وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج

اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی

نویسندگان:

محمد جلینی، فریبرز عباسی، حیدر طایفه‌رضایی،
محمد کریمی، سیدابوالقاسم حقایقی

۱۳۹۷

عنوان و نام پدیدآور	:	اصلاح سامانه های سنتی آبیاری سطحی/ نویسندگان محمد جلینی ... [و دیگران] ؛ ویراستار ترویجی فرانک صحرایی؛ ویراستار ادبی محمد یوسفی؛ سرویراستار وجیهه سادات فاطمی ؛ تهیه شده در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه ترویجی.
مشخصات نشر	:	کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۷۰ ص.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۴۴۱-۷
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	نویسندگان محمد جلینی، فریبرز عباسی، حیدر طایفه رضایی، محمد کریمی، سیدابوالقاسم حقایقی.
موضوع	:	آبیاری -- ایران
موضوع	:	Irrigation -- Iran
موضوع	:	کشاورزی-- ایران -- تامین آب -- مدیریت
موضوع	:	Water-supply, Agricultural -- Management-- Iran
شناسه افزوده	:	جلینی، محمد، ۱۳۴۷ -
شناسه افزوده	:	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج. نشر آموزش کشاورزی
شناسه افزوده	:	موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۷ ۶ الف۹ الف/ S۶۱۶
رده بندی دیویی	:	۶۳۱/۷۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۲۹۱۱۰۵

ISBN:978-964-520-441-7

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۴۴۱-۷

عنوان: اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی

نویسندگان: محمد جلینی، فریبرز عباسی، حیدر طایفه‌رضایی، محمد کریمی، سیدابوالقاسم حقایقی

ویراستار ترویجی: فرانک صحرایی

مدیر داخلی: شیوا پارسانیک

ویراستار ادبی: محمد یوسفی

سرویراستار: وجیهه سادات فاطمی

تهیه‌شده در: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: ۲۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۷

قیمت: رایگان

مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۴۱۱۰
به تاریخ ۱۴ /۹۷/۵ است.

نشانی: تهران- بزرگراه شهید چمران- خیابان یمن، پلاک ۱ و ۲، معاونت ترویج، ص. پ. ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵

تلفکس: ۰۲۱-۲۲۴۱۳۹۲۳

فهرست

مقدمه ۷
روش‌های مرسوم آبیاری سطحی ۸
مدیریت‌های توزیع آب و آبیاری مزارع ۱۱
- اصلاح روش‌های انتقال و توزیع آب ۱۱
- اصلاح و بهبود روش‌های آبیاری سطحی ۲۱
مدیریت‌های زراعی ۴۹
- تجهیز و نوسازی اراضی ۴۹
- آماده‌سازی زمین ۵۱
- حاصلخیزی و بهبود خاک ۵۵
- کشاورزی حفاظتی ۵۷
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۷

مقدمه

بیش از ۹۰ درصد اراضی فاریاب (آبی) جهان به‌روش‌های سطحی آبیاری می‌شود؛ ولی این روش‌ها به‌نسبت روش‌های نوین آبیاری، بازده کم‌تری دارد. کم‌بودن بازده آبیاری، ناشی از ضعف مدیریت آبیاری در این روش‌هاست. به‌دلیل هزینه زیاد سامانه‌های نوین آبیاری، به بهبود و اصلاح عملکرد روش‌های سنتی آبیاری سطحی که کم‌هزینه است و خود زارعان نیز آن را اجرا می‌کنند، غالباً توجه چندانی نمی‌شود؛ حال‌آنکه این امر ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. با اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی، افزایش بازده آبیاری امکان‌پذیر است. این امر با اقدامات مختلفی انجام می‌شود؛ نظیر تسطیح اراضی، بهبود و انتخاب صحیح روش آبیاری، طراحی و مدیریت مناسب آب در مزرعه و آموزش بهره‌برداران.

روش‌های مرسوم آبیاری سطحی

در کشور خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران، آبیاری به‌معنی رفع نیاز آبی گیاهان ازطریق جبران کمبود نزولات جوی است. به‌طور کلی، هدف از آبیاری اموری است مانند امور زیر:

- تأمین نیاز آبی گیاه
- افزایش محصول
- اصلاح زمین و محیط رشد
- تأمین خودکفایی و امنیت ملی
- کاهش اثر خشک‌سالی‌ها

از دیرباز، آبیاری بدون درنظرگرفتن نکات فنی و به‌روش‌های ساده و تجربی انجام می‌شد. اما امروزه روش‌های علمی گوناگونی برای آبیاری به کار می‌رود. هریک از این روش‌ها، اگر در جای مناسب از آن‌ها استفاده شود، به حفظ منابع آبی و خاکی (که در ادامه تشریح شده) کمک می‌کند. در آبیاری باید از روش‌هایی استفاده کنیم که هم در مصرف آب صرفه‌جویی و هم از شسته‌شدن و تخریب خاک کشاورزی جلوگیری شود. برای پخش یکنواخت آب

روی سطح خاک و آبیاری مناسب محصولات کشاورزی، روش‌های متفاوتِ کرتی و نواری و جویچه‌ای وجود دارد. در آبیاری سطحی سنتی چون نمی‌توان آب را کنترل کرد، آب زیادی به هدر می‌رود. همچنین آب به‌علت اینکه از یک طرف وارد و از طرف دیگر خارج می‌شود، خاک زراعی سطحی را می‌شوید و با خود می‌برد. در این روش آبیاری، باید ابتدا زمین را صاف کرد. این کار مستلزم صرف هزینه و نیروی کار زیادی است. به‌علاوه، چون مدتی طول می‌کشد که آب به آخر قطعه برسد، ابتدای زمین بیش‌تر از انتهای آن آب می‌خورد و این معمولاً موجب بی‌نظمی در رشد گیاهان می‌شود. در شکل ۱ نمونه‌ای از تلفات آب آبیاری در مزارع نشان داده شده است. استفاده از روش‌های سنتی آبیاری سطحی، به‌دلایل زیر، افزایش تلفات آب و کاهش بازده آبیاری را به‌دنبال دارد:

- نشت آب ازکانال‌های انتقال آب
- بهره‌برداری نامناسب از تأسیسات آبیاری
- متناسب‌نبودن شکل و ابعاد مزارع با مقدار آب و نحوه آبیاری
- فرسایش خاک در سراب قطعات (ابتدای

قطعـــات) و رســـوب‌گذاری در انتهـــای قطعـــات

- تلفـــات آب به‌صـــورت نفـــوذ عمقـــی در ابتـــدای مزرعـــه و آب خروجـــی از انتهـــای آن

شکل۱. نمونه‌ای از تلفات آب آبیاری در مزرعه

روش‌های آبیاری سطحی مزایایی دارد؛ ازجمله:

- زارعان با آن آشنا هستند.
- در روش‌هـــای آبیـــاری ســـطحی، بـــرای انتقـــال و توزیـــع آب بـــه تأسیســـات پیچیـــده نیـــازی نیســـت.
- نگهـداری و بهره‌بـرداری از تأسیسـات مربـوط بـه آبیـاری سـطحی آسـان‌تر اسـت.

- با روش‌های آبیاری سطحی می‌توان حجم چشمگیری از آب را به مزرعه رساند و در سطح قطعات آبیاری توزیع کرد.
- نفوذ عمقی آب در آبیاری سطحی باعث آب‌شویی و کنترل شوری خاک می‌شود و نیاز به آب‌شویی سنگین در برخی از فصول را برطرف می‌سازد.
- آبیاری سطحی در مناطقی که دارای خاک بسیار سنگین و عمیق است، بهتر انجام می‌شود.
- با افزایش سرمایه‌گذاری برای تسطیح و شیب‌بندی زمین و مدیریت صحیح مزرعه، می‌توان به بازده‌های کاربرد مناسبی در سطح مزرعه دست یافت. بازده کاربرد مزرعه، درصدی از آب آبیاری است که به قطعه زراعی می‌رسد و گیاه آن را مصرف می‌کند.

مدیریت‌های توزیع آب و آبیاری مزارع

اصلاح روش‌های انتقال و توزیع آب

در مسیر انتقال آب از منبع تا ابتدای مزرعه، مقداری آب ازطریق کانال‌های انتقال تلف می‌شود. می‌توان با بهره‌جستن از روش‌های نوین انتقال آب، ضمن جلوگیری از تلفات آن، از مزایای دیگری نیز

بهره‌منـد شـد. در زیـر، چنـد روش بـرای انتقـال و توزیـع آب ارائـه شـده اسـت.

