راهکارهای مدیریتی خاک برای بهبود ظرفیت نگه‌داری آب در مناطق خشک

با تأکید بر افزایش ظرفیت زراعی خاک

محمدرضا ممیز[۱]
عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا
زهرا کریمی و محمود رضا عیسی‌خانی[۱]
دانشجویان دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا

غالب زمین‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند که تولید محصولات در این مناطق به‌شدت وابسته به نزولات آسمانی و توانایی استفاده گیاهان از آب موجود در خاک است. اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری فنون جدید به‌منظور بهبود وضعیت نفوذپذیری خاک جهت ذخیره و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب، از جمله اقدامات مؤثر می‌باشد. در این راستا اقداماتی هم‌چون کاربرد کود سبز، استفاده از مالچ‌های مختلف، بایوچار، خاک‌ورزی حفاظتی، شخم عمیق، سیستم‌های نوین آبیاری و استفاده از مواد اصلاح کننده (سوپر جاذب) امکان‌پذیر است. بایوچار، پوشش‌های گیاهی، مالچ‌های طبیعی و مصنوعی با کاهش تبخیر، افزایش مواد آلی خاک و استحکام خاکدانه‌ها، موجب افزایش ظرفیت نگه‌داری آب و میزان نفوذ آب در خاک می‌شوند. در سیستم کشاورزی بدون شخم یا حفاظتی نیز منافذ بیولوژیکی، فعالیت کرم‌های خاکی، کانال‌های ریشه‌های قبلی و حفره‌های درون ساختار خاک حفظ شده و در این شرایط حرکت مؤثر آب در عمق خاک و جذب آن امکان‌پذیر بوده و در نتیجه میزان آب در دسترس گیاه در ناحیه ریشه افزایش می‌یابد. سوپرجاذب‌ها علاوه بر افزایش ظرفیت زراعی خاک، در رشد گیاهان و تولیدات محصولات کشاورزی نقش بسزایی در مناطق خشک و خاک‌های فقیر دارند. مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول‌بندی، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود از مقادیر بسیار کم حدود ۲۰ برابر وزنی تا بالاتر از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغییر است.

کلمات کلیدی: بیوچار، خاک‌ورزی حفاظتی، سوپرجاذب، ظرفیت زراعی، مالچ

"مقدمه

توان تولید و باروری خاک از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک است. توازن پایدار این فرایندها به‌همراه مدیریت مناسب بهره‌برداری از خاک موجب تداوم باروری می‌شود و هر گونه اقدام در جهت برهم‌زدن این تعادل اثرات جبران‌ناپذیری به‌دنبال خواهد داشت. آب، نیز مهم‌ترین عامل حیات و محدود کننده تولیدات کشاورزی در مناطق مختلف جهان، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مساحت زیادی از کشور ایران نیز جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود و اهمیت آب و ذخیره آب در خاک در این مناطق به‌خوبی روشن است. کمبود آب از یک طرف و عدم کاربرد صحیح آب موجود از جهت دیگر و هم‌چنین وجود ضعف‌هایی در مدیریت منابع آبی کشور، امکان گسترش توسعه کشت در اراضی مستعد و تولیدات کشاورزی را عملاً دچار مشکل کرده است. بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده منابع آب کشور می‌باشد و بیش از ۹۲ درصد از حجم آبی که در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد، صرف تولیدات کشاورزی می‌شود و بیش‌ترین حجم تلفات آب نیز مربوط به همین بخش می‌باشد.

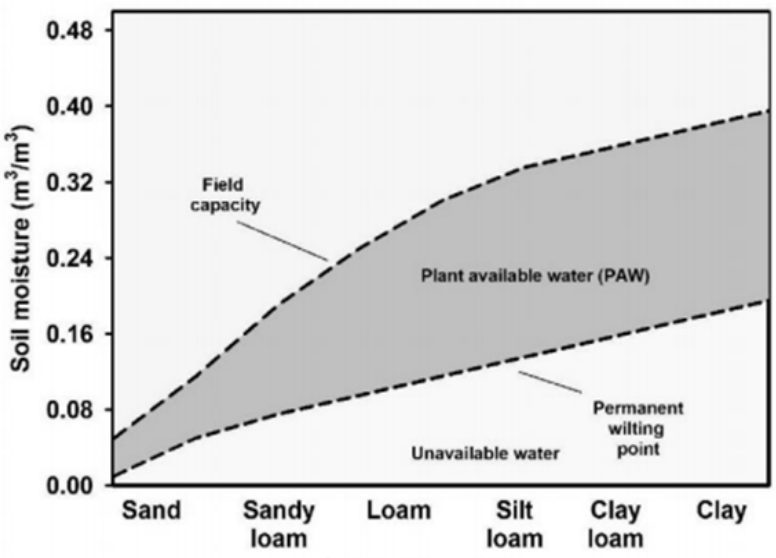
یکی از ویژگی‌های اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک افزون بر کمبود بارندگی سالانه، نزول بارش‌های نسبتاً زیاد در مدتی کوتاه است که منجر به وقوع جریان‌های سطحی زیاد می‌شود. از آن‌جا که این جریان‌ها به‌طور عمده در فصل‌های غیر زراعی اتفاق می‌افتد، بدون استفاده و به‌راحتی از دسترس خارج شده و حتی موجب بروز خساراتی نیز می‌شود. از طرف دیگر با توجه به محدودیت منابع آب در کشور، ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب کاملاً محسوس بوده و الزامی می‌باشد.

اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری فنون پیشرفته به‌منظور حفظ ذخیره رطوبت خاک و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب از جمله اقدامات مؤثر برای کاهش رواناب، فرسایش و افزایش بازده آبیاری، افزایش تولیدات کشاورزی و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع آب کشور است. بنابراین به‌وسیله بهبود وضعیت نفوذپذیری خاک و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و راندمان آب مصرفی را بهبود بخشید. برای این کار اقداماتی هم‌چون کاربرد کود سبز، خاک‌ورزی حفاظتی، استفاده از مالچ‌های گیاهی و مصنوعی، کاه و کلش، پوشش گیاهی و هم‌چنین بعضی اقدامات فیزیکی جهت حفظ رطوبت خاک در دیم‌زارها (شخم زدن و ایجاد شیار) و استفاده از مواد اصلاح کننده (مانند: تورب، ورمی‌کولایت، بنتونیت و پرلیت)، امکان‌پذیر و متداول می‌باشد.

