management of Arid Areas Department, Faculty of Desertification University of Semnan, Iran
[3] Associate Prof., Management of Arid Areas Department, Faculty of Desertification University of semnan, Iran

Abstract

It is useful to have information on permeability soil in designing irrigation systems and promoting water resource management methods. Estimating the permeability coefficient will help us to more accurately predict permeability soil with respect to our environmental covariates. This research was conducted to determine the relationship between environmental covariates and permeability coefficients in the Kastiacov, Philippe and Horton methods for determining environmental effects. In this study, the technology of satellite imagery along with the sampling land was used to estimate permeability soil. For this purpose, sampling was carried out at 60 points and in each place a environmental covariates was taken. Correlations of permeability soil with OLI satellite data and land data were evaluated. The results showed that the coefficient c in the Horton model with the band 7 OLI sensors had the most correlation with about R2= 0.85 and the least correlation with K coefficient in the Kastiacov model had with band 9 OLI sensor with about R2 = 0.30. The highest difference is between the reflection of soil and water near the infrared band and then the red band. So, bands 6, 7 , 9 provide the best estimate of the permeability coefficient.

Keywords: Horton, Philippe, Kastiacov, Permeability

* Corresponding author, Email:ma.khosravi@semnan.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تاثیر کاربرد بیوچار حاصل از کود گاوی بر وزن مخصوص ظاهری در بافت لوم شنی

فاطمه عیسوندرجبی[۱*]، احمد کریمی[۲]، حمیدرضا متقیان[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۲] استادیارگروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

بیوچار، نام ترکیب آلی پایداری است که از تجزیه گرمایی هر نوع زیست توده تحت شرایط محدودیت اکسیژن، که پیرولیز گفته می‌شود تهیه می‌گردد. بیوچار به دلیل ساختار متخلخلی که دارد سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک می‌شود. از این رو پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات بیوچار حاصل کود گاوی بر وزن مخصوص ظاهری در خاک لوم شنی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. سطوح صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی بیوچار تولید شده از کود گاوی (دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و مدت حرارت‌دهی ۳ ساعت) در خاک با بافت لوم شنی در ۳ تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اعمال گردید. شصت روز پس از اختلاط خاک و بیوچار وزن مخصوص ظاهری خاک تعیین شد. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک می‌گردد. به طوری که با افزایش مقدار بیوچار نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار وزن مخصوص ظاهری گردید که به دلیل وزن مخصوص پایین ذرات بیوچار و نقش آن در بازآرایی منافذ خاک و تشکیل منافذ ثانویه نسبت داده می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بیوچار به عنوان یک اصلاح کننده در خاک‌های سبک بافت که ظرفیت نگهداری آب کمی دارند روش مناسبی است.

کلمات کلیدی: کود گاوی، وزن مخصوص ظاهری

مقدمه

اهمیت مواد آلی دراصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند تخلخل، هدایت هیدرولیکی، ساختمان و نگهداری رطوبت به خوبی شناخته شده است (گلدبرگ، ۲۰۰۸). از زمان‌های گذشته بقایا و پسماندهای آلی سنتی مانند کود دامی و بقایای محصولات، معمولاً به‌عنوان اصلاح‌کننده‌های خاک و منبع عناصر غذایی، در خاک‌های کشاورزی به کار می‌رفته است. این کودهای آلی به سبب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک سبب ارتقا کیفیت خاک می‌شوند. به علاوه احتمال آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از این کودها در مقایسه با کودهای شیمیایی کمتر است (سایوزی و همکاران، ۱۹۹۹). در کشورهای پیشرفته در زمینه کشاورزی پایدار به دلیل توجه زیاد به مسئله تثبیت کربن در خاک و نقش آن در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید اصلاح‌کننده‌های خاک کارآمد و درعین‌حال با کمترین آسیب به محیط‌زیست مورد توجه زیادی قرارگرفته است. در سال‌های اخیر از بیوچار (زغال زیستی) به عنوان اصلاح‌کننده خاک و به عنوان روشی برای ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی استفاده شده است. در واقع بیوچار نام یک ترکیب آلی غنی از کربن است که از طریق تجزیه گرمایی هر نوع زیست توده تحت شرایط بدون اکسیژن یا حضور جزئی آن، که در اصطلاح پیرولیز گفته می‌شود، بدست می‌آید (سوهی و همکاران، ۲۰۱۰). علی رغم اهمیت خصوصیات فیزیکی خاک در افزایش تولید، به بررسی اثرات بیوچار بر این خصوصیات در مقایسه با خصوصیات شیمیایی توجه کمتری شده است. طی تحقیقاتی اثر بیوچار تولید شده از خرده چوب در دمای ۵۲۵ درجه سانتی-گراد را بر وزن مخصوص ظاهری در بافت خاک لوم شنی بررسی کردند. بیوچار به میزان ۳ درصد وزنی به خاک اضافه شد. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار به خاک لوم شنی، سبب کاهش ۱۳/۳درصدی چگالی ظاهری شد (بورل و همکاران، ۲۰۱۶). اثر بیوچار حاصل از زغال درخت کاج در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد را در بافت لوم شنی بررسی کردند. بیوچار درسه سطح ۰/۵، ۱ و ۲/۵ درصد وزنی به خاک افزوده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که در بافت لوم شنی بیوچار سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری می‌شود (پیک و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر بیوچار حاصل از ترکیب دو نوع علف هرز با گندم زمستانه در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد را در خاک شن لومی را بررسی کردند. بیوچار درچهار سطح ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی به خاک افزوده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که به ترتیب سبب کاهش ۳، ۹ و ۲۰ درصدی وزن مخصوص ظاهری و به ترتیب افزایش ۵، ۱۲ و

* ایمیل نویسنده مسئول: fatirajabi6770@gmail.com

۲۴ درصدی تخلخل خاک شدند (گلاب و همکاران، ۲۰۱۶). لذا هدف پژوهش حاضر، بررسی اثرات سطوح بیوچار حاصل از کود گاوی بر وزن مخصوص ظاهری در بافت خاک لوم شنی بود.

مواد و روش‌ها

برای این پژوهش نمونه خاک (بافت لوم شنی از چلوان سامان) از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک‌های استان چهارمحال بختیاری برداشته شد. نمونه‌های خاک پس ازجمع‌آوری به آزمایشگاه دانشگاه شهرکرد منتقل شدند. نمونه های خاک هوا خشک شده و از الک ۴ میلی‌متری برای پر کردن گلدان‌ها و بخشی از نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی معمول خاک مانند پ‌هاش در گل اشباع (توماس، ۱۹۹۶)، بافت خاک به روش هیدرومتری (جی و بادر، ۱۹۸۶)، ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (نلسون و سامرز، ۱۹۹۶)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (رویدز، ۱۹۹۶)، درصد کربنات کلسیم معادل با روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک یک نرمال و تیتراسیون اسید اضافی با هیدروکسید سدیم (لوپیرت و اسپارکس، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شدند.

جهت تهیه بیوچار از کود گاوی استفاده شد. کود گاوی از مزرعه دامپروری دانشکده کشاورزی فراهم شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و خرد کردن در لوله‌های فلزی کاملا مسدود شده و صرفا یک سوراخ به قطر حدود ۱ میلی‌متر به منظور خروج گاز حاصل از فرآیند پیرولیز درآنها تعبیه شده قرار داده شد. سپس لوله‌ها را در یک کوره الکتریکی تهویه‌دار (مدل ATRA; PC-12) در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد و مدت حرارت‌دهی سه ساعت حرارت داده شدند. سپس بیوچار تولید شده در کیسه پلاستیکی قرار داده شدند و برخی از ویژگی‌های بیوچار شامل pH، هدایت الکتریکی، کربن، نیتروژن، مقدار خاکستر و بازده بیوچار، اندازه‌گیری شد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ سونگ و جئو، ۲۰۱۲).

تجزیه و تحلیل آماری بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تجزیه واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از روش چنددامنه دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ به کمک نرم افزار STATISTICA8 مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) و ویژگی‌های بیوچار در جدول(۲) ارائه گردیده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت	pH	EC(dS m^{-1})	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	ماده آلی (٪)	کربنات کلسیم معادل (٪)	رطوبت ظرفیت زراعی(٪)
لوم شنی	۷/۶	۰/۷۱۸	۵۵	۲۷	۱۸	۰/۸۹	۵	۲۶/۰۳

جدول ۲- برخی خصوصیات کود گاوی وبیوچار مورد استفاده آن در این پژوهش

	pH(۱:۵)	EC(dSm^{-1})	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	C:N	مقدار خاکستر(٪)	بازده(٪)
کود گاوی	۸/۱۵	۲/۰۶	۴۷/۳۰	۱/۲۴	۳۸/۱۲	۲۶	-
بیوچار گاوی	۷/۱۵	۰/۹	۶۲	۲/۱۷	۲۸/۵۷	۵۶/۲	۲۱

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، کاربرد بیوچار اثر معنی‌داری بر مقدار وزن مخصوص ظاهری داشت ($P<0.01$). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش درصد بیوچار مقدار وزن مخصوص ظاهری در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (جدول۴). به طوری که کمترین مقدار وزن مخصوص ظاهری(۱/۲۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) خاک در تیمار سطح ۲ درصد وزنی بیوچار و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد (۱/۷۶ گرم بر سانتیمتر مکعب) به‌دست آمد. افزودن بیوچار سبب کاهش چگالی ظاهری می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۱۱)، چون در یک واحد حجم خاک، بیوچار وزن خاک را کاهش می‌دهد و همچنین سبب افزایش حجم منافذ خاک نیز می‌شود. در همین راستا در پژوهشی مشابه اوبیا و همکاران (۲۰۱۶) در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش کردند که افزودن بیوچار تهیه شده از بلال ذرت در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد در یک خاک لوم شنی، وزن مخصوص ظاهری را ۳ تا ۵ درصد به ازای هر درصد بیوچار اضافه شده کاهش داد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای بیوچار بر وزن مخصوص ظاهری (ρb)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		ρb ($g\ cm^{-3}$)
اصلاح‌کننده	۴	۰/۱۶۱۳۲**
خطا	۱۰	۰/۰۰۱۳۹

**. معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای بیوچار بر وزن مخصوص ظاهری (ρb)

اصلاح کننده	B0	B1	B2	B3	B4
میانگین	۱/۷۶^{a}	۱/۷۲^{a}	۱/۳۵^{b}	۱/۳۷^{b}	۱/۲۵^{c}

*:سطوح بیوچارکود گاوی (B0، B1، B2، B3 و B4) به ترتیب بیان کننده در سطح صفر ، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که کاربرد بیوچار(به‌ویژه در سطح۲ درصد وزنی) باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری در مقایسه با تیمار شاهد (بدون بیوچار) گردید که این کاهش به دلیل کاهش جرم خاک و افزایش حجم منافذ خاک توسط بیوچار رخ داده است.. لذا با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بیوچار به عنوان یک اصلاح کننده به خصوص در خاک‌های سبک بافت که ظرفیت نگهداری آب کمی دارند و به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با مساله کمبود منابع آب مواجه هستند، روش بسیار مناسبی است.

منابع

Burrell, L. D., Zehetner, F., Rampazzo, N., Wimmer, B., and Soja, G. 2016. Long-term effects of biochar on soil physical properties. Geoderma, 282, 96-102.

Chen, H.X. Z.L., Du, W., and. Zhang, Q. Z. 2011. Effects of biochar amendment on cropland soil bulk density cation exchange capacity and particulate organic matter content in the North China Plain. Journal of Applied Ecology, 22, 2930-2934.

Gee, G. W., and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis hydrometer methods. In: Sparks DL et al. (Eds). Method of Soil Analysis. part 1. pp: 383-411. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI USA.

Głąb, T., Palmowska, J,. Zaleski, T,. and Gondek, K. 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. Geoderma, 281, 11–20.

Goldberger, J. R. 2008. Diffusion and adoption of non-certified organic agriculture: a case study from semi-arid Makueni District. Kenya. Journal of Sustainable Agriculture, 32(4), 597–609.

Loeppert, R. H., and Sparks, D. L. 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks, D. L, (ed) Methods of Soil Analysis.Part3 chemical methods. SSSA Mardison WI. PP, 437-474.

Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1996. Total carbn organic carbn and organic matter. In: Sparks, D. L, et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3 3rd Ed. pp. 961-1010. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI USA.

Obia, A., Mulder, j., Martinsen, V., Cornelissen, G., and Børresen, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. Soil and Tillage Research ,155, 35–44.

Peake, L. R., Reid, B. J., Tang, X. 2014. Quantifying the influence of biochar on the physical and hydrological properties of dissimilar soils. Geoderma ,235, 182-190.

Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved salts. In: Sparks D.L. et al.(Eds) Methods of Soil Analysis. Part 3 3rd Ed. pp. 417-436. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI. USA.

Saviozzi, A., Biasci, A., Riffaldi, R., and Levi-Minzi, R. 1999. Long-term effects of farmyard manure and sewage sludge on some soil biochemical characteristics. Biology and Fertility of Soils, 30, 100-106.

Singh, B., Singh, B. P., and. Cowie, A. L. 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. Aust Journal Soil Research, 48, 516-525.

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., and Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy, 105, 47–82.

Song, W., and. Guo, M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 94, 138-145.

Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil asidity. In: Sparks D.L. et al. (Eds) Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Eds. pp. 475-490. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI. USA.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The Effect of Biochar Using Cow Manure on Bulk Density in Sandy Loam Textures

Esvand Rajabi[*1],F., Karimi, A., Motaghian ,H.R[3].

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrkord, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrkord, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrkord, Iran

Abstract

The biochar name is the organic compound of sustainability, which is derived from the thermal analysis of any biomass under conditions of oxygen restriction, which is said to be pyrolysis. Due to the porous structure it improves the physical condition of the soil. Therefore, the present study was carried out to investigate the effects of cow cattle on bulk density in sandy loam soil under greenhouse conditions. The levels of zero (control), 0.5, 1, 1.5 and 2 wt% of cow manure (temperature 400 ° C and heating time of 3 hours) in soil with sandy loam in 3 replicates The factorial was applied in a completely randomized design. Sixty days after the mixing of the soil and bulk soil gravity was determined. The results showed that unsustainable application could improve the physical condition of the soil. As the amount of biochar increased significantly, the bulk density decreased significantly due to the low specific gravity of the particles and its role in the rearrangement of soil pores and the formation of secondary porosities. According to the results obtained in this study, it can be concluded that the use of biochar as a modifier in soils of lightweight texture, which has a low water holding capacity, is a suitable method.

Keywords: Cow manure, bulk density

[*] Corresponding author, Email: fatirajabi6770@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه[۱]

اثر ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند تحت سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان آب‌گریزی و کربن آلی خاک

زهرا غلامی[۱،*]، محمد رضا مصدقی[۲]، محمد مهدی مجیدی[۳]، محمد رضا سبزعلیان[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۲] استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۳] استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۴] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

بحران کمبود آب، تغییر اقلیم و افزایش شدت و مدت دوره‌های خشک‌سالی به شدت کشاورزی را تهدید می‌کند. از این رو شناسایی و انتخاب گونه‌ها و ژنوتیپ‌های گیاهی با مقاومت زیاد، توان بازگشت پس از خشک‌سالی‌های مکرر و حفظ ساختمان خاک اهمیت زیادی دارد. سیستم ریشه‌ای گسترده و مقاومت و سازگاری زیاد در برابر تنش خشکی سبب انتخاب فسکیوی بلند به عنوان گیاهی مقاوم در برابر تنش شده است. در این پژوهش اثر ۱۷ ژنوتیپ فسکیوی بلند (به ترتیب ۵، ۷ و ۵ ژنوتیپ با دوره گل‌دهی زودرس یا E، میان‌رس یا M و دیررس یا L) در سه محیط (تنش خشکی) بر شاخص‌های کیفیت خاک بررسی شد. پس از سه سال کشت، نمونه‌برداری از خاک ریزوسفر این ژنوتیپ‌ها انجام گرفت و مقدار کربن آلی و آب‌گریزی خاک ریزوسفر و توده خاک (دور از ریشه) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد میزان کربن آلی و آب‌گریزی خاک در ریزوسفر ژنوتیپ‌های مختلف در سه محیط تنش بیش‌تر از توده خاک بود که می‌تواند ناشی از توسعه ریشه‌های فسکیوی بلند تحت تنش خشکی، پوسیدگی ریشه‌ها در برخی ژنوتیپ‌ها، افزایش ترشح موسیلاژها و مواد آب‌گریز و سازگاری این ژنوتیپ‌ها با شرایط تنش خشکی باشد. در این پژوهش ژنوتیپ‌های دیررس و میان‌رس به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر اثر بر کیفیت خاک شناخته شدند.

کلمات کلیدی : فسکیوی بلند، جذب‌پذیری آب، جذب‌پذیری اتانول، شاخص آب‌گریزی

مقدمه

حدود یک سوم از زمین‌های زیر کشت جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است که کشور ایران نیز در این منطقه قرار دارد (اعتمادی و فولادی، ۱۳۸۸). شناسایی ویژگی‌هایی که گیاهان را قادر به رشد در شرایط کم‌آبی می‌کند در مناطق با خاک‌های فقیر و فرسایش‌پذیر اهمیت دارد. تنش خشکی عامل محدودکننده‌ی رشد، بقا و تولید گیاهان در مناطق وسیعی از جهان است و انتظار می‌رود به دلیل بیابان‌زایی و تغییر اقلیم به صورت فزاینده‌ای افزایش یابد گونه *Festuca arundinaceae* معروف به فسکیوی بلند به نام فارسی بره نی یک نوع گیاه مرتعی و گونه‌ای هگزاپلوییید است (اعتمادی و فولادی، ۱۳۸۸). که دارای کاربرد دوگانه علوفه-چمن گندمیان است. (Hung و همکاران ۲۰۰۰) رشد وسیع ریشه، جذب و نگهداشت آب در عمق کم خاک و حفظ و فعالیت ریشه را به عنوان فاکتور-های فیزیولوژیک و مورفولوژیک فسکیوی بلند تحت تنش خشکی معرفی کردند که انتظار می‌رود این عوامل به طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب افزایش پایداری ساختمان خاک شوند. هم‌چنین (Bonz و همکاران ۲۰۰۴) فسکیوی بلند را به علت داشتن ریشه‌های عمیق به عنوان گیاه مقاوم به خشکی معرفی کردند.

بر اساس تعریف انجمن علوم خاک ایالات متحده (۱۹۹۷) ریزوسفر خاکی است که در اطراف ریشه گیاه واقع شده و ویژگی‌های آن با خاک غیرریزوسفری (خاک دور از ریشه) متفاوت است. مواد آلی از مهم‌ترین اصلاح کننده‌ها ساختمان خاک هستند. (Lynch و همکاران ۱۹۸۵) گزارش کردند ماده آلی تاثیر مثبتی بر پایداری خاکدانه‌ها دارد. آب‌گریزی از ویژگی‌های پویای خاک است که به مقاومت خاک در برابر مرطوب‌شدن گفته می‌شود. (Piccolo و Mbagwu ۱۹۹۹) با افزودن جداگانه ترکیبات آلی آب‌گریز و آب‌دوست، مشاهده نمودند که پس از ۴۰ روز پایداری خاکدانه‌ها در اثر افزودن ترکیبات آلی آب‌گریز افزایش یافت. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی مقدار کربن آلی و آب‌گریزی خاک ریزوسفر ۱۷ ژنوتیپ فسکیوی بلند تحت سطوح مختلف تنش خشکی انجام گرفت تا ژنوتیپ‌های برتر از نظر اثر بر کیفیت خاک شناسایی شوند.

* ایمیل نویسنده مسئول: z.gholami@gmail.com

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان با اقلیم فراخشک سرد در زمینی به مساحت ۲۰۰ متر مربع انجام شد. میانگین بیشینه دمای سالانه برابر ۲۳/۴ درجه سلیسیوس و میانگین کمینه دما برابر ۹/۱ درجه سلیسیوس و میانگین بارندگی سالانه برابر ۱۲۲/۸ میلی‌متر است. بافت خاک منطقه لومی و دارای pH حدود ۸/۱ است. کاشت ۱۷ ژنوتیپ فسکیوی بلند به ترتیب شامل ۵، ۷ و ۵ ژنوتیپ با دوره گل‌دهی زودرس یا E، میان‌رس یا M و دیررس یا L (جدول ۱) در مردادماه ۱۳۹۳ انجام شد. سه سطح تنش خشکی بر گیاهان در مزرعه به مدت سه سال (از ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶) اعمال شد بدین صورت که برای تیمار تنش کم، آبیاری کامل در زمان تخلیه مجاز (MAD) برابر ۵۰ درصد انجام می‌شد و تیمارهای تنش متوسط و شدید به ترتیب ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل، آب دریافت می‌کردند. در مردادماه ۱۳۹۶، نمونه‌برداری از خاک ریزوسفر (خاک چسبیده به ریشه) به دو صورت خاکدانه و کلوخه برای تمامی ژنوتیپ‌ها در ۲ تکرار انجام شد. بنابراین در این آزمایش از ریزوسفر ۱۷ ژنوتیپ تحت سه سطح تنش خشکی در دو تکرار، و در مجموع ۱۰۲ نمونه خاک تهیه شد و برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت خاک به آزمایشگاه منتقل شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نرم-افزار SAS (نسخه ۹/۴) تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

ژنوتیپ دیررس	منشا ژنوتیپ دیررس	کد ژنوتیپ دیررس	ژنوتیپ میان-رس	منشا ژنوتیپ متوسط	کد ژنوتیپ متوسط	ژنوتیپ زودرس	منشا ژنوتیپ زودرس	کد ژنوتیپ زودرس
۳L	ایران-اصفهان-مبارکه	۱	۱M	ایران-اصفهان-یزدآباد	۱۴	۱E	ایران-اصفهان-یزدآباد	۱۶
۷L	ایران-اصفهان-فوزوه	۱۳	۳M	ایران-اصفهان-مبارکه	۴	۳E	ایران-اصفهان-مبارکه	۱۷
۱۲L	مجارستان	۲	۱۱M	مجارستان	۷	۴E	ایران-اصفهان-مبارکه	۶
۱۵L	ایران-اصفهان-یزدآباد	۱۲	۱۹M	ایران-سمنان-شاهرود	۵	۹E	ایران-اصفهان-فوزوه	۱۱
۲۰L	ایران-اصفهان-فوزوه	۳	۲۱M	ایران-اصفهان-فوزوه	۱۵	۱۶E	ایران-اصفهان-فوزوه	۱۰
			۲۳M	لهستان	۸			
			۲۵M	ایران-سمنان-شاهرود	۹			

جدول ۱- وضعیت گل‌دهی و منشا ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند مورد بررسی در این پژوهش

درصد کربن آلی خاک با استفاده از روش سوزاندن تر تعیین شد. برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک از دستگاه ریز-نفوذسنج آزمایشگاهی و روش جذب‌پذیری ذاتی استفاده شد (Hallett و همکاران ۱۹۹۹). اساس اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک توسط این دستگاه، تفاوت در جذب‌پذیری (نفوذ) آب و اتانول توسط خاک در ابتدای فرایند نفوذ است؛ بنابراین نمونه‌های خاک به‌صورت کاملاً دست‌نخورده، ابتدا در آون با دمای ۳۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس خشک شده و سپس جذب‌پذیری آب نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و دوباره نمونه‌ها خشک شده و سپس جذب‌پذیری اتانول اندازه‌گیری شد. در بازه زمانی ابتدایی فرایند نفوذ (۰ تا ۱۸۰ ثانیه که هر ۵ ثانیه کاهش وزن یا جذب آب و اتانول توسط خاک یادداشت شد) جریان بیشتر تحت تأثیر گرادیان ماتریک صورت می‌پذیرد و اثر ثقل اهمیت کمی دارد. پارامتر مؤثر در مقدار نفوذ ابتدایی، جذب‌پذیری خاک (S) است که از طریق دبی جریان ماندگار مایع (آب یا اتانول) در مدت‌زمان کوتاه نفوذ با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \qquad (۱)$$

که در آن Q، دبی جریان ماندگار مایع، b برابر ۰/۵۵، r، شعاع انتهای لوله نفوذسنج در تماس با خاک (cm) و f تخلخل پر از هوای خاک (برابر تخلخل کل در شرایط خشک) است. جذب‌پذیری و هدایت هیدرولیکی خاک توسط شکل، فراوانی و اعوجاج منافذ خاک کنترل می-شوند. به‌طورکلی خاکی با منافذ درشت دارای هدایت هیدرولیکی بیشتر اما جذب‌پذیری کمتری نسبت به یک خاک با منافذ ریز است. Tillman و همکاران (۱۹۸۹) شاخص RI (شاخص آب‌گریزی) را برای ارزیابی آب‌گریزی خاک پیشنهاد کردند. این شاخص، از طریق اندازه‌گیری جذب‌پذیری آب (S_W) و اتانول (S_E) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$RI = 1.95 \frac{S_E}{S_W} \quad (۲)$$

ثابت ۱/۹۵ در معادله فوق به دلیل تفاوت کشش سطحی و گران‌روی بین آب و اتانول در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شده است. اتانول به دلیل کشش سطحی کم و غیرقطبی‌بودن، مستقل از آب‌گریزی خاک، در تمامی خاک‌ها نفوذ می‌کند. ازاین‌رو جذب‌پذیری اتانول از تخلخل و توزیع اندازه و اعوجاج منافذ خاک تأثیر می‌پذیرد. در خاک‌های کاملاً آب‌دوست، RI برابر واحد است. با افزایش آب‌گریزی خاک، به دلیل کاهش جذب‌پذیری آب نسبت به اتانول، شاخص آب‌گریزی افزایش می‌یابد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد ریزوسفر ژنوتیپ‌های مختلف فسکیوی بلند از لحاظ مقدار SOC با خاک شاهد (توده خاک) اختلاف معنی‌داری داشتند. بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک در محیط‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب مربوط به ریزوسفر ژنوتیپ‌های ۱۲L، ۱۵Lو ۲۱M، و ۴E است (جدول ۲). قابل ذکر است که کم‌ترین مقدار SOC در هر سه محیط تنش مربوط به ریزوسفر ژنوتیپ ۳E و خاک شاهد (توده خاک) است. یافته‌های (حسینی ۱۳۹۵) نیز نشان داد که اکثر ژنوتیپ‌های گیاه جو از لحاظ مقدار کربن آلی، شرایط خاک ریزوسفر را از خاک غیرریزوسفری متمایز کردند. اگرچه میزان کربن آلی خاک ریزوسفر در تمامی محیط‌های تنش نسبت به توده خاک افزایش یافت. به نظر می‌رسد تفاوت در مقدار ترشحات ریشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف فسکیوی بلند عامل تفاوت در میزان کربن آلی خاک است. بسیاری از پژوهش‌گران بیان داشتند بقایای پوسیده ریشه‌ها در خاک از عوامل اثرگذار بر میزان کربن آلی خاک است. هم‌چنین لومبانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند ژنوتیپ‌های مختلف جو با تأثیر بر مواد مترشحه ریشه‌ای، بر میزان کربن آلی خاک اثر می‌گذارند. آنها بیان کردند که ژنوتیپ‌های مختلف جو از نظر کربن آلی با همدیگر متفاوت عمل کردند

نتایج تجزیه واریانس در هر سه محیط نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های مختلف فسکیوی بلند تأثیر متفاوتی بر شاخص آب‌گریزی خاک (RI) و پارامترهای وابسته به آن دارند. به‌طوری‌که در محیط بدون تنش، ژنوتیپ‌ها از نظر جذب‌پذیری آب (S_W)، و RI اختلاف معنی‌داری نشان دادند. در محیط ۲ (تنش متوسط) تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر RI و پارامترهای وابسته به آن معنی‌دار بود و در محیط ۳ (تنش شدید) ژنوتیپ‌ها از نظر RI نسبت به هم تفاوت معنی‌داری داشتند. در هر سه محیط بین ژنوتیپ‌ها و خاک شاهد تفاوت معنی-داری مشاهده شد. مقادیر میانگین RI نشان می‌دهند که ریزوسفر تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه سطح تنش بر اساس طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط (Tillman و همکاران ۱۹۸۹) و (Lipiec و همکاران ۲۰۰۹) در دسته خاک‌های آب‌گریز زیر-بحرانی قرار می‌گیرند. از مزایای آب‌گریزی زیر-بحرانی در خاک می‌توان به افزایش پایداری خاکدانه‌ها در برابر تنش‌های ناشی از جذب سریع آب اشاره کرد.. مقایسه میانگین شاخص آب‌گریزی نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این شاخص در محیط ۱ مربوط به ریزوسفر ژنوتیپ‌های (۱۹M و ۲۰L) در محیط ۲ (۲۳M و ۲۵M) و در محیط ۳ (۳L و خاک شاهد) است. ژنوتیپ‌های میان‌رس و دیررس به عنوان اثرگذارترین زنوتیپ‌ها بر آب‌گریزی بودند. هم‌چنین مشاهده شد با افزایش تنش خشکی بیش‌ترین مقدار آب‌گریزی در ریزوسفر ژنوتیپ ۳L و کم‌ترین آن در خاک شاهد (توده خاک) به دست آمد که این یافته می‌تواند به علت ترشح موسیلاژها، اسیدهای آلی و سایر مواد مترشحه آب‌گریز از ریشه‌های فسکیوی بلند باشد. (Young و همکاران ۱۹۹۵) گزارش کرد موسیلاژهای هیدراته مترشحه از ریشه گیاهان با مسدودکردن منافذ سبب کاهش جذب آب و افزایش آب‌گریزی خاک ریزوسفری نسبت به توده خاک دور از ریشه می‌شود.

ضرایب هم‌بستگی بین شاخص‌های آب‌گریزی و پارامترهای آن و کربن آلی خاک (جدول ۳) نشان داد در محیط بدون تنش هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین کربن آلی و شاخص آب‌گریزی خاک برقرار است. در حالی‌که هم‌بستگی بین جذب‌پذیری آب با شاخص آب‌گریزی، منفی و معنی‌دار است. به عبارت دیگر با افزایش جذب‌پذیری آب، زاویه تماس آب-خاک کاهش یافته و در نتیجه سبب کاهش آب‌گریزی شده است. حضور ترکیبات آلی می‌تواند سبب تشدید آب‌گریزی خاک شود ولی در برخی پژوهش‌ها هم‌بستگی منفی و یا عدم وجود رابطه معنی‌دار بین مقدار ماده آلی و شاخص آب‌گریزی خاک گزارش شده است. در محیط‌های تنش متوسط و تنش شدید، هم-بستگی منفی (ولی غیرمعنی‌دار) بین شاخص آب‌گریزی و کربن آلی برقرار است. (Piccolo و Mbagwu ۱۹۹۹) گزارش کردند حضور مواد آلی سبب افزایش زاویه تماس آب-خاک و در نتیجه افزایش آب‌گریزی خاک می‌شوند. اما (Vogelmann و همکاران ۲۰۱۳) هم-بستگی منفی و معنی‌دار بین مقدار ماده آلی و شاخص آب‌گریزی را گزارش کردند. این یافته‌ها نشان می‌دهد مقدار ماده آلی تنها عامل مؤثر بر آب‌گریزی نبوده و عوامل دیگری همچون کیفیت ماده آلی نیز بر آب‌گریزی خاک اثرگذار هستند.

نتیجه‌گیری

کشت گیاه فسکیوی بلند شرایط ساختمانی خاک ریزوسفر را تحت تأثیر قرار داد به‌گونه‌ای که محیط ریزوسفر این گیاه متمایز از توده خاک (شاهد) شد. آب‌گریزی و مقدار کربن آلی خاک تنوع گسترده‌ای در ریزوسفر ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند داشت. به طور کلی

در هر سه محیط ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص آب‌گریزی و کربن آلی خاک به دلیل ترشحات ریشه‌ای و پوسیدن ریشه‌های مرده، بیش‌تر از توده خاک بود. در صورتی‌که مقادیر جذب‌پذیری آب در ریزوسفر گیاه در هر سه محیط (تنش) نسبت به توده خاک تفاوت معنی‌دار نداشتند. به طور کلی ژنوتیپ‌های ۱۲L، ۱۵L، ۲۱M و ۴E ژنوتیپ‌هایی با بیش‌ترین میزان تأثیر بر کربن آلی خاک و ژنوتیپ‌های ۱۹M، ۲۳M و ۳L ژنوتیپ‌های شاخص از نظر آب‌گریزی خاک شناخته شدند.

جدول ۲- مقایسه میانگین داده‌های کربن آلی (SOC، گرم بر کیلوگرم خاک)، جذب‌پذیری آب (S_W، سانتی‌متر بر جذر ثانیه) و اتانول (S_E، سانتی‌متر بر جذر ثانیه)، و شاخص آب‌گریزی خاک (RI) بین ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در سه محیط (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) و خاک شاهد.

محیط	بدون تنش				تنش متوسط				تنش شدید			
ژنوتیپ‌ها	SOC	S_W	S_E	RI	SOC	S_W	S_E	RI	SOC	S_W	S_E	RI
۱۲L	۱۲/۷^{a}	۰/۰۴۸۸۵^{cd}	۰/۰۸۰۷۷^{ab}	۴/۰۹۱۷۵^{abc}	۱۰/۸^{abc}	۰/۰۴۷۳۷^{cde}	۰/۰۷۹۸$^{e/f}$	۳/۳۰۰^{bcd}	۱۱/۴^{ab}	۰/۰۵۵۶۲^{a}	۰/۰۱۱۱^{a}	۴/۰۷۶^{def}
۱۶E	۱۱/۹^{ab}	۰/۰۶۰۸۷^{abc}	۰/۰۶۷۶۷^{ab}	۲/۸۶۸۵$^{d/h}$	۹/۴^{bcd}	۰/۰۵۱۴۲^{cde}	۰/۰۶۷۴$^{e/f}$	۳/۳۸۳^{bcd}	۱۱/۰^{ab}	۰/۰۴۶۲^{abc}	۰/۰۸۵۳$^{a/d}$	۳/۶۶۶^{efg}
۱۹M	۱۱/۹^{ab}	۰/۰۲۹۷۷^{f}	۰/۰۸^{ab}	۴/۹۸۱۷۵^{a}	۸/۸^{cd}	۰/۰۴۳۶۵^{de}	۰/۰۶۰۸^{f}	۲/۷۷^{def}	۹/۰^{bcd}	۰/۰۳۶۰۷^{bc}	۰/۰۹۳$^{a/d}$	۳/۹۰۵^{def}
۱E	۱۱/۷^{ab}	۰/۰۳۲۲۵۷^{ef}	۰/۰۶۹۶۲^{ab}	۳/۱۳۷۷۵$^{f/i}$	۹/۵^{bcd}	۰/۰۴۴۱۲۵^{de}	۰/۰۵۷۴^{f}	۲/۷۰۲^{def}	۱۱/۹^{ab}	۰/۰۳۶^{bc}	۰/۰۹۷^{abc}	۵/۲۷۶^{abc}
۱۵L	۱۱/۶^{ab}	۰/۰۴۳۸۵^{ed}	۰/۰۸۲۰۷^{ab}	۳/۶۹۸۷۵^{bcd}	۱۳/۳^{a}	۰/۰۴۸۷۵^{cde}	۰/۰۷۱۱^{def}	۲/۹۵۷^{def}	۱۰/۰^{abc}	۰/۰۵۰۴^{ab}	۰/۰۸۵۶$^{a/d}$	۳/۵۷۴^{fg}
۴E	۱۱/۴^{ab}	./۰۵۳۰۷۵^{cd}	۰/۰۵۷۸^{b}	۲/۳۶۲۲۵$^{f/i}$	۱۱/۹^{abc}	۰/۰۵۷۸۵^{bcd}	۰/۰۸۴۴$^{b/e}$	۲/۹۵۷^{def}	۱۳/۰^{a}	۰/۰۳۸۵^{abc}	۰./۰۷۳۳^{bcd}	۳/۷۴۶$^{d/g}$
۲۳M	۱۱/۲^{ab}	۰/۰۵۱۶۲۵^{cd}	۰/۰۷۶۳۷^{ab}	۲/۸۹۷۵$^{d/h}$	۱۰/۹^{abc}	۰/۰۵۵۱۷^{cde}	۰/۱۰۳^{ab}	۴/۷۳۳^{a}	۱۰/۳^{abc}	۰/۰۴۴۸^{abc}	۰/۰۹۵۵^{abc}	۴/۶۰۵$^{b/e}$
۹E	۱۱/۰^{abc}	۰/۰۴۷۹۷۵^{cd}	۰/۰۶۷۲۲^{ab}	۲/۹۴۳۷۵$^{d/h}$	۱۰/۴^{abc}	۰/۰۵۲۴۵^{cde}	۰/۰۶۱۸^{ef}	۲/۳۸۵^{def}	۹/۳^{bcd}	۰/۰۳۸۲^{abc}	۰/۱۰۴۲^{ab}	۵/۳۶۳^{ab}
۱۱M	۱۰/۹^{bcd}	۰/۰۵۱۰۵^{cd}	۰/۰۸۴۹۷^{ab}	۳/۳۶۰۲۵^{cde}	۱۰/۵^{abc}	۰/۰۴۱۱^{e}	۰/۰۹۷۱^{abc}	۴/۴۷۴^{ab}	۱۰/۷^{ab}	۰/۰۴۷۵^{abc}	۰/۰۸۱۷$^{a/d}$	۳/۶۰^{efg}
۲۱M	۱۰/۸^{bcd}	۰/۰۵۱۳۲۵^{cd}	۰/۰۸۳۳۵^{ab}	۳/۱۱۸$^{c/g}$	۱۳/۰^{a}	۰/۰۷۳۶۲۵^{a}	۰/۰۷۵۰$^{c/f}$	۱/۹۴۲^{f}	۱۰/۵^{ab}	۰/۰۳۸۳^{abc}	۰/۰۸۷۶$^{a/d}$	۴/۵$^{b/f}$
۱M	۱۰/۸^{bcd}	۰/۰۴۳۶۲۵^{ed}	۰/۰۹۶۷۷^{a}	۴/۴۵۶۲۵^{ab}	۱۰/۴^{abc}	۰/۰۵۶۷^{bcd}	۰/۱۱۳۳^{a}	۴/۱۷۰^{abc}	۹/۲^{bcd}	۰/۰۴۴^{abc}	۰/۰۶۵^{cd}	۲/۸۷۷^{gh}
۲۵M	۱۰/۷^{bcd}	۰/۰۵۹۸^{cd}	۰/۰۵۶۴۷^{b}	۱/۸۸۸^{i}	۱۱/۹^{abc}	۰/۰۵۹۸۵^{abc}	۰/۰۵۹۲^{f}	۱/۹۵۱^{f}	۹/۲^{bcd}	۰/۰۴۵^{abc}	۰/۰۹۴۷^{abc}	۴/۴۰۷$^{b/f}$
۳M	۱۰/۴^{bcd}	۰/۰۴۹۳۲۵^{cd}	۰/۰۵۵۴^{b}	۲/۹۸۰۷۵$^{d/h}$	۱۲/۷^{ab}	۰/۵۱۷۲^{cde}	۰/۰۷۵۴$^{c/f}$	۲/۸۸۷^{def}	۹/۳^{bcd}	۰/۰۴۳۷^{abc}	۰/۰۹۶^{abc}	۴/۳۶۵$^{b/f}$
۳L	۹/۵^{cde}	۰/۰۷۲۲۷۵^{ab}	۰/۰۷۴۰۷^{ab}	۲/۱۵۴$^{g/i}$	۸/۵^{cd}	۰/۰۴۵۲۵^{cde}	۰/۰۷۷۶$^{c/f}$	۳/۴۵۶^{bcd}	۷/۲^{cd}	۰/۰۴۷^{abc}	۰/۱۱۱^{a}	۴/۷۳۴^{a}
۲۰L	۹/۳^{de}	۰/۰۷۴۰۲۵^{a}	۰/۰۷۲^{ab}	۱/۸۹۸۲۵^{i}	۱۰/۶^{abc}	۰/۰۴۷۵^{cde}	۰/۰۷۸۰$^{c/f}$	۳/۱۳۳^{cde}	۱۰/۳^{abc}	۰/۰۳۱۶^{c}	۰/۰۹۱۴$^{a/d}$	۵/۷۱۸$^{a/d}$
۷L	۸/۳^{ef}	۰/۰۵۶۶۷۵^{cd}	۰/۰۷۱۸۲^{ab}	۲/۴۹۵۵$^{e/i}$	۹/۸$^{a/d}$	۰/۰۷۰۰۲^{ab}	۰/۰۹۳۴$^{a/d}$	۲/۵۹۴^{def}	۹/۶^{bcd}	۰/۰۳۹۷^{abc}	۰/۰۸۳۸$^{a/d}$	۴/۲۷۷$^{c/f}$
۳E	۶/۷^{f}	۰/۰۶۰۷۵^{abc}	۰/۰۸۰۲۵^{ab}	۲/۶۱۸۲۵$^{c/f}$	۶/۷^{d}	۰/۰۴۷۵۲^{cde}	۰/۰۶۸۴^{ef}	۲/۸۴۴^{def}	۶/۹^{d}	۰/۰۳۸۷^{abc}	۰/۰۸$^{a/d}$	۳/۹۹۶^{def}
شاهد	۶/۷^{f}	۰/۰۵۶۰۵^{cd}	۰/۰۵۹^{b}	۲/۰۶۱۵$^{h/i}$	۶/۷^{d}	۰/۰۵۶۰۵^{bcd}	۰/۰۵۹^{f}	۲/۰۶۱^{ef}	۶/۷^{d}	۰/۰۵۶^{a}	۰/۰۵۹^{d}	۲/۰۶۱^{h}

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داراست (LSD، P<۰/۰۵).

جدول۳- ضرایب هم‌بستگی پیرسون بین جذب‌پذیری آب (S_W، سانتی‌متر بر جذر ثانیه) و اتانول (S_E، سانتی‌متر بر جذر ثانیه)، شاخص آب‌گریزی خاک (RI)، درجه) و کربن آلی (SOC، گرم بر کیلوگرم خاک) در سه محیط تنش.