۱. استفاده از پوشش نهرها و احداث کانال

پوشـاندن نهرهـا در کاهـش تلفـات آب و افزایـش بازده آن تأثیـر زیـادی دارد. در ایـن روش، بـا اسـتفاده از مـواد نفوذناپذیـر (سـیمان، نایلـون و ریـزذرات نانوهـا) و نیـز مـواد شـیمیایی، پوششـی روی نهرهـا ایجـاد می‌کننـد. به‌این‌ترتیـب، نفوذپذیـری و تلفـات آب کاهـش می‌یابـد (شـکل ۲). بـا ایـن کار، بیـن ۱۵ تـا ۲۰ درصـد از تلفـات آب جلوگیـری می‌شـود.

شکل ۲. استفاده از کانال‌های بتنی برای انتقال آب

۲. استفاده از لوله برای انتقال آب

انتقال آب با لوله هرچند نسبت‌به کانال بتونی هزینه بیش تری برمی‌دارد، مزایایی نیز دارد. بعضی مزایای آن عبارت است از:

- ✓ سهولت اجرای شبکه توزیع آب با لوله و نگهداری از آن
- ✓ امکان انتقال آب به نقاط پست یا مرتفع اراضی
- ✓ امکان ایجاد فشار در لوله (حتی به‌مقدار کم) برای استفاده از روش‌های آبیاری کم‌فشار
- ✓ کاهش احتمال اینکه بذرها ازطریق نهر آبیاری جابه‌جا شود و نیز کاهش علف‌های هرز مزارع
- ✓ به‌صفررساندن نشت آب از درزها و شکاف‌های پوشش کانال‌ها
- ✓ صرفه‌جویی در مصرف آب‌هایی که به‌صورت تبخیر و تعرق علف‌های هرز از دسترس خارج می‌شود (شکل ۳).

شکل ۳. تلفات آب از سطح نهر و علف‌های هرز

۳. استفاده از هیدروفلوم (لوله‌های دریچه‌دار)

هیدروفلوم لوله‌هایی است از جنس پلی‌اتیلن نرم و سبک یا نایلون که برای انتقال و توزیع آب در مزارع به کار می‌رود. نحوه تولید لوله‌های هیدروفلوم تقریباً شبیه تولید کیسه‌های زباله است؛ با این تفاوت که طول آن‌ها حدود صد متر و ضخامت آن‌ها حدود یک میلی‌متر است.

یکی دیگر از محل‌هایی که در آن مقدار زیادی آب تلف می‌شود، نهر بالاسر هر قطعه است (شکل ۴). مشکلاتی که در احداث این نهر وجود دارد، عبارت است از:

- ✓ هریک از این نهرها مقداری از مساحت زمین را اشغال می‌کنند که موجب کاهش سطح زیر کشت می‌شود.
- ✓ در زمین‌هایی که بخوبی تسطیح نشده‌اند، بناچار باید نهر به‌صورت انحنادار و نه مستقیم احداث شود. این موجب می‌شود شکل هندسی نامنظمی در مزرعه پدید آید و مشکلاتی در کار ماشین‌های کشاورزی و فرایند برداشت ایجاد شود.
- ✓ هزینه کارگری افزایش می‌یابد.

- ✓ در هر آبیاری مقدار زیادی آب در داخل نهر می‌ماند و تلف می‌شود.
- ✓ بذر علف‌های هرز ازطریق نهر اصلی به این نهرها منتقل و از آنجا در داخل مزرعه پخش می‌شود.
- ✓ امکان آب‌گیری شبانه وجود ندارد.

شکل ۴. تلفات آب در نهر بالاسری

استفاده از لوله‌های دریچه‌دار در سطح مزرعه و تبدیل کانال‌ها و جوی‌های انتقال‌دهنده آب به لوله‌های دریچه‌دار هنگام طراحی و اجرای عملیات تسطیح اراضی علاوه بر اینکه سبب کاهش هزینه‌ها

می‌شود، تلفات زمین را کم می‌کند. استفاده از لوله‌های دریچه‌دار، به‌دلیل راحتی کار با آن، بازده آبیاری شبانه را افزایش می‌دهد. کار با این سامانه بسیار ساده‌تر از سیفون است و تنها با باز و بسته‌کردن دریچه‌ها آب در مزرعه توزیع می‌شود. برای بهره‌برداری مناسب‌تر باید لوله دریچه‌دار (شکل ۵) را در جهت شیب عرضی زمین پهن کرد و با تغییر میزان بازشدگی دریچه‌ها، تا حد ممکن مقدار دبی خروجی از دریچه‌ها در طول لوله را یکنواخت‌تر کرد. هنگام انتقال لوله‌های دریچه‌دار از هر محل آبیاری به محل دیگر نیز باید تا حد امکان اتصالات باز شود و جابه‌جایی با احتیاط انجام گیرد. در جدول ۱ کارآیی لوله‌های دریچه‌دار در روش آبیاری سطحی با وضعیت معمول بدون استفاده از لوله‌های دریچه‌دار مقایسه شده است.

شکل ۵. استفاده از لوله‌های دریچه‌دار برای توزیع آب در مزرعه

جدول ۱. مقایسه کاربرد روش آبیاری سطحی با لوله‌های دریچه‌دار

روش آبیاری سطحی (ردیفی) معمولی	روش آبیاری سطحی با لوله‌های دریچه‌دار
به احداث کانال و جوی خاکی به‌عرض حدود ۳ متر و به‌طول سرتاسر مزرعه نیاز است.	به کانال و جوی خاکی نیازی نیست. به‌جای آن‌ها، می‌توان از لوله‌های دریچه‌دار استفاده کرد.
نفوذ عمقی و تبخیر سطحی آب در کانال‌ها و جوی‌های خاکی فراوان است.	نفوذ عمقی و تبخیر سطحی آب با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار وجود ندارد.
بازده مصرف آب حداکثر ۳۵ تا ۴۰ درصد است.	بر اثر حذف کانال‌ها و جوی‌های خاکی داخل مزرعه، بازده مصرف آب به بیش از ۷۰ درصد افزایش می‌یابد.
سرعت آبیاری کم است.	سرعت آبیاری، بخصوص در آبیاری اول (خاک‌آب) مزرعه، زیاد است.

ادامه جدول ۱

روش آبیاری سطحی (ردیفی) معمولی	روش آبیاری سطحی با لوله‌های دریچه‌دار
آبیاری شبانه مشکل و با بازده کم تر از روز انجام‌پذیر است.	آبیاری شبانه راحت است و بازده آن تفاوتی با بازده آبیاری روزانه ندارد.
توزیع کود در مزرعه مشکل و کم‌بازده است.	امکان استفاده از روش کودآبیاری و تزریق کود داخل شبکه و درنتیجه، پخش یکنواخت آن وجود دارد.
کانال‌ها و جوی‌های خاکی، بخصوص وقتی خیس و گل‌آلود باشند، مانعی در رفت‌وآمد تراکتورها و ادوات کشاورزی خواهند بود.	به‌علت حذف جوی‌های خاکی، رفت‌وآمد تراکتور و ادوات کشاورزی آسان خواهد شد.
آبیاری با استفاده از پلاستیک و سیفون و جز آن مشکل است.	آبیاری به‌سادگی و فقط با باز و بسته‌کردن دریچه‌ها امکان‌پذیر می‌شود.
بذر علف‌های هرز ازطریق جوی‌های خاکی داخل مزرعه در سرتاسر مزرعه پخش می‌شود.	به‌علت حرکت آب در داخل لوله دریچه‌دار، بذر علف‌های هرز در مزرعه پخش نمی‌شود.

اصلاح و بهبود روش‌های آبیاری سطحی

۱. آبیاری کرتی

رایج‌ترین روش آبیاری در ایران، آبیاری کرتی است. علت آن نیز فرهنگ سنتی آبیاری در بین کشاورزان و نیازنداشتن به ماشین‌آلات پیشرفته است. آبیاری کرتی برای خاک‌های سنگین که آب در آن‌ها کم‌تر نفوذ می‌کند و زمین‌های کم‌شیب (دو در هزار) مناسب است. در این روش، کرت‌های نسبتاً تراز به‌شکل مربع یا مربع‌مستطیل آماده می‌شود. سپس آب را از جوی مجاور وارد کرت می‌کنند و پس از پرشدن کرت، آن را قطع می‌کنند (بدون رواناب). با این روش می‌توان حبوبات، یونجه، برنج، باغ‌های میوه، سبزی‌ها را آبیاری کرد (شکل ۶). همچنین از این روش می‌توان برای آب‌شویی خاک‌های شور استفاده کرد. در آبیاری کرتی، خاک و بذر و مواد غذایی در معرض شست‌وشو قرار می‌گیرد و خاک‌های مستعد (رسی) نیز سله (لایه‌ای سخت و نفوذناپذیر) می‌بندد. در این روش، خطر شیوع برخی بیماری‌های ویروسی بر اثر تماس آب با طوقه و ساقه گیاهان زیاد است.

