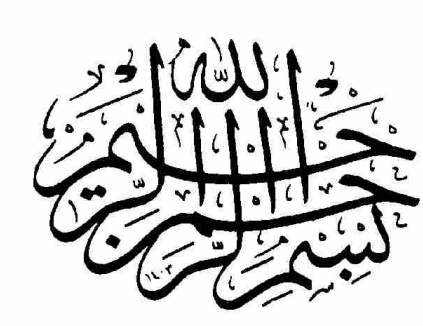

بسم الله الرحمن الرحيم

موسسه تحقیقات
فنی و مهندسی کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی
معاونت ترویج

راهنمای
جامع آبیاری گندم

نگارنده:

علیرضا کیانی

عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی،
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان،
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
گرگان، ایران

۱۳۹٤

سرشناسه	: کیانی، علیرضا، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای جامع آبیاری گندم/ مولف علیرضا کیانی.
مشخصات نشر	: کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۱۷ ص.: مصور ،جدول.
شابک	: 978-964-520-284-0
وضعیت فهر	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۰۹ - ۲۱۱.
موضوع	: گندم -- آبیاری
موضوع	: گندم -- کاشت
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	:۱۳۹۴ ک۹ر۲/SB۱۹۱
رده بندی دیویی	: ۶۳۳/۱۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۰۳۶۶۳

ISBN : 978-964-520-284-0
شابک: ۰-۲۸۴-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸

راهنمای جامع آبیاری گندم

نگارنده : علیرضا کیانی

تهیه شده در: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

صفحه آرا: نادیا اکبریه

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۴

شمارگان: ۱۰۰۰جلد

قیمت: ۱۳۰۰۰۰ ریال

هماهنگی وآماده‌سازی چاپ: معاونت ترویج-نشرآموزش کشاورزی

حق چاپ © محفوظ

مسئولیت درستی مطالب با نگارنده است

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی
۱۲-۹٤ک به تاریخ ۹٤/۸/۹ می‌باشد.

کرج :کیلومتر ۷ جاده ماهدشت، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج – نشر آموزش کشاورزی تلفن: ۳۶۷۰۵۰۲۵-۰۲۶

سخن ناشر

کشور ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته است، بر این اساس یکی از چالش‌های عمده در تامین مواد غذایی برای جمعیت درحال رشد مساله آب و مدیریت درست منابع آب است. از آنجا که کشور ما منطقه‌ای کم آب و کم باران به‌شمار می‌آید؛ باید به مدیریت بهینه منابع آب اهمیت داد، زیرا آب از دیرباز مهمترین عامل توسعه در جهان به شمار می‌رود و با توجه به خشکسالی‌های پی درپی استفاده‌ی پایدار ازآب اهمیت خاصی دارد. بنابراین تنها راه مقابله با بحران آب در کشاورزی، بهره‌برداری بهینه از منابع آب استحصال شده برای کشاورزی و تولید بیشتر در ازای مصرف آب کمتر است. البته کنترل تلفات در فرآیند تولید و مصرف محصولات کشاورزی را نیز نباید از نظر دور داشت. بنابراین بهبود مدیریت مصرف آب سطحی و زیرزمینی گامی مهم و موثر در مصرف بهینه‌ی آب و افزایش راندمان آبیاری و تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. به‌خصوص بهبود مدیریت در استفاده از منابع سطحی به لحاظ وضعیت نامناسب بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری

و زهکشی تاثیر عمیق‌تری در افزایش راندمان آبیاری و عملکرد کشاورزی خواهدداشت.

برای آبیاری مطلوب و مناسب گندم به منظور تعیین زمان و مقدار مناسب آبیاری باید برنامه آبیاری را تدوین نمود. بدون شک برنامه‌ریزی آبیاری باید بر پایه خصوصیات فیزیکی خاک و آب مورد نیاز در تولید گندم استوار باشد. یعنی مبتنی بر رساندن مقدار آب کافی درزمان لازم به گیاه باشد که به تجربه و آموخته آبیار بستگی زیادی دارد. از طرفی نتایج تحقیقات نشان داده است که اساسی‌ترین عامل افزایش عملکرد محصول گندم آبیاری بهینه است، به همین دلیل در این هندبوک، آبیاری برای زراعت گندم مورد توجه قرار گرفته است.

هندبوک حاضر حاصل سالها تحقیق و پژوهش و شناسایی روش‌های آبیاری مناسب و مطلوب برای مزارع گندم است، که تلاش می‌کند ضمن معرفی روش‌های آبیاری گندم به تدوین یک برنامه جامع آبیاری برای کشت این محصول کمک نماید.

امید است با انتشار و ترویج دانش فنی در خصوص تدوین برنامه جامع آبیاری گندم و با توجه به بحران آب و خشکسالی‌های اخیر بتوان گامی در راه مصرف بهینه آب برداشت. مجموعه حاضر با هدف معرفی روش‌های تدوین برنامه جامع آبیاری گندم برای کارشناسان مسئول پهنه‌ها و تکنسین‌های اجرایی و کشاورزان پیشرو تدوین شده است.

ضمن تشکر و قدردانی از کلیه دست اندرکاران این کتاب خصوصاً همکاران موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی و نشر آموزش کشاورزی از متخصصان امر تقاضا داریم هرگونه نظر و پیشنهاد خود را به آدرس دفتر مذکور - کرج : صندوق پستی۴۴۱۴-۳۱۸۵۸ و یا به آدرس ایمیل nashreamozesh@yahoo.com ارسال فرمایند.

کاظم خاوازی

معاون ترویج

فهرست مطالب

مقدمه	۱
فصل اول – کلیاتی در خصوص گندم	۹
۱-۱- بررسی تولید و مصرف گندم در ایران و جهان	۹
۱-۲- شرایط عمومی رشد گندم	۱۷
۱-۳- مراحل رشد گندم	۱۹
فصل دوم – واکنش گندم به آب	۲۵
۲-۱- واکنش گندم به آب در مراحل مختلف رشد	۲۵
۲-۲- خلاصه مراحل آبیاری گندم	۳۳
فصل سوم – برنامه‌ریزی آبیاری گندم	۳۷
۳-۱- روش تعیین زمان و مقدار آب آبیاری به زبان ساده	۳۷
۳-۲- چگونه زمان آبیاری را تعیین کنیم	۳۸
۳-۳- تعیین مقدار آب مورد نیاز گندم با استفاده از تشت تبخیر	۴۴
۳-۴- چگونگی تنظیم زمان آبیاری	۴۹
فصل چهارم – روش‌های آبیاری گندم	۵۳
۴-۱- مقدمه	۵۳
۴-۲- آبیاری سطحی	۵۶
۴-۳- آبیاری با استفاده از لوله های دریچه دار (لوله‌های کم فشار یا هیدورفلوم)	۹۵
۴-۴- جمع بندی چگونگی روش آبیاری ثقلی برای گندم	۱۰۰
۴-۵- آبیاری بارانی	۱۰۲

۴-۶- آبیاری قطره‌ای ۱۱۲

فصل پنجم –بهره‌وری آب و کاشت گندم در شرایط کم آبی ۱۱۵

۵-۱- تعاریف واژه‌های کلیدی ۱۱۵

۵-۲- ضرورت و اهمیت افزایش بهره‌وری آب ۱۲۱

۵-۳- روش‌های افزایش بهره‌وری آب ۱۲۵

۵-۴- افزایش بهره‌وری آب در گندم با استفاده از روش کم‌آبیاری ۱۳۰

۵-۵- اولویت‌بندی آبیاری گندم تحت شرایط مختلف آب قابل دسترس ۱۵۱

فصل ششم - آبیاری گندم در شرایط شوری ۱۵۳

۶-۱- مقدمه و کلیات ۱۵۳

۶-۲- چگونه خاک شور می‌شود ۱۵۶

۶-۳- تبعات استفاده از آب شور ۱۵۸

۶-۴- تجربیات کاربرد آب شور برای گندم در کشور ۱۶۸

۶-۵- عوامل موثر در استفاده موفقیت‌آمیز از آب شور ۱۷۹

۶-۶- چه حدی از آب شور برای آبیاری گندم در کشور قابل قبول است؟ ۱۸۱

۶-۷- آیا استفاده طولانی مدت از آب‌شور مشکل ساز نخواهد بود؟ ۱۸۴

۶-۸- راهکارهای عملی استفاده از منابع آب شور ۱۸۷

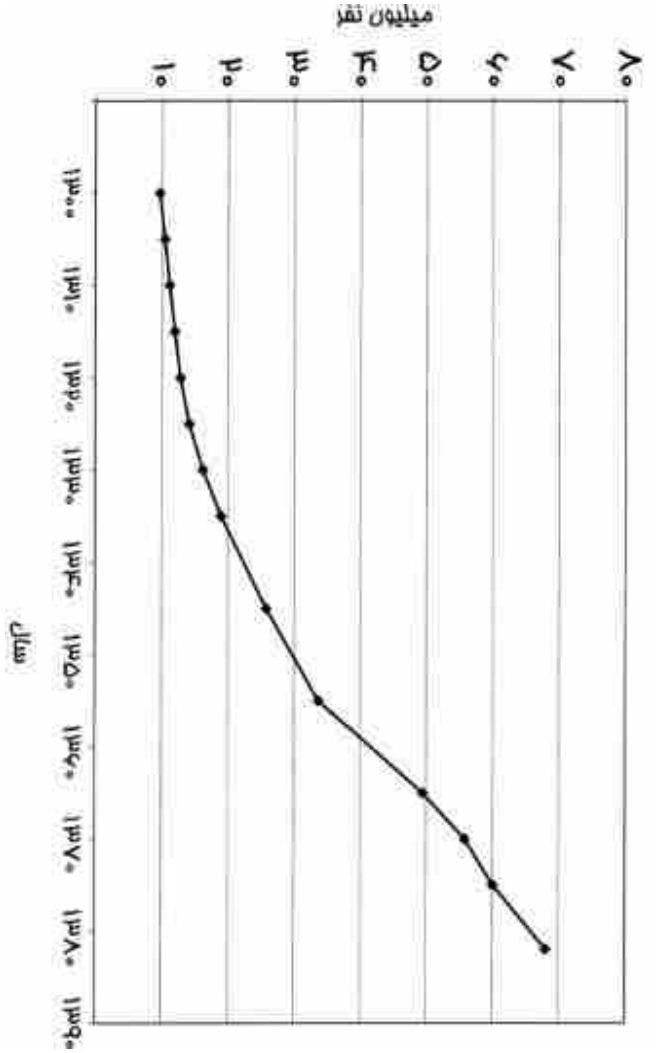
۶-۹- جمع‌بندی استفاده از آب شور برای تولید گندم ۲۰۶

فهرست منابع ۲۰۹

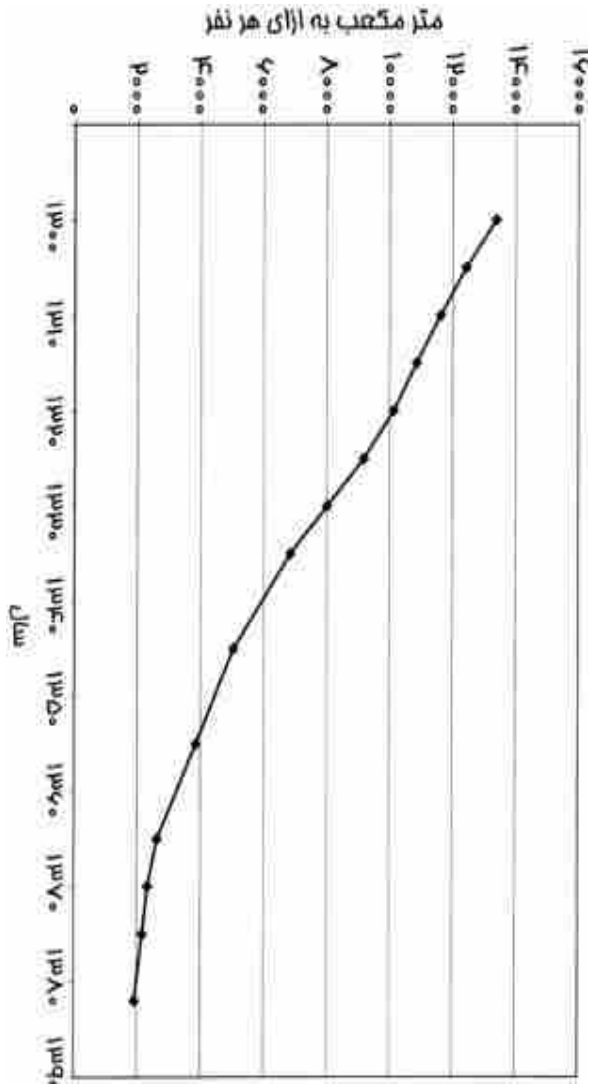
مقدمه

منابع آبی و نحوه بهره‌برداری از آنها یکی از موثرترین عوامل برای حفظ پایداری و افزایش تولید گیاهان محسوب می‌شود. یکی از رویکردهای گذشته در افزایش تولید افزایش سطح زیر کشت اراضی تحت آبیاری بود. این مهم در گذشته تنها با تامین آب از منابع زیرزمینی مانند چاه‌ها و قنات‌ها یا با مهار آب‌های سطحی مانند نهرها و رودخانه‌ها به اجرا درآمد. اما واضح است در مناطق خشک و نیمه خشکی چون ایران که با کمبود منابع آبی مواجه هستند این راهبرد بدون درنظر گرفتن شیوه‌ی مناسب بهره‌برداری، در طولانی مدت به چالش‌های جدیدی مانند کاهش کیفی آب و خاک، بیابان‌زایی و ناپایداری تولید مواجه خواهد شد.

رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر سبب شده است که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های مصرف کننده آب (بخش‌های صنعت و مصارف خانگی) تقاضای بیشتری را برای مصرف آب داشته باشد. همانطور که در شکل ۱ و ۲ دیده می‌شود در طی ۸۰ سال جمعیت ایران از ۱۰ میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به نزدیک ۷۰ میلیون نفر در سال ۱۳۸۰ رسیده و هم اکنون نیز به جمعیتی بالغ بر ۷۵ میلیون نفر افزایش یافته است. با در نظر گرفتن پیشرفت علم و فن‌آوری ، بهبود رفاه احتماعی افزایش تقاضا برای آب هر روز بیشتر می‌شود در نتیجه هر سال، سهم منابع آبی برای هر نفر کاهش چشمگیری می‌یابد (شکل ۲).



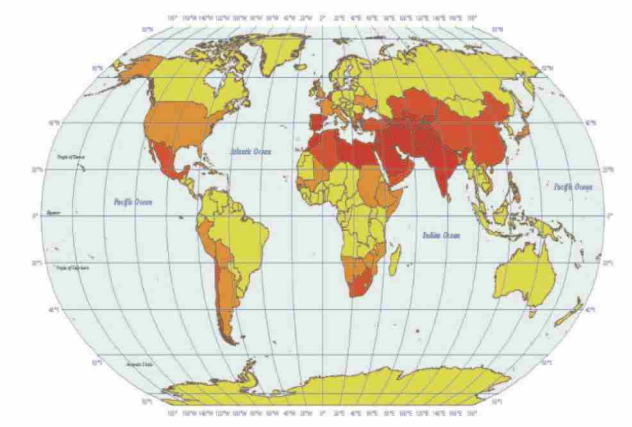
شکل ۱- روند افزایش جمعیت ایران در ۸۰ سال گذشته
(بی‌نام، ۱۳۸۷)



شکل ۲- روند کاهش سرانه آب برای هر ایرانی در ۸۰ سال گذشته (بی‌نام، ۱۳۸۷)

با محدودیت منابع آبی، امنیت غذایی برای نسل‌های آینده نیز به خطر می‌افتد.خطر کمبود آب عاملی است که کل جهان را در بر گرفته است اما در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران این مسئله بیشتر است (شکل۳). بر اساس برنامه تدوین شده در سند چشم انداز در افق ۱۴۰۴ ایران باید در حدود ۱۹۰ میلیون تن مواد غذایی تولید کند، برای رسیدن به این هدف باید دو برابر آب در دسترس کنونی و یا ۱/۵ برابر پتانسیل آبی کشور آب تولید شود. در کشور اگرچه زمین کشاورزی برای افزایش تولید وجود دارد ولی منابع آبی برای این افزایش تولید کفایت نمی‌کند. بنابراین در شرایط حاضر مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی برای رفع فقر و گرسنگی، راهبرد استفاده کاراتر از آب‌های موجود است. به طوری که با مصرف آب کمتر محصول بیشتری تولید شود. برای تحقق این مهم راه حل‌های مختلفی وجود دارد، ولی بطور کلی دو راه حل عمده را بایستی بررسی کرد. افزایش تولید با حفظ منابع آبی موجود (مدیریت زراعی) و حفظ تولید موجود اما با مصرف آبِ کمتر (مدیریت آبیاری) دو گزینه‌ی مهم ارتقاء بهره‌وری آب می‌باشند. در سامانه‌های کشاورزی کارآیی پایین مصرف آب به عوامل متعددی بستگی دارد. عمده این عوامل

عبارتند از: تبخیر زیاد خاک نسبت به تبخیر و تعرق گیاه، سرعت پایین رشد گیاه در مراحل اولیه، ریشه‌های کم عمق در بعضی از گیاهان، عملیات آبیاری که منجر به رواناب و نفوذ عمقی زیاد یا تلفات آب در حین انتقال می‌گردد. افزایش بهره‌وری تنها در صورتی تحقق می‌یابد که راهکارهای مناسبی برای مدیریت آبیاری، تخصیص بهینه منابع آبی و استفاده مؤثرتر از آنها در بخش کشاورزی به‌کار گرفته شوند. بنابراین شناخت مدیریت آبیاری گیاهان از گزینه‌های موثر در جهت بهبود افزایش بهره‌وری آب و در نتیجه بهبود تولید و تامین غذا است.



شکل ۳- پراکنش کمبود آب در سطح جهان، رنگ قرمز نشان دهنده کمبود شدید آب است (فائو، ۲۰۱۴)

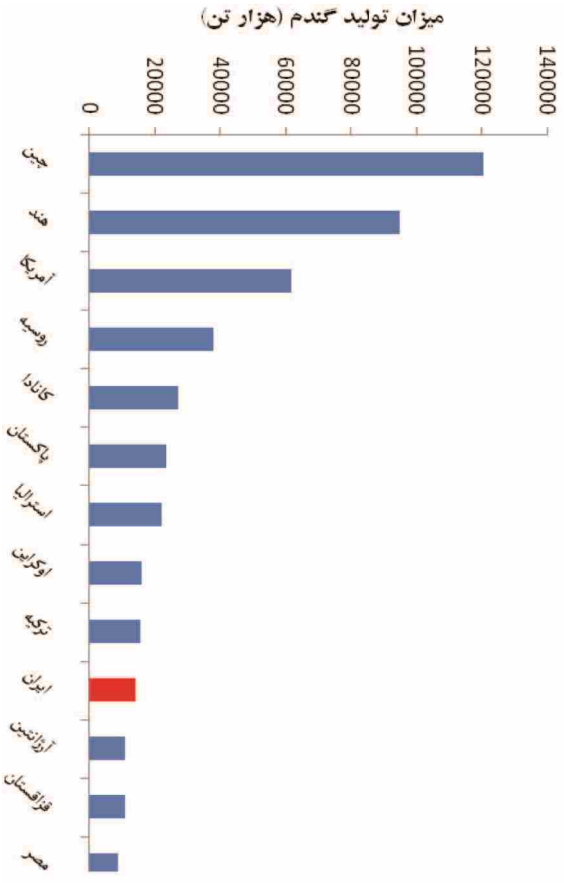
این نوشتار مشتمل بر۶ فصل است که سعی شده است به زبان ساده بعضی از موارد کاربردی آبیاری گندم را تشریح نماید. در فصل اول کلیاتی در خصوص گندم، فصل دوم در رابطه با واکنش گندم به آب درمراحل مختلف رشد را بیان می‌کند، فصل سوم در زمینه برنامه‌ریزی آبیاری گندم را شرح می‌دهد. عمده مزارع گندم‌کاری مواجه با این مشکل و دو سوال اساسی هستند: ۱- چه زمانی باید گندم را آبیاری کرد؟ ۲- در هر مرحله چقدر باید به گندم آب داد تا سیراب شود؟ در فصل سوم به زبان ساده نحوه‌ی تعیین زمان آبیاری و همچنین مقدار آب مورد نیاز گندم در هر مرحله توضیح داده شد، به‌طوری‌که هم اقتصادی و هم علمی باشد و کشاورز هم بتواند آنرا در مزرعه پیاده نماید. روش‌های آبیاری گندم در فصل چهارم و کشت گندم در شرایط کم‌آبی، بهره‌وری آب در گندم به استناد کارهای پژوهشی در فصل پنجم و در فصل آخر آبیاری گندم در شرایط شوری به تفصیل و ساده تشریح شدند.

فصل اول - کلیاتی در خصوص گندم

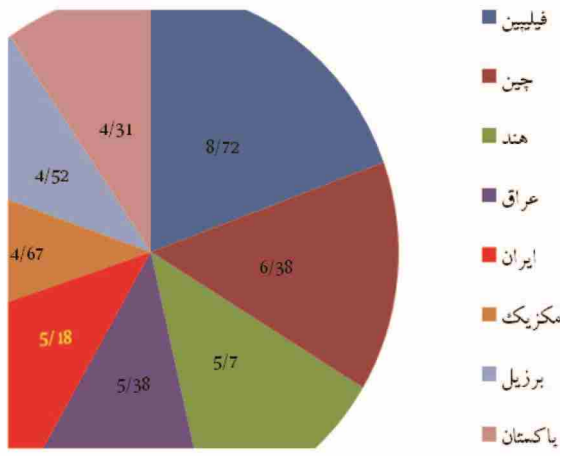
۱-۱- بررسی تولید و مصرف گندم در ایران و جهان

گندم یکی از محصولات راهبردی کشور است که تامین نیاز آن برای جمعیت کنونی یکی از جدی‌ترین چالش‌های اصلی بخش کشاورزی است. مقایسه تولید گندم در کشور با چند تولیدکننده بزرگ در جهان نشان می‌دهد که ایران دهمین کشور (کورتیس و هالفورد، ۲۰۱۴) از لحاظ تولید کننده گندم به شمار می‌رود (شکل۴). ملاحظه می‌گردد که در سال ۲۰۱۴ میزان تولید گندم ایران ۱۴ میلیون تن بوده ولی باید در نظر داشت با افزایش جمعیت همراه با پیشرفت علم و فن آوری، بهبود رفاه اجتماعی میزان مصرف هم در

کشور رشد داشته است، بطوریکه در سال ۲۰۱۴ نسبت به سال ۱۹۶۲ میزان مصرف گندم در کشور بیش از ۵ برابر شده است (شکل ۵).

