

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نقش مدیریت پایدار خاک در افزایش بهره‌وری و حفظ کیفیت آب

منوچهر گرجی

استاد دانشگاه تهران

۲۲ اسفند ۱۴۰۰

امام علی (ع) :

”کسی که آب و خاک داشته باشد و در فقر زندگی کند از رحمت خداوند به دور است.“

فرازی از سخنان مقام معظم رهبری:

”قضیه‌ی خاک از قضیه‌ی آب مهم‌تر است؛ ما مشکل آب هم داریم، مشکل بزرگی هم

هست، لکن برای تهیه‌ی آب راه‌های فراوانی وجود دارد؛ برای تهیه‌ی خاک حاصلخیز

این راه‌ها دیگر وجود ندارد.“

بیانات در دیدار مسئولان منابع طبیعی، محیط زیست و فضای سبز شهری ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

راه کارهای عمده مصرف بهینه آب و افزایش بهره‌وری آن در کشاورزی

- بهره‌برداری بهینه از اراضی زراعی، باغی، مراتع، و جنگل‌ها و اجرای برنامه‌های مدیریت پایدار خاک در آنها.
- استفاده از سامانه‌های آبیاری پیشرفته از قبیل زیرسطحی، قطره‌ای، و سایر روش‌های آبیاری تحت فشار، و فناوری‌های نوین مربوطه.
- مدیریت و تنظیم بهینه عملیات آبیاری با توجه به ویژگی‌های خاک، محصول، و در نظر گرفتن شرایط زمانی و مکانی.
- تولید بذور و نهال‌های اصلاح شده کم آب‌بر و پرمحصول از طریق اصلاح نباتات و استفاده از علوم زیست فناوری.

نقش خاک در چرخه آب و توزیع مناسب آن در طبیعت

یکی از خدمات زیست‌محیطی خاک، ذخیره سازی و توزیع مناسب آب در طبیعت در قالب رطوبت خاک، آب‌های زیرقشری، چشمه‌ها، منابع آب زیرزمینی، قسمتی از دبی پایه رودخانه‌ها، و حفظ کیفیت آب در تالاب‌ها، دریاچه‌ها، و مخازن آبی است.

کمک به چرخش صحیح آب در طبیعت، حفاظت آب، کاهش اثرات خشک‌سالی، افزایش پوشش گیاهی، کاهش فرسایش و سایر مخاطرات، و ارائه خدمات اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی.

تخریب منابع خاک، از جمله فرسایش، شور شدن، کاهش ماده آلی و حاصلخیزی، تغییر بی‌رویه کاربری اراضی، و سایر اقدامات نامناسب مدیریت خاک، تعادل طبیعت را به هم زده و ضمن هدررفت آب و کاهش بهره‌وری آن باعث خسارت‌های فراوان می‌گردد (بوسیو، ۲۰۱۰)

نقش مدیریت خاک در افزایش بهره‌وری آب در اراضی دیم، جنگل‌ها، و مراتع

بیش از ۵۵٪ اراضی کشاورزی ایران را دیم‌زارها تشکیل می‌دهند.

در اراضی دیم، گزینه‌های افزایش بهره‌وری آب، مدیریت بهینه خاک، و استفاده از بذور و نهال‌های اصلاح شده است.

حفاظت خاک و کنترل فرسایش، و استفاده از روش‌های مدیریت پایدار خاک در این اراضی، اثرات مهمی در پایداری تولید محصول دارد (میرزا و همکاران، ۲۰۱۳)، و به افزایش قابل توجه بهره‌وری آب منجر می‌شود.

اقدامات بهینه مدیریت و حفاظت خاک، در مناطق جنگلی و مرتعی، با بهبود تولید زیست‌توده گیاهی، ضمن افزایش بهره‌وری و حفظ کیفیت آب، ارزش افزوده اقتصادی، و زیست‌محیطی چشمگیری ایجاد می‌نماید.

اجزای مختلف مدیریت پایدار خاک و اثر آنها بر افزایش بهره‌وری آب

۱- شناسایی و رده بندی خاک‌ها، ارزیابی و تعیین تناسب اراضی،

۲- مدیریت رطوبت خاک (افزایش نفوذپذیری، کاهش تبخیر، و افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک)

۳- تسطیح، تجهیز، و نوسازی اراضی و نقش آن در افزایش بهره‌وری آب

۴- حفاظت خاک و مهار فرسایش

۵- مدیریت مواد آلی خاک و افزایش آن

۶- عملیات خاک‌ورزی و شخم و شیار

۷- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

۸- مدیریت و اصلاح بافت و ساختمان خاک

۹- تقویت تنوع زیستی و مدیریت موجودات زنده خاک

۱۰- مدیریت بقایای گیاهی و استفاده از خاک‌پوش‌ها

۱۱- استفاده از مواد اصلاح کننده خاک

۱۲- سایر موارد

۱- شناسایی و رده بندی خاک‌ها، ارزیابی و تعیین تناسب اراضی

اولین قدم در افزایش بهره‌وری آب، استفاده از خاک، متناسب با استعداد و توان بالقوه آن است که از طریق شناسایی انواع خاک‌ها و ارزیابی استعداد اراضی امکان‌پذیر می‌گردد.

از دیدگاه مدیریتی، در جهان بیش از ۱۰۰۰۰ نوع خاک مختلف با خصوصیات متفاوت وجود دارد که نیازمند صدها نوع اقدام خاص مدیریتی در ابعاد مختلف از جمله مقدار، زمان، و نحوه مصرف آب، کود دهی، خاک‌ورزی، الگوی کشت، و غیره می‌باشند.