لذا در ادامه در مورد هر کدام از راهکارهای ذکر شده در جهت بهبود وضعیت نفوذپذیری خاک و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک به تفصیل بحث خواهد شد.

"اهمیت ظرفیت زراعی خاک (FC)

خاک مخزن نگه‌داری رطوبت برای گیاه است و آب قابل استفاده مقدار رطوبتی است که بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم قرار می‌گیرد. خاک‌های مختلف مقادیر متفاوتی آب در خود نگه می‌دارند، که به بافت و توزیع اندازه خلل و فرج خاک بستگی دارد. خاک‌های شنی توانایی ذخیره و نگه‌داری رطوبت کمی را دارند و خاک‌های رسی میزان رطوبت بالایی را در خود نگه‌داری می‌کنند، اما در خاک‌های شنی مقدار رطوبت قابل استفاده در حد فاصل بین ظرفیت زراعی (Field capacity) و نقطه پژمردگی دائم (Permanent wilting point) کم می‌باشد (شکل ۱). بنابراین برای زمان‌بندی مناسب آبیاری و تعیین شیوه مناسب آبیاری اطلاع از میزان ذخیره رطوبت خاک بسیار ضروری است. جدول ۱ قابلیت نفوذ آب در انواع خاک‌ها را نشان می‌دهد که خاک‌هایی با بافت لومی رسی نفوذپذیری مناسبی دارند و برای اجرای آبیاری قطره‌ای مناسب‌اند. میزان آب درون خاک پارامتری دینامیک است. در مقیاس مزرعه این میزان آب از تعادل بین آب دریافتی (بارش، آبیاری، آب جاری و آب حاصل از خاصیت مویینگی خاک) و آبی که زمین از دست می‌دهد (تبخیر، آب مازاد جاری و آبی که جذب سطوح مختلف می‌شود) حاصل می‌شود. ظرفیت نگه‌داری آب درون خاک تابعی از عمق و بافت خاک است، اما عواملی مانند: ساختار ضعیف



شکل ۱- ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم در انواع خاک‌ها بر حسب رطوبت حجمی

جدول ۱- ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم در انواع خاک‌ها بر حسب رطوبت جرمی

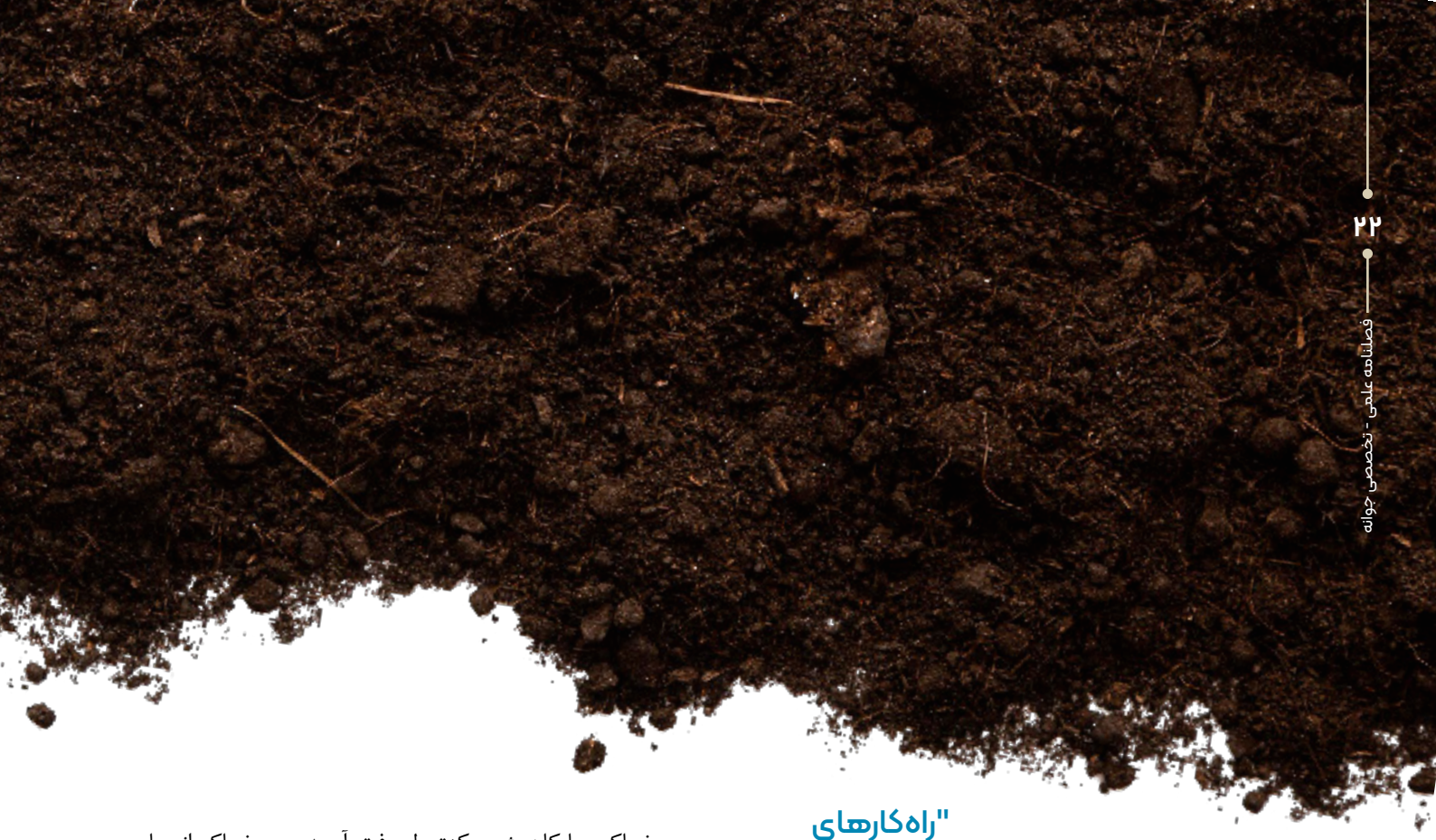
بافت خاک	درصد رطوبت	
	در ظرفیت زراعی (درصد)	در نقطهٔ پژمردگی دائم (درصد)
شنی متوسط	۶/۸	۱/۷
شنی ریز	۸/۵	۲/۳
لوم شنی	۱۱/۳	۳/۴
لوم شنی ریز	۱۴/۷	۴/۵
لوم	۱۸/۱	۶/۸
لوم سیلتی	۱۹/۸	۷/۹
لوم رسی	۲۱/۵	۱۰/۲
رسی	۲۲/۶	۱۴/۷