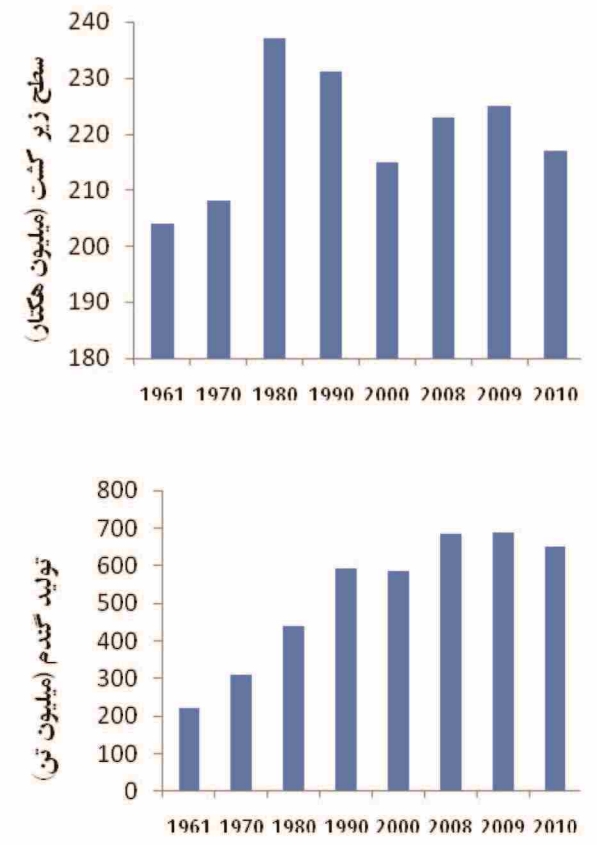


شکل ۴- مقایسه تولید گندم بین ایران و چند کشور جهان

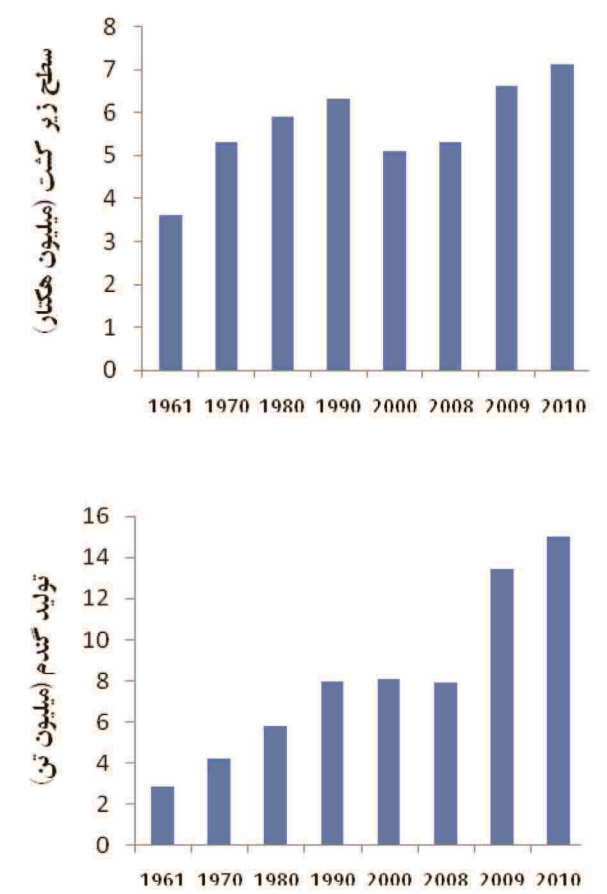


شکل ۵- مقایسه مصرف گندم در ایران و چند کشور جهان در سال ۲۰۱۴ نسبت به ۱۹۶۲ (کورتیس و هالفورد، ۲۰۱۴)

بررسی روند تغییرات سطح زیرکشت و تولید گندم در جهان (شکل ۶) نشان می‌دهد که تقریباً از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ سطح زیرکشت گندم در جهان ۱۲۷۶۴۸۳۲ هکتار و میزان تولید در حدود ۴۲۸۵۲۳۷۷۲ تن اضافه شده است (فائو، ۲۰۱۴). به عبارت دیگر در حالیکه سطح زیرکشت در طی این سال‌ها در حدود ۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد، تولید در حدود ۶۶ درصد افزایش داشت. بنابراین روند تغییرات گندم حکایت کننده‌ی این مطلب است که دانش بشری توانسته است از یک سطح مشخص عملکرد بالاتری نسبت به گذشته برداشت نماید.



شکل ۶– تغییرات سطح زیر کشت (بالا) و میزان تولید گندم (پایین) در سطح جهان (فائو، ۲۰۱۴)

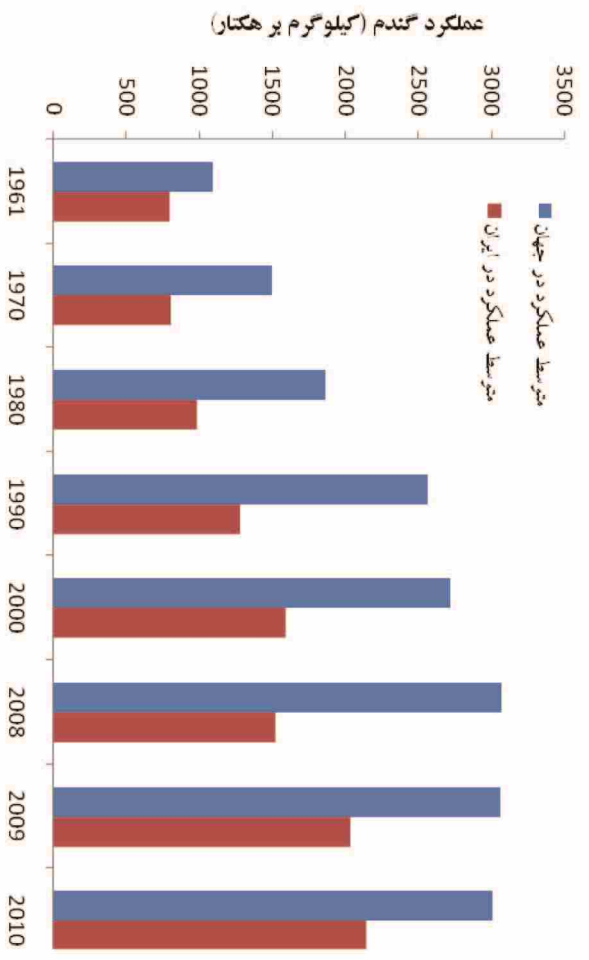


شکل ۷– تغییرات سطح زیر کشت (بالا) و میزان تولید گندم (پایین) در ایران (فائو، ۲۰۱۴)

ایران را جهت مقایسه با دنیا در همان سال‌ها نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که در طی ۵۰ سال سطح

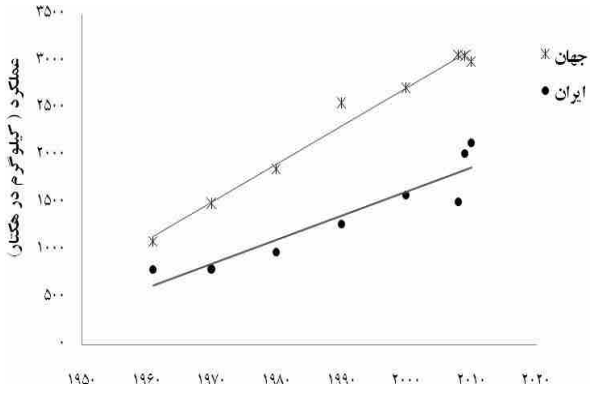
زیرکشت در کشور در حدود ۳۴۳۵۰۲۰ هکتار و میزان تولید معادل ۱۲۱۵۹۶۸۰ تن اضافه شده است. در مقابل ۴۹ درصد افزایش سطح زیرکشت، تولید در حدود ۸۱ درصد افزایش داشت. به عبارت دیگر در مقایسه با دنیا، بخش عمده‌ای از افزایش تولید گندم در کشور ناشی از افزایش سطح زیرکشت بود. روند افزایش تولید گندم ایران نیز نشان می دهد که میزان افزایش تولید گندم بیشتر از میزان افزایش سطح زیر کشت بوده است.

شکل ۸ میزان عملکرد گندم در جهان و ایران را جهت مقایسه نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۸ دیده می‌شود، میزان عملکرد گندم بر حسب کیلوگرم در هکتار از گذشته تا کنون افزایش چشمگیری داشته است. هرچند افزایش عملکرد در سطح جهانی بیشتر از افزایش عملکرد در ایران بوده است. در بازه‌ی زمانی ۱۹۶۱ الی ۲۰۱۰، عملکرد گندم در دنیا تقریباً سه برابر و در ایران در حدود ۲/۷ برابر افزایش داشت.



شکل ۸- تغییرات عملکرد گندم طی سال‌های ۱۳۴۰ (۱۹۶۱) تا ۱۳۸۹ (۲۰۱۰) در ایران و جهان

روند افزایش عملکرد گندم در کشور از متوسط جهانی کمتر بود. تغییرات عملکرد گندم در کشور در طی ۵۰ سال در مقایسه با دنیا در شکل ۹ ارایه شده است. روند تغییرات نشان می‌دهد که متوسط عملکرد گندم در کشور در تمام سال‌ها از متوسط جهانی کمتر و همچنین شیب افزایش عملکرد در کشور نیز از شیب افزایش عملکرد در دنیا کمتر بود. در سال ۱۹۶۱ تفاوت عملکرد در کشور با دنیا در حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و در سال ۲۰۱۰ این تفاوت به ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت.



شکل۹- مقایسه روند تغییرات عملکرد گندم در کشور با جهان طی ۵۰ سال

۱-۲- شرایط عمومی رشد گندم

گندم یکی از اساسی‌ترین گیاهان برای تامین کالری و پروتئین می باشد. این محصول از قدیم نقش اساسی در تامین غذای انسان مخصوصاً در تهیه نان ایفا کرده است. گندم معمولاً به سه صورت، دیم، آبی و آبیاری تکمیلی کشت می‌گردد. مناطقی که گندم بصورت دیم کشت می شود عبارتند از : اقلیم های معتدل، مناطق نیمه گرمسیری با باران زمستانه، مناطق گرم نزدیک استوا، مناطق بلند با ارتفاع بیشتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و در مناطق گرم دور از استوا که در فصل زمستان باران طولانی مدت دارند. مناطقی که گندم بصورت آبی کشت می‌شوند عبارتند از اقلیم‌های گرم، هم در زمین‌های بلند نزدیک استوا و هم در زمین‌های پست دور از استوا، در اقلیم‌های نیمه گرمسیری با باران تابستانه که آبیاری در زمستان انجام می‌شود. در مناطق نیمه گرمسیری که باران زمستانه دارند بصورت آبیاری تکمیلی کاشته می‌شود. دوره رشد گندم بهاره از ۱۰۰ تا ۱۳۰ روز، درحالیکه گندم زمستانه به ۱۸۰ تا ۲۵۰ روز برای رشد نیاز دارد. مناسبترین درجه حرارت مورد نیاز برای رشد و پنجه‌دهی در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد است. این گیاه در انواع خاک‌ها قابل کشت است اما بافت های متوسط

ترجیح داده می شود. یکی از ویژگی‌های خاک با بافت متوسط این است که آب در آن به اندازه مناسب ذخیره می‌گردد وهم اینکه آب به راحتی در این نوع خاک برای جذب ریشه یا بهبود شرایط زهکشی و تبادل هوا، منتقل می‌گردد. کشت آن در خاکهای توربی (Peaty Soils) که دارای سدیم ، منیزیم و آهن بالا باشد، توصیه نمی شود. مناسبترین PH برای رشد گندم در حدود ۶ تا ۸ می‌باشد. برای عملکرد مناسب کود ازته مورد نیاز گندم ۱۵۰ ، فسفات ۳۵ تا ۴۵ و پتاس ۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار است.گندم به سطح ایستابی بالا نسبتاً مقاوم است ، برای خاکهای لوم شنی تا لوم سیلتی از ۶۰ تا ۸۰ سانتی متر و برای خاکهای رسی ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر قابل تحمل است. در صورتی که سطح سفره آب زیرزمینی در مدت کوتاهی تا عمق ۲۵ سانتی متری برسد گیاه گندم می تواند بدون خسارت این نوسان را تحمل کند. با بالا آمدن سطح سفره آب زیر زمینی به ۵۰ سانتی متری از سطح خاک در مدت طولانی، عملکرد گندم از ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.

۱-۳- مراحل رشد گندم

به‌طور کلی مراحل رشد گندم بـه پـنج مرحلـه اصـلی بـه شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

۱-۳-۱- مرحله استقرار گیاه که شامل دو زیـر مرحلـه اسـت (شکل ۱۰):

الف . کاشت

ب . جوانه‌زنی (۷ روز پس از کاشت) است.

۱-۳-۲- مرحله سبزینه‌ای که شامل سه زیر مرحله است:

الف . سبزشدن (شکل ۱۰)

ب . پنجه دهی (شکل ۱۱)

ج . ساقه‌دهی (شکل ۱۱)

شکل ۱۰- نمایی از گندم در مراحل کاشت، جوانه‌زنی، سبز شدن تا مرحله سه برگی

شکل ۱۱- نمایی از مراحل پنجه‌دهی (بالا) و ساقه‌دهی (پایین) گندم

۱-۳-۳- مرحلـه گلـدهی شـامل دو زیـر مرحلـه اسـت

الف . خوشه‌دهی (شکل ۱۲).

ب . گلدهی(شکل ۱۲).

شکل ۱۲- نمایی از مراحل خوشه‌دهی (بالا) و گل‌دهی (پایین) گندم

۱-۳-۴- مرحله تشکیل دانه که شامل سه زیر مرحله است

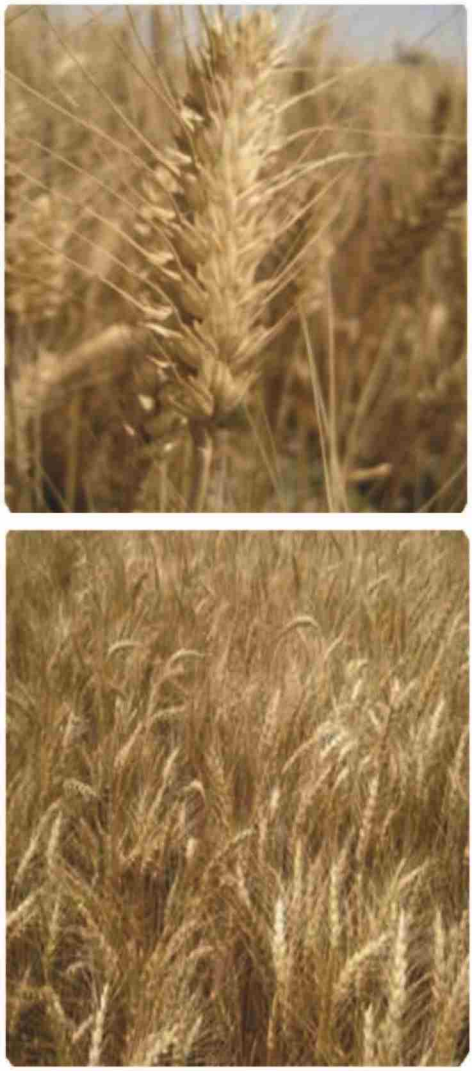
الف .شیری شدن

ب . خمیری شدن (شکل ۱۳)

ج . دانه‌بستن (شکل ۱۳)

د . مرحله رسیدن (شکل ۱۴)

شکل ۱۳- نمایی از مرحله خمیری(بالا) و پرشدن دانه(پایین) گندم



شکل ۱۴- نمایی از مرحله رسیدن گندم

فصل دوم – واکنش گندم به آب

۲-۱- واکنش گندم به آب در مراحل مختلف رشد

از آنجا که واکنش گندم نسبت به آب در مراحل مختلف رشد یکسان نیست، برای برنامه‌ریزی مطلوب آبیاری ضروری است تا حساسیت مراحل فوق نسبت به آب شناسایی شود. به عبارت دیگر، کمبود آب در هر یک از مراحل رشد گندم اثرات متفاوتی در عملکرد گندم می‌گذارند. به طور مثال کمبود آب در مرحله گلدهی در مقایسه با مرحله ابتدایی رشد یا مرحله رسیدن باعث می‌شود تا عملکرد گندم بیشتر کاهش یابد. بطور کلی عملکرد گندم دارای سه جزء اصلی به شرح زیر است:

۱- تعداد بوته در واحد سطح (شکل ۱۵)

۲- تعداد دانه در خوشه (شکل ۱۶)

۳- وزن دانه

بنابراین برای افزایش عملکرد نیاز است تا هر کدام از سه جزء فوق از نقطه نظر آبیاری در مراحل مختلف رشد به نحو مطلوب مدیریت شوند.

شکل ۱۵- نمایی از یک مزرعه با تراکم مختلف

شکل ۱۶- نمایی از تعداد دانه در خوشه گیاه گندم

۲-۱-۱- تعداد بوته در واحد سطح

تعداد بوته در واحد سطح یعنی چه تعداد گیاه گندم در یک سطح مشخص (مثلا یک هکتار) وجود دارد. اگر این تعداد گیاه زیاد باشد ممکن است مقدار برداشت گندم از یک هکتار افزایش پیدا کند اما در عین حال به دلیل افزایش رقابت بین بوته های گیاه ممکن است عملکرد محصول حتی کاهش پیدا کند. در نتیجه تعداد بوته در سطح یک عامل مهم در افزایش عملکرد محصول و بهره وری آب به شمار می رود. عواملی که باعث می‌شوند تا تعداد بوته گندم در واحد سطح به حد مطلوب برسند عبارتند از :

- آبیاری قبل از کاشت یا بلافاصله پس از کاشت

تامین رطوبت مناسب برای گندم در زمان کاشت (یا بلافاصله پس از کاشت) یکی از عوامل مهم در تعیین تعداد مناسب بوته در واحد سطح و در نتیجه دریافت عملکرد مطلوب است. آبیاری قبل از کشت گندم یا بلافاصله پس از کشت (شکل۱۷) باعث می شود که بذر گندم با کمبود آب مواجه نشود رشد بهتری انجام بدهد و بتواند در مراحل بعدی از عملکرد بیشتری برخوردار باشد. بطور کلی در این مرحله خصوصاً مناطقی که در مراحل بعدی با کمبود آب مواجه هستند نیاز است تا عمق حدود ۵۰

تا ۸۰ سانتی متری خاک با آبیاری (یا باران) مرطوب شود. این مقدار آب رطوبت مناسبی را در فصل زمستان در خاک ذخیره می‌کند و خصوصاً در مناطق کم‌آب احتمالاً تا مرحله بوتینگ (متورم شدن) به آب اضافی نیاز نخواهد بود. آبیاری در مرحله سبزینه‌ای در صورتیکه شرایط اقلیمی منطقه دارای زمستان گرم و خشک، بدون باران و یا خاک سبک باشد، مورد نیاز است. بطور متوسط برای مرطوب ساختن هر متر خاک برای خاک سبک (شنی)، متوسط و سنگین به ترتیب در حدود ۶۰ میلی‌متر (۶۰۰ متر مکعب در هر هکتار)، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر باران یا آبیاری مورد نیاز است. به عبارت دیگر برای یک خاک متوسط در صورتیکه در زمان کاشت در حدود ۶۰ میلی‌متر باران ببارد، رطوبت مناسبی در عمق خاک ذخیره می‌شود.

- تاریخ کاشت

تاریخ کاشت گندم نیز برای رسیدن به تعداد بوته مناسب گندم در هر منطقه مهم است. تجربیات منطقه‌ای، شرایط اقلیمی، اطلاعات هواشناسی چند روز آینده، دوره رشد گندم و مهم‌تر از همه توصیه‌های تحقیقاتی به استناد پژوهش‌های کاربردی، عوامل اثربخش در تعیین زمان مناسب کاشت گندم محسوب می‌شوند. در هر منطقه بسته به

شکل ۱۷- نمایی از آبیاری مزارع بلافاصله پس از کشت گندم

شرایط اعلام شده دامنه‌ای از تاریخ کاشت وجود دارد که کشاورزان در این دامنه می‌توانند اقدام به کشت نمایند. مثلاً در استان گلستان با توجه به اقلیم، محققین دامنه ۱۵ آبان تا ۱۵ آذر را مناسب کشت گندم می‌دانند.

- عمق کاشت بذر

مناسب‌ترین عمق کاشت برای گندم جهت رسیدن به سبز و تعداد بوته‌ی مناسب، در مناطق مرطوب‌تر با عمق کم (۳ تا ۴ سانتی‌متر) و در مناطق خشک‌تر با عمق بیشتر (۶ تا ۷ سانتی‌متر) کاشته شوند. اگر عمق کاشت بیش از حد در نظر گرفته شود، مقدار سبز شدن بذر کاهش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده است که پس از گذشت دو هفته از کاشت گندم

در اعماق ۱ تا ۱/۵، ۳ تا ۳/۵ و ۱۰/۵ تا ۱۱ سانتی‌متری عمق خاک به ترتیب در حدود ۷۸، ۹۰ و ۱۰ درصد گندم‌ها سبز شدند (دسبایولز، ۲۰۰۶).