شناسایی منابع خاک، و استفاده از اطلاعات کسب شده در چند زمینه مفید می‌باشد:

الف- تعیین کاربری مناسب اراضی

ب- تعیین الگوی کشت منطقه‌ای

ج- طراحی و اجرای سامانه‌های مختلف آبیاری

۲- مدیریت رطوبت خاک (افزایش نفوذپذیری، کاهش تبخیر، و افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک)

درصد قابل توجهی از آب‌های جهان در قالب رطوبت ذخیره شده در خاک قابل بهره برداری می‌باشد (لعل و همکاران، ۲۰۱۲)، که مقدار آن ۱۷۰۰۰ کیلومتر مکعب در سال تخمین زده شده است (اوکی و کانائو، ۲۰۰۶).

جدول ۱- تخمین حجم ذخایر آب جهان

میزان ذخیره (۱۰۰۰ کیلومتر مکعب)	مخزن
۱۲۳۸۰۰۰	دریاها
۲۴۰۶۴	یخچال‌ها و برف
۳۰۰	اراضی یخبندان دائمی
۱۷۵	دریاچه‌ها
۱۷	تالاب‌ها
۱۷	خاک‌ها
۱۳	بخار آب
۲	رودخانه‌ها
۱	موجودات زنده
۱۳۶۲۵۸۹	جمع

مدیریت آب خاک

از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب نزولات متوسط سالانه ایران، حدود ۳۰۰ میلیارد مترمکعب آن صرف تبخیر و تعرق می‌گردد (مهدوی، ۱۳۹۵)، که با توجه به وجود اقلیم خشک و گرم در ایران، درصد قابل توجهی از آن به عنوان تلفات به حساب می‌آید.

با عنایت به این که خاک‌ها اولین دریافت‌کنندگان نزولات آسمانی هستند، در صورت حفاظت و مدیریت بهینه آنها، می‌توانند با بهبود ظرفیت نگهداری و ذخیره بیشتر آب، تلفات آن را تا حد زیادی کاهش دهند.

فقط ۱۰٪ کاهش هدررفت در این زمینه می‌تواند حدود ۳۰ میلیارد مترمکعب آب اضافی را به مصرف کشاورزی، و تولیدات گیاهی در مراتع و جنگل‌ها برساند.

۳- تسطیح، تجهیز، و نوسازی اراضی و نقش آن در افزایش بهره‌وری آب

یکی از دلایل کم بودن بازده آبیاری، ناهمواری سطح خاک است که در آن توزیع یکنواخت آب غیرممکن می‌باشد. نقاط پست بیشتر و نقاط مرتفع کمتر از اندازه آبیاری می‌شوند که هر دو برای تولید محصول مضر است. تسطیح اراضی زراعی، و بویژه نوع لیزری آن، به منظور بهبود مدیریت آبیاری و زهکشی، و استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی امری اجتناب ناپذیر است (جت و همکاران، ۲۰۰۶)، و فواید زیر را در پی دارد:

- ایجاد سطح خاک صاف‌تر و کوتاه‌تر شدن زمان مورد نیاز برای آبیاری،
- توزیع یکنواخت آب در مزرعه، و امکان نفوذ آرام و یکنواخت آب در عمق خاک،
- تامین رطوبت یکنواخت در محیط ریشه گیاه،
- جوانه زنی بهینه بذور و رشد بهتر گیاه و افزایش تولید محصول،
- کاهش مصرف و هزینه نهاده‌های کشاورزی، مانند بذر، کود، و سوخت،
- تسهیل تردد در سطح مزرعه در عملیات مختلف،
- تنظیم سرعت جریان آب، با طراحی شیب مناسب جهت کاهش فرسایش خاک،
- بهینه سازی وضعیت زهکشی اراضی و خروج آب‌های اضافی از زمین.
- کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن،

تسطیح، تجهیز، و نوسازی اراضی و نقش آن در افزایش بهره‌وری آب

جدول شماره ۲ - تاثیر روشهای مختلف تسطیح اراضی بر زمان آبیاری و میزان مصرف و بهره‌وری آب در کشت برنج و گندم

تیمارها	زمان آبیاری (ساعت در هکتار)		عمق آب آبیاری (میلیمتر)		حجم آب مصرفی (مترمکعب)		بهره‌وری آب (کیلوگرم / مترمکعب)	
	گندم	برنج	گندم	برنج	گندم	برنج	گندم	برنج
تسطیح لیزری	۳۶/۶	۱۰۰	۵۵	۷۰	۳۳۰۰	۱۱۰۰۰	۱/۴۸	۰/۴۲
تسطیح سنتی	۴۷/۴	۱۲۰	۶۳	۸۲	۳۷۸۰	۱۲۸۰۰	۱/۱۷	۰/۳۲
شاهد	۵۶/۷	۱۴۰	۷۰	۹۰	۴۲۰۰	۱۴۰۰۰	۰/۹۸	۰/۲۶

تسطیح، تجهیز، و نوسازی اراضی و نقش آن در افزایش بهره‌وری آب

جدول شماره ۳- اثر تیمارهای مختلف تسطیح اراضی با شیبه‌های مختلف بر میزان مصرف و بهره‌وری آب در کشت گندم*

تیمارها	آب مصرفی آبیاری مترمکعب در هکتار	صرفه‌جویی آب مترمکعب / هکتار	بهره‌وری آب کیلوگرم دانه / مترمکعب	افزایش بهره‌وری آب نسبت به شاهد (درصد)
شاهد (تسطیح سنتی)	۳۶۶۴	-	۰/۸۰۲	-
تسطیح لیزری با شیب ۰/۰۵ درصد	۳۴۳۴	۲۳۰	۰/۹۲۰	۱۴/۷۱
تسطیح لیزری با شیب ۰/۱۵ درصد	۳۰۹۹	۵۶۵	۱/۱۲۱	۳۹/۷۸
تسطیح لیزری با شیب ۰/۳۰ درصد	۲۸۷۷	۷۸۷	۱/۱۲۰	۳۹/۶۵

* آمارها مربوط به میانگین دو سال زراعی ۲۰۱۳ - ۲۰۱۴ و ۲۰۱۴ - ۲۰۱۵ می‌باشند.