	S_W	S_E	RI	SOC
بدون تنش				
S_W	۱			
S_E	-۰/۲۳ns	۱		
RI	-۰/۷۸**	۰/۶۲**	۱	
SOC	-۰/۵۵*	-۰/۰۱ns	۰/۵۰*	۱
تنش متوسط				
S_W	۱			
S_E	۰/۲۲ns	۱		
RI	-۰/۴۰ns	۰/۷۵**	۱	
SOC	۰/۴۰ns	۰/۰۹۸ns	-۰/۱۶ns	۱
تنش شدید				
S_W	۱			
S_E	۰/۲۴ns	۱		
RI	-۰/۵۸**	۰/۶۲**	۱	
SOC	-۰/۰۷ns	-۰/۱۴ns	-۰/۰۰۹۴ns	۱

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است. ns بیانگر عدم وجود معنی داری است

منابع

اعتمادی، ن. و فولادی، ح. ۱۳۸۸. مدیریت چمن در مناطق معتدله. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

حسینی، ب. ۱۳۹۵. اثر ژنوتیپ‌های اهلی و وحشی جو بر شاخص‌های پایداری ساختمان و کیفیت فیزیکی خاک ریزوسفر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

Cullen, B. R., Johnson, I, R., Eckard, R. J., Lodge, G. M., Walker, R. G., Rawnsley, R. P., McCaskill, M. R. 2009. Climate change effects on pasture systems in South-Eastern Australia. Crop Pasture Sci. 60, 933–942.

Hallett, P. D., Gordon, D. C. and Bengough, A. G. 2002. Plant influence on rhizosphere hydraulic properties: direct measurements using a miniaturized infiltrometer. New Phytol. 157, 597–603.

Lipiec, J., Wojciga, A. and Horn, R. 2009. Hydraulic properties of soil aggregates as influenced by compaction. Soil Till. Res. 103, 170–177.

Letey, J., Carrillo, M. and Pang, X. 2000. Approaches to characterize the degree of water repellency. J. Hydrol. 231, 61–65.

Lynch, J. P. and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. Adv. Soil Sci. 2, 133–171.

Piccolo, A. and Mbagwu, J. S. C. 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. Soil Sci. Soc. Am. J. 63, 1801–1810.

Soil Science Society of America. 1997. Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin.

Tillman, R.W., Scotter, D. R., Wallis, M. G. and Clothier, B. E. 1989. Water-repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. Aust. J. Soil Res. 27, 637–644.

Vogelmann, E. S., Reichert, J. M., Prevedello, J., Awe, G. O. and Mataix-Solera, J. 2013. Can occurrence of soil hydrophobicity promote the increase of aggregates stability. Catena 110, 24–31.

Topic for submission: soil physics and plant growth

Effect of tall fescue genotypes under different drought stress levels on soil water repellency and organic carbon content

Gholami[*1], Z., Mosaddeghi[2], M.R., Majidi[3], M.M. Sabzalian[4], M.R.

[1] M.Sc. Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[3] Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[4]Assoc. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Abstract

Water scarcity, climate change and frequent and severe drought periods pose a major threat to agriculture. Therefore, it is critical to identify and select crop species and genotypes with enhanced recovery and persistence in drought periods, which could maintain good soil structure as well. Tall fescue with extensive root system and high resistance and adaption to drought stress is usually considered as a drought-resistant plant. In this study, the effects of 17 genotypes of tall fescue [including 5, 7 and 5 early- (E), mid- (M) and late-season (L) flowering genotypes, respectively] and three environments (i.e., no, moderate and severe drought stress treatments) on quality indicators of the rhizosphere soil were studied in a complete randomized block design. After three years of plant cultivation and application of the treatments, soil quality indicators including organic carbon content and water repellency were measured in the rhizosphere and bulk soil without plant root (i.e., control). The results showed that the soil organic carbon content and water repellency in the rhizosphere of different genotypes in the three stress environments were increased as compared to the control soil. This finding might be related to extensive root system of tall fescue under drought stress, decomposition of roots of some genotypes, excretion of root mucilage and hydrophobic materials, and adaptation of genotypes to drought stress conditions. The M and L genotypes were superior in terms of effects on soil quality indicators.

Keywords: Tall fescue, Water sorptivity, Ethanol sorptivity, Water repellency index

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

مقایسه ارقام جدید گندم نان تحت تنش شوری خاک استان خوزستان

اکبر مرزوقیان*[۱]، غلامعباس لطفعلی آینه[۱]، علیرضا جعفرنژادی[۲]، طاهره عباس ترکی[۳]، شاکر احمدیان[۳]، مهرنوش ذاکری[۳]

[۱]بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

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

[۳]سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان، اهواز، ایران

چکیده

در مناطق مختلف ایران زمین‌های شوری وجود دارد که امکان کشت گندم را محدود می‌سازد. با توجه به گسترش فزاینده اراضی شور در سطح کشور و اهمیت گندم به‌عنوان مهم‌ترین محصول استراتژیک، اصلاح و بهبود ارقام گندم از اولویت‌های اصلی به‌شمار می‌آید. به همین منظور این تحقیق جهت ارزیابی پتانسیل ارقام جدید گندم متحمل به شوری شامل افق و نارین با رقم شاهد چمران ۲ و رقم جدید برات در شرایط خاک و آب آبیاری به ترتیب با میزان هدایت الکتریکی (EC) ۲۰-۱۲ و ۳-۲/۵ دسی زیمنس بر متر در استان خوزستان (شهرستان‌های خرمشهر و هویزه) اجرا گردید. صفات زراعی از قبیل عملکرد و اجزای عملکرد، ماده خشک، تعداد بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد در مجموع بیش‌ترین میزان ماده خشک (بیوماس) به میزان ۱۰۷۸۰ کیلوگرم در هکتار به رقم چمران ۲ تعلق داشت. در حالی‌که از لحاظ ویژگی تعداد دانه در سنبله ارقام افق و شاهد حائز بیش‌ترین تعداد بودند.

کلمات کلیدی: شوری، عملکرد، گندم نان

مقدمه

کاهش عملکرد گندم تحت تأثیر تنش‌های محیطی بسیار قابل ملاحظه است. نتایج حاصل از پژوهش فرانسویز و همکاران (۱۹۸۶) در آزمایش اثر تنش شوری بر عملکرد، خواص کیفی و رشد رویشی گندم نان نشان داد که به ازای هر واحد افزایش هدایت الکتریکی خاک از حد آستانه تحمل شوری، عملکرد گندم نان ۳٪ کاهش می یابد. افزون بر این تنش شوری موجب کاهش بازده استخراج آرد می شود. تنش شوری ترکیب و مقدار پروتئین، خواص کیفی گندم را نیز تحت تأثیر قرار می دهد (هوبنر و همکاران، ۱۹۹۷). اولین اثر شوری عدم یکنواختی در جوانه زنی بذر می باشد.شوری با کاهش ظرفیت اسمزی محلول خاک و تولید یونهای سمی و تغییر در تعادل عناصر غذایی، جوانه زنی و رشد گندم را کاهش می دهد(چوبداری و همکاران، ۱۳۹۴). افزایش شوری در خاک باعث کاهش مساحت برگ گندم و همچنین میزان رشد نسبی و افزایش نسبت وزنی ریشه به قسمت هوایی می شود و در اثر تنش شوری میزان ماده خشک دانه ، وزن خشک‌کاه، کل ماده خشک تولیدی و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافته و درنهایت سهم فرآیندهای انتقال مجدد در تامین ماده خشک و ازت دانه ها بیشتر می‌شود. چنین تغییری در مورد ارقام حساس شدیدتر از ارقام مقاوم به شوری می باشد (سلماسی، ۱۳۷۵). تحمل به شوری گیاهان بین واریته های مختلف متفاوت می‌باشد. گیاهان در مرحله جوانه زنی و گیاهچه نسبت به شوری حساس‌تر می‌باشند. البته سایر مراحل رشد و نمو نیز تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرند. واریته ها و شرایط محیطی از عوامل موثر در عکس العمل گندم نسبت به شوری به شمار می‌رود (ژاکوبی و همکاران، ۲۰۱۶؛ تورکی و همکاران، ۲۰۱۵).

تنش شوری در استان خوزستان از نوع خاک می باشد و آب آبیاری مصرفی توسط زارعین که از رود خانه می باشد، شور نمی باشند. طور کلی تنش شوری خاک ۱۶-۸ دسی زیمنس برمتر، حدود ۳۰ درصد سطح زیر کشت گندم آبی را در بر می‌گیرد. بنابراین، یکی از اهداف مهم اصلاح نباتات در این مناطق تهیه و معرفی ارقام پرپتانسیل و متحمل به شوری می‌باشد. رقم گندم نان نارین که در سال ۱۳۹۳ معرفی شده است مناسب برای کشت در مناطق مواجه با تنش شوری در اقلیم معتدل و گرم می‌باشد. این رقم که طی آزمایش سازگاری و پایداری عملکرد (در شرایط تنش شوری) با میانگین عملکرد ۴/۹۰۱ تن در هکتار در مجموع ۱۹درصد نسبت به میانگین ارقام شاهد افزایش عملکرد دشته است. با توجه به تحمل به شوری، پتانسیل عملکرد بالا، سازگاری خوب در مناطق با تنش شوری آب در اقلیم معتدل و گرم، مقاومت به خوابیدگی، مقاومت به ریزش دانه، کیفیت خوب، و

*ایمیل نویسنده مسئول: a.marzooghian@areeo.ac.ir

زودرسی نسبی رقم رقم برای مناطق دارای تنش شوری آب و خاک (EC Soil=8-13 ds/m و EC Water=8-11 ds/m) معرفی شده است. رقم گندم آبی افق در سال ۱۳۹۱ معرفی شده است و مناسب برای کشت در مناطق دارای آب یا خاک شور و لب شور علاوه برتحمل به شوری، پتانسیل عملکرد بالا و سازگاری خوب، دارای مقطع دانه شیشه ای بوده و از شاخص سختی دانه بیشتری در مقایسه با ارقام شاهد ارگ و بم برخوردار می باشد. رقم چمران-۲ به عنوان رقم شاهد منطقه با پتانسیل عملکرد بالا، تحمل نسبتاً خوب به گرمای آخر فصل، زودرسی نسبی، مقاومت به بیماری زنگ زرد و قهوه ای، ریزش دانه و خوابیدگی، از ویژگی های بارز این رقم محسوب می شود. رقم برات که در سال ۱۳۹۴ معرفی شده است و متحمل به ریزش دانه است مناسب کشت در مناطق گرم و خشک جنوب است (بی نام، ۱۳۹۵).

مواد و روش‌ها

استان خوزستان در دامنه عر ض جغرافیایی 30^{o} تا 33^{o} شمالی و طول جغرافیایی 47^{o}، ۴۰ ´ تا ۳۰ ´، 50^{o} شرقی دارای آب و هوای گرم و نیمه خشک می‌باشد. میزان بارندگی از ۵۰ میلی متر در جنوب تا ۶۰۰ میلی متر در شمال و شرق استان می باشد. تنش شوری در استان از نوع خاک می باشد و بجز در مناطقی در ماهشهر و هندیجان و پایانه های رودخانه ها در خرمشهر و دشت آزادگان، آب آبیاری مصرفی توسط زارعین که از رود خانه می باشد، شور نمی‌باشند. خاک های منطقه جنوبی دشت خوزستان که از قسمت میانی دشت تا خلیج فارس امتداد دارند غالباً دارای بافت های سنگین و خیلی سنگین با درجات مختلف شوری و قلیائیت کم تا خیلی زیاد می باشند (طاهرزاده ۱۳۷۴). این پروژه در دو ۲ مکان خرمشهر و هویزه در سال زراعی۹۷ -۱۳۹۶ در شرایط زمین زارعین منطقه اجرا گردید. کشت در شهرستان ها در تاریخ ۱۳۹۷/۸/۵ در زمینی به مساحت دو هکتار انجام شد که لاین‌های مورد بررسی و رقم چمران ۲ به عنوان شاهد هر یک در زمینی به مساحت نیم هکتار کشت شد و با توجه به ماهیت طرح که به‌صورت تحقیقی-ترویجی بود جهت انجام تجزیه واریانس و تعیین بهترین رقم در مجموع مکان‌ها، مکان‌های مورد آزمایش به‌صورت تکرار در نظر گرفته شد. ارقام مورد کاشت شامل رقم افق، نارین، برات و رقم شاهد چمران ۲ (جدول ۱) بود. تهیه بستر کاشت همانند سایر بذور ریز و محصولات دانه‌ریز شامل ماخار، شخم، دیسک و ماله و کودپاشی انجام شد. مدیریت های قبل از کاشت اعمال و سپس بذور به صورت مکانیزه (با خطی کار)، در تاریخ کاشت پنجم آبان ماه در دو منطقه شهرستان‌های هویزه و خرمشهر هر کدام به ترتیب در سطح ۵۰۰۰ مترمربع کشت شد. کشت مکانیزه به صورتی تنظیم شد که تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شود. آماده‌سازی زمین به طور متداول و در شرایط زارعین و سپس کشت و آبیاری انجام شد. میزان کودهای ازته، فسفاته و پتاس پس از توصیه آزمایشگاه خاک و آب در نظر گرفته شد. کودهای فسفره و پتاسه هر کدام به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که توسط کشاورزان با نظارت کارشناسان پهنه داده شد. کودهای شیمیایی P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل،K_2O از منبع سولفات پتاسیم و نیتروژن خالص از منبع اوره بود. تمامی کودهای فسفره و پتاسه و نصف کود ازته قبل از کاشت و مابقی کود ازت در مرحله ساقه رفتن مصرف گردید. آفات و بیماری تحت نظر و مراقبت قرار گرفت و مبارزه با علفهای هرز انجام شد. داده‌های عملکرد و اجزای آن که از ۵ بار کیل گیری یا کادراندازی (یک متر مربع) برای هر رقم از مزرعه بدست آمده بود و بر اساس گرم در متر مربع بود پس از میانگین‌گیری تبدیل به واحد کیلوگرم در هکتار گردید. میزان شوری و اطلاعات تکمیلی مزارع انتخاب شده در شهرستان‌های خرمشهر و هویزه در جدول ۲ درج شده است. برای مقایسات میانگین ارقام از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ارقام گندم نان تحت بررسی در استان خوزستان

نام رقم/لاین	منطقه کشت	نوع کشت	تاریخ کشت	تراکم بذر (کاشت با خطی کار)
افق	-	آبی	-	-
برات	جنوب و شرق	آبی	۱۵ آبان لغایت ۲۵ آذر	۱۸۰-۲۰۰
چمران ۲	جنوب و شرق	آبی	۱۰ آبان لغایت ۲۵ آذر	۲۰۰-۲۲۰
نارین	-	آبی	-	-

علامت- به معنای عدم وجود اطلاعات در استان خوزستان می‌باشد

جدول ۲- اطلاعات تکمیلی مزارع انتخاب شده در شهرستان‌های خرمشهر و هویزه

عنوان	منطقه	خرمشهر	هویزه
	خاک EC (dS/m)	۱۳	۱۹
	آب EC (dS/m)	۳-۲/۵	۳-۲/۵
	خاک pH	۸	۷/۷
	خاک O.C %	۰/۵۰	۰/۵۵

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در رابطه با صفات اندازه‌گیری شده لاین‌های مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است. برای عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه بین تیمارهای مورد بررسی (ارقام) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ مشاهده نشد. در حالی‌که بین ارقام مورد بررسی برای صفات میزان ماده خشک (بیوماس) و تعداد دانه در سنبله تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان ماده خشک به ترتیب با ۱۰۷۸۰ کیلوگرم در هکتار و ۷۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به رقم چمران ۲ و نارین تعلق داشت (جدول ۴). از آنجایی که در زراعت گندم علاوه بر عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک نیز به جهت تامین علوفه دام مورد توجه کشاورزان می‌باشد، توجه به میزان ماده خشک تولیدی توسط ارقام مورد بررسی نیز حائز اهمیت بود. دیگزیت و دلی (۲۰۱۰) بیان داشتند که ساقه و عملکرد بیولوژیک از جمله صفاتی هستند که تاثیر پذیر بالایی از تنش شوری دارند. محدودیت رشد برگها درگندم در اثر تنش شوری موجب می شود که سطح برگ های گیاه کاهش و در اثر کاهش رشد ساقه، تعداد برگ و فتوسنتز، ماده خشک کاهش یابد. برای ویژگی تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین مقدار متعلق به ارقام افق و چمران ۲ بود (۳۵ دانه) و برات و نارین به‌ترتیب با ۳۱ و ۲۶ دانه در سنبله در جایگاه‌های بعد قرار داشتند. در شرایط نرمال بین صفت عملکرد و میزان ماده خشک ارتباط مثبت گزارش شده است (راهنما و همکاران ۲۰۰۰) و بر اساس گزارش گل‌پرور و همکاران (۲۰۰۲) بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه مربوط به صفات وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک بود. اهدایی و همکاران (۱۹۹۸) همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند، درحالی‌که یزدان‌سپاس و همکاران (۱۹۹۸) همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت را غیر

معنی‌دار گزارش کردند. در این پژوهش ارتباط بین عملکرد با شاخص برداشت و میزان ماده خشک مشاهده نشد که نشان از پیچیدگی سازوکار گندم در مواجهه با تنش شوری داشت (فلاورز، ۲۰۰۴؛ مونز و جیمز، ۲۰۰۳).

جدول۳- نتایج جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در ارقام مورد بررسی

		میانگین مربعات					
منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	ماده خشک	شاخص برداشت	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
تکرار	۱	۳۸۶۴۲^{ns}	۱۰۳۰۵۸*	۶۶ ^{ns}	۶۴۲۶۱ **	۴۲۰ **	۱۷۱ *
تیمار	۳	۳۹۷۵ ^{ns}	۴۵۶۰۰*	۱۲^{ns}	۲۰۸۷^{ns}	۳۲/۳۳*	۳/۴^{ns}
خطا	۷	۴۲۹۸	۶۲۴۱	۱۹	۸۸۹	۳،۵	۱۲

توضیح: عملکرد دانه و ماده خشک بر اساس کیلوگرم درهکتار

*، ** و ns: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی داری

جدول ۴- نتایج مقایسات میانگین صفات اندازه گیری شده در ارقام مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵

نام رقم	ماده خشک (کیلو گرم در هکتار)	تعداد دانه در سنبله
افق	۸۴۵۰ ab	۳۵ a
برات	۸۸۵۰ ab	۳۱ ab
چمران ۲	۱۰۷۸۰ a	۳۵ a
نارین	۷۱۰۰ b	۲۶ b

حروف مشابه در هر ستون نشانه عدم اختلاف معنی‌دار بین ارقام می باشد

نتیجه‌گیری

در استان خوزستان شوری خاک که نقش عمده‌ای در محدود نمودن پتانسیل عملکرد ارقام ایفا می کند و نتیجه نهایی و عمومی این تنش، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌باشد. برای صفت عملکرد دانه بین ارقام مورد بررسی در مجموع مکان‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. در حالی‌که رقم شاهد چمران ۲ برای میزان ماده خشک حائز بیش‌ترین مقدار بود که این ویژگی به جهت تامین علوفه دام مورد توجه بود.

منابع

بی نام، ۱۳۹۵.ویرایش نهایی ارقام گندم و جو .مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر .۹۵ صفحه.

چوبداری، ع.ا. صفی‌پور، افشار. سعید نعمت‌پور، ف. ۱۳۹۴. بررسی بیان ژن سوکروز سینتاز۱ در گیاه گندم تحت تنش شوری. مجله سلول و بافت. ۶: ۴۹۱-۵۰۰.

زهتاب سلماسی، س .و ک .پوستینی .۱۳۷۵ . اثرات تنش شوری بر وضعیت و پتانسیل آب و یونهای سدیم و پتاسیم در برگ پرچم .چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران .دانشگاه صنعتی اصفهان.

طاهر زاده،م.،۱۳۷۴، مطالعات خاکشناسی تفصیلی ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهوازنشریه شماره ۹۶۹ مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

Dixit, P. N. and C. Deli. 2010. Impact of spatially variable soil salinity on crop physiological properties, soil water content and yield of wheat in a semi-arid environment. Aust. J. Agric. Engin. 1, 93-100

Ehdaie, B., 1998. Selection for drought resistance in wheat. First Iranian Congress on Crop Production and Breeding. Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran.

Flowers, T. 2004. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55: 307-319.

Francois, L., Maas, E., Donovan, T. and Youngs, V. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agronomy Journal 78: 1053-1058.

Golparvar, A., Ghannadha, M. and Ahmadi, A., 2002. Evaluating some morphological traits as selection criteria in breeding bread wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3: 202-205.

Huebner, F., Nelsen, T., Chung, O. and Bietz, J. 1997. Protein distributions among hard red winter wheat varieties as related to environment and baking quality.Cereal Chemistry 74: 123-128.

Jacoby, R.P., Millar, A.H. and Taylor, N.A. 2016. Opportunities for wheat proteomics to discover the biomarkers for respiration-dependent biomass production, stress tolerance and cytoplasmic male sterility. Journal of Proteomics. 143: 36-44

Munns, R. and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil. 253: 201-218.

Rahnama, A. A., Bakhshandeh, A. M. and Noormohammadi, M., 2000. Study of tiller variation, grain yield and yield components of wheat as affected by different plant densities under south Khouzestan climatic condition. Iranian Journal of Agricultural Sciences 2: 12-24.

Turki, N., Shehzad, T., Harrabi, M. and Okuno., K. 2015. Detection of QTLs associated with salinity tolerance in durum wheat based on association analysis. Euphytica. 201: 29-41

Yazdansepas, A., 1998. Study of harvest index stability and grain yield in winter and spring wheat genotypes. 5th Iranian Congress on Crop production and Breeding Sciences. Karaj, Iran.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Comparison between new bread wheat cultivars under soil salinity of Khuzestan province

Akbar Marzooghian[1]*, Gholamabbas Lotfali Ayeneh [1], Alireza Jafarnejadi[2], Tahereh Abastorki[3], Shaker Ahmadian[3], Mehrnosh Zakeri[3]

1-Crop and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

2-Soil and water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

3- Organization of Khuzestan Agriculture-Jahad

*Corresponding author, email: a.marzooghian@areeo.ac.ir

Abstract

There are salinity areas in Iran that causes limitation for wheat cultivation. Considering the increasing of saline lands in the country and the importance of wheat, as the most important strategic product, the breeding and improvement of wheat cultivars is one of the main priorities. Therefore, this research was carried out to evaluate the potential of salt tolerant cultivars Ofogh and Narin with the check cultivar (Chamran 2 and Barat) under soil and water irrigation conditions with electric conductivity (EC) from 12 to 20 and 2.5 to 3 dS/m, respectively in Khuzestan province (Khorramshahr and Hoveizeh). Agronomic traits such as yield and yield components, biomass, seed number per spike and 1000 seed weight were measured. The results showed the highest biomass 10780 $kgha^{-1}$ belonged to Chamran 2. While, Narin and check cultivars had the highest seed number per spike.

Keywords: Bread wheat, Salinity, Yield

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

پیش‌بینی رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از مدل ساکستون –رالز

لیلا رضائی[۱*]، ناصر دواتگر[۲]

[۱] کارشناس ارشد، آزمایشگاه فیزیک خاک موسسه تحقیقات برنج کشور

[۲] دانشیار ، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کرج

چکیده

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک یکی از مهمترین خصوصیات هیدرولیکی خاک است که روی جریان آب و انتقال املاح اثر می‌گذارد. اندازه‌گیری این خواص اغلب دشوار، وقت‌گیر و پر هزینه است، بنابراین تلاش‌های زیادی صورت گرفته تا بتوان به طور غیر مستقیم ویژگی‌های هیدرولیکی خاک را با استفاده از روش‌های سریع و کم هزینه و از خواص فیزیکی و شیمیایی سهل الوصول خاک مانند بافت خاک و ماده آلی، با استفاده از توابع انتقالی و با دقتی قابل قبول برآورد کنند. در ۱۲۰ نمونه خاک سطحی شالیزاری با توزیع جغرافیایی یکنواخت، بافت خاک، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک اندازه‌گیری شدند. هدف از این مطالعه، ارزیابی روش ساکستون- رالز (۲۰۰۶) در برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع در خاک‌های شالیزاری استان گیلان است. نتایج تحقیق نشان داد که مدل مذکور کارایی بیشتری در پیش‌بینی مقدار رطوبت اشباع (R^2=0.52) نسبت به هدایت هیدرولیکی اشباع (R^2=0.32) خاک‌های شالیزاری دارد.

کلمات کلیدی: بافت خاک، توابع انتقالی، خاک‌های شالیزاری، رطوبت خاک، ماده آلی.

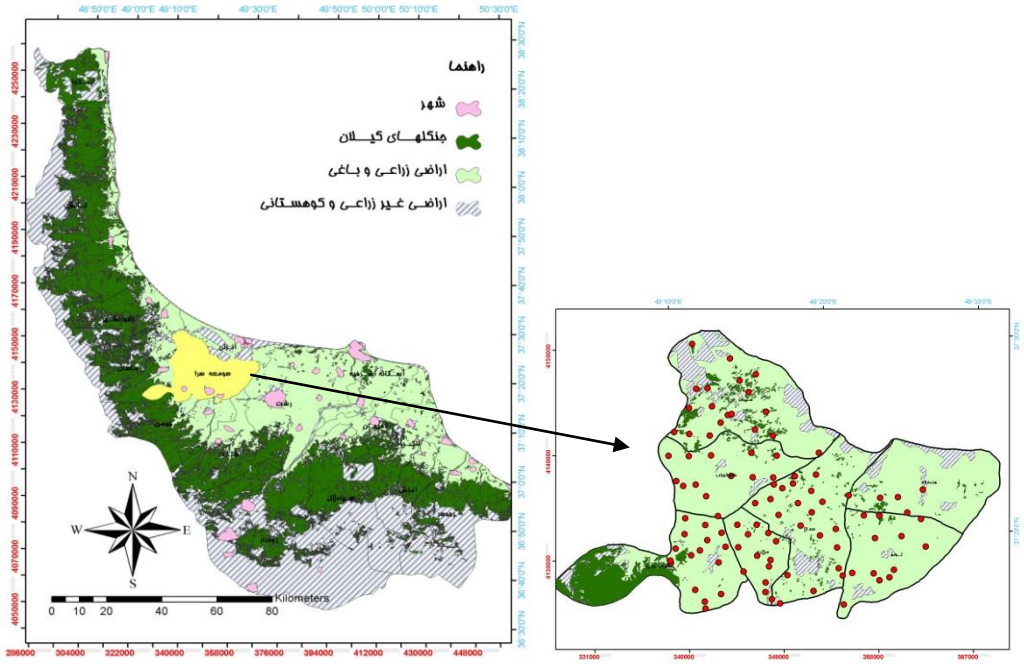
مقدمه

رطوبت و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک یکی از مهمترین ویژگیهای فیزیکی خاک می‌باشد که آگاهی از آن در مطالعات مرتبط با آبیاری، زهکشی، هیدرولوژی و منابع آب، ضروری می‌باشد. مقدار K_s با روش‌های مختلف صحرایی یا آزمایشگاهی، به صورت مستقیم قابل تعیین است، اما این روش‌ها غالباً پر هزینه و وقت‌گیر می‌باشند و به علاوه، به علت تغییرات زیاد مکانی K_s تعیین این متغیرها به ویژه در در مقیاس وسیع، مانند یک حوضه آبریز، بسیار مشکل است (Mermoud and Xu, 2006). این مساله محققان را بر آن داشته است که استفاده از روشهای غیر مستقیم برای تعیین این متغیرها را گسترش دهند (Sobieraj و همکاران ۲۰۰۱؛ Janika و همکاران ۲۰۰۷). در روش‌های غیر مستقیم تخمین خواص هیدرولیکی خاک، استفاده از خواص زودیافت خاک مانند بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی ضروری است. یکی از روش‌های غیر مستقیم ایجاد توابع انتقالی است. تحقیقات زیادی نشان داده است که رابطه معنی‌داری بین خصوصیات آب خاک با پارامترهایی نظیر بافت خاک وجود دارد (Ahuja و همکاران ۱۹۸۵؛ Rawls و همکاران ۱۹۹۸، Pachepsky و همکاران ۲۰۰۶). Saxton و همکاران (۱۹۸۶) با استفاده از خواص زودیافت خاک روشی را برای برآورد خواص هیدرولیکی خاک ارائه نمودند. مهمترین مزیت مدل Saxton و همکاران (۱۹۸۶) در این است که فقط نیاز به داده‌های بافت خاک و ماده آلی است. سپس Saxton and Rawls (۲۰۰۶) مدل مذکور را با واسنجی آن بر ۱۷۰۰ نمونه خاک مختلف اصلاح و بهبود بخشیدند. Gigsman و همکاران (۲۰۰۲) هشت مدل تخمین منحنی مشخصه آب خاک را با داده‌های واقعی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که مدل Saxton (۱۹۸۶) بر پایه بافت خاک دارای بیشترین صحت بود. Boon Sung and Iba (۲۰۱۰) با واسنجی مدل ساکستون و رالز در دامنه وسیعی از خاک‌های مالزی، خطای مدل را در برآورد رطوبت‌های اشباع، ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم کاهش دادند. Alaya و همکاران (۲۰۱۷) از مدل ساکستون و رالز برای تخمین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک (رطوبت ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و ظرفیت نگهداری آب) استفاده کردند. نتایج این محققین حاکی از تخمین خوب مدل در برآورد رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی بود. این مطالعه به هدف ارزیابی کارایی مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) برای پیش‌بینی رطوبت و هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌های شالیزاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

* ایمیل نویسنده مسئول: l.rezaee77@gmail.com

این مطالعه با استفاده از ۱۲۰ نمونه خاک سطحی اراضی شالیزاری با توزیع جغرافیایی یکنواخت در شهرستان صومعه‌سرا در طول جغرافیایی ۱۵' ۴۹° تا ۳۳' ۴۹° و عرض جغرافیایی ۱۵' ۳۷° تا ۲۵' ۳۷° واقع در استان گیلان انجام شد. موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌های خاک دست‌خورده پس از خشک شدن در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی آماده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee and Bauder، ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری در نمونه‌های دست نخورده به روش سیلندر (Klute، ۱۹۸۶)، کربن آلی به روش والکلی بلاک (Page و همکاران ۱۹۸۲)، رطوبت اشباع به روش وزنی (Page و همکاران ۱۹۸۲) و هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار افتان (Klute، ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شدند. از داده‌های مربوط به بافت و کربن آلی برای تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک توسط معادلات ساکستون و رالز استفاده شد.

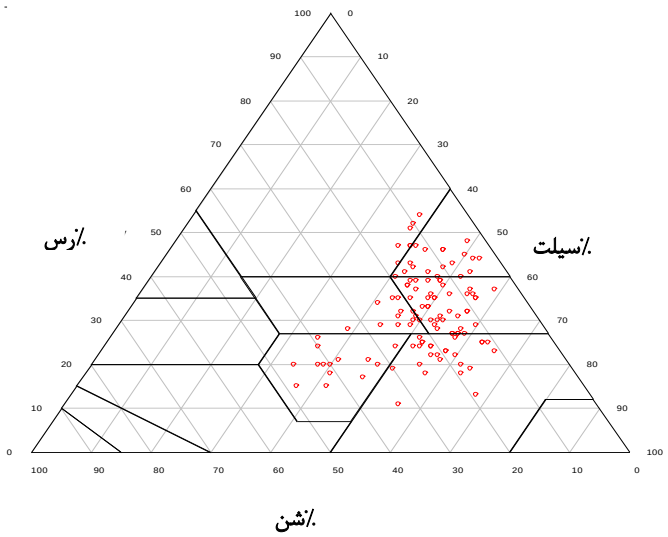


شکل ۱. توزیع ۱۲۰ نمونه خاک سطحی در شهرستان صومعه سرا

از آماره‌های توصیفی حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، واریانس، چولگی، کشیدگی و ضریب تغییرات برای تعیین موقعیت مرکزی و پراکندگی متغیرها استفاده شد. برای محاسبات آمار توصیفی و رگرسیونی از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۷) استفاده گردید. نرمال بودن توزیع فراوانی ویژگی‌ها با استفاده از آزمون معنی‌دار چولگی و کشیدگی ارزیابی گردید. صحت برآورد مدل با استفاده از آماره‌های میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) انجام گردید. صحت پیش‌بینی‌ها با برازش مقادیر پیش‌بینی متغیرهای رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع در مقابل مقدار اندازه-گیری شده در نمودار ۱:۱ ارزیابی گردید. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع نمونه خاک‌های مطالعه شده در مثلث بافت خاک در شکل ۲ نشان داده شده است. کلاس‌های بافتی غالب در این خاک‌ها به ترتیب عبارت بودند از: لوم رسی سیلتی (۴۵ نمونه)، لوم سیلتی (۲۸ نمونه)، رسی سیلتی (۱۸ نمونه)، لوم (۱۴ نمونه)، لوم رسی (۱۰ نمونه)، رس (۵ نمونه). بیشتر نمونه‌ها در خاک‌های با کلاس بافتی متوسط تا سنگین قرار داشتند.



شکل ۲. توزیع نمونه خاک‌های مطالعه شده در مثلث بافت خاک

آماره‌های توصیفی توزیع اندازه ذرات، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع در جدول ۱ نشان داده شده است. هدایت هیدرولیکی اشباع دارای بیشترین چولگی، کشیدگی و ضریب تغییرات بود. این ویژگی دامنه وسیعی از داده‌های با درجه متفاوت از بزرگی مقدار را نشان می‌دهد که در نتیجه توزیع غیر یکنواخت منافذ در خاک است. این پدیده منجر به توزیع فراوانی غیر نرمال یا چولگی مثبت می‌گردد. Schaap and Leij (۲۰۰۰) نیز بیان کردند که به طور کلی هدایت هیدرولیکی اشباع دارای توزیع فراوانی لاگ نرمال است.

جدول ۱. آمار توصیفی برخی از خواص فیزیکی خاک در اراضی شالیزاری مطالعه شده

آماره	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کربن آلی (٪)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	رطوبت اشباع (٪)	K_s cm/day
حداقل	۳	۳۴	۱۱	۰/۷	۰/۷۲	۰/۴۳	۰/۰۱
حداکثر	۴۸	۶۸	۵۴	۶/۴۶	۱/۳۵	۰/۶۵	۰/۹۲
میانگین	۱۸/۵	۴۹/۹	۳۱/۵	۲/۶۹	۱	۰/۵۷	۰/۱۶
میانه	۱۷	۵۰	۳۱	۲/۵۲	۰/۹۸	۰/۵۷	۰/۱
واریانس	۹۱/۰۸	۵۵/۶۵	۸۸/۰۴	۱/۳۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۲۷
چولگی	۱/۱۳*	۰/۰۳ns	۰/۱۶ ns	۰/۸۳*	۰/۶۳*	-۰/۷۲*	۲/۴۴*
کشیدگی	۱/۱۴	-۰/۶۱	-۰/۶۶	۰/۷	۰/۴۷	۰/۸۴	۶/۳۸
ضریب تغییرات (٪)	۵۲	۱۵	۳۰	۴۳	۱۲	۷	۱۰۶

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

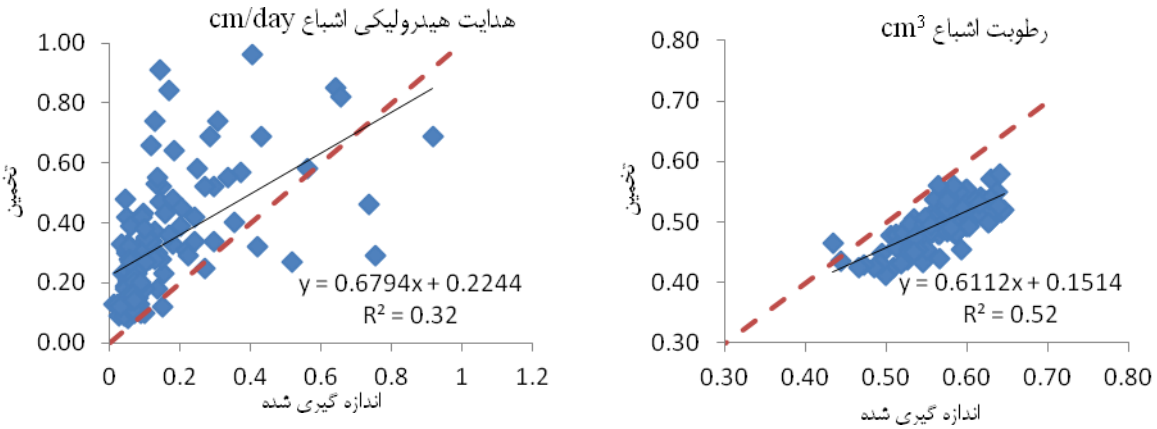
ns: غیر معنی‌دار

ماتریس ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های هیدرولیکی و خواص پایه خاک نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک همبستگی مثبت معنی‌دار با شن (r=0.40) و همبستگی منفی معنی‌دار با رس (r=0.60) دارد. رطوبت اشباع خاک دارای همبستگی منفی معنی دار با شن (r=0.56) و همبستگی مثبت معنی دار با رس (r=0.50) بود (نتایج نشان داده نشده است). خاک‌های مورد مطالعه در این تحقیق، در محدوده خاکهای با بافت متوسط تا سنگین قرار داشتند. این خاک‌ها دارای رس زیاد و شن کم بودند. با افزایش رس خاک مقدار منافذ ریز خاک افزایش و در نتیجه رطوبت

اشباع خاک افزایش و هدایت هیدرولیکی اشباع کاهش می‌یابد (Ahuja و همکاران ۱۹۸۴). در خاک‌های شالیزاری به دلیل عملیات شخم و گلخرابی ساختمان خاک تخریب و در نتیجه از مقدار منافذ بزرگ کاسته شده و بر منافذ ریز افزوده می‌گردد. هر اندازه منافذ کوچکتر و مقدار منافذ بیشتر باشد، مقدار آب نگهداری شده در خاک افزایش و هدایت هیدرولیکی خاک کاهش می‌یابد. منافذ درشت نقش مهمتری را در افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ایفا می‌کنند، اما این منافذ در خاک‌های شالیزاری وجود ندارد، به نظر می‌رسد بیش برآوردی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) نسبت به شرایط واقعی ناشی از عدم وجود این منافذ در خاک‌های شالیزار مورد مطالعه باشد. همبستگی بین رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با جرم مخصوص ظاهری منفی بود. خاکهای شنی با وجود جرم مخصوص ظاهری بالاتر و تخلخل کل کمتر از خاکهای رسی، دارای توزیع اندازه منافذ درشت‌تری هستند و در نتیجه رطوبت حجمی خاک کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر هر اندازه ρ_b خاک بیشتر باشد، یعنی جرم بیشتری در واحد حجم خاک و فضای کمتری برای عبور آب وجود دارد. به این ترتیب انتظار براین است با افزایشρ_b هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش یابد. همبستگی بین رطوبت اشباع و کربن آلی خاک مثبت معنی‌دار ($r=0.51$) بود. به نظر می‌رسد ماده آلی با افزایش ظرفیت نگهداری اب خاک باعث افزایش رطوبت حجمی اشباع خاک می‌شود. در این مطالعه رابطه معنی‌داری بین هدایت هیدرولیکی اشباع و کربن آلی مشاهده نشد.

Gulser and Candemir (۲۰۰۸) و Schaap and Leij (۱۹۹۸) بیان داشتند که علاوه بر خصوصیات فیزیکی خاک، استفاده از ضرایب رطوبتی (رطوبت ظرفیت مزرعه ای و نقطه پژمردگی دائم) در مدل‌ها سبب می‌شود که هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌ها به گونه‌ای صحیح‌تر پیش-بینی شود. مسکینی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که بیشترین اثر مستقیم خصوصیات خاک بر هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌های شالیزاری شالیزاری از طریق رطوبت حجمی خاک در ظرفیت مزرعه به دست می‌آید که نشاندهنده اهمیت این پارامتر در پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع است. برازش مقادیررطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع پیش‌بینی شده در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده در شکل ۳ نشان داده شده است. هرچه نقاط به خط ۱:۱ نزدیکتر باشند، نشان دهنده انحراف کمتر مقادیر برآورد شده از مقادیر واقعی و برآورد دقیق‌تر مدل است.

ضریب تعیین برآوردهای هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع با استفاده از روش Saxton and Rawls در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده این متغیرها به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۵۲ بود. میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به ترتیب ۰/۱۷- و ۰/۲۴ و برای رطوبت اشباع خاک ۰/۰۷ و ۰/۰۸ بدست آمد. این آماره نشان داد که این مدل در پیش‌بینی رطوبت اشباع نسبت به هدایت هیدرولیکی اشباع موفق‌تر بود. روش مذکور، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را بیشتر از مقدار واقعی (overestimate) و رطوبت اشباع را کمتر از مقدار واقعی (underestimate) برآورد کرد (شکل ۳). Boon Sung and Iba (۲۰۱۰) نیز گزارش نمودند که استفاده از مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) رطوبت اشباع را کمتر از مقادیر واقعی برآورد می‌کند.



شکل ۳. صحت تخمین با استفاده از مدل ساکستون-رالز برای هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع خاک.

Rawls و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که مهمترین فاکتور در تعیین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع، توزیع اندازه منافذ به ویژه مقدار کل منافذ درشت و متوسط می‌باشد. نتایج تحقیقات Aimrun و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که تخلخل مؤثر (تفاوت بین تخلخل کل و رطوبت ظرفیت

مزرعه‌ای) می‌تواند به عنوان متغیر مهمی در تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های شالیزار به کار برده شود، زیرا مقدار رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه‌ای اطلاعات بیشتری در مورد ساختار منافذ خاک نسبت به بافت و جرم مخصوص ظاهری فراهم می‌کند (Gulser and Candemir, 2008).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) برای پیش‌بینی رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی خاکهای شالیزاری با استفاده از برخی ویژگی‌های سهل الوصول خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) کارایی بیشتری در پیش‌بینی مقدار رطوبت اشباع نسبت به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های شالیزاری دارد. برای استفاده از مدل Saxton and Rawls در پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع، لازم است این مدل با شناسایی متغیرهای سهل‌الوصول که شاخص مناسبی از ویژگی‌های منافذ در ارتباط با جریان آب در خاک هستند، اصلاح گردد.