- تراکم

تراکم کشت از دیگر عوامل تاثیرگذار در رسیدن به سبز یکنواخت و مناسب است. از نظر تراکم، در مناطق مرطوب‌تر با تراکم بیشتر (فواصل خطوط حدود ۱۵ سانتیمتر) و در مناطق خشک‌تر با تراکم کمتر (فواصل ۲۵ سانتی‌متر) کاشته شوند. در مناطق مرطوب به دلیل اینکه رطوبت خاک مناسب است، رقابت بین بذرها در جذب آب کمتر بوده و در نتیجه تعداد بیشتری از بذرها می‌توانند از آب موجود استفاده کنند و سبز شوند.

- درجه حرارت

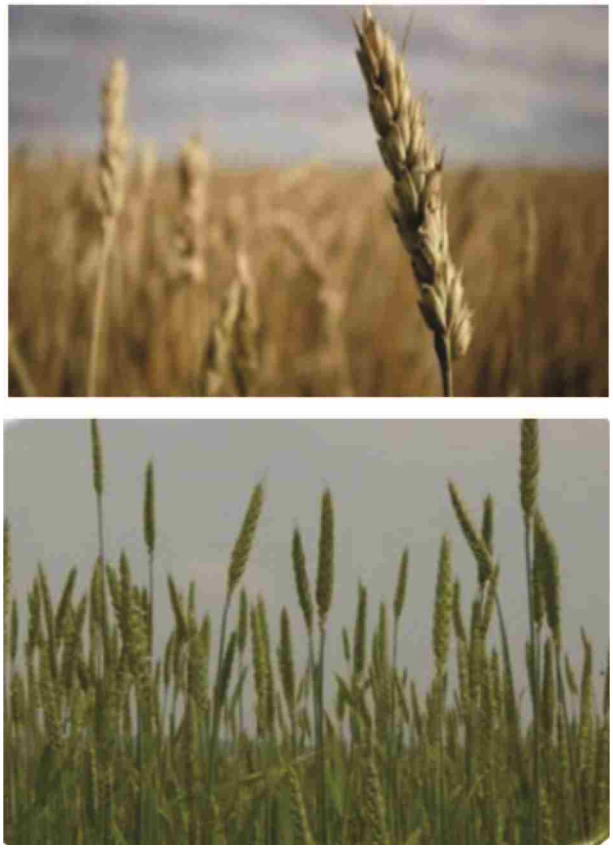
مناسب‌ترین درجه حرارت خاک در زمان کاشت برای رسیدن به تعداد بوته‌ی مناسب در هرمترمربع، در حدود ۱۷ تا ۲۰ درجه است. بررسی اسودو (۲۰۰۲) نشان داده است که با افزایش درجه حرارت ماکزیمم خاک از ۲۰ به ۴۲ درجه سانتی‌گراد، تعداد بوته گندم در هر متر مربع از ۳۱۵ به ۹۰ عدد کاهش یافت.

۲-۱-۲- تعداد دانه در خوشه

برای افزایش تعداد دانه در خوشه و رسیدن به پتانسیل تولید آبیاری در مراحل زیر ضروری است:

- در صورتی‌که باران نبارد، در زمان انتهای پنجه‌دهی و ساقه رفتن زمانیکه گیاه حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر ارتفاع دارد (شکل ۱۱). در این شرایط تعداد سنبله و سنبلچه در خوشه افزایش می‌یابد.
- آبیاری در زمان بوتینگ (متورم شدن ساقه، شکل ۱۲) و خوشه‌رفتن از تشکیل گل های نازا جلوگیری می‌کند. تنش آبی در مرحله‌ی خوشه‌دهی باعث می‌شود تا خوشه‌ها در مدت حدود ۱۰ روز زودتر از موعد مقرر به تکامل برسند. برای خوشه‌ها آب باید در دسترس باشد تا با جذب آب مرحله خوشه به حداکثر رشد خود برسد. در صورتیکه در این مرحله آب در دسترس نباشد، مواد غذایی هم به سختی جذب می‌شود و برخی از خوشه‌ها به سرانجام نمی‌رسند و برخی نیز کوچکتر می‌شوند و در نتیجه تعداد دانه در خوشه و در کل بوته کاهش می‌یابد.
- آبیاری در زمان گلدهی جهت جلوگیری از عدم تلقیح گل‌ها (شکل ۱۲). بطور کلی تنش آبی در مرحله‌ی گل‌دهی به دلیل اینکه رشد ریشه کاهش می‌یابد و از خاک جذب

بسیار کم می‌شود، خسارت جبران ناپذیری به تشکیل تعداد دانه و در نتیجه به عملکرد وارد می‌کند. بطوریکه با تامین آب در مراحل بعدی نیز قابل جبران نیست. شکل ۱۸ نمونه‌ای از وضعیت مناسب دانه در خوشه در مزرعه گندم را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- نمایی از وضعیت مناسب دانه در خوشه

۲-۱-۳- وزن دانه گندم

همانطور که در بخش های قبلی توضیح داده شد، وزن دانه نیز یکی از اجزای مهم عملکرد گندم محسوب می‌ود. برای جلوگیری از دانه‌های چروکیده و لاغر در اثر تنش آبی نیاز است تا گندم در مرحله شیری شدن یا خمیری نرم آبیاری شود (شکل ۱۳). کمبود آب در مرحله‌ی تشکیل دانه به همراه هوای گرم و باد بشدت وزن دانه را کاهش می‌دهند.

۲-۲- خلاصه مراحل آبیاری گندم

- قبل از کاشت یا بلافاصله پس از کاشت، در مناطقی که خاک مشکل سله بستن دارد بهتر است ابتدا زمین کاشته شده و سپس آبیاری انجام شود (شکل ۱۹). این آبیاری خصوصاً در مناطقی که در مراحل بعدی رشد آب کافی در اختیار ندارند بسیار با اهمیت است.
- بعد از تکمیل پنجه دهی و شروع ساقه‌دهی (شکل‌های ۱۱ و ۲۰)
- خوشه‌دهی و شروع گلدهی(شکل ۱۲)

کمبود آب در این مرحله باعث کاهش تعداد خوشه، طول خوشه و تعداد دانه در خوشه می‌گردد. افت عملکرد در این

مرحله بواسطه کمبـود آب در مراحـل دیگـر رشـد بـا تـامین رطوبت خاک قابل جبران نیست.

- شروع پر شدن دانه مرحله خمیری نرم (شکل‌های ۱۳ و ۲۱).

شکل ۱۹- نمایی از کاشت و آبیاری در زمان کاشت گندم

شکل ۲۰- نمایی از آبیاری در زمان تکمیل پنجه دهی و شروع ساقه دهی گندم

شکل ۲۱- نمایی از آبیاری در زمان پر شدن دانه گندم

فصل سوم – برنامه‌ریزی آبیاری برای گندم

۳-۱- روش تعیین زمان و مقدار آب آبیاری به زبان ساده

برنامه‌ریزی آبیاری نوعی گزینه مدیریتی آب است برای جلوگیری از کاربرد آب اضافی در مزرعه و همچنین ممانعت از کاهش عملکرد بواسطه تامین نشدن آب مورد نیاز گیاه (تنش آبی) است. بنابراین در یک برنامه‌ریزی مناسب آبیاری باید به سه سوال زیر پاسخ داده شود:

۱- آیا خاک به حدی خشک شده است تا نیاز به آبیاری داشته باشد (تعیین زمان آبیاری)؟ تفاوت بین یک خاک مرطوب و خشک در شکل ۲۲ آورده شده است.

۲- گیاه چه مقدار به آب نیاز دارد (تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاه)؟

۳- چگونه آب وارد مزرعه شود (روش آبیاری)؟

شکل۲۲- تفاوت بین نیمرخ یک خاک خشک (سمت چپ) و یک خاک مرطوب (سمت راست)

۳-۲- چگونه زمان آبیاری را تعیین کنیم؟

شاخص‌های متعددی برای تعیین زمان آبیاری وجود دارد. شاخص‌هایی مانند، وضعیت رطوبتی خاک، نشانه‌های گیاهی، وضعیت اقلیمی از آن جمله هستند. هر کدام از این روش‌ها نیاز به دانستن مطالبی است که ممکن است در شرایط فعلی در مزارع کشاورزی قابلیت کاربرد را نداشته

باشند. در این قسمت سعی می‌شود ضمن دقت در برآورد زمان آبیاری، با زبان ساده و با امکانات اندک بطوری‌که در مزارع نیز قابلیت کاربرد داشته باشد، تشریح شود. برای این کار استفاده از تشت تبخیر پیشنهاد می‌گردد و قبل از نحوه‌ی کار با آن ابتدا مختصری از آن جهت آشنایی توضیح داده می‌شود.

- آشنایی با تشت تبخیر

ساده‌ترین روش برای محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل (ET_p) استفاده از تشت تبخیر است. مقدار تبخیر از سطح تشت، بسیار نزدیک به مقدار تبخیر از سطح مزرعه پوشیده از چمن (معیار محاسبه ET_p) است. مقدار آب تبخیر شده در یک فاصله‌ی زمانی مشخص از سطح تشت (E_p) با در نظر گرفتن ضریب تشت (K_r) مستقیماً به ET_p مرتبط می‌شود.

$$ET_p = K_r \cdot E_p \qquad (۱)$$

K_r بستگی به نوع تشت، محل نصب (با و یا بدون گیاه در اطراف آن) و اقلیم (رطوبت و سرعت باد) دارد.

در این روش تبخیر آب مستقیماً با اندازه‌گیری کاهش ارتفاع آب از داخل یک تشت در بازه زمانی مشخص (مثلاً

روزانه) به دست می‌آید. در واقع با کمی اصلاحات ساده، می‌توان میزان تبخیر آب از تشت را به مقدار آب تبخیر شده از خاک مرتبط کرد. ایستگاه‌های هواشناسی هر روز دو بار ۶/۳۰ صبح و ۶/۳۰ بعد از ظهر ارتفاع آب را اندازه‌گیری می‌کنند. روش استاندارد در کشور استفاده از تشت تبخیر کلاس A است. این تشت دارای استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر داخلی "۴۷/۵ (cm۱۲۰/۶) و ارتفاع "۱۰ (cm۲۵/۴) می‌باشد. تشت تبخیر روی یک شبکه‌ی چوبی که از سطح زمین فاصله دارد، در داخل مزرعه نصب می‌شود (شکل ۲۳). شبکه چوبی از انتقال حرارت خاک به تشت و همچنین ارتفاع نصب آن باعث تبادل هوا و عبور بدون مانع باد از انتهای تشت می‌گردد تا میزان تبخیر در تشت همانند تبخیر در محیط باشد. سطح آزاد آب به وسیله‌ی نشانه‌ی چاهک یا استوانه‌ی کوچک سوراخ دار تعیین و پس از ۱۲ ساعت که در اثر تبخیر، سطح آب پایین رفت با پیمانه آنقدر آب ریخته می‌شود تا به سطح ارتفاع قبل برسد. مقدار تبخیر برابر است با مقدار آب ریخته شده به تشت با توجه به ابعاد تشت هر لیتر آب که به تشت اضافه یا برداشت می‌شود معادل ۰/۸۷ میلی‌متر است. در اثر بارندگی سطح آب بالاتر از سطح آب در دیده‌بانی قبلی باشد در این حالت باید با

پیمانه آب از تشت برداشت کنیم تا به سطح قبلی برسد. بنابراین ارتفاع تبخیر برابر با تفاوت مقدار باران از مقدار آب برداشت شده از تشت است. اما اگر در مدت دو دیده‌بانی باران ببارد ولی سطح آب پایین‌تر از سطح نشانه قرار گیرد، بایستی مقداری آب به داخل تشت اضافه کرد تا سطح آب به سطح نشانه‌ی قبلی برسد. در این حالت مقدار تبخیر برابر با مجموع آب اضافه شده با پیمانه و باران در طی دو دیده‌بانی است (کیانی، ۱۳۹۰).

شکل۲۳- نمایی از تشت تبخیر و اجزای آن

۳-۲-۱- تعیین زمان آبیاری گندم با استفاده از تشت تبخیر

برای تعیین زمان آبیاری گندم ابتدا تشت اشاره شده در بالا (شکل ۲۳) در کنار مزرعه نصب می‌شود. در داخل تشت تا ارتفاع حدود ۲۰ سانتی‌متر آب ریخته می‌شود (سانتی‌متر از لبه‌ی بالایی تشت برای احتمال بارندگی خالی از آب است). ارتفاع آب در داخل استوانه کوچک، به دلیل وجود منفذ در کف آن، نیز همان ارتفاع آب تشت را دارد. در نتیجه هر ارتفاع آبی که در داخل تشت وجود دارد همان ارتفاع در داخل استوانه کوچک هم وجود دارد. اندازه-گیری‌ها در داخل استوانه کوچک انجام می‌شود، به دلیل اینکه نوسانات آب در اثر عوامل بیرونی مانند باد در درون استوانه‌ی کوچک، کمتر از آب داخل تشت است. برای مشخص کردن زمان آبیاری در روی استوانه کوچک چند علامت زده می‌شود. اولین علامت از بالا نشانه ارتفاع آب در روز اول است و دومین علامت که پس از تبخیر آب در چند روز متوالی پایین‌تر از اولین علامت است، نشانه زمان آبیاری است. البته می‌توان چند علامت دیگر در بدنه استوانه مشخص کرد تا انعطاف‌پذیری برای انتخاب زمان‌های آبیاری با توجه به دوره‌ی رشد گندم وجود داشته باشد.

بطور مثال حساسیت به آب گندم در مراحل رشد سبزینه‌ای و رسیدن کمتر از مراحل خوشه‌دهی و گل‌دهی است. بطور طبیعی در اوایل رشد می‌توان فواصل آبیاری را طولانی‌تر (تبخیر تجمعی بیشتر) و در دوران گل‌دهی فواصل آبیاری را کوتاه‌تر (تبخیر تجمعی کمتر) در نظر گرفت. با توجه به تجربیات، در دورانی که حساسیت گندم به آب کمتر است مانند رشد سبزینه‌ای در اوایل رشد و مراحل رسیدن در انتهای رشد، پس از اینکه مجموع تبخیر در داخل استوانه به ۱۰۰ میلی‌متر رسید زمان آبیاری است. در دوران خوشه‌دهی و گل‌دهی پس از اینکه مقدار تبخیر آب در داخل استوانه در حدود ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر رسید، زمان آبیاری فرارسیده است. در نتیجه با علامت گذاری در بدنه‌ی استوانه به فواصل ۴ و ۱۰ سانتی‌متر از اولین نشانه به سادگی می‌توان زمان آبیاری گندم را در دوره‌های مختلف تشخیص داد. البته دامنه‌ی اعداد اشاره شده با توجه به توصیه‌ی محققین هر منطقه که کار پژوهشی با تشت انجام دادند، قابل تغییر است. در این رابطه مهم سادگی تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشت تبخیر است.

۳-۳- تعیین مقدار آب مورد نیاز گندم با استفاده از تشت تبخیر

با تشخیص زمان های آبیاری گندم که در قسمت‌های قبل شرح داده شد در این بخش به مقادیر کمَی آب مورد نیاز گندم در هر مرحله از رشد گندم پرداخته می‌شود. روش‌های متعددی برای برآورد آب مورد نیاز گیاهان در منابع وجود دارد. روش‌هایی مانند تعیین کمبود رطوبت خاک و یا روش‌های تجربی برای برآورد تبخیر-تعرق گیاه نیاز به روابط پیچیده، ابزار و یا کار فیزیکی دارند که در شرایط فعلی کشاورزی به دلایل مختلف در سطح مزارع عملیاتی نشدند و کشاورزان نیز رغبتی برای این نوع روش‌ها نشان نمی‌دهند. البته کتاب (فرشی و همکاران،۱۳۷۶) و نشریاتی(بی‌نام، ۱۳۷۸) در سطح کشور منتشر شده است که بر اساس اطلاعات اقلیمی هر منطقه که از داده‌های قدیمی استفاده شده است برای گیاهان زراعی و باغی در دسترس است و زمانیکه هیچ نوع اطلاعاتی وجود نداشته باشد، بسیار هم مفید هستند. برآورد آب مورد نیاز گیاه مندرج در مکتوبات اشاره شده شرایط واقعی مزرعه را در نظر نمی-گیرند و در نتیجه تطابق مناسبی در مقیاس مزرعه‌ای ندارند. به همین دلیل پس از استقرار تشت تبخیر در مزرعه برای

تعیین زمان آبیاری ، می‌توان از همان داده‌ها و تکمیل فرآیندی که تشریح می‌شود، به برآورد آب مورد نیاز گیاه بصورت واقعی در مقیاس مزرعه پرداخت. برای تعیین مقدار آب مورد نیاز گندم با استفاده از تشت تبخیر چند مرحله زیر را باید انجام داد :

- مقدار تبخیر از تشت که از سطح آب آزاد صورت گرفت با مقدار تبخیر از سطح خاک مزرعه متفاوت است. بطور طبیعی مقدار تبخیر از خاک داخل مزرعه کمتر از تبخیر از سطح آب آزاد است. به همین دلیل برای تبدیل تبخیر از تشت که اندازه‌گیری شده است به تبخیر از خاک مزرعه، عدد تشت طبق رابطه‌ی ۱ در ضریب ۰/۸ ضرب می‌شود.

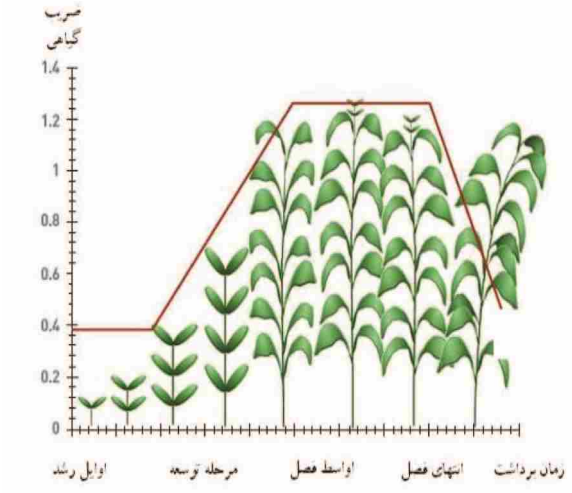
- عدد حاصل از مرحله قبلی مقدار تبخیر- تعرق پتانسیل نامیده می‌شود. تبخیر-تعرق پتانسیل همان‌طور که ملاحظه شده فقط به اقلیم وابسته است و به گیاه ارتباطی ندارد. برای تبدیل تبخیر- تعرق پتانسیل به تبخیر- تعرق واقعی گیاه نیاز است تا عدد حاصل از مرحله‌ی قبل را در ضریبی بنام ضریب گیاهی گندم ضرب نمود. عدد حاصل مقدار آب مورد نیاز خالص گیاه است که باید در اختیار گیاه قرار گیرد.

۳-۳-۱- آشنایی با ضریب گیاهی گندم

همانطور که توضیح داده شد، ضریب گیاهی ارتباط دهنده‌ی مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل که از داده‌های اقلیمی به دست می‌آید با تبخیر-تعرق واقعی گیاه که تعیین کننده‌ی مقدار آب مورد نیاز خالص گیاه است، می‌باشد. این ضریب بسته به مرحله‌ی رشد گیاه متفاوت است. در اوایل و یا اواخر رشد مقدار عددی ضریب کمتر و در اواسط رشد و یا دوران گل‌دهی که نیاز آبی گیاه بیشتر است، بالاتر است. ضریب گیاهی برای اکثر گیاهان در دسترس است. جدول ۳ ضریب گیاهی گندم را در مراحل مختلف رشد ارایه می‌کند. در نتیجه برای استفاده از ضریب گیاهی گندم جهت برآورد آب مورد نیاز آن، با توجه به مرحله رشد گندم از اعداد جدول ۳ استفاده می‌شود. همانطور که در شکل ۲۴ دیده می شود در شروع جوانه زنی، مقدار تبخیر- تعرق گیاه بسیار کم و سپس با رشد محصول، خوشه دهی و رشد برگ‌های گیاه به میزان تبخیر- تعرق اضافه می‌شود. در اواسط فصل تعرق گیاه به یک مقدار ثابتی می‌رسد و از زمانیکه در انتهای فصل برگ‌ها شروع به خشک شدن و ریزش می‌کنند، میزان تعرق با شیب تندی کاهش می‌یابد.

جدول ۳- مقادیر ضریب گیاهی گندم در مراحل مختلف رشد

اوایل رشد (۲۰ روز اول)	مرحله‌ی توسعه (۳۰ روز بعد)	اواسط فصل (دو ماه بعد)	انتهای فصل (۳۵ روز بعد)	زمان برداشت
۰/۳۵	۰/۷۵	۱/۱	۰/۶۵	۰/۲۵



شکل ۲۴- تغییرات ضریب گیاهی به صورت تابعی از فصل رشد گیاه

مثال:

برای برنامه‌ریزی آبیاری گندم تشت تبخیر کلاس A در مزرعه نصب شده است. گندم در تاریخ ۲۵ آبان کاشته شده و قرار است از ابتدای فروردین زمانیکه تبخیر تجمعی از تشت به ۵۰ میلی‌متر رسید آبیاری انجام شود. اطلاعات تشت تبخیر نشان داده است که در تاریخ ۱/۱۵ ارتفاع آب در داخل تشت به اندازه ۵ سانتی‌متر افت داشت. حساب کنید در زمان آبیاری چه مقدار آب باید به گندم داده شود.

خلاصه‌ی محاسبات در جدول زیر ارایه شده است. ضریب گیاهی بر اساس دوره رشد گیاه و جدول ۲ به دست آمد.