شکل ۶. نمای مزرعه‌ای با آبیاری کرتی

عامل اصلی در انتخاب عرض کرت، شیب زمین و عمق خاک زراعی است؛ به‌گونه‌ای که هرچه شیب عرضی بیش تر باشد، عرض کرت کم تر می‌شود. در زمین‌هایی که عمق خاک کم است، برای جلوگیری از ازبین‌رفتن خاک مزروعی در موقع تسطیح، عرض کرت باید کم گرفته شود. علاوه‌براین، عرض کرت باید مضرب صحیحی از عرض ماشین‌های کشاورزی گرفته شود. در جدول ۲ حداکثر عرض کرت باتوجه‌به شیب عرضی زمین و در جدول ۳ مساحت کرت به‌ازای آب آبیاری در اختیار و بافت خاک ارائه شده است.

جدول ۲. تغییرات عرض کرت باتوجه‌به شیب عرضی مزرعه

شیب عرضی (درصد)	حداکثر عرض کرت (متر)	
	حدود تغییرات	متوسط
۰/۲	۳۵–۵۵	۴۵
۰/۳	۳۰–۴۵	۳۷
۰/۴	۲۵–۴۰	۳۲
۰/۵	۲۰–۳۵	۲۸
۰/۶	۲۰–۳۰	۲۵
۰/۸	۱۵–۳۰	۲۲
۱/۰	۱۵–۲۵	۲۰
۱/۲	۱۰–۲۰	۱۷
۱/۵	۱۰–۲۰	۱۳
۲/۰	۵–۱۵	۱۰

جدول ۳. اندازه های پیشنهادی برای سطح کرت به‌ازای انواع خاک و دبی جریان

مقدار جریان		بافت خاک			
مترمکعب در ساعت	لیتر در ثانیه	رسی	لوم رسی	لوم شنی	شنی
		مساحت (هکتار)			
۱۰۸	۳۰	۰/۲	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۲
۲۱۶	۶۰	۰/۴	۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۰۴
۳۲۴	۹۰	۰/۶	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۰۶
۴۳۲	۱۲۰	۰/۸	۰/۴۸	۰/۲۴	۰/۰۸
۵۴۰	۱۵۰	۱/۰	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۱۰
۶۴۸	۱۸۰	۱/۲	۰/۷۲	۰/۳۶	۰/۱۲
۷۵۶	۲۱۰	۱/۴	۰/۸۴	۰/۴۲	۰/۱۴
۸۶۴	۲۴۰	۱/۶	۰/۹۶	۰/۴۸	۰/۱۶
۹۷۲	۲۷۰	۱/۸	۱/۰۸	۰/۵۴	۰/۱۸
۱۰۸۰	۳۰۰	۲/۰	۱/۲۰	۰/۶۰	۰/۲۰

۲. آبیاری نواری

آبیاری نواری شکل پیشرفته آبیاری کرتی است که در آن، اراضی زراعی شیب‌بندی می‌شود و به‌شکل مستطیل و ترازبندی‌شده درمی‌آید (شکل ۷). تفاوت روش آبیاری نواری و کرتی در این است که در این نوع آبیاری، نوارها شیب‌دار است. عرض نوارها از حدود ۵ تا ۱۵ متر و طول آن‌ها از ۷۵ تا ۳۰۰ متر متغیر است. نوارها به‌وسیله مرزکشی از هم جدا می‌شود. هدف از این کار این است که همزمان با پیشروی آب در داخل نوارها، آب در زمین نفوذ کند. این روش برای بیش ترِ خاک‌ها مناسب است؛ اما برای زمین‌هایی که خاک شنی دارند و آب بسرعت در آن‌ها نفوذ می‌کند، مناسب نیست. این روش بیش تر در زمین‌های کم‌شیب و برای گیاهان علوفه‌ای و غلات کاربرد دارد. توپوگرافی (وضعیت مکانی) مزرعه در روش آبیاری نواری مهم است و برعکسِ روش آبیاری کرتی که دارای قطعات کوچک است و در آن از تجهیزات مکانیزه در سطح وسیع نمی‌توان استفاده کرد، در این روش با افزایش طول نوارها و رعایت مسائل مربوط به تسطیح اراضی، می‌شود از ادوات مکانیزه کشاورزی استفاده کرد. بهترین شیب طولی نوار، شیب کم‌تر از ۰/۵ درصد (۵ در هزار) است؛ ولی اگر مشکل فرسایش وجود نداشته

باشـد، می‌تـوان ایـن روش را در اراضـی بـا شـیب بیش تـر نیـز اسـتفاده کـرد. در جـدول ۴ ابعـاد پیشـنهادی نوارهای آبیـاری آمده اسـت.

شکل ۷. نمای مزرعه آبیاری نواری سنتی

جدول ۴. اندازه‌های پیشنهادی برای نوارها

نوع خاک	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	شیب (درصد)	عرض نوار (متر)	طول نوار (متر)	جریان در واحد عرض (لیتر در ثانیه)
شن	۱۰۰	۰/۲	۳۰–۱۲	۱۰۰–۶۰	۱۵–۱۰
		۰/۴	۱۲–۱۰	۱۰۰–۶۰	۱۰–۸
		۰/۸	۱۰–۵	۷۵	۷–۵
لوم	۱۵۰	۰/۲	۳۰–۱۵	۳۰۰–۹۰	۶–۴
		۰/۴	۱۲–۱۰	۱۸۰–۹۰	۵–۳
		۰/۸	۱۰–۵	۹۰	۴–۲
رس	۲۰۰	۰/۲	۳۰–۱۵	۳۵۰	۶–۳
		۰/۴	۱۲–۱۰	۳۰۰–۱۸۰	۴–۲

زمان قطع جریان آب ورودی به نوار

تعیین زمان قطع جریان آب ورودی به نوار به تجربه آبیار بستگی دارد. اگر جریان ورودی زودتر قطع شود، آب به انتهای نوار نمی‌رسد و چنانچه دیرتر از زمان لازم قطع شود، آب در انتهای نوار جمع می‌شود. اما توصیه این است که:

- در خاک‌های رسی پس از اینکه آب ۶۰ درصد طول نوار را طی کرد، جریان ورودی قطع شود.
- در خاک‌های لومی پس از اینکه آب ۷۰ تا ۸۰ درصد طول نوار را طی کرد، جریان ورودی قطع شود.
- در خاک‌های شنی که نفوذپذیری زیاد دارند، پس از رسیدن آب به انتهای نوار، جریان ورودی قطع شود.

۳. آبیاری جویچه‌ای

روش آبیاری جویچه‌ای که عمق و عرض جویچه‌های آن حدود ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر است، یکی از مناسب‌ترین روش‌های آبیاری است. در این روش آب در تمام سطح خاک جریان نمی‌یابد؛ بلکه فقط در جویچه‌ها جریان دارد و بتدریج در کف و کناره‌های آن نفوذ و خاک را مرطوب می‌کند

(شکل۸). طول جویچه‌ها به شیب زمین، بافت خاک، اندازه و شکل مزرعه بستگی دارد. در اراضی با شیب ملایم (کم‌تر از ۱ درصد) و جنس خاک متوسط تا سنگین می‌توان طول جویچه‌ها را افزایش داد. در صورت زیادبودن طول زمین (بیش از ۳۰۰ متر) می‌توان در فواصل مناسب برای جمع‌آوری رواناب جویچه‌های بالادست، نهرهایی عمود بر جویچه‌ها احداث کرد و پس از جمع‌آوری مجدد، آب را به جویچه‌های پایین‌دست هدایت کرد. در برخی مواقع این آب به‌صورت تلفات رواناب از زمین خارج می‌شود (شکل ۹)؛ ولی در صورت وجود اختلاف ارتفاع و عاری‌بودن از بیماری و بویژه سموم علف‌کش، این آب در مزرعه پایینی استفاده می شود.

فواصل پشته‌ها تابع بافت خاک و نوع محصول است. در اراضی با بافت خاک سبک، فاصله پشته‌ها کم‌تر (۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) و در اراضی با بافت خاک سنگین، عرض پشته‌ها بیش‌تر (۷۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متر) انتخاب می‌شود. این روش آبیاری برای خاک‌های سبک و نیز خاک‌هایی که پس از خشک‌شدن ترک‌های بزرگ برمی‌دارند (مانند خاک‌های رسی)، مناسب نیست. با این روش

می‌تـوان بیش تـر محصـولات زراعـی را کـه به‌صـورت ردیفـی کشـت می‌شـود، آبیـاری کـرد.