۴- حفاظت خاک و مهار فرسایش

فرسایش خاک از طریق تلفات آب، هدر رفت مواد آلی و عناصر غذایی، کاهش عمق خاک، کاهش نفوذپذیری، افت ظرفیت نگهداری آب خاک، افزایش آفات و امراض گیاهی، کاهش تولید محصول، و تولید رسوب و آلودگی، باعث کاهش بهره وری آب و تخریب کیفیت آن می‌گردد.

اقدامات حفاظت خاک و مهار فرسایش، با جلوگیری از این نتایج سوء، باعث افزایش تولید محصول، کاهش تلفات آب، و افزایش بهره وری آن می‌گردد.

این عملیات ضمن کاهش وقوع و شدت سیل‌های ویرانگر، از تخریب کیفیت آب و پر شدن مخازن سدها و منابع آبی از رسوب نیز جلوگیری می‌نماید.

بر اساس اعلام وزارت نیرو، در هر سال ۰/۷٪ از حجم مخازن ذخیره سدهای کشور توسط این رسوبات پر شده و از گنجایش آبی آنها کاسته می‌شود. این کاهش ظرفیت حدود ۳۰۰ میلیون متر مکعب ذخیره آب است که می‌تواند حدود ۳۰ هزار هکتار از اراضی را تحت کشت آبی قرار دهد.

حفاظت خاک و مه‌پاش فرسایش

کمیته ملی تحقیقات اثر فرسایش بر توان تولیدی خاک در آمریکا، در بررسی‌های گسترده خود نتیجه‌گیری نمود که علت اصلی کاهش تولید محصول در اثر فرسایش خاک، کم شدن آب قابل استفاده گیاه می‌باشد (لعل و همکاران، ۱۹۸۷).

برآوردها نشان داده است که فرسایش و تخریب خاک در ۵۰ سال آینده می‌تواند تولید غذای جهان را تا ۳۰٪ کاهش دهد (کندال و پی‌منتل، ۱۹۹۴).

۵- مدیریت مواد آلی خاک و افزایش آن

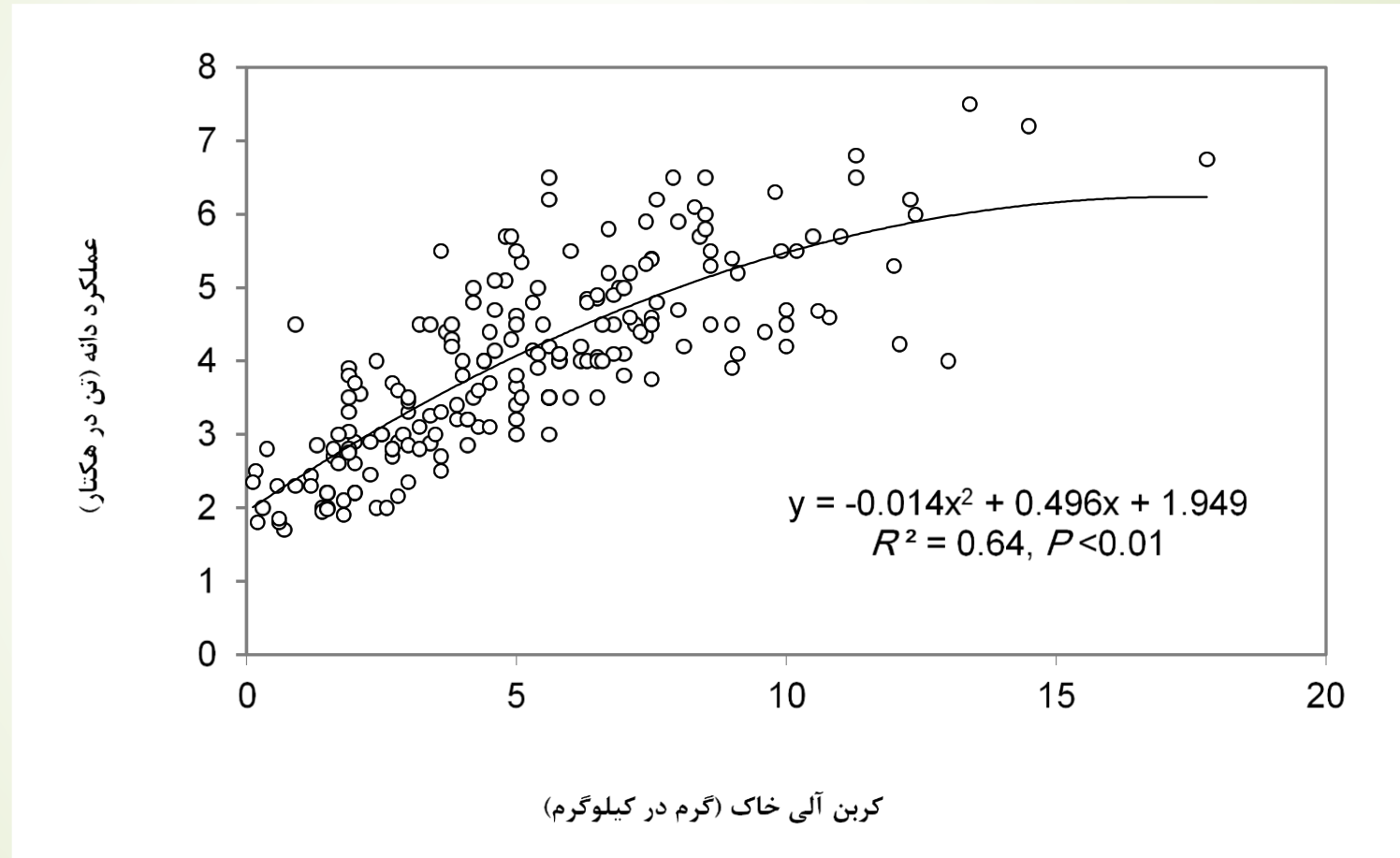
ماده آلی خاک، با تقویت پایداری ساختمان، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، تامین عناصر غذایی، و تقویت فعالیت‌های زیستی، اثرات چشمگیری بر ارتقاء بهره‌وری آب مصرفی دارد.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اگر ماده آلی خاک به بیش از یک درصد افزایش یابد، بسیاری از مشکلات خاک و آب به طور معناداری کاهش می‌یابد.