منابع

مسکینی ویشکایی، ف.، شعبانپور شهرستانی، م. و دوات‌گر، ن. ۱۳۸۹. تجزیه علیت خصوصیات خاک مؤثر بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاکهای شالیزاری. نشریه آب و خاک، ۲۴ (۶)، ۱۲۵۳-۱۲۴۶.

Ahuja, L.R., Naney, J.W. and Williams, R.D. 1985. Estimating soil water characteristics from simpler properties or limited data. Soil Science Society of America Journal, 49: 1100-1105.

Ahuja, L.R., Naney, J.W., Green, R.E. and Nielsen, D.R. 1984. Macroporosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity and effects of land management. Soil Science Society of America Journal, 48: 699- 702.

Aimrun, W., Amin, M.S.M. and Eltaib, S.M. 2004. Effective porosity of paddy soils as estimation of its saturated hydraulic conductivity. Geoderma, 121: 197-203.

Alaya, I., Mohamed Moncef Masmoudi, Lagacherie, Ph., Coulouma, G., Jacob, F. and Ben Mechlia, B. 2017. Performance of Saxton and Rawls Pedotransfer Functions for Estimating Soil Water Properties in the Cap Bon Region-Northern Tunisia. Springer, 77-85.

Boon Sung, C.h. and Iba, J. 2010. Accuracy of the Saxton – Rawls method for estimating the soil water characteristics for mineral soils of Malaysia. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 33: 297-302.

Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. In: A. Klute (Editor), Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd ed. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI, pp.383-409.

Gigsman, A.J., Jagtap, S.S. and Jone J.W. 2002. Wading through a swamp of complete confusion: How to choose a method for estimating soil water retention parameters for crop models. European Journal of Agronomy, 18: 75-105.

Gulser, C. and Candemir F. 2008. Prediction of saturated hydraulic conductivity using some moisture constants and soil physical properties. Journal of Applied Science, 4: 418-424.

Janik, L.J., Merry, R.H., Forrester, S.T., Lanyon, D.M. and Rawson, A. 2007. Rapid prediction of soil water retention using mid infrared spectroscopy. Soil Science Society of America Journal, 71, 507-514.

Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Madison, Wisconsin, USA.

Mermoud A. and Xu D. 2006. Comparative analysis of three methods to generate soil hydraulic functions. Soil & Tillage Research, 87: 89-100.

Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part2. Chemical and microbiological properties, American Society of Agronomy, Inc. Soil Science American. Madison, Wisconsin. USA.

Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J. and Lin, H.S. 2006. Hydropedology and pedotransfer functions. Geoderma, 131:308–316.

Rawls, W.J., Gimenez, D. and Grossman, R. 1998. Use of texture, bulk density, and slope of the water retention curve to predict saturated hydraulic conductivity. Trans. ASAE, 41(4): 983-988.

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. and Papendick, R.I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Society of America Journal, 50:1031-1036.

Saxton, K.E. and Rawls, W.J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solution. Soil Science Society of America Journal, 70: 1569-1578.

Schaap, M.G. and Leij, F.J. 1998. Using neural networks to predict soil water retention and hydraulic conductivity. Soil and Tillage Research, 47: 37-42.

Schaap M.G., and Leij F.L. 2000. Improved prediction of unsaturated hydraulic conductivity with the Mualem-van Genuchten model. Soil Science Society of America Journal, 64: 843–851.

Sobieraj, J.A., Elsenbeer, H. and Vertessy, R.A. 2001. Pedotransfer functions for estimating saturated hydraulic conductivity. Journal of Hydrology, 251: 202-220.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The predicting soil saturated moisture and saturated hydraulic conductivity using Saxton-Rawls model

Rezaee[*1], L., Davatgar, N[2]

[1] Expert (MSc.) of soil physics laboratory, Rice Research Institute of Iran

[2] Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

Abstract

The soil saturation hydraulic conductivity is one of the most important hydraulic properties of soil that affects the flow of water and the transfer of soluble material. Measuring these properties is often difficult, time-consuming and costly, so many effort has been made to predict the soil hydraulic properties indirectly using quick and low cost methods and easy soil physical and chemical properties such as soil texture and organic matter, using pedotransfer functions. In 120 samples of rice paddy soil with a uniform geographical distribution, soil texture, organic carbon, bulk density, saturation moisture and hydraulic conductivity of soil were measured. The purpose of this study was to evaluate the Sakeston-Rawls (2006) method for estimating the saturation hydraulic conductivity and saturated moisture in paddy soils of Guilan. The results showed that the model has more efficiency in predicting the saturation moisture content (R^2 = 0.52) compared to saturated hydraulic conductivity (R^2 = 0.32) of paddy soils.

Keywords: organic matter, paddy soil, pedotransfer functions, soil moisture, soil texture.

[*] Corresponding author, Email: l.rezaee77@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثر کاربرد بیوچار کود گاوی بر تخلخل کل در سه بافت خاک

فاطمه عیسوندرجبی[۱*]، احمد کریمی[۲]، حمیدرضا متقیان[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۲] استادیارگروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

بیوچار، نام ترکیب آلی پایداری است که از تجزیه گرمایی هر نوع زیست توده تحت شرایط محدودیت اکسیژن، که گرماکافت[۱] گفته می‌شود تهیه می‌شود. بیوچار به دلیل ساختار متخلخلی که دارد سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک می‌شود. از این رو پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات بیوچارکود گاوی بر تخلخل کل در خاک لوم شنی، لوم و رسی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. سطوح صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی بیوچار تولید شده از کود گاوی به طور جداگانه (دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و مدت حرارت‌دهی ۳ ساعت) در خاک با بافت لوم شنی، لوم و رسی در ۳ تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اعمال شد. ۶۰ روز پس از اختلاط خاک و بیوچار تخلخل کل خاک تعیین شد. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک می‌شود. به طوری که تخلخل کل در هر سه بافت خاک با افزایش بیوچار نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت زیرا بیوچار به عنوان ماده آلی وزن خاک را کاهش و سبب افزایش حجم منافذ خاک می‌شود.

کلمات کلیدی: پیرولیز، حجم منافذ.

مقدمه

ماده آلی خاک، به ویژه در خاک‌های آهکی که از واکنش قلیایی برخوردار هستند، نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ایفا می‌کند. بیوچار ترکیب آلی غنی از کربن است که از طریق تجزیه گرمایی هر نوع زیست توده تحت شرایط بدون اکسیژن یا حضور جزیی آن، که در اصطلاح گرماکافت گفته می‌شود، به‌دست می‌آید و سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (Sohi و همکاران، ۲۰۱۰). تولید بیوچار به منظور تثبیت بلند مدت کربن در خاک به عنوان یکی از راه‌های جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای، اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، بهبود رشد و عملکرد گیاه پیشنهاد شده است (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۵؛Lu و همکاران، ۲۰۱۴؛ و Verheijen همکاران، ۲۰۱۰). علی رغم اهمیت ویژگی‌های فیزیکی خاک در افزایش تولید، به بررسی اثرات بیوچار بر این ویژگی‌ها در مقایسه با ویژگی‌های شیمیایی توجه کمتری شده است. Karhu و همکاران (۲۰۱۱) طی تحقیقاتی اثر بیوچار تولید شده از درخت غان با کاربرد ۹ تن در هکتار در یک خاک کشاورزی متوجه افزایش ۳/۷ درصدی تخلخل کل خاک شدند. در همین راستا Glab و همکاران (۲۰۱۶) در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر بیوچار حاصل از ترکیب دو نوع علف هرز با گندم زمستانه در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد را در خاک شن لومی را بررسی کردند. بیوچار درچهار سطح ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی به خاک افزوده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که به ترتیب سبب افزایش ۵، ۱۲ و ۲۴ درصدی تخلخل خاک شدند . Obia و همکاران (۲۰۱۶) در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش کردند که افزودن بیوچار تهیه شده از بلال ذرت در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد در یک خاک لوم شنی، تخلخل خاک را ۲ درصد به ازای هر درصد بیوچار اضاف شده، افزایش داد. در همین راستا رزاقی و همکاران (۱۳۹۶) اثر بیوچار تولید شده از کاه و کلش گندم در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بر تخلخل کل در چهار نوع بافت خاک با بافت‌های لوم شنی، لوم، لوم رسی و رسی بررسی کردند. بیوچار در چهار سطح صفر،

۱- Pyrolysis

*ایمیل نویسنده مسئول: fatirajabi6770@gmail.com

۱/۲۵، ۲/۵ و ۳/۷۵ درصد وزنی (معادل ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن در هکتار) به خاک‌ها اضافه شد. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد ۷۵ تن در هکتار بیوچار سبب افزایش ۱۳ درصدی تخلخل کل نسبت به عدم کاربرد بیوچار گردید.

مواد و روش‌ها

برای این پژوهش سه نمونه خاک با بافت متفاوت (بافت لوم و رسی از دانشگاه شهرکرد و بافت لوم شنی از چلوان سامان) از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک‌های استان چهارمحال بختیاری در مهرماه سال ۱۳۹۶ برداشته شد. نمونه‌های خاک پس ازجمع‌آوری به آزمایشگاه دانشگاه شهرکرد منتقل شدند. نمونه های خاک هوا خشک شده و از الک ۴ میلی‌متری برای پر کردن گلدان‌ها و بخشی از نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی معمول خاک مانند پ‌هاش در گل اشباع (Thomas، ۱۹۹۶)، بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder، ۱۹۸۶)، رطوبت ظرفیت زراعی (Dane and. Hopmans، ۲۰۰۲)، ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sommers، ۱۹۹۶)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (Rhoades، ۱۹۹۶)، درصد کربنات کلسیم معادل با روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک یک نرمال و تیتراسیون اسید اضافی با هیدروکسید سدیم (Loeppert and Sparks، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شدند.

برای تهیه بیوچار از کود گاوی استفاده شد. کود گاوی از مزرعه دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد فراهم شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و خرد کردن در لوله‌های فلزی کاملا مسدود شده و صرفا یک سوراخ به قطر حدود ۱ میلی‌متر به منظور خروج گاز حاصل از فرآیند پیرولیز درآنها تعبیه شده قرار داده شد. سپس لوله‌ها در یک کوره الکتریکی تهویه‌دار (مدل ATRA; PC-12) در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد و مدت حرارت‌دهی سه ساعت حرارت داده شدند. سپس بیوچار تولید شده در پنج سطح شامل N_0، B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب معادل صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی آماده و در کیسه پلاستیکی قرار داده شدند. برخی از ویژگی‌های بیوچار شامل pH، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن، نیتروژن، مقدار خاکستر و بازده بیوچار، اندازه‌گیری شد(Singh et al، ۲۰۱۰؛ Guo and.Song، ۲۰۱۲). تجزیه و تحلیل آماری بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تجزیه واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از روش چنددامنه دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ به کمک نرم افزار STATISTICA8 مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری تخلخل کل از رابطه زیر استفاده شد که در آن ρ_b جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$) ، ρ_p جرم مخصوص حقیقی ($g\ cm^{-3}$) و F درصد تخلخل کل خاک است.

$$F(\%)=(1-\frac{\rho_b}{\rho_p})\times 100$$

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) و ویژگی‌های بیوچار در جدول(۲) ارائه شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده

بافت	pH	EC($dS\ m^{-1}$)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	ماده آلی (٪)	کربنات کلسیم معادل (٪)	ظرفیت زراعی (٪)
لوم شنی	۷/۶	۰/۷۱۸	۵۵	۲۷	۱۸	۰/۸۹	۵	۲۶/۰۳
لوم	۷/۹	۰/۵۱۹	۴۵	۴۴	۱۱	۰/۹۵	۳۰	۲۳/۲
رسی	۷/۸	۰/۸۲۶	۱۶	۳۶	۴۸	۰/۷۳	۲۵	۲۷/۴

جدول ۲- برخی ویژگی‌های کود گاوی مورد استفاده و بیوچار حاصل از آن در این پژوهش

	pH(۱:۵)	EC(dSm^{-1})	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	C:N	مقدار خاکستر(٪)	بازده(٪)
کود گاوی	۸/۱۵	۲/۰۶	۴۷/۳۰	۱/۲۴	۳۸/۱۲	۲۶	-
بیوچار گاوی	۷/۱۵	۰/۹	۶۲	۲/۱۷	۲۸/۵۷	۵۶/۲	۲۱

تجزیه واریانس تیمارهای آزمایش بر تخلخل کل خاک در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثرات اصلی تیمارها (سطوح بیوچار و بافت‌های مختلف خاک) و همچنین اثرات متقابل این دو متغیر بر تخلخل کل در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد ($P<0.01$).

جدول (۴) نشان می‌دهد که در سطوح تیمارهای ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد بیوچار کودگاوی مقادیر تخلخل کل به ترتیب برای خاک لوم شنی ۳/۶۶، ۳۶/۰۸، ۳۳/۴۲ و ۴۷/۱۵ درصد، برای خاک رسی به ترتیب ۳/۶۱، ۶/۶۳، ۸/۲۳ و ۱۱/۵۸درصد و برای خاک لوم به ترتیب ۶/۹۵، ۲۲/۱۴، ۳۵/۰۵ و ۴۵/۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

از طرفی در هر سه بافت خاک افزایش بیوچار سبب افزایش تخلخل کل شد. بیش‌ترین مقدار تخلخل خاک نیز با میانگین ۵۹/۲۳ درصد در تیمار (B4) در بافت خاک لومی و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۳۱/۶۲ درصد در تیمار (N0) در بافت خاک لوم شنی به دست آمد. نتایج نشان داد بیوچار سبب کاهش تراکم خاک و افزایش هوادهی می‌شود که این خود سبب بیشتر شدن تخلخل خاک می‌گردد (Downe و همکاران، ۲۰۱۰). Laird و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که کاربرد سطوح ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی بیوچار تولید شده از بقایای بلوط و گردو در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به یک خاک لومی سبب فزایش تخلخل شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر بیوچار و نوع خاک بر بر تخلخل کل (F)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		F (درصد)
خاک	۲	۷۸۲/۶**
اصلاح کننده	۴	۲۶۵/۲**
خاک × اصلاح کننده	۸	۲۹/۱**
خطا	۳۰	۲/۷

**: معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تخلخل کل(F) تحت تاثیر سطوح بیوچار در خاک‌های مورد مطالعه

اصلاح‌کننده	تخلخل کل (درصد)			
	لوم شنی	رس	لوم	میانگین
N0	۳۱/۶۲^{g}	۵۰/۰۶^{d}	۴۰/۸۲^{f}	۴۰/۸۳^{E}
B1	۳۲/۷۸^{g}	۵۱/۸۷^{dc}	۴۳/۶۶^{f}	۴۲/۷۷^{D}
B2	۴۳/۰۳^{f}	۵۳/۳۸^{cb}	۴۹/۸۶^{d}	۴۸/۷۶^{C}
B3	۴۲/۱۹^{f}	۵۴/۱۸^{cb}	۵۵/۱۳^{b}	۵۰/۵۰^{B}
B4	۴۶/۵۳^{e}	۵۵/۸۶^{b}	۵۹/۲۳^{a}	۵۳/۸۷^{A}
میانگین	۳۹/۲۳^{C}	۵۳/۰۷^{A}	۴۹/۷۴^{B}	

*: شاهد (N0)، سطوح بیوچار کود گاوی (B0، B1، B2، B3 و B4) به ترتیب بیان کننده در سطح ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که تخلخل کل در هر سه بافت خاک با افزایش بیوچار نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت زیرا بیوچار به عنوان ماده آلی وزن خاک را کاهش و سبب افزایش حجم منافذ خاک می‌شود. در واقع بیوچار این قابلیت را دارد که سبب کاهش چگالی ظاهری و متخلخل تر شدن خاک شود و لذا می‌توان بدون تغییر دادن بافت خاک، صرفا با افزودن بیوچار (حتی در سطوح پایین) سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک شد با توجه به تاثیر مثبت بیوچار بر ویژگی فیزیکی اندازه‌گیری شده در هر سه بافت خاک انتخاب بهینه‌ترین سطح بیوچار

بایستی به گونه‌ای باشد که استفاده از آن از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد که این امر نیاز به تحقیقات بیشتر به خصوص در شرایط مزرعه‌ای را می‌طلبد.

منابع

نوروزی م. طباطبائی س. ح. نوری م. ر. متقیان ح. ر. ۱۳۹۵. اثرات کوتاه مدت بایوچار حاصل از برگ خرما بر حفظ رطوبت در خاک لوم‌شنی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک ۶ (۲) : ۱۵۰-۱۳۷.

رزاقی ف. و رضایی ن.۱۳۹۶. اثر سطوح مختلف بیوچار بر خواص فیزیکی خاک با بافت‌های مختلف. نشریه حفاظت و منابع آب و خاک، سال هفتم، شماره اول، صفحات ۷۸-۷۵.

Dane, J. H., Hopmans, J.W., 2002. Water retention and storage. In: Dane, J.H., Topp G.C. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods. Madison Soil Science Society of America.

Gee, G. W., and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis hydrometer methods. In: Sparks DL et al. (Eds). Method of Soil Analysis. part 1. pp: 383-411. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI US.

Głąb, T., Palmowska, J., Zaleski, T,. and Gondek, K. 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. Geoderma, 281, 11–20.

Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., and Regina, K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH4 uptake and water holding capacity–results from a short-term pilot field study. Agriculture Ecosystems and Environment, 140, 309-313.

Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., and Karlen, D. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma 158: 436–444.

Loeppert, R. H., and Sparks, D. L. 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks, D. L, (ed) Methods of Soil Analysis.Part3 chemical methods. SSSA Mardison WI. PP, 437-474.

Lu, S. G., Sun, F. F., and Zong, Y. T. 2014. Effect of rice husk biochar and coalfly ash on some physical properties of expansive clayey soil (Vertisol). Catena, 114, 37–44.

Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1996. Total carbn organic carbn and organic matter. In: Sparks, D. L, et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3 3rd Ed. pp. 961-1010. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI USA.

Obia, A., Mulder, j., Martinsen, V., Cornelissen, G., and Børresen, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. Soil and Tillage Research ,155, 35–44.

Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved salts. In: Sparks D.L. et al.(Eds) Methods of Soil Analysis. Part 3 3rd Ed. pp. 417-436. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI. USA.

Singh, B., Singh, B. P., and. Cowie, A. L. 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. Aust Journal Soil Research, 48, 516-525.

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., and Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy, 105, 47–82.

Song, W., and. Guo, M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 94, 138-145.

Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil asidity. In: Sparks D.L. et al. (Eds) Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Eds. pp. 475-490. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI. USA.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., van der Velde, M., and Diafas, I. 2010. Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties Processes and Functions. EUR 24099 EN. Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg. 149p.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Effect of Cow manure Biochar on Total Porosity in Three Soils

Esvand Rajabi[*1],F., Karimi, A., Motaghian ,H.R[3].

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrkord, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrkord, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrkord, Iran

Abstract

It is the name of the sustained organic compound that is derived from the thermal analysis of any biomass under conditions of limitation of oxygen, which is said to be Pyrolysis. Due to the porous structure it improves the physical condition of the soil. Therefore, the present study was conducted to investigate the effects of biochar on total porosity in sandy loam, loam and clay soils under greenhouse conditions. The levels of zero (control), 0.5, 1, 1.5 and 2 wt% of cow manure separately (temperature 400 ° C and heating time of 3 hours) in soil with sandy loam texture, Loam and clay were applied in a completely randomized design with factorial arrangement in 3 replications. Sixty days after soil mixing and immersion, soil porosity was determined. The results showed that unsustainable application improves the physical condition of the soil. So that the total porosity in all three soil texture increased significantly as compared to the control, because biochar as a organic matter reduced the soil weight and increased the pore volume of the soil.

Keywords: Pyrolysis, pore volume

[*] Corresponding author, Email: fatirajabi6770@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی دقت مدل SWAP در برآورد عملکرد برنج رقم هاشمی

حسین پندی*[۱]، صفورا اسدی کپورچال[۲]، مجید وظیفه‌دوست[۳]، مجتبی رضایی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۳] استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۴] استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی دقت مدل اگروهیدرولوژی SWAP در شبیه‌سازی عملکرد اندام‌های مختلف گیاه برنج (ریشه، ساقه، برگ و شلتوک) رقم هاشمی، طی مراحل چندگانه رشد (رویشی، زایشی و رسیدگی) و مقایسه آن با مقادیر اندازه‌گیری شده بود. بدین منظور، پژوهشی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در استان گیلان در سال زراعی ۱۳۹۶ انجام شد. برای شبیه‌سازی مدل SWAP، پارامترهای مورد نیاز (خاک، آب، هواشناسی و گیاهی) در مدل وارد شد. مقادیر عملکرد اندام‌های مختلف گیاه برنج با توزین وزن تر و خشک اجزای گیاه (ساقه، برگ، ریشه و شلتوک) در فواصل ۷ روزه در مراحل مختلف رشد گیاه اندازه‌گیری شدند. نتایج به دست آمده از این پژوهش بیانگر آن بود که همبستگی بسیار بالایی (R^2>0.9) بین داده‌های عملکرد اندازه‌گیری شده اندام‌های گیاه برنج (ساقه، ریشه، برگ و شلتوک) و برآورد شده با مدل SWAP وجود دارد. در نهایت روند تغییرات عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP یکسان بوده و ارزیابی متغیرهای آماری بیانگر آن است که مدل SWAP از توانایی بالایی در برآورد عملکرد برنج برخوردار بوده است.

کلمات کلیدی: برنج، زیست توده، شبیه‌سازی، ماده خشک

مقدمه

برنج (*Oryza Sativa* L.) دومین غله مهم در جهان و محصولی راهبردی است که در سبد غذایی مردم جهان جایگاه ویژه‌ای دارد و نیمی از تولید این محصول نیز در قاره آسیا متمرکز شده است (FAO، ۱۹۹۵). مطالعه مراحل مختلف کشت گیاهان زراعی در شرایط مختلف، نقشی مهم در تولید محصولات و مدیریت زراعی دارد (نوابیان و همکاران،۱۳۹۰). مدل‌های شبیه‌ساز رشد و توسعه گیاهی با استفاده از مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی وابسته، امکان پیش‌بینی عملکرد محصول، برنامه‌ریزی و مدیریت مطلوب در فرآیند تولید محصول را فراهم می‌نمایند (Farshi و همکاران ۱۹۸۷). به‌طور کلی این مدل‌ها، نتایج آزمایش‌ها و تحقیقات کشاورزی را مورد آنالیز قرار می‌دهند. کاربرد دیگر مدل‌های گیاهی، استفاده از آنها به عنوان ابزار تصمیم‌گیری برای مدیریت سیستم و مزرعه است (Steduto و همکاران ۲۰۰۹). اولین نسخه‌ی مدل SWAP در سال ۱۹۷۸ توسعه و تکامل یافت (Feddes و همکاران ۱۹۷۸). Kabat و همکاران (۱۹۹۲)، نسخه‌ی مدل SWAP را برای شبیه‌سازی رشد گیاه توسعه دادند. در مدل SWAP برای شبیه‌سازی رشد گیاه از مدل ساده شده WOFOST استفاده می‌شود که در آن رشد محصولات بر اساس فرایندهای اکوفیزیولووژیکی شبیه‌سازی و تخمین زده می‌شوند. مدل SWAP با در نظر گرفتن داده‌های خاک (Soil)، آب (Water)، اتمسفر (Atmosphere) و گیاه (Plant)، شبیه‌سازی مراحل رشد و پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی را انجام داده و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری صحرایی به دنبال داشته است (شهیدی و احمدی، ۱۳۹۴). مدل اگروهیدرولوژیکی SWAP، یک مدل هیدرولوژیکی یک بعدی است که مبنای فیزیکی دارد. SWAP با ترکیب یک تابع نزولی نیمه تحلیلی قادر به شبیه‌سازی در انواع شرایط محیطی و خاک‌های گوناگون است (Hygen و همکاران ۱۹۹۷). خاکساری و همکاران (۱۳۸۵) بر اساس شبیه‌سازی‌هایی که با مدل‌های مختلف شبیه‌ساز انجام داده‌اند، بیان کردند که مدل SWAP نسبت به سایر مدل‌ها، کارایی بهتری در شبیه‌سازی داشته و مراحل رشد گیاه در خاک را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌کند. بر اساس نتایج آنها، مدل SWAP از کارایی خوبی در شبیه‌سازی عملکرد اجزای گیاه برنج برخوردار بود. در پژوهش امیری و همکاران (۱۳۸۶)، مدل SWAP بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته، بسیاری از پارامترهای مورد بررسی را شبیه سازی کرده و برای شبیه‌سازی بیومس کل و بیومس پانیکول مناسب بوده است. برآورد عملکرد برنج، در اقدامات به موقع در امور تجاری و امنیت مواد

*ایمیل نویسنده مسئول: Olomekhak91@yahoo.com

غذایی و اتخاذ تصمیمات مرتبط از سوی برنامه‌ریزان بخش کشاورزی دارای اهمیت است (یاقوتی و همکاران، ۱۳۹۷). توزیع ماده خشک فرآیندی است که در آن، مواد فتوسنتزی در دسترس برای رشد به برگ، ساقه، ریشه و اندام ذخیره‌ای اختصاص داده می‌شوند و افزایش وزن ماده‌ی خشک کل گیاه به وزن ریشه، برگ، ساقه و اندام‌های ذخیره‌ای وابسته است (خادم‌پیر و همکاران، ۱۳۹۳). در سال زراعی ۹۵-۹۴، از حدود ۱۱/۷۷ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی در ایران، حدود ۸/۴۴ میلیون هکتار معادل ۷۱/۷۵ درصد به غلات اختصاص داشته که از این مقدار ۴۲/۶ درصد آن مربوط به اراضی با کشت آبی بوده است. شلتوک برنج، ۷/۰۶ درصد از کل سطح برداشت غلات کل کشور می‌باشد. از مجموع ۸۳ میلیون تن تولید محصولات زراعی در سال زراعی ۹۵-۹۴، مقدار ۲۲/۴۱ میلیون تن معادل ۲۷ درصد غلات بوده که ۶۸/۲ درصد آن از اراضی با کشت آبی حاصل شده است و میزان تولید شلتوک برنج ۱۳/۰۴درصد از کل میزان تولید غلات می‌باشند. در ایران، سطح زیر کشت گیاه برنج در حدود ۵۹۶۰۳۵ هکتار و تولید این محصول ۲۹۲۱۰۴۶ تن بوده است. همچنین در استان گیلان، سطح زیر کشت گیاه برنج در حدود ۱۹۷۰۷۸ هکتار و تولید این محصول، ۹۱۲۰۱۶ تن بوده است. عملکرد شلتوک برنج در ایران در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴، ۴۹۰۱ کیلوگرم در هکتار و در استان گیلان، این عملکرد در حدود ۴۶۲۸ کیلوگرم در هکتار است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). امیری و رضایی (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای، عملکرد برنج را ۳۸۹۳ تا ۴۲۷۱ کیلوگرم در هکتار به دست آوردند. یاقوتی و همکاران (۱۳۹۷)، عملکرد شلتوک برنج را بر روی ارقام بومی و پرمحصول به‌دست آوردند. نتایج ارزیابی میانگین عملکرد مشاهده‌ای رقم بومی، ۳۵۰۲ کیلوگرم در هکتار و عملکرد رقم پرمحصول، ۴۶۴۹ کیلوگرم در هکتار بوده است. ۳۲ درصد از اراضی زیرکشت ارقام بومی، عملکردی بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دارند و مابقی اراضی از عملکرد کمتری برخوردارند. در ارتباط با ارقام پرمحصول نیز، ۳۶ درصد از اراضی عملکرد کمتر از ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۴ درصد عملکردی بیش از ۵۲۵۰ کیلوگرم در هکتار دارند. رضایی (۱۳۹۴) با مطالعه ۱۱۰ شالیزار برنج در استان گیلان، میانگین عملکرد شلتوک و کاه (برگ و ساقه) گیاه برنج را به ترتیب ۳۵۷۵ و ۴۸۴۳ کیلوگرم در هکتار به دست آورد. استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز، محدودیت‌های موجود در آزمایش‌های مزرعه‌ای را به مقدار بسیار زیادی کاهش می‌دهد، اما کاربرد این مدل‌ها و درستی نتایج به دست آمده از آنها باید با نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند. با توجه به اینکه کشت برنج در استان گیلان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، هدف از انجام این مطالعه، اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی و ارزیابی دقت مدل شبیه‌ساز SWAP در شبیه‌سازی عملکرد برنج و مقایسه آن با مقادیر اندازه‌گیری شده بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت با مختصات جغرافیایی ′۱۲ °۳۷ عرض شمالی، ′۳۸ °۴۹ طول شرقی و در ارتفاع تقریبی ۲۴ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۶ انجام شد. نتایج برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شالیزارهای مورد مطالعه در لایه‌های مختلف (به صورت نمونه مرکب از چهار مزرعه مطالعاتی) تا عمق نفوذ ریشه برنج (۳۰ سانتی‌متری) پیش از شخم زمین‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شالیزارهای مورد مطالعه

عمق (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت	جرم ویژه ظاهری (gr/cm^3)	هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/day)	رطوبت اشباع (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۰-۱۰	۴۷	۳۹	۱۴	رسی	۱/۱۰	۵۷/۵۴	۶۵	۱/۷۲	۰/۱۶	۱۰/۱۰	۱۹۵
۱۰-۲۰	۴۴	۳۹	۱۷	رسی	۱/۲۰	۳۰/۸۰	۶۲	۱/۵۴	۰/۱۴	۷/۳۰	۱۷۶
۲۰-۳۰	۴۷	۴۴	۹	رس سیلتی	۱/۳۲	۰/۴۰	۶۲	۱/۲۵	۰/۰۷	۵/۲۰	۱۸۵

پارامترهای هیدرولیکی لایه‌های خاک مورد نیاز زیر مدل خاک، شامل میزان رطوبت اشباع و باقی‌مانده، هدایت هیدرولیکی اشباع و پارامترهای n و α ون‌گنوختن با استفاده از اطلاعات داده‌های جرم ویژه ظاهری و درصد رس، سیلت و شن در نرم‌افزار RETC محاسبه گردیدند. داده‌های زیر مدل هواشناسی روزانه در فصل زراعی از ایستگاه سینوپتیک رشت، به عنوان نزدیک‌ترین و قابل اعتمادترین ایستگاه هواشناسی دریافت و میانگین ماهانه آنها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. میانگین داده‌های هواشناسی برای ماه‌های مختلف رشد برنج در منطقه رشت

تاریخ شمسی	دما حد اقل T.MIN	دما حد اکثر T.MAX	رطوبت نسبی حداقل RH MIN	رطوبت نسبی حداکثر RH MAX	بارندگی RA	تبخیر- تعرق مرجع ET0	سرعت باد متوسط AVG WIND	میانگین فشار بخار هوا ea'	تابش روزانه نور خورشید Rs (radiation)
	سلسیوس	سلسیوس	درصد	درصد	میلی متر	میلی متر	متر بر ثانیه	اتمسفر	کیلوژول بر متر مربع در روز
خرداد	۱۸/۷۹	۲۸/۲۸	۵۶/۹۷	۹۳/۰۳	۰/۶۰	۳/۴۴	۲/۳۰	۲/۱۰	۱۹۸۶۰/۷۱
تیر	۲۰/۶۷	۳۱/۱۶	۵۳/۸۷	۹۳/۷۴	۰/۴۶	۳/۵۱	۲/۰۰	۲/۳۵	۱۹۸۵۷/۷۴
مرداد	۲۱/۷۶	۳۳/۸۷	۴۶/۷۲	۹۰/۰۸	۰/۰۰	۴/۵۲	۲/۴۰	۲/۴۰	۲۱۳۵۸/۳۶

روش آبیاری مزارع بصورت سطحی و غرقاب دائم بوده است و عمق آب (پیش و پس از آبیاری، میزان کاهش توسط تبخیر-تعرق و افزایش ارتفاع آب توسط باران و آبیاری) توسط خط‌کش به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. زیر مدل گیاهی در مدل SWAP شامل مدل ساده و پیشرفته است که در این مطالعه با توجه به پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری شده که شامل فنولوژی (زمان مورد نیاز برای رسیدن به مراحل مشخصی از رشد)، مورفولوژی (ارتفاع گیاه، حداکثر شاخص سطح برگ، عمق ریشه، سطح ویژه برگ، ویژگی‌های ریشه و پارامترهای دیگر گیاهی) و رشد (بازده استفاده از تشعشع، توزیع میزان ماده خشک بین اندام‌های ریشه، ساقه، برگ و شلتوک) بود، از مدل ساده استفاده شد. کل افزایش روزانه ماده‌ی خشک بر طبق عواملی که تابع مرحله رشد هستند، به قسمت‌های مختلف اندام گیاه نظیر ریشه، برگ، ساقه و اندام ذخیره‌سازی (شلتوک) اختصاص یافت. طول دوره رشد برنج ۸۷ روز بوده و مراحل رشد بر حسب روز پس از نشا کردن برنج در زمین به صورت متغیر DVS (مرحله توسعه و رشد گیاه) توصیف گردیدند. این عوامل از طریق مقدار ماده خشک جدید تولید شده‌ای که به اندام‌های گیاه در فاصله دو برداشت متوالی اختصاص یافته، به دست آمد. در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی دقت، اعتبار و کارآیی مدل از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده یا درصد خطا (nRMSE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب مقدار باقی‌مانده (CRM) و کارایی مدل (EF) استفاده شد.

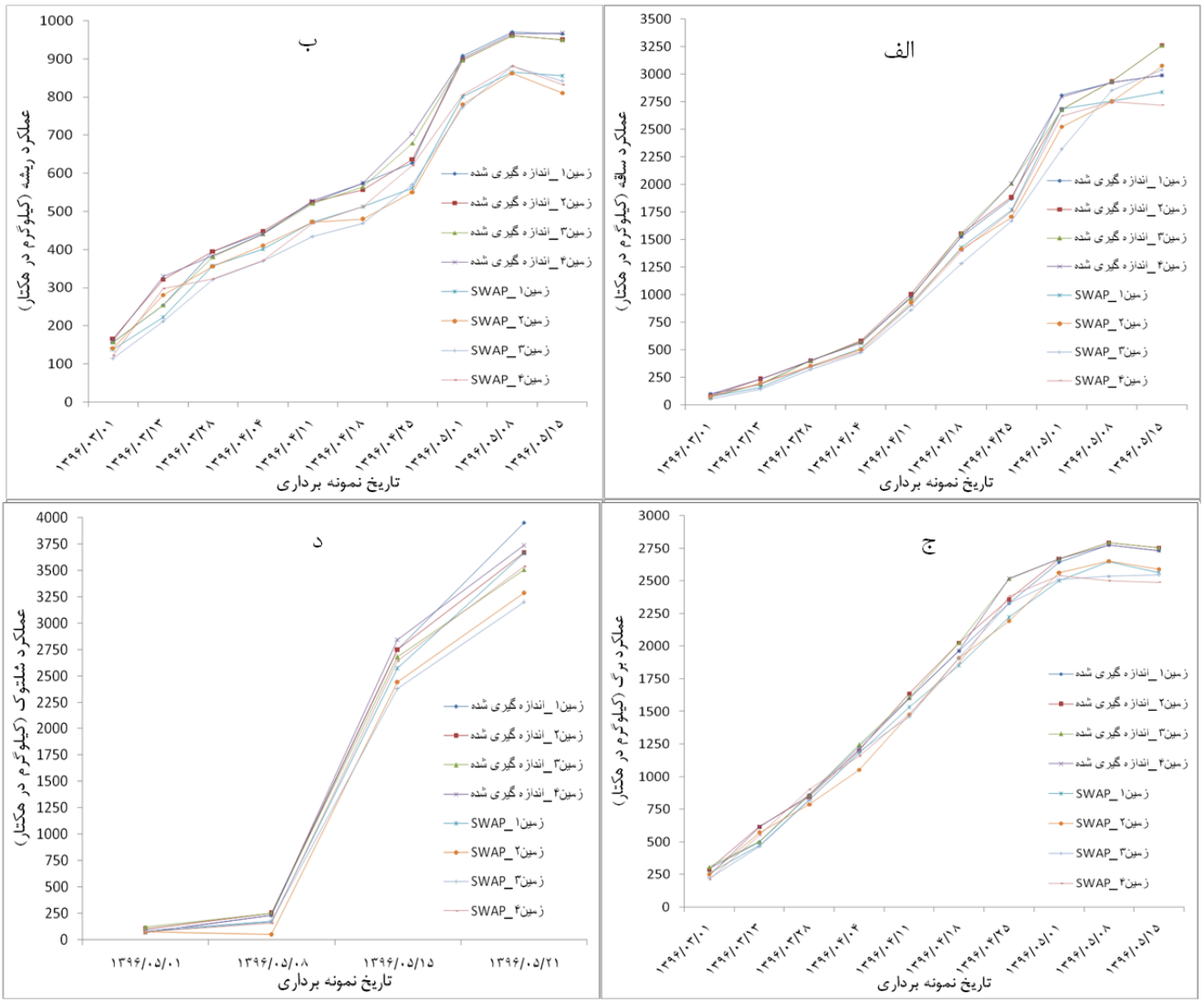
نتایج و بحث

مقادیر عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP در اندام‌های مختلف (ساقه، ریشه، برگ و شلتوک) گیاه برنج در شکل ۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود برگ گیاه در ابتدای رشد خود بیشترین نسبت ماده خشک را در اندام‌های گیاه برنج دارا بوده و با رشد و توسعه گیاه، عملکرد سایر اجزای گیاه برنج نیز افزایش یافت که سرعت این افزایش با پایان دوره زایشی کاهش یافته است. Machado و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که به دلیل پیر شدن کانوپی گیاه برنج، کاهش اسیمیلاسیون (تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ گیاه)، زرد شدن برگ‌ها و کاهش میزان فتوسنتز گیاه نسبت به نیاز دانه‌ها به مواد فتوسنتز شده، سبب می‌شود تا طی پدیده انتقال مجدد، برگ و ساقه به عنوان مبدا ثانویه عمل کرده و مواد تولید شده و ذخیره شده در اندام‌ها و بافت‌های خود را به اندام‌های ذخیره‌ای گیاه مانند شلتوک منتقل کنند، که نتیجه آن کاهش وزن خشک آن‌ها می‌شوند. همانطور که در شکل ۱-د مشاهده می‌شود روند افزایشی ماده خشک شلتوک در ابتدای ظهور شلتوک، کند بوده و در انتهای دوره رسیدگی، به حداکثر میزان خود می‌رسد.

خادم‌پیر و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که پس از یک مرحله از رشد برگ، ساقه و ریشه، دوره‌ای آغاز می‌شود، که این اندام‌ها و اندام زایشی یا ذخیره‌ای با هم رشد می‌کنند و در مرحله نهایی، تنها وزن اندام ذخیره‌ای با سرعت زیاد افزایش می‌یابد. در این پژوهش، عملکرد نهایی کاه، زیست توده و شلتوک در زمین ۱ به‌ترتیب برابر ۵۹۴۷/۳۳، ۹۹۰۱/۸۷ و ۳۹۵۳/۶۷ کیلوگرم در هکتار، در زمین ۲ به‌ترتیب برابر ۵۴۷۲/۳۳، ۹۱۴۳/۸ و ۳۶۷۱/۰۹ کیلوگرم در هکتار، در زمین ۳ به‌ترتیب برابر ۵۰۶۰/۳۳، ۸۵۶۷/۷۳ و ۳۵۰۷/۰۳ کیلوگرم در هکتار و در زمین ۴ به‌ترتیب برابر ۵۶۶۰/۲۱، ۹۴۰۲/۹۷ و ۳۷۴۱/۴۱ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد.

در دوره ابتدایی بیشترین عملکرد اندام‌های گیاهی به‌ترتیب برگ و ریشه و کمترین میزان عملکرد مربوط به عملکرد ساقه گیاه است. پس از استقرار نشا گیاه برنج در زمین، ساقه گیاه با سرعت بیشتر نسبت به سایر اندام‌های گیاه برنج به رشد خود ادامه داده که این رشد ماده خشک ساقه تا اوایل دوره

رسیدگی ادامه و سپس کاهش یافت. با ظهور دانه برنج، عملکرد سایر اندام‌های گیاه تقریبا کاهش یا افزایش چشم‌گیری نداشتند و این موضوع تنها تفاوت میان برآورد مدل SWAP و مقدار اندازه‌گیری شده است. لیکن با نزدیک شدن به انتهای دوره رسیدگی، با کاهش بیشتر ماده خشک ساقه و برگ، نسبت ماده خشک ریشه با سرعت کمتری کاهش یافته و سرعت افزایش عملکرد شلتوک نیز افزایش یافت. زیست توده گیاه هم به صورت خطی در کل دوره رشد افزایش داشته است. عملکرد نهایی ریشه، ساقه، برگ، شلتوک، کاه و زیست توده زمین ۱ با استفاده از مدل SWAP به‌ترتیب برابر ۸۶۲، ۲۷۱۹، ۲۶۹۵، ۳۶۶۵، ۵۴۱۴ و ۹۰۷۹ کیلوگرم در هکتار، در زمین ۲ به‌ترتیب برابر ۷۷۱، ۲۹۷۰، ۲۳۴۹، ۳۲۹۱، ۵۳۱۹ و ۸۶۱۰ کیلوگرم در هکتار، در زمین ۳ به‌ترتیب برابر ۸۰۱، ۲۹۲۰، ۲۴۶۱، ۳۱۹۸، ۵۳۸۱ و ۸۵۷۹ کیلوگرم در هکتار و در زمین ۴ به‌ترتیب برابر ۷۹۹، ۲۷۸۰، ۲۳۶۵، ۳۵۴۱، ۵۱۴۵ و ۸۶۸۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.