شکل ۸. نمای مزرعه آبیاری جویچه‌ای

شکل ۹. تلفات رواناب انتهایی در آبیاری جویچه‌ای

الف. حداکثر دبی ورودی در آبیاری جویچه‌ای

حداکثر دبی ورودی یا حداکثر جریان آب ورودی در جویچه، جریانی است که تلفات سطحی زیادی نداشته باشد و متناسب با ابعاد شیار، باعث فرسایش جویچه نشود. مقدار آن باتوجه‌به شیب زمین و بافت خاک تعیین می‌شود. اندازه‌های سرعت غیرفرسایشی برای خاک‌های مختلف در آبیاری جویچه‌ای باتوجه‌به نوع بافت خاک در جدول ۵ پیشنهاد شده است (با داشتن سطح مقطع جویچه می‌توان مقدار حداکثر دبی ورودی را از حاصل‌ضرب سرعت غیرفرسایشی در سطح مقطع جویچه برای بافت‌های مختلف به دست آورد. معمولاً عرض آب در سطح بالای جویچه‌ها حدود ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع آب حدود ۱۰ سانتی‌متر و شکل آن‌ها تقریباً نیم‌دایره است. درنتیجه، متوسط سطح مقطع جریان حدود ۰/۰۱۵ متر مربع یا ۱۵۰ سانتی‌متر مربع است). حداکثر جریان ورودی به شیار باتوجه‌به شیب زمین نیز در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵. اندازه های سرعت غیرفرسایشی برای خاک‌های مختلف در آبیاری جویچه‌ای

بافت خاک	سرعت غیرفرسایشی (متر بر دقیقه)
ماسه ریز	۹/۱
لوم ماسه‌ای	۱۱/۰
لوم سیلتی	۱۱/۹
لوم رسی	۱۴/۹
رسی	۲۲/۹

جدول ۶. حداکثر دبی ورودی باتوجه‌به شیب طولی جویچه

شیب زمین (درصد)	حداکثر دبی (لیتر بر ثانیه)	شیب زمین (درصد)	حداکثر دبی (لیتر بر ثانیه)
۲/۰	۰/۳۰۰	۱/۰	۰/۶۶۷
۱/۹	۰/۳۱۶	۰/۹	۰/۷۵۰
۱/۸	۰/۳۳۳	۰/۸	۰/۸۷۵
۱/۷	۰/۳۵۳	۰/۷	۱/۰۰۰
۱/۶	۰/۳۷۵	۰/۶	۱/۲۰۰
۱/۵	۰/۴۰۰	۰/۵	۱/۵۰۰
۱/۴	۰/۴۲۹	۰/۴	۱/۰۰۰
۱/۳	۰/۴۶۲	۰/۳	۲/۰۰۰
۱/۲	۰/۵۰۰	۰/۲	۳/۰۰۰
۱/۱	۰/۵۴۵	۰/۱	۶/۰۰۰

ب. حداقل دبی ورودی در آبیاری جویچه‌ای

دبی ورودی جریان آب نمی‌تواند از مقداری مشخص کم‌تر باشد؛ زیرا دراین‌صورت پیشروی جریان طولانی و اختلاف فرصت نفوذ در ابتدا و انتهای مزرعه زیاد می‌شود. فرصت نفوذ، کل زمان تماس آب آبیاری با خاک در هر قسمت مزرعه است. هرچه فرصت نفوذ در نقطه‌ای از مزرعه بیش‌تر باشد، عمق آب نفوذیافته در آن نقطه بیش‌تر است. اختلاف زیاد فرصت نفوذ موجب کاهش یکنواختی توزیع آب در مزرعه می‌شود.

در انتخاب حداقل دبی جریان باید به نکات زیر توجه کرد:

- آب به انتهای جویچه برسد.
- مدت‌زمان مرحله پیشروی آب از مدت‌زمان حقابه کشاورزی تجاوز نکند.
- مدت‌زمان مرحله پیشروی آن‌قدر طولانی نشود که تلفات آب به‌صورت نفوذ عمقی در مزرعه زیاد و بازده آبیاری از حد مطلوب کم‌تر شود.

پ. رژیم آبیاری کاهش جریان

یکی از مراحل آبیاری جویچه‌ای مرحله پیشروی است که عامل مؤثر در کاهش بازده آبیاری‌های سطحی در مزارع دارای زهکش خروجی است. زمان پیشروی در آبیاری جویچه‌ای به سه عامل بستگی دارد: بافت خاک، مقدار دبی ورودی به جویچه، شیب جویچه. تلفیق مناسب این سه عامل با کاهش مدت‌زمان پیشروی، باعث افزایش بازده آبیاری می‌شود. ازجمله روش‌هایی که می‌تواند بازده آبیاری را افزایش دهد و از تلفات رواناب خروجی به‌مقدار زیادی جلوگیری کند، روش کاهش جریان است. در این شیوه، با شروع آبیاری، آب با شدت‌جریان‌های نزدیک به دبی غیرفرسایشی به جویچه وارد می‌شود و پس از تکمیل مرحله پیشروی که آب به انتهای جویچه رسید، مقدار دبی ورودی به نصف کاهش می‌یابد. با این روشِ صرفه‌جویانه، تا ۲۰ درصد از تلفات آب به‌صورت آب خروجی از مزرعه کاهش می‌یابد و بازده آب آبیاری بهبود پیدا می‌کند. رژیم کاهش جریان را در همه اراضی کشاورزی و همه روش‌های آبیاری سطحی، بخصوص اراضی تجهیزشده و نوسازی‌شده، به‌سادگی و با هزینه کم می‌توان اجرا کرد.

ت. طول شیارها در آبیاری جویچه‌ای

عوامل متعددی در تعیین طول شیارها مؤثر است. این عوامل عبارت است از:

- بافت خاک
- دبی جریان
- عمق آب آبیاری
- شیب زمین و اندازه و شکل مزرعه

اما به‌طور معمول، طول شیار در خاک‌های رسی بیش‌تر از شنی است. برای تعیین طول شیارها عوامل زیادی دخیل‌اند و راه‌حل ساده‌ای وجود ندارد. ازنظر کشاورزان، بهتر است طول شیارها زیاد باشد؛ زیرا وقتی طول شیارها کم باشد، تعداد نهرهای بالادست و پایین‌دست شیارها و عملیات آبیاری بیش‌تر می‌شود و استفاده از ادوات در مزرعه مشکل‌تر می‌شود. ازنظر عملی، طول مناسب شیار، بسته به شدت‌جریان غیرفرسایشی مشخص می‌شود؛ به‌طوری که آب بتواند تقریباً در یک‌چهارم زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آبیاری به انتهای شیار برسد. جدول ۷ و ۸ و ۹ را می‌توان به‌عنوان راهنمایی برای تعیین طول شیارها به کار برد.

جدول ۷. حداکثر مجاز طول شیار برای خاک‌ها و شیب‌ها و اندازه های مختلف آب آبیاری

شیب شیار (درصد)	متوسط مقدار آب آبیاری (سانتی‌متر)											
	۷/۵	۱۵	۲۲/۵	۳۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵
	طول پیشنهادی (متر)											
	رس				لوم				شن			
۰/۰۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۲۰	۲۷۰	۴۰۰	۴۰۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰
۰/۱	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۵۰۰	۱۸۰	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۹۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۰/۲	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۶۲۰	۲۲۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۰/۳	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۰	۸۰۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۸۰	۴۰۰
۰/۵	۴۰۰	۵۰۰	۵۶۰	۷۵۰	۲۸۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۱	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۰
۱/۵	۲۵۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۰۰	۲۲۰	۲۸۰	۳۴۰	۴۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۲	۲۲۰	۲۷۰	۳۴۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۴۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰

جدول ۸. حداکثر مجاز طول شیار برای خاک شنی در شیب‌ها و اندازه های مختلف آب آبیاری

شیب شیار (درصد)	متوسط مقدار آب آبیاری (سانتی‌متر)			
	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵
	طول پیشنهادی (متر)			
۰/۰۵	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰
۰/۱	۹۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۰/۲	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۰/۳	۱۵۰	۲۲۰	۲۸۰	۴۰۰
۰/۵	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۱	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۰
۱/۵	۸۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۲	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰

جدول ۹. حداکثرمجاز طول شیار برای خاک لوم در شیب‌ها و اندازه های مختلف آب آبیاری

شیب شیار (درصد)	متوسط مقدار آب آبیاری (سانتی‌متر)			
	۵	۱۰	۱۵	۲۰
	طول پیشنهادی (متر)			
۰/۰۵	۱۲۰	۲۷۰	۴۰۰	۴۰۰
۰/۱	۱۸۰	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰
۰/۲	۲۲۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰
۰/۳	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
۰/۵	۲۸۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰
۱	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۰	۴۷۰
۱/۵	۲۲۰	۲۸۰	۳۴۰	۴۰۰
۲	۱۸۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۴۰

جدول ۱۰. حداکثرمجاز طول شیار برای خاک رس در شیب‌ها و اندازه های مختلف آب آبیاری

شیب شیار (درصد)	متوسط مقدار آب آبیاری (سانتی‌متر)			
	۷/۵	۱۵	۲۲/۵	۳۰
	طول پیشنهادی (متر)			
۰/۰۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۰/۱	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۵۰۰
۰/۲	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۶۲۰
۰/۳	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۰	۸۰۰
۰/۵	۴۰۰	۵۰۰	۵۶۰	۷۵۰
۱	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
۱/۵	۲۵۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۰۰
۲	۲۲۰	۲۷۰	۳۴۰	۴۰۰

