



سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران  
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

## بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی



### گرد آورندگان:

محمد اسماعیل کمالی، مجتبی محمودی و مهران افضلی

محقق و اعضای هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

تهیه شده در اداره رسانه های آموزشی

زمستان ۱۳۹۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## بهینه سازی مصرف آب در کشاورزی

گرد آورندگان:

محمد اسماعیل کمالی، مجتبی محمودی و مهرا ن افزلی

محقق و اعضای هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

تهیه و تنظیم:

اداره رسانه های آموزشی

زمستان ۱۳۹۵

## مخاطبان نشریه :

\* کارشناسان و مروجین کشاورزی

\* کشاورزان و باغداران

\* علاقه مندان به بخش کشاورزی و باغداری



## هدف های آموزشی :

شما مخاطبان گرامی پس از مطالعه این نشریه قادر خواهید بود :

راهکارهای مدیریت زراعی از جمله آبیاری تکمیلی، افزایش ظرفیت ذخیره آب خاک، افزایش نگهداشت آب در خاک را جهت افزایش بهره‌وری مصرف آب فرا گرفته و توصیه نموده و بکارگیرید.

عنوان نشریه : بهینه سازی مصرف آب در کشاورزی

تهیه و تنظیم مطالب : محمد اسماعیل کمالی، مجتبی محمودی و مهران افضلی

تنظیم متن، ساده نویسی و ویراستاری : غلامرضا یوسفی

ناشر : مدیریت هماهنگی ترویج

گرافیک و صفحه آرایی : مهرک ملکی راد

شمارگان : ۱۰۰۰ جلد

چاپ :

نوبت چاپ : اول

قیمت : رایگان

نشانی : ساری، میدان امام، سازمان جهاد کشاورزی مازندران، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی- اداره رسانه های آموزشی-

تلفن : ۰۱۱ - ۳۳۳۶۹۴۱۰



این نشریه با شماره ۹۵/۳/۱۱/۱ مورخ ۹۵/۱۰/۳۰ در دبیرخانه شورای تولید رسانه های ترویجی جهاد کشاورزی مازندران به ثبت رسیده است.

## فهرست

۱ - مقدمه	۵
۱-۱ - کارایی مصرف آب	۵
۱-۲ - بهره‌وری آب	۶
۲ - راهکارهای مدیریت زراعی جهت بهره‌وری آب	۶
۲-۱ - آبیاری تکمیلی	۶
۲-۲ - افزایش ظرفیت ذخیره آب خاک	۷
۲-۳ - افزایش نگهداشت آب در خاک	۷
منابع	۱۰

## ۱ - مقدمه

بیش از ۹۰ درصد از منابع آب تجدید شونده کشور در بخش کشاورزی مصرف می شود. این در حالی است که متوسط راندمان آبیاری در ایران کمتر از ۴۰ درصد است. یکی از دلایل این شرایط آن است که بسیاری از کشاورزان با مصرف آب بیشتر در واحد سطح، دستیابی به حداکثر محصول را مورد نظر قرار می دهند. اما نتیجه آن اتلاف بخش زیادی از منابع آب و انرژی و به تبع آن افزایش میزان خشکی و خسارات ناشی از آن بر روی گیاهان و تحمل هزینه های گزاف برای کشاورز می باشد.

خشکی در طی مراحل رشد گیاه تأثیرات مختلفی را ایجاد می نماید. در مراحل اولیه رشد، خشکی باعث ایجاد تأثیرات منفی بر روی لایه های بالای خاک می شود. لذا استقرار گیاهچه و در نتیجه محصولدهی دچار آسیب می شود. خشکی در طی دوره رویش، باعث کاهش ماده خشک و در نتیجه کاهش کارایی مصرف آب می شود. خشکی در اواخر فصل رشد، پر شدن دانه غلات را تحت تأثیر قرار می دهد. تنش خشکی در طول مراحل اولیه زادآوری گیاه از طریق تعداد دانه، عملکرد را کاهش می دهد و در مراحل بعدی، در زمان رشد دانه، عملکرد را عمدتاً از طریق اندازه دانه کاهش می دهد.

از طرفی دیگر تغییرات ماهانه و سالانه میزان بارش باعث ایجاد یک تنوع وسیع در زمان و میزان آب در دسترس در محصولات زارعی می شود. لذا باید افزایش تولید به ازای واحد آب مصرفی را به جای افزایش تولید در واحد سطح، به عنوان هدف اصلی در مهندسی زراعی مد نظر قرار گیرد. از اینرو جهت نیل به این هدف ضروری است شاخص های کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب در کشاورزی را به عنوان عوامل اصلی دخیل در مدیریت آب در مزرعه مورد توجه خاص قرار داد.