شکل ۱. عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده اندام‌های الف) ساقه، ب)ریشه، ج) برگ، د) شلتوک برنج در طی دوره رشد گیاه

جدول آماره‌های استفاده شده در ارزیابی عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP در شالیزارهای مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، همبستگی بسیار بالایی بین داده‌های عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP اندام‌های گیاه برنج

(ساقه، ریشه، برگ و شلتوک) وجود دارد. مقادیر میانگین مربعات خطا، نشان‌دهنده برآورد بسیار خوب و پراکنش مناسب مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده اندام‌های گیاه برنج در تمام زمین‌های مورد مطالعه است. درصد خطای مقایسه عملکرد اندام‌های گیاهی اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP نیز نمایان‌گر برآورد خوب مدل است. در مقایسه عملکردهای اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP، عملکرد برگ با میانگین درصد خطای ۷/۴۷ کم‌ترین خطا و عملکرد ریشه با میانگین مربعات خطای ۱۳/۳۷ درصد، دارای بیشترین خطای برآورد بود. در تمام زمین‌ها، مقدار جزئی بیش‌برآوردی عملکرد نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده مشاهده شده است. لیکن در نهایت با توجه به مقادیر بالای ضریب تبیین (R^2) و کارایی مدل (EF)، مدل SWAP از توانایی بسیار خوبی در برآورد دقیق عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج برخوردار بوده است.

جدول ۳. ارزیابی متغیرهای آماری مقادیر عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP در اندام‌های مختلف گیاه برنج

	شلتوک					برگ					ریشه					ساقه					
زمین	R^2	EF	CRM	nRMSE	RMSE	R^2	EF	CRM	nRMSE	RMSE	R^2	EF	CRM	nRMSE	RMSE	R^2	EF	CRM	nRMSE	RMSE
۱	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۷	۹/۷۷	۱۷۱/۱۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۰۵	۵/۸۷	۹۹/۵۳	۰/۹۸	۰/۸۳	۰/۱۰	۱۲/۱۰	۷۰/۳۸	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۰۶	۶/۹۶	۱۰۰/۰۳
۲	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۱۳	۱۵/۵۸	۲۶۳/۳۹	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۰۶	۷/۲۶	۱۲۴/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۰	۰/۱۲	۱۳/۶۴	۷۹/۸۶	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۰۷	۸/۶۹	۱۲۷/۰۲
۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۱۰	۱۳/۳۲	۲۱۸/۰۸	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۰۷	۸/۵۹	۱۴۸/۵۱	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۱۴	۱۴/۷۸	۸۵/۷۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۱۰	۱۳/۶۹	۲۰۰/۳۷
۴	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۶	۸/۵۷	۱۴۷/۷۰	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۰۶	۸/۱۹	۱۴۰/۶۶	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۱۲	۱۲/۹۶	۷۷/۱۷	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۰۸	۱۰/۴۷	۱۵۲/۲۴

نتیجه‌گیری

عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP در اندام‌های گیاه برنج (ساقه، ریشه، برگ و شلتوک) طی مراحل رشد افزایش یافته، بطوری‌که در ابتدای رشد، عملکرد برگ بیشتر از ساقه و ریشه بوده و با رشد گیاه، عملکرد ساقه در اوایل دوره زایشی با شیب زیادتری افزایش داشته است. با آغاز دوره رسیدگی گیاه، عملکرد ساقه از میزان عملکرد ریشه و برگ بیشتر شده است، لیکن با ظهور و افزایش عملکرد شلتوک، عملکرد سایر اندام‌های گیاه، حالت افزایشی خود را از دست داده و ثابت شده یا کاهش می‌یابند. در نهایت روند تغییرات عملکرد اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل SWAP یکسان بوده و ارزیابی متغیرهای آماری بیانگر آن است که مدل SWAP از توانایی بالایی در برآورد عملکرد گیاه برخوردار بوده است. دقت مدل‌های شبیه‌ساز گیاهی به دقت داده‌های ورودی مدل مورد نظر بستگی دارد. اگر داده‌های ورودی با دقت بالا اندازه‌گیری شود، برآورد مدل‌سازی قابل اطمینان خواهد بود. با وجود این‌که تعداد ورودی‌های مدل SWAP زیاد است و تامین ورودی‌های مورد نیاز نیازمند اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای است، لیکن چنانچه پارامترهای ورودی مدل بطور دقیقی اندازه‌گیری شوند، نتایج حاصل از عملیات شبیه‌سازی، گویای اطلاعات کاربردی و مطلوبی از مزرعه است.

منابع

احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.ا.، عبادزاده، ح.ر.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ. و رفیعی، و. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (جلد اول: محصولات زراعی). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی کشور، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

امیری, ا.، رضایی، م.، یزدانی، م.ر. و رضوی‌پور، ت. ۱۳۸۶. ارزیابی کاربرد مدل SWAP جهت پیش‌بینی عملکرد برنج در شرایط خشکسالی. اولین همایش سازگاری با کم آبی، تهران، ماهنامه مهرآب.

امیری، ا. و م. رضایی، م. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات بهره‌وری آب در شالیزارهای گیلان. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

خادم‌پیر، م.، زینلی، ا.، سلطان، ا. و تورانی، م. ۱۳۹۳. بررسی شاخص سطح برگ، روند تجمع و تسهیم ماده خشک در دو رقم باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر فاصلهٔ بین ردیف و تاریخ کشت. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه گنبد کاووس، ۱ (۳)، ۳۶-۱۵.

خاکساری، و.، موسوی، س.ع.ا.، چراغی، س.ع.م.، کامکار حقیقی، ا. و زند پارسا، ش. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل‌های رایانه ای SWAP و LEACHC در آب-شویی مزرعه‌ای املاح خاک در منطقه چاه افضل یزد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰ (۲)، ۶۸-۵۷.

شهیدی، ع. و احمدی، م. ۱۳۹۴. آموزش تصویری مدلSWAP. انتشارات کلک زرین، تهران، ۱۶۸ صفحه.

نوابیان، م.، آقاجانی، م.، وظیفه دوست، م. و رضایی، م. ۱۳۹۰. ارائه رژیم بهینه آبیاری برنج تحت تنش شوری با استفاده از مدل SWAP. نشریه آب و خاک، ۶ (۲۵)، ۱۴۲۰-۱۴۱۳.

یاقوتی، ح.، پذیرا، ا.، امیری، ا. و مسیح آبادی، م.ح. ۱۳۹۷. کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و فناوری سنجش از دور برای تخمین عملکرد برنج. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۷ (۳)، ۶۹-۵۵.

رضایی، م. ۱۳۹۴. برآورد تاثیر تغییرات میزان کاربرد آب آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح وسیع با استفاده از ترکیب داده‌های ماهواره‌ای و مدل DSSAT. رساله دکتری دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

FAO. 1995. World rice information, issue NO 1. Rome, Italy.

Farshi, A.A., Feyen, J., Belman, S.C. and De wijngaert, K. 1987. Modeling of yield of winter wheat as a function of soil water availability. Agricultural Water Management, 12 (4), 323-339.

Feddes, R.A., Kowalik, P.J. and Zaradny, H. 1978. Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monographs, Pudoc, university of Wageningen, 189.

Hygen, J., Van Dam, J.C., Krose, J. and Wesseling, C. 1997. SWAP 2: users Guide: Input and Output manual. Wageningen Agricultural university and DLO Starting Centrum Wageningen.

Kabat, P., Van den, B.J. and Feddes, R.A. 1992. SWACROP: A water management and crop production simulation model. ICID Bulletin 92, 41 (2), 61-84.

Machado, S.E.D., Bynum, J., Archer, T.L., Lascano, R.J., Wilson, L.T., Bordovsky, J., Segarra, E., Bronson, K., Nesmith, D.M. and Xu, W. 2002. Spatial and temporal variability of corn growth and grain yield: Implication for sitespecific farming. Journal of Crop Science, 42, 1564-1576.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Raes, D. and Fereres, E. 2009. AquaCrop The FAO crop model to simulate yield response to water. concepts and underlying principles, Agronomy Journal, 101, 426-437.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Evaluation of SWAP model accuracy for estimating Hashemi rice variety yield

Pandi[*1], H., Asadi Kapourchal[2], S., Vazifedoust[3], M. Rezaei[4], M.

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agricultural Sciences University of Guilan, Iran
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agricultural Sciences University of Guilan, Iran
[3] Assistant Prof., Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences University of Guilan, Iran
[4] Research Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Abstract

The objective of this study was to evaluate the accuracy of SWAP agro-hydrology model for simulating the performance of various organs of Hashemi rice variety (root, stem, leaf and grain) during multiple stages of growth (vegetative, reproductive and ripening) and its comparison with measured values. For this purpose, an experiment was carried out in rice fields of rice research institute of Iran, Guilan, in 2017. To simulate the SWAP model, the required parameters (soil, water, Meteorology and plant) were introduced into the model. Fresh and dry weight of plant components (stem, leave, root and grain) were measured at 7 days intervals at different growth stages (including vegetative, reproductive, Ripening phase). Results indicated that there is a very high correlation (R^2> 0.9) between measured and estimated performance data of rice (stem, root, leaf and grain). Finally, trend of measured and estimated yield by the SWAP model are the same and the evaluation of statistics indicates that SWAP model has high accuracy in estimating the crop yield.

Keywords: Rice, Biomass, Simulation, Dry matter

[*] Corresponding author, Email: Olomekhak91@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

قابلیت زهکشی خاک‌ها و تاثیر عمق مطالعه بر زمان و مقدار تخلیه آب

احسان قزلباش[۱*]، مهدی شرفا[۲]، محمد حسین محمدی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

زهکشی آب از خاک در کنار تاثیر بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی در رابطه با نحوه رابطه آب و خاک تعیین کننده است. متقابلاً ویژگی‌های فیزیکی خاک نحوه انجام زهکشی را کنترل می‌کنند. از طرفی توان نگهداری آب در خاک تابع مستقیم الگوی زهکشی است و بنابراین این پژوهش برای آگاهی از تاثیر عمق خاک بر زهکشی و به دنبال آن توان نگهداری آب در خاک انجام شد. سه ستون خاک لوم رسی، لومی و شنی به ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر تهیه و در سه عمق ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متر خروجی زهاب تعبیه شد. منحنی‌های زهکشی برای هر سه عمق ستون-های خاک اشباع از محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم اندازه‌گیری شد. زهاب خروجی تا زمانی که قابل اندازه‌گیری باشد جمع‌آوری و شدت زهکشی در فواصل زمانی متناوب محاسبه شد. شدت نهایی زهکشی نیز در تمامی مراحل آزمایش محاسبه شد که در دامنه ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر در روز در بین خاک‌ها و عمق‌های مورد مطالعه تغییر نشان داد. در این پژوهش نحوه زهکشی خاک با هدف دستیابی به ظرفیت مزرعه و پویایی جریان عمودی آب در خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

کلمات کلیدی: شدت نهایی زهکشی، توان نگهداری آب، عمق خاک.

مقدمه

زهکشی خاک یک فرایند طبیعی است که در آن آب از میان خلل و فرج خاک گذر کرده و در نتیجه نیروی گرانش از آن خارج می‌شود (Hillel and Hatfield, 2005). زهکشی خاک می‌تواند در انتخاب گیاه مناسب برای کشت موثر باشد. بسیاری از خاک‌های کشاورزی برای توسعه، تولید پایدار و یا مدیریت ذخایر آب به زهکشی خوب نیاز دارند (Haroun, 2004). زهکشی بر توان نگهداری آب و فراهمی آن برای گیاه موثر است (Twarakavi et al., 2009) و به عبارتی زهکشی و توان نگهداری آب در خاک ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند. یکی از شاخص‌های مهم برای بیان توان ذخیره آب در خاک ظرفیت مزرعه[۱] (FC) است (Aschonitis et al., 2013). به طور کلی FC مقدار رطوبتی است که پس از تخلیه آب قابل زهکشی در خاک باقی می‌ماند و در این وضعیت جریان رو به پایین آب در خاک به شدت کاهش می‌یابد (Veihmeyer and Hendrickson, 1931). بررسی تعاریف زهکشی خاک و FC نشان می‌دهد که این دو خصوصیت تا چه اندازه نزدیک هستند و با تعیین منحنی زهکشی خاک می‌توان به تخمین یا محاسبه ظرفیت مزرعه پرداخت. از طرفی با محاسبه FC توان نگهداری آب در خاک و چگونگی انتقال و تخلیه آب قابل بررسی خواهد بود و همچنین امکان استفاده از FC به عنوان حد بالای رطوبت قابل استفاده مورد سنجش قرار می‌گیرد. محققین مختلف شدت زهکشی خاک در وضعیت FC را با توجه به ویژگی‌های خاک و شیوه‌ای که مورد استفاده قرار داده‌اند معادل با مقادیر مختلفی از جمله ۰/۰۵ میلی‌متر در روز (Nachabe, 1998)، ۰/۱ میلی‌متر در روز (Twarakavi et al., 2009; Sun and Yang, 2013) و بین ۰/۰۱ تا ۱ میلی‌متر در روز در نظر گرفتند (Meyer and Gee, 1999). با این وجود، هیچکدام از مقادیر مذکور برای همه شرایط و خاک‌ها جامعیت ندارد و مقدار FC باید با توجه به الگوی زهکشی خاک‌ها و زمان لازم برای کاهش قابل ملاحظه شدت زهکشی برای هر خاک به صورت منحصر بفرد مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار گیرد (Assouline and Or, 2014). این پژوهش با هدف تعیین منحنی‌های زهکشی در سه عمق مختلف ستون‌های خاک سبک، متوسط و سنگین بافت تدوین شدتا اولاً در رابطه با زمان

*ایمیل نویسنده مسئول: ehsanghezelbash@ut.ac.ir

[1] Field Capacity

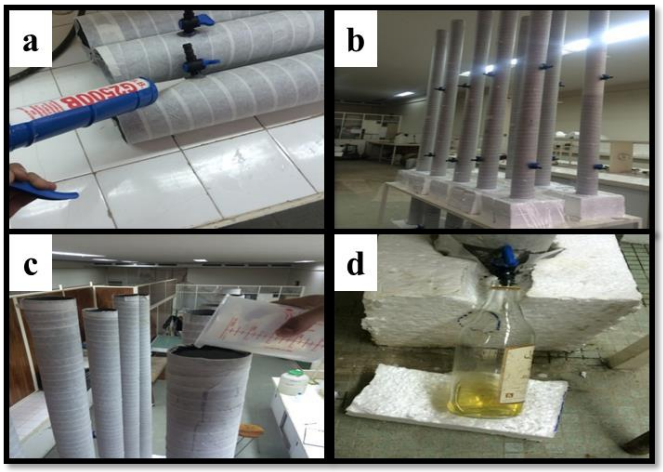
حصول ظرفیت مزرعه، توان نگهداری آب در خاک و تصمیم‌گیری درباره نحوه تعیین آب قابل استفاده برای گیاه اظهار نظر کرد و ثانیاً تاثیر عمق مطالعه بر هریک از این ویژگی‌ها را مطالعه نمود.

مواد و روش‌ها

در تابستان سال ۱۳۹۴ نمونه‌های خاک با بافت سبک، متوسط و سنگین از دشت‌های جنوبی استان البرز واقع در شهرهای هشتگرد و نظرآباد تهیه شده و به آزمایشگاه فیزیک و حفاظت خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد. توزیع اندازه‌ای ذرات خاک (PSD[2]) که به روش (Gee and Or, 2002) اندازه‌گیری شد نشان داد نمونه‌های خاک در دسته بافت‌های لوم رسی، لوم و شن قرار می‌گیرند. همچنین منحنی مشخصه آب خاک (SWC[3]) ترسیم و پارامترهای مدل ون‌گنوختن[4] (۱۹۸۰) برای نمونه‌های خاک مورد محاسبه قرار گرفت. به منظور تهیه ستون‌های خاک، نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از هواخشک شدن، از الک با قطر توری ۴ میلی‌متر عبور داده شد. در ادامه سه عدد لوله PVC با طول و قطر به ترتیب ۳۰۰ و ۱۱ سانتی سانتی‌متر فراهم و در سه عمق ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متری شیر خروجی با قطر دهانه نیم اینچ تعبیه شد و برای جلوگیری از خروج خاک نیز در ورودی شیرها توری نازکی قرار داده شد. سپس نمونه‌های خاک لوم رسی، لوم و شنی به آهستگی و با دقت به طوری که ذرات آن توجیه نشود به ترتیب در ستون‌های (۱)، (۲) و (۳) تخلیه شد. برای اطمینان از تخلیه یکنواخت خاک درون ستون‌ها، با مه‌پاشی توسط آبفشان خاک‌ها کمی نم‌دار شد. همچنین در حد فاصل شیرهای خروجی نیز به جای نمونه خاک، شن درشت اضافه شد تا به عنوان یک عایق هیدرولیکی مانع از جریان عمودی رو به بالا در حین آزمایش شود.

پس از آماده‌سازی و استقرار ستون‌های خاک شیرهای خروجی در حالت باز قرار گرفته و آب به آهستگی از بالا اضافه شد تا ستون خاک به خوبی اشباع شده و جریان ماندگار آب در آن ایجاد شود. به منظور جلوگیری از پخشیدگی رس و بروز مشکلات ناشی از آن از محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم برای اشباع کردن خاک ستون‌ها استفاده شد. پس از ایجاد جریان ماندگار در عمق ۲۸۰ سانتی‌متر شیر مربوط به آن در حالت بسته قرار گرفت و این شیوه تا اشباع کامل ستون خاک و برقراری جریان ماندگار آب در شیر ۱۰۰ سانتی‌متر ادامه پیدا کرد. پس از ایجاد حالت اشباع ستون خاک به مدت یک شبانه روز به حال خود رها شد. در این مدت و نیز در کل مراحل آزمایش ابتدای ستون با درپوش پلاستیکی پوشانده شد تا مانع از تبخیر آب در آن ناحیه شود. پس از ۲۴ ساعت و با اطمینان از اشباع شدن ستون خاک، شیر ۱۰۰ سانتی‌متر در حالت باز قرار گرفت و بلافاصله زمان ثبت و حجم آب خروجی اندازه‌گیری شد و این شیوه تا زمانی که خروج آب از شیر ۱۰۰ سانتی‌متر متوقف شود ادامه پیدا کرد. به این صورت منحنی‌های زهکشی به ترتیب برای عمق‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متر در طی سه مرحله اشباع کردن ستون خاک تعیین و ترسیم شد. شکل (۱) تصاویری از مراحل تهیه ستون خاک، اشباع کردن آن و جمع‌آوری زهاب و تعیین منحنی‌های زهکشی را نشان می‌دهد.

[2] - Particle Size Distribution
[3] - Soil Water Characteristic Curve
[4] - Van Genuchten



شکل ۱. مراحل مختلف انجام پژوهش a) تعبیه شیر خروجی در لوله‌های PVC، b) استقرار ستون‌های خاک، c) اشباع کردن ستون‌های خاک، d) جمع‌آوری زهاب و تعیین منحنی زهکشی

نتایج و بحث

جدول (۱)، برخی ویژگی‌های خاک شامل بافت، درصد نسبی ذرات اولیه و پارامترهای شکل SWC را نشان می‌دهد. سه خاک مورد مطالعه علاوه بر اختلاف کافی در بافت، از نظر درصد رس و خصوصیات هیدرولیکی کاملاً متمایز هستند و این امکان مقایسه منحنی‌های زهکشی در خاک‌های متفاوت را فراهم نمود.

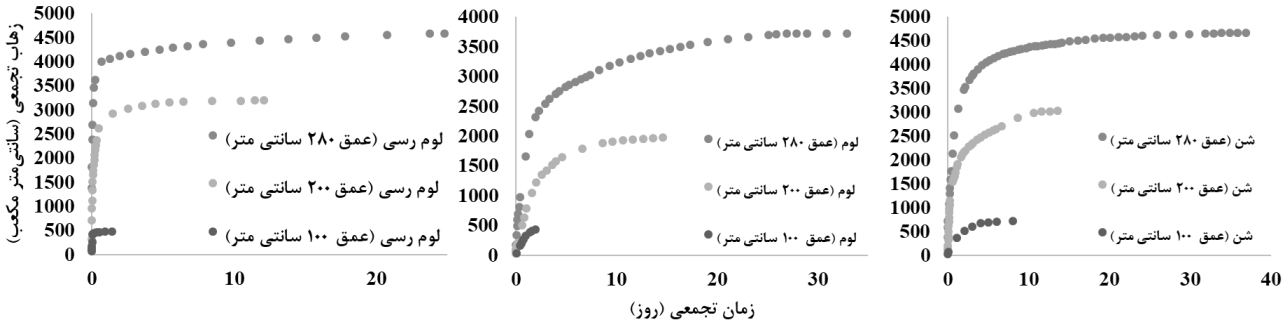
جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (در صد)	سیلت (در صد)	رس (در صد)	n (بدون واحد)	α (بدون واحد)	θ_S (در صد)	θ_r (در صد)
لوم رسی	۲۵	۴۵	۳۰	۱/۲۱	۰/۰۷۵	۵۲	۸
لوم	۵۰	۳۶	۱۴	۱/۷	۰/۰۱۲	۴۱	۹
شن	۸۷/۵	۸	۴/۵	۲/۶۱	۰/۱۴۶	۳۲	۰

n و m پارامترهای شکل منحنی مشخصه آب خاک

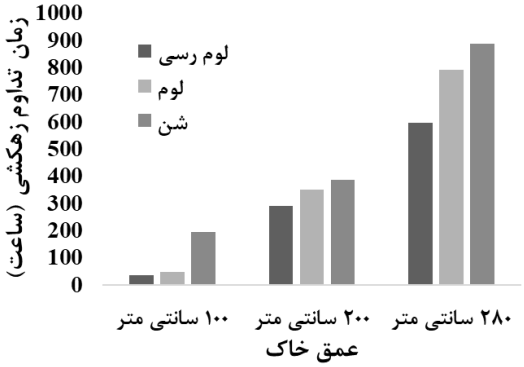
θ_S و θ_r به ترتیب رطوبت اشباع و رطوبت باقی مانده در منحنی مشخصه رطوبتی

شکل (۲) منحنی‌های زهکشی تجمعی مربوط به ستون خاک شماره (۱) را در سه عمق ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متر نشان می‌دهد که حاوی خاک لوم رسی است. منحنی های زهکشی حاصل از سه عمق مورد مطالعه نشان داد افزایش عمق خاک بر حجم آب زهکشی شده و زمان تداوم زهکشی بسیار اثرگذار است. یکی از عوامل مهمی که در این زمینه تاثیرگذار است اختلاف حجم آب دریافتی متفاوت بین هریک از عمق‌های مورد مطالعه است. به عبارت دیگر ارتفاع خاک و آب موجود در بالای عمق ۲۸۰ سانتی‌متر (عمق سوم) بیش‌تر از عمق ۲۰۰ سانتی‌متر (عمق دوم) و عمق ۱۰۰ سانتی‌متر (عمق اول) است و بنابراین طبیعی است که حجم آب زهکشی و زمان تداوم زهکشی در عمق سوم بیش‌تر از عمق‌های بالایی باشد. اما بررسی شیب منحنی‌های زهکشی (شدت زهکشی) در نواحی مختلف منحنی‌های شکل (۲) نشان می‌دهد که افزایش عمق خاک به طور قابل توجهی شدت زهکشی ابتدایی را افزایش داده است و در ساعات اولیه پس از اشباع مقدار بسیار قابل ملاحظه‌ای زهاب از سطح مقطع ستون خاک در عمق سوم خارج شده است.



شکل ۲. منحنی زهکشی تجمعی برای سه عمق ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متر ستون‌های خاک مورد مطالعه

شکل (۳) به صورت منحنی‌های ستونی اختلاف بین سه خاک مورد مطالعه و نیز سه عمق متفاوت را از نظر تداوم زمان زهکشی نشان می‌دهد. نوع خاک به وضوح تداوم زهکشی را تحت تاثیر قرار داده است و این اثر با افزایش عمق مطالعه تشدید شده است. خاک شنی در همه عمق‌های مورد مطالعه اختلاف قابل ملاحظه‌ای با دو خاک دیگر نشان داد. در حالی که، دو خاک لومی و لوم رسی در عمق اول کم‌تر از ۱۲ ساعت از نظر تداوم زهکشی اختلاف دارند و با افزایش عمق خاک اختلاف بین آن‌ها افزایش پیدا کرده است. با این که از دیدگاه آمار اختلاف معنی‌دار از نظر زمان تداوم زهکشی در بین سه خاک مورد مطالعه وجود ندارد اما منحنی‌های شکل (۳) نشان می‌دهد هرچه بافت خاک سبک‌تر شود مقدار بیش‌تری آب از دست می‌دهد تا به FC برسد و این از نظر خاکشناسی و مدیریت ذخایر آب بسیار مهم است و به همین دلیل در تمامی مطالعات مرتبط از انجام مقایسات آماری اجتناب شده است (Nachabe, 1998, Twarakavi et al., 2009, Assouline and Or, 2014). با این حال، این منحنی‌ها برای نتیجه‌گیری درباره زمان رسیدن به FC کافی نیست زیرا با توجه به تعریف برای ایجاد وضعیت ظرفیت مزرعه باید شدت زهکشی از خاک تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد (Veihmeyer and Hendrickson, 1931). این حد زهکشی قابل چشم‌پوشی توسط محققین مختلف مقادیر متفاوتی به خود اختصاص داده است (Nachabe, 1998; Meyer and Gee, 1999; Twarakavi et al., 2009; Sun and Yang, 2013) و تاکنون مقدار ثابت و یکسانی برای آن گزارش نشده است و اخیراً روش‌هایی برای محاسبه مقدار مختص FC برای هر خاک مجزا ارائه شده است (Assouline and Or, 2014).



شکل ۳. اثر نوع خاک و عمق مطالعه بر زمان تداوم زهکشی

جدول (۲) شدت زهکشی نهایی اندازه‌گیری شده را برای ستون‌های خاک در سه عمق مورد مطالعه به همراه مقادیر میانگین مربوط به هر کلاس بافت و عمق خاک، نشان می‌دهد. نکته بسیار قابل توجه این است که علی‌رغم تلاش برای تهیه منحنی‌های زهکشی کامل، در هیچکدام از مطالعات و اندازه-گیری‌های انجام گرفته شدت زهکشی نهایی به حدود FC که توسط محققین معرفی شده (Nachabe, 1998; Meyer and Gee, 1999; Twarakavi et al., 2009; Sun and Yang, 2013) نرسیده است. حتی مشخص است که فاصله قابل توجهی برای رسیدن شدت زهکشی به حدود تعیین شده ازجمله ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۱ میلی‌متر در روز باقی است و باید روزهای طولانی برای رسیدن به ظرفیت مزرعه صرف می‌شد. چنین اختلاف و خلاء قابل ملاحظه‌ای ناشی از دو عامل است. عامل اول این است که هیچ‌کدام از این حدود تعیین شده مبتنی بر قوانین هیدرولیکی و فیزیک خاک نیست و بر اساس تجربه و سلیقه ارائه شده است (Assoiline and Or, 2014; VanLier, 2017) و بنابراین برای همه خاک‌ها و شرایط صادق نیست.

عامل دوم وابستگی مطالعات زهکشی بر مقیاس است و نمی‌توان در ستون‌های خاک با حجم محدود شدت‌های زهکشی ناچیز را مشاهده و اندازه‌گیری کرد و برای این منظور مطالعات میدانی با حجم خاک زیاد مورد نیاز است. شدت زهکشی نهایی در هر سه خاک مورد مطالعه با افزایش عمق تغییر کرده است و در ستون شماره (۳) به صورت تصاعدی افزایش نشان می‌دهد. نکته قابل ملاحظه در ستون شماره (۳) که حاوی خاک شنی است مقادیر زیاد شدت زهکشی نهایی در عمق‌های دوم و سوم است و این نشان می‌دهد الگوی زهکشی در خاک‌های شنی تعادل مناسبی ندارد و به صورت پله‌ای[5] پیش می‌رود. همین عامل تعیین حد ظرفیت مزرعه در خاک‌های شنی را دشوار می‌کند و نمی‌توان به سادگی از طریق شدت زهکشی نسبت به حصول FC در چنین خاک‌هایی اظهار نظر کرد.

جدول ۲. شدت زهکشی نهایی در سه عمق متفاوت ستون‌های خاک مورد مطالعه

کلاس بافت خاک	شدت زهکشی نهایی (سانتی‌متر بر روز)			
	عمق ۱۰۰ سانتی‌متر	عمق ۲۰۰ سانتی‌متر	عمق ۲۸۰ سانتی‌متر	میانگین سه عمق
لوم رسی	۹/۹۵	۱۶/۷۲	۱۶/۰۶	۱۴/۲۴
لوم	۱۲/۴۷	۲۰/۷۶	۱۹/۶	۱۷/۶۱
شن	۳/۷۶	۳۱/۸۴	۴۹/۰۵	۲۸/۲۲
میانگین سه کلاس بافت	۸/۷۲	۲۳/۱۱	۲۸/۲۴	

اگر حدود شدت زهکشی نظیر FC را، که توسط محققین مختلف (Nachabe, 1998; Meyer and Gee, 1999; Twarakavi et al., 2009; Sun and Yang, 2013) معرفی شده است، به صورت حدودی صحیح در نظر بگیریم خاک‌های مورد مطالعه حداقل چندین روز دیگر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه زمان لازم داشته‌اند. بنابراین در کم‌ترین زمان تداوم زهکشی اندازه‌گیری شده، که متعلق به عمق اول خاک لوم رسی است، حداقل بیش‌تر از ۳ روز زمان لازم است تا خاک به وضعیت FC برسد و چنین نتیجه‌ای بلافاصله امکان استفاده از ظرفیت مزرعه به عنوان حد بالای رطوبت قابل استفاده را علی‌رغم تحقیقات مهمی که بر این اساس انجام گرفته (DaSilva et al., 1994; Groenevelt et al., 2001; Minasny and McBratney, 2003) رد می‌کند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش بر تاثیر توام نوع خاک و عمق مطالعه بر خصوصیات هیدرولیکی شامل الگوی زهکشی و توان نگهداری آب در خاک تاکید کرد. خاک‌های سبک بافت پس از آبیاری و بارندگی به سرعت حجم قابل توجهی از آب دریافتی را تخلیه می‌کنند و قبل از رسیدن با وضعیت ظرفیت مزرعه مقدار چشم‌گیری آب از دست می‌دهند. در حالی که با افزایش درصد رس جریان پویای آب در خاک و زهکشی آن کنترل شده و بخش بیش‌تری از آب دریافتی ذخیره می‌شود. در این مطالعه افزایش تصاعدی شدت، مقدار و تداوم زمان زهکشی با افزایش عمق خاک به وضوح مشاهده شد. با افزایش عمق مطالعه شدت نهایی زهکشی هم تحت تاثیر قرار گرفت و این ثابت می‌کند ظرفیت مزرعه یک ویژگی وابسته به مکان است و از تغییرات مکانی تبعیت می‌کند و حتی در یک خاک منحصربفرد نمی‌توان یک مقدار و حد ثابت برای FC تعریف نمود. این نتیجه با دانش بر اینکه برای حصول ظرفیت مزرعه روزهای طولانی نیاز است استفاده از ظرفیت مزرعه به عنوان حد بالای رطوبت قابل استفاده را ناممکن می‌کند.

منابع

Aschonitis, V.G., Antonopoulos, V.Z., Lekakis, E.H., Litskas, V.D., Kotsopoulos, S.A. and Karamouzis, D.N., 2013. Estimation of field capacity for aggregated soils using changes of the water retention curve under the effects of compaction. *European journal of soil science*, *64*(5), pp.688-698.

[5] - Step Function

Assouline, S. and Or, D., 2014. The concept of field capacity revisited: Defining intrinsic static and dynamic criteria for soil internal drainage dynamics. *Water Resources Research*, *50*(6), pp.4787-4802.

daSilva, A.P., Kay, B.D. and Perfect, E., 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society of America Journal*, *58*(6), pp.1775-1781.

Gee, G.W. and Or, D., 2002. 2.4 Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part*, *4*(598), pp.255-293.

Groenevelt, P.H., Grant, C.D. and Semetsa, S., 2001. A new procedure to determine soil water availability. *Soil Research*, *39*(3), pp.577-598.

Haroun, O.R.M., 2004. *Soil evaluation systems as a guide to identify an economical feasibility study for agricultural purposes in El-Fayoum Province, Egypt* (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Fac. of Agric., El-Fayoum Cairo University, Egypt).

Hillel, D. and Hatfield, J.L. eds., 2005. *Encyclopedia of Soils in the Environment* (Vol. 3). Amsterdam: Elsevier.

Meyer, P.D. and Gee, G.W., 1999. Flux-based estimation of field capacity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, *125*(7), pp.595-599.

Minasny, B. and McBratney, A.B., 2003. Integral energy as a measure of soil-water availability. *Plant and Soil*, *249*(2), pp.253-262.

Nachabe, M.H., 1998. Refining the definition of field capacity in the literature. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *124*(4), pp.230-232.

Sun, H. and Yang, J., 2012. Modified numerical approach to estimate field capacity. *Journal of Hydrologic Engineering*, *18*(4), pp.431-438.

Twarakavi, N.K., Sakai, M. and Šimůnek, J., 2009. An objective analysis of the dynamic nature of field capacity. *Water Resources Research*, *45*(10).

Van Genuchten, M.T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils 1. *Soil Science Society of America Journal*, *44*(5), pp.892-898.

Van Lier, Q.D.J., 2017. Field capacity, a valid upper limit of crop available water?. *Agricultural Water Management*, *193*, pp.214-220.

Veihmeyer, F.J. and Hendrickson, A.H., 1931. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. *Soil Science*, *32*(3), pp.181-194.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Soil drainage capability and the effect of the depth of study on the period and amount of water depletion

Ehsan Ghezelbash[1*] , Mahdi Shorafa[2], Mohammad Hossein Mohammadi[3]

1, 2, 3 respectively, Ph.D student, Professor and Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran

Abstract

Drainage of water from the soil, along with its impact on many physical, chemical and biological properties, is decisive in water and soil relations. On the other hand, soil physical properties controlling the drainage process. Also, soil water storage capacity is a direct function of drainage pattern and therefore, this research was conducted to determine the effect of soil depth on drainage and consequently soil water retention capacity. Three columns of clay loam, loam and sandy soils with a height of 300 cm were prepared and in three depths of 100, 200 and 280 cm the drainage outputs were installed. Drainage curves were measured for each three depths of saturated soil columns from 0.01 molar calcium chloride solution. Drained water is calculated as long as it can be measured and the drainage rate is calculated at intermittent intervals. The final drainage rate was calculated at all stages of the experiment, which varied between 10 to 50 cm/day between the studied soils and depths. In this research, soil drainage was analyzed to achieve field capacity and vertical water flow dynamics in soil.

Keywords: Final drainage Rate, Water Retention Capacity, Soil Depth.

* Corresponding author, Email: siroosjafari@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری نوین در علوم خاک

تأثیر بلند مدت نانوذرات آهن و منیزیم بر انتقال املاح در شرایط اشباع

حسین بیات[۱*]، الهه دارائی[۲]، پویا زمانی[۳]

[۱] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۲] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۳] دانشیار گروه علوم دام دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

خاک به دلیل اهمیت فزاینده در مسایل توسعه جهانی نظیر امنیت غذایی، تخریب زمین و ارائه خدمات اکوسیستمی اهمیّت دارد. همچنین به خاطر خاصیّت تصفیه کنندگی آن، به عنوان یکی از پالاینده‌های مهم طبیعت محسوب می‌شود. این خاصیّت خاک در اثر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن حاصل می‌گردد. از طرف دیگر در سال‌های اخیر رفتار نانوذرات و ویژگی‌های نانوذرات استفاده شده در محیط زیست مورد مطالعه قرارگرفته، ولی تأثیر آنها بر انتقال املاح در بلند مدت کمتر شناخته شده و تاکنون در هیچ تحقیقی بررسی نشده است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر چند ساله نانوذرات بر انتقال املاح و پارامترهای آن بود. برای این منظور اثر دو نوع نانوذره اکسیدفلزی MgO و Fe_3O_4 در چهارسطح صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی در سه تکرار بر یک خاک لومی بعد از گذشت زمان سه سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد نانوذرات بر انتشارپذیری تأثیر معنی‌داری نداشت. افزودن نانوذرات به خاک باعث کاهش رطوبت ناحیه ساکن و کاهش انتقال جرم بین دو ناحیه ساکن و روان شد. بنابراین نتایج این پژوهش نشان داد که نانوذرات بر انتقال املاح در خاک و پارامترهای آن مؤثر است.

کلمات کلیدی: ستون خاک اشباع، نانواکسید آهن، نانواکسید منیزیم.

مقدمه

در هزاره جدید بشر به‌طور جدی با چالش پاک‌سازی منابع طبیعی از جمله آب، هوا و خاک روبرو است. در این راستا دانشمندان کوشیده‌اند ضمن بهره‌گیری از فن‌آوری نو و بهینه، آثار سوء توسعه بر محیط زیست را کاهش داده و به حداقل برسانند. نانوفناوری از جمله مهم‌ترین این فناوری‌هاست که کاربردهای آن در همه‌جا با دوام و عمر بیشتر، مصرف انرژی پایین‌تر و خواص بهتر همراه است. علی‌رغم اینکه نانوذرات به‌طور طبیعی در محیط وجود دارند، می‌توان آن‌ها را تولید و یا طراحی کرد (Bhatt and Tripathi، ۲۰۱۱). بنابراین در مقایسه‌ی ذرات نانو با غیرنانو، نانوذرات نشان دهنده‌ی ذرات مهندسی شده با ویژگی‌های منحصر به فرد در ابعاد ۱۰۰-۱ نانومتر هستند (Auffan و همکاران، ۲۰۰۹).

انتقال املاح از نظر حرکت مواد غذایی به سمت سیستم ریشه گیاه و به دلیل طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها قابل اهمیّت است. به علت افزایش نگرانی‌ها در مورد آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آبشویی مواد شیمیایی به‌کار برده شده و مواد غذایی محلول، سرنوشت مواد محلول در خاک به‌طور قابل ملاحظه‌ای مورد توجه قرار گرفته‌است (Jalali and Rowell ، ۲۰۰۹). یکی از عوامل مهم در آلودگی خاک جابه‌جایی مواد محلول می‌باشد که توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Kolahchi and Jalali، ۲۰۰۷).

براساس اینکه یون مورد بررسی کاتیون و یا آنیون باشد، شدت حرکت آن متفاوت خواهد بود (Biggar and Nielsen، ۱۹۶۲). با استفاده از منحنی‌های رخنه می‌توان درجه اهمیّت هر یک از عوامل انتقال، پراکندگی، تبادل یونی و دفع یونی را در حرکت املاح به طور کیفی مشخص نمود (برزگر، ۱۳۸۳).

نانوذرات به دلیل اندازه کوچکشان، سطح ویژه بسیار بالائی را دارا می‌باشند. از این رو به‌طور فعالی با دیگر ذرات خاک واکنش می‌دهند (Zhang، ۲۰۰۷). به دلیل داشتن همین سطح ویژه بسیار بالا و بارهای سطحی، حتی در صورت استفاده بسیار کم از این ذرات در محیط خاک، رفتار فیزیکی-شیمیایی خاک را به طور بسیار ویژه و قابل توجه تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zhang، ۲۰۰۷). نانوذرات قادر به جمع‌آوری آلاینده‌های خاک می‌باشند. همچنین انتقال و جابجایی آلاینده‌ها به ویژگی‌های خاک مانند شکل و اندازه ذرات و نوع مواد معدنی و دیگر خصوصیّات خاک بستگی دارد (Petosa و همکاران، ۲۰۱۰؛ Rajput و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به تأثیر نانوذرات بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک و به تبع آن اثر بر انتقال املاح در خاک، تأثیر نانوذرات در بلند مدت در خاک بر پارامترهای انتقال املاح مانند انتشارپذیری[۱] (λ)، رطوبت ناحیه‌ی ساکن (θ_{im})، ضریب انتقال جرم بین دو ناحیه ساکن و روان (α) تا

* ایمیل نویسنده مسئول: h.bayat@basu.ac.ir

1- Dispersivity

کنون در هیچ تحقیقی مورد بررسی قرار نگرفته است. برهمین اساس هدف این تحقیق بررسی تأثیر بلند مدت دو نانواکسید Fe_3O_4 و MgO بر انتقال املاح با استفاده از ردیاب کلرید در شرایط جریان اشباع بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، یک نمونه خاک لومی، از روستای قیه علی بلاغ واقع در استان همدان از یک مزرعه با کشت غالب گندم، با موقعیّت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱۴ ثانیه شرقی تهیه شد. نمونه‌برداری با اطلاع از خصوصیّات خاک منطقه و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. نمونه خاک جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه فیزیک خاک منتقل شده و بعد از هوا خشک نمودن از الک ۴/۷۵ میلی‌متر عبور داده شد. خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی (Sand= ۳۶۵؛ Silt= ۳۸۳ و Clay= ۲۵۲gkg^{-1}) با پی‌اچ قلیایی (۷/۷)، ظرفیت تبادل کاتیونی در حد متوسط (۱۷/۰ $cmol_c kg^{-1}$ soil) و دارای ماده آلی (۱۱/۰ gkg^{-1}) کم بود. فاکتورها شامل ذرات نانو در دو سطح (نانواکسید آهن و منیزیم) و سطح استفاده از نانوذرات در چهار سطح (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) بودند. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و در مجموع ۲۱ نمونه آزمایشی طراحی گردید.