خاک باعث کاهش آن می‌شود. البته ظرفیت خاک برای نگه‌داری آب برای یک محصول به عمق سیستم ریشه آن محصول و تخلخل خاک بستگی دارد و هر دوی این پارامترها در مقیاس مزرعه تغییر می‌کنند. اگر روش‌های مناسب مدیریت خاک اعمال شود، امکان افزایش میزان آبی که در خاک ذخیره می‌شود و کاهش آبی که زمین از دست می‌دهد وجود دارد. مشکل اصلی تخلخل خاک، اندازه و شکل منافذ در خاک است که راه‌حل اصلی این مشکل به کارگیری عملیات مدیریت خاکی است که ساختار خاک را بهبود بخشد، فشردگی را کاهش دهد، ماده آلی خاک را افزایش و از آن محافظت نماید. گزینه‌های زیادی برای بهبود ظرفیت نگه‌داری آب درون خاک برای رشد محصولات در دسترس است. با وجود محدودیت‌هایی که در هر شرایط محیطی وجود دارد (مشخصات خاک و ویژگی‌های آب و هوایی محدودیت‌های فیزیکی اصلی هستند)، روش‌های درست کشاورزی ابزارهای مناسبی برای بهبود ظرفیت ذخیره آب درون خاک برای سیراب کردن محصولات کشاورزی هستند.

هدف از این روش‌ها افزایش نفوذ آب و کاهش آب مازاد جاری، تبخیر و زهکشی خاک و بهینه‌کردن تعرق سطحی گیاهان است. با به‌کارگیری روش‌های درست کشاورزی، کشاورزان پارامترهایی را که بر میزان آب موجود در خاک اثر می‌گذارند اصلاح می‌کنند. به‌جز استفاده از تاج‌پوش، روش مدیریت خاک عامل تأثیرگذاری روی فرایندی است که هم ریزش آب را در یک حوضه آبریز یا زمین و هم پارامترها یا فرایندهایی را که روی آب موجود در خاک تأثیر می‌گذارند، کنترل و تنظیم می‌کند. هرچند که دست بردن در آب ورودی به زمین از رودخانه‌ها که برای آبیاری استفاده می‌شود (Blue water) یا در خارج‌کردن آب اضافی از زمین‌های کشاورزی از دیدگاه حفظ و نگه‌داری از آب مطلوب نیست. بنابراین هدف از مدیریت خاک باید بهبود سرعت نفوذ آب باشد. برای رسیدن به این هدف لازم است تشخیص داد که آیا نفوذ آب با سطح خاک کنترل می‌شود یا با بافت خاک. اگر آب با سیستم آبیاری (با مقدار و شدت ثابت) تأمین شود، کنترل نفوذ آب در سطح خاک ممکن است. در شرایط دیم نفوذ آب با

هدایت هیدرولیکی بافت خاک کنترل می‌شود که می‌توان با روش‌های مدیریت خاک این پارامتر را اصلاح کرد. نفوذ آب در خاک را می‌توان با افزایش سرعت و زمانی که آب برای نفوذ به خاک نیاز دارد، بهبود داد. روش نخست در صورت وجود منافذ درشت (منافذی که از فعالیت جانوران ماکروسکوپی و کانال‌های ریشه گیاهان قبلی ایجاد شده‌اند) کارآمد است و روش دوم به سختی سطح خاک و شیب زمین بستگی دارد. سختی سطح خاک معمولاً به‌صورت غیرعمدی طی هر شکلی از خاک‌ورزی افزایش می‌یابد یا تعمداً حاصل شخم‌زدن زمین‌های شیب‌دار برای ایجاد سطح صاف قابل کشت (تراس) است. هرچند که بهبود سرعت نفوذ فقط در مکان‌هایی امکان‌پذیر است که مدیریت خاک در موارد زیر نقش داشته باشد. بنابراین هدف روش‌های مدیریتی که در بهبود نفوذ آب نقش دارند، کاهش از هم‌گسیختگی خاک، افزایش ماده آلی، اصلاح به منظور دست‌یابی به پایداری تراکم خاک، استفاده از باقی‌مانده محصولات برای پوشش خاک است. برای مقابله با محدودیت‌های نفوذ آب ناشی از بافت خاک، در خاک‌های لایه‌ای یا در صورت وجود لایه خاک فشرده زمین را تا عمقی بیش‌تر از عمق معمول شخم می‌زنند. این کار لایه‌های سفت و سخت خاک را که مانع نفوذ آب هستند، می‌شکند. استراتژی بلندمدت بهبود سرعت نفوذ آب در برابر محدودیت‌های حاصل از بافت خاک شامل دو راه است، نخست افزایش منافذ ماکروسکوپی که به صورت عمودی در خاک قرار دارند در نتیجه فعالیت کرم‌های خاکی و دیگر جانوران ماکروسکوپی و دوم نگه‌داری و حفظ کانال‌های ریشه قبلی که هر دوی این راه‌کارها در انسجام خاک مؤثر هستند.

پس از نفوذ آب به خاک، حرکت آن در خاک بیش‌تر به نیروهای گرانشی و کشش شیب بستگی دارد. میزان آب درون خاک که در دسترس گیاه است به تخلخل خاک (مقدار و ابعاد منافذ) و حجم خاکی که ریشه گیاه به آن می‌رسد، بستگی دارد. در حالی که نقش ابعاد منافذ خاک به‌شدت متأثر از ویژگی‌های خاک مانند بافت، ساختار و ماده آلی آن است، حجم کلی منافذ که گیاه از آن آب جذب می‌کند به عمق مؤثر رشد ریشه بستگی دارد.



