

ویژگی‌های فیزیکی خاک به عنوان عوامل تعیین‌کننده بهره‌وری مصرف آب در کشت ذرت

مهدی زنگی‌آبادی



استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

Email: m.zangiabadi@areeo.ac.ir

چکیده

ایران با بحران آب مواجه است، اما مشکل اصلی در عدم بهره‌وری مناسب آب در کشور به ویژه در بخش کشاورزی است. یکی از مهم‌ترین مباحث در این خصوص، لزوم توجه ویژه به شرایط خاک و به طور خاص ویژگی‌های فیزیکی آن در راستای دستیابی به حداکثر بهره‌وری مصرف آب می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی کیفیت خاک که بهره‌وری مصرف آب در کشت ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهند در مشهد انجام شد. یکسان‌سازی شرایط کاشت، داشت و برداشت ذرت در خاک‌های با ویژگی‌های فیزیکی متفاوت، لازمه دستیابی به هدف این تحقیق بود. بر این اساس در ۳۰ کرت آزمایشی با خاک دارای بافت، ساختمان و ماده آلی متفاوت و با مدیریت یکسان کشت ذرت انجام شد. با استفاده از روش‌های مختلف اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی تعداد ۴۵ ویژگی فیزیکی خاک تعیین و محاسبه گردید و در نهایت ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی خاک با مقدار ماده خشک تولید شده به ازاء واحد آب مصرفی در هر کرت بررسی و تحلیل شد. نتایج نشان داد که بهره‌وری مصرف آب در کشت ذرت به میزان قابل توجهی تحت تأثیر میزان و انرژی آب قابل استفاده و میانگین اندازه خلل و فرج خاک می‌باشد. لذا کشت ذرت در خاک‌های با بافت لوم سیلتی، لوم رسی و لوم به ترتیب با داشتن مطلوب‌ترین شرایط از منظر ویژگی‌های ذکر شده، به طور نسبی بیشترین بهره‌وری مصرف آب در این گیاه را به دنبال خواهد داشت.

کلمات کلیدی: آب قابل استفاده، اندازه خلل و فرج، بافت خاک

بیان مسئله

آب یکی از ارکان اصلی حیات بشری است به طوری که حیات بدون آن برای موجودات زنده به هیچ وجه قابل تصور نیست. طبق آمارهای رسمی و به اعتقاد کارشناسان، ایران در بحران آب به سر می‌برد ولی علی‌رغم محدودیت شدید منابع آب، بهره‌وری و کارایی استفاده از این منابع بسیار کم است (۴). با توجه به این‌که سهم زیادی از منابع آب کشور صرف فعالیت‌های کشاورزی می‌گردد، اما با انجام آبیاری سنتی و عدم توجه به شرایط خاک، بهره‌وری مصرف آب در این بخش بسیار کم می‌باشد. بهره‌وری مصرف آب، مقدار محصولی که توسط گیاه به ازاء هر مترمکعب آب حاصل می‌گردد تعریف شده است (۶). تفاوت مقدار محصول تولید شده به ازاء هر مترمکعب آب مصرفی در کشور ما در مقایسه با متوسط جهانی این

شاخص بسیار قابل ملاحظه است، به طوری که به ازاء هر مترمکعب آب در ایران به‌طور متوسط از ۰٫۸۷ تا ۱٫۳۲ و به طور متوسط ۱٫۰۹ کیلوگرم محصول کشاورزی تولید می‌شود که تفاوت چشم‌گیری با مقدار متوسط جهانی این شاخص دارد (۶) و پایگاه خبرگزاری صدا و سیما، کد خبر ۲۸۱۸۰۹۳. توجه اساسی به منابع خاک کشور می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری آب، خودکفایی در محصولات راهبردی و در نهایت تحقق اقتصاد مقاومتی شود. کمبود آب و خشک‌سالی از یک طرف و فقر شدید ماده آلی در خاک‌های کشور از طرف دیگر، لزوم تأکید بر مطالعه روابط آب، خاک و گیاه به عنوان مهم‌ترین مبحث کیفیت فیزیکی خاک جهت بهبود مدیریت مصرف آب در کشاورزی کشور را توجیه می‌نماید.

مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط ویژگی‌های فیزیکی کیفیت خاک در ارتباط با کشت ذرت در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق (خراسان رضوی) به مدت دو سال زراعی انجام شد. یکسان‌سازی شرایط کشت ذرت در خاک‌های با خصوصیات فیزیکی متفاوت لازمه دستیابی به اهداف تعیین شده این مطالعه بود. لذا در قسمت‌های مختلف اراضی ایستگاه، که بر اساس مطالعات خاک‌شناسی انجام شده، خاک دارای بافت، ساختمان و ماده آلی متفاوت بود، تعداد ۳۰ کرت به عنوان کرت‌های ثابت انتخاب شد. کلیه عملیات خاک‌ورزی، کوددهی، کشت، وجین، آبیاری و دیگر اقدامات لازم به صورت یکنواخت برای کل کرت‌ها انجام شد. نیاز کودی کرت‌ها بر اساس آزمون خاک و از یک نوع منبع کودی تأمین گردید. با توجه به لزوم یکسان‌سازی مقدار و زمان آب دریافتی توسط کلیه کرت‌ها، آبیاری به صورت سطحی (جوی و پشته-ای) با استفاده از تانکر و شمارنده، انجام و هر نوبت آبیاری با توجه به دور آبیاری متعارف در منطقه در یک روز و به میزان مساوی برای کل کرت‌ها صورت گرفت (شکل ۱).



شکل ۱- آبیاری کرت آزمایشی با استفاده از تانکر، شمارنده و لوله هیدروفیکس

پس از تهیه نمونه‌های خاک از کرت‌های آزمایشی و اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی، ویژگی‌های مختلف فیزیکی خاک تعیین گردید. در نهایت متوسط ارتفاع بوته‌ها در هر کرت اندازه‌گیری و محصول ذرت به صورت دستی و کف‌بر برداشت و میزان عملکرد ماده خشک در هر کرت تعیین شد (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲- اندازه‌گیری ارتفاع بوته قبل از برداشت محصول



شکل ۳- برداشت ذرت به صورتی دستی و کف‌بر

در خاتمه با استفاده از نرم افزارهای آماری، بین ویژگی‌های مختلف فیزیکی خاک و میزان محصول ذرت به ازاء واحد آب مصرفی به عنوان نتیجه برهم‌کنش و برآیند کلیه عوامل فیزیکی خاک ارتباط برقرار و مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک که بتوانند قسمت اعظم تفاوت بهره‌وری مصرف آب در کشت ذرت را توجیه نمایند، تعیین شد.

معرفی دستاورد

نتایج بررسی‌ها و پایش رشد و عملکرد محصول ذرت در ۳۰ کرت آزمایشی نشان داد که با اعمال شرایط یکسان مدیریت زراعی و مدیریت مزرعه، عملکرد محصول ذرت در کرت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. این اختلاف ناشی از ویژگی‌های خاک و به‌طور ویژه خصوصیات فیزیکی کیفیت خاک در کرت‌های آزمایشی است. شکل‌های ۴، ۵ و ۶ به ترتیب نمونه‌هایی از کرت‌های آزمایشی دارای عملکرد نسبی کم، متوسط و زیاد را نشان می‌دهند. لازم به توضیح است که کلیه تصاویر در یک روز (۵۳ روز پس از کشت) تهیه شدند.



شکل ۴- نمونه ای از کرت‌های دارای شرایط نامناسب رشد برای گیاه ذرت (عملکرد نسبی کم)



شکل ۵- نمونه ای از کرت‌های دارای شرایط متوسط رشد برای گیاه ذرت (عملکرد نسبی متوسط)



شکل ۶- نمونه ای از کرت‌های دارای شرایط مناسب رشد برای گیاه ذرت (عملکرد نسبی زیاد)