بعد از اعمال تیمارهای نانوذرات اکسید آهن و منیزیم به خاک با درصدهای تعیین شده، خاک‌های تیمار شده در جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد ۶×۸×۱۴ سانتی‌متر نگه‌داری و به طور مرتب بر روی آن‌ها عمل تر و خشک شدن تا ۳۱ ماه انجام گرفت. بعداز گذشت زمان ۳۱ ماه برای آماده‌سازی ستون‌های خاک، از ستون‌هایی از جنس لوله پولیکا به قطر ۲ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. بعد از آماده سازی ستون‌های خاک، به طور مرتب بر روی آن‌ها عمل تر و خشک شدن به مدت ۵ ماه انجام گرفت. به این صورت که نمونه‌ها تا حد اشباع آبیاری می‌شدند و اجازه داده می‌شد تا حد رطوبت نقطه پژمردگی خشک شوند، سپس عمل آبیاری تکرار می‌شد. نمونه‌ها در مدت مذکور در دمای آزمایشگاه (۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری شدند.

آزمایش‌های آبشویی در شرایط جریان اشباع ماندگار انجام شد. برای ایجاد شرایط جریان اشباع ماندگار و ثابت ماندن شدت جریان ابتدا با محلول سولفات کلسیم (محلول زمینه) ۰/۰۱ مولار جریان ماندگار ایجاد شد، سپس غلظت ثابتی از کلرید پتاسیم (۰/۰۵ مولار) به عنوان محلول جایگزین کننده و به شکل پالسی به سطح ستون‌های خاک تحت شرایط جریان ماندگار با همان شدت جریان اعمال شد. حجم کلرید پتاسیم استفاده شده به‌عنوان پالس برای حالت اشباع ۰/۵ حجم منفذی (V_0) بود و بعد از اتمام پالس باز با همان محلول سولفات کلسیم جریان ماندگار تا پایان آزمایش، یعنی ۳ برابر حجم منفذی، آبشویی انجام شد. سپس غلظت آنیون کلر خروجی با استفاده از روش موهر (۱۸۵۵) بر روی نمونه‌های زه‌آب اندازه‌گیری شد.

در این پژوهش منحنی‌های رخنه کلرید بر حسب غلظت نسبی کلرید (C/C_0) در برابر زمان تجمعی رسم شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای رسم منحنی‌های رخنه نیز از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۳ استفاده شد. همچنین برای مدل‌سازی حرکت کلرید و تعیین پارامترهای مدل از جمله انتشارپذیری (λ)، رطوبت ناحیه‌ی ساکن (θ_{im})، ضریب انتقال جرم بین دو ناحیه ساکن و روان (α) از نرم‌افزار HYDRUS-1D (Šimůnek و همکاران، ۲۰۰۵) استفاده شد. داده‌های مشاهده‌ای C/C_0 در برابر زمان تجمعی) با استفاده از مدل MIM برازش شد و برای بررسی تأثیر نانوذرات و سطوح کاربرد آن‌ها بر پارامترهای انتقال املاح در شرایط جریان اشباع در خاک تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

انتشارپذیری[۲] (λ)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که در شرایط اشباع به علت کاهش اثر تیمارها بر ضریب انتشارپذیری با افزایش رطوبت همچنین جذب آب بیش‌تر به سبب کاربرد نانوذرات، هیچکدام از اثرات اصلی و برهمکنش معنی‌دار نشد. ضریب انتشارپذیری (λ) به عوامل مختلفی از جمله بافت، مقدار ناهمگنی خاک، شدت جریان آب در خاک، مقدار رطوبت، مقیاس پژوهش و غیره بستگی دارد. با توجه به اینکه از بین عوامل مؤثر بر ضریب انتشارپذیری تنها مقدار رطوبت تحت تأثیر نانو ذرات تغییر کرده و سایر عوامل ثابت هستند، بنابراین این ضریب تغییر معنی‌داری در بین تیمارها نداشت. چرا که ضریب انتشارپذیری در خاک‌های درشت بافت اغلب کمتر از خاک‌های ریز بافت و در خاک‌های همگن کمتر از خاک‌های ناهمگن است (عباسی، ۱۳۸۶)، ولی در این تحقیق بافت خاک در بین تیمارها ثابت بود. به عبارتی مقدار ضریب انتشارپذیری نشانه فاصله طی شده توسط املاح است (Tan و همکاران، ۲۰۱۴). سطح مقطع قابل

2-Dispersivity

دسترسی برای انجام انتشار املاح بستگی به مقدار آب خاک دارد. زیرا انتشار در محیط آبی به مراتب بیش‌از انتشار در هوا می‌باشد، در نتیجه با افزایش رطوبت خاک سرعت انتشار افزایش می‌یابد (برزگر،۱۳۸۹). از طرفی باکاهش رطوبت، ضریب انتشارپذیری افزایش می‌یابد.

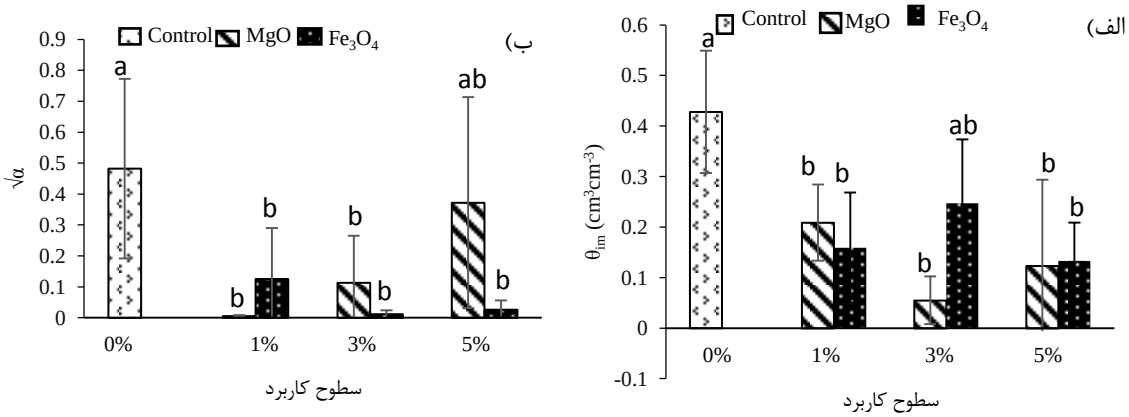
جدول ۱- جدول نتایج تجزیه واریانس پارامترهای آبشویی کلرید در شرایط جریان اشباع.

منابع تغییرات	درجه آزادی	P-value			
		λ	θ_{im}	$\sqrt{\alpha}$
نوع نانوذره	۱	۰/۵۲۰۴^{ns}	۰/۳۴۴۵^{ns}	۰/۲۴۱۲^{ns}
سطوح کاربرد	۲	۰/۴۶۷۹^{ns}	۰/۶۸۴۱^{ns}	۰/۳۸۶۲^{ns}
نوع نانوذره × سطح کاربرد	۲	۰/۷۹۱۸^{ns}	۰/۱۷۷۹^{ns}	۰/۱۴۱۴^{ns}
تیمار	۶	۰/۵۹۳۶^{ns}	۰/۰۲۲۹*	۰/۰۴۲۲*

θ_{im}: رطوبت غیرمتحرک (ساکن)، α: ضریب انتقال جرم بین دو ناحیه ساکن و روان، λ: ضریب انتشارپذیری. ns ، * و ** به‌ترتیب نشان دهنده عدم تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ درصد و تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

رطوبت ناحیه‌ی ساکن (θ_{im})

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۱) که تأثیر نوع نانوذره، سطوح کاربرد (۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) و برهمکنش بین نوع نانوذره و سطوح کاربرد بر رطوبت ناحیه ساکن معنی‌دار نشد، ولی تأثیر تیمار بر آن در سطح ۵ درصد آماری در شرایط اشباع معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که سطح ۱ و ۵ درصد وزنی نانواکسید آهن و منیزیم و همچنین سطح ۳ درصد وزنی نانواکسید منیزیم باعث کاهش معنی‌دار رطوبت ناحیه‌ی ساکن نسبت به شاهد شدند (شکل ۱- الف). دو ناحیه رطوبتی کاملاً متمایز در خاک وجود دارد (ناحیه روان و ناحیه ساکن). در ناحیه روان حرکت املاح تحت تأثیر دو عامل انتقال و پراکندگی می‌باشد و ناحیه ساکن ناشی از انتشار مولکولی است (برزگر، ۱۳۸۹). مقدار رطوبت ناحیه‌ی ساکن بسته به ساختار منافذ و نیز درجه اشباع می‌باشد (Teixeira و همکاران، ۲۰۱۴). حرکت آب و در نتیجه انتقال املاح در بخش روان سریع است، ولی انتقال املاح از بخش روان به بخش ساکن و یا برعکس از طریق پخشیدگی است و در نتیجه بسیار کند است. سطح ویژه زیاد نانوذرات سبب به‌وجود آمدن انرژی بسیار قوی سطحی بین ذرات می‌شود، لذا خاصیّت هماوری بسیار بالای (Nanda و همکاران،۲۰۰۳) نانوذرات باعث تشکیل خاکدانه و بهبود ساختمان خاک می‌گردد و در طی آن حجم منافذ درشت افزایش و منافذ ریز کاهش یافته و همچنین پیوستگی بین منافذ افزایش می‌یابد (Taipodia و همکاران، ۲۰۱۱)، و مقدار رطوبت ساکن کمتر از خاک بدون نانوذره می‌شود. نتایج این پژوهش برخلاف نتایج Tan و همکاران (۲۰۱۶) می‌باشد. آن‌ها دریافتند که نانوذرات نانوکربن منافذ بیشتری را ایجاد می‌کنند و با میکروپورها مسیرهای پیچیده‌تری را برای انتقال به‌وجود می‌آورند که حرکت آهسته‌تر آب را ایجاد می‌کنند و باعث افزایش رطوبت ناحیه ساکن نسبت به ناحیه روان می‌شوند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر الف) رطوبت ناحیه‌ی ساکن در حالت اشباع ب) ضریب تبادل جرم بین دو ناحیه‌ی ساکن و روان در حالت اشباع. در هر شکل وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها انحراف استاندارد را نشان می‌دهند.

ضریب انتقال جرم بین دو ناحیه‌ی ساکن و روان (α)

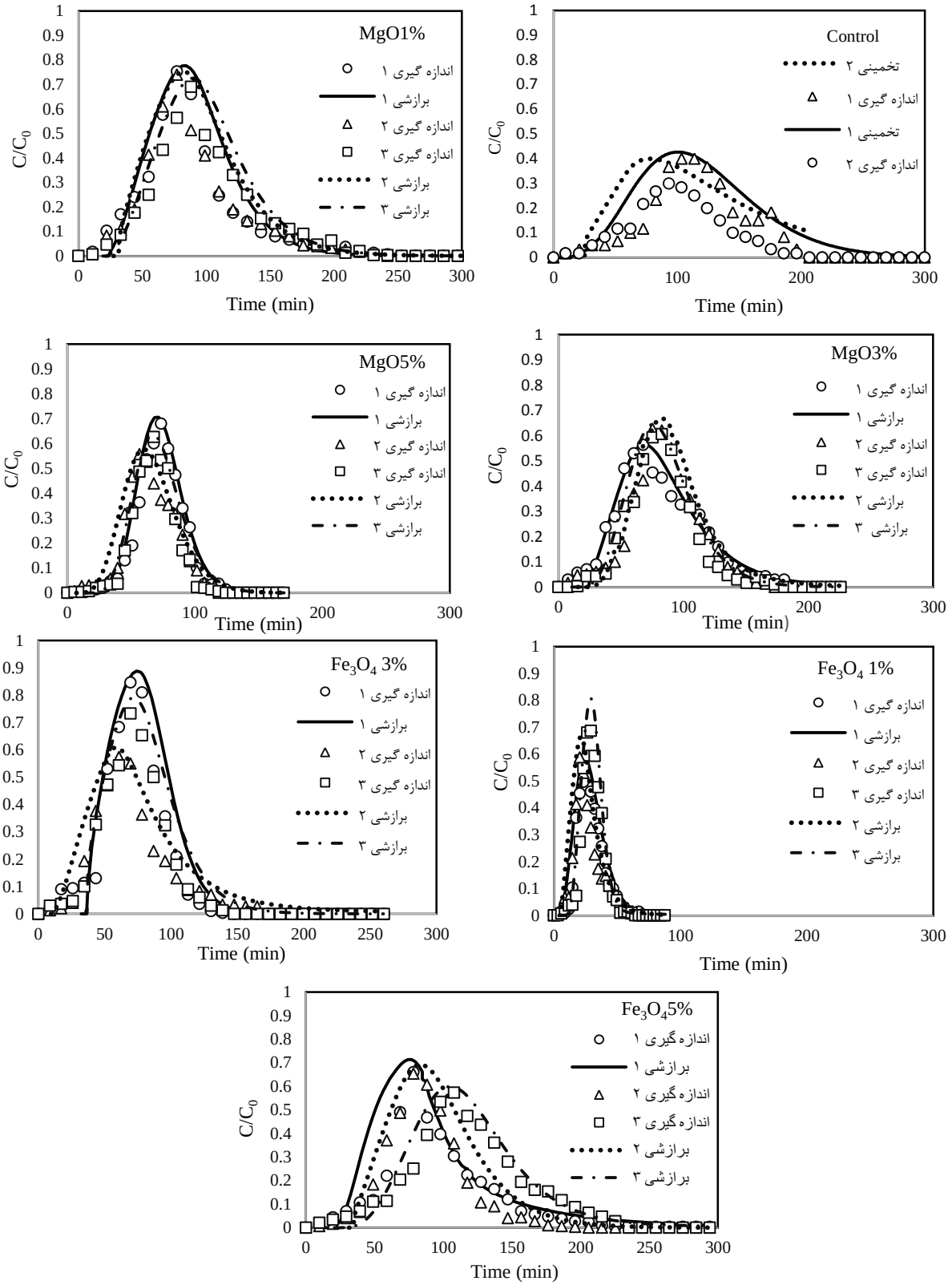
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع نانوذره، سطح کاربرد (۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) و برهمکنش بین نوع نانوذره و سطح کاربرد بر ضریب انتقال جرم بین دو ناحیه‌ی ساکن و روان در شرایط اشباع معنی‌دار نشد (جدول ۱). ولی تأثیر تیمار در سطح ۵ درصد آماری بر ضریب تبادل جرم بین دو ناحیه‌ی ساکن و روان در شرایط اشباع معنی‌دار شد. در سطوح کاربرد، فقط سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی نانوذرات هستند ولی در تیمار، سطح صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد بودند (۷ تیمار). به همین علت علی‌رغم اینکه اثر سطوح معنی‌دار نبود، ولی اثر تیمار معنی‌دار بود. یعنی تفاوت معنی‌دار بین شاهد و سایر تیمارها وجود داشت.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که سطح ۱ و ۳ درصد وزنی نانواکسید آهن و منیزیم و همچنین سطح ۵ درصد وزنی نانواکسید آهن باعث کاهش معنی‌دار ضریب انتقال جرم بین دو ناحیه‌ی ساکن و روان نسبت به شاهد شدند (شکل ۱- ب). نانوذرات با هماوری بین ذرات خاک باعث تشکیل خاکدانه، بهبود ساختمان خاک و ایجاد منافذ پیوسته می‌شوند (Igwe and Mbagwu، ۱۹۹۵) و در نتیجه آن باعث افزایش شدت جریان می‌گردند. افزایش سرعت آب و املاح در منافذ بین خاکدانه‌ای باعث می‌شود که تبادل املاح بین دو ناحیه روان و ساکن به علت کاهش زمان ماندن کلرید در خاک به مقدار کمتری انجام گرفته و در نتیجه مقدار ضریب انتقال جرم بین ناحیه‌ی ساکن و روان کاهش یابد (Ersahin و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین وقتی غلظت املاح در خلل و فرج درشت کمتر از غلظت املاح در ناحیه ساکن شود، انتشار املاح از ناحیه ساکن به ناحیه روان صورت می‌گیرد (برزگر، ۱۳۸۹). Armstrong و همکاران (۱۹۹۴)، Bajracharya and Barry (۱۹۹۷) گزارش کردند که ضریب انتقال جرم وابسته به ارتباط بین دو ناحیه، حجم و هندسه منافذ و سرعت آب متحرک می‌باشد.

نتایج مدل‌سازی با HYDRUS-1D برای حرکت کلرید در شرایط اشباع

برازش مدل MIM بر داده‌های منحنی‌های رخنه کلرید در دو تیمار نانواکسید آهن و منیزیم در چهار سطح صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی در سه تکرار در شرایط اشباع در شکل۲ نشان داده شده است. اکثراً منحنی‌های رخنه چولگی به سمت چپ دارند، که نشان‌دهنده جریان ترجیحی است. به‌همین‌علت از مدل MIM استفاده شد. از طرف دیگر، در برازش مدل به داده‌های تجربی هدف رسیدن به بالاترین دقت و بهترین برازش می‌باشد و معمولاً معادله‌ای انتخاب می‌شود که بالاترین دقت برازش را داشته باشد. در منحنی‌های رخنه بدست امده در این تحقیق مدل MIM دقت بالاتری نسبت به CDE داشت. بنابراین از این نظر نیز مدل MIM ترجیح داده می شود.

افزایش مقدار نانوذره منیزیم به کاربرده شده در شرایط اشباع باعث افزایش پیک غلظت منحنی نسبت به شاهد شده که در سطح ۳ درصد وزنی نانواکسید منیزیم کمترین افزایش را داشته است و باعث کاهش زمان پیک و متمایل شدن منحنی به سمت چپ شده است. همچنین افزایش سطح کاربرد نانواکسید آهن در شرایط اشباع باعث افزایش پیک غلظت منحنی رخنه و افزایش زمان اوج منحنی نسبت به شاهد شده است (شکل ۲). ظهور زود هنگام کلرید در زه‌آب خروجی به دلیل نقش مؤثر جریان‌های ترجیحی در این تیمارها بود.



شکل ۲- منحنی های رخنه کلرید و منحنی‌های برازش شده بر آن با نرم‌افزار HYDRUS-1D در شرایط اشباع. Control، شاهد؛ MgO1%، MgO3%، MgO5% به ترتیب نشان دهنده نانواکسید منیزیم در سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی؛ Fe_3O_4 1%، $Fe_3O_4$3%، $Fe_3O_4$5% به ترتیب نشان دهنده نانواکسید آهن در سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر دو نانوذره اکسید فلزی MgO و Fe_3O_4 در چهار سطح بر انتقال املاح در شرایط جریان اشباع در یک خاک لومی بعد از گذشت زمان سه سال مورد پژوهش و بحث قرار گرفت. طبق مطالعاتی که انجام شد به نظر می‌رسد نانوذرات بر بسیاری از خواص فیزیکی، شیمیایی و انتقال املاح خاک تأثیر می‌گذارند، که در طی زمان این تأثیرات تشدید می‌شود. نتایج آزمایش‌های ستونی نشان داد که سطح ویژه زیاد نانوذرات سبب به‌وجود آمدن انرژی بسیار قوی سطحی بین ذرات می‌شود، لذا خاصیّت هماوری بسیار بالای نانوذرات باعث تشکیل خاکدانه و بهبود ساختمان خاک می‌گردد و در طی آن حجم منافذ درشت افزایش و منافذ ریز کاهش یافته و همچنین پیوستگی بین منافذ افزایش می‌یابد و مقدار رطوبت ناحیه ساکن تیمارهای ۱ و ۵ درصد وزنی نانواکسید آهن و منیزیم و ۳ درصد وزنی نانواکسید منیزیم کمتر از خاک بدون نانوذره می‌شود. در نتیجه‌ی بهبود ساختمان خاک و ایجاد منافذ پیوسته، جریان افزایش یافته و با افزایش سرعت آب و املاح در بین منافذ بین خاکدانه‌ای، تبادل املاح بین دو ناحیه روان و ساکن به علت کاهش زمان ماندن کلرید در خاک، در تیمارهای ۱ و ۳ درصد وزنی نانواکسید آهن و منیزیم و ۵ درصد نانواکسید آهن کمتر صورت می‌گیرد.

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که اضافه کردن نانواکسید آهن و منیزیم ممکن است به عنوان یک روش برای بهبود ساختمان خاک و در نتیجه‌ی آن انتقال نمک و آلودگی ها در خاک در نظر گرفته شود. مطالعات بیشتری برای تعیین اثرات بالقوه قابل توجه نانوذرات بر ویژگی‌های انتقال املاح در خاک‌های مختلف و در شرایط مختلف برای تعیین مقدار بهینه نانوذرات برای جلوگیری از آسیب‌های محیطی مود نیاز است.

منابع

برزگر، عبدالرحمن (۱۳۸۳) " فیزیک خاک". انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۲۵۷-۱.

برزگر، عبدالرحمن (۱۳۸۹) " فیزیک خاک پیشرفته". انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۴۱۷-۱.

عباسی، فریبرز (۱۳۸۶) "فیزیک خاک پیشرفته" انتشارات دانشگاه تهران. ۲۵۰-۱.

Auffan, M., andRose, J., andBottero, J.-Y., andLowry, G. V., andJolivet, J.-P., andWiesner, M. R. (2009). Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. *Nature nanotechnology*, *4*(10), 634.

Bhatt, I., andTripathi, B. N. (2011). Interaction of engineered nanoparticles with various components of the environment and possible strategies for their risk assessment. *Chemosphere*, *82*(3), 308-317 .

Biggar, J. W., & Nielsen, D. R. (1962). Miscible Displacement: II. Behavior of Tracers 1. *Soil Science Society of America Journal*, *26*(2), 125-128.

Igwe, C., and Mbagwu, J. (1995). Physical properties of soils of southeastern Nigeria and the role of some aggregating agents in their stability. *Soil science*, *160*(6), 431-441 .

Jalali, M., and Rowell, D. (2009). Potassium leaching in undisturbed soil cores following surface applications of gypsum. *Environmental geology*, *57*(1), 41-48.

Klute, A., & Dirksen, C. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. *Methods of soil analysis: part 1—physical and mineralogical methods*, (methodsofsoilan1), 687-734.

Kolahchi, Z., and Jalali, M. (2007). Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. *Journal of arid environments*, *68*(4), 624-639.

Nanda, K., and Maisels, A., andKruis, F., andFissan, H., andStappert, S. (2003). Higher surface energy of free nanoparticles. *Physical review letters*, *91*(10), 106102.

Rajput, V. D., Minkina, T. M., Behal, A., Sushkova, S. N., Mandzhieva, S., Singh, R., ... & Movsesyan, H. S. (2018). Effects of zinc-oxide nanoparticles on soil, plants, animals and soil organisms: a review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, *9*, 76-84.

Taipodia, J., Dutta, J., and Dey, A.K. 2011. Effect of nano particle of soil, Proceedings of Indian Geotechnical Conference, December 15-17, Kochi. (Paper No-A-218).

Tan, S., and Zhou, B., and Wang, Q. (2014). Effect of nano-carbon on water infiltration process in disturbed loessal soil. *Acta Pedologica Sinca*, *51*(3), 263-269 .

Tan, S., and Zhou, B., and Wang, Q. (2016). Effects of nanocarbon on the hydraulic parameters and the solute transport process for disturbed loessial soil. *Arabian Journal of Geosciences*, *9*(1), 4.

Teixeira, W. G., and Ceddia, M. B., andOttoni, M. V., andDonnagema, G. K. (2014). *Application of Soil Physics in Environmental Analyses*: Springer.

Zhang, G. (2007). Soil nanoparticles and their influence on engineering properties of soils. In Advances in Measurement and Modeling of Soil Behavior (pp. 1-13).

The long - term effect of magnesium and iron nanoparticles on solute transport in saturated condition

H. Bayat[*1] E. Daraei[2] P. Zamani[3]

[1.] Associate Professor, Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University

[2.] Phd. Student of Soil Science, Bu-Ali Sina University

[3.] Associate Professor, Department of Animal Science, Bu-Ali Sina University

Abstract

Soil is regarded as an important resource due to the increasing importance of global development issues such as food security, land degradation and ecosystem services. It is also considered to be one of the most important aspects of nature due to its refining properties, which are results of the physical, chemical and biological properties of the soil. On the other hand, in recent years, the behavior and properties of nanoparticles used in the environment have been studied. However, knowledge on their effects on the solute transport in the long term is still limited and they have not been investigated in any study, so far. The aim of this study was to investigate the multi- year effect of nanoparticles on the solute transport and their parameters. Different amounts (0, 1, 3 and 5 percentages by weight) of two types of nanoparticle metal oxides, MgO and Fe_3O_4 were mixed with a loamy soil in three replications and their possible effects on different properties of the soil were investigated after three years. The results showed that the application of nanoparticles had no significant effect on dispersivity. Addition of nanoparticles to the soil, resulted in the reduction of immobile water content of the soil and a decrease in the mass transfer coefficient between the tow areas. The results of this study showed that the nanoparticles affected the solute transport and its parameters in the soil.

Keywords: Iron oxide nanoparticles, Magnesium oxide nanoparticles, Saturated soil column.

محور مقاله: فناوری نوین در علوم خاک

تأثیر بلند مدت نانوذرات بر نگه‌داری آب خاک

الهه دارائی[۱*]، حسین بیات[۲]، پویا زمانی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۳] دانشیار گروه علوم دام دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

حفظ سلامتی و حاصلخیزی خاک برای تولید پایدار غذا اهمیّت زیادی دارد. در این راستا فناوری نانو می‌تواند به بهبود ویژگی-های خاک کمک کند. در سال‌های اخیر تأثیر نانوذرات بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه زیاد قرار گرفته، ولی تأثیر این ذرات در بلند مدت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به همین منظور با هدف تأثیر چند ساله نانوذرات بر نگه‌داری آب در خاک در این پژوهش دو نانواکسید Fe_3O_4 و MgO در چهار سطح (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) با یک خاک لومی در سه تکرار مخلوط شد و اثرات آن‌ها بعد از گذشت زمان سه سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد نانواکسید آهن و منیزیم تاثیر معنی‌داری بر نگهداری رطوبت در حالت اشباع، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک نداشتند، هر چند در غالب سطوح افزایش غیرمعنی‌دار نگه داشت آب را باعث شدند،بجز سطح ۵ درصد نانواکسید منیزیم که با تأثیر بر منافذ خاک و افزایش آسیب‌پذیری خاک باعث کاهش رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم شد. بنابراین نتایج این تحقیق نشان داد که نانوذرات در بلند مدت بر نگه‌داری رطوبت در حالت اشباع، ظریت زراعی و پژمردگی دائم تأثیر قابل توجهی ندارند.

کلمات کلیدی: نانواکسید آهن، نانواکسید منیزیم، نگه‌داری آب در خاک.

مقدمه

منحنی نگه‌داری آب خاک[۱](SWRC) رابطه میزان رطوبت خاک با مکش ماتریک خاک را نشان می‌دهد و یک ویژگی پایه برای مطالعه آب قابل دسترس برای گیاه، پدیده‌های نفوذ، زهکشی، هدایت هیدرولیکی، آبیاری، تنش آبی گیاه و حرکت مواد محلول در خاک است (Romano and Chirico، ۲۰۰۴). منحنی نگه‌داری آب خاک می‌تواند در آزمایش‌های تنش خشکی و کم آبیاری و همچنین برای اعمال مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه، بسیار مفید بوده و استفاده شود.

علم نانو مطالعه مواد در مقیاس تقریباً ۱ تا ۱۰۰ نانومتر و همین‌طور، تولید و کاربرد ابزارها و سیستم‌های کنترل در مقیاس نانو است (Richards، ۱۹۵۴). همچنین علم نانو اهمیّت حیاتی در علوم خاک دارد زیرا بسیاری از ترکیب‌های طبیعی خاک‌ها، در اندازه نانو بوده یا ویژگی‌هایی در مقیاس نانو دارند. نانو ذرات به دلیل داشتن ویژگی‌های خاصی مانند سطح ویژه بسیار بالا و فعال بودن ذرات در محیط خاک، می‌توانند رفتار فیزیکی- شیمیایی و مکانیکی خاک را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهند (Zhang، ۲۰۰۷)، که این اثرات در بلند مدت چشمگیرتر می‌باشند. نانوذرات دارای سطح ویژه بسیار بالایی هستند که می‌توانند توانایی نگه‌داری رطوبت خاک و ویژگی-های جذب خاک را تحت تأثیر قرار دهند (Daniels و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین برخی از نانوذرات با ایجاد محیط متخلخل و کاهش جرم مخصوص ظاهری توانایی نگه‌داری آب در خاک را افزایش می‌دهند (Zhang و همکاران، ۲۰۰۴). Zhou and Chen (۲۰۱۷) گزارش کردند که نانوکربن با تأثیر بر منافذ و میزان جذب آب، نگه‌داشت آب در خاک را افزایش داد. در پژوهش دیگری Tan و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که نانوکربن می‌تواند مقادیر آب را به طور مؤثری در خاک افزایش دهد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که کاربرد نانوذرات در خاک با افزایش سطوح جذب، رطوبت خاک را افزایش دهند، که این تأثیر نانوذرات می‌تواند در بلند مدت قابل بحث و بررسی باشد. با توجه به تأثیر نانوذرات بر ویژگی‌های نگه‌داری آب در خاک، تأثیر آن‌ها در بلند مدت بر رطوبت حجمی در حالت اشباع، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی تا کنون مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف این پژوهش بررسی تأثیر چند ساله دو نانواکسید Fe_3O_4 و MgO بر مشخصات ذکر شده می‌باشد.

* ایمیل نویسنده مسئول: elahe.daraei69@gmail.com

1-Soil water retention curve

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر چند ساله نانوذرات اکسید آهن و منیزیم بر نگه‌داری آب خاک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (در مجموع ۲۱ نمونه آزمایشی) در آزمایشگاه تحقیقاتی واقع در دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. برای انجام این پژوهش، یک نمونه خاک لومی، از روستای قیه علی بلاغ واقع در استان همدان از یک مزرعه با کشت غالب گندم، با موقعیّت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱۴ ثانیه شرقی تهیّه شد. نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. فاکتورها شامل ذرات نانو در دو سطح (Fe_3O_4 و MgO) و سطح استفاده از نانوذرات در چهار سطح (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) بود. بعد از اعمال تیمارهای نانوذرات اکسید آهن و منیزیم به خاک با درصدهای تعیین شده، خاک‌های تیمار شده در جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد ۶×۸×۱۴ سانتی‌متر نگه‌داری و به طور مرتب بر روی آن‌ها عمل تر و خشک شدن تا ۳۶ ماه انجام گرفت. بعد از گذشت زمان ۳۶ ماه از اعمال تیمارها نمونه‌های دست‌نخورده‌ای از هر ظرف پلاستیکی با استفاده از سیلندرهای استیل به قطر ۵/۵ و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر برای تعیین پارامترهای نگه‌داری آب خاک برداشت شد. برای بدست آوردن درصد جرمی و حجمی رطوبت نمونه-های دست نخورده در مکش‌های ۳۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال از صفحه فشاری[۲] استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس رطوبت در مکش‌های مختلف.

		P-value		
منابع تغییرات	درجه آزادی	θ_s	θ_{FC}	θ_{PWP}
نوع نانوذره	۱	۰/۲۰۱۷	۰/۰۴۳۰	۰/۰۱۳۹
سطوح کاربرد	۲	۰/۲۱۲۱	۰/۰۲۶۹	۰/۰۱۶۸
نوع نانوذره×سطوح کاربرد	۲	۰/۹۴۷۷	۰/۰۵۸۹	۰/۰۳۱۷
تیمار	۶	۰/۴۳۵۷	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۸۳

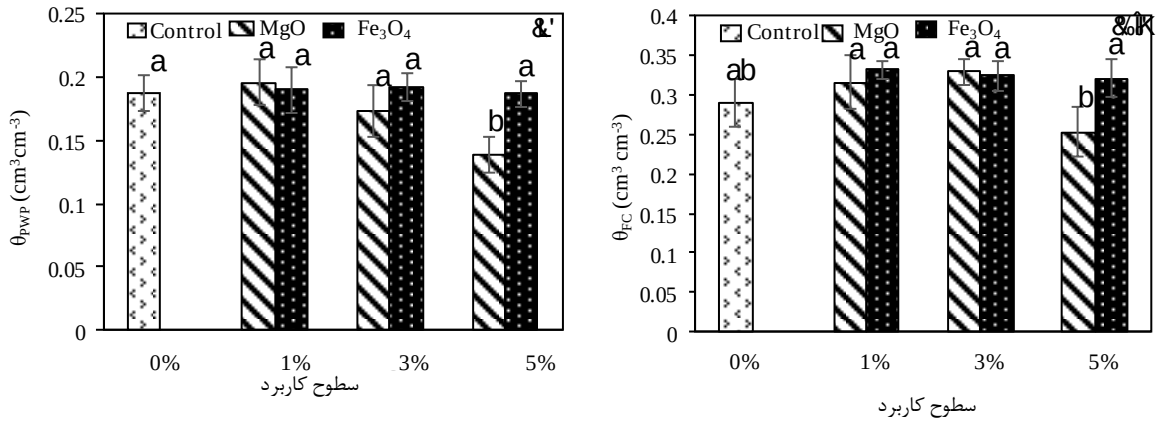
θ_S: رطوبت اشباع، θ_{FC}: رطوبت ظرفیت زراعی، θ_{PWP}: رطوبت نقطه پژمردگی دائم.

تأثیر نانوذرات بر رطوبت‌های حجمی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای نانواکسید آهن و منیزیم، سطوح کاربرد و همچنین برهمکنش بین تیمارهای نانو اکسید آهن و منیزیم با سطوح کاربرد در سطح ۵ درصد آماری بر رطوبت اشباع معنی‌دار نشد (جدول ۱). همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نانواکسید آهن و منیزیم، سطوح کاربرد نانوذره و همچنین تیمار در سطح ۵ درصد آماری بر رطوبت ظرفیت زراعی معنی‌دار شد (جدول ۱)، ولی برهمکنش بین نوع نانوذره و سطوح کاربرد تأثیر معنی‌داری بر رطوبت ظرفیت زراعی نداشت. برهمین اساس نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمار مورد بحث و بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نانواکسید آهن و منیزیم، سطوح کاربرد نانوذره و همچنین برهمکنش بین نوع نانوذره و سطوح کاربرد نانوذره در سطح ۵ درصد آماری و تیمار در سطح ۱ درصد آماری بر رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم معنی‌دار شد (جدول ۱). براین اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش بین نوع نانوذره و سطوح کاربرد نانوذره مورد بحث و بررسی قرار گرفت. هیچ‌کدام از فاکتورها و برهمکنش آن‌ها تاثیر معنی‌داری بر مقدار رطوبت اشباع خاک نداشتند. در برخی مطالعات مقدار رطوبت اشباع برابر با تخلخل کل در نظر گرفته می‌شود (Kirkham، ۲۰۱۴)، در این پژوهش رطوبت حجمی اشباع به عنوان تخلخل کل خاک در نظر گرفته شد، Ben-Moshe و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که اگرچه نانواکسید آهن باعث کاهش تخلخل خاک با پرکردن منافذ به دلیل اندازه کوچک و چسبندگی زیاد آن می‌شوند اما به طورکلی نانواکسید آهن تأثیر زیادی بر تخلخل خاک ندارد که علت آن را بافت سبک خاک مورد مطالعه و کافی نبودن سطح کاربرد نانواکسید آهن دانستند. بنابراین علت معنی‌دار نشدن تاثیر تیمارهای نانواکسید آهن نسبت به شاهد را می‌توان به بافت متوسط خاک مورد مطالعه و درصد پائین این ذرات برای تأثیر بر منافذ خاک دانست. همچنین علت عدم افزایش معنی‌دار رطوبت اشباع در تیمارهای نانواکسید منیزیم را می‌توان به این موضوع مرتبط دانست که افزایش بیش از حد کلسیم و منیزیم در خاک باعث افزایش غیرفعال آن‌ها و ماده آلی در خاک شده که این امر می‌تواند مانع چسبندگی بین ذرات و ایجاد خاکدانه‌های جدید شود (Igwe and Nkemakosi، ۲۰۰۷). نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که تیمارهای نانواکسید آهن و منیزیم در سطوح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی بر رطوبت ظرفیت زراعی نسبت به شاهد تأثیر معنی‌داری نداشتند (شکل ۱- الف)، هر چند موجب افزایش غیر معنی‌دار ظرفیت زراعی شدند، بجز سطح ۵ درصد وزنی نانواکسید منیزیم

2-Pressure plate

که باعث کاهش معنی‌دار رطوبت حجمی ظرفیت زراعی نسبت به سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی نانواکسید آهن و سطح ۱ و ۳ درصد وزنی نانواکسید منیزیم شد (شکل ۱- الف). نگه‌داری آب خاک به تغییرات چگالی خاک بسیار حساس می‌باشد (Miller and Azad، ۲۰۰۰). بنابراین باتوجه به وزن مخصوص، مقدار کمی و توزیع خوب نانومواد، نانومواد می‌توانند منافذ را پر کنند و باعث افزایش چگالی خاک شوند که به نوبه خود موجب کاهش محتوای آب خاک می‌شود (Taha and Taha، ۲۰۱۶). نانواکسید آهن دارای خاصیت هماوری زیادی است (Igwe and Mbagwu، ۱۹۹۵) که این امر باعث افزایش نگه‌داشت رطوبت در خاک می‌شود. Taha and Taha (۲۰۱۲)، در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که نانورس، نانوآلومینا و نانومس با افزایش پوکی خاک باعث افزایش نگه‌داری رطوبت در خاک شده و افزایش هر سطح از نانو ذرات نیز نگه‌داری رطوبت را در خاک افزایش می‌دهند. علت کاهش رطوبت در تیمار ۵ درصد نانواکسید منیزیم را می‌توان به افزایش آسیب‌پذیری ساختمان و منافذ خاک با افزایش مقدار منیزیم در خاک مرتبط دانست (Alperovitch، ۱۹۸۱). این امر باعث کاهش نگه‌داری رطوبت در خاک نسبت به تیمارهای دیگر در مکش ۳۰ کیلوپاسکال شده است. افزودن نانوذرات آهن و منیزیم در سطح ۵ درصد وزنی به خاک به دلیل افزایش اکسیداسیون و احیا در چرخه‌ی تر و خشک شدن خاک در بازه‌ی زمانی مشخص، درصد ماده آلی خاک را کاهش داده است (Coutris، ۲۰۱۲). ماده آلی نیز از پارامترهای تأثیرگذار بر مقدار آب موجود در خاک و نهایتاً منحنی نگه‌داری آب خاک می‌باشد. در حقیقت ماده آلی خاک با قدرت نگه‌دارندگی مانع از حرکت آب خاک شده و از سوی دیگر باعث بهبود ساختمان خاک می‌شود. بنابراین سطح ۵ درصد وزنی نانواکسید منیزیم با کاهش مواد آلی باعث کاهش معنی‌دار رطوبت حجمی در مکش ظرفیت زراعی شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش بین نوع نانوذره و سطوح کاربرد نانوذره نشان داد در غالب سطوح استفاده از نانواکسیدها موجب افزایش غیر معنی‌دار رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم نسبت به شاهد شدند، که علت ان افزایش سطح ویژه خاک است. چرا که نانوذرات دارای سطح ویژه بالا و فعالی می‌باشند. همانطور که می‌دانیم رطوبت نقطه پژمردگی دائم بیشتر وابسته به منافذ ریز خاک است، بهبود ساختمان خاک به دنبال افزایش چسبندگی بین ذرات و افزایش تخلخل ریز حاصل می‌شود (بهبهانی و همکاران، ۱۳۸۸). با افزایش مکش ماتریک خاک از ۱۰ کیلوپاسکال به مکش‌های بالاتر، منافذ ریز (کوچکتر از ۳۰ میکرون)، مسئول نگه-داری آب در خاک هستند (بیات، ۱۳۸۲). نانوذرات نیز می‌توانند موجب افزایش منافذ ریز خاک شوند و از این طریق نیز موجب افزایش نگه‌داری آب در خاک شوند. ولی سطح ۵ درصد وزنی نانواکسید منیزیم باعث کاهش معنی‌دار رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم نسبت به شاهد و سایر تیمارها شد (شکل ۱- ب). منیزیم تحت شرایط خاصی می‌تواند باعث تخریب ساختمان خاک شود (Shainberg and Letey، ۱۹۸۴)، که این امر باعث کاهش رطوبت خاک در سطح ۵ درصد وزنی نانواکسید منیزیم شد. مقدار آهک، گچ و جرم مخصوص ظاهری با رطوبت در نقطه پژمردگی دائم همبستگی منفی دارند (Esmaeelnejad و همکاران، ۲۰۱۵؛ Rawls and Pachepsky، ۲۰۰۲). همچنین احتمالاً در اندازه‌گیری کربنات کسیم، نانواکسید منیزیم اضافه شده نیز در اندازه‌گیری وارد شده و به همین دلیل کربنات کلسیم افزایش یافته است. در نتیجه طبق نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با افزودن تیمارهای نانواکسید منیزیم، کربنات کلسیم در خاک افزایش یافت. پس بالا بودن کربنات کلسیم در تیمارهای حاوی نانواکسید منیزیم سبب شد تا نگه‌داری رطوبت در مکش ۱۵۰۰ کیلوپاسکال کاهش یابد. همچنین افزایش بیش از حد نانواکسید منیزیم در تیمار ۵ درصد وزنی طبق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش باعث مسدود شدن منافذ و کاهش تخلخل و به تبع آن کاهش رطوبت در نقطه پژمردگی دائم شد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر الف) رطوبت ظرفیت زراعی و ب) رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم. وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها در هر یک از شکل‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها انحراف استاندارد را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر نانوذرات اکسیدآهن و منیزیم بر نگه‌داری آب در یک خاک لومی بعد از گذشت زمان سه سال از اعمال تیمارها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانوذرات اکسیدآهن و منیزیم در غالب سطوح موجب افزایش غیر معنی‌دار نگه‌داشت رطوبت در خاک شدند، که علت ان افزایش سطح ویژه خاک است. چراکه نانوذرات دارای سطح ویژه بالا و فعالی می‌باشند و می‌توانند بر بهبود ساختمان خاک و درنتیجه نگه‌داشت رطوبت مؤثر باشند. ولی، با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت، علت کاهش رطوبت در تیمار ۵ درصد نانواکسید منیزیم را می‌توان به افزایش آسیب‌پذیری ساختمان و منافذ خاک با افزایش مقدار منیزیم در خاک مرتبط دانست که این امر باعث کاهش نگه‌داری رطوبت در خاک نسبت به تیمارهای دیگر شد. رطوبت حجمی اشباع به علت عدم تاثیر معنی‌دار نانوذرات بر تخلخل کل، تحت تاثیر معنی‌دار نانوذرات قرار نگرفت. . مطالعات بیشتری برای تعیین اثرات دیگر نانوذرات در بازه‌های زمانی بیشتری بر خواص فیزیکی و مکانیکی خاک‌های مختلف و تحت شرایط متفاوت‌تری برای تعیین بهترین نوع نانوذرات و درصد بهینه آن، برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی بر محیط زیست و مدیریت پایدار لازم است.