برای مثال، براساس این جدول، اگر شیب زمین در جهت شیار ۰/۳ درصد و مقدار آب آبیاری در هر نوبت ۱۰ سانتی‌متر باشد و خاک شنی باشد، بیش ترین طول توصیه‌شده شیار یا فارو ۲۸۰ متر است. این جدول برای سه گروه کلی خاک رسی و لومی و شنی تهیه شده است. این اعداد به‌دلیل اینکه به‌صورت تجربی به دست آمده، ممکن است برای هر نوع بافت خاک، متفاوت باشد. برای دیگر خاک‌ها باید طول شیار نسبت به بافت خاک بین

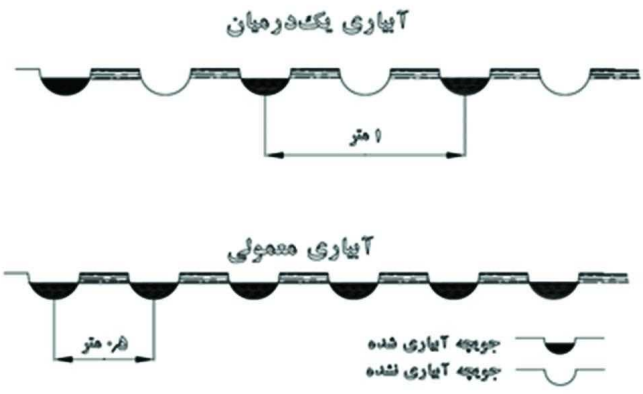
اعـداد جـدول تعدیـل شـود. شـایان‌ذکر اسـت کـه ارقـام ایـن جـدول فقـط جنبـه راهنمایـی دارد و در طراحی‌هـای اولیـه می‌تـوان از آن‌هـا اسـتفاده کـرد. ارقـام دقیق‌تـر طراحـی بایـد از روی تجزیه وتحلیـل هیدرولیکـی به دسـت آیـد.

ث. آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان

در رژیم‌هـای آبیـاری، جویچه‌هـا به‌صـورت یک‌درمیـان آبیـاری می‌شـود (شـکل ۱۰). در هـر نوبـت آبیـاری، گیاه از یـک طـرف آب دریافـت می‌کنـد. در آبیـاریِ یک‌درمیـان ممکـن اسـت جـای جویچه‌هایـی کـه آبیـاری می‌شـود، در هـر نوبـت آبیـاری ثابت باشـد یـا تغییر کنـد. اصـولاً آبیاری یک‌درمیـان بـرای جلوگیـری از نفـوذ بیش‌ازحـد آب به کار مـی‌رود و بـا کم‌کـردن نفوذ عمقـی، بازده آبیـاری را افزایش می‌دهـد. ایـن روش به‌دلیـل ماهیتـش و هدفـی کـه از آن دارنـد، در خاک‌هـای بـا بافـت متوسـط تـا سـنگین کاربرد دارد و در خاک‌هـای سـبک ممکـن اسـت بـه کاهـش بازده آبیـاری منجـر شـود. آبیـاری جویچـه‌ای یک‌درمیـان بـازده آبیـاری را در مرحلـه تکمیلـی افزایـش می‌دهـد. یکـی از مشـکلات آبیـاری جویچـه‌ای یک‌درمیـان، در خاک‌هـای سـنگین اسـت کـه جویچه‌هـا سـله می‌بندنـد. سله‌بسـتن

جویچه‌ها گاهی سبب بریدگی آن‌ها و ورود آب به جویچه‌های خشک می‌شود.

آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان یکی از روش‌های کم‌آبیاری است که در مناطق مختلف در داخل و خارج از کشور برای محصولات ردیفی اجرا می‌شود؛ محصولاتی مانند ذرت، سیب‌زمینی، چغندرقند، پنبه و حتی گندم. این روش برخلاف کاهش احتمالی عملکرد، نتایج رضایت‌بخشی به‌دنبال داشته است. نتایج اکثر تحقیقات نشان می‌دهد که آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان تا حدود ۵۰ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش چشمگیر کارآیی می‌شود. پیشنهاد می‌شود برای آبیاری پنبه و چغندرقند و گندم از رژیم آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت استفاده شود. برای پنبه، روش پشته‌پهن با فاصله جویچه‌های ۱۲۰ تا ۱۴۰ سانتی‌متر با دو ردیف کاشت گیاه روی هر پشته و برای چغندرقند با آرایش‌های ۵۰-۵۰، ۴۰-۵۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰-۶۰ مناسب است. برای گندم، کارآیی مصرف آب در آبیاری یک‌درمیان ۱/۳۴ کیلوگرم در متر مکعب است. با این روش می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف آب، تولید گندم را در کشور افزایش داد.



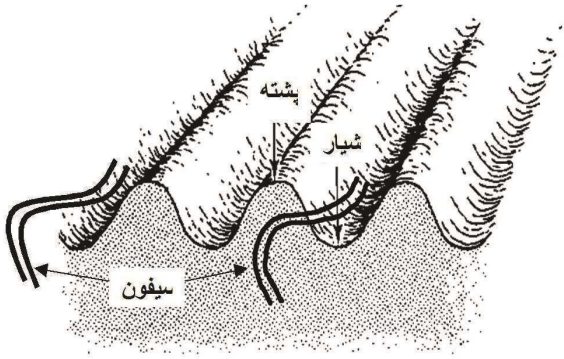
شکل ۱۰. آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان (بالا) و معمولی (پایین)

ج. آبیاری موجی

آبیاری موجی روشی است که در آن جریان آب ورودی به جویچه به‌طور متناوب قطع و وصل می‌شود. این روش بازده آبیاری را در مرحله پیشروی افزایش می‌دهد. طرز کار آن به این صورت است که آب به‌جای اینکه پیوسته به شیار وارد شود، در فاصله زمان‌های مختلف قطع و وصل می‌شود. با این روش، از کاهش بیش‌ازحد سرعت پیشروی آب در جویچه جلوگیری می‌شود. به‌کارگیری این روش در آبیاری پس از شخم و خاک‌ورزی و در خاک‌های دارای بافت سبک مفید است. ازآنجاکه بازده آبیاری جویچه‌ای در

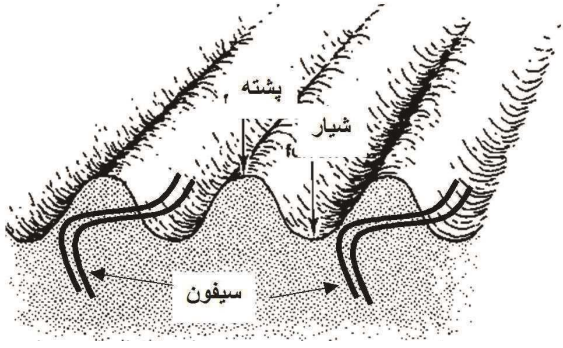
آبیاری اول و آبیاری پس از عملیات خاک‌ورزی (مثل کولتیواتور)، به‌دلیل دست‌خورده‌بودن خاک، بسیار کم است، آبیاری موجی می‌تواند بازده آبیاری را در این زمان‌ها افزایش دهد. هدف از آبیاری موجی افزایش بازده آبیاری، دستیابی به عملکرد مناسب، کاهش مصرف انرژی و کاهش زمان کل آبیاری است. برای آبیاری موجی می‌توان از سیفون و لوله‌های دریچه‌دار استفاده کرد. در این روش، آب را با حداکثر دبی غیرفرسایشی وارد شیارها می‌کنیم و زمانی که سرعت پیشروی در هر شیار کاهش شدید پیدا کرد، آب ورودی را قطع و به شیار بعدی هدایت کنیم. در این شیار نیز سرعت پیشروی آب بشدت کاهش می‌یابد و سپس آب به شیار قبلی هدایت می‌شود. این عمل تا زمانی که آب در شیارها تمام شود، ادامه پیدا می‌کند. بعد از این مرحله، در همه شیارها آبیاری با حداقل دبی ممکن و به‌طور معمول ادامه می‌یابد. در مزارعی که با سیفون آبیاری می‌شود، این کار را براحتی می‌توان انجام داد. برای مثال، اگر دبی آب موجود در نهر بالادست متناسب با ۵۰۵۰ سیفون باشد، شیارها را به زوج و فرد تقسیم می‌کنند. در مرحله اول، آبیاری را در ۲۵ شیار فرد (هرکدام با دو

سیفون) شروع می‌کنند و زمانی که سرعت پیشروی آب شدیداً کاهش یافت، سیفون‌ها را به ۲۵ شیار زوج انتقال می‌دهند. این کار را تا زمانی که آب به انتهای تمام شیارها برسد، ادامه می‌دهند. به‌عبارتی، موج‌های ۱ و ۲ ممکن است چند بار بین شیارها تکرار شود. زمانی که آب به انتها رسید، آبیاری تمام شیارها (۵۰ شیار) با یک سیفون ادامه می‌یابد تا زمان آبیاری کامل شود. با این کار، همیشه سطح آب در نهر بالادست تنظیم‌شده باقی می‌ماند (شکل ۱۱).