"راه‌کارهای مدیریتی خاک برای بهبود ظرفیت نگه‌داری آب (ظرفیت زراعی خاک) در مقیاس مزرعه

تأثیر شخم بر ظرفیت زراعی خاک

رطوبت قابل دسترس خاک تفاوت رطوبت نقطه پژمردگی دایم و حد ظرفیت مزرعه است که تابعی از بافت و ساختمان خاک است. بنابراین هر عاملی مانند: کشت و کار، شخم و غیره که سبب تغییرات در آن‌ها شود در نهایت رطوبت خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از سویی دیگر کشاورزی یکی از معمول‌ترین اشکال تخریب اراضی توسط انسان است. زمانی که اراضی مرتعی تحت کشت قرار گرفته و سپس رها می‌شوند در بسیاری از موارد عوامل بازدارنده، سرعت بازگشت به حالت طبیعی و اولیه را بسیار کند می‌کنند. خاک‌ورزی عمیق برای شکستن لایه‌های سخت و افزایش عمق در دسترس خاک با بریدن عمودی تخته خاک با تیغه، بلندکردن خاک و مجدداً ریختن آن به زمین می‌باشد. این روش برای ریشه‌ها امکان رشد در لایه‌های عمیق‌تر را فراهم کرده و از سویی دیگر به

گیاهان امکان استفاده از آب و عناصر غذایی از اعماق را می‌دهد. بنابراین برای افزایش آب در دسترس گیاه می‌توان روش‌های مدیریتی مشخصی با هدف افزایش عمق ریشه‌دوانی، درصد منافذ درشت و نیمه درشت انجام داد. به‌طوری‌که با شخم زدن عمودی می‌توان لایه‌های فشرده خاک را از بین برد. برای شخم زدن غالباً از ماشین‌های سنگین بر روی خاک خیس یا روی خاکی که قبلاً خاک‌ورزی شده است، استفاده می‌کنند. اگرچه این روش برای از بین‌بردن محدودیت‌های فیزیکی لایه‌های زیرین خاک مؤثر است، اما اثرات شل‌کردن عمق خاک معمولاً کوتاه‌مدت است. مخصوصاً اگر اقدامات اضافی بعدی مانند: استفاده از نرم‌کننده خاک (مثل گچ) یا قراردادن محصولات قبلی روی خاک یا کاهش و کنترل رفت‌وآمد روی خاک انجام نشود.

تأثیر ماده آلی خاک بر ظرفیت زراعی خاک

مواد آلی، موادی از قبیل بقایای گیاهی و کود حیوانی می‌باشند که بسیاری از خواص فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. برخی از این خواص شامل: ساختمان، ظرفیت نگه‌داری آب، حاصل‌خیزی، فعالیت‌های بیولوژیکی و هوادیدگی می‌باشد. مواد آلی که در مرحلهٔ پوسیدگی است، هوموس نام دارد. هوموس ماده‌ای است تیره رنگ و چسبناک که آب را نگه‌داری می‌کند و منبع غذایی بسیار خوبی برای گیاه می‌باشد. صرف نظر از بافت خاک، مواد آلی خاک معمولاً با قابلیت استفاده از آب رابطهٔ مثبتی دارد. مواد آلی جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش داده وهم‌آوری خاک را افزایش می‌دهد. بنابراین بهبود قابل توجهی بر ساختمان خاک و نفوذ آب دارد. ساختمان خوب خاک به ریشهٔ گیاهان اجازه می‌دهد که تا به اعماق بیش‌تر پروفیل خاک رسوخ کنند. بدین معنا که ریشه را قادر به دستیابی به منبع رطوبت بیش‌تر خاک کرده و این به گیاهان کمک می‌کند تا مدت زمان طولانی‌تری را در مقابل آب و هوای خشک و حتی خشکسالی مقاومت کنند. سیستم‌های زهکشی سفالی زیر سطحی نیز، شرایطی را که ساختمان مناسب خاک را نگه‌داری می‌کند، ارتقاء داده و نفوذ آب به خاک را افزایش می‌دهد. تولید مفرط محصول اغلب مواد آلی کمی را به خاک باز می‌گرداند. البته روش‌هایی برای نگه‌داری یا افزودن مقدار مواد آلی وجود دارد که این روش‌ها شامل: پخش کردن کمپوست یا کود دامی، خاک‌ورزی کمینه، کود دهی سبز و انجام تناوب مناسب در کشت می‌باشد.

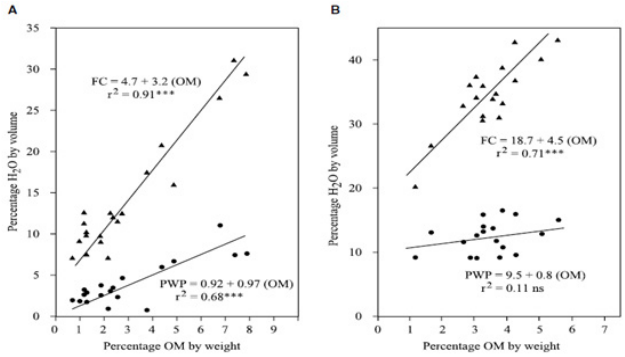
ظرفیت نگه‌داری آب درون خاک تابع مستقیمی از تخلخل خاک است که آن هم به ساختار خاک بستگی دارد و چگونگی ساختار خاک هم به میزان ماده آلی خاک برمی‌گردد. جدای

از منابع سنتی (کود گیاهی و حیوانی)، کمپوست، گیاهان پوششی، مالچ گیاهی، لجن فاضلاب و پسماندهای شهرداری نیز می‌توانند به‌عنوان مواد ارگانیک جایگزین مورد توجه قرار گیرند. حد استفاده از منابع خارجی ماده آلی خاک، به میزان ماده مغذی مؤثر، نسبت کربن به نیتروژن و خطر آلودگی (فلزات سنگین، آلاینده‌های ارگانیک، حشره‌کش‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها) بستگی دارد. بیش‌تر مکمل‌های ارگانیک جایگزین باید به مقدار زیادی استفاده شوند از این رو هزینه حمل و نقل آن محدودیتی است که باید در این روش در نظر گرفته شود.

مقدار مواد آلی از پارامترهای مهمی است که بر روی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک تأثیر می‌گذارد و تصور می‌شود که بالا بودن مقادیر مواد آلی در خاک، سبب ایجاد هدایت الکترولیکی اشباع بیش‌تر خواهد شد. دلیل منطقی این امر این است که با افزایش مقدار مواد آلی در خاک، خاکدانه‌سازی بهتر و بیش‌تر می‌گردد. مطالعات بسیاری اثرات مقدار مواد آلی را بر روی پایداری خاکدانه و رطوبت خاک بررسی نموده‌اند که از جمله می‌توان به تحقیاتی اشاره کرد که نشان دادند کاهش مواد آلی باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل و در نتیجه کاهش پایداری خاکدانه‌ای و میزان نگه‌داشت آب در خاک می‌شود. همچنین با افزایش ماده آلی خاک میزان رطوبت در دسترس گیاه و یا محتوای رطوبتی خاک افزایش یافته و مواد آلی، ظرفیت زراعی خاک را بیش‌تر از نقطه پژمردگی دائم تحت تأثیر قرار می‌دهد، زیرا که مواد آلی به‌علت ماهیت آبدوستی، اثرات مثبتی در بهبود ساختار خاک دارند (شکل ۲).