منابع

بهبهانی، محمودرضا، افیونی، مجید، حاج‌عباسی، محمدعلی و رضایی‌نژاد، یزدان (۱۳۸۸) "بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب استاکوسرب بر پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای و خصوصیات فیزیکی خاک" مجله آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۳، شماره ۱: ۱۰۰-۹۱.

بیات، حسین (۱۳۸۲) "بررسی خاکورزی و تردد چرخ‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی خاک". پایان نامه کارشناسی ارشدخاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

Alperovitch, N., andShainberg, I., andKeren, R. (1981). Specific effect of magnesium on the hydraulic conductivity of sodic soils. *Journal of Soil Science*, *32*(4), 543-554 .

Ben-Moshe, T., andFrenk, S., andDror, I., andMinz, D., andBerkowitz, B. (2013). Effects of metal oxide nanoparticles on soil properties. *Chemosphere*, *90*(2), 640-646 .

Coutris, C., andJoner, E. J., andOughton, D. H. (2012). Aging and soil organic matter content affect the fate of silver nanoparticles in soil. *Science of the Total Environment*, *420*, 327-333.

Daniels, J. L., andInyang, H. I., andBrochu Jr, M. (2004). Specific surface area of barrier mixtures at various outgas temperatures. *Journal of Environmental Engineering*, *130*(8), 867-872 .

Durner, W. (1994). Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. *Water resources research*, *30*(2), 211-223.

Esmaeelnejad, L., and Ramezanpour, H., andSeyedmohammadi, J., andShabanpour, M. (2015). Selection of a suitable model for the prediction of soil water content in north of Iran. *Spanish Journal of Agricultural Research, 13*(1), 1202.

Igwe, C., andMbagwu, J. (1995). Physical properties of soils of southeastern Nigeria and the role of some aggregating agents in their stability. *Soil science, 160*(6), 431-441 .

Kirkham, M. B. (2014). *Principles of soil and plant water relations*: Academic Press.

Miller, G. A., andAzad, S. (2000). Influence of soil type on stabilization with cement kiln dust. *Construction and building materials, 14*(2), 89-97.

Rawls, W., and Pachepsky, Y. A. (2002). Soil consistence and structure as predictors of water retention. *Soil Science Society of America Journal, 66*(4), 1115-1126 .

Romano, N., and Chirico, G. (2004). The role of terrain analysis in using and developing pedotransfer functions. *Developments in Soil Science, 30*, 273-294.

Taha, M. R., and Taha, O. M. E. (2012). Influence of nano-material on the expansive and shrinkage soil behavior. *Journal of Nanoparticle Research, 14*(10), 1190.

Taha, O. M. E., andTaha, M. R. (2016). Soil-water characteristic curves and hydraulic conductivity of nanomaterial-soil-bentonite mixtures. *Arabian Journal of Geosciences, 9*(1), 12 .

Tan, S., andZhou, B., andWang, Q. (2014). Effect of nano-carbon on water infiltration process in disturbed loessal soil. *Acta Pedologica Sinca, 51*(3), 263-269.

Zhang, G., andGermaine, J., and Whittle, A., andLadd, C. (2004). Soil structure of a highly weathered old alluvium. *Géotechnique, 54*(7), 453-466.

Zhang. (2007). Soil nanoparticles and their influence on engineering properties of soils. In *Advances in Measurement and Modeling of Soil Behavior* (pp. 1-13)

.

Topic for submission: New Technology in Soil Science

The long- term effect of nanoparticles on soil water retention curve and soil tensile strength

E. Daraei[*1] H. Bayat[2] P. Zamani[3]

[1]Phd. Student of Soil Science, Bu-Ali Sina University

[2] Associate Professor, Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University

[3] Associate Professor, Department of Animal Science, Bu-Ali Sina University

Abstract

It is important to maintain the health and fertility of soil for sustainable food production. In this regard, nanotechnology can help to improve soil properties. On the other hand, in recent years, the effect of nanoparticles on physical and chemical properties of soil has been studied, but the long-term effect of these particles has not been studied. For this purpose, to investigate multi- year effect of nanoparticles on soil water retention and tensile strength of aggregate in this study two types of nanoparticle metal oxides, MgO and Fe_3O_4 were mixed in four levels (zero, 1, 3 and 5 percentage by weight) with a loamy soil in three replications, and the effects were studied in three years. The results of this study showed that magnesium and iron nanoparticles did not have significant effects on soil water retention at saturation, field capacity and wilting point, however, they increased the water retention unsignificantly by most treatments, unless 5% of magnesium nanoparticles that reduced the water contnt at field capacity and wilting point by affecting soil pores and increasing soil damage due to decrease of organic matter. The results of this study showed that the nanoparticles did not have considerable effects on water retention at saturation, field capacity and wilting point, in the long term.

Keywords: iron oxide nanoparticles, magnesium oxide nanoparticles, water retention.

Corresponding author, Email: elahe.daraei69@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

توسعه یک مدل فیزیکی برای برآورد منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک و مقایسه آن با روش‌های رایج

اسما فتحی نژاد[۱]، محمدحسین محمدی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

در این پژوهش ابتدا یک مدل فیزیکی برای تبیین توزیع اندازه منافذ خاک و در نتیجه منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک توسعه داده شد و سپس برای لحاظ کردن تاثیر اعوجاج مجاری خاک ۴ مدل اعوجاج با مدل توسعه داده شده تلفیق شد و نتایج آن با نتایج مدل‌های رایج برآورد کننده منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک شامل مدل‌های بروکز کوری-معلم و بروکز کوری-بردین و ونگنوختن-معلم و ونگنوختن-بردین مقایسه شد. برای این منظور ویژگی‌های هیدرولیکی مکش ماتریک خاک و هدایت هیدرولیکی خاک از بانک اطلاعاتی UNSODA استخراج و سپس پارامترهای منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع با استفاده از نرم افزار RETC به دست آمد. نتایج نشان داد که مدل فیزیکی توسعه داده شده زمانی که با مدل اعوجاج مارشال تلفیق می‌شود نتایج بهتری را نسبت به سایر مدل‌ها برآورد می‌کند. بین مدل‌های رایج نیز مدل ونگنوختن-معلم بهترین برآورد را داشت. برخلاف مدل‌های رایج، مدل فیزیکی نیاز به هیچ پارامتر تجربی ندارد صرف نظر از خطای نسبتا بیشتری که دارد، می‌تواند قابلیت تعمیم بیشتری را داشته باشد و در مواردی که اطلاعات کمی در دسترس است و یا منحنی رطوبتی خاک وجود ندارد مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ضریب اعوجاج، هدایت هیدرولیکی غیراشباع، مدل فیزیکی

مقدمه

ناحیه غیراشباع خاک یکی از قسمت‌های پراهمیت و اصلی در چرخه هیدرولوژی هستند (مالکی و همکاران، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر به علت کم‌آبی و نیاز به محصولات بیشتر و آلودگی‌ها بررسی هدایت هیدرولیکی غیراشباع بیشتر مورد تاکید است. هدایت هیدرولیکی غیراشباع همواره برای بررسی توانایی ذاتی خاک در انتقال آب که برای مدل‌سازی حرکت آب و املاح مورد استفاده قرار می‌گیرد اهمیت دارد (Foley و همکاران، ۲۰۰۶). در برآورد تعادل آب در خاک و رشد محصول و مدل‌سازی فرسایش خاک و اصلاح خاک‌های شور نیز از منحنی هدایت هیدرولیکی استفاده می‌شود (Verbist و همکاران، 2009). اندازه‌گیری منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک بسیار دشوار و پرهزینه است. به همین دلیل غالبا از روش‌های غیرمستقیم برآورد می‌شود. تخمین هدایت هیدرولیکی غیراشباع غالباً با استفاده منحنی رطوبتی خاک (SWC) انجام می‌شود (مالکی و همکاران، ۱۳۹۱ و Hillel, 1998). با توجه به ضرورت هدایت هیدرولیکی غیراشباع و پیچیدگی این موضوع از برخی مدل‌های برآورد کننده استفاده می‌شود. برای بهره‌گیری از این مدل‌ها باید از روابط هیدرولیکی غیراشباع و یا منحنی رطوبتی خاک آگاهی داشت (کشکولی و زینال زاده، ۱۳۸۰). بسیاری از پارامترهای این مدل‌ها تجربی بوده و به داده‌ها و اطلاعاتی که در استنتاج آن‌ها استفاده شده است بستگی دارند. این پارامترها می‌توانند برای همه شرایط و خاک‌ها الزاماً صادق نباشند. هدف از این مطالعه بسط و توسعه یک مدل ساده فیزیکی منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع و مقایسه نتایج آن با داده‌های تجربی و مدل‌های رایج شامل مدل‌های بروکز کوری-معلم و بروکز کوری-بردین و ونگنوختن-معلم و ونگنوختن-بردین است.

مواد و روش‌ها

اگر فرض شود منافذ خاک به شکل لوله‌های مستقیم با شعاع r هستند با استفاده از قانون پوآزوی مقدار دبی برای یک لوله با شعاع r_i به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{\pi \Delta P r^4}{8\eta L} \quad (۱)$$

که در آن؛ ΔP اختلاف فشار دو سر لوله ($dyne.cm^{-2}$)، r شعاع لوله (cm)، L طول لوله (cm) و η گرانروی سیال ($\frac{poise.cm^2}{sec}$) است.

فرض می‌شود تمام منافذ خاک به اندازه‌های مشخص قابل دسته بندی است. اندازه منافذ خاک از r_1 تا $r_n...r_i$ تقسیم بندی می‌شوند. اگر n_1 عدد از منافذ r_1 و n_2 عدد از منافذ r_2 و... در خاک وجود داشته باشد، آنگاه دبی کل منافذ خاک از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

$$Qt = \sum_{i=1}^{n} Q_i = \frac{\pi}{8\eta} \times \frac{\Delta P}{L} \times \sum n_i \times \pi r_i^2 \times r_i^2 \quad (۲)$$

که در آن؛ $n_i \times \pi r_i^2$: سطح مقطع منافذ با شعاع r_i در خاک است که با تقسیم بر سطح کل خاک مقدار رطوبتی(θ_i) که این منافذ در خود نگه می‌دارند به دست می‌آید. اگر شیب هیدرولیکی واحد فرض شود:

$$\frac{\Delta P}{L} = ۱$$

آنگاه:

$$K(\theta) = \frac{Q_t}{A_s} \quad (۳)$$

A_s : سطح مقطع خاک است.

تلفیق روابط (۲) و (۳) رابطه (۴) را حاصل می‌کند:

$$K(\theta) = \frac{1}{8\eta} \Sigma (r_i^2 \times \theta_i) \quad (۴)$$

چون منافذ خاک مستقیم نیستند عامل پیچ وا پیچی منافذ (τ) درآن ضرب میشود:

$$K(\theta) = \frac{1}{8\eta} \sum_{i=1}^{i=j} (r_i^2 \times \theta_i)\tau \quad (۵)$$

که در آن؛ r_j اندازه بزرگترین منفذ هادی آب است. هدایت هیدرولیکی نسبی (Kr) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$Kr = \frac{\frac{1}{8\eta} \sum_{i=1}^{i=j} (r_i^2 \times \theta_i)\tau}{\frac{1}{8\eta} \sum_{i=1}^{i=n} (r_i^2 \times \theta_i)\tau} \quad (۶)$$

$$K(h) = \frac{\Sigma (r_i^2 \times \theta_i)\tau}{Ks} \quad (۷)$$

Ks هدایت هیدرولیکی اشباع (m/sec) و τ عامل پیچ وا پیچی منافذ (r_i) است. برای برآورد ضریب اعوجاج از مدل‌های زیر استفاده شد.

$\tau = \theta^{\frac{4}{3}}$ (Millington, 1959) (۸)

$\tau = \theta^{1.5}$ (Marshall, 1958) (۹)

$\tau = \frac{\theta^{\frac{7}{3}}}{\theta s^2}$ (Lai و همکاران' 1976) (۱۰)

$\tau = \frac{\theta^{\frac{10}{3}}}{\theta s^2}$ (Millington and Quirk, 1961) (۱۱)

که در آن؛ θ رطوبت خاک $(cm^3.cm^{-3})$ و Θs رطوبت اشباع $(cm^3.cm^{-3})$ است.

در این تحقیق از بانک اطلاعاتی UNSODA منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی ۱۲ خاک استخراج شد. لیست خاک‌های مورد استفاده و برخی ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- لیست خاک‌های استفاده شده از بانک اطلاعاتی UNSODA و برخی ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها

کد خاک	n	M	Θr	α	Ks	بافت Θs
۳۳۷۰	۱/۳۲۷	۰	۰	۰/۰۰۹۸	۳۵	۰/۴۴
۱۳۶۰	۱/۴۱۴	۰/۰۷۶	۰	۰/۰۰۴	۱/۷	۰/۴۴
۲۲۲۰	۴/۵۵۱	۰/۶۷۱	۰/۰۷۱	۰/۰۱۲	۶۰/۴۲	۰/۳۲
۳۳۷۰	۱/۰۰۵	۰/۱۲۳	۰/۰۸۶	۵/۴۴	۴۹۷۰	۰/۵۲
۴۰۰۰	۱/۱۹	۰/۱۵۹	۰	۰/۰۳۰۶	۲۱۷/۵۱	۰/۳۹
۴۱۰۱	۱/۰۰۵	۰/۱۶۵	۰/۰۷۹	۰/۰۸۴	۱۲/۴	۰/۴۳
۴۱۰۲	۱/۰۰۵	۰/۰۸۶	۰	۰/۳۱۲	۷۲/۹	۰/۴۲
۴۱۱۰	۱/۰۰۵	۰/۲۳۸	۰	۰/۰۰۸۶	۶۸۷/۷	۰/۴۳
۴۱۲۰	۴/۸۸	۰/۷۹۵	۰	۰/۶۱۹	۲۶۸۸	۰/۵۲
۴۱۵۲	۱/۰۸	۰/۰۷۴	۰	۰/۰۲۴	۵۱۶/۷	۰/۳۴
۴۱۸۶	۲/۷	۰/۶۲۹	۰	۱/۰۶	۱۷۴۵/۲	۰/۵۷
۴۶۸۰	۱/۶	۰/۳۷۵	۰	۱/۵۳	۸۲۴۸/۱	۰/۵۵

با استفاده از نرم افزار RETC مدل‌های بروکز کوری معلم و بروکز کوری بردین و ونگنوختن معلم و ونگنوختن بردین بر داده‌های تجربی برازش داده شد.

مدل ونگنوختن –معلم:

$$K(\Theta) = Ks \times Se^{\frac{1}{2}} \times \left(1 - \left(1 - Se^{\frac{1}{m}}\right)^{m}\right)^{2} \qquad m = 1 - \frac{1}{n} \qquad (۱۲)$$

مدل ونگنوختن –بردین:

$$K(\Theta) = Ks * Se^{2} \times (1 - \left(1 - Se^{\frac{1}{m}}\right))^{m} \qquad m = 1 - \frac{2}{n} \qquad (۱۳)$$

مدل بروکز کوری –معلم:

$$K(\Theta) = Ks \times Se^{\frac{5}{2}+\frac{2}{n}} \qquad (۱۴)$$

مدل بروکز کوری –بردین:

$$K(\Theta) = Ks \times Se^{3+\frac{2}{n}} \qquad (۱۵)$$

$$Se = \frac{\theta - \theta r}{\theta s - \theta r} \qquad (۱۶)$$

که در آن؛ h مکش ماتریک خاک (cm) ’ Θr رطوبت باقیمانده ($cm^3.cm^{-3}$) است. α ’ n ’ m ضرایب تجربی هستند که از برازش به دست می آیند.

مقدار خطا با استفاده از رابطه (۱۷) محاسبه شد.

(۱۷)

$$RMSE = \sqrt{\frac{[\Sigma \log(K(h_1)) - \log(K(h_2))]^2}{N}}$$

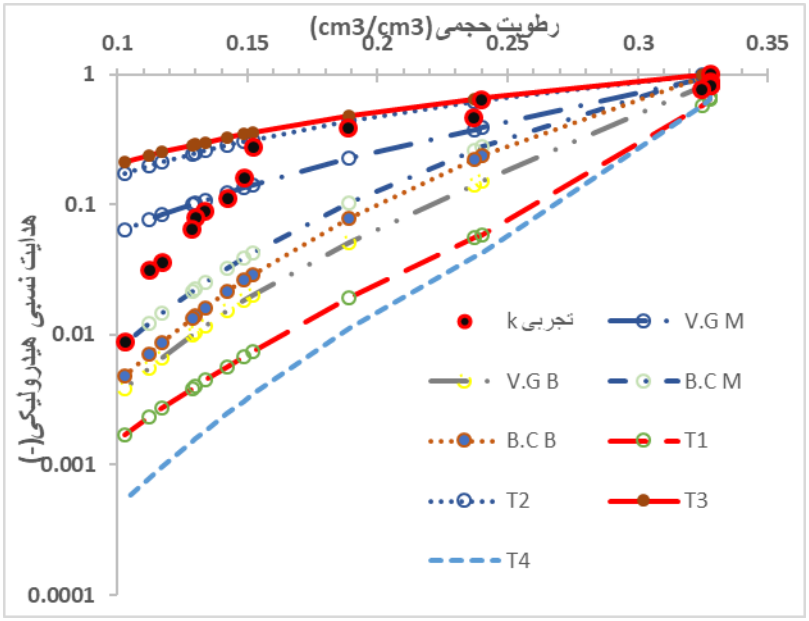
که در آن؛ $K(h_2)$ مقدار هدایت هیدرولیکی نسبی محاسبه شده و $K(h_1)$ مقدار هدایت هیدرولیکی نسبی تجربی و N تعداد نقاط است.

نتایج و بحث

مقدار خطای برآورد هر یک از مدل‌ها بر اساس RMSE در جدول(۲) آمده است. بر اساس RMSE دقت مدل‌های مورد استفاده در برآورد منحنی $K(\theta)$ به ترتیب زیر است.

ونگنوختن معلم > ونگنوختن بردین > بروکز کوری بردین > بروکز کوری معلم در بین مدل‌های تبیین کننده اعوجاج نیز تلفیق معادله (Marshall, 1958) با مدل توسعه یافته رابطه (۶) بهترین برآورد را دارد.

شکل (۱) مثالی از برآورد منحنی هدایت هیدرولیکی توسط روش‌های مختلف مورد مطالعه در این تحقیق برای خاک شماره ۲۲۲۰ نشان می‌دهد. ارجحیت مدل ونگنوختن معلم و دقت نسبی معادله (Marshall, 1958) در برآورد منحنی هدایت هیدرولیکی قابل مشاهده است.



شکل (۱) منحنی هدایت هیدرولیکی تجربی خاک شماره ۲۲۲۰ و منحنی‌های برآورد شده توسط روش‌های مختلف مورد مطالعه.

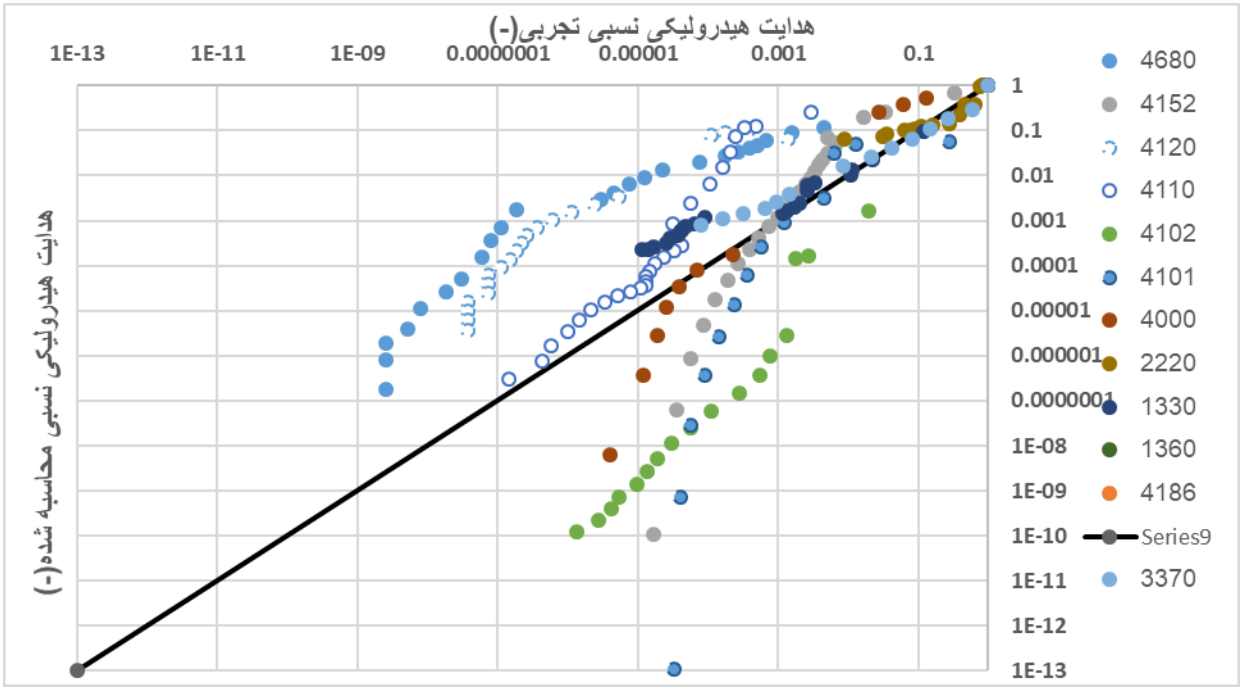
جدول شماره (۲). مقادیر RMSE (رابطه ۱۷) برای برآورد منحنی هدایت هیدرولیکی کلیه خاک‌های مندرج در جدول شماره (۱)

	τ1	τ2	τ3	τ4	VG-M	VG-B	BC-M	BC-B
۱۳۳۰	۴/۰۲۷	۳/۸۷۹	۳/۸۴۹	۴/۲۰۷	۰/۸۱۳	۰/۶۵۳	۱/۴۶۶	۱/۳۶۹
۱۳۶۰	۱/۶۹۵	۱/۷۰۹	۱/۷۱۲	۱/۶۷۸	۱/۵۳۸	۱/۳۰۲	۱/۴۵۸	۱/۴۵۱
۲۲۲۰	۰/۹۶۲	۰/۴۶۱	۰/۵۰۵	۱/۲۳۸	۰/۲۶۲	۰/۶۵۶	۰/۴۲۴	۰/۵۴۵
۳۳۶۰	۱۰/۴۳۱	/۵۱۳	/۴۱۶	/۰۱۰	۰/۴۵۲	۳/۰۵۳	۳/۰۲۹	۳/۱۶۷
۴۰۰۰	۳/۵۵۲	۳/۱۱۴	۰/۰۲۸	۴/۰۸۶	۱/۰۸۵	۰/۶۱۶	۱/۹۴۵	۰/۹۴۷
۴۱۰۱	۴/۴۷۷	۴/۲۷۸	۴/۲۳۸	۴/۷۱۷	۲/۸۹۵	۱/۲۹۸	۰/۵۹۲	۰/۶۵۰
۴۱۰۲	۳/۷۴۹	۳/۵۸۴	۳/۵۵۱	۳/۹۴۷	۳/۱۵۹	۱/۸۵۸	۱/۵۲۸	۱/۶۲۴
۴۱۱۰	۲/۷۹۴	۲/۵۷۸	۲/۵۳۹	۳/۰۰۹	۱/۲۷۱	۱/۳۸۷	۱/۹۱۷	۱/۸۴۳
۴۱۲۰	۱/۶۸۹	۱/۵۸۲	۱/۵۶۰	۱/۸۲۰	۲/۷۱۷	۲/۹۶۱	۴/۰۵۰	۳/۹۶۸
۴۱۵۲	۳/۳۹۱	۳/۰۱۹	۴/۱۵۰	۳/۸۴۵	۱/۳۳۳	۲/۱۱۶	۰/۸۹۰	۰/۸۵۶
۴۱۸۶	۰/۶۴۶	۰/۵۸۲	۰/۵۶۹	۰/۷۲۳	۲/۵۲۷	/۷۰۰۶	۳/۷۱۹	۳/۶۹۷
۴۶۸۰	۰/۴۳۲	۰/۴۸۹	۰/۵۰۱	۰/۳۷۹	۲/۷۲۴	۲/۹۵۲	۴/۰۰۷	۳/۹۷۳
میانگین	۳/۱۵۳	۲/۹۸۲	۳/۰۵۱	۳/۳۸۸	۱/۷۳۱	۱/۷۹۶	۲/۰۸۵	۲/۰۰۷

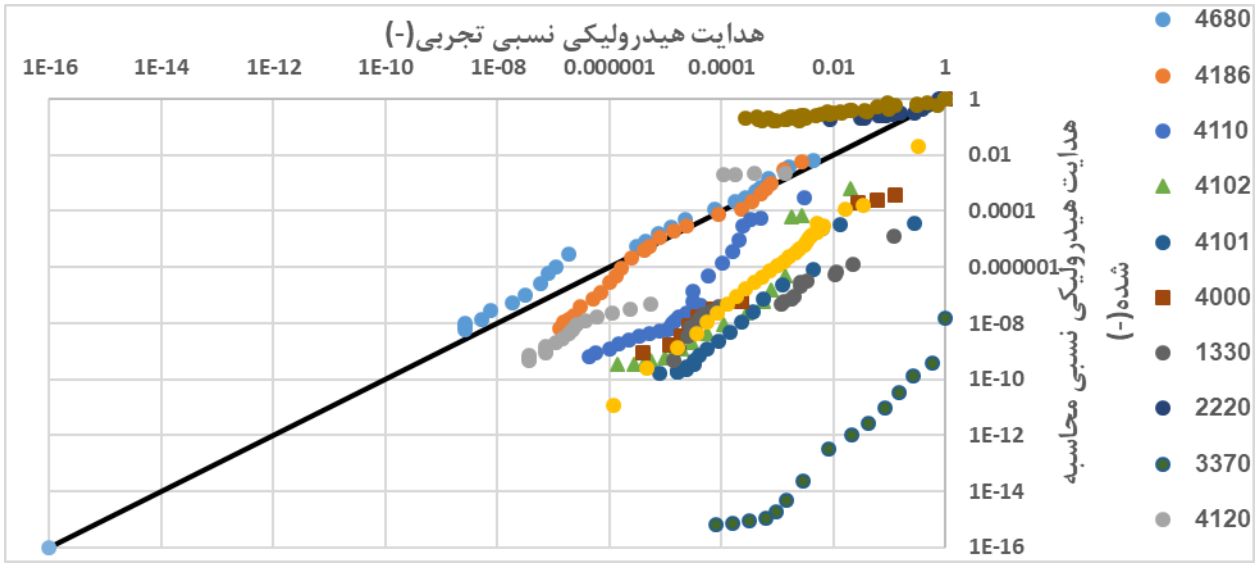
τ1 : معادله (۸) ، τ2 : معادله (۹) ، τ3 : معادله (۱۰) ، τ4 : معادله (۱۱)

VG-M : معادله (۱۲) ، V.G-B : معادله (۱۳) ، B.C-M : معادله (۱۴) ، B.C-B : معادله (۱۵)

به طور کلی جدول (۲) نشان می‌دهد مدل‌های فیزیکی نسبت به مدل‌های نیمه فیزیکی دارای خطای بیشتری هستند و بنابراین از نظر دقت مدل‌های تجربی ترجیح داده می‌شوند. اما در عوض، مدل‌های فیزیکی به دلیل نداشتن پارامترهای تجربی قابل تعمیم به تمام خاک‌ها می‌باشند. شکل (۲) مقایسه بین $K(\theta)$ اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از روش ونگنوختن معلم را برای کلیه خاک‌ها نشان می‌دهد. پراکندگی نسبتا قابل قبول نقاط حول محور ۱:۱ موید دقت این مدل است. شکل (۳) نیز مقایسه بین $K(\theta)$ اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از مدل فیزیکی تلفیق شده با مدل اعوجاج (Marshall, 1958) را برای کلیه خاک‌ها نشان می‌دهد. به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت دقت این مدل بجز برای خاک شماره ۳۳۷۰ برای سایر خاک‌ها قابل مقایسه با مدل ونگنوختن معلم است. صداقت و همکاران(۱۳۹۵) گزارش کردند که برآورد $K(\theta)$ با استفاده از مدل‌های فیزیکی می‌تواند دقت تخمین را در مقیاس‌های بزرگ بهبود ببخشد.



شکل (۲) مقایسه بین $K(\theta)$ اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از روش ونگنوختن معلم را برای کلیه خاک‌های انتخاب شده.خط پیوسته سیاه محور ۱:۱را نشان می دهد.



شکل (۳) مقایسه بین $K(\theta)$ اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از روش (Marshall, 1958) را برای کلیه خاک‌های انتخاب شده. خط پیوسته سیاه محور۱:۱ را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

مدل فیزیکی توسعه داده شده در اغلب موارد $K(\theta)$ را با دقت نسبتاً قابل قبولی برآورد می‌کند. هرچند قابلیت تعمیم این مدل به دلیل ذات فیزیکی آن بیشتر از مدل‌های تجربی است و نیاز به هیچ پارامتر اولیه تجربی ندارد، اما جهت تایید قابلیت‌های مختلف مدل، تعداد خاک‌های بیشتری با طیف وسیع‌تری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی لازم است تا مدل پیشنهادی در آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. به نظر می‌رسد توسعه و یا استفاده از مدل فیزیکی $K(\theta)$ به درک برخی رفتارهای هیدرولیکی خاک و یا ساز و کار انتقال آب در مجاری و منافذ خاک کمک نماید. در مواردی که اطلاعات کمی در دسترس است و یا منحنی رطوبتی خاک وجود ندارد استفاده از این مدل می‌تواند کارگشا باشد.

منابع

کشکولی، ح. و زینال زاده، ک. ۱۳۸۰. بررسی و ارزیابی مدل های رطوبتی و تخمین روابط هیدرولیکی غیراشباع ، مجله علمی موسسه تحقیقات خاک و آب تهران

مالکی، ن.، کشکولی، ح. و ظهرابی، ن. ۱۳۹۱.تعیین خصوصیات هیدرولیکی و منحنی رطوبتی تپه های ماسه ای از روی دانه بندی ومقایسه آن با سایر روش‌ها، همایش جامع مدیریت آب

صداقت، آ.، بیات، ح. و صفری سنجانی، ع. ۱۳۹۵. رابطه بین ویژگی‌های مکانیکی و منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک‌ها، نشریه آب و خاک

Foley, J ., Tolmie PE. and Silburn DM. 2006. Improved measurement of conductivity on swelling clay soils using a modified disc permeameter method. Soil Research 44:701-710.

Verbist, K ., Baetens, J.M., Cornelis, W.M., Gabriels, D., Torres, C. and G. Soto. 2009. Hydraulic conductivity as influenced by stoniness in degraded dry lands of Chile. Soil Science Society of America Journal, 73:471–484

van Genuch ten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892—89۸

Hillel, D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press, NewYork, 541 pp

Millington, R. J. 1959. Gas diffusion in porous media. Science 130, 100-2.

Millington, R. J., and Quirk, J. P. 1961. Permeability of porous solids. Trans. Faraday Soc. 57, 1200-6.

Marsall, T. J. 1958. A relation between permeability and size distribution of pores. Journal of Soil Science, 9(1), 1-8.

Lai. S. H., Tiedje, J. M., Erickson, A. E. 1976. In situ measurement of gas diffusion coefficient in soils 1. Soil Science Society of America Journal, 40(1), 3-6.

Topic for submission: New Technology in Soil Science

Abstract

A physical model was developed to explain the soil pore size distribution and then the partially-saturated hydraulic conductivity curve (K(θ)). To consider the effect of soil pore tortuosity, 4 tortuosity models were combined with the developed model and the results were compared with the results of common models including the Brooks Corey-Mualem, Brooks Corey-Burdine, van Genuchten-Mualem, and van Genuchten-Burdine models. To evaluate the model, 12 soils were taken from the UNSODA database and the fitting parameters of water characteristics and partially saturated hydraulic conductivity curves were obtained using RETC software. The results showed that the developed model incorporated with the Marshall's tortuosity model, estimates soil properly the K(θ).. Among the common models, the van Genuchten-Mualem model estimated the best results. Unlike common models, the physical model doesn't need any emperical parameters, so it can be upscaled for large media and can be used in cases with little available information.

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی اثر همزیستی قارچ اندوفیت بر مقاومت کششی ریشه‌های فستوکای بلند (ژنوتیپ C)

نسرین سعادتی[1*]، محمدرضا مصدقی[2]، محمد رضا سبزعلیان[3]

[1] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[2] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[3] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند آثار مفیدی برای گیاه و خاک دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه مقاومت کششی ریشه-های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با اندوفیت (E+) و بدون اندوفیت (E–) انجام شد. بدین منظور گیاهان E+ و E– در مزرعه کشت گردید. پس از گذشت ۶ ماه از رشد گیاه، نمونه‌هایی از ریشه گیاه برداشت شد. مقاومت کششی ریشه‌ها در سه گروه اندازه (قطر) با استفاده از دستگاه جامع فشار-کشش (Instron) و مقدار لیگنین با دستگاه شبیه ساز هضم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی ریشه گیاه به صورت نمایی کاهش یافت. این کاهش مقاومت کششی در قطرهای کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر شدیدتر از قطرهای بیش از ۰/۵ میلی‌متر بود. کاهش مقاومت کششی با افزایش قطر ناشی از افزایش مقادیر لیگنین و کاهش انعطاف‌پذیری ریشه است. حضور قارچ اندوفیت در گیاه تأثیر قابل توجهی برکاهش لیگنین و افزایش مقاومت کششی ریشه‌های ریز گیاه (قطر کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) در مقایسه با گیاه بدون قارچ اندوفیت داشت. به نظر می‌رسد حضور قارچ اندوفیت با افزایش ویژگی ارتجاعی ریشه گیاه (به ویژه در قطرهای کم) باعث افزایش مقاومت ریشه در برابر گسیختگی و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه فسکیوی بلند شد.

کلمات کلیدی: فستوکای بلند، قارچ اندوفیت، مقاومت کششی ریشه، انعطاف‌پذیری، لیگنینی‌شدن

مقدمه

گراس‌ها از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهی محسوب می‌شوند و در مقایسه با تیره‌های گیاهی دارای دامنه کشت قابل توجهی هستند. یکی از گراس‌های مهم، فستوکا یا فسکیوی بلند است که ۹ گونه مهم در مراتع ایران دارد و نشان‌دهنده سازگاری این جنس گیاهی با خاک‌های مختلف است (ریاحی‌نیا و همکاران ۱۳۹۰). فسیکوی بلند[1] یک گراس دائمی و سرمادوست و از مهم‌ترین گونه‌های جنس فستوکا به شمار می‌رود. این گیاه گیاه به دلیل توانایی رویش در خاک‌های مختلف، تحمل خوب نسبت به شوری و قلیائیت، تولید چمن انبوه، سیستم ریشه‌ای گسترده و تحمل خشکی، برای تولید علوفه و حفاظت خاک استفاده می‌گردد (Rouhi و همکاران ۲۰۱۱). این گیاه یکی از انواع چمن‌های است که جوانه‌زنی سریع و حالت پرپشت و متراکم دارد و به لحاظ سازگاری وسیع با شرایط محیطی از نظر تولید علوفه، احیای مراتع و احداث چراگاه، ایجاد پوشش‌های چمنی و حفاظت درازمدت خاک به ویژه در زمین‌های شیب‌دار حاصلخیز مورد توجه است (شاه نظری و همکاران ۱۳۸۹). فسکیوی بلند در مناطق مختلف ایران همچون آذربایجان غربی، خراسان، فارس، اصفهان، کرج، دامنه الوند و فیروزکوه به صورت طبیعی رویش دارد. این گیاه در طول دوره‌های تکامل خود، رابطه همزیستی با قارچ اندوفیت برقرار کرده است. قارچ اندوفیت از طریق ترشح آلکالوئیدها و ترکیبات فنلی سبب ایجاد تغییرات مورفولوژیکی در گیاه میزبان شده که در نتیجه آن، مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌یابد (Malinowski و Belesky ۲۰۰۰).

روابط همزیستی بین گیاهان و ریزجانداران اثر قابل‌توجهی بر شاخص‌های کیفیت خاک دارد. فسکیوی بلند قادر است همزیستی اختصاصی با قارچ اندوفیت *Epichloë coenophiala* برقرار کند (Malinowski and Belesky, 2000). حضور اندوفیت در اندام‌های هوایی این گیاه بر میزان تجزیه‌پذیری بقایای گیاهی حاصل از آن نیز مؤثر است (Iqbal و همکاران ۲۰۱۲). Lemons و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که بقایای

* ایمیل نویسنده مسئول: saadati.nas@gmail.com

[1] *Festuca arundinacea*

گیاهان حاوی اندوفیت به دلیل حضور آلکالوئیدها و آثار سمی آن‌ها بر جمعیت‌های میکربی تجزیه‌کننده خاک، با سرعت کم‌تری در مقایسه با بقایای گیاهان عاری از اندوفیت تجزیه می‌شوند. علاوه بر اثر حضور قارچ اندوفیت در شاخساره گیاه بر ویژگی‌های بیولوژیک خاک، اثر حضور این قارچ بر افزایش ذخایر کربن آلی و نیتروژن خاک نیز به خوبی به اثبات رسیده است (Franzluebbers و همکاران ۱۹۹۹). از آنجایی که کشور ایران تنوع وسیعی از گیاهان چمنی و قارچ‌های اندوفیت همزیست با آنها را داراست و از سوی دیگر در شرایط کنونی، مراتع کشور قادر به تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها و حفاظت خاک نیستند بنابراین زمینه مناسبی برای استفاده از این گیاهان و قارچ‌های همزیست با آن‌ها در طرح‌های احیا مراتع و حفاظت خاک وجود دارد. حضور ریشه گیاهان در خاک بر رفتار مکانیکی خاک اثر چشم‌گیری دارد و سبب تقویت خاک در برابر تنش‌های مکانیکی و محیطی (مانند فرسایش توده‌ای) می‌شود. مقاومت مکانیکی خاک تحت تأثیر مقاومت کششی و ریشه‌های گیاه است. خاک در برابر تنش‌های فشاری قوی و در برابر تنش‌های کششی ضعیف است. برعکس، ریشه‌های گیاهان در برابر تنش‌های فشاری ضعیف، اما در برابر تنش‌های کششی قوی هستند. مقاومت کششی ریشه، بیانگر تحمل ریشه‌های گیاه در برابر تنش‌های طولی واگرا (کششی) است که به‌عنوان بیشینه تنش کششی که ریشه می‌تواند تحمل کند، تعریف می‌شود. مقاومت کششی ریشه تحت تأثیر پارامترهای مختلف از جمله گونه گیاهی، قطر ریشه و رطوبت آن، و محل رشد گیاه قرار دارد. از بین این پارامترها، قطر ریشه مهم‌تر بوده و مقاومت کششی ریشه به شدت وابسته به قطر آن است. همچنین، مقاومت ریشه تابعی از ترکیبات ریشه، نوع گونه، نوع خاک، و چگونگی توزیع ریشه‌ها درون خاک است (Pollen و همکاران ۲۰۱۳). اگرچه پژوهش‌هایی در مورد ویژگی‌ها و پارامترهای مکانیکی ریشه (به ویژه گیاهان خشبی و درختان) و اهمیت آنها در تقویت خاک انجام گرفته است ولی در مورد اثر همزیستی قارچ اندوفیت-گیاه بر ویژگی‌ها و پارامترهای مکانیکی ریشه (به ویژه در گیاهان علفی با ریشه افشان) اطلاعاتی وجود ندارد. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی اثر حضور قارچ اندوفیت بر مقاومت کششی ریشه‌های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، گیاهان فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با قارچ اندوفیت (+E) و بدون قارچ اندوفیت (–E) در مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان کشت گردید. پس از گذشت ۶ ماه از رشد گیاه، نمونه‌هایی از ریشه گیاه برداشت شده و در یخچال نگهداری شدند. قطر ریشه‌ها با کولیس اندازه‌گیری شد و ریشه‌ها بر اساس قطر به سه گروه ۰/۵-۰، ۱-۰/۵ و ۲-۱ میلی‌متر تقسیم‌بندی شدند. مقاومت کششی ریشه‌ها به روش مستقیم با استفاده از دستگاه جامع فشار-کشش (Instron) اندازه‌گیری شد (Mickovski و همکاران ۲۰۰۹). برای این کار ریشه‌ها با قیچی تیز به طول‌های ۱۰ سانتی‌متر بریده شد و از هر گروه اندازه (قطر) حداقل ۲۰ عدد ریشه برای اندازه‌گیری مقاومت کششی انتخاب شد. ریشه‌ها به طور قائم توسط گیره‌های انعطاف‌پذیر و ظریف به دو فک بارگذاری دستگاه جامع فشار-کشش متصل شده و پس از محکم‌نمودن پیچ‌های دو طرف، بارگذاری کششی با سرعت ۱ میلی‌متر بر دقیقه تا گسیختگی کششی ریشه‌ها ادامه یافت. بیشینه نیروی کششی برای گسیختگی از روی منحنی نیرو-تغییرشکل استخراج شد. در نهایت از تقسیم بیشینه نیروی کششی بر سطح مقطع ریشه، مقاومت کششی ریشه محاسبه شد. برای اندازه گیری لیگنین یک گرم از نمونه‌های آون خشک شده و آسیاب شده در کیسه‌های مخصوص قرار داده شد. کیسه‌ها به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۰ درصد به دستگاه شبیه ساز هضم Ankom منتقل شدند. پس از ۳ ساعت کیسه‌ها از دستگاه خارج و با آب مقطر شسته شدند. کیسه‌ها به همراه نمونه درون آن به مدت ۸ ساعت در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از آن توزین گردید. کیسه‌ها به همراه نمونه درون آن به مدت ۳ ساعت در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و در نهایت وزن خاکستر آن‌ها اندازه‌گیری شد (Goering و همکاران ۱۹۷۰).