### ۱-۱- کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency)

کارایی مصرف آب عبارت است از مقدار ماده خشک تولید شده (عملکرد) به ازای هر واحد آب مصرف شده توسط گیاه (تبخیر-تعرق گیاه). واحد آن کیلوگرم بر متر مکعب است. یعنی به ازای واحد مصرف آب (متر مکعب)، چه میزان عملکرد (کیلوگرم) بدست می آید. لذا از دیدگاه مهندسی وقتی که کارایی مصرف آب افزایش یابد، به این معنی است که از واحد آب مصرفی استفاده بهتری شده و تلفات آب نیز کاهش یافته است.

## ۲-۱- بهره‌وری آب (Water Productivity)

از آنجایی که در شاخص کارایی مصرف آب، میزان راندمان آبیاری مدنظر قرار نمی‌گیرد، استفاده بهینه از آب توسط شاخص دیگری نیز سنجیده می‌شود که شاخص بهره‌وری آب نامیده می‌شود. بهره‌وری آب آبیاری عبارت است از نسبت عملکرد به میزان آب آبیاری شده که میزان راندمان آبیاری در مزرعه، در این شاخص بصورت نهفته مدنظر قرار می‌گیرد.

(میزان آب آبیاری / عملکرد محصول) = بهره‌وری آب آبیاری (WP<sub>I</sub>)

با عنایت به مطالب ذکر شده باید توجه نمود که همواره حداکثر عملکرد در واحد سطح لزوماً ملاک گزینش تیمار برتر نیست و برای انتخاب تیمار برتر باید عملکرد به ازای واحد آب مصرفی و توجیه اقتصادی کشت نیز مدنظر قرار گیرد. بطوریکه گزارش‌های موجود حکایت از این دارد که در شرایط محدودیت آب، حداکثر تولید به ازای واحد آب مصرفی شاخص اصلی مقایسه و گزینش تیمار برتر قرار می‌گیرد.

## ۲- راهکارهای مدیریت زراعی جهت افزایش بهره‌وری مصرف آب

از جمله راهکارهای مدیریت زراعی در رابطه با محدودیت منابع آبی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- آبیاری تکمیلی به صورت آبیاری کامل یا آبیاری محدود در دوره‌های حساس رشد گیاه در کشت دیم
- ۲- افزایش ظرفیت ذخیره آب خاک در زمان کشت
- ۳- افزایش نگهداشت آب در خاک

### ۲-۱- آبیاری تکمیلی

آبیاری تکمیلی عموماً برای کشت دیم به کار می‌رود و عبارت است از آبیاری در مواقعی که بارندگی پاسخگوی نیاز آبی گیاه نیست و یا اینکه الگوی بارش دارای توزیع مناسبی نمی‌باشد. در چنین مواقعی با انجام آبیاری تکمیلی علاوه بر تامین آب مورد نیاز گیاه در زمانهای کم بارش، شرایطی مناسب برای استفاده مفید از سایر نهاده‌های کشاورزی از جمله کود نیز ایجاد می‌شود. رطوبت خاک به دو طریق بر راندمان مصرف کودهای شیمیایی موثر است. ۱- تسهیل و افزایش جذب مواد غذایی، ۲- افزایش تولید ماده خشک. توجه شود که میزان استفاده از کودهای شیمیایی در کشت دیم به دلیل تغییرات الگوی بارش و نامشخص بودن زمان آن، با احتیاط صورت می‌پذیرد. بطوریکه در این هنگام و به دلیل رطوبت کم خاک، ضرورتاً باید مصرف کودهای شیمیایی را به آن اندازه محدود نمود که موجب رشد بیش از حد گیاه و مصرف تمام آب در دسترس در مراحل اولیه رشد

نشود و گیاه در مراحل بحرانی رشد با تنش آبی مواجه نگردد. به عبارت دیگر باید از بر هم خوردن تعادل بین میزان رشد رویشی و زایشی در شرایط کمبود رطوبت جلوگیری کرد. این موضوع در میزان افت عملکرد تاثیر به سزایی دارد. در حالیکه با اجرای آبیاری تکمیلی می‌توان کود و مواد غذایی را به اندازه‌ای که گیاه قادر به استفاده کامل از آن باشد، مصرف نمود. در حقیقت آبیاری تکمیلی را می‌توان نوعی کم آبیاری با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب و در جهت افزایش عملکرد تلقی نمود. باید توجه نمود که رابطه مصرف آب و محصولدهی یک رابطه خطی نیست و برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب و بیشترین عملکرد، تعیین دقیق مقدار آب مورد نیاز ضروری است. اما باید ذکر نمود که در مدیریت آبیاری تکمیلی مسئله اصلی و اساسی علاوه بر مقدار آب آبیاری، تعیین زمان آبیاری است. به عبارت دیگر عملکرد فقط تابعی از مقدار آب آبیاری نبوده و به زمان انجام آبیاری نیز بستگی دارد. لازم به ذکر است که در اکثر محصولات، مراحل گلدهی و دانه دهی از لحاظ نیاز به آبیاری تکمیلی، مهمترین مراحل رشد می‌باشند.