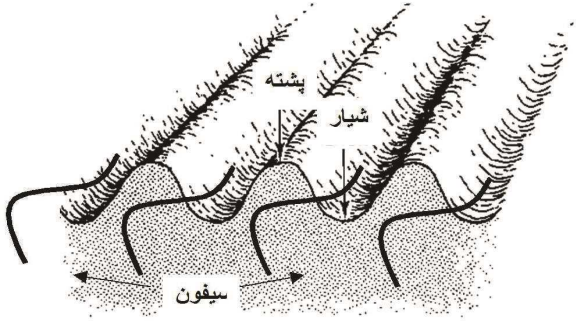


الف: آبیاری موجی در تناوب (موج) اول با دو سیفون

شکل ۱۱. مراحل اجرای آبیاری موجی در سه موج (الف، ب، ج)



ب: آبیاری موجی در تناوب (موج) دوم هر شیار با دو سیفون



پ: آبیاری موجی در تناوب (موج) آخر

ادامه شکل ۱۱. مراحل اجرای آبیاری موجی در سه موج (الف، ب، ج)

نتایج کلی کاربرد آبیاری موجی عبارت است از:

- افزایش سرعت پیشروی آب آبیاری در جویچه‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ درصد
- کاهش آب مصرفی در دو آبیاری اول و دوم
- کاهش آب مصرفی بین ۱۴ تا ۴۷ درصد
- کاهش ۱۱درصدی آب مصرفی نسبت‌به رژیم کاهش جریان
- کاهش ۲۵درصدی آب مصرفی نسبت‌به روش سنتی

ج. آبیاری شبانه

آبیاری شبانه در مزارع برای سرعت‌بخشیدن به عملیات آبیاری ازجمله راهکارهای اجتناب‌ناپذیر برای کشاورزان است. آبیاری شبانه به‌دلایل گوناگون کم‌بازده‌تر از آبیاری روزانه است. اصلی‌ترین عامل تلفات آب، نبود نور و کاهش شدید دید و کم‌شدن کارآیی آبیار است. در این روش، آبیار نمی‌تواند آب نهرهای انتقال‌دهنده را کنترل کند. درنتیجه، تقسیم آب در مزرعه با مشکل مواجه می‌شود. باتوجه‌به اینکه آبیاری شبانه در زمان خواب زارع است،

خواب‌آلودگی نیز توان کار را بشدت کاهش می‌دهد. در آبیاری شبانه نکته‌های زیر را باید در نظر گرفت:

- یکی از عوامل هدررفت آب، توسعه ناکافی آبیاری شبانه در بسیاری از مناطق و رهاکردن آب در مزرعه است. ازاین‌رو، در این روش، آبیاری سطحی باید به‌گونه‌ای باشد که طول مزرعه و مدت‌زمان آبیاری طولانی باشد؛ به‌نحوی که آبیاری غروب شروع شود و تا صبح ادامه یابد.

- در این روش، طول جویچه‌ها (در صورت استفاده از آبیاری جویچه‌ای) بیش تر از طول معمولی طراحی می‌شود. برای مثال، طول جویچه‌های ذرت در باجگاه فارس که به‌طور معمول ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر است، در آبیاری شبانه به ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر می‌رسد و مدت‌زمان آبیاری هم به ۳۶۰ تا ۵۵۰ دقیقه افزایش می‌یابد. با طول جویچه ۵۰۰ متری، مدت‌زمان آبیاری تقریباً برابر طول شب خواهد شد. به‌علاوه، بازده کاربرد به حدود ۶۴ درصد افزایش می‌یابد.

چ. استفاده از سیفون در آبیاری

کنترل دبی با ایجاد دهانه بر روی نهر بالادست و توزیع آن بین چند جویچه، چندان دقیق نیست؛ اما

به‌کمک سیفون می‌توان آب را به‌طور یکنواخت بین جویچه‌ها توزیع کرد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲. استفاده از سیفون برای توزیع آب در مزرعه

۴. کودآبیاری در روش آبیاری سطحی

کودآبیاری روشی است برای بهبود مدیریت مصرف آب و کود. کودآبیاری عبارت است از مصرف کودهای شیمیایی به‌همراه آب آبیاری. در این روش، کودهای محلول (ازجمله کود اوره) در آب حل می‌شود و محلول کودی (کودمحلول) را در آب آبیاری تزریق و در سطح مزرعه پخش می‌کنند. در کودآبیاری این امکان وجود دارد که مطابق نیازِ گیاه در طول دوره

رشد، عناصر غذایی به‌صورت کم و مکرر و مداوم و تقسیطی استفاده شود. کود آبیاری موجب ۴۰ تا ۶۰ درصد کاهش مصرف کود بدون کاهش عملکرد می‌شود. این روش کوددهی باعث بهبود کارآیی مصرف آب و کود، افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود و حتی عمر انبارداری محصولات را افزایش می‌دهد.

روش‌های آبیاری سطحی عموماً باعث تلفات آب و کود به‌صورت رواناب سطحی می‌شود. درصورتی‌که مدیریت صحیحی وجود نداشته باشد، تزریق کود در مزارع با انتهای باز ممکن است تا ۶۰ درصد کود تزریق‌شده را به‌صورت رواناب از انتهای مزرعه تلف کند. توصیه می‌شود هنگام کودآبیاری، برای کاهش تلفات کود ازطریق رواناب، از رژیم‌های کاهش جریان استفاده شود؛ به‌این‌ترتیب که آبیاری با دبی‌های نزدیک به حداکثر دبی غیرفرسایشی شروع شود و پس از تکمیل پیشروی حدود ۸۰ درصد طول مزرعه، دبی ورودی کاهش یا حتی قطع شود. با اعمال این مدیریت، تلفات آب و کود به‌میزان چشمگیری کاهش می‌یابد. در کودآبیاری مصرف کودهای با درجه حلالیت پایین توصیه نمی‌شود.

مدیریت‌های زراعی

تجهیز و نوسازی اراضی

تجهیز و نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که سبب تغییر نظام زراعی می‌شود. این عملیات قطعه‌بندی اراضی و بلوک زراعی، تسطیح اراضی، جاده‌های بین مزارع، احداث کانال‌های آبیاری، زهکشی داخل مزرعه و یکپارچه‌سازی را شامل می‌شود که به افزایش بازده آب آبیاری در مزرعه می‌انجامد. طی این عملیات، وضعیت فیزیکی و ساختاری در اراضی کشاورزی (قطعات زراعی) بهبود می‌یابد و برای اعمال مدیریت آبیاری بهینه و کاربرد ماشین‌آلات کشاورزی آماده می‌شود (شکل ۱۳). برای تجهیز و نوسازی اراضی باید کارهای زیر انجام شود:

- به‌هم‌ریختن قطعه‌بندی خرده‌مالکی و نامنظم موجود و ایجاد قطعه‌بندی جدید و یکپارچگی اراضی با آرایش هندسی منظم
- تسطیح، هموارسازی، تعدیل و تنظیم شیب آبیاری در قطعات زراعی

- حفر (احداث) نهرهای آبیاری و زهکشی داخل مزرعه
- احداث جاده‌های سرویس داخل مزرعه
- جابه‌جایی قطعات و یکجاسازی اراضی کوچک و پراکنده بهره‌برداران براساس نقشه کاداستر

شکل ۱۳. اندازه نامناسب قطعات زراعی (بالا) و قطعه زراعی با ابعاد اصلاح‌شده (پایین)

تسطیح و قطعه‌بندی مناسب اراضی فوایدی دارد؛ ازجمله: کاهش مصرف آب به‌میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد، افزایش عملکرد تا ۲۵ درصد با استفاده از آبیاری نواری، افزایش کارآیی مصرف آب به‌میزان ۲ برابر، صرفه‌جویی در دیگر نهاده‌ها (کود و بذر).

آماده‌سازی زمین

آماده‌سازی مناسب زمین، مهم‌ترین عامل در روش آبیاری سطحی است. این کار باید با خاک‌برداری قسمت‌های برجسته زمین و منتقل‌کردن آن‌ها به قسمت‌های گود و درنتیجه، ایجاد زمینی مسطح با شیبی یکنواخت انجام شود. در بیش تر مواقع تنها لایه نازکی از سطح خاک برداشته می‌شود (۲۰۰ میلی‌متر یا کم تر)؛ ولی همین کار باید با دقت بسیار انجام شود. حتی اختلاف ارتفاع جزئی در سطح زمین ممکن است موجب توزیع ناقص آب و کاهش بازده آبیاری شود. با آماده‌سازی مناسب زمین که تسطیح نامیده می‌شود، نتایج زیر حاصل می‌شود:

- ✓ افزایش بازده آبیاری
- ✓ بهبود نحوه توزیع آب

- ✓ کاهش فرسایش خاک
- ✓ جلوگیری از جمع‌شدن آب در یک جا.