تاریخ کاشت	تاریخ آبیاری	تبخیر از تشت (mm)	ضریب تشت	تبخیر- تعرق پتناسیل (mm)	ضریب گیاهی	تبخیر تعرق واقعی (mm)
بیست و پنجم آبان	پانزدهم فروردین	۵۰	۰/۸	۵۰×۰/۸=۴۰	۱/۱	۴×۱/۱=۴۴

بنابراین در زمان آبیاری گیاه گندم باید ۴۴ میلی‌متر آب خالص دریافت کند تا آب مورد نیاز آن تامین گردد. ملاحظه شد که بسادگی با استفاده از تشت تبخیر برنامه‌ریزی آبیاری گندم (زمان و مقدار آب مورد نیاز) بصورت واقعی در مزرعه انجام شد. اما هنوز باید ساده‌سازی شود تا بتوان به

نتیجه مطلوب دست یافت. مقدار آب مورد نیاز بر حسب واحد میلی‌متر به دست آمد و به نظر می‌رسد اعداد به دست آمده برای کشاورز نامفهوم هستند. سوال اساسی در این قسمت اینست که چگونه می‌توان این مقدار آب را در اختیار گیاه قرار داد. یعنی سوال سوم برنامه‌ریزی آبیاری، چگونه و با چه روشی آب وارد مزرعه گردد؟

۳-٤- چگونگی تنظیم زمان آبیاری

قبل از اینکه روش آبیاری گندم شرح داده شود، ابتدا چگونگی تنظیم زمان آبیاری برای فهم بیشتر مقادیر محاسباتی که در مثال بالا تشریح شد، توضیح داده می‌شود. برای تبدیل مقدار آب آبیاری به زمان آبیاری با توجه به محاسبات مربوط به تعیین عمق آب آبیاری دو گام دیگر باید برداشته شود. ابتدا عمق آب به حجم آب مورد نیاز تبدیل می‌شود. بطور معمول کشاورز در مقایسه با عمق آب بر حسب میلی‌متر با حجم آب رابطه‌ی بهتری برقرار می‌کند. به عبارت دیگر به جای اینکه گفته شود که مزرعه به ۱ میلی‌متر آب نیاز دارد، گفته شود که در هر متر مربع به یک لیتر آب نیاز است، مفهوم مقدار برای کشاورز هم قابل درک خواهد بود. اما نکته مهم در این است که معمولاً

زمین‌های کشاورزی بزرگ و مقدار آب مورد نیاز هم بر حسب لیتر سنجیده نمی‌شوند. برای مزارع کشاورزی بطور مرسوم واحد مترمکعب که هزار برابر لیتر است، بیان می‌گردد. در نتیجه بهترین روش در مزارع بزرگ برای تامین آب مورد نیاز گیاه، تنظیم زمان آبیاری با توجه به مقدار آب در اختیار ساده‌ترین روشی است که برای کشاورز هم قابل اجرا است. خلاصه اینکه مقدار آب براورد شده از تشت تبخیر ابتدا تبدیل به حجم آب و سپس با توجه به مقدار آبی که در اختیار است، زمان تنظیم می‌گردد.

- گام اول تبدیل عمق آب به حجم آب: برای این کار کافی است که عدد عمق آب بر حسب میلی‌متر را در ۱۰ ضرب نموده تا تبدیل به متر مکعب در هکتار گردد. مثلاً اگر مزرعه‌ای به ۲۰ میلی‌متر آب نیاز داشته باشد، یعنی اینکه هر هکتار آن به ۲۰۰ مترمکعب و اگر ۵ هکتار باشد یعنی به ۱۰۰۰ (۲۰۰ ضربدر ۵) مترمکعب آب نیاز دارد.

- گام دوم تعیین مقدار آبی که وارد مزرعه می‌گردد (دبی آب): دبی عبارت است از حجم آبی که در واحد زمان از یک مقطع عبور می‌کند. معمولاً در مزارع بر حسب لیتر بر ثانیه و یا مترمکعب بر ساعت سنجیده می‌شود. بنابراین در این گام باید دبی چاه و یا هر منبع آبی که وارد مزرعه

می‌گردد مشخص شود. روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری دبی آب در مزارع وجود دارد که خوانندگان می‌توانند به مراجع مربوطه مراجعه نمایند. از آنجا که در مزارع کشاورزی با واحدهای بزرگ مانند مترمکعب و یا ساعت سروکار داریم، بهتر است واحد دبی در مزرعه برای تنظیم زمان آبیاری به مترمکعب بر ساعت تبدیل گردد. هر گاه لیتر بر ساعت در عدد ۳/۶ ضرب شود، تبدیل به مترمکعب در ساعت می‌گردد. بطور مثال اگر چاهی دارای دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه باشد، یعنی دبی چاه معادل ۳۶ مترمکعب در ساعت است. به عبارت دیگر این چاه در هر ساعت ۳۶ متر مکعب آب را وارد مزرعه می‌کند.

- گام سوم تنظیم زمان آبیاری: برای تنظیم زمان آبیاری بر حسب ساعت، کافی است عدد حجم آب مورد نیاز بر حسب متر مکعب (گام اول) به دبی آب در مزرعه بر حسب متر مکعب بر ساعت (گام دوم) تقسیم شود. بطور مثال اگر مزرعه‌ای به ۴۰۰ متر مکعب آب نیاز داشته باشد و دبی آب این مزرعه برابر ۸۰ متر مکعب در ساعت فرض شود (یعنی هر یک ساعت ۸۰ مترمکعب آب وارد مزرعه می‌گردد)، در حدود ۵ ساعت آب باید وارد مزرعه گردد تا آب مورد نیاز تامین شود. البته چگونگی آب دادن به مزرعه و تفاوت نقاط

مختلف مزرعه از نظر مدت زمان آبیاری به نوع روش آبیاری و راندمان آبیاری بستگی دارد که در بخش‌های بعدی توضیح داده خواهند شد.

مثال

برای تکمیل برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از تشت تبخیر، داده‌های مثال ۷-۲-۲- مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آن مثال مشخص شده بود که مزرعه گندم در ۱۵ فروردین به ۴۴ میلی‌متر آب نیاز دارد. اگر مزرعه فوق به مساحت دو هکتار باشد و چاه آب با دبی ۴۰ لیتر بر ثانیه آب را وارد مزرعه نماید، حساب کنید با فرض راندمان ۱۰۰ درصد چند ساعت چاه باید روشن بماند.

خلاصه حل مسئله در جدول زیر ارایه شده است.

آب مورد نیاز (میلی متر)	حجم آب مورد نیاز (مترمکعب در هر هکتار)	حجم آب مورد نیاز (مترمکعب در دو هکتار)	دبی چاه (لیتر بر ثانیه)	دبی چاه (مترمکعب بر ساعت)	مدت آبیاری (ساعت)
۴۴	۴۴۰	۸۸۰	۴۰	۱۴۴	۶,۱۱

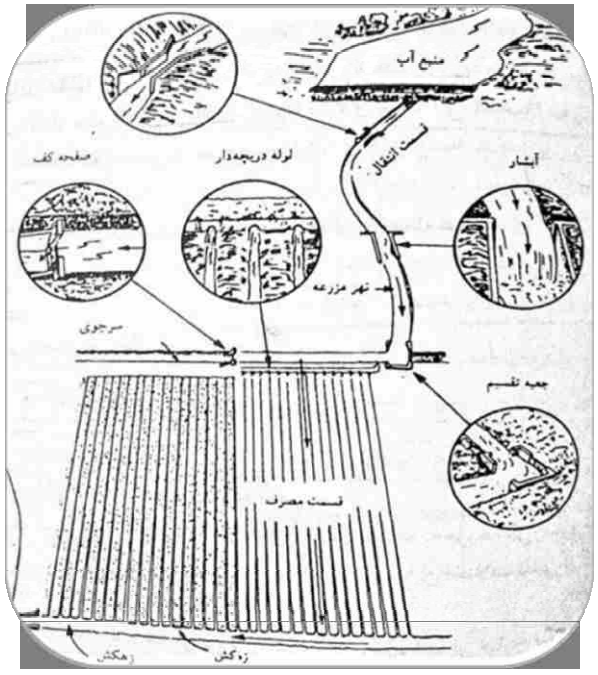
فصل چهارم – روش‌های آبیاری گندم

٤-١- مقدمه

در هنگام آبیاری مزارع یکنواختی توزیع آب دارای اهمیت خاصی است. باید دقت شود تا نقاط مختلف مزرعه در حد امکان یکسان آبیاری شوند و این مستلزم انتخاب ابعاد مناسب با توجه به میزان آب در اختیار و بافت خاک می‌باشد. اگر مزارع به صورت یکنواخت آبیاری نشوند ممکن است در برخی از مناطق ماندابی تشکیل شود و در بعضی از مناطق خشکی و کمبود آب رخ دهد که در هر دو صورت به کاهش عملکرد منجر می‌شود. در قسمت‌های

قبلی برای تعیین مقدار آب آبیاری و سپس تنظیم زمان آبیاری فرض شده بود که راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد باشد. این فرض از نظر عملی در مزرعه اتفاق نمی‌افتد به دلیل اینکه بخشی از آب تحویلی به مزرعه در مسیرهای مختلفی که طی می‌شود تا در اختیار گیاه قرار بگیرد، هدر می‌رود. مثلاً در مسیر انتقال آب از منبع تا سر مزرعه، در مسیر کانال‌های متعدد داخل مزرعه و یا در حین آبیاری گیاه آب هدر می‌رود. در شکل ۲۵ نمایی از یک شبکه آبیاری و مسیر انتقال آب از منبع تا سر مزرعه را نشان می‌دهد. در نتیجه دقیقاً همان مقدار آبی که تحویل گرفته شد، به همان مقدار در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد. بعد از محاسبه مقدار آب مورد گیاه و تنظیم زمان آبیاری که به آن آب مورد نیاز خالص آبیاری می‌نامند، بسته به نوع روش آبیاری و شرایط مزرعه از نظر پستی و بلندی و نوع خاک معمولاً مقداری بیش از آب مورد نیاز خالص در نظر گرفته می‌شود که به آن آب مورد نیاز ناخالص می‌گویند. نسبت آب خالص به آب ناخالص راندمان آبیاری را مشخص می‌کند. هر چه راندمان آبیاری بالاتر باشد (تلفات آب کمتر است)، از آب استفاده‌ی بهتر شده و کمتر مصرف می‌شود. یکی از عوامل تعیین کننده‌ی راندمان آبیاری نوع روش آبیاری است. هرچه روش آبیاری

تطابق بیشتری با وضعیت مزرعه داشته باشد و بهتر طراحی، اجرا و مدیریت شود از راندمان بیشتری برخوردار است. بطور کلی روش‌های آبیاری گندم را می‌توان به سه دسته شامل ۱- آبیاری سطحی ۲- آبیاری کم فشار (لوله‌های دریچه‌دار) و ۳- آبیاری تحت فشار (بارانی) تقسیم‌بندی نمود.



شکل ۲۵- قسمت های مختلف یک سیستم آبیاری

(علیزاده، ۱۳۸۸)

۴-۲- آبیاری سطحی

روش آبیاری سطحی هنوز شایعترین شکل آبیاری در سراسر جهان است که انتقال و توزیع آب در سطح مزرعه بر اساس نیروی ثقل آب صورت می‌گیرد. روشی بسیار ساده و با ابزار ابتدایی برای همه‌ی گیاهان قابل اجرا و در بسیاری از مناطق دنیا از گذشته‌های دور استفاده می‌شده و عملاً در طی هزاران سال تغییری نکرده است. در این روش سطح آزاد جریان آب تحت تاثیر شیب ثقلی است. به عبارت دیگر سطح آب با اتمسفر در تماس و بنابراین فشار موجود همان فشار اتمسفر است. در روش آبیاری سطحی آب بدون وارد کردن هیچ نیرویی از طرف خارج (مثل پمپ) و تنها با توجه به نیروی ثقل و شیب زمین در سطح مزرعه حرکت و آب مورد نیاز گیاهان را تامین می‌کند. بطور کلی یک سیستم آبیاری سطحی دارای چهار جزء اصلی شامل: ۱- قسمت تامین و ذخیره آب ۲- قسمت سازه‌های مربوط به انتقال آب ۳- بخش مصرف آب ۴- قسمت زهکشی برای خروج آب‌های اضافی در مزرعه می‌باشد که به اختصار این چهار قسمت توضیح داده می‌شوند:

- قسمت تامین و ذخیره آب: هر سیستم آبیاری نیاز با منبع ذخیره آب مانند سد، رودخانه، چاه و یا آب‌بندانها دارد.

معمولاً در روش‌های آبیاری سطحی برای استفاده از انرژی ثقلی زمین در انتقال ساده و کم‌هزینه‌تر آب منابع ذخیره آب را در بالاترین نقطه از نظر ارتفاعی مستقر می‌کنند. احداث استخر ذخیره‌ی آب در بالادست مزارع یکی از راه حل‌های رایج برای حفظ و هدایت آب به مزارع است (شکل ۲۶).

شکل ۲۶– نمونه‌ای از بکارگیری استخر به عنوان منبع ذخیره برای حفظ و هدایت آب در مزرعه

– تاسیسات انتقال آب: معمولاً منبع آب و مزارع همیشه نزدیک هم قرار ندارند و از هم دور هستند. به همین دلیل آب بایستی به طریقی به مزارع منتقل گردد. در مسیر انتقال ممکن است با عوارض متعدد و یا با نیازهای متفاوت

برخورد شود که در هر قسمت بـه سـازه‌ای خـاص نیـاز دارد. انتقال آب از منبع تامین آب تـا مزرعـه ممکـن اسـت توسـط کانال‌های انتقال آب و یا لوله صـورت گیـرد. بـرای کـاهش تلفات انتقال آب توسط کانال‌های آبیـاری اغلـب آنهـا را بـا بتن پوشش‌دار می‌سازند تا از هدر رفت آب جلوگیری شود. در نوع سنتی و بدون پوشش کانال‌های آبیاری، آب در طـی مسیر خود به مزرعه به زمین‌های اطراف نشت پیدا می‌کنـد و باعث هدر رفت آب در مسیر رسیدن به مزرعه مـی شـود. در شکل۲۷ نمونه از انتقال آب توسط کانال‌های بدون پوشش و پوشش‌دار بتنی نشان شده است.

شکل ۲۷– الف :نمایی از نهرهای سنتی

شکل ۲۷–ب : کانال بتنی برای انتقال آب

– سیستم مصرف آب: در داخل مزرعه کانال‌های توزیع، شیار، نوار یا کرت احداث شده تا آب در اختیار گیاه قرار گرفته و مصرف نماید.

– تاسیسات زهکشی: برای خروج آبهای اضافی در مزرعه چه در اثر آبیاری و چه در اثر بارندگی نیاز است تا سیستمی در داخل مزرعه برای جمع‌آوری آب‌های اضافی و جلوگیری از آب ماندگی و یا کنترل سطح سفره آب زیرزمینی و یا در انتهای مزرعه برای جمع‌آوری رواناب و استفاده مجدد از آنها تعبیه گردد. آب خارج شده از مزرعه توسط پمپ به مزرعه بر می‌گردد یا اینکه در مزرعه

پایین‌دست از آن استفاده می‌شود. اما باید ملاحظات کیفی این نوع آب‌ها را در نظر گرفت، بطوریکه که گیاه از صدمات ناشی از شوری اب آبیاری صدمه نبیند (شکل ۲۸).

شکل۲۸- مقایسه‌ای از وضعیت جمع‌آوری آب (بالا) و عدم جمع‌آوری آب (پایین) در انتهای مزرعه ناشی از رواناب انتهایی در روش آبیاری سطحی

روش‌های مرسوم آبیاری سطحی برای گندم شامل روش کرتی، نـواری و شـیاری اسـت و هـر سـه روش بـرای گنـدم بسته به شرایط مختلف کاربرد دارد.

٤-۲-۱- آبیاری کرتی

روش آبیاری کرتی ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش آبیاری سطحی است که تقریباً برای همه نـوع گیاهـان قابـل اسـتفاده است. در این روش مزرعه تحـت آبیـاری بـه شـکل مربـع یـا مستطیل طوری که طول و عـرض آن تفـاوت قابـل توجـه‌ای نداشته باشند، با استفاده از خاکریزهایی محـدود شـده و آب وارد این کرت‌ها برای آبیاری گیاهان می‌شود(شکل ۲۹). در روش آبیاری کرتی نیاز است تا مزرعه به کرت‌هایی به ابعـاد مشخص بوسیله خاکریزهایی به ارتفاع حـدود ۱۲ سـانتی‌متـر تقسیم‌بندی شده و شیب زمین کمتـر از ۰/۱ درصـد باشـد. از آنجا که گندم نسبت به آب مانـدگی و غرقـابی خـصوصاً در اوایل رشد حساس است، آبیاری کرتی برای گنـدم زمانیکـه ارتفاع گیاه کم (از سبز تا حدود ۸ سانتی‌متری) به دلیـل سـله بستن و غرقاب کردن محیط، مناسب نیست. برای آبیاری قبل یا بلافاصله بعد از کشت گندم کـه نیـاز بـه مرطـوب سـاختن

نیمرخ خاک تا حدود ۵۰ سانتی‌متری را دارد، روش مناسبی است(کیانی، ۱۳۹۰).

شکل ۲۹- نمایی از روش آبیاری کرتی در مزرعه

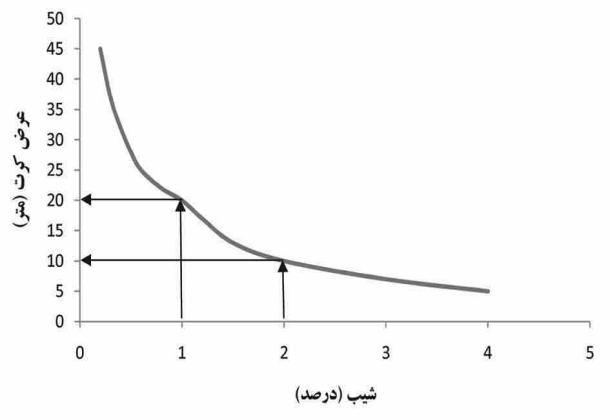
بطور کلی نوع خاک مناسب برای روش آبیاری به نوع گیاه تحت آبیاری بستگی دارد. برای گیاهانی مانند گندم، خاک لومی به دلیل جلوگیری از آب‌ماندگی طولانی مزرعه در اثر آبیاری یا باران و همچنین افت کمتر آب در اثر نشت، مناسب‌تر است. خاک‌های سبک‌تر در شرایطی که سطح سفره آب زیرزمینی بالا باشد نیز قابل استفاده است، در غیر این صورت افت آب در اثر نفوذ عمقی بسیار زیاد و غیر قابل قبول خواهد بود. بنابراین خاک‌های سبک و همچنین خاک‌هایی که استعداد سله بستن را دارند برای روش آبیاری

کرتی مناسب نیستند. خاک‌های سبک به دلیل تخلیه سریع آب از منطقه ریشه و تلفات نفوذ عمقی زیاد، برای این روش مناسب نیستند. خاک‌هایی که درصد رس بسیار بالایی دارند نیز به دلیل آنکه ممکن است باعث سله بسته و ایجاد درز و شکاف در خاک شوند (شکل ۳۰) نیز برای آبیاری توسط این روش توصیه نمی‌شوند (علیزاده، ۱۳۸۸).

شکل ۳۰- ایجاد مشکل سله در بعضی از خاک‌ها با ساختمان نامناسب

عوامل اصلی محدودکننده عرض کرت شیب زمین، عمق خاک زراعی، نحوه احداث خاکریز و عملیات کشاورزی است. در اراضی با شیب تند باید عرض کرت را کوچکتر در نظر گرفت (شکل۳۱) به دلیل اینکه در این شرایط خاک زیادی برای تراز کردن کرتها و استقرار یکنواخت آب در داخل کرتها نیاز دارد. در صورتیکه خاک زراعی کم‌عمق باشد، باید عرض کرت را خصوصاً در اراضی شیب‌دار کوچکتر در نظر گرفت. به دلیل اینکه در مواقع کندن زمین برای احداث تراس و یا خاکریز، خاک غیرمرغوب زیرین جایگزین خاک زراعی لایه بالایی می‌گردد. برای دریافت راندمان بهتر از کارکرد ماشین‌ها در مزارع تحت روش آبیاری کرتی لازم است که عرض مزرعه مضربی از عرض ماشین باشد .همانطور که در شکل ۳۱ دیده می‌شود با افزایش شیب زمین عرض کرت کاهش پیدا می‌کند. مشکلات مربوط به تراس بندی زمین و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک از عواملی هستند که باعث می‌شود با افزایش شیب عرض کرت‌ها کاهش پیدا کنند. به عنوان مثال همانطور که در شکل ۳۱ نشان داده شده است، زمانی که شیب زمین ۲ درصد است، عرض کرت مناسب

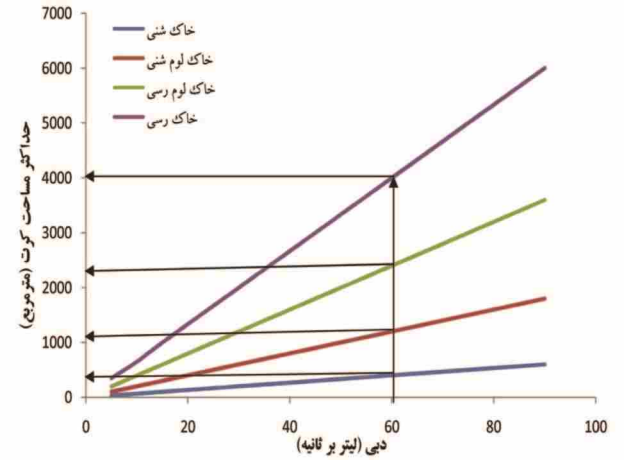
برای آبیاری کرتی ۱۰ متر و اگر شیب ۱ درصد باشد عـرض کرت معادل ۲۰ متر برآورد می‌شود.