## ۲-۲- افزایش ظرفیت ذخیره آب خاک

افزایش ظرفیت ذخیره و قابلیت نگهداری آب خاک مخصوصاً در زمان کشت یکی از روش‌های مناسب مدیریتی در هنگام خشکسالی و یا کم آبی است. برای این منظور می‌توان از شخم عمیق در دوره آیش که به منظور کاهش رواناب و افزایش نفوذ رطوبت می‌باشد، استفاده نمود. شخم عمیق می‌تواند باعث تسریع تلفات آب از سطح خاک در فصل خشک شود؛ ولی در فصل مرطوب باعث ذخیره رطوبت خاک می‌گردد. همچنین شایان ذکر است که شخم سطحی در فصل خشک باعث شکستن لوله‌های مویینه‌ای و حذف ارتباط مویینگی می‌شود و در نتیجه از تبخیر آب موجود در لایه‌های زیرین خاک ممانعت به عمل می‌آورد.

## ۲-۳- افزایش نگهداشت آب در خاک

میزان نگهداری آب خاک متأثر از نوع بافت و میزان مواد آلی می‌باشد. بافت خاک از جمله خواص ذاتی خاک است که رابطه مستقیم با ظرفیت نگهداری آب خاک دارد. مواد آلی موادی از قبیل بقایای گیاهی و کود حیوانی می‌باشند. این مواد بسیاری از ویژگیهای فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. برخی از این ویژگیها شامل ساختمان خاک، حاصلخیزی خاک، فعالیتهای بیولوژیکی خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌باشد. مواد آلی جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش داده و هم آوری خاک را افزایش می‌دهد. بنابراین بهبود قابل توجهی بر ساختمان خاک و نفوذ آب دارد. یک ساختمان خوب در خاک به ریشه گیاهان اجازه می‌دهد که تا به اعماق بیشتر خاک نفوذ کنند. یعنی ریشه توانایی دستیابی به منبع رطوبت



بیشتر خاک را پیدا می کند. این موضوع به گیاهان کمک می کند تا مدت زمان طولانی تری را در مقابل آب و هوای خشک و حتی خشکسالی مقاومت کنند. مواد آلی که در آخرین مرحله پوسیدگی باشد، هوموس نام دارد. هوموس ماده ای است تیره رنگ و چسبناک که آب را نگهداری می کند و منبع غذایی بسیار خوبی برای گیاه می باشد. صرف نظر از بافت خاک، مواد آلی خاک معمولاً با قابلیت استفاده از آب رابطه مثبتی دارد. توانایی مواد آلی در نگهداری آب چند برابر مواد معدنی می باشد. در حالت های مختلف میزان آب خاکهایی که دارای مواد آلی زیادی هستند، بالا است. مواد آلی با افزایش نفوذپذیری خاک باعث کاهش رواناب و کاهش فرسایش می شود. اکثراً با افزایش میزان محصول، مواد آلی کمی به خاک برمی گردد. لذا برای افزایش مواد آلی به خاک می توان از کود دامی، کمپوست و کود سبز استفاده نمود. برای نگهداری مواد آلی در خاک نیز می توان از تناوب مناسب در کشت و یا روش های خاکورزی حفاظتی استفاده کرد.

کمپوست، ماده ای آلی است که تحت شرایط هوازی کنترل شده، به یک شکل مناسب تجزیه شده است. از مزایای استفاده از این مواد توانایی آنها در نگهداری آب می باشد که بسیار حائز اهمیت است. قابل ذکر است که در طی تجزیه شدن کمپوست یا کود دامی به هوموس، مقداری مواد غذایی به خاک افزوده می شود.

کود سبز ماده ای است گیاهی که هدف نهایی استفاده از آن، برگرداندن آن (در حالی که هنوز شاداب و تازه است) به خاک می باشد. کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک می شود. همچنین مواد مغذی را به خاک برگردانده و ساختمان خاک را بهبود می بخشد. به منظور استفاده از یک گیاه به عنوان کود سبز، گیاه باید دارای رشد سریع، رشد مناسب در شرایط محیطی و توانایی ایجاد یک سایبان مناسب را داشته باشد. کودهای سبز اغلب از خانواده بقولات یا گندمیان می باشند که می توان از شبدر شیرین، یونجه و علف چاودار نام برد. فایده دیگری که بقولات دارند، تثبیت نیتروژن موجود در هوای خاک به شکل قابل استفاده برای گیاهان می باشد.