۱. شیب‌بندی

برای جابه‌جایی خاک‌ها در مسافت‌های کوتاه (کم تر از ۱۰۰ متر) می‌توان از بولدوزر استفاده کرد. این روش شیب‌بندی بسیار ارزان تمام می‌شود؛ اما چندان دقیق نیست. برای جابه‌جایی خاک در مسافت‌های طولانی باید از اسکریپر استفاده کرد که خاک را از روی زمین برمی‌دارد و به مکان دیگری منتقل می‌کند. اسکریپر تراکتوری چرخ‌دار است که مخزنی بزرگ دارد و خاک را پس از حفاری به محل دیگری منتقل می‌کند (شکل ۱۴). اسکریپرها قادرند در یک مرحله ۱۰ تا ۳۰ متر مکعب خاک را جابه‌جا کنند. استفاده از این‌گونه ماشین‌ها تنها در مناطقی که مساحت آن‌ها بیش تر از ۴ هکتار باشد، مناسب است. آماده‌سازی زمین با اسکریپر دقیق‌تر از بولدوزر است؛ اما دقت‌عمل اسکریپرها هم برای زمینی که قرار است آبیاری شود، کافی نیست. پستی‌وبلندی زمین نسبت‌به سطح موردنظر ممکن است بین ۱۰۰± میلی‌متر باشد. واضح است که در چنین مواقعی استفاده از اسکریپر وضع را بدتر می‌کند.

شکل۱۴. اسپریکر برای شیب‌بندی زمین

۲. تسطیح

با دستگاه تسطیح لیزری، آماده‌سازی خاک دقیق‌تر انجام می‌شود (شکل ۱۵). با این‌گونه ماشین‌ها می‌توان پستی‌وبلندی زمین را تا ۲۵± میلی‌متر نسبت‌به شیب موردنظر آماده کرد. البته این کار بیش تر به مهارت راننده بستگی دارد. در بیش تر اوقات، استفاده از چنین ماشین‌هایی برای تسطیح زمین به‌منظور اجرای روش آبیاری مناسب است. تسطیح‌کننده‌ها در هموارکردن نهایی زمین به کار می‌روند. تسطیح اراضی باعث صرفه‌جویی ۲۰ تا ۲۵درصدی در مصرف آب، افزایش سطح زیر کشت،

کاهش هزینه‌های آبیاری و افزایش عملکرد تا حدود ۷ درصد می‌شود. در نتیجه تسطیح نهایی، زمین برای زراعت و نهال‌کاری آماده می‌شود (شکل ۱۶).

شکل ۱۵. دستگاه تسطیح لیزری

شکل ۱۶. زمین آماده‌شده برای کاشت

حاصلخیزی و بهبود خاک

خاک به‌عنوان مادر محصولات کشاورزی، چه از بابت نگهداری و چه ازنظر تغذیه، باید مواد لازم و مفید را برای گیاه در بر داشته باشد. بنابراین، میزان ترکیب و عناصر موجود در خاک از اهمیت خاصی برخوردار است. ترویج حاصلخیزی خاک برای افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و نفوذپذیری آن، مدیریت تبخیر، کاربرد ادوات مناسب و انتخاب فصل مناسب برای ذخیره رطوبت، تناوب زراعی و شورزدایی با استفاده از کشت گیاهان مناسب، از جمله نکاتی است که در مدیریت خاک باید مدنظر قرار گیرد. ساختمان خاک کشاورزی ازنظر فیزیکی باید به‌گونه‌ای باشد که ذرات آن جدا و دارای تخلخل مناسب برای هوا و ترکیب مواد مختلف برای تغذیه گیاه باشد. از این طریق، خاک می‌تواند بین ۵ تا ۲۵ درصد بر عملکرد محصول تأثیرگذار باشد. استفاده از کمپوست‌های شهری و روستایی برای مدیریت مواد آلی خاک و افزایش قابلیت حفظ رطوبت آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. مدیریت شهری و روستایی مواد بازیافتی و زباله‌ها را باید پس از چرخه تهیه کمپوست، به عرصه‌های کشاورزی سرازیر کند.

این خود در حاصلخیزی و کیفیت بافت خاک مؤثر است. در ایران سالانه بین ۱۵ تا ۴۰ میلیون تن زباله شهری و روستایی تولید می‌شود. از این مقدار می‌توان بین ۵ تا ۱۰میلیون تن کمپوست لازم برای بخش کشاورزی را تأمین کرد. همچنین استفاده از کود سبز مفید است. کود سبز از گیاهانی تشکیل می‌شود که ریشه‌هایشان با برخی از باکتری‌ها یا برخی از قارچ‌ها همزیست و سازگار است. این گیاهان را باید پس از هر سالِ زراعی، موقعی که ۸۰ درصد مزرعه به گل نشسته باشد، با شخم عمیق یا نیمه‌عمیق وارد خاک کرد (شکل ۱۷). کود سبز سه فایده عمده برای خاک دارد:

۱. حاصلخیزکردن خاک

۲. تغییر و اصلاح بافت خاک

۳. حفظ رطوبت و ازدیاد میکروارگانیسم‌های مفید در خاک

شکل ۱۷. استفاده از کود سبز برای حاصلخیزی خاک

کشاورزی حفاظتی

کمبود آب یکی از مشکلات زراعت در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. هر روشی که بتواند به حفظ رطوبت خاک و افزایش کارآیی مصرف آب کمک کند، با اهمیت است. حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک (بخصوص در فصل تابستان) به‌دلیل نقش آن در تقویت لایه مرزی (لایه سطحی یا رویی) زمین، سبب کاهش شدت تبخیر و حفظ رطوبت خاک می‌شود (شکل ۱۸). با استفاده از روش خاک‌ورزی حفاظتی یا کشت بدون شخم می‌توان میزان مصرف

آب در بخش کشاورزی را به‌میزان شایان‌توجهی کاهش داد. خاک‌ورزی حفاظتی روشی است که ازطریق آن، پس از برداشت محصول، مقداری کافی از بقایای گیاهی را در سطح زمین حفظ می‌کنند تا از خاک دربرابر فرسایش محافظت کنند.

شکل ۱۸. استفاده از کشاورزی حفاظتی با کشت درون بقایا

در روش کم‌خاک‌ورزی، برحسب نوع گیاه و میزان بقایای محصول قبلی، تا عمق ۸ تا ۱۵سانتی‌متری را می‌کَنند و کود و بذر و بقایای گیاه را با لایه سطحی مخلوط می‌کنند.

در روش بی‌خاک‌ورزی هیچ نوع عملیات خاک‌ورزی انجام نمی‌شود و فقط ماشین کاشت، کود و بذر را با حداقل به‌هم‌خوردگی در خاک قرار می‌دهد. در این روش، بقایای گیاهی در سطح خاک (روی خاک) رها می‌شود. با این روش، بین ۵ تا ۱۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود و رطوبت خاک ازطریق کاهش تبخیر سطحی حفظ می‌شود.

هدف اصلی از خاک‌ورزی حفاظتی حفظ بقایای گیاهی در مزرعه است. این کار مزایایی دارد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

۱. افزایش رطوبت بستر بذر

حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش‌های کشاورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک می‌شود. همچنین در زمان ریزش باران، قطرات باران ذرات خاک را متلاشی نمی‌کنند و باران براحتی در خاک نفوذ می‌کند. ازطرف دیگر، بقایای ایستاده مانع تابش مستقیم آفتاب به سطح خاک می‌شوند و به‌دلیل روشن‌بودن رنگ آن‌ها، نور خورشید منعکس می‌شود و حرارت خاک زیاد

نمی‌شود. بنابراین، تبخیر از سطح خاک کم می‌شود. در بهار نیز حرارت خاکی که بقایای گیاهی ایستاده دارد، سه درجه کم‌تر از خاک لخت است. همین امر به حفظ رطوبت خاک در بهار کمک می‌کند. بنابراین، رطوبت بیش‌تر و در مدت‌زمان بیش‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (شکل ۱۹).

شکل ۱۹. استفاده از کشاورزی حفاظتی برای ذخیره رطوبت

۲. افزایش مواد آلی خاک

در خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ بقایای گیاهی، مواد آلی خاک افزایش می‌یابد. این امر به زیادشدن

تهویه و رطوبت خاک منجر می‌شود. همچنین در صورت کشت مستقیم در بقایا، خاک کم‌تر به هم می‌خورد. با حفظ بقایای گیاهی، جمعیت کرم‌های خاکی زیاد می‌شود. کرم‌های خاکی، بقایای گیاهی را خرد و تجزیه می‌کنند و با ایجاد خلل‌وفرج‌های طولانی، ظرفیت نگهداری آب و نفوذ آب به داخل خاک را افزایش می‌دهند (شکل ۲۰).