شکل ۳۱- عرض کرت در آبیاری کرتی به‌صورت تابعی از شیب مزرعه

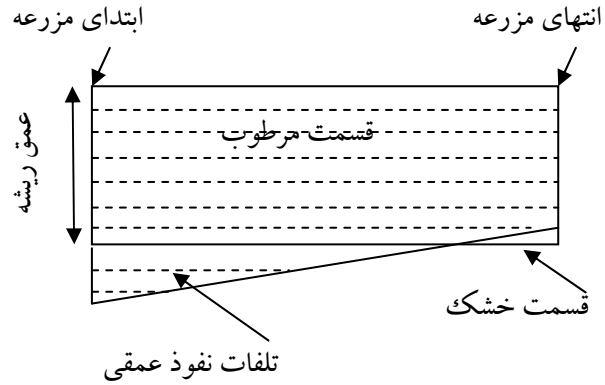
نه تنها شیب زمین بلکه نوع خاک و مقـدار دبـی ورودی به کرت نیز از عوامـل مهـم انتخـاب ابعـاد کـرت (مـساحت) می‌باشند. ارتباط بـین نـوع خـاک، دبـی ورودی بـه کـرت و ابعاد کرت در شکل ۳۲ ارائه شده است. به عنوان یک قـانون کلی هر چه بافت خاک سـنگین‌تـر باشـد مـساحت کـرت را می‌توان بیـشتر در نظـر گرفـت. چـرا کـه در ایـن حالـت آب بدون نفوذ عمقی زیاد می‌تواند مسافت زیـادی را طـی کنـد. بر عکس در خاک‌های سبک و شنی که تلفات نفـوذ عمقـی

زیاد است مساحت کرت کوچکتر در نظر گرفته می‌شود تا از تلفات نفوذ عمقی جلوگیری شود. از طرف دیگر هر چه دبی آب بیشتر شود، به دلیل اینکه در یک مدت زمان مشخص مقدار بیشتری آب وارد کرت می‌شود، برای جلوگیری از ماندابی شدن و استفاده بیشتر از مقدار آب، مساحت کرت را می‌توان بزرگتر در نظر گرفت. به عنوان مثال شکل ۳۲ نشان می‌دهد که در دبی ۶۰ لیتر بر ثانیه حداکثر مساحت کرت برای خاک شنی برابر ۴۰۰، خاک لوم شنی ۱۲۰۰، لوم رسی ۲۴۰۰ و خاک رسی برابر ۴۰۰۰ متر مربع براورد می‌گردد.

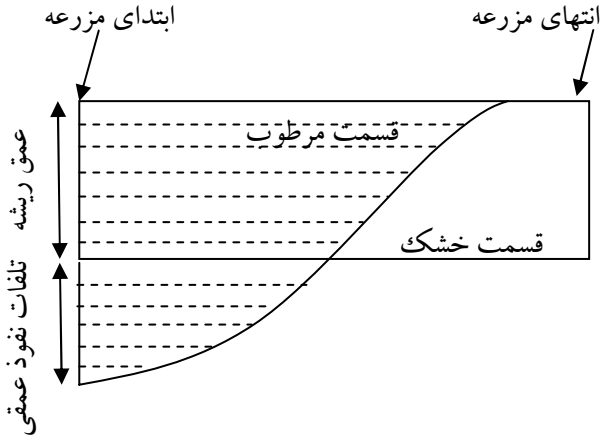


شکل۳۲- حداکثر مساحت کرت به ازای دبی‌های مختلف آب در انواع خاک

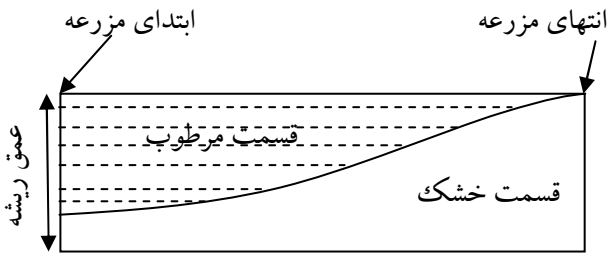
در مـزارع کوچـک کـه خـاک‌ورزی بـه صـورت غیـر مکانیزه است، برای سادگی در تسطیح زمین و امکان کاربرد آب با دبی کم، بایـستی ابعـاد کـرت‌هـا را کوچـک در نظـر گرفت. در مزارع بـزرگ کـه عملیـات کـشاورزی بـصورت مکـانیکی انجـام مـی‌گیـرد، بـرای افـزایش رانـدمان ادوات، افزایش سطح زیرکشت با حذف مرزها و توزیع یکنواخت‌تر آب بایستی ابعاد کرتها را بزرگتر انتخـاب نمـود. در اراضـی شیب‌دار با شیب نامنظم، کرت‌ها می‌توانند طولانی بـا عـرض کوچک انتخاب شوند، بطوری‌که بُعد طولانی‌تر کـرت بایـد در جهـت خطـوط تـراز قـرار گرفتـه تـا از فرسـایش زمـین جلوگیری نموده و نفوذ آب نیز یکنواخت‌تر صورت پـذیرد. بطور طبیعـی در شـرایطی کـه شـیب و خطـوط تـراز نـامنظم باشند، ابعد کرت‌ها نیز نامنظم خواهند بود. شکل‌هـای ۳۳ تـا ۳۵ چگونگی توزیع رطوبت خاک در شرایط مختلف توزیـع مناسب (شکل ۳۳)، نفوذ زیاد در ابتدای کرت (شـکل ۳۴) و نفوذ کم در اثر کم آبیـاری (شـکل ۳۵) در نیمـرخ خـاک را نشان می‌دهند.



شکل۳۳- نمایی از توزیع مناسب رطوبت عمق توسعه ریشه گیاه در روش آبیاری کرتی



شکل ۳۴- نمایی از مدیریت نامناسب آبیاری (ورود دبی خیلی کم به کرت) در روش آبیاری کرتی



شکل ۳۵- نمایی از آبیاری کمتر از نیاز گیاه
(برآورد نامناسب عمق آب آبیاری)

٤-۲-۲- آبیاری نواری

آبیاری نواری در اصل ترکیبی از روش‌های آبیاری شیاری و کرتی است. نوارها از نظر طولی بلندتر از روش کرتی و عرض آنها به مراتب از طول آنها کمتر ولی از شیارها عریض‌تر هستند. روش آبیاری نواری در خاک‌های متوسط با سرعت نفوذ متوسط ترجیح داده می‌شود و قابلیت توزیع یکنواخت آب را دارد. در خاک‌های سنگین رسی به دلیل اینکه زمان زیادی برای نفوذ نیاز دارند، مناسب نیست. روش آبیاری نواری تقریباً مشابه آبیاری کرتی است با این تفاوت که در نوارها در جهت طولی دارای شیب و طول نوارها نسبت به عرض آنها به صورت قابل توجه‌ای بیشتر است (شکل۳۶). این روش معمولاً برای زمین‌های بزرگ

مکانیزه بهترین روش است. شیب طولی نوارها از ۰/۲ درصد برای ایجاد یک جریان به سمت انتهای نوار تا حداکثر ۲ درصد با توجه به فرسایش خاک متغیر است(بهترین شیب در دامنه ۰/۲ تا ۰/۶ درصد است). اگر شیب طولی نوارها کم در نظر گرفته شود سرعت حرکت آب در طول نوار کاهش یافته و در نتیجه منجر به عدم توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه می‌گردد. افزایش بیش از حد شیب نیز خطراتی مانند فرسایش و ایجاد رواناب را ایجاد می‌کند. در زمین‌های گندم‌کاری طول نوارها بسته به نوع خاک، مقدار آب در اختیار و شیب زمین از ۶۰ تا ۳۰۰ متر (طول کمتر مربوط به خاک‌های سبک و طول بیشتر مربوط به خاک‌های سنگین است) و عرض نوار از ۱۰ تا ۳۰ متر بسته به عرض ماشین‌های مورد استفاده، جریان ورودی و شیب عرضی متغیر است. به دلیل اینکه در این روش برای تکمیل آبیاری و رسیدن آب به انتهای مزرعه نیاز به جریان ورودی زیاد و احتمال غرقاب شدن خاک نیز وجود دارد (شکل ۳۶)، همانند آبیاری کرتی قابل توصیه برای آبیاری در مرحله ابتدایی رشد گندم نیست.

شکل ۳۶ – نمایی از روش آبیاری نواری

- **ابعاد و شکل نوارها**

نوع خاک، دبی ورودی به نوار، شیب، عمق آب آبیاری، عملیات کشاورزی و اندازه مزرعه در انتخاب ابعاد نوار موثر هستند. به عنوان نمونه طول نوار در خاک شنی بایستی کمتر از خاک رسی باشد. در صورتی‌که در یک خاک شنی طول نوار بلندتر از حد نرمال انتخاب شود، با توجه به اینکه در خاک شنی نفوذ عمقی بخش قابل توجه‌ای از آب را به خود اختصاص می‌دهد، در نتیجه قبل از اینکه آب به انتهای مزرعه برسد، بصورت تلفات نفوذ عمقی خصوصاً در ابتدای نوار از منطقه ریشه گیاه خارج می‌شود. این روند حکایت از توزیع غیر یکنواخت آب در طول نوار دارد. در این شرایط راه حل اینست که اولاً طول نوار را

کاهش و ثانیاً دبی ورودی به نـوار را افـزایش داده تـا آب بـا سرعت بیشتر به انتهای نوار برسد. سـرعت بیـشتر آب، ضـمن کاهش زمان پیشروی باعث می‌شود آب زودتر به انتهای نوار رسیده و همچنین فرصت نفوذ در هر نقطه از نـوار را کـاهش داده در نتیجه از میزان نفوذ نیز می‌کاهد. از طرف دیگر اگـر در خاک رسی طول نوار کمتر از حد نرمال انتخاب شود، بـه دلیل نفوذ کمتر آب، باعث می‌شود که آب زودتر بـه انتهـای نوار برسد و چون فرصت لازم در هر نقطه برای نفوذ مناسـب پیدا ننموده است باید زمان آبیاری را طولانی‌تر در نظر گرفته تا به عمق مورد نیاز گیاه برسد. طبیعی اسـت در ایـن شـرایط بخش قابل توجه‌ای از آب بصورت رواناب از انتهای مزرعـه تلف می‌شود و اگر انتهای نوار بسته باشـد در انتهـای مزرعـه آب ماندگی بوجود می‌آید (شـکل ۳۷). در ایـن شـرایط راه حل اینست که تا جاییکه امکان دارد طول نـوار را افـزایش و از میزان دبی ورودی کاسته شود تا آب با سرعت کمتری بـه انتهای نوار حرکت کنـد. سـرعت کمتـر آب ضـمن افـزایش زمان پیشروی باعث می‌شود تا آب در زمان طـولانی‌تـری بـه انتهای نوار برسد و همچنین فرصت نفوذ در هر نقطـه از نـوار را افزایش داده که منجر بـه نفـوذ بیـشتر آب مـی‌گـردد و در نتیجه از میزان رواناب انتهایی می‌کاهد.

شکل ۳۷- نمایی از آبیاری نواری با انتهای بسته

بطور کلی توزیع مناسب آب در روش آبیاری سطحی از اهداف مهم مدیریت آبیاری در این روش است. در آبیاری نواری نیز عوامل مختلفی مانند تسطیح نامناسب زمین، اندازه نامناسب دبی ورودی و قطع نابهنگام جریان ورودی در توزیع نامناسب آب در طول نوار دخالت دارند. در صورتیکه زمین تسطیح مناسبی صورت نگیرد، شیب عرضی مانع حرکت آب به سمت پایین‌دست شده و انتشار آب بخوبی صورت نمی‌گیرد. انتخاب دبی ورودی کم برای نوار باعث می‌شود سرعت پیشروی آب به کندی صورت گیرد و بخش قابل توجه‌ای از آب در ابتدای نوار خصوصاً در خاک‌های شنی باعث تلفات نفوذ عمقی می‌شود. اگر مقدار جریان آب

ورودی خیلی زیاد انتخاب شود، آب قبل از نفوذ کافی در نیمرخ خاک بسرعت به انتهای نوار می‌رسد. در این شرایط ضمن امکان فرسایش خاک، لازم است جریان آب فرصت کافی برای نفوذ تا عمق ریشه گیاه داشته باشد، در نتیجه در این فرصت بخش زیادی از آب وارد شده به نوار بصورت رواناب تلف می‌گردد. جدول ۶ ماکزیمم ابعاد نوار را بصورت تابعی از عوامل اشاره شده تنها به عنوان یک راهنمای کلی برای اراضی در مقیاس کوچک مزرعه‌ای ارایه می‌کند. برای اراضی بزرگتر که امکان کشت مکانیزه در سطح وسیع وجود دارد، مقادیر ابعاد نوارها می‌توانند بزرگتر در نظر گرفته شوند.

جدول ۶- حداکثر ابعاد پیشنهادی نوارها در روش آبیاری نواری بصورت تابعی از نوع خاک، شیب و دبی ورودی در اراضی کوچک

نوع خاک	شیب نوار (٪)	دبی واحد در عرض نوار (l/s)	عرض نوار (m)	طول نوار (m)
شنی	۰/۲-۰/۴	۱۰-۱۵	۱۲-۳۰	۶۰-۹۰
نفوذ بیشتر از	۰/۴-۰/۶	۸-۱۰	۹-۱۲	۶۰-۹۰
mm/h ۲۵	۰/۶-۱/۰	۵-۸	۶-۹	۷۵
لومی	۰/۲-۰/۴	۵-۷	۱۲-۳۰	۹۰-۲۵۰
نفوذ بین ۱۰	۰/۴-۰/۶	۴-۶	۶-۱۲	۹۰-۱۸۰
تا mm/h ۲۵	۰/۶-۱/۰	۲-۴	۶	۹۰
رسی	۰/۲-۰/۴	۳-۴	۱۲-۳۰	۱۸۰-۳۰۰
نفوذ کمتر از	۰/۴-۰/۶	۲-۳	۶-۱۲	۹۰-۱۸۰
mm/h ۱۰	۰/۶-۱/۰	۱-۲	۶	۹۰

- ارتقاء راندمان آبیاری در روش آبیاری نـواری با کاهش میزان رواناب

در روش آبیاری نواری برای ارتقاء راندمان آبیـاری و یـا استفاده بهینه از آب معمولاً تمهیدات زیر بکار می‌رود:

- بستن انتهای نوار
- استفاده مجدد از رواناب انتهایی

- قطع جریان آب قبل از به انتها رسیدن آن
- کاهش میزان دبی ورودی پس از تکمیل مرحله پیشروی آب

در بستن انتهای نوار باید دقت نمود در انتهای مزرعه از آب ماندگی که منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود، با انتخاب شیب، دبی ورودی و طول مناسب جلوگیری نمود. در صورتی که انتهای نوار بصورت بسته اجرا نشود و اجازه خروج رواناب از انتهای مزرعه داده شود در این صورت استفاده مجدد از رواناب یکی از روش‌های موثر در افزایش بهره‌وری آب و راندمان آبیاری است. از رواناب انتهایی می‌توان بصورت مستقیم و با در نظر گرفتن ملاحظات کیفی آن برای مزارع پایین دست استفاده نمود. همچنین می‌توان در انتهای مزرعه سیستم ذخیره آب احداث نموده و با جمع‌آوری آب‌های اضافی بوسیله یک پمپ دوباره به ابتدای مزرعه منتقل و برای آبیاری از آن استفاده نمود. در قطع جریان ورودی قبل از اینکه آب مرحله پیشروی را کامل کند، ممکن است در صورت قطع زود هنگام آب، عمق توسعه گیاه به اندازه کافی آب دریافت ننماید. بر عکس اگر قطع آب دیر هنگام صورت گیرد نیز منجر به رواناب و اتلاف بیش از حد آب گردد (شکل۳۸).

به عنوان یک راهنمای کلی می‌توان بر حسب نوع خاک جریان ورودی را به شرح زیر قطع نمود (لازم به توضیح

است که تعیین بهترین زمان قطع بهتر است براساس آزمایشات مزرعه‌ای تعیین گردد):

- در خاک‌های رسی زمانی که آب آبیاری حدود ۶۰ درصد از طول نوار را پیموده باشد، می‌توان جریان ورودی را قطع نمود.
- در خاک‌های لومی زمانی که آب ۷۰ تا ۸۰ درصد طول نوار را طی کرده باشد، می‌توان اقدام به قطع جریان ورودی نمود.
- در خاک‌های شنی پس از تکمیل مرحله پیشروی (پس از به انتها رسیدن) می‌توان جریان ورودی را قطع نمود.

شکل ۳۸- نمایی از وضعیت نامطلوب آبیاری و آب ماندگی در انتهای مزرعه

٤-۲-۳- آبیاری شیاری

آبیاری شیاری رایج‌ترین شیوه برای آبیاری محصولات زراعی ردیفی است. جویچه‌ها معمولاً به شکل V هستند، عرض آنها بین ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متر و عمق‌شان بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. ولی این ارقام با توجه به مقدار جریان، نوع خاک و نوع محصولات متغیر است. هر چه قدر مقدار جریان زیاد باشد عرض جویچه نیز بایستی افزایش یابد (علیزاده، ۱۳۸۸).

شیب و خاک مناسب

وجه مشخصه آبیاری شیاری نسبت به دیگر روش‌های آبیاری سطحی انتقال آب به سمت انتهای مزرعه توسط نهرهای کوچک و موازی صورت گرفته و گیاهان معمولاً روی پشته‌ها کاشته می‌شوند (شکل۳۹). آبیاری شیاری به سادگی برای مزارع گندم‌کاری که بصورت متراکم کشت می‌شوند قابل استفاده است. در روش آبیاری شیاری تمام سطح مزرعه خیس نمی‌شود آب در بین شیارها حرکت می‌کند و بر اساس خواص کاپیلاری به سمت پشته‌ها و ریشه‌ی گیاه منتقل می‌شود. بنابراین از آب به نحو مطلوب‌تری نسبت به دو روش قبلی استفاده می‌شود و با آب صرفه‌جویی شده می‌توان زمین‌های بیشتری را به زیر کشت برد.

شکل ۳۹- نمایی از یک روش آبیاری شیاری با استفاده از سیفون

از نظر شیب طولی، بطور کلی در روش آبیاری شیاری شیب‌های ملایم و یکنواخت ترجیح داده می‌شود. مناسب‌ترین شیب در روش آبیاری شیاری از ۰/۱ تا ۰/۶ درصد است. در خاک‌های شنی شیب می‌تواند بیشتر باشد، به دلیل اینکه در این نوع خاک‌ها لازم است تا فرصت نفوذ آب کمتر گردد و زود به انتها برسد و در خاک‌های رسی چون نفوذ عمقی کمتر است، بهتر است شیب کمتر در نظر گرفته شود. در این شرایط آب فرصت زمان بیشتری برای نفوذ در خاک داشته و دیرتر به انتهای شیار رسیده و در نتیجه از حجم رواناب کاسته می‌شود. بطور طبیعی در این شیوه آبیاری داشتن شیب یکنواخت در مزرعه ضروری

است. در مناطقی که امکان بالا آمدن سفره آب زیرزمینی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری (خصوصاً در خاک‌های سنگین) از سطح خاک وجود دارد، نیاز است با زهکشی نسبت به پایین آوردن سطح آب تا حدود ۱۰۰ سانتی‌متری اقدام شود. از نظر نوع خاک آبیاری شیاری در اکثر خاک‌ها قابلیت کاربرد دارد. البته همانطور که توضیح داده شد در همه روش‌های آبیاری سطحی اصولاً خاک‌های بسیار سبک به دلیل نفوذ عمقی زیاد قابل توصیه نیستند. آبیاری نشتی در خاک‌های سنگین که پتانسیل سله بستن در آنها زیاد است، بر خلاف روش‌های دیگر (کرتی و نواری) مناسب است. چون در این روش آب با پشته‌ها بطور مستقیم در تماس نیست. در اکثر مزارع گندم‌کاری در آبیاری‌های اول فصل در صورت آبیاری کرتی و یا نواری خاک سله بسته و نیاز به آبیاری‌های مکرر دارد، در صورتی که ممکن است به دلیل کمبود آب، کشاورزان تمایل به طویل کردن فواصل آبیاری داشته باشند. ولی در روش آبیاری شیاری هم امکان نفوذ مناسب آب در خاک در ابتدای فصل وجود دارد (برای روش‌های آبیاری تحت فشار این امکان وجود ندارد) و هم مشکل سله بستن را ندارد (کیانی، ۱۳۹۰).

عوامل موثر در انتخاب ابعاد و شکل شیارها

در آبیاری شیاری انتخاب مناسب طول، شکل و فاصله بین شیارها در بهبود راندمان آبیاری نقش موثری دارند. بطور کلی انتخاب مناسب آنها بستگی به عوامل طبیعی مانند، شیب، نوع خاک و میزان دبی ورودی به شیار دارد. علاوه بر آنها عواملی دیگر مانند عمق آب آبیاری، عملیات کشاورزی و طول مزرعه نیز تاثیرگذار هستند. طول شیار بستگی به بافت خاک، شیب مزرعه و مقدار جریان ورودی به شیار از ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر متغیر است. در خاک‌های شنی آب در خاک خیلی سریع نفوذ می‌کند بطوریکه عمده نفوذ در خاک شنی عمودی است و نفوذ جانبی آن اندک است. به همین دلیل در خاک‌های شنی باید طول شیارها را کوتاه‌تر (۱۰۰ متر یا کمتر) در نظر گرفت. در این شرایط آب زودتر مرحله پیشروی را کامل نموده و فرصت برای تلفات نفوذ عمقی در ابتدای شیار کاهش می‌یابد. اگر در خاک‌های شنی طول شیار بیش از حد نرمال انتخاب شود، قبل از اینکه آب به انتهای شیار برسد، بخش قابل توجه‌ای از آب در ابتدای شیار بصورت تلفات نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج می‌گردد، در حالی‌که بخشی از مزرعه هنوز آبی دریافت نکرده است. در خاک‌های رسی مقدار نفوذ آب به

درون خاک به کندی صورت می‌گیرد، در نتیجه باید طول شیار بلندتر در نظر گرفت تا آب فرصت زمانی لازم برای نفوذ را پیدا نماید. اگر در خاک‌های رسی طول شیار کوتاهتر از حد نرمال انتخاب شود، آب مرحله پیشروی را زود تکمیل نموده و قبل از اینکه آب به اندازه نیاز در خاک نفوذ نماید به انتهای شیار می‌رسد. در این شرایط برای تکمیل آبیاری باید آب همچنان جاری باشد تا در عمق مورد نظر نفوذ نماید. طبیعی است که بخش قابل توجه‌ای از آب در این فرصت زمانی از انتهای مزرعه بصورت رواناب از دسترس خارج می‌گردد.