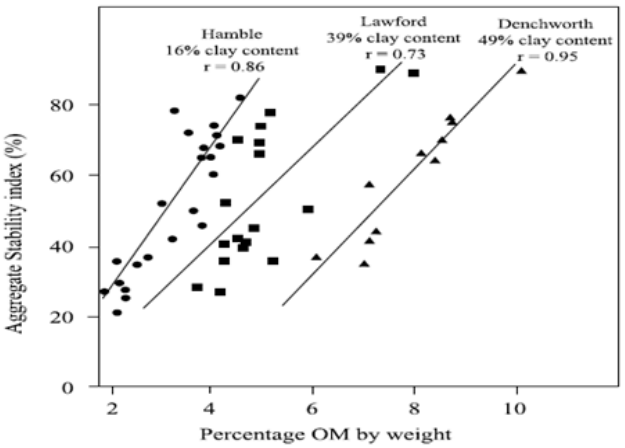
افزایش ماده آلی خاک تشکیل خاکدانه‌ها و پایداری خاکدانه‌های خاک را افزایش داده و موجب افزایش تخلخل خاک و اندازه منافذ ذرات آن می‌شود که این نیز باعث افزایش میزان رطوبت قابل دسترس گیاه در اطراف ریشه می‌شود. با کاهش ماده آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافته ولی جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد (شکل ۳).

بنابراین مواد آلی خاک با افزایش مقدار آب موجود در خاک‌های شنی، بهبود تهویه خاک‌های رسی با افزایش خاکدانه‌سازی و در نتیجه ایجاد خلل و فرج بزرگ‌تر، میزان



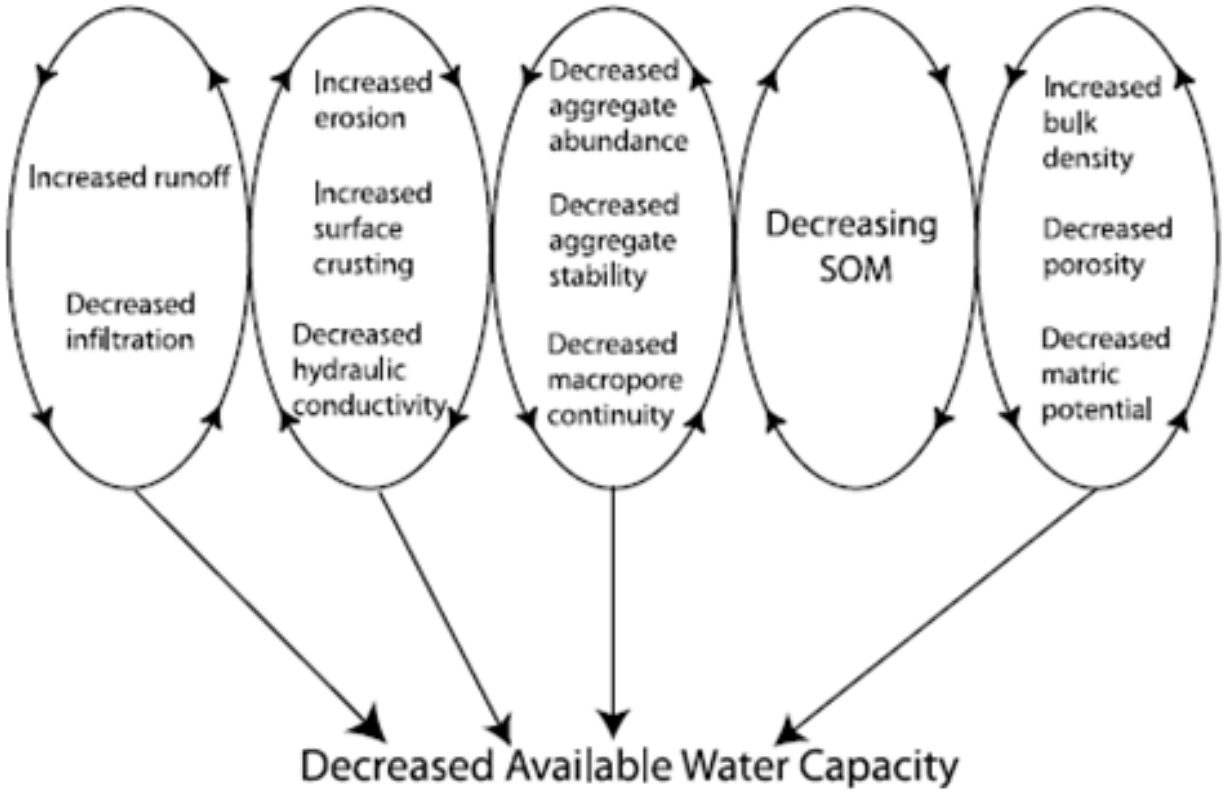
شکل ۲- محتوای آبی در ظرفیت زراعی خاک (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) برای خاک‌هایی با بافت شنی (A) و سیلت

رطوبت در دسترس گیاه را افزایش داده که این امر در مناطق خشک و نیمه‌خشکی هم‌چون ایران بسیار حائز اهمیت است.



شکل ۳- ارتباط بین محتوای ماده آلی خاک و ثبات خاکدانه‌های خاک

در شکل ۴ مدل مفهومی از اثرات عمده کاهش ماده آلی خاک بر خصوصیات فیزیکی خاک ارائه شده است که در نهایت تمامی عوامل موجب کاهش ظرفیت آب قابل دسترس گیاه در ناحیه ریشه می‌شود. کاهش ماده آلی خاک با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک سبب کاهش ظرفیت زراعی خاک و میزان نگه‌داشت آب خاک شده که این امر نیز منجر به افزایش رواناب و فرسایش خاک می‌شود.



شکل ۴- مدل مفهومی اثرات عمده کاهش ماده آلی خاک بر خصوصیات فیزیکی خاک

"تأثیر بایوچار بر ظرفیت زراعی خاک

اخیراً برای بالا بردن میزان ماده آلی خاک از مواد پایداری مانند بایوچار استفاده می‌شود که در مقابل تجزیه میکروبی بسیار مقاوم است. بایوچار، 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، به‌دست می‌آید. فرایند پیرولیز و تبدیل ماده آلی به بایوچار منجر به تبدیل حدود ۵۰ درصد کربن فعال ذخیره شده در بافت‌های گیاهی به منبعی از کربن آلی می‌شود. در حالی‌که تثبیت کربن در اثر سوختن معمولی حدود سه درصد و در اثر تجزیه بیولوژیکی کمتر از ۲۰ درصد گزارش شده است، لذا اساساً تولید بایوچار با هدف جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق تثبیت بلند مدت کربن پیشنهاد شده است و کاربرد آن در کشاورزی از اهداف جانبی تولید بایوچار است.