بررسی‌های صورت گرفته در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد افزایش هر تن کربن آلی خاک در هکتار منجر به افزایش تولید ۹۵ کیلوگرم گندم می‌شود. به طور متوسط به ازای یک گرم در کیلوگرم (۰/۱ درصد یا ۳ تن در هکتار) افزایش کربن آلی خاک، حدود ۷۱۵ هزار تن (معادل ۸/۷ درصد کل تولید گندم آبی) به تولید گندم کشور افزوده خواهد شد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲).

مدیریت مواد آلی خاک و افزایش آن

بر اساس نتایج این تحقیقات، به طور میانگین به ازای افزایش هر گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک، عملکرد دانه گندم به طور میانگین ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار (۱۲۱-۳۰۵ کیلوگرم در هکتار) افزایش می‌یابد (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱ - رابطه بین کربن آلی خاک و عملکرد دانه گندم در ۲۰۲ مزرعه در استان خراسان رضوی

۶- عملیات خاک‌ورزی و شخم و شیار

عملیات خاک‌ورزی (شخم و شیار)، و کیفیت انجام آن می‌تواند اثرات بسیار متنوعی بر کیفیت خاک، صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها، جذب و نگهداری آب، افزایش تولید محصول، و نهایتاً افزایش بهره‌وری آب مصرفی داشته باشد.

در کشاورزی نوین (کشاورزی پایدار و کشاورزی حفاظتی)، کاهش هرچه بیشتر دست‌خوردگی خاک، و استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی مانند بی‌خاک‌ورزی، و کم‌خاک‌ورزی، که خاک را چندان جابجا نمی‌کنند و فقط شیارهایی را برای کاشت بذر در سطح خاک ایجاد می‌نمایند، توصیه می‌گردد.

عملیات خاک‌ورزی و شخم و شیار

جدول ۴- اثرات مفید بعضی از انواع خاک‌ورزی‌های حفاظتی در کاهش مصرف آب

منبع	صرفه جویی مصرف آب (درصد)	عملیات خاک‌ورزی
کهلاون ^۱ و همکاران، ۲۰۰۶	۴۵-۲۳	بی خاک‌ورزی
فاروق ^۲ و همکاران، ۲۰۰۷	۱۵-۵	بی خاک‌ورزی
جت ^۳ و همکاران، ۲۰۱۹	۱۰/۶	خاک‌ورزی پشت‌های (بسترهای دائمی)
جت و همکاران، ۲۰۱۹	۲۱/۸	بی خاک‌ورزی
محمد و همکاران، ۲۰۱۸	۴۰-۳۰	کشت مستقیم برنج (بی خاک‌ورزی)

۷- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

کوددهی متوازن آلی، شیمیایی، و زیستی، و مدیریت بهینه حاصلخیزی، عامل اساسی حفظ باروری خاک است که بر اساس اعلام نظر فائو، موجب افزایش ۳۰ تا ۵۵ درصدی تولید محصول می‌گردد.

تجزیه و تحلیل دقیق وضعیت حاصلخیزی خاک، و آگاهی از نیازهای تغذیه‌ای گیاه در یک منطقه، موجب کاربرد اصولی و متوازن عناصر غذایی در خاک گردیده و با افزایش محصول و بهبود کیفیت تولیدات گیاهی، بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد.

ارکاسا و همکاران (۲۰۱۱)، تحقیقاتی را در مورد اثر حاصلخیزی خاک بر تولید محصول ذرت و اجزای بیلان آبی، در مجموع بارندگی ۱۴۵۱ میلیمتر در فصل رشد، انجام دادند که خلاصه‌ای از نتایج آن در جدول‌های شماره ۷ و ۸ ارائه گردیده است.

همچنین در شکل شماره ۳، تاثیر جدی مصرف کودها در افزایش تولید غلات نشان داده شده است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۷).

مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

جدول ۵- اثر حاصلخیزی خاک بر اجزای بیلان آبی (میلیمتر)

شرایط حاصلخیزی خاک			اجزای بیلان آب
غیرمحدود کننده	نزدیک نرمال	ضعیف	
۲۰۴	۲۸۵	۴۴۶	تبخیر واقعی
۳۵۵	۲۶۸	۱۴۶	تعرق واقعی
۵۵۹	۵۵۳	۵۹۲	تبخیر و تعرق واقعی
۶۴	۴۸	۲۵	درصد تعرق واقعی به تبخیر و تعرق واقعی
۵۹۳	۵۹۳	۵۹۳	رواناب
۸۵۸	۸۵۸	۸۵۸	نفوذ
۳۰۴	۳۱۱	۲۷۶	زهکشی

مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

جدول شماره ۶- برآورد عملکرد ذرت و بهره‌وری آب در حالت‌های مختلف حاصلخیزی خاک

شرایط حاصلخیزی خاک	ضعیف	نزدیک نرمال	غیرمحدود کننده
تولید زیستتوده (تن در هکتار)	۷/۵	۱۴/۳	۱۹/۲
تولید دانه (تن در هکتار)	۲/۵	۶/۴	۹/۲
زیستتوده تولیدی مربوط به آبیاری خوب (%)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
زیتوده تولیدی مربوط به کود دهی خوب (%)	۳۹	۷۵	۱۰۰
بهره‌وری آب در تولید زیست-توده (کیلوگرم / مترمکعب)	۵/۱	۵/۳	۵/۴
بهره‌وری آب در تولیددانه (کیلوگرم / مترمکعب)	۱/۷	۲/۴	۲/۶

۸- مدیریت و اصلاح بافت و ساختمان خاک

بافت خاک، به علت تاثیر قابل توجه بر فرسایش پذیری خاک، نفوذپذیری و حرکت آب در خاک، بهبود زهکشی داخلی خاک، نگهداری آب، و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، در بهره‌وری آب حائز اهمیت زیادی است.

مدیریت و بهینه سازی بافت خاک، با بهبود خصوصیات فیزیکی آن، موجب افزایش نفوذ، کاهش تلفات ناشی از رواناب و تبخیر، افزایش ظرفیت نگهداری و آب قابل استفاده گیاه، تنظیم تهویه و دمای خاک می‌گردد، و با تقویت رشد گیاه، ارتقای بهره‌وری آب در کشاورزی را باعث می‌گردد.

اصلاح ساختمان خاک نیز با ایجاد فضای متخلخل و مستحکم مناسب، جوانه‌زنی و رشد ریشه گیاه، نفوذپذیری، حرکت و نگهداشت آب در خاک، مقاومت خاک در برابر انواع فرسایش، و فعالیت زیستی را بهبود بخشیده و به طور مستقیم و غیرمستقیم بر بهره‌وری آب تاثیرگذار است.

۹- تقویت تنوع زیستی و مدیریت موجودات زنده خاک

زیست بوم خاک، بزرگترین منبع ذخیره ژنتیکی و تنوع گونه‌ای جانداران می‌باشد و موجودات زنده به طور فعال در فرایندهای تشکیل و کارکرد خاک موثرند. در چند گرم خاک حاصلخیز، بیش از جمعیت کره زمین (حدود هشت میلیارد) از انواع موجودات زنده ریز و درشت وجود دارند.

موجودات زنده خاک، با تجزیه بقایای گیاهی و ایجاد مواد آلی پایدار، باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک از جمله ساختمان آن، نفوذپذیری، زهکشی، و افزایش نگهداشت آب در خاک می‌شوند. همچنین این جانداران از طریق همزیستی با ریشه گیاهان، دسترسی ریشه گیاه به آب و عناصر غذایی را تسهیل می‌نمایند و بهره‌وری آب خاک را افزایش می‌دهند.

تقویت تنوع زیستی و مدیریت موجودات زنده خاک

جدول ۷- اثر فعالیت‌های کرم خاکی بر میزان نفوذ تجمعی آب در خاک (سانتیمتر)

زمان (دقیقه)	خاک بدون کرم خاکی	خاک دارای کرم خاکی
۰	۰	۰
۱۰	۱۵	۲۰
۲۰	۲۵	۳۸
۳۰	۳۵	۵۲
۴۵	۴۷	۶۵
۶۰	۵۵	۷۸
۹۰	۶۸	۹۵
۱۲۰	۸۵	۱۱۵

۱۰- مدیریت بقایای گیاهی و استفاده از خاک پوش‌ها

بقایای محصولات، بهترین پوشش برای محافظت سطح خاک هستند و فواید مدیریت صحیح آنها شامل حفاظت خاک و کاهش فرسایش، تنظیم دمای خاک (گرم شدن در زمستان و خنک شدن در تابستان)، کاهش تبخیر، افزایش نفوذ آب، افزایش ماده آلی خاک و آب قابل استفاده گیاه، تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، تشدید فعالیت موجودات زنده خاک، کاهش علف‌های هرز، تولید محصول بیشتر، و نهایتاً ارتقاء بهره‌وری آب مصرفی می‌باشند.

استفاده از خاک‌پوش‌های مختلف طبیعی و مصنوعی برای حفظ پوشش سطح زمین‌های کشاورزی مرسوم است که می‌تواند اثرات مفید ذکر شده را داشته باشد. پنگ و همکاران، در تحقیقات خود تاثیر خاک‌پوش پلاستیکی و خاک‌ورزی‌های مختلف بر افزایش معنی‌دار تولید گندم و ارتقاء بازدهی مصرف آب را نشان

دادند (جدول شماره ۱۰)