کل میزان آب دریافت شده توسط کرت‌های آزمایشی در سال اول کشت طی ۱۱ نوبت آبیاری و با دور متوسط ۹/۱ روز، معادل ۵۲۰۵ مترمکعب در هکتار و در سال دوم طی ۱۲ نوبت آبیاری و دور متوسط ۸/۸ روز، معادل ۶۲۶۷ مترمکعب در هکتار بود. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد محصول ذرت (کل زیست‌توده هوایی) در حالت خشک در سال اول معادل ۸۳۷۳ و در سال دوم ۶۶۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج این مطالعه حاکی از تولید به ترتیب ۱/۶۱ و ۱/۰۶ کیلوگرم محصول

خشک به ازاء هر مترمکعب آب مصرفی در سال‌های اول و دوم می‌باشد. جدول ۱ بهره‌وری مصرف آب (میانگین دو سال) در محصول ذرت در پنج کلاس بافتی مطالعه شده را نشان می‌دهد.

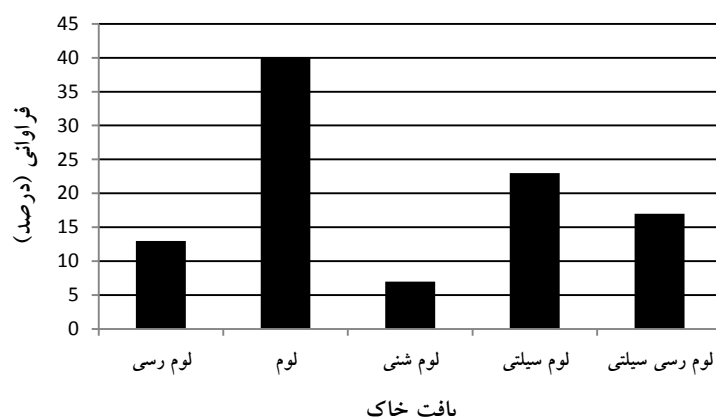
جدول ۱- بهره‌وری مصرف آب (میانگین دو سال) در محصول ذرت در پنج کلاس بافتی مطالعه شده

کلاس بافت خاک					واحد	شاخص
لوم رسی	لوم	لوم شنی	لوم سیلتی	لوم رسی سیلتی		
۱/۳۸	۱/۳۷	۱/۲۱	۱/۴۱	۱/۲۸	(kg m ⁻³)	بهره‌وری مصرف آب در کل بوته (وزن خشک)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری و تعیین توزیع اندازه ذرات، کربن آلی، آهک و جرم مخصوص ظاهری خاک در ۳۰ کرت آزمایشی به اختصار در جدول ۲ و نمودار توزیع فراوانی پنج کلاس بافتی در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج اندازه‌گیری توزیع ذرات، کربن آلی، آهک و جرم مخصوص ظاهری خاک در ۳۰ کرت آزمایشی

جرم مخصوص ظاهری (gr cm ⁻³)	کربن آلی	آهک	اجزاء شن								
			رس	سیلت	شن	خیلی ریز	ریز	متوسط	درشت	خیلی درشت	
۱/۵۶	۱/۰۵	۲۰/۵	۳۴	۵۴	۶۶	۱۸/۷	۲۲/۵	۱۴/۴	۱۴/۵	۱۰	حداکثر
۱/۲۹	۰/۲۶	۱۳/۸	۱۱	۲۳	۱۷	۵/۱	۲/۶	۲/۸	۲/۹	۰/۸	حداقل
۱/۴۵	۰/۵۳	۱۷/۱	۲۵	۴۵	۳۰	۸/۶	۷/۳	۶/۱	۵/۲	۳/۱	میانگین



شکل ۷- نمودار توزیع فراوانی پنج کلاس بافتی خاک

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده در این مطالعه نشان داد که از مجموع ۴۵ خصوصیت فیزیکی بررسی شده در این مطالعه، سه ویژگی آب قابل استفاده (ظرفیت مزرعه در مکش ۱۰۰ سانتی‌متر)، انرژی جمعی آب قابل استفاده (ظرفیت مزرعه در مکش ۳۳۰ سانتی‌متر) و میانگین قطر خلل و فرج خاک توانسته‌اند ۷۸ درصد تغییرات بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت را توجیه نمایند، که از این بین ۵۴ درصد توسط ویژگی آب قابل استفاده (۱۰۰) با ضریب مثبت، ۲۰ درصد توسط انرژی جمعی آب قابل استفاده (۳۳۰) با ضریب منفی و ۴ درصد توسط میانگین قطر خلل و فرج خاک با ضریب مثبت توجیه می‌گردد. نتیجه اینکه سه ویژگی ذکر شده مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی کیفیت خاک برای کشت محصول ذرت در خاک‌های مطالعه شده می‌باشند.