در آبیاری شیاری بهتر است که جویچه‌ها شیب یکنواختی داشته باشند. حداکثر شیب جویچه به خطر فرسایش خاک بستگی دارد. خطر فرسایش در جویچه‌ها به مراتب بحرانی‌تر از نوارهاست زیرا در مورد جویچه آب در درون یک کانال باریک محدود می‌شود و به سادگی می‌تواند باعث فرسایش خاک شود. در محدودهٔ شیب‌های مجاز (از ۰/۱ تا ۰/۶ درصد) طول شیار با افزایش شیب می‌تواند افزایش یابد. اما بعد از آن بدلیل خطر فرسایش‌پذیری خاک، ضروری است طول شیار با افزایش شیب کاهش یابد. در آبیاری شیاری حداقل شیب برای

جاری شدن آب در داخل شیار مورد نیاز است. حداقل شیب نباید از ۰/۱ درصد کمتر باشد. این مقدار شیب می‌تواند از آب‌ماندگی مزرعه در اثر بارش شدید یا آبیاری جلوگیری نماید. در صورتیکه شیب از ۰/۶ درصد بیشتر باشد، برای کاهش آثار خسارت ناشی جریان تند آب و جلوگیری از فرسایش خاک، شیارها را با شیب غالب زمین زاویه‌دار و گاهی اوقات برای حفظ شیب مجاز، شیارها را در جهت خطوط تراز زمین درست می‌کنند. در این شرایط شیب ۲ تا ۳ درصد هم قابل توصیه است و بیشتر از آن موجب فرسایش شدید خاک می‌گردد. برای ایجاد شیارهای مناسب می‌توان از ادواتی که قادر است همزمان با کاشت یا بعد از کاشت در مزرعه استفاده کرد (شکل ۴۰).

شکل ۴۰- ایجاد جوی و پشته در مزارع با استفاده از عملیات کشاورزی

میزان دبی ورودی به شیار یکی دیگر از فاکتورهای بسیار مهم و مؤثر در انتخاب طول شیار است. میزان دبی ورودی به شیار بسته به نوع خاک، شیب شیار از ۰/۵ لیتر در ثانیه تا ۲ لیتر در ثانیه متغیر است. دبی‌های کم برای خاک سنگین‌تر و شیب بیشتر و دبی‌های بالاتر برای خاک‌های سبک‌تر و شیب کمتر مناسب‌تر هستند. با افزایش مقدار دبی ورودی به شیار انتخاب بلندتر طول شیار مجاز است. با افزایش مقدار دبی وردی به شیار سرعت پیشروی آب نیز سریعتر شده و آب زودتر به انتها رسیده و بنابراین در این حالت باید طول شیار را بلندتر در نظر گرفت تا حجم رواناب کاهش یابد. برای شیارها تا جاییکه امکان فرسایش ندارد می‌توان دبی را افزایش داده و تعیین این دبی بطور کلی تابع شیب زمین است.

همانطور که در ابتدای این بحث بیان شد، عوامل دیگری نظیر عمق آب آبیاری، عملیات کشاورزی و شکل مزرعه نیز در انتخاب طول شیار موثر هستند. با افزایش عمق آب آبیاری می‌توان طول شیار را نیز بزرگتر در نظر گرفت. هر قدر عمق مورد نیاز آب آبیاری بیشتر باشد، بدین مفهوم است که آب فرصت زمانی بیشتری برای جاری شدن و نفوذ دارد، در نتیجه امکان افزایش طول شیار وجود دارد. در

کشت مکانیزه بایستی برای تسهیل در تردد و همچنین ارتقاء بهره‌وری ادوات کشاورزی طول شیار را بزرگتر در نظر گرفت. شکل و طول طبیعی زمین در بسیاری از موارد تعیین کننده طول شیار است. به عبارت دیگر در همه مواقع امکان پیاده کردن طول ایده‌آل شیار بر مبنای طراحی وجود نداشته و طول شیار همان طول مزرعه در نظر گرفته می‌شود. بطور مثال اگر طول زمین ۱۳۰ متر باشد و طول ایده‌آل شیارها برابر ۱۱۰ متر تعیین شده باشد، نباید ۲۰ متر را از مزرعه جدا نمود بلکه باید همان ۱۳۰ متر را طول شیار در نظر گرفت. در این حالت برای رسیدن به حالت ایده‌آل می‌توان بعضی از پارامترهای متغیر دیگر را (مانند دبی ورودی به شیار) را تغییر داد. جدول ۷ به عنوان یک راهنمای کلی حداکثر طول شیار را در اراضی با مقیاس کوچک و نیمه مکانیزه (در اکثر نقاط کشور) بصورت تابعی از شیب، خاک، دبی وردی و عمق خالص آبیاری ارائه می‌کند.

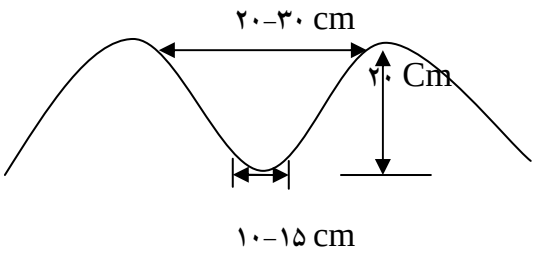
جدول ۷- حداکثر طول شیار (m) بصورت تابعی از شیب، نوع خاک، دبی ورودی و عمق خالص آبیاری در مقیاس کوچک

شیب شیار (٪)	حداکثر دبی شیار (L/s)	بافت خاک					
		رسی		لومی		شنی	
		عمق خالص آبیاری (mm)					
		۵۰	۷۵	۵۰	۷۵	۵۰	۷۵
۰/۰	۳	۱۰۰	۱۵۰	۶۰	۹۰	۳۰	۴۵
۰/۱	۳	۱۲۰	۱۷۰	۹۰	۱۲۵	۴۵	۶۰
۰/۲	۲/۵	۱۳۰	۱۸۰	۱۱۰	۱۵۰	۶۰	۹۵
۰/۳	۲/۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۳۰	۱۷۰	۷۵	۱۱۰
۰/۵	۱/۲	۱۵۰	۲۰۰	۱۳۰	۱۷۰	۷۵	۱۱۰

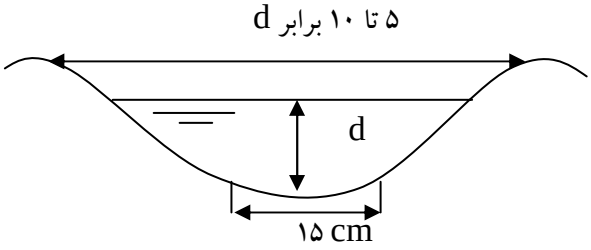
توجه: *این مقادیر تنها به عنوان یک راهنما در مزارع کوچک مقیاس مورد استفاده است. مقادیر واقعی طول شیار باید از ارزیابی مزرعه‌ای بدست آید.*

انتخاب مناسب شکل شیار نیز در آبیاری شیاری اهمیت دارد، معمولاً دامنه‌ی تغییرات در عمق شیار از ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و در عرض شیار از ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر بسته به نوع خاک و دبی ورودی به شیار متغیر است. در خاک‌های شنی حرکت آب عمدتاً عمودی است و حرکت به سمت جوانب دراین نوع خاک‌ها کم است. در نتیجه برای اینکه آب به

راحتی به گیاهان کشت شده روی پشته ها برسد، عرض شیار را کمتر از خاک‌های رسی در نظر می گیرند. در این نوع خاک‌ها برای افزایش سرعت آب و کاهش سطح تماس آب با بدنه‌ی شیار به منظور کاهش نفوذ عمقی، لازم است شکل شیار با عرض کمتر و عمق بیشتر انتخاب شوند (شکل ۴۱). در خاک‌های رسی آب به هر دو جهت (عمودی و افقی) حرکت می کند، بطوریکه حرکت عمودی آب در این خاک‌ها کمتر از خاک‌های شنی و حرکت افقی آب بیشتر از خاک شنی است. در این نوع خاک‌ها برای کاهش سرعت آب و افزایش سطح تماس آب با بدنه‌ی شیار به منظور افزایش نفوذ عمقی، بهتر است شکل شیار عریض‌تر و عمق آنها کمتر انتخاب شوند (شکل ۴۲).



شکل۴۱- نمایی از شکل شیار در یک خاک شنی (عمیق و باریک)



شکل۴۲- نمایی از شکل شیار در یک خاک رسی در آبیاری شیاری (عریض و کم عمق، d عمق آب داخل شیار است)

همچنین شکل شیار تابع مقدار دبی ورودی به شیار است. هر چه میزان دبی ورودی به شیار بزرگتر باشد، می‌توان شکل شیار را نیز بزرگتر در نظر گرفت. علاوه بر شکل شیار فاصله بین شیارها در آبیاری شیاری بسیار با اهمیت است. فاصله شیار عمدتاً تحت تاثیر نوع خاک و عملیات کشاورزی قرار دارد. بطور کلی در خاک‌های شنی باید فواصل شیارهای را نسبت به خاک‌های رسی کمتر در نظر گرفت. همانطور که توضیح داده شد، نفوذ آب در خاک‌های شنی عمدتاً عمودی است و نفوذ جانبی آب در این نوع خاک‌ها کم و منطقه مرطوب شیارهای مجاور، نسبت به هم همپوشانی ندارد. بنابراین اگر فاصله شیارها بیش از اندازه انتخاب شود، نفوذ عمقی آب و عدم نفوذ جانبی آن باعث می‌شود، گیاهان روی پشته‌های مجاور آب به اندازه کافی آب دریافت ننموده و بشدت عملکرد گیاه را

تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای خاک متوسط برای گندم فاصله شیار برابر با ۶۰ سانتی‌متر مناسب است. برای کاربرد این روش ضروری است تا به همراه کاشت یا پس از کاشت گیاه با شیار باز کن به فواصل ۶۰ سانتی‌متر در جهت شیب غالب مزرعه شیارهای آبیاری ایجاد شود (شکل۴۳).

شکل ۴۳- نمایی از آبیاری شیاری گندم (فاصله‌ی شیار ۶۰ سانتی‌متر و در هر پشته سه ردیف گندم قرار دارد)

در خاک‌های شنی، برای دستیابی به یک الگوی خیس‌شدگی بطوریکه عمق توسعه گیاه بصورت پیوسته مرطوب شود، لازم است فواصل شیارها مناسب (نزدیک به هم) و دبی وردی به شیار هر چه سریع‌تر زمان پیشروی را تکمیل و به انتهای شیار برسد. در خاک‌های رسی به دلیل اینکه آب در هر دو جهت عمودی و افقی منتشر می‌شود، می‌توان فاصله بین شیارها را بیشتر در نظر گرفت. در این شرایط آب با استفاده از صعود شعریه (حرکت رو به بالای آب در لوله‌های موئی خاک) به سمت پشته‌ها هم منتشر می‌گردد، امکان کاشت گیاهان دو ردیفه روی پشته‌ها بسادگی وجود دارد.

عوامل موثر در الگوی توزیع رطوبت

عواملی چون شرایط طبیعی نامساعد، انتخاب نامناسب شکل و فواصل شیار و همچنین مدیریت ضعیف منجر به توزیع نامناسب رطوبت در نیمرخ خاک می‌گردد. تغییرات دبی ورودی به شیارهای مختلف نیز ممکن است باعث عدم یکنواختی توزیع آب در یک مزرعه با آبیاری شیاری شود. شرایط طبیعی نامناسب مانند لایه‌های فشرده خاک و نوع خاک دارای اثرات مشابهی با دیگر روش‌های آبیاری سطحی دارند. شیب ناهموار، عامل غیر یکنواختی توزیع رطوبت است. جریان آب در شیب‌های تند، سریع و در

شیب‌های کند، آهسته به سمت انتهای شیار حرکت می‌کند. این روند نشان می‌دهد که در طول شیار آب فرصت زمانی مختلفی با خاک در تماس است و در نتیجه مقدار نفوذ در نقاط مختلف نیز غیریکنواخت خواهد بود. از نظر مدیریت نیز عواملی نظیر انتخاب مناسب دبی ورودی و برنامه قطع آبیاری اهمیت زیادی در توزیع آب در نیمرخ خاک دارد. بسته به نوع خاک، شیب زمین و عمق مختلف آب آبیاری، دبی‌های مناسب از جدول ۷ قابل استخراج است. در دبی‌های خیلی بالا، آب توانایی مرطوب ساختن منطقه اطراف ریشه گیاه در قسمت پشته‌ها را ندارد. ضمن اینکه دبی خیلی کم سرعت پیشروی کمی داشته و در نتیجه مقادیر زیادی از آب بصورت تلفات نفوذ عمقی قبل از اینکه آب به انتها برسد تلف شده و این حکایت از توزیع غیریکنواخت آب در طول شیار دارد. همچنین اگر دبی وردی خیلی زیاد وارد شیار گردد، خصوصاً در شیارهای با شیب کم، آب زیادی در اطراف پشته‌ها جمع گشته و در شیب‌های تند نیز دبی زیاد باعث فرسایش خاک می‌گردد. یکی دیگر از مدیریت‌های اشتباه در روش آبیاری شیاری، قطع زود هنگام جریان ورودی است. این نوع مدیریت معمولاً برای مواقع کم‌آبی برای کاهش میزان رواناب ممکن است با اعمال شیوه‌های درست مفید باشد، اما موجب توزیع غیر یکنواخت

آب شده و گیاهان خصوصاً در مناطق انتهای شیار مواجه با تنش آبی می‌گردند. یکی از راه حل‌های موثر در افزایش بهره‌وری آب در آبیاری جویچه‌ای و جلوگیری از تلفات رواناب برگشت آب حاصل از رواناب به بالادست مزرعه و تامین آب از این طریق می‌باشد(شکل ۴۴).

شکل ۴۴- نمایی از جمع شدن آب در انتهای مزرعه (بالا) و جمع آوری آنها در یک حوضچه برای استفاده در مزارع دیگر

روش‌های کاشت بذر در آبیاری شیاری

محل کاشت بذر در روش آبیاری شیاری بسته به شرایط مختلف، متفاوت است. در مناطقی که باران مناسبی می‌بارد، بذور باید در بالای پشته‌ها کاشته شوند تا از آب ماندگی آنها جلوگیری شوند. در مناطق کم‌آب به منظور استفاده از مقادیر کم آب یا از بارندگی‌های اندک، بهتر است بذور در کف شیارها کاشته شوند. در روش آبیاری شیاری با استفاده از سیفون (شکل ۴۵) یا اسپایل (شکل ۴۶) مدیریت آبیاری را در شرایط متفاوت می‌توان ارتقاء بخشید.

شکل ۴۵ – نمایی از مزرعه تحت آبیاری نشتی با استفاده از سیفون

در این روش‌ها نهرهای آبیاری تغذیه کننـده شـیارها شـکافته نمی‌شوند، کنتـرل میـزان آب ورودی بـا دقـت خـوبی انجـام می‌شود و در شرایط کم آبیاری می‌توان دبی ورودی به شیار در زمان‌های دلخواه کم یا قطع نمود. مثلاً در آبیاری شـیاری با سیفون می‌توان در ابتدا بـا چنـد سـیفون یـا اسـپایل از یـک شیار شروع و پـر از رسـیدن آب بـه انتهـای شـیار تعـدادی از سیفون‌ها یا اسپایل‌ها را قطع نمود.

شکل ۴۶ – نمایی از مزرعه تحت آبیاری نشتی با استفاده از اسپایل

٤-۳- آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (لوله‌های کم‌فشار یا هیدروفلوم)

لوله‌های دریچه‌دار یا هیدروفلوم وسیله‌ای ساده برای مدیریت مناسب آبیاری و استفاده بهینه از منابع آبی است. این روش در مقایسه با روش‌های پرهزینه‌ی آبیاری تحت فشار به انرژی کمی نیاز دارد و بسادگی در مزراع گندم‌کاری قابل استفاده است (شکل ۴۷).

شکل ۴۷- نمایی از آبیاری با روش لوله دریچه‌دار (بالا) و بدنه اصلی لوله (پایین)

عـلاوه بـر کـاهش هزینـه انـرژی در روش آبیـاری بـا لوله‌های دریچـه‌دار در مقایـسه بـا روش‌هـای آبیـاری تحـت فشار، صرفه‌جویی قابل توجه در منـابع آبـی، کـاهش هزینـه-های کارگری و راهبری ساده آن نسبت به روش‌های سطحی از مزایای مهم آن می‌باشد.

در روش‌های سنتی آبیاری، کشاورزان آب را از مـسافت طولانی در مسیر کانال‌های خـاکی بـه ابتـدای مزرعـه منتقـل نموده و سپس با احداث کانال خـاکی (کانـال بالاسـری) در عرض مزرعه آب را به آن هدایت و سپس با شـکافتن کانـال در نقـاط مختلـف بـه قـسمت مـصرف یعنـی داخـل مزرعـه می‌رسانند (شکل۴۸).

از آنجایی که لوله‌های دریچه‌دار آب را بدون هیچ گونـه هدر رفتی از منبع تامین آب (استخر ذخیـره آب، سـد، چـاه) منتقل می‌کند در نتیجه باعث افزایش بهـره‌وری آب و صـرفه جویی در آب می‌شود که ایـن مـسئله مخـصوصاً در منـاطقی که محدودیت آب مواجه هستند از اهمیت زیادی برخـوردار است. لوله‌های دریچه‌دار از جنس پلی اتیلن نـرم و نـسبت بـه اشعه‌ی ماوراء بنفش و ترکیبات شیمیایی مقاوم بوده و در اثـر این عوامل تجزیـه نمـی‌شـود. در مـسیر انتقـال و همچنـین در کانال بالاسری بخشی از آب بوسیله‌ی تبخیر و بخـشی دیگـر از طریق نفوذ عمقی هدر می‌رود. لوله‌های دریچه‌دار ایـن دو

تلفات را به صفر می‌رسانند و با توجه به کمبود شدید منابع آبی این مزیت بسیار بارزی است که کاربرد آن را توجیه‌پذیر می‌نماید. راهبری ساده و همچنین هدایت آب به داخل مزرعه بدون شکافتن کانال‌های بالاسری، افزایش مساحت قابل کشت به دلیل حذف کانال‌ها، همراه با کنترل دقیق در میزان آب ورودی به مزرعه (افزایش راندمان آبیاری) شرایط مناسبی را فراهم می‌آورند تا کشاورزان را به استفاده از آن ترغیب نمود (شکل۴۸).

شکل ۴۸- نمایی از مقایسه آبیاری به روش لوله‌ی دریچه‌دار(بالا) و آبیاری سنتی زارعین (پایین)

روش آبیاری شیاری با سیفون یا اسپایل نیز کانال بالاسری را تخریب نمی‌کند (شکل‌های ۴۵ و ۴۶)، ولی معایبی همانند: تبخیر آب از کانال اصلی، تلفات نفوذ عمقی، کاهش سطح زیر کشت و همچنین مشکلات اجرایی را دارد. راهبری مزرعه برای آبیاری با سیفون همانند تنظیم سطح آب در داخل کانال اصلی برای ایجاد یک جریان آب، تنظیم جریان آب در داخل سیفون و هواگیری آن به سادگی قابل انجام نیست.

لوله‌های دریچه دار در بازار بصورت رول روی هم قرار می‌گیرند و انعطاف‌پذیری زیادی در انتقال و باز و بسته کردن آن وجود دارد و بطور متوسط در حدود سه سال عمر مفید دارند. با توجه به اینکه لوله‌ی پلی‌اتیلن پس از پر شدن از آب سنگین و در نتیجه امکان چرخش آن به سمت خاک وجود دارد، بطوریکه محل‌های خروج آب که در روی لوله به فواصل مشخص ایجاد شده‌اند، ممکن است در اثر برخورد با زمین بازده مناسبی نداشته باشند. برای رفع این مشکل، بهتر است در ابتدا بعد از تعیین محل استقرار لوله در عرض و بالاسر مزرعه ، شیار کوچکی ایجاد نموده و لوله در داخل آن مستقر شود. برای نصب دریچه‌ها، ابتدا لوله باید از آب پر گردد و سپس با استفاده از یک سوراخ کن (پانچ) که ضمیمه‌ی وسایل خریداری شده از کارخانه است، در

محل‌های مشخص (بسته به فواصل شیارهای آبیاری) سوراخی ایجاد شده و همزمان دریچه‌ها (شکل ۴۹) در محل سوراخ نصب و آب بندی می‌شوند. بسته به نوع دریچه‌ها (پیچی یا کشویی) بسادگی می‌توان مقدار دبی ورودی به شیار را بوسیله‌ی آن تنظیم نمود. میزان دبی خروجی هر دریچه، بطور متوسط از صفر تا ۵ لیتر در ثانیه قابل کنترل هستند.

شکل ۴۹- نمایی از دریچه‌های پیچی (بالا) و کشویی (پایین) برای تنظیم دبی در لوله‌های دریچه‌دار

٤-٤- جمع‌بندی چگونگی روش آبیاری ثقلی برای گندم

با توجه به مطالب ارایه شده در خصوص روش‌های آبیاری که با نیروی ثقل انجام می‌شود و در نظر گرفتن شرایط منابع آبی و وضعیت کشاورزی سنتی در کشور و مزایایی که در روش آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار وجود دارد، پیشنهاد نهایی در این زمینه برای آبیاری گندم استفاده از لوله‌های دریچه‌دار است و توصیه می‌شود تا این روش بصورت فراگیر مورد استفاده قرار گیرد. بطور کلی روش‌های آبیاری تحت فشار در همه‌ی اراضی قابلیت کاربرد ندارد مثلاً برای اراضی کوچک کمتر از ۳ هکتار اساساً اقتصادی نیست. ولی لوله‌های دریچه‌دار در زمین‌های کوچک هم بسادگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۵۰ نمونه‌ای از بکارگیری روش آبیاری با لوله‌های دریچه‌دار را در یک طرح الگویی مزرعه کشاورز نشان می‌دهد.

شکل ۵۰- نمونه‌ای از بکارگیری لوله‌های دریچه‌دار در یک مزرعه سیب‌زمینی اراضی گرگان

٤-٥- آبیاری بارانی

یکی دیگر از روش‌هایی که برای آبیاری گندم قابل استفاده و تجربیات زیادی در به کارگیری آن توسط کشاورزان و محققین وجود دارد، آبیاری بارانی است. در روش آبیاری بارانی می‌توان مقدار آب کمتر را در فواصل کوتاهتر، با دقت و کنترل بهتر نسبت به روش‌های آبیاری سطحی برای آبیاری گندم بکار برد (شکل۵۱).