مدیریت بقایای گیاهی و استفاده از خاک پوش ها

جدول ۸- اثر انواع خاک ورزی بر تعرق، تولید زیست توده و دانه گندم و بازدهی مصرف آب

سال	نوع خاکورزی	تعرق میلیمتر	تولید زیست توده کیلوگرم در هکتار	بازدهی مصرف آب کیلوگرم/ هکتار-میلیمتر	تولید دانه کیلوگرم در هکتار	بازدهی مصرف آب کیلوگرم/ هکتار-میلیمتر
میانگین	خاکورزی رایج	۱۱۷/۶c	۳۳۰۳c	۱۴/۵۸ b	۱۴۶۰bc	۵/۴۸bc
	بیخاکورزی + پوشش کاه و کلش	۱۶۴/۷b	۳۸۹۶b	۱۴/۹۱b	۱۸۶۲a	۶/۷۸a
سالهای ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷	بیخاکورزی	۱۲۳c	۳۰۰۳c	۱۲/۷۳c	۱۴۱۶c	۵/۵۶c
	خاکورزی رایج با کلش مخلوط شده	۱۲۷/۹c	۳۳۶۸c	۱۴/۱۰bc	۱۶۴۷b	۶/۲۸b
۲۰۱۷	خاکورزی رایج + خاکپوش پلاستیک	۱۹۲/۳a	۴۴۸۹a	۱۸/۱۶a	۱۷۷۶ab	۶/۹۰ab
	بیخاکورزی + خاکپوش پلاستیک	۲۰۶/۷a	۴۶۱۲a	۱۷/۷۷a	۱۸۱۵ab	۶/۷۸ab

۱۱- استفاده از مواد اصلاح کننده خاک

یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری آب به ویژه در خاک‌های با مشکل نفوذپذیری یا نگهداری آب، استفاده از مواد اصلاح کننده است.

موادی مانند گچ، گوگرد و اسید سولفوریک، مشکلات فیزیکی خاک، از جمله نفوذپذیری خاک‌های سدیمی را اصلاح می‌نمایند. همچنین مواد مصنوعی یا طبیعی نگهدارنده رطوبت، مانند ابرجاذب‌ها (پلی اکریل آمید)، ذغال زیستی، لجن فاضلاب، و سایر پسماندهای آلی صنعتی، رطوبت بیشتری را برای گیاه تامین نموده و بهره‌وری آب را افزایش می‌دهند.

بعضی از مواد اصلاح کننده با تغییر خصوصیات شیمیایی از جمله اسیدیته خاک و فراهمی مواد غذایی نیز باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردند.

استفاده از مواد اصلاح کننده خاک

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر کم آبیاری و مصرف پلیمر بر تولید طالبی و بهره‌وری آب مصرفی

آبیاری قطره‌ای زیر سطحی			آبیاری قطره‌ای			تیمارها
وزن میوه گرم	بهره‌وری آب کیلوگرم/مترمکعب	تولید طالبی (تن در هکتار)	وزن میوه گرم	بهره‌وری آب کیلوگرم/مترمکعب	تولید طالبی (تن در هکتار)	
۹۹۰/۵a	۲/۹c	۲۸/۳a	۱۰۶۵/۹a	۳/۰b	۳۰/۵a	۱۰۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل
۸۸۳/۵b	۴/۳b	۲۵/۲b	۸۲۷/۹b	۳/۳b	۲۳/۷b	۷۵٪ تبخیر و تعرق پتانسیل
۸۰۸/۸c	۴/۷a	۲۶/۱b	۶۷۲/۵c	۴/۳a	۱۹/۱c	۵۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل
۷۱۱/۸c	۳/۱c	۲۰/۳c	۷۸۸/۱b	۲/۹b	۲۲/۵b	بدون پلیمر
۸۶۳/۵b	۳/۷b	۲۴/۷b	۷۹۹/۵b	۳/۲b	۲۲/۸b	۰/۲٪ پلیمر
۱۱۰۷/۶a	۵/۲a	۳۴/۶a	۹۷۸/۷a	۴/۶a	۲۸/۰a	۰/۴٪ پلیمر

۱۲- سایر موارد

اقدامات دیگری از قبیل:

- ✓ حفظ خاک‌های حاصلخیز و جلوگیری از تغییر کاربری اراضی،
- ✓ مدیریت آلودگی خاک و پاک‌سازی خاک‌های آلوده،
- ✓ اصلاح واکنش شیمیایی خاک،
- ✓ اصلاح و به‌سازی اراضی مسئله‌دار و تخریب‌شده، و
- ✓ سایر اقدامات ابتکاری و نوآورانه در زمینه مدیریت و حفاظت خاک،

نیز می‌توانند اثرات بسزایی بر تولید محصول سالم‌تر و بیشتر، و افزایش بهره‌وری آب مصرفی کشاورزی در کوتاه مدت یا درازمدت داشته باشند.

جمع بندی و نتیجه گیری

باتوجه به موارد ذکرشده، مدیریت پایدار خاک، می تواند تا حدود ۱۰۰٪ تولید محصول و بهره‌وری آب در اراضی دیم و آبی را افزایش دهد.

به علاوه، مدیریت پایدار خاک در زمینه‌های تامین امنیت غذایی، حفاظت محیط زیست، کاهش گازهای گلخانه‌ای و جلوگیری از گرم شدن کره زمین، بهداشت و سلامت جامعه، و تولید ارزش افزوده اقتصادی نیز می‌تواند نتایج چشمگیری در پی داشته باشد.

راهکارهای اجرایی حفاظت و مدیریت پایدار خاک

- ۱- اجرای دقیق « قانون حفاظت از خاک »، و آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مربوطه،
- ۲- تدوین و اجرای برنامه « شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌ها، و ارزیابی تناسب اراضی»،
- ۳- تدوین و اجرای برنامه « پایش مستمر کیفیت منابع خاک در کشاورزی و منابع طبیعی»،
- ۴- تدوین و اجرای برنامه « افزایش ماده آلی و بهبود حاصلخیزی خاک»،
- ۵- تدوین و اجرای برنامه « حفاظت خاک و مهار فرسایش و رسوب در اراضی کشاورزی و منابع طبیعی»،
- ۶- تدوین و اجرای برنامه « ترویج و توسعه کشاورزی حفاظتی»،
- ۷- تدوین و اجرای برنامه « مدیریت، اصلاح، و احیای اراضی فرسوده و حاشیه‌ای»،
- ۸- تدوین و اجرای « سایر برنامه‌های اجرایی، آموزشی، تحقیقاتی، و ترویجی مورد نیاز».