علی‌رغم اهمیت خصوصیات فیزیکی خاک در افزایش تولید، به بررسی اثرات بایوچار بر این خصوصیات در مقایسه با خصوصیات شیمیایی توجه کمتری شده است. اخیراً گزارش‌هایی در خصوص نقش بایوچار در بهبود پایداری خاکدانه‌ها، افزایش تخلخل، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش ظرفیت نگه‌داری رطوبت ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی خاک در تولیدات کشاورزی آب قابل دسترس گیاه است که کاربرد بایوچار باعث افزایش آن می‌شود. در این راستا در تحقیقی اثرات بایوچار حاصل از چوب اکالیپتوس تحت فرایند پیرولیز آهسته (دمای حدود ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد) بر حفظ رطوبت در خاک لوم شنی مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها مقادیر مختلف بایوچار (۰، ۸، ۱۶ و ۳۲ تن در هکتار) را تا عمق ۱۵ سانتی‌متر با خاک مخلوط کرده و گزارش کردند که آب قابل دسترس گیاه در لایه سطحی خاک حدود ۰/۸ درصد به ازای هر تن مصرف بایوچار افزایش پیدا کرد.

"تأثیر کشت حفاظتی بر ظرفیت زراعی خاک

کشت حفاظتی حاصل مجموعه‌ای از عملیات کاهش زیر و رو کردن خاک یا حذف کلی آن، بذرکاری مناسب، نگه‌داری پسماند محصولات زراعی روی خاک، رعایت تناوب زراعی و ... می‌باشد. خاک‌ورزی حفاظتی، نمونه‌ای از مدیریت بقایا است که در آن بقایای محصولات دفن نمی‌شوند بلکه درصد زیادی از آن در نزدیکی سطح خاک باقی می‌مانند. سیستم‌های تولیدی براساس خاک‌ورزی حداقل و یا بدون خاک‌ورزی می‌توانند بر حفاظت از رطوبت مؤثر باشند، زیرا که به بقایای محصولات اجازه می‌دهند تا در سطح خاک باقی بمانند و بذر مستقیماً در خاک مرطوب و در زیر بقایا بدون این‌که پوشش خاک بهم ریخته شده باشد کاشته می شود که این عملیات نفوذ آب را بهبود می‌دهد و تبخیر و جاری‌شدن آب مازاد را کاهش می‌دهد. از این‌رو، در مناطق خشک و نیمه خشک که آب مهم‌ترین عامل محدود کننده زراعت است بهره‌گیری از سیستم خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند در ذخیره و جذب رطوبت مؤثر بوده و در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم از طریق کاهش تبخیر (حدود ۳۴ تا ۵۰ درصد) و افزایش نفوذپذیری آب موجب افزایش کارایی ذخیره آب بارندگی شود. خاک‌ورزی حفاظتی همچنین در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم موجب کاهش تعداد عملیات زراعی می‌شود که این امر سبب کاهش تلفات

رطوبتی و تخریب ساختمان خاک و اکسیداسیون بقایای آلی می‌شود. این مسئله علاوه بر کاهش هزینه‌ها موجب افزایش کارایی مصرف آب در مناطق خشک می‌شود. در سیستم کشاورزی بدون خاک‌ورزی منافذ بیولوژیکی، کرم‌های خاکی، کانال‌های ریشه قبلی و حفره‌های درون ساختار خاک حفظ می‌شوند. در این شرایط حرکت مؤثر آب در عمق خاک و جذب آن امکان‌پذیر است. هرچند که شخم زدن تنها در زهکشی خاک تفاوت کوچکی ایجاد می‌کند، اما نگه‌داشتن باقیمانده محصولات کشاورزی روی سطح خاک را می‌توان علت اصلی کاهش خروج آب از خاک در سیستم حفاظت از خاک دانست. از دست‌رفتن آب موجود در خاک به دلیل تبخیر می‌تواند روی میزان آب در دسترس محصول به شدت تأثیر بگذارد، به‌ویژه در شرایطی که تبخیر زیاد رخ می‌دهد. تبخیر آب بلافاصله بعد از هرنوع آماده‌سازی زمین (خاک‌ورزی) برای کشت رخ می‌دهد. هرچند که در مراحل بعدی خاک سطحی خشک‌شده همچون مانعی (مالچ خاک) از تبخیر آب لایه‌های زیرین جلوگیری می‌کند. در شرایط کشاورزی بدون خاک‌ورزی فرایند تبخیر آب متوقف نمی‌شود، مگر این که پوشش خشک روی خاک این مانع را برای تبخیر ایجاد کند.

بنابراین به‌طور خلاصه هدف از مدیریت خاک برای بهبود ظرفیت نگه‌داری آب، در سیستم‌های کشت دیم یا غیردیم، باید کاهش تبخیر و آب مازاد جاری و بهبود حجم آب در دسترس گیاه با ریشه‌دوانی عمیق و ابعاد منافذ باشد. جدای از مکمل‌های شیمیایی که ظرفیت نفوذ و نگه‌داری آب را در خاک افزایش می‌دهند، چگونگی روش خاک‌ورزی می‌تواند نقش بسزایی را در مدیریت آب خاک ایفا نماید. با مقایسه گزینه‌های مختلف به نظر می‌رسد راهکار کشت حفاظتی از نظر اقتصادی به صرفه‌ترین راه مدیریت خاک برای بهبود ظرفیت نگه‌داری آب در مقیاس مزرعه است.

"تأثیر مالچ بر ظرفیت زراعی خاک

کلمه مالچ در انگلیسی به معنای پوششی است. مالچ، به هر گونه پوشش از قبیل مواد آلی مانند کاه و کلش، برگ گیاهان و مواد مشابه بر سطح خاک اطلاق می‌شود، ولی امروزه به مواد طبیعی یا مصنوعی که بتوانند پوشش محافظتی روی زمین ایجاد کنند نیز مالچ گفته می‌شود. هر ماده‌ای که کدر بوده و یا به اندازه کافی ضخیم باشد تا جلو نور را بگیرد، نسبتا ارزان باشد و کار کردن با آن نیز ساده باشد، مالچ محسوب می‌شود. از مواد گیاهی همچون کاه و کلش، خاک اره، تکه‌های چوب و علف‌های درو شده می‌توان به‌عنوان مالچ استفاده کرد. مالچ‌ها انواع متفاوتی دارند که شامل مالچ زنده، بقایای مواد آلی و غیرآلی می‌باشند.