شکل ۵۱- نمایی از مزرعه تحقیقاتی گندم تحت آبیاری بارانی در دو مرحله رشد

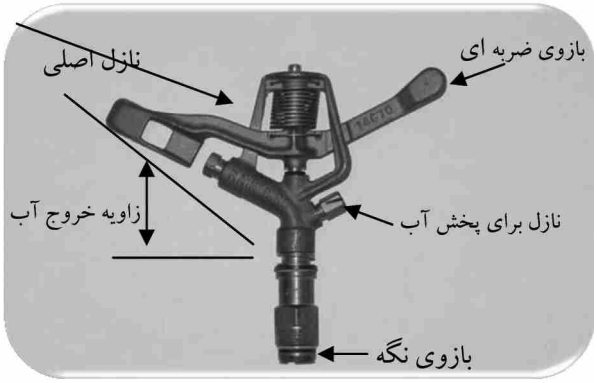
در این روش مقادیر کمِ آب و با فراوانی زیاد بسادگی قابل استفاده بوده ولی توصیه می‌گردد تا جایی‌که امکان پذیر است، در دوران گل‌دهی گندم که حدوداً ۱۰ روز طول می‌کشد برای جلوگیری از کاهش تلقیح، از آبیاری بارانی جلوگیری شود. در شرایط اقلیمی کشور که کمبود منابع آبی از دلایل عمده محدود کننده تولید گندم می‌باشد، این روش به دلایل فراوان (صرفه جویی در مصرف آب، راندمان بالاتر، افزایش سطح زیرکشت، امکان استفاده در زمین‌های شیب دار، شستشوی برگها و امکان افزایش فتوسنتز گیاه) نسبت به روش‌های سطحی در الویت است. در زمین تحت کشت گندم که آبیاری بارانی انجام می‌گیرد نیازی به ایجاد شیار نیست و فاصله ردیف‌ها را می‌توان ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفت. به عبارت دیگر بخشی از مساحت زمین که در روش آبیاری شیاری به احداث شیار اختصاص می‌یابد، در این روش حذف می‌گردد. آبیاری بارانی در هر شیبی که امکان کشت و کار وجود داشته باشد، قابلیت اجرا دارد. در صورت امکان، بهترین حالت استقرار لوله‌های فرعی آبیاری بارانی که روی آنها آب‌پاش‌ها نصب هستند، در جهت شیب غالب زمین است. در این شرایط، فشار روی پمپ کمتر، تغییرات فشار در طول لوله را حداقل و بنابراین توزیع آب یکنواخت‌تر می‌گردد. روش آبیاری بارانی برای

اکثـر خـاک‌هـا مناسـب بـوده، ولـی خـاک‌هـای سـبک بـا نفوذپذیری بالا ترجیح داده می‌شود.

٤-٥-١- اجزای سیستم آبیاری بارانی

بطور کلی یک سیستم آبیـاری بـارانی دارای پـنج بخـش اصلی به شرح زیر است:

۱- آبپاش‌ها، وسیله‌ای است که در آن خروجی‌هایی (نـازل) با قطر بسیار کوچک تعبیه شده است که وظیفه انتقال آب بـه مزرعه را بـر عهـده دارنـد (شـکل۵۲). آبپـاش‌هـا بـه فواصـل مشخص روی لوله فرعی مسقر شده بطوریکـه بخـشی از آب با فشار از آن خـارج شـده تـا آبیـاری مزرعـه را انجـام دهـد. آبپاش‌ها می‌توانند یک، دو و یا سه نازلـه باشـند. یـک دایـره کامل یا قسمتی از دایره را آبیاری نمایند.



شکل ۵۲- نمایی از یک آبپاش ضربه‌ای دو نازله

۲- لوله‌های فرعی، که آب را از لوله اصلی دریافت نموده و در فواصل مشخص بخشی از آب از آن خارج می‌گردد. لوله‌های جانبی آب را برای آبپاش‌ها فراهم می‌کنند که هم روی زمین و هم زیر زمین در مزرعه قابل نصب است.

۳- لوله‌های نگهدارنده آبپاش‌ها، لوله‌های با قطر کوچکتر هستند که آب را از لوله فرعی دریافت و به آبپاش منتقل می‌کنند. رایزرها دارای ارتفاع مختلفی هستند و با استقرار آبپاش‌ها در ارتفاع معین از برخورد مستقیم جت خروج آب با گیاهان جلوگیری می‌کنند.

۴- لوله‌های اصلی و نیمه اصلی، این شبکه لوله‌ها آب را برای لوله فرعی فراهم می‌کنند و بطور همزمان می‌توانند چند لوله فرعی را آبرسانی نمایند.

۵- دستگاه تامین کننده انرژی و فشار (پمپ) برای راه‌اندازی سیستم. پمپ آب را از مخزن دریافت و فشار مورد نیاز سیستم را برای انتقال آن به بخش‌های دیگر فراهم می‌کند.

٤-٥-٢- انواع روش‌های آبیاری بارانی

بطورکلی انواع سیستم آبیاری بارانی به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱- سیستم‌های ساکن، در این سیستم واحدها در یک وضعیت ساکن آبیاری میشوند در این حالت برای آبیاری

یک واحد مشخص، لوله‌های فرعی و در نتیجه آبپاش‌های مستقر روی آنها در حین آبیاری حرکت ندارند و ثابت هستند. یه عبارت ساده‌تر آبپاش‌ها در حین آبیاری در یک محل ثابت هستند. سیستم‌های ساکن خود به دو گروه متحرک دوره‌ای و کاملاً ثابت تقسیم بندی می‌شوند. گروه متحرک دوره‌ای خصوصاً برای مناطقی که فواصل آبیاری حداقل ۷ روزه دارند مفید است. انتقال لوله‌ها ممکن است به صورت دستی (شکل ۵۳) یا بصورت مکانیکی (آبفشان غلطان، شکل ۵۴) باشند. در گروه کاملاً ثابت در فواصل بین آبیاری سیستم جابجا نمی‌شود و در تمام فصل آبیاری در یک مکان ثابت هستند و معمولاً لوله‌های آبیاری در زیرزمین مدفون هستند.

شکل ۵۳- نمایی از یک سیستم آبیاری بارانی ساکن و متحرک دوره‌ای با جابجایی دستی

شکل ۵۴- نمایی از یک سیستم آبیاری بارانی ساکن و متحرک دوره‌ای با جابجایی مکانیکی (آبفشان غلطان)

۲- سیستم‌های متحرک پیوسته، شامل همه روش‌هایی است که آبپاش‌ها در حین آبیاری بطور مداوم در حرکت هستند. به عبارت ساده‌تر آبپاش در حین حرکت آبیاری انجام می‌دهد. در این حالت مساحت تحت آبیاری می‌تواند به صورت دایره یا مستطیل باشد. این روش در مقایسه با روش قبلی به دلیل این که سیستم در حال آبیاری جابه جا می‌شود مساحت بیشتری در زمان مشخص آبیاری می‌کند و از این نظر سودمندتر است. در این روش نیز دو گروه قابل تمایز وجود دارد.

گروهی که در روی لوله فرعی آنها چندین آبپاش بطور همزمان آبیاری را انجام می‌دهند و فشار مورد نیاز آبپاش‌ها کم است (در حد ۳ اتمسفر). آبفشان عقربه‌ای (Center Pivot)، آبفشان خطی (Linear Move) و آبیاری بارانی دقیق با انرژی کم (Low Energy Precision Application, LEPA) جزء این گروه قرار دارند. در روش آبیاری بارانی آبفشان عقربه‌ای لوله اصلی زیرزمینی و یک لوله فرعی که در فواصل مشخص روی چرخ ها مستقر هستند، بوسیله یک موتور بصورت اتوماتیک و دایره‌وار حرکت می‌کند. آبپاشها به فواصل مشخص روی بازوها که همان لوله‌های فرعی سیستم هستند قرار دارند (شکل ۵۵). بطور کلی این روش یک دایره را آبیاری می‌کند و بطور طبیعی در گوشه‌های زمین مستطیلی یا مربعی حدود ۲۰٪ آبیاری صورت نمی‌گیرد. برای حل این مشکل راه حل‌هایی وجود دارد. یکی اینکه در انتهای لوله فرعی تک آبپاش‌هایی با فشار زیاد روی یک بازو (بوم) قرار می‌گیرد تا زمان رسیدن به گوشه‌های مزرعه این آبپاش بکار می‌افتد و قادر است گوشه‌های زمین را آبیاری نماید. در این روش در داخل مزرعه نباید عوارض و موانع وجود داشته باشد و مزرعه هم دارای شیب یکنواخت و برای خاک‌های

سبک مناسب تر است، چون امکان رواناب در خاک‌های سنگین وجود دارد.

شکل ۵۵- نمایی از یک سیستم آبیاری بارانی متحرک پیوسته با حرکت دوار (آبفشان عقربه‌ای)

در روش آبفشان خطی لوله اصلی عموماً زیرزمین و لوله فرعی به صورت بازوها روی چرخ‌های یک تریلر قرار دارند. بطور کلی این روش مناسب اراضی مستطیلی و برای خاکهایی با بافت سبک، نفوذپذیری بالا مناسب‌تر است. در روش آبیاری بارانی با انرژی کم لوله‌های اصلی همان نهر مستقر در کنار مزرعه و یا لوله‌های انعطاف پذیر هستند. لوله

فرعی همانند روش آبفشان عقربه‌ای به طول حدود ۴۰۰ متر ،که در قطعات ۲۵ تا ۷۵ متری روی بدنه فلزی به شکل "A" روی چرخها مستقر هستند و بطور اتوماتیک به صورت خطی در حین آبیاری جا به جا می‌شوند. آبپاشها تقریبا نزدیک سطح زمین و در فاصله ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری قرار دارند. کاربرد آنها برای مزارع مستطیلی شکل، بدون عوارض، دارای پستی و بلندی یکنواخت و خاک‌های شنی و برای اکثر گیاهان قابل استفاده هستند.

گروه دیگر از سیستم‌های آبیاری متحرک پیوسته تنها از یک آبپاش با فشار بالا (حدود ۷ اتمسفر) برای آبپاشی استفاده می‌کنند. از آنجا که در این گروه آبپاش قادر است آب را در حجم زیاد و در زمان مشخصی توزیع کند، بسادگی از یک وضعیت به وضعیت دیگر قابلیت جابجایی داشته (شکل ۵۶) و برای آبیاری تکمیلی مناسب‌تر است. این گروه شامل آبفشان قرقره‌ای (Traveling Gun) و سیستمی که باکابل کشیده میشود (Cable Drawn). لوله اصلی در روش آبفشان قرقره‌ای عمدتاً همان حوضچه‌های ذخیره آب یا محل‌های آبگیر دریچه‌دار داخل نهر مزرعه می‌باشند. لوله فرعی دارای یک لوله قابل انعطاف بوده که در انتهای آن یک آبپاش بزرگ نصب می‌گردد. آبپاش در

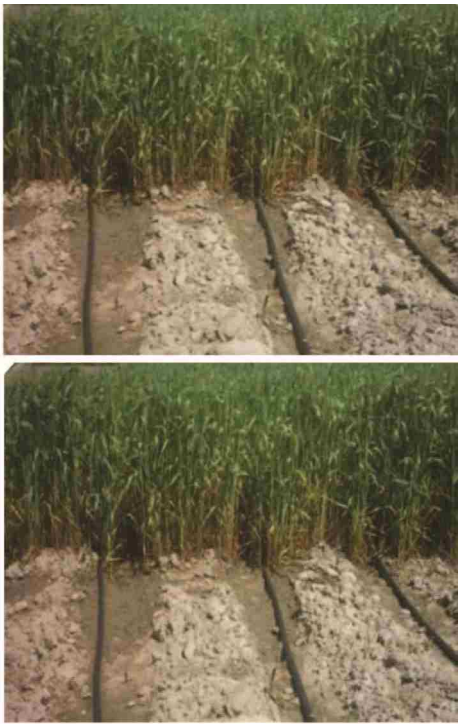
حین آبیاری با سرعت قابل تنظیم و بـه صـورت اتوماتیـک از انتهای مزرعه به سمت ابتـدا مزرعـه حرکـت مـی‌کنـد. بـرای مزارع با شکل مستطیلی و در خاک‌های سبک بـدلیل جلـوگیری از روناب مناسب‌تر اسـت و تقریبـا بـرای همـه گیاهـان خـصوصا زمانیکه آبیاری تکمیلی مد نظر باشد مناسب است.

شکل ۵۶- نمایی از یک سیستم آبیاری بارانی متحرک پیوسته با یک آبپاش (آبفشان قرقره‌ای)

٤-٦- آبیاری قطره‌ای

آبیاری قطره ای یکی از روش‌های پیشرفته آبیاری تحت فشار می‌باشد که در آن آب بوسیله‌ی فشاری که توسط پمپ و یا اختلاف ارتفاع به وجود می‌آید وارد مجموعه‌ای از سیستم لوله کشی شده و توسط قطره چکانها به صورت قطره با دبی کم (۲ تا ۱۶ لیتر در ساعت) وارد مزرعه شده و با مصرف حداقل آب، نیاز آبی گیاه را تامین می‌کند. بنابراین بر خلاف دیگر روش‌های آبیاری (بارانی و سطحی) که تمام سطح مزرعه مرطوب می‌شود، در این روش تنها بخشی از مزرعه مرطوب می‌شود (شکل ۵۷). شاخصه مهم دیگر آبیاری قطره‌ای استمرار آبیاری با توجه به نیاز گیاه است. در دیگر روش‌های آبیاری استمرار وجود ندارد و به همین دلیل در هر زمان که گیاه آب نیاز دارد در اختیار قرار نمی‌گیرد، بلکه بر مبنای دور آبیاری برنامه‌ریزی می‌شود. آبیاری قطره‌ای در انواع شیب‌ها و زمین‌های ناهموار به سادگی قابل استفاده است. در شیب‌های تند معمولاً گیاهان در جهت خطوط تراز کاشته شده و لوله‌های تقسیم آب شامل قطره‌چکان‌ها نیز در همین جهت نصب می‌گردند تا تغییرات فشار در قطره‌چکان‌ها به حداقل برسد. نوع خاک اگرچه محدودیتی در کاربرد روش آبیاری قطره‌ای بوجود

نمی‌آورد و قابلیت کاربرد در دامنه وسیعی از خاک‌ها دارد، ولی بهترین نوع خاک در روش آبیاری قطره‌ای خاک متوسط است. در خاک‌های سنگین برای جلوگیری از ماندابی شدن و رواناب، آبیاری با دبی کمتر استفاده می‌شود و در خاک‌های سبک از قطره‌چکان‌ها با دبی بیشتر استفاده می‌شود تا مساحت مورد نیاز مرطوب گردد.



شکل ۵۷- نمایی از روش آبیاری گندم با استفاده از آبیاری قطره‌ای

یکی از مشکلات اصلی در آبیاری قطره‌ای بسته شدن روزنه‌ها و گرفتگی قطره‌چکان‌ها است. همه قطره‌چکان‌ها دارای مسیر عبور آب بسیار ریز ۰/۲ تا ۲ میلی‌متر هستند. بنابراین در صورتی‌که آب دارای ناخالصی (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) باشد بطور یقین در عبور از این روزنه‌های بسیار ریز موجب انسداد قطره‌چکان‌ها می‌شوند. بنابراین استفاده از آب مناسب همراه با فیلتراسیون سیستم از شرایط لازم برای اجرای مطلوب روش آبیاری قطره‌ای است. برای انواع گیاهان قابل استفاده است ولی به دلیل هزینه اولیه بالا، گیاهان ردیفی زراعی که دارای ارزش اقتصادی بالا (سیب‌زمینی، پنبه، سویا، هندوانه ...) هستند، ترجیح داده می‌شوند. این روش آبیاری خصوصاً در مناطقی که تیخیر زیاد و یا دارای منابع آب شور برای آبیاری گندم هستند، بسیار مناسب‌تر از روش آبیاری بارانی است.

فصل پنجم – بهره‌وری آب و کاشت گندم در شرایط کم‌آبی

۵-۱- تعاریف واژه‌های کلیدی

در مقایسه سیستم‌های آبیاری با یکدیگر و ارزیابی‌های مربوط به تاثیر مقدار آبیاری بر افزایش محصول غالباً ازواژه‌هایی مانند راندمان آبیاری، کارائی مصرف آب، بهره‌وری آب و یا امثال آن استفاده می‌شود که در این قسمت به تعریف هر کدام از این واژه‌ها پرداخته می‌شود. زراعت و یا به طور کلی هرگیاه را می‌توان به یک رآکتور تشبیه کرد که انرژی خورشیدی را دریافت وآن را به ماده یا محصول تبدیل می‌کند. دراین فرایند مقداری آب مصرف

می‌شود که بخش زیادی ازآن از ریشه وارد شده و پس از انجام وظایف خود که ازجمله خنک کردن این رآکتور می‌باشد از برگ‌ها خارج می‌شود. بخشی از آب نیز که نسبت به کل آب مصرفی بسیار اندک است، در داخل اندام‌های گیاهی و از جمله محصول تولیدی باقی می‌ماند. آنچه از دیدگاه یک متخصص آبیاری مطرح می باشد این است که در سیستم آبیاری که ورودی آن آب و خروجی آن محصول است چگونه درجه موثر بودن آب را ارزیابی کند. راندمان یاکارائی زمانی معنی پیدا می‌کند که نوع ورودی به یک سیستم و خروجی از آن از یک جنس باشند. در واقع در راندمان مساله جابجایی یا انتقال یک ماده و لذا تلفات آن طی انتقال مطرح است، مانند آنکه آب ورودی به یک کانال را در ابتدا وانتها اندازه‌گیری کنیم و در نهایت با تقسیم مقدار آب خروجی از کانال بر مقدار آب ورودی به کانال راندمان یا بازده آن سیستم را در انتقال آب ارزیابی نماییم. بنابراین راندمان به زبان ساده نسبت خروجی به ورودی سیستم تعریف می‌شود. معمولاً خروجی همواره کمتر از ورودی و یاحداکثر مساوی آن خواهد بود و در نتیجه نسبت فوق کوچکتر از یک می باشد. اما این امکان وجوددارد که خروجی و ورودی به یک سیستم از یک

جنس نباشد. مانند گیاه که ورودی آن آب و خروجی آن محصول است. اگر انرژی خورشید در نظر گرفته نشود، آب مصرفی توسط گیاه به عنوان ورودی سیستم و محصول به عنوان خروجی سیستم بوده (گیاه آب را به محصول تبدیل می‌کند) که این دو از یک جنس نمی‌باشند.

از طرف دیگر زراع آب را مستقیماً به گیاه نمی‌دهد بلکه آن را از محلی برداشت نموده و پس از انتقال به مزرعه زمین را آبیاری می‌کند و گیاه پس ازدریافت آب از خاک آب را به محصول تبدیل می‌کند. لذا درآبیاری و تبدیل آب به محصول هم بحث انتقال آب مطرح است و هم بحث تبدیل آب به یک ماده دیگر و در نتیجه در توصیف درجه موثربودن آب برای افزایش محصول باید این دو به صورت توام درنظر گرفته شوند. درتلفیق فرآیندهای انتقال آب و تبدیل آن به محصول یک سیستم آبیاری و زراعت را می‌توان به سه زیر سیستم تقسیم کردکه عبارتند از:

- زیرسیستم هیدرولیکی
- زیرسیستم خاک-گیاه
- زیرسیستم فیزیولوژیک گیاه

که همگی آنهادرتولید محصول دخالت دارند. در زیرسیستم هیدرولیکی تنها بحث انتقال و جابجایی آب

مطرح است که می‌توان آن را با راندمان توصیف کـرد. زیـر سیستم هیدرولیکی به همین جا خاتمه پیداکرده و از ایـن بـه بعد زیر سیستم خاک- گیاه مطـرح مـی‌شـود. از آب ذخیـره شده در منطقه ریشه‌ها بخشی صرف تبخیر –تعرق شـده کـه منجر به تولید محصول می‌شود. برای توصیف درجه کـارائی ایـن زیرسیـستم از واژه کـارایی مـصرف آب توسـط گیـاه استفاده می‌شود. بنابراین کارایی مصرف آب بصورت نـسبت مقدار آب تعرق شده بـه مقـدار آب ذخیـره شـده در منطقـه ریشه تعریف می‌گردد و دامنه آن بین ۰,۵ تا ۰,۹ اسـت. بعـد از این فرآیند، سـومین زیرسیـستم کـه مـرتبط بـا فیزیولـوژی گیـاه اسـت وارد کـار مـی‌شـود. بـه کمـک آب مـصرفی بـه صورت تعرق، فرآیند جذب و ساخت صورت می‌گیـرد کـه طی آن آب به ماده تبدیل می شود. از آنجا که ایـن دو (آب و تولید) از یک جنس نمی‌باشـند، بـه جـای واژه رانـدمان از واژه بهره‌وری (Productivity) استفاده می‌شود. بنابراین در این مرحله بهره‌وری فتوسـنتز تعریـف مـی‌شـود، نـه رانـدمان فتوسنتز. در نتیجه بهره‌وری فتوسنتزی بصورت نـسبت مقـدار ماده‌ای که توسط گیاه جذب و ساخته مـی شـود، بـر حـسب کیلوگرم به آب تعرق شده بر حسب مترمکعب، تعریف مـی شود. مسلم اسـت کـه تمـام آنچـه در گیـاه جـذب و سـاخته

می‌شود، به تولیدات گیاهی یا زیست توده (بیوماس) منجر نمی‌شود و این بستگی به کارائی تنفس گیاه دارد. از آنجا که، هم مقدار جذب و ساخت وهم تولید گیاهی از یک جنس می باشند می‌توان راندمان تنفس (Respiration Efficiency) را مطرح نمود. بنابراین راندمان تنفس عبارت است از نسبت زیست توده به مقدار ماده تثبیت شده در گیاه در مرحله جذب و ساخت. راندمان تنفس در گیاهان زراعی بین ۰,۵ تا ۰,۶۵ است. یعنی حدود نیمی از مقدار جذب و ساخت به تولیدات گیاهی (بیوماس) منجر می‌شود.

البته تمام تولیدات گیاهی ممکن است قابل استفاده نباشند. مثلا در گندم ممکن است تولید دانه آن در هر هکتار ۵ تن باشد در حالیکه مجموع تولیدات گندم اعم از دانه، شاخ و برگ به ۹ تن در هکتار برسد. نمایه‌ای که برای بخش قابل استفاده محصول به کار می رود شاخص برداشت نامیده می باشد. شاخص برداشت عبارت است از نسبت مقدار محصول قابل استفاده به مقدار زیست توده‌ی گیاه. شاخص برداشت در گیاهان زراعی حدودا ۰,۳ تا ۰,۵ می‌باشد.