قهرمان پور رامین، منوچهر گرجی، محسن فرحبخش، احمدعلی پوربابایی. ۱۳۹۵. ءا؁یر انواع سامانه‌های خاک‌ورزی بر کیفیت خاک (مطالعه موردی: خاکهای زراعی منطقه کوهین). پایاننامه کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران.

کشاورز، پ.، زنگی آبادی، م. و عباس زاده، م. ۱۳۹۲. ءا؁یر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۷، شماره ۳، صفحه ۲۷۱-۲۵۹.

مهدوی، محمد، هیدرولوژی کاربردی، جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۵.

Akilapa. O. A. , L. O. Adebisi, C. O. Farayola. Effect of conservation agriculture on soil moisture content and biomass water productivity: Case study of crop residues as soil cover. International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR), Vol. 17, No. 2, p. 1-7, 2020.

Batool A, Taj S, Rashid A, Khalid A, Qadeer S, Saleem AR, and Ghufra MA (2015). Potential of soil amendments (Biochar and Gypsum) in increasing water use efficiency of *Abelmoschus esculentus* L. Moench. *Frontiers of Plant Sci.* 6:733. doi: 10.3389/fpls.2015.00733.

Bossio Deborah, Kim Geheb, William Critchley. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management*, 97 (2010) 536–542.

Bossio Deborah, Andrew Noble, David Molden and Vinay Nangia. Land Degradation and Water Productivity in Agricultural Landscapes. In CAB International 2008. *Conserving Land, Protecting Water* (eds D. Bossio and K. Geheb).

Das. Amaresh, MD Lad and AL Chalodia. Effect of laser land leveling on nutrient uptake and yield of wheat, water saving and water productivity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2018; 7(2): 73-78.

Diaz-Zorita M., D.E. Buschiazzo, and N. Peinemann. 1999. Soil organic matter and wheat productivity in the semi-arid Argentina Pampas. *Agronomy Journal*, 91:276–279.

Erkossa Teklu, Seleshi Bekele Awulachew, Deneke Aster. Soil fertility effect on water productivity of maize in the upper blue Nile basin, Ethiopia. *Agricultural Science* Vol.2, No.3, 238-247 (2011). doi:10.4236/as.2011.23032 2 (2011), 238-247.

Farooq, U.; Muhammad, S.; Erenstein, O. Adoption and Impacts of Zero-Tillage in the Rice–Wheat Zone of Irrigated Punjab, Pakistan; CIMMYT and the Rice-Wheat Consortium for Indo-Gangetic Plains: New Delhi, India, 2007; p. 69.

Jat, R.K.; Singh, R.G.; Kumar, M.; Jat, M.L.; Parihar, C.M.; Bijarniya, D.; Sutaliya, J.M.; Jat, M.K.; Parihar, M.D.; Kakraliya, S.K.; et al. Ten years of conservation agriculture in a rice–maize rotation of Eastern Gangetic Plains of India: Yield trends, water productivity and economic profitability. *Field Crops Res.* 2019, 232, 1–10. [Cross Ref]

Jat. M.L., Parvesh Chandna, Raj Gupta, S.K. Sharma, and M.A. Gill. Laser Land Leveling: A Precursor Technology for Resource Conservation. Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains. CG Block, National Agriculture Science Centre (NASC) Complex, DPS Marg, Pusa Campus, New Delhi 110 012, India. 2006.

Kahlown, M.A.; Azam, M.; Kemper, W.D. Soil management strategies for rice–wheat rotations in Pakistan’s Punjab. *J. Soil Water Conserv.* 2006, 61, 40–44.176.

Kanchikerimath M., D. Singh. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize–wheat–cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semi-arid region of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86:155–162.

Kendall, H.W.; Pimentel, D. Constraints on the expansion of the global food supply. *Ambio* 1994, 23, 198-205.

Lal, R. Soil water and agronomic production, in edited Book: Lal, Rattan, and B. A. Stewart. *Soil water and agronomic productivity*. CRC Press, Taylor & Francis group. 2012.

Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17:197-209.

Lal, R. & William C. Moldenhauer (1987) Effects of soil erosion on crop productivity, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 5:4, 303-367, DOI: 10.1080/07352688709382244

Libert, B. 1995. *The Environmental Heritage of Soviet Agriculture*, Oxon, UK, CAB International.

Mirza B. Baig, Shabbir A. Shahid, and Gary S. Straquadine. Making rainfed agriculture sustainable through environmental friendly technologies in Pakistan: A review. *International Soil and Water Conservation Research*. Vol.1, No. 2, 2013, pp. 36 -52.

Mohammad, A.; Sudhishri, S.; Das, T.K.; Singh, M.; Bhattacharyya, R.; Dass, A.; Khanna, M.; Sharma, V.K.; Dwivedi, N.; Kumar, M. Water balance in direct-seeded rice under conservation agriculture in north-western indo-gangetic plains of India. *Irrig. Sci.* 2018, 36, 381–393. [Cross Ref]

Mojid, M.A.; Mainuddin, M. Water-Saving Agricultural Technologies: Regional Hydrology Outcomes and Knowledge Gaps in the Eastern Gangetic Plains—A Review. *Water* 2021, 13, 636. <https://doi.org/10.3390/w13050636>.

Oki, T. and S. Kanae. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science* 313: 1068–1072.