این موانع طبیعی و مصنوعی به‌عنوان پوشش و نگهدارنده خاک اثرات قابل توجهی را در جهت بهبود وضعیت خاک، کنترل علف‌های هرز و بهبود عملکرد ایفا می‌کنند. مالچ در انواع مختلف زنده و غیرزنده به‌عنوان محافظی برای خاک و گیاهان بکار برده می‌شود. مالچ‌ها این قابلیت را دارند که گیاهان را در برابر تغییر دمای شدید خاک و از دست رفتن آب زمین محافظت کرده و از رشد علف‌های هرز نیز جلوگیری نمایند. مالچ‌ها همچنین با کاهش تبخیر و استحکام خاکدانه‌ها موجب افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک می‌شوند که تحقیقات زیادی در مورد اثرات مالچ‌ها روی حفظ رطوبت خاک انجام شده است. جردن و همکاران، نشان دادند که کاربرد مالچ کاه و کلش گندم در سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار سبب افزایش ۱/۱، ۱/۲۵ و ۱/۲۵ برابر میزان آب قابل دسترس خاک می‌شود، ولی در نسبت‌های پایین‌تر از ۵ تن در هکتار تأثیر زیادی بر آب قابل دسترس ندارد.

"تأثیر سوپرجاذب بر ظرفیت زراعی خاک

از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن استفاده از اصلاح کننده‌های طبیعی و مصنوعی است. مهم‌ترین اصلاح کننده‌های طبیعی کودها هستند. کودها دارای انواع مختلف شیمیایی، زیستی و آلی می‌باشند. کودهای آلی دارای منشا طبیعی بوده و علاوه بر افزایش حاصل‌خیزی خاک، تا حدودی ظرفیت نگه‌داری آب در خاک را نیز افزایش می‌دهند. اما با توجه محدودیت‌هایی که در استفاده از کودهای آلی (کودهای دامی) و اثرگذاری آن‌ها بر ظرفیت نگهداری آب در خاک وجود دارد،

در دهه‌های اخیر استفاده از اصلاح کننده‌های مصنوعی به نام سوپر جاذب کاربرد وسیعی در مناطق خشک یافته است که به کمک آن می‌توان تا ۵۰ درصد مصرف آب آبیاری را کاهش داده و ضمنا از شستشوی کودهای محلول در آب و آلودگی آبهای زیرزمینی نیز جلوگیری نمود. این مواد می‌توانند با کاهش تعداد دفعات آبیاری و کاهش هزینه‌های آبیاری گزینه مناسبی در استفاده بهینه از آب در مناطق خشک و نیمه خشک باشند. پلیمرهای سوپر جاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند. این مخازن ذخیره کننده آب وقتی در خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند. سوپر جاذب باعث افزایش رطوبت خاک و جذب مواد غذایی و میکروالمان‌های ضروری در خاک می‌شود. این پلیمر وقتی آب را جذب می‌کند به شدت افزایش حجم می‌یابد. میزان مصرف این مواد برای خاک‌ها و محصولات مختلف کشاورزی متفاوت است. به‌عنوان مثال: برای کشت‌های مشابه سیب‌زمینی، بادام زمینی و کتان حدود ۱۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

پلیمرهای جاذب آب باعث افزایش ظرفیت آبی خاک برای دو تا سه سال، کاهش تعداد دور آبیاری در حدود ۵۰ درصد و بیش‌تر از آن، تهیه یکنواخت مواد مغذی و رطوبت برای گیاه، توسعه سریع و بهتر رشد ریشه، کاهش شستوشوی مواد مغذی به آب‌های زیرزمینی، کاهش هزینه آبیاری و تغذیه، بهبود زنده‌مانی گیاه و جوانه زنی بذور، کاهش تنش رطوبتی و صدمه نشاها در برابر جابه‌جایی و بهبود تهویه و افزایش تخلخل خاک می‌گردند. پلیمرهای سوپرجاذب، ژل‌های پلیمری آبدوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقدار زیادی آب جذب کنند. پس از عمل جذب و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر

به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند. از دیدگاه عملی ماده‌ای که قابلیت جذب حدقل ۲۰ برابر وزن خود را داشته باشد به‌عنوان سوپر جاذب ارزیابی می‌شود. مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول‌بندی، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود، از مقادیر بسیار کم حدود ۲۰ برابر وزنی تا بالاتر از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغییر است.

سوپر جاذب به صورت خشک شبیه ذرات شکر بوده و می‌تواند آب و برخی مواد محلول را به میزان ۵۰۰-۲۰۰ برابر وزن خود جذب نماید. ساختار این مواد به گونه‌ای است که می‌توانند در شرایط یونی، وجود فشار و حضور میکروارگانیسم‌های خاک، چندین سال مانند یک مخزن، آب و مواد محلول را جذب و نگه‌داری کرده و بر حسب نیاز ریشه (بر اثر اختلاف فشار اسمزی) در اختیار گیاه قرار دهند. سوپرجاذب‌ها بی بو، بی رنگ، بدون خاصیت آلایندگی در خاک، آب‌های سطحی، زیرزمینی و بافت‌های گیاهی می‌باشند. اسیدیته این مواد خنثی بوده و بسته به نوع آن، بافت خاک و شرایط اقلیمی حدود ۷-۴ سال در خاک ماندگار هستند.

مهم‌ترین نوع سوپرجاذب‌های مورد استفاده در کشاورزی، پلیمرهایی با ماهیت پلی‌آکریل‌آمید می‌باشند. این پلیمرها آلی و از اکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی‌اکریل آمید هستند و از نظر بار الکتریکی دارای انواع آنیونی، کاتیونی و خنثی بوده که نوع آنیونی آن در کشاورزی حائز اهمیت است.

سوپرجاذب‌های آنیونی با دارا بودن قابلیت بالای ظرفیت تبادل کاتیونی قادرند علاوه بر جذب مقادیر زیاد آب، کاتیون های مؤثر و مفید رشد گیاه را در خود جذب نموده و در مواقع لزوم در اختیار گیاه قرار دهند. سوپرجاذب‌ها هرگز به مواد اولیه خود بر نمی‌گردند، در شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه شده و سرانجام به آب، دی‌اکسید کربن و ترکیبات نیتروژن‌دار غیر سمی از جمله آمونیاک تبدیل شده و به ماده آلی خاک اضافه می‌شوند.