لیگنین % = {(وزن کیسه+پسماند) – (وزن کیسه) – وزن خاکستر} / وزن نمونه ×۱۰۰

نتایج و بحث

مقادیر میانگین مقاومت کششی و لیگنین ریشه گیاهان فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با قارچ اندوفیت (+E) و بدون قارچ اندوفیت (–E) در سه گروه اندازه (قطر ریشه) در جدول ۱ و ۲ ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد حضور قارچ اندوفیت در گیاه فستوکای بلند تأثیر قابل توجهی بر استحکام و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه به ویژه در ریشه‌های ریز (در قطر کمتر از ۰/۵ میلی‌متر) داشت. ولی حضور قارچ اندوفیت در قطر بیش از ۰/۵ میلی‌متر اثر قابل توجهی بر مقاومت کششی ریشه نداشت. نتایج نشان می‌دهد حضور قارچ اندوفیت در گیاه فستوکای بلند با تأثیر بر کاهش مقادیر لیگنین، بر افزایش مقاومت کششی و انعطاف ریشه اثر قابل توجهی داشت (جدول ۲).

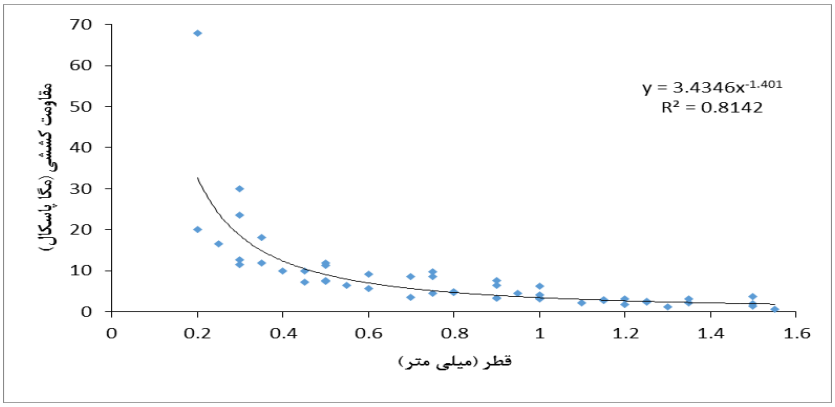
جدول ۱- اثر وضعیت اندوفیت و قطر ریشه بر میانگین مقاومت کششی ریشه (Y) فستوکای بلند

وضعیت اندوفیت	Y (MPa)		
	قطر ۰/۵- ۰ میلی‌متر	قطر ۱- ۰/۵ میلی‌متر	قطر ۲- ۱ میلی‌متر
E+	۳۰/۹۹	۴/۶۵	۲/۰۵
E–	۱۷/۳۵	۵/۵۸	۲/۲۹

جدول ۲- اثر وضعیت اندوفیت و قطر ریشه بر مقدار لیگنین ریشه فستوکای بلند

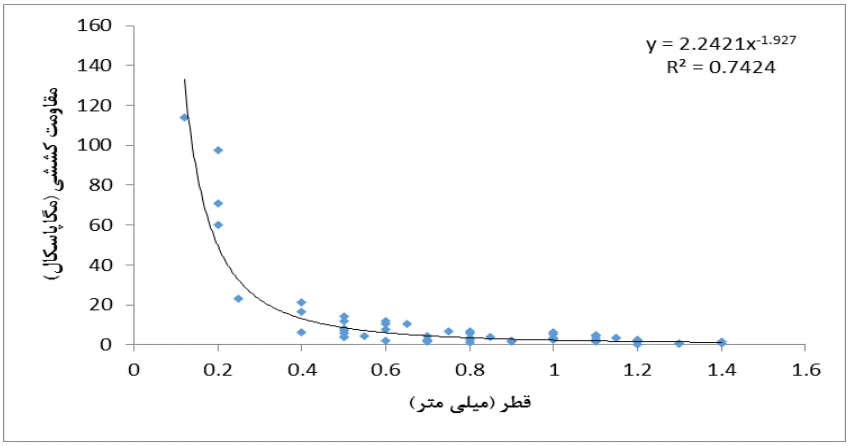
وضعیت اندوفیت	لیگنین (درصد)		
	قطر ۰/۵- ۰ میلی‌متر	قطر ۱- ۰/۵ میلی‌متر	قطر ۲- ۱ میلی‌متر
E+	۴/۳	۶/۷۳	۷/۳۸
E–	۶/۲۵	۷/۱۲	۸/۵

داده‌های مقاومت کششی در برابر اندازه (قطر) ریشه در گیاهان با قارچ اندوفیت (E–) و بدون قارچ اندوفیت (E+) در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی ریشه گیاه به صورت نمایی کاهش یافت که با نتایج پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد (Mickovski و همکاران ۲۰۰۹). Genet و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی رابطه بین مقاومت کششی و قطر ریشه‌های ۰/۲ تا ۱۲ میلی‌متر سه گونه مخروطی و دو گونه برگ پهن به این نتیجه رسیدند که بین مقاومت کششی و قطر ریشه رابطه منفی و معنی داری برقرار است که با افزایش شدید مقاومت کششی در ریشه‌ها با قطر کمتر از ۰/۹ میلی‌متر همراه است. کاهش مقاومت کششی با افزایش قطر ناشی از افزایش مقادیر لیگنین و چوبی شدن و کاهش انعطاف‌پذیری ریشه است (جدول ۲). Hathaway و همکاران (۱۹۷۵) در بررسی ۶ نوع درخت بید به این نتیجه رسیدند مقاومت کششی بافت‌های مختلف ریشه به میزان قابل توجهی تحت تاثیر سلولز قرار داشت و تغییرات سلولز بیومس درختان تغییرات لیگنین را تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۱- رابطه مقاومت کششی با قطر ریشه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) بدون قارچ اندوفیت (E–)

کاهش مقاومت کششی با افزایش اندازه ریشه برای ریشه‌های ریز (قطرهای کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) شدیدتر از ریشه‌های درشت (قطرهای بیش از ۰/۵ میلی‌متر) است (شکل‌های ۱ و ۲). مقایسه دو شکل نشان می‌دهد که حضور قارچ اندوفیت سبب افزایش مقاومت کششی ریشه‌های ریز گیاه فسکیوی بلند شد. به نظر می‌رسد حضور قارچ اندوفیت با افزایش ویژگی ارتجاعی ریشه گیاه (به ویژه در قطرهای کم) باعث افزایش مقاومت ریشه در برابر گسیختگی و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه شد.



شکل ۲- رابطه مقاومت کششی با قطر ریشه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با قارچ اندوفیت (+E)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش قطر ریشه‌های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C)، به علت چوبی‌شدن، افزایش لیگنین و کاهش انعطاف‌پذیری ریشه مقاومت کششی ریشه گیاه کاهش یافت. حضور قارچ اندوفیت با افزایش ویژگی ارتجاعی به ریشه گیاه (به ویژه در قطرهای کم) باعث افزایش مقاومت ریشه در برابر گسیختگی و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه شد. بنابراین به نظر می‌رسد ریشه‌های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با اندوفیت می‌تواند با اثر بر کاهش لیگنین و در نتیجه افزایش مقاومت کششی ریشه، سبب تقویت خاک در برابر تنش‌های مکانیکی شود.

منابع

ریاحی‌نیا، ش.، خزاعی، ح. ر.، و رزمجو، خ. ۱۳۹۰. تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در توده‌های گراس چمنی. پژوهش‌های زراعی ایران، ۹(۲)، ۲۲۲-۲۲۸.

شاه نظری، م.، سیاسر، ب.، خیام نکویی ،س. م.، و محمدی، ر. ۱۳۸۹. ارزیابی پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند. دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۸، ۲۴۹ -۲۶۶.

Franzluebbers, A. J., Nazih, N., Stuedemann, J. A., Fuhrmann, J. J., Schomberg, H. H. and Hartel, P. G. 1999. Soil carbon and nitrogen pools under low-and high-endophyte-infected tall fescue. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1687–1694.

Genet, M., A. Stokes, F. Salin, S. Mickovski, T. Fourcaud, J.F. Dumail, and van Beek, R. 2005. The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. Plant Soil, 278:1–9.

Goering, H. K. and Van Soests, P. J. 1970. Forage *fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and applications)*. USDA Hand book No. 397. US. Government printing Office. Washington, DC.

Hathaway, R. and Penny, D. 1975. Root strength in some Populus and Salix clones. N.Z. J. Bot, 13:333-344

Iqbal, J., Siegrist, J. A., Nelson, J. A. and McCulley, R. L. 2012. Fungal endophyte infection increases carbon sequestration potential of southeastern USA tall fescue stands. Soil Biol. Biochem. 44: 81–92.

Lemons, A., Clay, K. and Rudgers, J. A. 2005. Connecting plant–microbial interactions above and belowground: a fungal endophyte affects decomposition. Oecologia 145: 595–604.

Malinowski, D. P. and Belesky, D. P. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923–940.

Mickovski, S., Hallett, P.D., Bransby, M.F., Davies, M. C. R., Sonnenberg , R. and Bengough, A. G. 2009. Mechanical reinforcement of soil by willow roots: impacts of root properties and root failure mechanism. Soil Sci. Soc. Am. J. 73: 1276–1285.

Pollen-Bankhead, N., Simon, A. and Thomas, R.E., 2013. The reinforcement of soil by roots: recent advances and directions for future research. In: Shroder, J., Butler, D.R. and Hupp, C.R. (Eds.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, Ecogeomorphology, 12: 107–124.

Rouhi H.R., Aboutalebian M. A, and Sharifzadeh F. 2011. Seed priming improves the germination traits of tall fescue (*Festuca arundinacea*). Notulae Scientia Biologicae, 3: 57–63.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Influence of endophytic fungus symbiosis on root tensile strength of tall fescue (genotype C)

Saadati[*1],N., Mosaddeghi[2], M.R., Sabzalian, M.R.[3]

[1] PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
[3] Assoc. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

The endophytic fungus-tall fescue symbiosis has mutual benefits for both soil and plant. The objective of this study was to evaluate and compare the root tensile strength of endophyte-infected (E+) and endophyte-free (E–) tall fescue (genotype C) plants. The E+ and E– plants were grown in the field. After six months of plant growth, root samples were collected from the field. Tensile strength of roots in three sizes (diameters) were determined by using an Instron universal compression-tension device. Lignin content were determined by digestive simulator device. The results showed that the root tensile strength decreased exponentially with an increase in the root diameter. The decrease in tensile strength was greater for the roots smaller than 0.5 mm than those larger than 0.5 mm. The decrease in tensile strength with an increment in root diameter might be related to increased lignin and lower elasticity of thick roots. Presence of endophyte in the plant had a considerable positive effect on the tensile strength and reduce lignin of thin roots (i.e., diameter less than 0.5 mm) when compared to endophyte-free plants. It seems that presence of endophyte increased the elasticity of plant roots (especially thin ones) and increased the strength-to-failure and tensile strength of the tall fescue roots.

Keywords: Tall fescue, Endophytic fungus, Root tensile strength, Elasticity, Lignification

[*] Corresponding author, Email: saadati.nas@gmail.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی کمّی مدل دو آستانه ای تابع شوری برای گیاه سورگوم

نگار آقایاری[۱*]، مهدی همایی[۲]، سید مجید میرلطیفی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۳] دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

شوری منابع آب و خاک باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی و باغی می‌شود. به همین جهت، اشتقاق مدل‌های تخمین‌گر برای برآورد عملکرد گیاهان که بتوانند با دقتی مناسب عملکرد گیاهان را در سطوح مختلف شوری برآورد کنند از اهمّیتی فراوان برخوردارند. در این مدل‌ها آستانه‌ی کاهش عملکرد نقش بسیار تعیین کننده‌ای در دقت برآوردها دارد.بدین منظور، آزمایشی در شش سطح شوری و هر سطح در سه تکرار به اجرا در آمد. سطوح شوری به صورتیک تیمار آب غیر شور(۰٫۶)، و پنج تیمار با شوری های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بر روی گیاه سورگوم اعمال گردید. به منظور انجام ارزیابی کمّی، مدل خطی دو تکه‌ایماس و هافمن (MH) و مدل دو آستانه‌ایهمایی و همکاران (H) در نظر گرفته شدند. سپس، پارامترهای هر کدام از مدل‌ها با استفاده از روش بهینه سازی حداقل مجموع مربعات به دست آمد. مدل‌ها با استفاده از آماره‌های ضریب کارآیی، ضریب تبیین، خطای بیشینه، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب جرم باقیمانده مقایسه شدند. نتایج نشان داد که آستانه‌ی کاهش عملکرد گیاه سورگوم هنگامی که از آب شور طبیعی استفاده شود،۲/۴۰ dS/mو آستانه‌ی دوم حدود۱۱ dS/m بود. به عبارت دیگر، مقدار عملکرد سورگومبر مبنای مدل دو آستانه‌ای از ۱۰۰درصد در شوری ۲/۴۰dS/m تا ۱۷ درصد در شوری۱۱ dS/m به صورت غیرخطی کاهش می یابدو می توان از این مدل دو آستانه‌ایبرای تخمین عملکرد با دقتی قابل قبول استفاده نمود.

کلمات کلیدی: سورگوم، شوری، مدل

مقدمه

شوری منابع خاک و آب، رشد و عملکرد گیاهان را به گونه‌ای کاهنده تحت تأثیر قرار می‌دهد.خاک شور به خاکی گفته می‌شود که غلظت نمک‌ها در آن به قدری باشد که عملکرد گیاه را کاهش دهد، مشروط بر آنکه سایر عوامل، مانعی برای رشد گیاه ایجاد نکنند. از این تعریف به خوبی دریافتمی‌شود که شوری مفهومی وابسته به گیاه است(همایی،۱۳۸۱). به طور کلی، ممکن است در شرایط مشابه، خاکی با غلظت معینی از نمک‌ها برای گیاهی شور و برای گیاه دیگر، غیرشور باشد. مهم ترین واکنش گیاه به افزایش شوری خاک، کاهش آهنگ رشد است. آستانه‌ی تحمل یا آستانه‌ی مقاومت گیاه، غلظتی از املاح محلول در خاک است که از آن پس کاهش عملکرد آغاز می شود. معمولا خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه خشک یافتمی‌شوند. برای بیان کمّی پاسخ گیاه به شوری، توابع مختلفی توسط پژوهشگران ارائه شده است. این توابع یا مدل ها می توانند برای بیان رفتار گیاه و برآورد عملکرد در شرایطی که تنش وجود دارد، بکار روند. ماس و هافمن(۱۹۷۷) تابعی خطی و دو بخشی ارائه کرده اند کهدر آن تا پیش از رسیدن شوری به آستانه کاهش محصول هیچگونه کاهشی در عملکرد گیاه رخ نمی‌دهد. لیکن با افزایش شوری، مقدار عملکردبه صورت خطی کاهش می‌یابد. چون فرض خطی بودن کاهش عملکرد با شرایط واقعی مزرعه مطابقت ندارد، ون گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) معادله ای غیرخطی پیشنهاد کردند. پژوهش‌های فراوان (دیرکسن و همکاران، ۱۹۹۳) نشان داده که عملکرد گیاه تا رسیدن به یک شوری مشخص کاهش نمی‌یابد. به همین دلیل دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) مدل پیشنهادی ون گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) را با در نظر گرفتن آستانه‌ی کاهش عملکرد تعدیل کردند. از آنجا که به دست آوردن پارامترهای این مدل‌ها دشواربود، همایی و همکاران (۲۰۰۲) تابعی غیر خطی که دارای دو آستانه کاهش می باشد را پیشنهاد نمودند (همایی و فدس، ۲۰۰۱، همایی و فدس، ۱۹۹۹، همایی و همکاران، ۲۰۰۲). منابع آب در ایران هم محدود است و هم در بسیاری از موارد کیفیت آن نامناسب می باشد. به همین دلیل استفاده از آب های شور در کشاورزی موضوعی مهم به شمار می‌رود(سعادت و همکاران ،۱۳۹۳).هدف از این پژوهش پارامتریزه

* ایمیل نویسنده مسئول: negar.aghayari@modares.ac.ir

کردن این مدل ها و نیز بررسی مدل های موجود در برآورد عملکرد نسبی گیاه در شرایطی که تنش شوری وجود دارد و به دست آوردن بهترین مدل می‌باشد. در این پژوهش مدل ماس و هافمن و مدل همایی و همکاران بررسی و مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و کمّی کردن اثر شوری و ارزیابی کارآیی مدل دو آستانه ای همایی و همکاران بر عملکرد گیاه سورگوم، آزمایشی در یک خاک با بافت لوم شنی در شش تیمار و سه تکرار انجام شد. سطوح شوری شامل یک تیمار آب غیر شور(۰,۶)، و پنج تیمار با شوری های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بر روی گیاه سورگوم اعمال گردید. به منظور پارامتریزه کردن اثرات شوری بر عملکرد سورگوم، عملکرد نسبی در شوری های مختلف با استفاده از مدل ماس و هافمن و مدل همایی و همکاران محاسبه شد. ماس و هافمن(۱۹۷۷) تابع خطی و دو بخشی زیر را برای پاسخ گیاه به شوری ارائه کردند:

$$y_r = 1 - b(EC - EC_{cr}) \qquad (۱)$$

که در آن y_r عملکرد نسبی بر حسب درصد، EC_{cr} حد آستانه شوری برای کاهش عملکرد بر حسب دسی زیمنس بر متر، b شیب تابع پاسخ عملکرد به شوری است.

همچنین،همایی و همکاران تابع غیر خطی زیر را که دارای دو آستانه می باشد پیشنهاد نمودند(همایی و فدس، ۲۰۰۱، همایی و فدس، ۱۹۹۹، همایی و همکاران، ۲۰۰۲):

$$y_r = \frac{1}{1 + \left[\frac{EC - EC_{cr}}{EC_{max} - EC_{cr}}\right]^P \left[\frac{(1-\alpha)}{\alpha}\right]} \qquad (2)$$

که در آن y_r عملکرد نسبی بر حسب درصد، EC_{cr} حد آستانه شوری برای کاهش عملکرد بر حسب دسی زیمنس بر متر، P ضریب تجربی، EC_{max} مقدار شوری است که از آن پس کاهش محسوسی در عملکرد رخ نمی‌دهد (شوری آستانه‌ی دوم) و α مقدار عملکرد متناظر با شوری آستانه‌ی دوم می‌باشد. بر پایه‌یاین مدلکاهش در مقدار α در رابطه با شوری بیشتر از EC_{cr} ادامه می یابد تا به یک شوری مشخص (EC_{max}) برسد، در مقادیر شوری های بیشتر از EC_{max} افزایش شوری منجر به کاهش محسوسیدر مقدار α نمی‌شود .در انتها عملکرد نسبی برآورد شده توسط مدل های (۱) و (۲) با مقادیر اندازه گیری شده در برابر سطوح مختلف شوری رسم و نتایج مدل ها با یکدیگر مقایسه گردیدند. همچنین، مقایسه کمّی مدل ها با محاسبه ی آماره های خطای بیشینه[۱] (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا[۲] (RMSE)، ضریب تبیین[۳](CD)، کارآیی مدل[۴](EF)و ضریب جرم باقیمانده[۵](CRM) برای هر کدام از مدل ها انجام شد. بیان ریاضی آماره ها به صورت زیر است(Homaee et.,al 2002):

$$ME = max|P_i - O_i|_{i=1}^{n}$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}} \frac{100}{\bar{O}}$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{O})^2}$$

[1]Maximum Error
[2] Root Mean Square Error
[3] Coefficient of Determination
[4]Efficiency Modeling
[5] Coefficient of Residual Mass

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{O}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i) - \sum_{i=1}^{n}(P_i)}{\sum_{i=1}^{n}(O_i)}$$

که در آنها P_i مقادیر برآورد شده، O_i مقادیر اندازه گیری شده،n تعداد نمونه و $\bar{O}$میانگین مقادیر اندازه گیری شده است. مقدار ME نمایانگر بدترین حالت برآورد مدل است.CD نسبت بین پراکنش مقادیر برآورد شده و اندازه گیری شده را نشان می دهد. بیشترین مقدار EF یک است. مقادیرEF و CRM می توانند منفی باشند. مقدار EF مقادیر برآورد شده را نسبت به مقدار میانگین اندازه گیری ها مقایسه می کند.آمارهیCRM گرایش مدل به تخمین بیشتر و یا کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده را ارائه می‌دهد. مقدار منفی CRM تمایل مدل را برای بیش برآوردی اندازه گیری ها نشان می دهد (Homaee et al., 2002). پارامترهای هر دو مدل با استفاده از روش بهینه سازی حداقل مجموع مربعات خطا و به کمک افزونه‌یSolver در نرم افزار Excel تعیین گردید.

نتایج و بحث

جدول (۱) مقادیر به دست آمده برای همه‌ی پارامترهای دو مدل مورد بررسی را نشان می‌دهد. محاسبه‌ی این پارامترها با استفاده ازروش حداقل مجموع مربعات انجام شده است. همانگونه که در این جدول نشان داده شده، مقدار آستانه کاهش عملکرد سورگومبر مبنای مدل خطی ۲/۷۲ و بر مبنای مدل غیرخطی دو آستانه‌ای ۲/۴ دسی زیمنس بر متر برآورد شده است. بنابراین می‌توان گفت که آستانه‌ی برآورد شده بر مبنای هر دو مدل حدود ۲/۵ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. این جدول همچنین نشان می‌دهد که شیب کاهش در مدل خطی ۱۲٪ بوده و بنابراین در شوری ۱۱ دسی زیمنس بر متر یا بیشتر مقدار عملکرد صفر می‌شود. لیکن بر مبنای مدل دو آستانه‌ای، هنگامی که شوری به ۱۱ دسی زیمنس بر متر می‌رسد، عملکرد برابر با ۱۷٪ (α) می‌شود و از آن پس افزایش شوری کاهش چندانی در عملکرد ایجاد نمی‌کند. ضمن آنکه این کاهش عملکرد بر خلاف مدل (۱) به صورت غیرخطی رخ می‌دهد.

جدول ۱. پارامتر های محاسبه شده برای مدلهای ۱ و۲

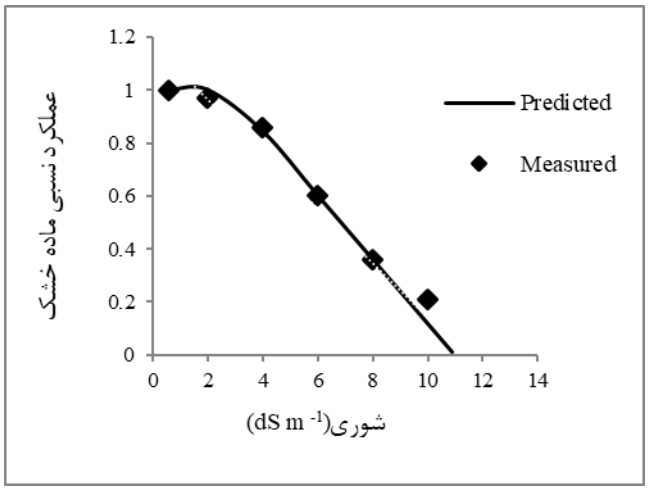
معادله	EC_{cr}	b	α	p	EC_{max}
MH (1)	۲,۷۲	۰,۱۲	-	-	-
H (2)	۲,۴۰	-	۰,۱۷	2.2	۱۱

جدول ۲ آماره های محاسبه شده برای ارزیابی کمّی این دو مدل را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده، مدل غیرخطی همایی و همکاران و مدل خطی ماس و هافمن، برازش خوبی بر داده‌های اندازه‌گیری شده دارند. لیکن برای ارزیابی نیکویی برازش‌ها، این دو مدل باید بر مبنای آماره‌های محاسبه شده مورد ارزیابی قرار گیرند. نتایج حاصل از آماره‌ها نشان می‌دهد که مدل دو آستانه‌ای همایی و همکاران، از کارآیی بیشتری برای پیش بینی عملکرد برخوردار است. مقدار بالای ME کارآیی نامناسب مدل را نشان می‌دهد. با توجه به مقدار ME در جدول ۲، مدل ۲ از کارآیی بسیار بیشتری برخوردار است زیرا مقدار ME در آن حدود نصف ME مربوط به مدل ۱ می‌باشد. مقدار بالای RMSE نشان می‌دهد که مقادیر برآورد شده با مقادیر اندازه‌گیری شده تفاوت دارند. بنابراین مدل ۱ با دارا بودن RMSE حدود دو برابر RMSE مدل ۲ از کارآیی نامطلوب‌تری برخوردار است. هر چقدر مقدار آماره CD یک مدل به یک نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده مناسب‌تر بودن آن مدل است. بنابراین مدل ۲ با دارا بودن CD برابر ۰/۹۵ در مقایسه با مدل ۱ با CD ۰/۸۳ از کارآیی بهتری برخوردار است. نگاهی به جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل همایی و همکاران داده‌های اندازه‌گیری شده را بهتر برازش داده و از کارآیی بهتری برخوردار است.

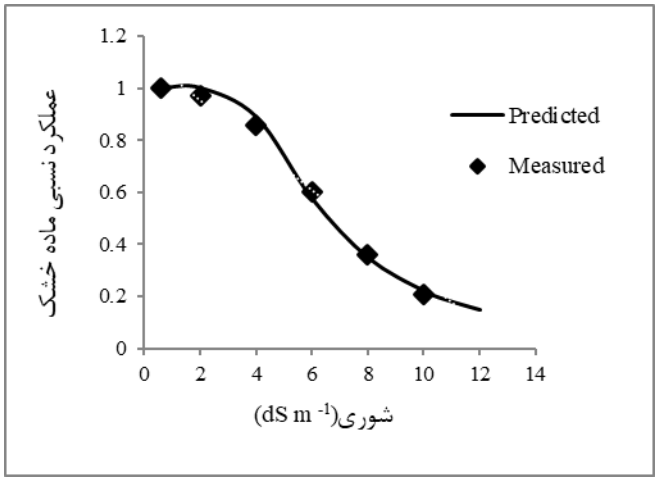
جدول ۲. آماره های محاسبه شده برای مقایسه مدل ها

معادله	ME	RMSE	CD	EF	CRM
MH(1)	۰,۰۹	۶,۰۰	۰,۸۳	۰,۹۸	۰,۰۲
H (2)	۰,۰۴	۳,۲۸	۰,۹۵	۱	-۰,۰۲

نتایج حاصل از برازش مدل ماس و هافمن بر داده‌های اندازه‌گیری شده در شکل (۱) و نتایج مربوط به برازش مدل همایی و همکاران بر داده‌های اندازه-گیری شده در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل۱. برازش مدل ماس و هافمن بر داده‌های اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف شوری



شکل ۱. برازش مدل همایی و همکاران بر داده‌های اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف شوری

نتیجه‌گیری

ارزیابی کمّی و مقایسه دو مدل خطی تک آستانه‌ای با مدل غیرخطی دو آستانه‌ای نشان داد که مدل دو آستانه‌ای کارآیی بهتری نسبت به مدل تک آستانه‌ای در سطوح شوری مورد مطالعه دارد. مدل دو آستانه‌ای دارای ME و RMSE کمتر و CD و EF بیشتری بوده و بنابراین بر مبنای

این آماره‌ها کارآیی مناسب‌تری نسبت به مدل تک آستانه‌ای برای برآورد عملکرد گیاه سورگوم در شرایط شور دارد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها همچنین نشان داد که بر مبنای مدل دو آستانه‌ای عملکرد نسبی گیاه تا شوری حدود ۲/۴۰ دسی زیمنس بر متر کاهش نداشته، لیکن با افزایش شوری عملکرد کاهش و در شوری حدود ۱۱ دسی زیمنس بر متر به حدود ۱۷٪ می‌رسد.

منابع

همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. شماره ۵۸. تهران. ایران.

سعادت، س.، و م. همایی. ۱۳۹۳. نمون‌سازی واکنش سورگوم به شوری در مرحله جوانه زنی. مجله پژوهشآب در کشاورزی،۲۸(۳):۵۰۳-۵۱۶. تهران، ایران.

Maas, E. V., and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage. 103 (IR2): 115-134.

Homaee, M., and R. A. Feddes. 2001. Quantification of water extraction under salinity and drought. In: W. J. Horst et al. (Eds), Plant nutrition-food security and sustainability of agro-ecosystems.p. 376-377.

Homaee, M., and R. A. Feddes. 2002. Modeling the sink term under variable soil water osmotic and pressure heads. 14th international conference on computational methods in water resources. Delft. The Netherlands.

Homaee, M., R. A. Feddes. 1999. Water uptake under non-uniform transient salinity and water stress. p. 416-427. In: J. Feyen and K. Wiyo (ed.). Modelling of transport processes in soils at various scales in time and space. Wageningen Press, Wageningen. The Netherlands.

Homaee, M., R. A. Feddes, and C. Dirksen. 2002a. Simulation of root water uptake. I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. Agricultural Water Management, 57:89-109.

Homaee, M., R. A. Feddes, and C. Dirksen. 2002b. Simulation of root water uptake. II. Non-uniform transient water stress using different reduction functions. Agricultural Water Management, 57:111-126.

Dirksen, C., Kool, J. B., Koorevaar, P. and van Genuchetn, M. T. 1993. HYSWASOR- simulation model of hysteretic water and solute transport in the root zone. Russo, D. and Dagan, G. (Eds.). Water fow and solute transport in soils. Springer-Verlag. N. Y.

van Genuchten, M. Th., and G. J. Hoffman. 1984. Analysis of crop salt tolerance data: model description and manual. USDA-ARS-USSL Res. Rep. No. 120. U.S.Gov. print. Office, Washington, DC. Saadat, S. and M. Homaee. 2015. Modeling sorghum response to irrigation water salinity at early growth stage. Agricultural Water Management.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Quantitative assessment of the two-threshold model of Salinity function for the Sorghum Plant

Aghayari[*1], N., Homaee[2], M., Mirlatifi, M.[3]

[1] M. Sc. Student, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran
[2] Prof., Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran
[3] Associate Prof., Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran

Abstract

Salinity reduces the agricultural and horticultural yield. Therefore, it is important to derive predictive models for estimating plant yields that accurately predict the yield at different salinity levels. In such models, the threshold parameter plays a crucial role in accurate estimation of the whole plant response function. The research was carried out with the aim of parameterization of the two threshold salinity model. For this purpose, the models proposed by Mass and Hoffman and Homaee et al were examined. Then parameters of each model were obtained by using least square optimization method. Consequently, an experiment including6 salinity treatments, each with 3 replicates was conducted. Treatments were consisted of six natural salinity (0.6, 2,4,6 ,8 and 10 dS m^{-1}) levels. The estimated values were then compared with the experimentally obtained data. The statistics of maximum error (ME), root mean square error (RMSE), modeling efficiency (EF) and coefficient of residual mass (CRM) were used to evaluate the performance of both models. Results indicated that the threshold value for sorghum with natural saline water is about 2.4 dS/m and the second threshold value is about 11dS/m. This implies that sorghum yield reduces nonlinearly from 100% in salinity of 2.4 dS/m to 17% at salinity of 11dS/m and thus, this model can be used to estimate the yield with reasonable precision.

Keywords: Model; Salinity; Sorghum

Corresponding author, Email: negar.aghayari@modares.ac.ir

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثر کاربری زمین بر شاخص منحنی مشخصه رطوبتی پرانرژی (HEMC) در جنوب شرق ایران

آرزو شریفی[۱*]، حسین شیرانی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

[۲] عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

چکیده

یکی از مهم‌ترین راه‌های دخالت انسان در فرایندهای طبیعی و بهبود یا تخریب ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک کاربری اراضی است. ساختمان خاک که از کنار هم قرار گرفتن ذرات اولیه و تشکیل ترکیبات ثانویه‌ای به نام خاکدانه به‌وجود می‌آید، به‌وسیله عواملی مانند مدیریت خاک و الگوهای کاربری اراضی تغییر می‌کند. این تحقیق با هدف بررسی اثر کاربری اراضی بر پایداری خاکدانه‌ها با روش HEMC در چهار منطقه اطراف شهرستان جیرفت انجام شد. به این منظور مرتع مرغزار به عنوان منطقه دست‌نخورده و مرتع فراش به عنوان منطقه دست‌خورده انتخاب شدند. هم‌چنین جنگل حفاظت شده انار شیطان و جنگل مصنوعی تل سیاه دو کاربری دیگری بودند که مورد بررسی قرار گرفتند. پس از نمونه‌برداری و انتقال آنها به آزمایشگاه، نمونه‌ها در دستگاه جعبه شن قرار گرفته و سپس منحنی مشخصه رطوبتی نمونه‌ها در مکش ماتریک با توالی ۵۰-۰ هکتوپاسکال تعیین شد. نتایج نشان داد که بیشترین حجم منافذ قابل زهکشی و حداکثر شاخص پایداری خاکدانه در انار شیطان و تل سیاه دیده شد، که دلیل آن می‌تواند وجود مقدار زیاد شن در این مناطق باشد. اما مقدار SI و VDP در دو مرتع مرغزار و فراش نسبت به دو کاربری اول کمتر بود ولی نسبت به هم تفاوت معنی‌دار نداشتند.

کلمات کلیدی: پایداری خاکدانه، حجم منافذ قابل زهکشی، شاخص پایداری خاکدانه، کاربری اراضی، جیرفت

مقدمه

کاربری اراضی، یکی از اصلی‌ترین راه‌هایی است که انسان به‌وسیله آن در فرایندهای طبیعی مداخله کرده و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک را بهبود بخشیده و یا آن‌ها را تخریب می‌نماید (Zheng و همکاران ۲۰۱۱). انسان از طریق تغییر در کاربری‌های باغ، جنگل، مرتع، و تبدیل آن‌ها به زمین‌های بایر، جاده‌ها و غیره (Li و همکاران ۲۰۱۵) قادر است خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه، میزان مواد آلی و فرسایش‌پذیری خاک و برخی خصوصیات دیگر را تحت تاثیر قرار دهد (Avanzi و همکاران ۲۰۱۱، و Wei و همکاران ۲۰۰۶) . بنابراین لازم است کاربری‌هایی که به افزایش تولید و کیفیت محصول کمک کرده و با بهبود کیفیت ساختمانی خاک و پایداری محیط زیست در ارتباط هستند، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرند (Mamedov و همکاران ۲۰۱۳، De Silva و همکاران ۲۰۱۴).

ساختمان خاک که از خصوصیات اصلی کیفیت فیزیکی خاک است (Filho و همکاران ۲۰۰۲)، از کنار هم قرار گرفتن ذرات اولیه و تشکیل ترکیبات ثانویه‌ای به نام خاکدانه به‌وجود می‌آید (Kelishadi و همکاران ۲۰۱۸). ساختمان خاک که معمولا از طریق پایداری خاکدانه بیان می‌شود به طور معنی‌داری حاصلخیزی، تغذیه گیاه و به طور کلی محیط زیست را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. پایداری خاکدانه به معنی توانایی مقاومت ساختمان خاک در برابر نیروهای مخربی مانند آب است که بر آن عمل می‌کنند. پایداری خاکدانه به‌وسیله عوامل متعددی مانند ماده آلی (Brtnicky و همکاران ۲۰۱۷)، شخم، تجزیه ماده آلی، فعالیت‌های میکروبی و ریشه گیاه (Hosseini و همکاران ۲۰۱۵ و Saygin و همکاران ۲۰۱۲)، مدیریت خاک و نوع پوشش گیاهی (Avanzi و همکاران ۲۰۱۱)، بافت، تخلخل، درجه حرارت و هم‌چنین الگوهای کاربری اراضی (Zhang و همکاران ۲۰۰۸) تغییر می‌کند. از طرف دیگر ساختمان خاک و پایداری خاکدانه نیز می‌توانند بر خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیکی خاک مانند تخلخل، نفوذپذیری و جریان آب و هوا تاثیر بگذارند (Zi Cheng و همکاران ۲۰۱۱ و Le Bissonnais و همکاران ۱۹۹۳). از آنجا که استفاده از روش‌های قدیمی‌تر تعیین پایداری خاکدانه محدودیت‌هایی دارد، بنابراین به منظور خنثی کردن محدودیت‌های روش‌های سنتی، روشی با عنوان منحنی مشخصه پرانرژی توسط چایلدز (Childs۱۹۴۰) پیشنهاد شده و در سال‌های اخیر توسط Levi and Mamedov (۲۰۰۲) اصلاح شده است. روش HEMC، که به معنی منحنی آزادسازی رطوبت در مکش‌های خیلی پایین است، یک روش بسیار حساس (Avanzi و همکاران ۲۰۱۱) و کارآمد برای کشف تغییرات حتی کوچک در

* ایمیل نویسنده مسئول: Arezoo_sha62@yahoo.com

ثبات خاکدانه‌ها است (Crescimanno و همکاران ۱۹۹۵، Avanzi و همکاران ۲۰۱۱). منحنی مشخصه پرانرژی یکی از روش‌های ارزیابی ساختمان خاک و پایداری خاکدانه است که شاخص‌ها را با مدیریت و ارزیابی کیفیت خاک پیوند می‌دهد. در این روش پایداری خاکدانه و ساختمان خاک استنباطی از تغییر در توزیع اندازه منافذ خاک است که از منحنی نگهداری آب خاک در مکش‌های پایین تعیین می‌شود. این تکنیک شامل کنترل بیشتر مرطوب شدن خاکدانه‌هاست تا انرژی آبگیری و اثرات حبس هوا در خاکدانه را به عنوان پارامترهای مسئول از هم پاشیدن خاکدانه بهتر مدیریت کند. با استفاده از روش HEMC می‌توان تغییرات کمی (عددی) در درجه پایداری خاکدانه را تشخیص داده و یا پیش‌بینی کرد، هم‌چنین در تشخیص و توسعه روش‌های مدیریتی موثرتر کمک خواهد کرد به عبارت دیگر این روش به مقایسه سیستم‌های مدیریتی خاک کمک می‌کند.

در تحقیقی Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) اثر همزیستی میکروبی با گیاه بر پایداری خاکدانه را به‌وسیله HEMC اندازه‌گیری کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که همزیستی اندوفیت *Epichloë coenophiala* با گیاه فستوکا بلند قادر است نقش مهمی را در پایداری خاکدانه بازی کند. آنها نشان دادند که این همزیستی باعث ایجاد منافذ درشت و مقاوم، و پایداری بیشتر خاک‌ها می‌شود. در واقع همزیستی میکروبی و گیاه باعث می‌شود که پایداری خاکدانه خاک‌های ریزوسفری افزایش یافته و کیفیت فیزیکی آن بهبود یابد. Mamedov و همکاران (۲۰۱۷) نقش اثر مرکب بافت خاک، اندازه خاکدانه و کاربرد عامل تثبیت کننده پلی اکریل آمید (PAM) روی خاکدانه و شاخص‌های پایداری ساختمان را با روش منحنی مشخصه پرانرژی مطالعه کردند. نتایج نشان از افزایش شاخص ساختمانی[1] (SI) با افزایش مقدار رس، اندازه خاکدانه و کاربرد PAM داشت. علاوه بر این نتایج نشان داد که استفاده از PAM لزوما باعث افزایش پایداری خاکدانه نمی‌شود و به همین دلیل برای کاربرد آن به عنوان عامل حفاظتی بایستی شرایط خاک مزرعه در نظر گرفته شود.

این تحقیق با هدف بررسی شاخص پایداری خاکدانه HEMC در کاربری‌های اراضی متفاوت و مقایسه آنها با هم انجام شد. کاربری‌های مورد بررسی شامل جنگل مصنوعی تل سیاه و جنگل حفاظت شده انار شیطان و هم‌چنین مرتع دست خورده فراش و مرتع دست‌نخورده مرغزار است.

مواد و روش‌ها

هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربری اراضی بر پایداری خاکدانه‌های چهار منطقه اطراف شهرستان جیرفت بود. به این منظور مرتع مرغزار و مرتع فراش به ترتیب یکی به عنوان منطقه دست‌نخورده و دیگری دست‌خورده انتخاب شدند. هم‌چنین جنگل حفاظت شده انار شیطان و جنگل مصنوعی تل سیاه دو کاربری دیگری بودند که مورد بررسی قرار گرفتند. پایداری خاکدانه به روش منحنی مشخصه پرانرژی تعیین شد. در نهایت نتایج چهار کاربری با هم مقایسه شدند.

در فاصله ۸۵ کیلومتری شهرستان جیرفت مرتع مرغزار قرار دارد که دارای مساحتی برابر با ۵۸۰۲/۵۵ هکتار است. این منطقه بین طول جغرافیایی ″۲۷ ′۲۸ °۵۷ تا ″۰۶ ′۳۴ °۵۷ شرقی و عرض جغرافیایی ″۰۲ ′۱۱ °۲۹ تا ″۳۹ ′۱۴ °۲۹ شمالی قرار گرفته است. اقلیم منطقه سرد خشک و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۶/۴۴ میلی‌متر و متوسط دما ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. رژیم رطوبتی منطقه اریدیک، تیپ گیاهی در دامنه‌ها و تپه‌ماهورها گونه درمنه و نوعی گون و گونه استیپا (یال اسبی و گیس پیرزن) است. اما گونه غالب در ارتفاعات، بیشتر درمنه و گون است. در تیپ مناطق دشت- دامنه‌ای و دشت- سیلابی گونه‌های فرفیون، سگ‌دندان و اسپند حضور پیدا می‌کند. هم‌چنین در این منطقه علاوه بر گیاهان مذکور گیاهانی مانند پیازکوهی، بومادران، بروموس، جگن، یال اسبی، مریم نخودی، نسترن، کاکوتی و غیره مشاهده می‌شود (مهندسین مشاور سامان سبز آرین، ۱۳۸۷).