شکل ۲۰. افزایش ماده آلی خاک در روش خاک‌ورزی حفاظتی

۳. کاهش فرسایش خاک

در کشاورزی حفاظتی، جلوگیری از شست‌وشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب‌دار

سبب کاهش فرسایش آبی می‌شود. همچنین کاهش شدت برهم‌زدن خاک در این سیستم از خردشدن و جابه‌جایی زیاد ذرات خاک و پودرشدن آن جلوگیری و باعث کاهش فرسایش بادی می‌شود (شکل ۲۱). علاوه‌براین، در مدیریت خاک‌ورزی حفاظتی، بقایای گیاهی به حالت ایستاده می‌مانند و بقایای ایستاده مانع وزش باد بر روی سطح خاک می‌شوند. ازاین‌رو، فرسایش بادی در خاک کم می‌شود. ازطرفی، بقایا سرعت ضربات باران را کم می‌کنند و نفوذ آب به داخل خاک زیاد می‌شود و ازطرف دیگر، با کم‌شدن رواناب، فرسایش آبی بشدت کاهش می‌یابد.

شکل ۲۱. کاهش فرسایش خاک در کشاورزی حفاظتی

۴. تأثیر ادوات خاک‌ورزی بر رطوبت خاک

خاک‌ورزی برای تهیه بستر کشت و کنترل علف‌های هرز انجام می‌شود. نوع مدیریت خاک‌ورزی و تعداد دفعات خاک‌ورزی، بر رطوبت خاک مؤثر است. وسایل خاک‌ورزی می‌توانند باعث تلفات رطوبت خاک شود (جدول ۱۰). در بین این وسایل، بیش ترین تلفات رطوبت به‌وسیله دیسک به وجود می‌آید. ازاین‌رو، در مواقع خشک‌سالی، از دیسک‌زدن باید پرهیز کرد.

جدول ۱۰. تلفات رطوبت در چند وسیله خاک‌ورزی

وسیله خاک‌ورزی	تلفات رطوبت ۴ روز پس از عملیات خاک‌ورزی (میلی‌متر)
دیسک	۱۳/۲
گاوآهن قلمی	۱۲/۷
پنجه‌غازی	۳/۶
ریشه‌بر	۵/۶

۵. تأثیر ادوات خاک‌ورزی بر حفظ بقایای گیاهی

مقدار بقایای گیاهی به‌جامانده در سطح خاک، در نگهداری رطوبت خاک مؤثر است. مقدار بقایای گیاهی

به‌جامانده در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در جدول ۱۱ آمده است. در روش بی‌خاک‌ورزی، بیش ترین بقایا حفظ می‌شود و کم ترین مقدار بقایا با روش گاوآهن برگردان‌دار در زمین باقی می‌ماند. برای مثال، کشت مستقیم ذرت در بقایای گندم به‌میزان ۱۴ تن در هکتار، تبخیر را ۵۰ تا ۶۰ میلی‌متر کم می‌کند. علاوه بر مقدار بقایا، ارتفاع بقایا نیز در مقدار گیرانداختن برف در زمستان و حفظ رطوبت خاک مؤثر است. هرچه ارتفاع بقایا بیش تر باشد، رطوبت بیش تری در خاک حفظ می‌شود.

جدول ۱۱. مقدار بقایای به‌جامانده در ادوات مختلف خاک‌ورزی

وسیله خاک‌ورزی	بقایای باقی‌مانده روی سطح خاک
بدون خاک‌ورزی (کشت مستقیم)	۱۰۰ درصد
گاوآهن قلمی با تیغه‌های پنجه‌غازی	۸۰–۵۰ درصد
گاوآهن قلمی	۶۰–۳۰ درصد
دیسک با بشقاب‌های قطور	۵۰–۲۰ درصد
دیسک با بشقاب‌های نازک	۷۰–۴۰ درصد
کولتیواتور	۷۰–۴۰ درصد
گاوآهن برگردان‌دار	۱۰–۰ درصد

۶. دشواری‌های اصلی در استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی

افزایش علف‌های هرز و شیوع آفات و بیماری‌ها از دشواری‌های عمده پیشِ روی سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی است. دست‌کاری‌نکردن خاک سطحی و وجود بقایای گیاهی، زمینه رشد و تکثیر علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها را فراهم می‌سازد. در روش کم‌خاک‌ورزی که بقایای گیاهی با خاک سطحی مخلوط می‌شود، به‌علت قرارگرفتن بذرهای محصول قبلی و علف‌های هرز دیگر در عمق مناسب رویش، خطر غلبه علف‌های هرز نسبت‌به بی‌خاک‌ورزی بیش‌تر است. اگرچه کنترل علف‌های هرز و آفات ازطریق مبارزه مکانیکی در محصولات ردیفی امکان‌پذیر است، معمولاً استفاده از علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی به‌دلیل سهولت کارکردن با آن، معمول‌تر است. باوجوداین، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی اثرات مخرب زیست‌محیطی دارند. در روش بی‌خاک‌ورزی، مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز به‌وسیله کولتیواتورهای مرسوم ممکن است باعث جمع‌شدن بقایای گیاهی در جلوی بازوی کولیتواتور شود و عمل وجین را مختل سازد. در این روش، توصیه می‌شود از عوامل خاک‌ورز فعال بین

ردیف‌های کشت برای مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز استفاده شود. باتوجه‌به بررسی‌های انجام‌شده، روش‌های مدیریت تلفیقی علف‌ها (IPM) نیز ازجمله روش‌هایی است که برای مدیریت علف‌های هرز در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی پیشنهاد شده است. بااین‌همه، باتوجه‌به وضعیت کشت محصولات در ایران، باید تحقیقات بیش‌تری دراین‌خصوص انجام داد.

اجرای آبیاری سطحی در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی نیز می‌تواند از مشکلات پیشِ روی این روش‌ها باشد. دراین‌خصوص استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این دستنامه، روش‌هایی برای بهبود عملکرد در روش‌های سنتی آبیاری سطحی (شامل مدیریت‌های آبیاری و زراعی) ارائه شد. روش‌های اصلاح و بهبود سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی به‌طور عمده مدیریتی است و با هزینه کم و در مدت‌زمان کوتاه اجراشدنی است. این روش‌ها درصورتی‌که به کار گرفته شود، بیش‌تر با اقبال بهره‌برداران مواجه می‌شود. همچنین از این طریق می‌توان ۳۰ تا ۴۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد و به همین میزان بازده آب آبیاری را افزایش داد.

از مهم‌ترین دلایل کم‌بودن بهره‌وری و بازده آبیاری در بخش کشاورزی می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد:

- نشت آب از کانال‌های انتقال آب
- بهره‌برداری نامناسب از تأسیسات آبیاری
- متناسب‌نبودن شکل و ابعاد مزارع با مقدار آب و نحوه آبیاری
- تلفات آب در مزارع کشاورزی

- استفاده از روش‌های آبیاری نامتناسب
- آگاهی کم کشاورزان از روش‌های ارتقای بهره‌وری مصرف آب

بنابراین، برای افزایش بازده و بهره‌وری آب آبیاری، اقداماتی به‌شرح زیر ضروری است:

- قطعه‌بندی و تسطیح اراضی و بهبود شیب اراضی با ماشین‌آلات و وسایل تسطیح
- اجرای تسطیح مناسب در مزارع، متناسب با شیوه آبیاری سطحی
- کم‌کردن نفوذپذیری بستر نهر آبیاری با پوشش کانال‌های آب‌رسانی و نهرها .

درصورتی‌که پوشش بتونی هزینه زیاد داشت، در کانال های خاکی یا بستر رسی باید با غلطک تراکم بستر خاک را افزایش داد و در بسترهایی با خاک سبک ابتدا یک لایه رس روی بستر کانال پخش کرد و سپس با غلطک تراکم خاک را افزایش داد. این عمل علاوه بر کاهش نفوذ پذیری آب سبب تثبیت بستر کانال خاکی نیز می شود.

- اصلاح و بهبود روش‌های سنتی آبیاری سطحی
- انتخاب عرض مناسب برای کرت یا نوار

متناسب با دبی موجود، عرض کار ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، بافت خاک مزرعه و شیب زمین

- راهنمایی کشاورزان در زمینه انتخاب طول بهینه جویچه و ابعاد کرت یا نوارهای آبیاری متناسب با وضعیت خاک، شیب، دبی موجود و...
- ترویج آبیاری موجی و رژیم کاهش جریان و جویچه‌ای یک‌درمیان که می‌تواند بازده کاربرد آب را در آبیاری‌های اولیه زراعت‌ها (مخصوصاً خاک‌آب و بعد از وجین یا کولتیواتور زدن) تا حد مطلوبی افزایش دهد و باعث کاهش تلفات نفوذ عمقی شود.
- تغییر روش‌های سنتی آبیاری سطحی به سامانه نوین آبیاری.

یادداشت