با وجود این که کل مقدار آب قابل استفاده برای گیاهان، همبستگی خوبی با عملکرد و پاسخ گیاه دارد، ولی برای جذب واحد وزن آب موجود در خاک توسط گیاه انرژی مشخصی مورد نیاز است که میزان سهولت جذب آب توسط گیاه را توجیه می‌کند. محققین معتقدند که در خاک‌های مشابه از نظر مقدار آب قابل استفاده، که مقدار انرژی جمعی متفاوت است، رشد و عملکرد گیاه و به تبع آن بهره‌وری مصرف آب متفاوت خواهد بود.

بررسی اجمالی نتایج به دست آمده حاکی از آن است که مقدار آب قابل استفاده که حاصل تفاوت رطوبت خاک در نقطه ظرفیت مزرعه (مکش ۱۰۰ و ۳۳۰ سانتی‌متر) و پژمردگی دائم (مکش ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر) می‌باشد و به دنبال آن میزان انرژی آب در این دامنه‌های رطوبتی و همچنین میانگین اندازه خلل و فرج خاک تعیین‌کننده حدود ۸۰ درصد مقدار عملکرد خشک گیاه ذرت به ازاء واحد آب مصرفی هستند (۵). نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش قطر خلل و فرج و کاهش تنوع اندازه آنها (افزایش یکنواختی) به طور معنی‌داری منجر به کاهش انرژی جمعی آب و افزایش سهولت جذب آب توسط گیاه در دامنه‌های مختلف رطوبتی گردیده است (۷). با توجه به این که تعیین مقادیر شاخص‌های ذکر شده در خاک نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی و روش‌های محاسباتی نسبتاً تخصصی دارد لذا جهت دستیابی به اهداف مطالعه، رابطه مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی کیفیت خاک برای کشت محصول ذرت با ویژگی‌های زودبافت خاک مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که به طور کلی افزایش میزان شن و اجزاء آن منجر به کاهش آب قابل استفاده (۱۰۰) خاک شد ولی از طرف دیگر افزایش میزان شن خاک با کاهش انرژی جمعی آب قابل استفاده (۳۳۰) و افزایش میانگین قطر خلل و فرج خاک همراه بود. از آنجا که میزان تأثیر آب قابل استفاده (۱۰۰) بیش از دو برابر مجموع تأثیر دو ویژگی دیگر بررسی شده در این مطالعه بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت بوده است، لذا به طور نسبی وضعیت مطلوب (افزایش مقدار آب قابل استفاده (۱۰۰) با کاهش جزء شن خاک حاصل گردیده است (۱). از طرف دیگر با توجه به لزوم کاهش انرژی جمعی آب قابل استفاده (۳۳۰) و افزایش نسبی میانگین قطر خلل و فرج خاک و تأثیر معنی‌دار سه جزء شن، سیلت و رس خاک بر این دو ویژگی، توجه به توزیع اندازه ذرات (بافت) خاک ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج بررسی پنج کلاس بافتی مطالعه شده در این تحقیق نشان داد که به ترتیب بافت‌های لوم سیلتی، لوم رسی و لوم از منظر سه خصوصیت آب قابل استفاده (۱۰۰)، انرژی جمعی آب قابل استفاده (۳۳۰) و میانگین قطر خلل و فرج خاک، در شرایط مطلوب‌تری قرار دارند و به طور نسبی دارای مقدار آب قابل استفاده (۱۰۰) بیشتر، انرژی جمعی آب قابل استفاده (۳۳۰) کمتر و خلل و فرج درشتتری هستند. نتایج بررسی بهره‌وری مصرف آب در کلاس‌های مختلف بافتی (جدول ۱) نیز مؤید این مطلب است که بیشترین مقدار این شاخص به ترتیب در بافت‌های لوم سیلتی، لوم رسی و لوم حاصل شده است. نتیجه اینکه خاک‌های دارای سه بافت ذکر شده می‌توانند شرایط مطلوب‌تری را جهت کشت ذرت فراهم نمایند و بهره‌وری مصرف آب بیشتری نسبت به سایر کلاس‌های بافتی را رقم بزنند.