مرتع فراش که در فاصله ۸۰ کیلومتری شهرستان جیرفت واقع شده، بین طول‌های جغرافیایی ′۲۷ °۵۷ تا ″۱۵ ′۳۴ °۵۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۱۰ °۲۹ تا ″۳۵ ′۱۶ °۲۹ شمالی قرار گرفته و مساحت آن ۱۰۹۳۵ هکتار است. متوسط سالیانه بارندگی و دمای آن به ترتیب ۳۹۲/۵ میلی‌متر و ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد است. وجود هرزآب‌های فراوان و وقوع فرسایش آبی در سطح آن و بهره‌برداری از آن توسط افراد سودجو و چرای بی‌رویه دام تخریب مرتع را در پی داشته است (شرکت سبزنگار آفاق، ۱۳۷۸).

جنگل حفاظت شده انار شیطان جیرفت، بزرگ‌ترین ذخیره‌گاه جنگلی و یکی از مشهورترین رویشگاه‌های این درختچه است. انار شیطان *Tecomella* (*Undulata*) از گونه‌های نادر گیاهی از تیره پیچاناریان (*Bignoniaceae*) می‌باشد. انار شیطان، در جیرفت به نام گلپرک شناخته می‌شود. محدوده جغرافیایی این جنگل از ″۰۵ ′۴۰ °۵۷ تا ″۵۴ ′۴۰ °۵۷ طول شرقی و ″۲۹ ′۵۴ °۲۸ تا ″۵۸ ′۵۴ °۲۸ عرض شمالی است که در ۲۵ کیلومتری شمال این شهر واقع شده و حدود ۴۰ هکتار وسعت دارد. انار شیطان گونه درختی بسیار مهمی است که از لحاظ زیست‌محیطی، بیابان‌زدایی، دارویی، صنعت چوب و حفاظت از خاک در برابر فرسایش دارای اهمیت است.

[1] Structural Index

در پنج کیلومتری شهرستان جیرفت منطقه تل سیاه با مساحت حدود ۲۵۳۹ هکتار در محدوده جغرافیایی ′۳۴ °۵۷ تا ′۴۴ °۵۷ طول شرقی و ′۵۲ °۲۷ تا ′۴۶ °۲۸ عرض شمالی قرار گرفته است. حداکثر دمای آن ۴۹ درجه و حداقل میانگین دما ۴- درجه است. رژیم رطوبتی منطقه اریدیک و رژیم حرارتی آن ترمیک گزارش شده است و خاک منطقه در رده اریدی‌سول قرار دارد. گونه‌های گیاهی در این منطقه شامل کنار، کهور، کسور، گشیدر، اسکنبیل و زیره است که گونه غالب در این منطقه کنار بوده و سایر گونه‌ها با تراکم کمتری به عنوان گونه‌های همراه پراکنده هستند. سرتاسر منطقه دارای پوشش سنگی سیاه رنگ است که نام‌گذاری منطقه با عنوان تل سیاه هم به این علت است (مهندسین مشاور رواناب پایدار، ۱۳۹۰).

به دلیل گستردگی و وسعت مناطق مورد مطالعه و به‌منظور نمونه‌برداری دقیق‌تر، ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه کاربری اراضی، نقاط نمونه‌برداری بر روی نقشه مشخص شده و طول و عرض جغرافیایی نقاط مورد نظر تعیین شد. برای هر کدام از کاربری‌های جنگل و مرتع کمتر دست‌خورده و دست‌خورده تعداد ۲۵ و به طور کلی ۱۰۰ نقطه انتخاب شد. سپس با استفاده از GPS نقاط انتخاب شده از روی نقشه بر روی زمین مشخص شدند. برای تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری پس از کنار زدن بقایای آلی روی سطح خاک برداشته شد. نمونه‌های دست‌خورده با بیلچه و نمونه‌های دست‌نخورده برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری با استفاده از سیلندرهای با ابعاد ۵ سانتی‌متر جمع‌آوری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌های دست‌خورده هواخشک شدند. از آنجا که برای تعیین پایداری خاک با روش HEMC به خاکدانه‌های ۱-۰/۵ میلی‌متری نیاز است، نمونه‌های خاک از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شد. آن مقدار خاکی که بر روی الک ۰/۵ باقی می‌ماند قطری بین ۱-۰/۵ میلی‌متر داشت.

اندازه‌گیری ساختمان خاک به روش منحنی مشخصه پرانرژی و مدل‌سازی داده‌ها

به‌منظور تعیین پایداری خاکدانه‌ها به روش HEMC، خاکدانه‌های با اندازه ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر با الک جدا شده و در سیلندرهای پلاستیکی قرار داده شد. خاکدانه‌ها در دو سری، یکی برای مرطوب شدن سریع و دیگری مرطوب شدن آهسته، تهیه شد. برای مرطوب نمودن سریع خاکدانه‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند. برای مرطوب کردن آهسته، سیلندرها را در دستگاه جعبه شن (Eijkelkamp, The Netherland) (با مکش ۵۰ هکتوپاسکال) قرار داده و با کاهش تدریجی مکش ماتریک (h) نمونه‌ها اشباع گردید. پس از اشباع شدن، منحنی مشخصه رطوبتی دو سری نمونه‌ها در دامنه مکش ماتریک با توالی ۵۰، ۴۷، ۴۴، ۴۱، ۳۸، ۳۵، ۳۲، ۲۹، ۲۶، ۲۳، ۲۰، ۱۸، ۱۶، ۱۴، ۱۲، ۱۰، ۸، ۶، ۴، ۲ و صفر تعیین شد. در هر مکش پس از رسیدن به تعادل نمونه‌ها وزن شد. در نهایت تمام نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و رطوبت نمونه‌ها در هر مکش به عنوان عملکردی از h به روش وزنی محاسبه گردید (Hosseini و همکاران ۲۰۱۵).

به دلیل معنی‌دار روابط بین پارامترهای مدل و شاخص‌های ساختمانی مدل‌های وان‌گنوختن و وان‌گنوختن اصلاح شده (Hosseini و همکاران ۲۰۱۵)، برای تعیین شاخص‌های پایداری خاکدانه هر دو مدل به داده‌های HEMC اندازه‌گیری شده در محدوده ۵۰-۲ هکتوپاسکال برازش داده می‌شوند. به‌منظور بررسی پایداری ساختمان خاک، مدل وان‌گنوختن اصلاح شده با استفاده از ابزار Excel Solver بر داده‌های HEMC برازش داده شد:

$$\Theta(h) = \Theta_r + (\Theta_s - \Theta_r)[1 + (\alpha h)^n]^{(\frac{1}{n}-1)} + Ah^2 + Bh + C$$ معادله ۱

در این معادله، Θ_s و Θ_r به ترتیب مقادیر ظاهری رطوبت اشباع و باقی‌مانده ($g\ g^{-1}$)، h مکش ماتریک (hPa)، α و n پارامترهای برازش و A، B و C پارامترهای افزوده شده برای برازش بهتر مدل بر دو انتهای داده‌های اندازه‌گیری شده هستند. پیرسون و مولا (۱۹۸۹) نشان دادند که برازش مدل ون-گنوختن[2] (۱۹۸۰) بر داده‌های اندازه‌گیری شده HEMC، مقادیر مکش ماتریک در نقطه عطف HEMC (h_{modal}) را به‌خوبی محاسبه می‌کند، اما تخمین دقیقی از مقدار حجم منافذ قابل زهکشی (VDP) ارائه نمی‌دهد؛ بنابراین از مدل اصلاح شده ون‌گنوختن استفاده کردند. کاربرد این مدل اثر چندانی بر مقدار n و α ندارد و تنها بر مقدار Θ_s و Θ_r موثر است و موجب برازش بهتر مدل بر داده‌های ابتدایی و انتهایی می‌شود. پس از مدل‌سازی HEMC، شاخص پایداری خاک (SI, hPa^{-1}) در دو حالت مرطوب شدن سریع و آهسته با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (ممدوف و همکاران ۲۰۰۷):

$$SI = \frac{VDP}{h_{modal}}$$ معادله ۲

[2] Van Genuchten

در این رابطه VDP حجم منافذ قابل زهکشی ($g\ g^{-1}$) و h_{modal} مکش ماتریک در نقطه عطف HEMC (hPa) است. برای محاسبه VDP، گنجایش ویژه رطوبتی خاک (C(h)) برابر شیب (مشتق اول) معادله ۱ به کمک معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$C(h) = \left|\frac{d\theta}{d\boxtimes}\right| = (\Theta_s - \Theta_r)\left[1 + (\alpha h)^n\right]^{(\frac{1}{n}-1)}\left(\frac{1}{n} - 1\right)(\alpha h)^n\left(\frac{n}{h[1+(\alpha h)^n]}\right) + 2Ah + B$$ معادله ۳

مقدار VDP برابر با سطح محصور بین منحنی C(h) و خط انقباض 2Ah+B است، که با انتگرال‌گیری به روش سیمپسون و به کمک رابطه زیر محاسبه شد:

$$VDP = \frac{\Delta x}{3}(y_0 + 4(y_1 + y_3 + y_5 + \ldots.) + 2(y_2 + y_4 + y_6 + \ldots.) + y_k)$$ معادله ۴

در این معادله Δx اختلاف دو مکش ماتریک متوالی، k تعداد زیربازه‌ها در دامنه مکش ماتریک مورد نظر بوده که مقدار آن حتما باید یک عدد زوج باشد و y تفاوت مقدار تابع C(h) و تابع انقباض 2Ah + B در هر مکش ماتریک است.

به منظور انجام آنالیزهای آماری از طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار که شامل کاربری‌های مرتع و جنگل با ۲۵ تکرار در هر کاربری بود، استفاده شد. نمودارها به‌وسیله نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

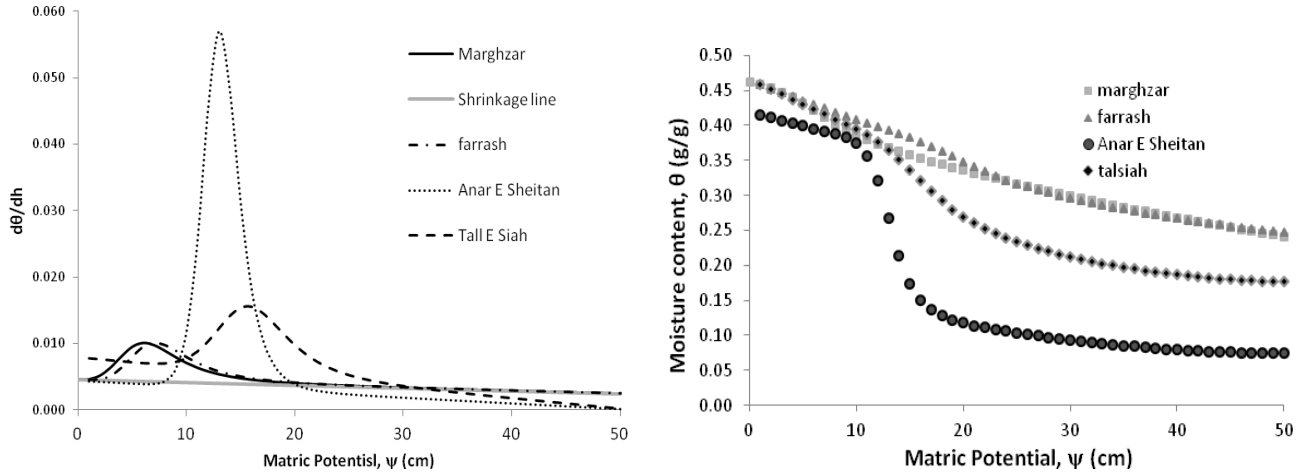
نتایج و بحث

نتایج مربوط به اجزای شن، سیلت، رس و بافت خاک کاربری‌های مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شن و سنگریزه در انار شیطان و بیشترین مقدار رس و سیلت در مرغزار مشاهده می‌شود.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کاربری‌های مورد مطالعه

کاربری	بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	سنگریزه (٪)
فراش	لوم شنی	۵۹/۱۲	۲۶/۳	۱۴/۴	۲۹/۶
مرغزار	لوم و لوم شنی	۴۸/۶	۳۴	۱۷/۴	۲۸/۷
انار شیطان	شنی، شن لومی و لومی شنی	۷۷/۳	۱۳/۴	۹/۲	۴۲/۹
تل سیاه	لوم شنی	۶۲/۴	۲۳/۱۲	۱۴/۵	۳۵/۸

شکل (۱ الف) مثال‌هایی از منحنی‌های مشخصه رطوبتی پرانرژی (HEMC) در حالت سریع را برای چهار کاربری جنگل انار شیطان، تل سیاه، مرتع فراش و مرغزار را در حالت مرطوب شدن کند و سریع نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که از بین چهار کاربری مورد بررسی سه کاربری مرغزار، تل سیاه، و فراش به‌خصوص نزدیک منطقه اشباع مقدار رطوبت بیشتری نسبت به کاربری انارشیطان دارند که می‌تواند به علت ریزتر بودن اندازه ذرات این سه کاربری نسبت به اندازه ذرات انار شیطان باشد. از طرف دیگر نمودار نشان می‌دهد که انار شیطان نه تنها نزدیک نقطه اشباع بلکه کل نمودار پایین‌تری نسبت به کاربری‌های دیگر دارد. علت کمتر بودن مقدار رطوبت انار شیطان را می‌توان در بافت شنی این منطقه جستجو کرد که توان و ظرفیت نگهداری آب آن پایین است. هم‌چنین شکل (۱ ب) نشان می‌دهد که حجم منافذ قابل زهکشی که سطح محصور بین منحنی گنجایش ویژه رطوبتی خاک و خط انقباض است، در انار شیطان بیشترین و در مرغزار و فراش مشابه هم و کمترین مقدار را دارد. منحنی مربوط به تل سیاه بین انار شیطان و فراش و مرغزار قرار دارد. زیاد بودن حجم منافذ قابل زهکشی در انار شیطان و سپس در تل سیاه نه به دلیل زیاد بودن تعداد خاکدانه‌ها و یا وجود خاکدانه‌ها در این مناطق بلکه به دلیل بافت شنی این مناطق است. چون درصد شن انار شیطان از تل سیاه بیشتر است بنابراین حجم منافذ قابل زهکشی آن نیز بیشتر است. اما دو مرتع فراش و مرغزار VDP مشابه دارند.



شکل ۱. مقایسه الف) نمودارهای منحنی مشخصه پرانرژی، و ب) حجم منافذ قابل زهکشی در حالت سریع در کاربری‌های مورد مطالعه

جدول ۲. وضعیت شاخص پایداری خاکدانه در کاربری‌های مختلف

کاربری	شاخص پایداری (cm^{-1})			
	سریع		آهسته	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
فراش	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱۵	۰/۰۰۷
مرغزار	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹
انار شیطان	۰/۰۱۹۵	۰/۰۰۶	۰/۰۲۵۴	۰/۰۰۷
تل سیاه	۰/۰۱۳۸	۰/۰۰۶	۰/۰۲۲۵	۰/۰۱۰۱

علاوه بر این بررسی نتایج حاصل از شاخص پایداری خاکدانه نشان می‌دهد که در حالت سریع و کند مقدار SI انار شیطان > تل سیاه > مرغزار = فراش است. اما از آنجا که شاخص SI از نسبت حجم منافذ قابل زهکشی به مکش مدال به‌دست می‌آید، بنابراین چون حجم منافذ قابل زهکشی انار شیطان بیشتر از بقیه کاربری‌ها است پس شاخص پایداری محاسبه شده در آن نیز از بقیه بیشتر است.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی وضعیت پایداری خاکدانه چهار کاربری مختلف اطراف شهرستان جیرفت انجام شد. کاربری‌های مورد بررسی شامل دو مرتع دست خورده و دست نخورده و جنگل حفاظت شده و جنگل مصنوعی بود. پایداری خاکدانه با استفاده از روش منحنی مشخصه پرانرژی HEMC به دست آمد که نسبت به مدیریت و کاربری اراضی حساس است. نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین شاخص پایداری خاکدانه و بیشترین مقدار حجم منافذ قابل زهکشی در انار شیطان و سپس در تل سیاه مشاهده می‌شود. علت زیاد بودن این پارامترها در انار شیطان و به دنبال آن انار شیطان به خاطر بافت این مناطق است که مقدار زیادی شن دارند که درصد شن انار شیطان بیشتر از تل سیاه است. هم‌چنین مرتع دست‌نخورده مرغزار و دست خورده فراش از نظر شاخص SI و VDP با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دست خوردگی در مرتع فراش تاثیر زیادی بر وضعیت خاکدانه‌های این منطقه حداقل در قسمت پرانرژی منحنی رطوبتی نداشته است.

منابع

Avanzi, J. C., Norton, L. D., Naves Silva, M. L., Curi, N., Oliveira, A. H. and da Silva, M. A. 2011. Aggregate stability in soils cultivated with eucalyptus, Pesq. Agropec. bras, Brasilia, v.46, n.1, p.89-96, jan. 2011.

Brtnicky. M, E. Jakub, D. Helena, K. Jindrich, H. Jan. 2017. Changes in soil aggregate stability induced by mineral nitrogen fertilizer application. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2017, 65, 1477-1482.

Crescimanno, G., lovino, M. and Provenzano, G. 1995. Influence of Salinity and Sodicity on Soil Structural and Hydraulic Characteristics, Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1701-1708 (1995).

Da Silva, E. A., de Oliveira, G. C., Montoani Silva, B., Carducci, C. E., Avanz, J. C. and Serafim, M. E. 2014. Aggregate stability by the "high energy moisture characteristic" method in an oxisol under differentiated management.

Filho, C. C., Lourenco, A., Guimaraes, M. F., Fonseca, I. C. B. 2002. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. Soil and tillage research 65: 45-51.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M. R., Hajabbasi, M. A. and Sabzalian, M. R. 2015. Influence of tall fescue endophyte infection on structural stability as quantified by high energy moisture characteristic in a range of soils, Geoderma 249-250: 87-99.

Kelishadi, H., Mosaddeghi, M. R., Ayoubi, S. and Mamedov, A. I. 2018. Effect of temperature on soil structural stability as characterized by high energy moisture characteristic method,Catena 170:290-304.

Le Bissonnais, Y., Singer, M. J. and Bradford, J. M. 1993, Assessment of soil erodibility: the relationship between soil properties, erosion processes and susceptibility to erosion, Farm Land Erosion: In Temperate Plains Environment and Hills, 1993 Elsevier Science Publishers B.V, 87-96.

Levy, G. J. and Mamedov A.I. 2002. High-Energy-Moisture-Characteristic Aggregate Stability as a Predictor for Seal Formation Soil Sci. Soc. Am. J. 66:1603–1609 (2002).

Li, Z., Zhang, G., Geng, R. and Wang, H. 2015. Rill erodibility as influenced by soil and land use in a small watershed of the Loess Plateau, China, Biosystems engineering, 129: 248–257.

Mamedov, A. I., Huang, C., Aliev, A. F. and Levy, G. j. 2018. Aggregate stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, aggregate size and polyacrilamid application. Land Degrad. Develop. 28: 543-552.

Mamedov, A. I., Mamedov, G. S. and Mikailsoy, F. 2013. An effective aggregate stability method for soil management and quality evaluation, Soil-Water Journal (2013) Vol 2, Number 2(1).

Saygın, S. D., Cornelis, W. M., Erpul, G. and Gabriels, D. 2014. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils, Applied soil ecology 54(2014) 1-6.

Wei, C., Gao, M., Shao, J., Xie, D. and Pan, G. 2006. Soil aggregate and its response to land management practices, china particuology Vol. 4, No. 5, 211-219, 2006.

Zheng, Z., He, S. and Li, T. 2011. Fractal dimensions of soil structure and soil anti erodibility under different land use patterns, African Journal of Agricultural Research, 6(24): 5496-5504.

Zi-Cheng. Z, H. Shu-Qin, L. Ting-Xuan and W. Yong-Dong. 2011. Effect of land use patterns on stability and distributions of organic carbon in the hilly region of Western Sichuan, China. African Journal of Biotechnology, Vol. 10(61), pp. 13107-13114.

Topic for submission: Soil Physics and plant growth

The effect of land use on HEMC in southeastern of Iran

Sharifi[*1], A., Shirani[2], H

[1] P H D. Student, Soil Physics and conservation vali e Asr Rafsanjan University, Iran

[2] Prof in vali e Asr Rafsanjan University, Iran

Abstract

Land use is one of the most important ways of human intervention in natural processes to improve or destroy the soil physico-chemical and biological properties. The soil structure, which consists of primary particles and forming Aggregates are influenced by factors such as soil management and land use patterns. This research was conducted to investigate the effect of land use on the aggregates stability by HEMC method in four areas around Jiroft city. For this purpose, Marghzar and Farrash pasture were selected as an undisturbed and disturbed catchment area, respectively. Also, Anar e Sheitan the Protected Forest and the Tal e Siah Forest examined, too. After sampling and transferring to the laboratory, samples were placed in the sand box and then the HEMC of the samples was determined in a suction matrix with a sequence of 0-50 hpa. The results showed that the maximum amount of VDP and SI index were found in Anar e Sheitan and the Tal e Siah, which could be due to the high amount of sand in these areas. However, SI and VDP values are less in both pasture and meadow rangelands compared to the first two, but they are not significantly different from each other.

Keywords: aggregate stability, VDP, SI, land use, Jiroft.

[*] Corresponding author, Email: Arezoo_sha62@yahoo.com

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی کارآیی دو مدل خطی و غیرخطی برآوردگر عملکرد پاسخ گیاه سورگوم به سطوح مختلف کود ازتی

نگار آقایاری[۱*]، مهدی همایی[۲]، سید مجید میرلطیفی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تربیت مدرس

[۳] دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

کاربرد کودهای شیمیایی به منظور تولید بهینه‌ی محصولات زراعیدر خاک‌های زراعی که دچار فقر عناصر غذایی می‌باشند ضروری است. استفاده از مدل‌های تخمین‌گر برای پیش‌بینی عملکرد پیش از برداشت گیاه از اقدامات مدیریتی مهم به شمار می‌رود. پژوهش حاضر با هدف تعیین تابع نیتروژن- عملکرد برای گیاه سورگوم انجام شد. بدین منظور، آزمایشی با چهار سطح نیتروژن شامل ۸۰، ۱۹۴، ۲۱۷و ۲۴۰ کیلوگرم ازت عنصری در هکتار در سه تکرار بر روی گیاه سورگوم به اجرا درآمد. این سطوح بر مبنای ازت اولیه خاک (۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سطح بهینه ازت برای گیاه سورگوم (۲۱۷ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰٪ کمتر و بیشتر از سطح بهینه تعیین گردید. آنگاه مدل‌های پارامتریک خطی Liebig–Sprengelو غیرخطیMitscherlich-Baule به عنوان مدل‌های تخمین‌گر مورد استفاده قرار گرفته و کارآیی آنها مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای هر کدام از مدل‌ها با استفاده از روش بهینه‌سازی حداقل مجموع مربعات به دست آمد. آنگاه مدل‌ها با استفاده از آماره‌های ضریب کارآیی مدل، ضریب تبیین، خطای بیشینه، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب جرم باقیمانده به صورت کمّی مقایسه شدند. ارزیابی آماره‌های مختلف نشان دادند که مدلغیر-خطی Mitscherlich–Baule هنگامی که یک عامل رشد متحرک در خاک مانند ازت مورد ارزیابی قرار گیرد، برآوردی بهتر از عملکرد گیاه سورگوم در سطوح مختلف ازت کاربردی ارائه می‌کند.

کلمات کلیدی:مدلLiebig–Sprengel، مدل Mitscherlich-Baule، نمون‌سازی

مقدمه

با افزایش جمعیّت و نیاز روزافزون به غذا، افزایش تولیدات کشاورزی به عنوان منبع اصلی تغذیه، از مهم‌ترین اهداف بخشکشاورزی به شمار می‌رود. در ایران نیز که جمعیّت ۸۰ میلیون نفری آن که رو به رشد است، تولید محصولات کشاورزی بیشتر باید مورد توجه سیاستگزاران قرار گیرد. از طرفی، کاهش کیفیّت خاک‌های زراعی بر اثر کم‌آبی و یا کاربرد آب‌های نامتعارف، سبب کاهش عملکرد محصول در واحد سطح شده است (Jalali et al., 2016). کشاورزان برای بهبود عملکرد محصول و تولید بیشتر معمولاًکودهای شیمیایی به کار می‌برند.لیکن گاهی به دلیل گرانی کود یا فراهم نشدن آن در زمان مناسب، ممکن است به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار نگیرد. چنانچه گیاه در شرایطی رشد کند که مقدار کافی از عناصر غذایی در خاک موجود نباشد، کاهش محصول اجتناب‌ناپذیر است. به طور کلی، چنانچه کود به‌صورتی بهینه مصرف شود، موجب افزایش عملکرد می‌شود. لیکن چنانچه این افزایش بیش از نیاز گیاه باشد، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (۱۳۸۱،همایی). ازت در بیشتر خاک‌ها، مهم‌ترین عنصر غذایی محدودکننده رشد گیاه است. به همین دلیل کوددهی ازتی معمولاً باعث افزایش رشد گیاه و عملکرد می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۴). بیشتر پژوهش-هایانجام شده در خاک‌هایی که شوری شدید ندارند نشان داده که مصرف ازت باعث افزایش رشد و عملکرد محصولات می‌شود. برای ارزیابی پاسخ گیاه به افزودن عناصر غذایی به خاک تاکنون دو مدل عمومی خطی و غیرخطی ارائه شده است(Akhtari et al., 2019). این مدل‌ها به‌ترتیب شامل مدل(LS) Liebig–Sprengel و مدل Mitscherlich–Baule (MB) می‌باشند. با استفاده از این مدل‌ها می توان عملکرد گیاهان را در شرایط کمبود و یا بیشبود عناصر غذایی پیش از برداشت گیاه برآورد کرد. بنابراین هدف از این پژوهش، مقایسه کارآیی این دو مدل برای ارزیابی پاسخ گیاه سورگوم به سطوح مختلف کود نیتروژن بود.

* ایمیل نویسنده مسئول: negar.aghayari@modares.ac.ir

مواد و روش‌ها

مدل خطی پاسخ گیاه به عناصر غذاییکه در نیمه نخستسده‌ینوزدهم توسط Liebigو Sprengelارائه شده، بیان می‌دارد که در هر زمان یک عامل رشد که محدودکننده ترین آنهاست، مقدار عملکرد را تعیین می کند(Hatam et al., 2019; Shenker et al., 2003). بر مبنای این مدل، پاسخ گیاه به هر یک از عوامل رشد خطی است.

این تعریف در واقع همان قانون حداقل است که می توان آن را به صورت کلی زیر نوشت:

$$y_r = min\begin{cases}1 & ; x > x_{cr} \\ a + b.x & ; x \le x_{cr}\end{cases}, \quad x = x_0 + x_s \qquad (1)$$

که در آن:x، عامل رشد،aو bبه ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع پاسخ عملکرد به عامل x،x_{cr} حد آستانه ی گیاه به عامل رشدxمی‌باشد.x_0 مقدار اولیه عامل رشد در خاک و x_s مقدار عامل رشد کاربردی است.

این مدل توسط پژوهشگران مختلف مورد آزمون قرار گرفته و از آنجا که پاسخ واقعی گیاه به عوامل رشد در بسیاری از موارد خطی نمی‌باشد، مدل دیگری توسط میچرلیخ (۱۹۰۹) پیشنهاد شد که در آن پاسخ گیاه به افزودن عناصر غذایی از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند. این مدل بر این فرض استوار استکه آهنگ پاسخ گیاه به عناصر غذایی، با افزایش متوالی و مساوی عنصر غذایی به خاک، نخست افزایش و سپس به گونه‌ای غیرخطی کاهش می‌یابد.بیان ریاضی این مدل به صورت زیر است (Black,1992):

$$y = y_{max}(1 - e^{-c_1x_1})(1 - e^{-c_2x_1}) \dots (1 - e^{-c_nx_n}), \qquad x = x_0 + x_s \qquad (2)$$

که در آن: x_1، x_2،x_n...مقادیر عوامل‌گوناگون‌رشد،c_1، c_2،c_n...فاکتور کارآیی یا ضریب میچرلیخ برای عامل رشد مربوطه که برای هر عامل رشد ثابت در نظر گرفته می شوند، y عملکردپیش بینی شده و y_{max} عملکرد بیشینه (در حالت بدون کمبود عناصر یا عوامل تنش زا) می باشد. x_0 مقدار اولیه عامل رشد در خاک و x_s مقدار عامل رشد کاربردی است. این مدل از یک اصل فیزیولوژیک پیروی کرده که بیان می‌دارد پاسخ نزولی گیاه به کاربرد عنصر به سبب اشباع ناقل واسطه جذب عنصر در ریشه است. به عبارت دیگر، افزودن یک عنصر به محیط ریشه، سبب اشباع ناقل پروتئینی ریشه (که انتقال دهنده عنصر از سطح ریشه به داخل ریشه است) با آن عنصر می شود. این امر، پاسخ نزولی عملکرد گیاه به کاربرد آن عنصر را به دنبال دارد (Shenker et al, 2003; Black, 1993). مدل میچرلیخ چند سال بعد توسط Baule (۱۹۱۸)کامل‌تر شد. در این مدل، اگر چند عامل رشد با همان مفهوم میچرلیخ با هم در نظر گرفته شوند، این عوامل به طور همزمان رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهند و به صورت تجمعی عمل می کنند. لیکن، این عوامل رشد برهمکنشی نیز برهم ندارند. ترکیب مفهوم میچرلیخ و بال مدل Mitscherlich-Baule نامیده می شود(Black, 1993).به منظور بررسی و ارزیابی کارآیی مدل خطیLS و مدل غیرخطی MB، بر عملکرد گیاه سورگوم،در پاسخ به افزودن سطوح مختلف کود ازتی، آزمایشی گلدانی در فضای باز و در یک خاک با بافت لوم شنی با چهار سطح نیتروژن شامل ۸۰، ۱۹۴، ۲۱۷و ۲۴۰کیلوگرم ازت عنصری در هکتار ودر سه تکرار اجرا شد. سطوح نیتروژن بر مبنای مقدار ازت اولیه خاک (۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سطح بهینه‌ی توصیه شده برای گیاه سورگوم (۲۱۷ کیلوگرم در هکتار) و مقادیر ۱۰ درصد بیشتر (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ درصد کمتر (۱۹۴ کیلوگرم در هکتار) از آن انتخاب شد. کود ازتی به صورت تقسیط، بخش اولدر ابتدای آزمایشو بخش دوم زمانی که ارتفاع بوته‌گیاه سورگوم به ۳۰ سانتی‌متر رسیده بود، به خاک داده شد. گیاهان پس از رشد کامل برداشت و مقدار عملکرد آنها بر حسب ماده‌ی خشک گیاهی به دست آمد. از آنجا که هدف پژوهش پاسخ گیاه فقط به عنصر ازت بود، سایر عناصر غذایی در سطح بهینه‌ی توصیه شده در خاک نگه داشته شد.

پارامترهای مربوط به هر یک از این دو مدل خطی و غیرخطی، با استفاده از روش بهینه‌سازی حداقل مجموع مربعات به دست آمد. آنگاه عملکرد نسبی بوته‌ی سورگوم برآورد شده توسط مدل‌های (۱) و (۲) با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر سطوح مختلف نیتروژن رسم و نتایج مدل‌ها با یکدیگر مقایسه گردیدند. همچنین، مقایسه کمّی مدل‌ها با محاسبه‌ی آماره‌های خطای بیشینه[1](ME)، کارآیی مدل[2](EF) ، ریشه میانگین مربعات خطا[3](RMSE)،

[1]Maximum Error
[2]Modeling Efficiency
[3]Root MeanSquare Error

ضریب تبیین[4](CD)، ضریب جرم باقیمانده[5] (CRM) برای هر کدام از مدل‌ها انجام شد. بیان ریاضی آماره‌های مورد استفاده به صورت زیر است(Homaee et.al 2002):

$$ME = max|P_i - O_i|_{i=1}^{n}$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}} \frac{100}{\bar{O}}$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{O})^2}$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{O}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i) - \sum_{i=1}^{n}(P_i)}{\sum_{i=1}^{n}(O_i)}$$

که در آنها P_i مقادیر برآورد شده، O_i مقادیر اندازه گیری شده،n تعداد نمونهو $\bar{O}$میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده است.

مقدار ME نمایانگر بدترین حالت برآورد مدل است، در حالی که مقدار RMSE نشان می دهد که برآوردها چه مقدار بیش برآوردی یا کم‌برآوردی نسبت به مقادیر اندازه گیری شده دارند. CD، نسبت بین پراکنش مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار EFیک است. مقادیرEF وCRM می توانند منفی باشند. CRM از گرایش مدل به تخمین بیشتر و یا کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر مدل ارائه می‌دهد. مقدار منفی CRM برای یک مدل تمایل مدل را برای بیش برآورد اندازه گیری ها نشان می دهد(Homaee et al., 2002).

نتایج و بحث

آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه دو مدل خطی و غیرخطی مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.بر پایه‌ی این جدول، مقدار مثبت CRM برای هر دو مدل نشان می‌دهد که عملکرد ماده خشک سورگوم، در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده، کمتر برآورد شده است.مقدار منفی CRM برای یک مدل تمایل مدل را برای بیش برآوردیاندازه‌گیری ها نشان می دهد. مقدار مثبت این آماره تمایل مدل به کم برآوردی را نشان می-دهد.اگر همه‌ی داده‌های اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط مدل یکسان باشند، مقدارCRM صفر خواهد بود.این آماره در مدل MBبه صفر نزدیک‌تر است. مقدار RMSE نشان می دهد که برآوردها چه مقدار بیش برآوردی یا کم‌برآوردی نسبت به مقادیر اندازه گیری شده دارند. مقدار RMSEبرای مدلLS تقریبا دو برابر مقدار آن برای مدل MBاست.کم بودن مقدار این آماره برای مدل MBنشان می دهد مقادیر برآورد شده عملکرد نسبی به وسیله‌ی مدل MB به مقادیر واقعی نزدیک‌تر می‌باشد.همان گونه که در جدول۱مشاهده می‌شود، مقدار EF مدلMBحدود ۲/۵ برابر بیشتر از مدلLSمی‌باشد. همچنین مقدارCDمدلMBنزدیک به یک بوده ودر مقایسه با مدلLS از کارآیی بیشتری برخوردار است، مقدار این دو آماره هرچه به عدد یک نزدیکتر باشند، نشان‌دهنده‌ی برازش بهتر مدل بر داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشند.بنابراین مدلMB، از نظر این آماره نیز مناسب تر از مدل LSبرای برآورد عملکرد ماده خشک سورگوم می‌باشد. مقایسه مقادیر MEدو مدل نیز، برتری مدلMBرا نشان می‌دهد. درمجموع ارزیابی این آماره‌ها نشان می‌دهد که مدل MBتخمین بهتری از عملکرد گیاه سورگوم نسبت به مدل LS ارائه می‌نماید. کارآیی بهتر مدل MBنسبت به مدل LSرا می‌توان به ماهیت غیرخطی آن مرتبط دانست. از آنجا که پاسخ گیاه به سطوح مختلف کود ازتی معمولاً غیرخطی است، مدل MBتوانسته است با دقتی بیشتر

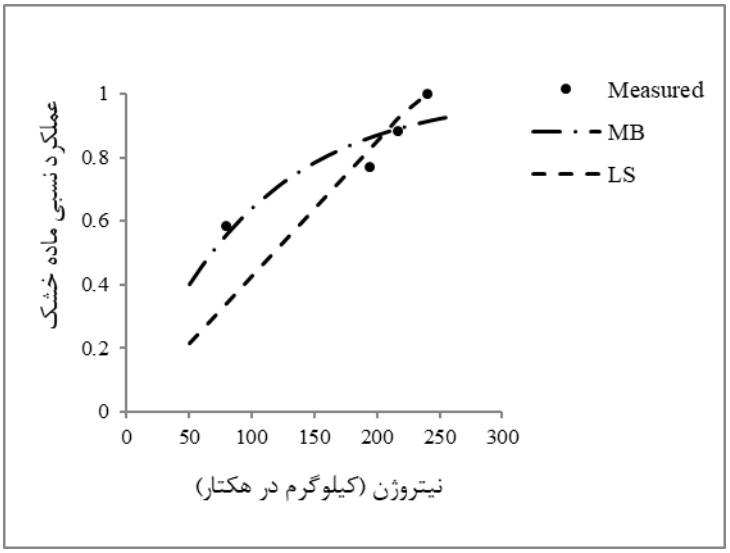
[4]Coefficient of Determination
[5]Coefficient of Residual Mass

عملکرد سورگوم را برآورد نماید. همان‌گونه که پیشتر نیز گفته شد، سطوح نیتروژن مورد بررسی در این پژوهش به جز ازت اولیه خاک، سه سطح دیگر شامل سطح بهینه آن و ۱۰ درصد کمتر و ۱۰ درصد بیشتر از سطح بهینه بود. چنانچه ازت به اندازه‌ای بیش از ۱۰ درصد سطح بهینه به گیاه داده می‌شد، انتظار می‌رفت که بر پایه‌ی قانون بازده نزولی کاهش عملکرد آشکار شود و در این صورت مدل MBبرآوردی حتی بهتر از آنچه که در این پژوهش مشاهده گردید، ارائه نماید. بنابراین پژوهش‌های بیشتری در این زمینه توصیه می‌شود تا بتوان کل دامنه‌های کمبود، کفایت و بیشبود ازت را به صورت کمّی بیان کرد.

جدول ۱. محاسبه مدل‌های خطی و غیرخطی بر پایه‌ی آماره‌های محاسبه شده

رابطه	ME	RMSE	CD	EF	CRM
LS (1)	۰,۲۴	۱۵,۵۸	۰,۳۵	۰,۳۳	۰,۰۵
MB (2)	۰,۰۹	۷,۹۱	۱,۱۳	۰,۸۳	۰,۰۰۳

شکل۱ عملکردهای برآورد شده با مدل‌های MB و LS در مقایسه با عملکردهای اندازه گیری شده در سطوح مختلف نیتروژن خاک را نشان می دهند. داده‌های اندازه‌گیری شده با Measured نشان داده شده است.



شکل۱. برازش مدل‌هایMB وLSبر داده های اندازه گیری شده در سطوح مختلف نیتروژن

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کارآیی و اعتبارسنجی دو مدل مبنایی باروری خاک شامل مدل خطیلیبیگ-اسپرنگل و غیرخطی میچرلیخ-بال، بررسی شد. نتایج بر پایه‌ی ارزیابی کمّی مدل‌های برازش داده شده بر عملکرد نسبی اندازه‌گیری شده نشان داد که مدل غیرخطی میچرلیخ-بال عملکردهای نسبی اندازه‌گیری شده را بهتر برآورد می‌نماید. این مدل عملکرد نسبی گیاه سورگوم را در سطح قابل قبولی پیش‌بینی نموده و از این جهت برای پیش‌بینی عملکرد گیاه سورگوم در دامنه‌ی سطوح کاربردی ازت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

ملکوتی، محمدجعفر و مهدی همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۴۸۸ ص.

همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. شماره ۵۸. تهران. ایران.

Akhtari, A., M. Homaee, Y. Hosseini. 2019. Predictive Model for Plant Response to Interactive Effect of Salinity and Phosphorous. International Journal of Plant Production. doi.org/10.1007/s42106-019-00057-5.

Black, C. A. 1992. Soil fertility evaluation and control. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.Hatam, Z., M.S. Sabet, M.J. Malakouti, M. Homaee. 2019. A quantitative approach for fertilizer ecommendation under saline conditions. Archives of Agronomy and Soil Science. doi.org/10.1080/03650340.2019.1624725.

Homaee, M., R. A. Feddes, and C. Dirksen. 2002a. Simulation of root water uptake. I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. Agricultural Water Management, 57:89-109.

Jalali, V. R., M. Homaee**,** S. Asadi Kapourchal. 2017. Evaluating performance of macroscopic water uptake models at productive growth stages of durum wheat under saline conditions. Agricultural Water Management. 180:13-21.

Shenker, M., Ben-Gal, A. & U. Shani. 2003. Sweet corn response to combined nitrogen and salinity environmental stresses. Plant Soil. 256: 139-147.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Assessing performance of two linear and nonlinear yield predictive models for estimating Sorghum response to different nitrogen levels

Aghayari[*1], N., Homaee[2], M., Mirlatifi, M.[3]

[1] M. Sc. Student, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[2] Prof., Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[3] Associate Prof., Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

Abstract

Application of chemical fertilizers in soils having nutritional deficiencies is crucial for optimal crop production. Using predictive models to estimate the crop yield before harvest is of important management practices. This research was conducted to obtain the nitrogen-yield response function for sorghum plant. For this purpose, an experiment with four nitrogen levels of 80, 194, 217 and 240 kg/ha nitrogen, each with three replicates, was conducted. These levels were selected based on the optimal amount (217 kg/ha) of nitrogen recommended for sorghum as well as 10% lower (194 kg/ha) and 10% higher (240 kg/ha) than the optimal level. The parametric linear and nonlinear models proposed by Mitscherlich–Baule and Liebig–Sprengel as predictive models were used to examine and compare their performances for sorghum. The parameters of each model were obtained by using the minimizing least squares optimization method. These estimated values were then compared with the experimentally obtained data, using some statistics including maximum error (ME), root mean square error (RMSE), modeling efficiency (EF) and coefficient of residual mass (CRM) were used to evaluate and compare the performance of both models. The overall results obtained based on the calculated statistics revealed that the nonlinear model of Mitscherlich–Baule, under the applied nitrogen levels, can better predict the sorghum yield when a mobile nutrient such as nitrogen is considered.

Keywords: Liebig–Sprengel; Mitscherlich–Baule; Simulation

[*] Corresponding author, Email: negar.aghayari@modares.ac.ir