"تأثیر روش‌های مدرن آبیاری بر ظرفیت زراعی خاک

با توجه به اهمیت آب برای کشاورزی، بایستی با بهره‌گیری از تکنیک‌های مناسب میزان بهره‌وری آب را افزایش دهیم. نظر به اینکه کاربرد روش‌های آبیاری سنتی در کشور عمومیت داشته و راندمان مصرف آب در این روش‌ها پایین است، بکارگیری روش‌های نوین آبیاری (تحت فشار) به منظور توسعه کشاورزی و بالا بردن میزان تولیدات کشاورزی حائز اهمیت می‌باشد.

به‌طور کلی آبیاری‌های نوین به شکل تحت فشار و به دو شکل کلی آبیاری قطره‌ای و بارانی انجام می‌شود. راندمان آبیاری بارانی تا ۷۰ درصد و آبیاری قطره‌ای تا ۹۵ درصد است، یعنی در سیستم آبیاری بارانی تا ۲۰ درصد و در سیستم آبیاری قطره‌ای تا ۵ درصد آب تلف می‌شود، در حالی‌که در آبیاری مزارع به روش سطحی حتی با انجام هزینه‌های گزاف و تسطیح اراضی راندمان آبیاری از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند و در وضعیت سنتی که اکثر اراضی کشور ما به همین ترتیب آبیاری می‌شوند این میزان حتی کمتر از ۳۵ درصد می‌باشد. این بدین معنی است که اگر از روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای استفاده نشود، ۶۵ درصد آب مزارع از بین می‌رود و با احتساب آب تلف شده در کانال‌های انتقال، میزان تلفات از میزان ۷۵ درصد نیز تجاوز می‌کند. لذا با استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌توان از تلفات آب جلوگیری کرده و راندمان مصرف آب را افزایش داد.

به‌طور کلی سیستم‌های آبیاری تحت فشار به روش‌هایی گفته می‌شود که آب را توسط لوله و تحت فشاری بیش از فشار اتمسفر در سطح مزرعه توزیع می‌کنند. آبیاری تحت فشار به دو روش آبیاری بارانی و آبیاری موضعی انجام می‌شود.

روش آبیاری موضعی نیز به دو دسته آبیاری قطره‌ای و خطی انجام می‌گیرد. آبیاری قطره‌ای روش مؤثری در تحویل آب مورد نیاز گیاه در محدوده توسعه ریشه بداخل خاک است و این امکان را بوجود می‌آورد که عمل آبیاری تا حد رفع نیاز آبی گیاه انجام شود.

بنابراین در این روش به‌میزان زیادی از اتلاف آب بصورت نفوذ عمقی، ایجاد روان آب سطحی و تبخیر در مقایسه با روش‌های سنتی و بارانی کاسته می‌شود. روش‌های آبیاری تحت فشار اغلب باوجود راندمان بالا با محدودیت‌های متعددی مواجهند که مانع از کاربرد وسیع آن‌ها شده است. استفاده از این روش‌ها پیش زمینه‌های متعددی همچون یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی، سرمایه‌گذاری کلان بخش دولتی و خصوصی، مقرون به صرفه بودن تولید محصولات کشاورزی برای تولیدکنندگان و ... را می‌طلبد. به‌همین دلیل نیز روش‌های آبیاری تحت فشار تا کنون نتوانسته‌اند در کشور جایگزین روش‌های آبیاری سطحی شده و در مقیاس وسیع مورد استقبال قرار گیرند.

"نتیجه‌گیری

مدیریت خاک به منظور بهبود ظرفیت نگه‌داری آب متأثر از کاهش تبخیر و آب مازاد جاری، بهبود حجم آب در دسترس گیاه با ریشه‌دوانی عمیق و ابعاد منافذ می‌باشد. راهکارهای متفاوتی جهت نیل به اهداف فوق وجود دارد که اغلب در راستای بهبود ساختمان خاک، بهبود مواد آلی، کاهش میزان تبخیر از خاک، افزایش راندمان مصرف آب و یا کنترل علف‌های هرز می‌باشند. از جمله این راهکارها می‌توان به حفظ پوشش گیاهی، استفاده از انواع مالچ‌ها، اصلاح کننده‌های مصنوعی (سوپر جاذب)، سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی، سیستم‌های آبیاری تحت فشار و ... اشاره کرد که هر یک به نوعی میزان تبخیر و تلفات آبی خاک را کاهش داده و سبب افزایش میزان آب قابل دسترس موجود در خاک می‌شوند. با بهره‌گیری از تلفیقی از موارد مذکور می‌توان محدودیت آب در مناطق خشک و نیمه خشک را به طور مؤثری مدیریت نمود.

منابع

Andrenelli, M.C., Maienzab, A., Genesiob, L., Migliettab, F., Pellegrini, S., Vaccari, F.P., Vignozzi, N., 2016. Field application of pelletized biochar: Short term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil. Journal of Agricultural Water Management. 196-190 ,163.

Anwar, M.R., Liu, D.L., Macadam, I., Kelly, G., 2013. Adapting agriculture to climate change: a review. Theoretical and Applied Climatology. 245-225 ,113.

Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R., Chhetri, N., 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. Nature Climate Change. 291-287 ,4.

De Melo Carvalho, M.T., De Holanda, A., Madari, B.E., Bastiaans, L., Van Oort, P.A. 2014. Biochar increase plant available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. Solid Earth. 952-939 ,5.

Jolaini, M. 2011. Investigation the Effect of Different Water and Plastic Mulch levels on Yield and Water Use Efficiency of Tomato in Surface and Subsurface Drip Irrigation Method. Journal of Water and soil Vol. 25, No. 5.P. 1032-1025

Mollinedo, J.., Schumacher, E.T., Chintala, R., 2015. Influence of feed stocks and pyrolysis on biochars capacity to modify soil water retention characteristics. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 108-100 ,114.

Moslemi, Z., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M.R., Mohammadi, A., and Sakari, A., 2012. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield commponents of maize under drought stress and normal conditions. American- Eurasian Journal of Agriculture and Environment Sciences. 364-358 ,(3)12.

Mukherjee, A., Lal, R., 2013. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. Agronomy. 39-313 ,3.

Zotarelli, l., Dukes, M., Kelly, D., Morgan, T.K., 2009. Interpretation of soil moisture content to determine soil field capacity and over irrigation sandy soils using soil moisture sensors. Institute of food and agricultural sciences, University of Florida. AE 460.