همچنین تناوب محصول بین انواع مختلف محصولات (مانند محصولات ردیفی و محصولات خاکساز مانند علوفه) یک اقدام توصیه شده مخصوصاً برای پرورش دهندگان سبزیجات می باشد. پرورش محصولات مختلف در هر سال از خروج مواد آلی جلوگیری کرده، ساختمان خاک را بهبود می بخشد و شیوع علفهای هرز و آفات را کاهش می دهد. معمولاً یک تناوب طولانی تر، بهتر می باشد. تناوب محصول همچنین ممکن است منجر به بازدهی بیشتر آب مصرفی خاک شود. برای مثال، محصولات ریشه بلند که عمق ریشه آنها از گیاهان سطحی بیشتر است، می توانند از مقدار رطوبت عمقی بیشتری استفاده کنند که برای گیاهان سطحی، فراهم نمی شود. توجه شود که به محض برداشت سبزیجات فصل کوتاه، باید یک محصول پوششی کشت شود. چاودار غله ای یا چند ساله محصولات پوششی مناسبی برای سبزیجات فصل بلندتر می باشند. زیرا در سرمای پاییز و اوایل بهار، خوب رشد می کنند و همچنین کود اضافی را جذب می کنند.

روش دیگر در راستای افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، خاکورزی حفاظتی (Conservative Tillage) می‌باشد. خاکورزی حفاظتی عبارت از به جای گذاشتن حداقل ۳۰ درصد از بقایای محصول پس از برداشت بر روی زمین می‌باشد. این بقایا باعث کاهش تبخیر آب خاک می‌شوند. همچنین بقایای گیاهی با کاهش خروج آب (که از رواناب ناشی می‌شود) به نگهداری رطوبت کمک می‌کنند. از طرفی دیگر بقایای محصولات مانند مالچ، جلوی ضربات قطرات باران را می‌گیرد و گسیختن، پراکندگی و تراکم خاک و نیز ایجاد سله خاک را کاهش می‌دهد. کاهش میزان آب مصرفی به ازای ماده خشک تولید شده و امکان افزایش فاصله میان دو آبیاری، با اجرا نمودن خاکورزی حفاظتی امکان‌پذیر خواهد بود. برخی از ماشین‌ها و ادوات طراحی شده برای خاک‌ورزی حفاظتی، عملیات تهیه زمین و کاشت بذر را به طور همزمان و فقط در یک مرحله تردد روی خاک مزرعه اجرا می‌نمایند که باعث کاهش متراکم و فشرده شدن خاک می‌شود. بطوریکه اگر خاک شدیداً شخم شود (مثلاً هر سال از گاواهن برگردان دار استفاده شود) تثبیت و افزایش مقدار مواد آلی خاک مشکل می‌باشد. افزایش اندک اندک میزان ریشه سالم و بهبود نفوذپذیری خاک از مهمترین مزایای خاک‌ورزی حفاظتی است. خاک‌ورزی حفاظتی به دو صورت بدون خاک‌ورزی (No tillage) یا کم خاک‌ورزی (Minimum tillage) انجام می‌شود. در شرایط بدون خاک‌ورزی هیچگونه عملیات تهیه زمین انجام نمی‌شود. به عبارت دیگر از برداشت محصول تا کاشت محصول بعدی خاک دست نخورده باقی می‌ماند و تنها عمل خاک‌ورزی، به هم زدن خاک توسط ردیفکارها و خطی کارها است. همچنین بقایای گیاهی محصول قبلی نیز در زمین باقی می‌ماند. اما در روش کم خاک‌ورزی عملیات خاک‌ورزی انجام می‌گیرد اما با شدت و تعداد عملیات کمتری نسبت به روشهای معمول خاک‌ورزی. امروزه، به خاطر تأثیر کمتر خاک‌ورزی بر خاکهای سنگین، روش بدون خاک‌ورزی برای این خاکها ترجیح داده می‌شود. در مناطقی که بقایای گیاهی به علت مصارف علوفه‌ای با محدودیت مواجه است، می‌توان از مالچ کاه و کلش برای افزایش نگهداری آب در خاک استفاده نمود. استفاده از مالچ گیاهی می‌تواند امراض خاک، رشد علفهای هرز و فرسایش خاک را کاهش دهد. البته مالچ ممکن است گران باشد و فراهم کردن، حمل و نقل و استفاده از آن در خاک کار زیادی ببرد. مالچ پاشی برای محصولات با ارزش (مانند پوشش زمستانه مزارع توت فرنگی) معمولاً کاربرد بیشتری دارد. شایان ذکر است که استفاده از کشت حفاظتی در استان مازندران ممکن است موجب افزایش علفهای هرز در مزرعه گردد که باید مدنظر قرار گیرد.