Peng. Zhengkai, Linlin Wang, Junhong Xie, Lingling Li, Jeffrey A. Coulter, Renzhi Zhang, Zhuzhu Luo, Jana Kholova, and Sunita Choudhary. Conservation Tillage Increases Water Use Efficiency of Spring Wheat by Optimizing Water Transfer in a Semi-Arid Environment. *Agronomy* 2019, 9, 583 doi:10.3390/agronomy9100583

Singh, B.R., McLaughlin, M.J., Brevik, E.C. (eds) 2017: *The Nexus of Soils, Plants, Animals Health*. Catena- Schweizerbart, Stuttgart.

SIWI (Stockholm International Water Institute), and IWMI (International Water Management Institute) (2004), *Water- More Nutrition per Drop: Towards Sustainable Food Production and Consumption Patterns in a Rapidly Changing World*. Background report for CSD12, New York, April 2004. SIWI, Stockholm, Sweden.

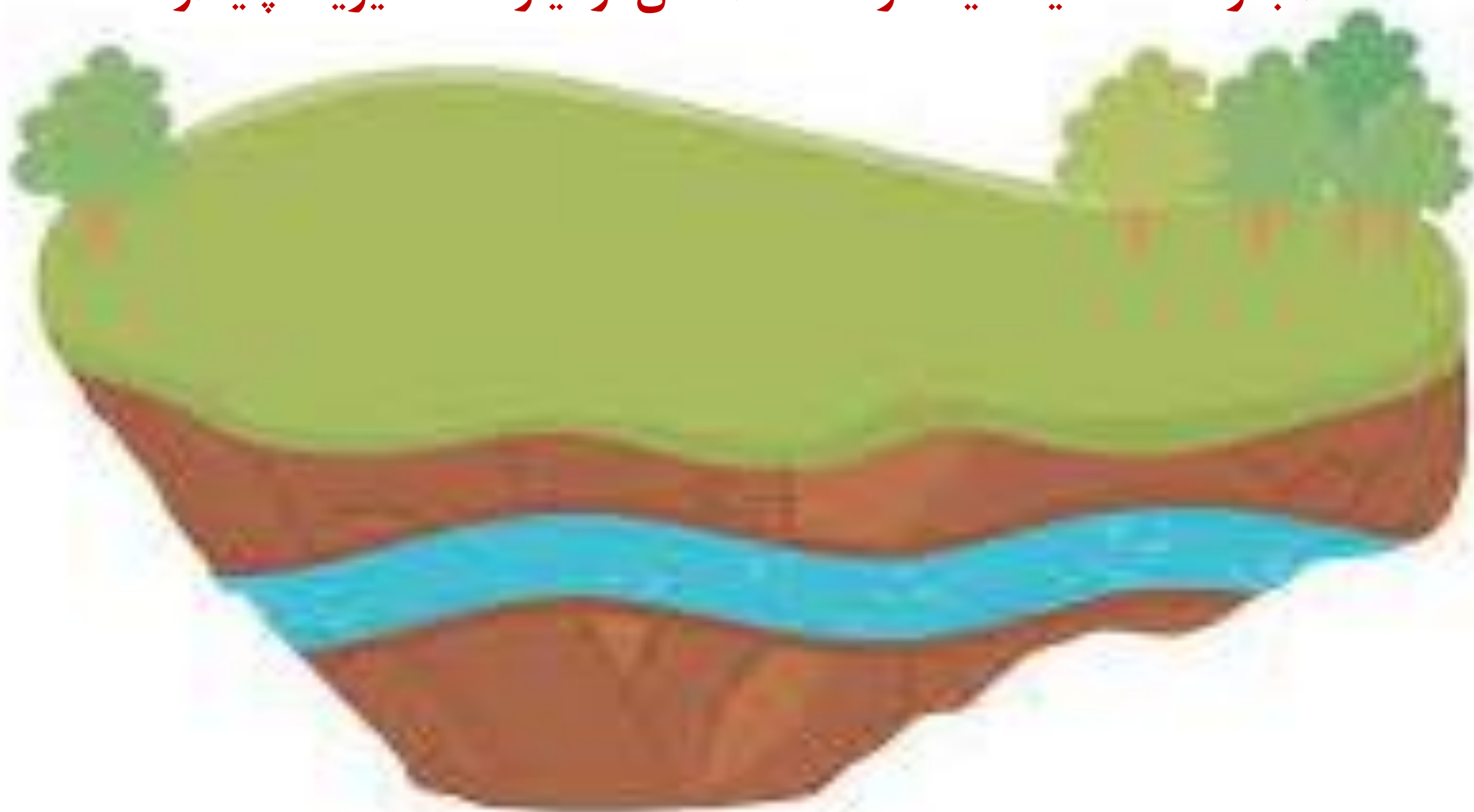
Sundquist, B.: 2000, Topsoil Loss – Causes, Effects, and Implications: A Global Perspective, 4th ed., <<http://www.alltel.net/bsundquist1/>> (10/8/2002).

Tomar SS, YP Singh, RK Naresh, SS Dhaliwal, RS Gurjar, Ravi Yadav, Deepandra Sharma and Swati Tomar. Impacts of laser land levelling technology on yield, water productivity, soil health and profitability under arable cropping in alluvial soil of north Madhya Pradesh. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2020; 9(4): 1889-1898.

Zeineldin F.I., Al-Molhim Y. (2021): Polymer and deficit irrigation influence on water use efficiency and yield of muskmelon under surface and subsurface drip irrigation. Soil & Water Res., 16: 191-203.

<https://doi.org/10.17221/94/2020-SWR>.

آب و خاک، مایه حیات و خلقت انسان، و نیازمند مدیریت پایدار



باتشکر از توجه شما