توصیه ترویجی

کشت ذرت با اعمال شرایط یکسان مدیریت زراعی و مدیریت مزرعه در اقلیم نیمه خشک در خاک‌های با ویژگی‌های فیزیکی متفاوت نشان داد که بهره‌وری مصرف آب در کشت ذرت به میزان قابل توجهی تحت تأثیر میزان و انرژی آب قابل استفاده و شاخص میانگین اندازه خلل و فرج خاک می‌باشد. لذا کشت ذرت در خاک‌های با بافت لوم سیلتی، لوم رسی و لوم به ترتیب با داشتن مطلوب‌ترین شرایط از منظر ویژگی‌های ذکر شده، به طور نسبی بیشترین بهره‌وری مصرف آب در این گیاه را به دنبال خواهد داشت. در مجموع خاک با ترکیب ۲۲-۳۶ (میانگین ۲۹) درصد شن، ۵۲-۴۱ (میانگین ۴۶) درصد سیلت و ۲۹-۲۲ (میانگین ۲۵) درصد رس، از نظر فیزیکی مطلوب‌ترین خاک برای کشت ذرت نسبت به خاک‌های دیگر در شرایط برابر بوده و بیشترین بهره‌وری مصرف آب حاصل خواهد شد.

فهرست منابع

۱. امامی، ح. لکزیان، ا. مهاجرپور، م. (۱۳۸۹). بررسی رابطه بین شیب منحنی رطوبتی و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی کیفیت خاک. نشریه آب و خاک. ۲۴(۵): ۱۰۳۵-۱۰۲۷.
۲. بیگی هرچگانی، ح. بنی‌طالبی، گ. (۱۳۹۲). اثر رژیم‌های کاربرد دراز مدت پساب شهری بر شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک (مطالعه موردی: مزارع طاقانک شهرکرد). نشریه آب و خاک. ۲۷(۵): ۱۰۵۶-۱۰۴۶.
۳. سیمای کشاورزی خراسان رضوی (۱۳۹۷). سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.
۴. شهاب آرخازلو، ح. امامی، ح. حق‌نیا، غ. ح. کریمی، ع. ر. (۱۳۹۰). تعیین توزیع بهینه اندازه منافذ خاک با استفاده از شاخص-های کیفیت فیزیکی خاک و بررسی عوامل موثر بر شاخص Sgi در جنوب شهر مشهد. نشریه آب و خاک. ۲۵(۴): ۸۹۱-۸۸۱.
۵. صاحب‌جمع، ع. ا. ۱۳۸۱. مطالعات تفصیلی دقیق خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق-استان خراسان رضوی. گزارش نهایی. نشریه شماره ۱۱۴۶. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
۶. عباسی، ف، عباسی، ن، توکلی، ع. ر. (۱۳۹۶). بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار. ۴(۱): ۱۴۴-۱۴۱.
7. Asgarzadeh, H., Mosaddeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Nosrati, A., and Dexter, A.R. (2010). Soil water availability for plants as quantified by conventional available water, least limiting water range and integral water capacity. *Plant Soil*. 335:229–244.
8. Groenevelt, P.H., Grant, C.D., Semetsa, S. (2001). A new procedure to determine soil water availability. *Aust J Soil Res*. 39:577–598.
9. Minasny, B., McBratney, AB. (2003). Integral energy as a measure of soil–water availability. *Plant Soil*. 249:253–262.
10. Reynolds, W.D., Bowman, B.T., Drury, C.F., Tan, C.S., Lu.,X. (2002). Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma*, 110:131–146.