از دیگر روشها برای استفاده بهینه از آب و کاهش تلفات آب می‌توان به روشهایی چون انجام کشت زود هنگام، کنترل دوره آبیاری، کنترل علفهای هرز، کشت مخلوط، استفاده از روشهای نوین آبیاری و مدیریت کود اشاره کرد. کشت مخلوط موجب می‌گردد آفتاب کمتری به خاک بتابد و تلفات تبخیر از خاک کمتر شود. همچنین این امر موجب ایجاد رقابت بیشتر و سرعت رشد بیشتر در محصول مورد نظر می‌گردد. شایان توجه است که کشت مخلوط عمدتاً به دلیل تامین علوفه است و برای دستیابی عملکرد چندان مناسب نمی‌باشد. در

مدیریت کود هم تعیین این موضوع که چه وقت نیتروژن به خاک بدهیم مورد نظر است تا سرعت رشد افزایش یابد. در مدیریت کود باید توجه نمود که کود موجب رشد و توسعه سریع اندام های هوایی و افزایش پنجه زنی می شود که باعث تشکیل پوشش گیاهی متراکم می شود. پوشش گیاهی گسترده از یک سو شاخص سطح برگ و در نتیجه انرژی تشعشعی جذبی را بالا می برد که منجر به افزایش فتوسنتز می گردد و از سوی دیگر با سایه اندازی روی سطح خاک از مقدار تبخیر آب و تلفات آن می کاهد. نکته جالب آنکه مصرف کود بدون بالابردن مصرف آب، موجب رشد گیاه و به تبع آن افزایش کارایی مصرف آب می شود. البته در مناطق پر باران استفاده از کود موجب افزایش مصرف آب توسط گیاه می شود. همچنین استفاده از کودهای شیمیایی مخصوصاً کودهای فسفره و نیتروژنه (به خصوص کودهای نیتروژنه در مناطق مرطوب تر) حتی در مناطقی که با محدودیت آب مواجه اند، موجب افزایش کارایی مصرف آب می شود.

## منابع

- ۱- رحیمی، ا. و شمس الدین سعید، م. (۱۳۸۹). استراتژی های بهبود کارایی مصرف آب در شرایط تنش خشکی. مجله علمی تخصصی کشاورزی زیتون. شماره ۲۱۱.
- ۲- سپاسخواه، ع. ر.، توکلی، ع. ر. و موسوی، س. ف. (۱۳۸۵). اصول و کاربرد کم آبیاری، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۸۸ ص.
- ۳- Prihar, S., S. and Sandhu, B., S. (۱۹۸۷). Irrigation of field crops (principles and practices). Publications and information division Indian council of agricultural research, Krishianusandhan, PUSA, New Dehli.
- ۴- Ehdai, B., Wains, J. G. and Hall, A. E. (۱۹۸۸). Different response of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. Crop sci. ۲۸:۸۳۸-۸۴۲.
- ۵- Fischer, R. A., and Turner, N. C. (۱۹۷۸). Plant productivity in the arid and semiarid zones. Ann. Rev. Plant Physiology, ۲۹: ۲۷۷-۳۱۷.
- ۶- Schonfeld, M. A., Jhonson, R.C., Carver, B. F. and D. W. Mornhiveg. (۱۹۸۸). Water relations in winter wheat as drought resistance Iindicator. Crop science, ۲۸:۵۲۹:۵۳۱.

بیش از ۹۰ درصد از منابع آب تجدید شونده کشور در بخش کشاورزی مصرف می شود. این در حالی است که متوسط راندمان آبیاری در ایران کمتر از ۴۰ درصد است. یکی از دلایل این شرایط آن است که بسیاری از کشاورزان با مصرف آب بیشتر در واحد سطح، دستیابی به حداکثر محصول را مورد نظر قرار می دهند. اما نتیجه آن اتلاف بخش زیادی از منابع آب و انرژی و به تبع آن افزایش میزان خشکی و خسارات ناشی از آن بر روی گیاهان و تحمل هزینه های گزاف برای کشاورز می باشد.



تهیه شده در اداره رسانه های آموزشی  
زمستان ۱۳۹۵