در بهره‌وری گیاه از آب (Crop Water Productivity) که نسبت مقدار محصول قابل استفاده (Yield) به مقدار آب تعرق شده توسط گیاه تعریف می‌شود از حاصل ضرب سه

شاخص بهره‌وری فتوسنتز، راندمان تنفس و شاخص برداشت به دست می آید و واحد آن بر حسب کیلوگرم در مترمکعب است.

جمع‌بندی تعاریف

- کارائی مصرف آب

براساس تعاریف تشریح شده در بالا کارایی مصرف آب از حاصل‌ضرب کارایی مصرف آب توسط گیاه در شاخص برداشت به دست می‌آید. به عبارت دیگر تعریف خلاصه‌شده کارایی مصرف آب عبارت است از نسبت مقدار آب تعرق یافته توسط گیاه به مقدار آبی که از منبع اصلی برداشت می‌شود. در نتیجه بدون واحد و بصورت درصد یا اعشاری بیان می‌گردد.

- بهره‌وری آب

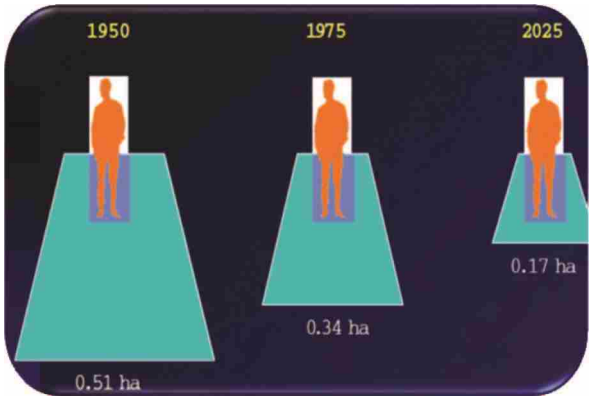
بهره‌وری آب عملکرد هرسه زیر سیستم (هیدرولیکی، خاک -گیاه و فیزیولوژی) را در نظر می‌گیرد که در نتیجه از حاصلضرب کارایی مصرف آب توسط گیاه بر حسب درصد، شاخص برداشت بصورت اعشاری و بهره‌وری آب توسط گیاه (کیلوگرم به مترمکعب) به دست می‌آید. به

عبارتی حاصل‌ضرب دو شاخص کارایی مصرف آب (درصد) و بهره‌وری آب توسط گیاه (کیلوگرم بر مترمکعب) همان بهره‌وری آب است. در نتیجه تعریف خلاصه شده‌ی بهره‌وری آب نسبت عملکرد به مقدار آب بکار برده شده برای گیاه است.

۵-۲- ضرورت و اهمیت افزایش بهره‌وری آب

کاهش منابع آبی، تغییر تدریجی سهم مصارف آب در بخش کشاورزی به دیگربخش‌های مصرف و جایگزینی کشت گیاهان با ارزشِ بالاتر نسبت به گیاهان راهبردی مانند گندم، شرایط را به سمت ناامنی غذایی سوق می‌دهد.

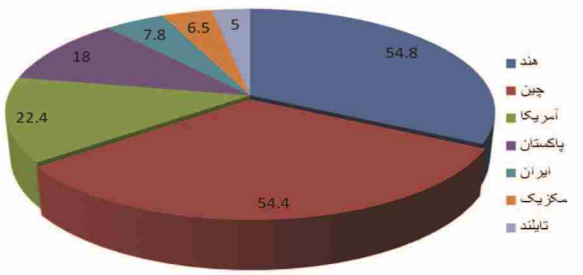
عدم بهره‌وری مناسب از آب و افزایش سرانه آب برای هر نفر به مرور زمان منجر به خشک شدن رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و همچنین افت سطح آب زیرزمینی شده است. در حال حاضر بسیاری از کشورهای جهان برای تولید غذا از منابع آب محدود با چالش بزرگی روبرو هستند. کمبود آب همراه با بهره‌برداری نادرست از منابع با ارزش آب جوابگوی تقاضای رو به رشد جمعیت کنونی برای غذا نیست (شکل۵۸).



شکل ۵۸- روند تغییرات سهم اراضی کشاورزی برای هر نفر از ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۵

اگرچه استحصال آب‌های زیرزمینی در کوتاه مدت در تولید غذا مؤثر واقع می‌شود، اما ادامهٔ آن در دراز مدت پایدار نخواهد بود. امروزه افت سفره‌های آب زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان کشت آبی را غیر اقتصادی نموده است. بطور کلی مساحت زمین قابل کشت و افزایش بهره‌وری اراضی از منابع کلیدی برای تأمین غذا محسوب می‌شوند. بر اساس مستندات تاریخی سطح زیر کشت هر روز روند نزولی دارد بنابراین نقش قابل توجهی در تولید غذا نخواهد داشت. افزایش سطح زیرکشت و یا افزایش استفاده از منابع آب زیرزمینی باعث تخریب اکوسیستم و محیط زیست منطقه می‌شود. از طرف دیگر با برداشت بی رویه از منابع آب

زیرزمینی، آب‌های شور به سمت سفره‌های آب شیرین حرکت می‌کنند و کیفیت آنها نیز به تدریج کاهش یافته تا جایی که دیگر استفاده از این نوع آب‌ها منابع خاک را نیز از بین می‌برد. از این رو افزایش بهره وری آب همواره به عنوان راه حلی پایدار در افزایش عملکرد محصول و در عین حال کاهش مصرف آب مطرح بوده است. پس گام مهم و مؤثر در افزایش تولید غذا، افزایش بهره‌وری اراضی با استفاده از افزایش بهره‌وری آب می‌باشد. استفاده از روش‌های مختلف برای افزایش عملکرد در واحد سطح توانسته است بخش عمده‌ای از منابع غذایی را تأمین و خسارات ناشی از عدم افزایش سطح زیر کشت را جبران نماید. در کشور تنها ۴۰٪ اراضی زیرکشت، آبیاری می‌گردد و ایران هفتمین کشور دنیا از نظر اراضی فاریاب است (شکل ۵۹).



شکل ۵۹- سطح زیر کشت آبی کشور در مقایسه با برخی از مناطق جهان به میلیون هکتار (فائو، ۲۰۱۴)

با این وجود قسمت عمده تولیدات کشاورزی از اراضی فوق استحصال می‌شود، زیرا بجز گندم و گیاهان مشابه که نیاز آبی آنها تا اندازه‌ای منطبق بر الگوی توزیع بارندگی در کشور است، امکان کشت دیم برای سایر محصولات زراعی وجود ندارد. بنابراین برای تغذیه جمعیت کنونی و رو به رشد، کشور متکی به تولید در این اراضی و زمین‌هایی خواهد بود که از این به بعد بصورت آبی زیر کشت قرار خواهند گرفت. در دراز مدت افزایش بهره‌وری آب برای گسترش زمین‌های آبی و افزایش بهره‌وری بارش جهت تولید بیشتر غذا عامل کلیدی برای مبارزه با گرسنگی و کاهش فقر می‌باشد. بسیاری از دولت‌ها با پرداخت یارانه برای آب آبیاری آنرا به قیمت ارزان و غیرواقعی در اختیار کشاورزان قرار می‌دهند و این مسئله منجر به استفاده بی‌رویه از آب می‌شود. یکی از راه حل‌های مهم برای کاهش و تعدیل آثار زیان بار فقر و گرسنگی ثابت نگه داشتن سطح قبلی تولید، افزایش بهره‌وری آب به میزان افزایش تقاضا برای غذا است. امروزه تقاضای آب هر روز بیشتر شده، بطوریکه در برخی از کشورها حتی تامین آب شرب نیز با چالش‌های جدی روبرو است (شکل ۶۰). با افزایش بهره‌وری آب ضمن حفظ تولید پایدار و کاهش مصرف

آب، احداث منابع ذخیره آب و سرمایه‌گذاری در این زمینه که مسایل زیست محیطی در بر خواهد داشت، ضرورت پیدا نخواهد کرد. عمده‌ی سیاستگزاری‌های مربوط به آب در بخش کشاورزی تمرکز روی استخراج بیشتر، تخصیص و مدیریت آب‌های جاری مانند جریان آب رودخانه‌ها و جریان آب زیرزمینی (آب آبی) بوده و بحران جهانی آب نیز در این دامنه قرار دارد و کمتر به مدیریت ذخایر موجود آب در نیمرخ خاک (آب سبز) پرداخته شده است.

شکل ۶۰- نمایی از کمبود منابع آبی و افزایش تقاضا برای آب

۵-۳- روش‌های افزایش بهره‌وری آب

افزایش بهره‌وری آب هم با اصلاح ارقام یا انتخاب رقمی که بتواند در مقابل کم‌آبی متحمل‌تر باشد و هم با

مدیریت آبیاری در مزرعه به منظور افزایش راندمان آبیاری قابل حصول است. بطور کلی رئوس فعالیت‌ها برای افزایش بهره‌وری آب به تفکیک اراضی آبی و دیم عبارتند از:

۵-۳-۱- اراضی آبی

دو روش عمده برای افزایش بهره‌وری آب در اراضی آبی عبارتند از:

۱- افزایش تولید در واحد آب مصرفی که با بهبود مدیریت تولید قابل حصول است. مدیریت تولید نیز به همه فعالیت‌های زراعی اطلاق می‌شود که منجر به افزایش تولید گردند. در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اصلاح ارقام مقاوم به خشکی (شکل ۶۱)

شکل ۶۱- نمایی از گندم اصلاح شده

- کاهش دوره رشد گیاه
- افزایش عمق و تراکم ریشه با قابلیت نفوذ در خاک-های سخت
- تغییر و اصلاح الگوی کاشت بر مبنای بالاترین بهره‌وری
- تناوب زراعی
- کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به منظور استفاده کارآتر از رطوبت موجود در خاک، آبیاری و باران (مدیریت آب سبز) (شکل ۶۲)

شکل ۶۲- استفاده از وسایل خاک ورزی پیشرفته در مزارع (بی نام، ۱۳۹۳)

- کنترل آفات و بیماری‌ها
- بهبود حاصلخیزی خاک

۲- کاهش مصرف آب با حفظ تولید قبلی، همه فعالیت‌هایی را شامل می‌شود که منجر به بهبود مدیریت آبیاری گردند. روش‌های افزایش بهره‌وری آب از دیدگاه ارتقاء مدیریت آبیاری را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- افزایش بازده آبیاری
- تخصیص بهینه منابع آبی
- استفاده از روش کم‌آبیاری
- تعیین روابط آب – گیاه (توابع تولید)
- استفاده از آبهای نامتعارف
- کاهش تبخیر
- کشت در محیط‌های کنترل شده (کشت‌های گلخانه‌ای)

۵-۳-۲- اراضی دیم

دو راه اصلی برای افزایش بهره‌وری آب در اراضی دیم عبارتند از:

۱- افزایش ظرفیت جذب آب توسط گیاه

۲- افزایش قابلیت دسترسی به آب توسط گیاه.

اگرچه راهبردهای اشاره شده روی آب تمرکز دارند، ولی روش‌ها و عملیات دستیابی به آنها لزوماً به مدیریت آب

اختصاص ندارد. ظرفیت جذب آب توسط گیاه در مقیاس وسیع می‌تواند با استفاده از بهبود مدیریت گیاهی و خاک حاصل گردد. مثلاً عملیات مربوط به مدیریت خاک شامل خاک‌ورزی، تناوب، خاکپوش مواد آلی و معدنی و عملیات مربوط به مدیریت گیاهی شامل انتخاب نوع گیاه، کشت مخلوط، تناوب، زمانبندی عملیات اصلاح ژنتیکی گیاه و مدیریت آفات می‌باشند. در نهایت هدف از این راهبرد (افزایش ظرفیت جذب آب توسط گیاه) افزایش عمق و توسعه ریشه گیاه و بهبود آسمانه گیاه و عملکرد است. عملیاتی مانند خاک‌ورزی، تناوب، مالچ و استفاده از کودهای آلی موجب بهبود ساختمان خاک و در نتیجه رشد ریشه می‌گردند. دو عامل مهم در افزایش قابلیت دسترسی به آب توسط گیاه مدیریت خاک و مدیریت آب است. مدیریت خاک شامل مدیریت حاصلخیزی خاک (کودهای آلی و معدنی) که لازمه رشد گیاه است، خاک‌ورزی که باعث افزایش ظرفیت نفوذ آب و بهبود ساختمان خاک می‌شود و عملیات حفاظت آب و خاک است که توانایی نفوذ باران را در خاک افزایش می‌دهد. این عملیات همراه با تناوب، خاکپوش و مدیریت مواد آلی عامل افزایش قابلیت دسترسی به آب توسط گیاه می‌گردند (شکل ۶۳). مدیریت

آب مانند حفظ و نگهداری آب قادر است شرایط خشکی را تعدیل نماید. بعضی از گیاهان پاییزه مانند ماش، عدس، کلزا ... دوره رشد کوتاهی دارند و زودتر از گندم برداشت شده و در نتیجه مقداری از رطوبت را برای کشت بعدی در خاک باقی می گذارند.

شکل ۶۳- استفاده از مالچ پلاستیکی برای کاهش تبخیر از خاک و افزایش بهره وری آب

۵-٤- افزایش بهره‌وری آب در گندم با استفاده از روش کم‌آبیاری

ارتقاء بهره‌وری آب یکی از گزینه‌های موثر در تعدیل شرایط کم‌آبی و کاهش ناامنی غذایی در مناطقی که با منابع محدود آب روبرو هستند، محسوب می‌شود. بطوری‌که به ازای هر واحد افزایش تقاضا برای غذا ضروری است تا

بهره‌وری آب نیز به همان میزان افزایش یابد تا کشورها مواجه با فقر و گرسنگی نشوند.گندم زمستانه در فصل سرد سال رشد نموده و عمده‌ی دوران رشد آن منطبق با ریزش‌های جوی در کشور است. علاوه بر اینکه یک گیاه راهبردی بسیار مهم برای کشور است، جزء مهمترین گیاهانی است که از آب سبز (رطوبت موجود در خاک) بیشترین استفاده را می‌نماید. از آنجا که گندم در کشور مساحت زیادی را به خود اختصاص داده است، حجم قابل توجه از منابع آبی را نیز مصرف می‌کند و پتانسیل زیادی برای صرفه‌جویی در مصرف آب و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب دارد. کم آبیاری نوعی گزینه مدیریتی است که در شرایط عدم موازنه مقدار آب و زمین برای افزایش تولید کل استفاده می شود. در این روش بطور عمد و البته آگاهانه بخشی از آب مورد نیاز گیاه صرفه جویی نموده و از این آب برای اراضی جدید استفاده می نمایند

ملاحظات کلی کاربرد روش های کم آبیاری

- آب به اندازه کافی برای زمین های زراعی وجود نداشته باشد
- میزان آب آبیاری بر اساس رابطه تولید، درآمد و هزینه تعیین می‌شود

- برای گیاهانی که نسبت به خشکی مقاومتر و دوره رشد کوتاهتری دارند، اثربخشی بیشتری دارد
- زمین زراعی برای توسعه وجود داشته باشد

روش‌های کاربرد کم‌آبیاری

- محدود یا حذف آبیاری در بخشی از دوره ی غیرحساس گیاه به آب
- افزایش فواصل آبیاری
- کاهش بخشی از آب موردنیاز گیاه بصورت منظم در هر بار آبیاری
- آبیاری یک‌درمیان شیارها

در این قسمت یکی از مهمترین روش‌ها برای افزایش بهره‌وری آب در گندم یعنی استفاده از روش کم‌آبیاری به استناد پژوهش‌های کاربردی تشریح می‌گردد.

۵-٤-۱-مقایسه دو راهبرد کم‌آبیاری و آبیاری کامل در گندم

بطور طبیعی برای کشاورزان در مناطقی که مواجه با کمبود آب هستند ولی زمین زراعی در اختیار دارند، دو گزینه قابل انتخاب است. در حالت اول ممکن است، تمام آبِ در اختیار را برای آبیاری بخشی از مزرعه بصورت

آبیاری کامل در نظر بگیرند و بقیه زمین را یا کشت نکنند یا تحت شرایط دیم قرار دهند. در حالت دوم ممکن است با استفاده از مدیریت کم‌آبیاری و کاربرد آب صرفه‌جویی شده برای زمین‌های دیگر مساحت تحت آبیاری را افزایش دهند. اگرچه روش‌های اعمال کم‌آبیاری متعدد هستند، ولی همگی هدف مشخصی را دنبال می‌کنند. هدف در کم‌آبیاری که یک نوع گزینه‌ی مدیریتی است، کاهش آگاهانه آب مصرفی گیاه بطوریکه در عملکرد تاثیر قابل توجه‌ای نداشته باشد و فرصت جدیدی برای آب صرفه‌جویی شده ایجاد شود تا مساحت تحت آبیاری را افزایش داده و در نتیجه موجب افزایش تولید کل گندم گردد. مثلاً در گندم در اوایل رشد و یا در انتهای رشد حساسیت کمتری به آب وجود دارد و در نتیجه کاهش آب در این دوران اگرچه در عملکرد اثرگذار است ولی ارزش آب صرفه‌جویی شده به مراتب از مقدار جزئی کاهش عملکرد، بالاتر است.جمع‌بندی نتایج بررسی محققین نشان داده است که گزینه کم‌آبیاری سودمندی بالاتری نسبت به آبیاری کامل گندم دارد. نتایج یکی از فعالیت‌های پژوهشی که دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل را برای شش رقم گندم در شرایط آبیاری تکمیلی با هم مقایسه می‌کند در

جدول ۸ ارایه شده است. در این جدول تولید دیم حدود ۲ تن در نظر گرفته شده است. ملاحظه می‌گردد که برای تمام ارقام روش کم‌آبیاری اگرچه منجر به حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح نمی‌شود، ولی برای مناطقی که کم‌آبی عامل اصلی محدود کننده تولید است، قادر است تولید کل را افزایش دهد. بطور مثال حتی در رقم C_1 که در بین ارقام مورد بررسی نسبت به آب واکنش نامناسب‌تری داشته، توانسته است در راهبرد کم‌آبیاری گامی موثر در افزایش تولید کل بردارد. ملاحظه می‌شود که در این رقم به جای آبیاری کامل برای زمینی به مساحت یک هکتار، بهتر است مساحت زمین تحت آبیاری به ۲/۵۴ هکتار افزایش یابد. در این شرایط مقدار آب مصرفی از ۹۹۰ متر مکعب در هکتار در آبیاری کامل به ۳۹۰ متر مکعب در هکتار در روش کم‌آبیاری کاهش یافته و تولید کل از ۷/۲۷ تن در روش آبیاری کامل (مجموع تولید یک هکتار آبی و ۱/۵۴ هکتار دیم) به ۹/۰۲ تن در روش کم‌آبیاری(۲۴ درصد افزایش) در سطح جدید اقزایش می‌یابد.

جدول ۸ - مقایسه دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل برای تولید کل در ارقام مختلف گندم

رقم*	تیمار آبیاری	عمق آب (mm)	عملکرد (t/ha)	مساحت (ha)			عملکرد (t)			درصد افزایش
				آبیاری شده	آبیاری نشده	کل	آبیاری شده	آبیاری نشده	کل	
C_1	کامل	۹۹	۴/۱۹	۱	۱/۵۴	۲/۵۴	۴/۱۹	۳/۱	۷/۲۷	
	کم‌آبیاری	۳۹	۳/۵۵	۲/۵۴	۰	۲/۵۴	۹/۰۲	۰	۹/۰۲	۲۴
C_2	کامل	۱۰۹	۴/۷۴	۱	۲/۱۱	۳/۱۱	۴/۷۴	۴/۲۲	۸/۹۵	
	کم‌آبیاری	۳۵	۴/۰۲	۳/۱۱	۰	۳/۱۱	۱۲/۵	۰	۱۲/۵	۴۰
C_3	کامل	۱۱۱	۴/۵۱	۱	۲/۲۶	۳/۲۶	۴/۵۱	۴/۵۲	۹/۰۳	
	کم‌آبیاری	۳۴	۴/۰۶	۳/۲۶	۰	۳/۲۶	۱۳/۲	۰	۱۳/۲	۴۷

ادامه جدول ۸ –

رقم*	تیمار آبیاری	عمق آب (mm)	عملکرد (t/ha)	مساحت (ha)			عملکرد (t)			درصد افزایش
				آبیاری شده	آبیاری نشده	کل	آبیاری شده	آبیاری نشده	کل	
C_4	کامل	۱۰۰	۴/۲۶	۱	۱/۷	۲/۷	۴/۲۶	۳/۴	۷/۶۶	
	کم‌آبیاری	۳۷	۳/۹۸	۲/۷	۰	۲/۷	۱۰/۸	۰	۱۰/۸	۴۰
C_5	کامل	۱۰۱	۴/۵۲	۱	۲/۳۷	۳/۳۷	۴/۵۲	۴/۷۴	۹/۲۶	
	کم‌آبیاری	۳۰	۴/۰۷	۳/۳۷	۰	۳/۳۷	۱۳/۷	۰	۱۳/۷	۴۸
C_6	کامل	۱۰۰	۴/۵	۱	۱/۷	۲/۷	۴/۵	۳/۴	۷/۹	
	کم‌آبیاری	۳۷	۳/۸۶	۲/۷	۰	۲/۷	۱۰/۴	۰	۱۰/۴	۳۲

*–انواع ارقام گندم است که در پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-٤-۲- مقایسه بهره‌وری بارش و آب آبیاری در گندم

در اکثر نقاط کشور آبیاری گندم بصورت آبیاری تکمیلی صورت می‌گیرد. ولی با توجه به اختلاف اقلیمی مناطق مختلف، سهم بارش در تامین نیاز آبی گیاه نیز متفاوت است. غیر قابل کنترل بودن عوامل اقلیمی، مدیریت آبیاری گندم را خصوصاً در مناطق مرطوب‌تر با مشکل جدی مواجه نموده است. به همین دلیل در این مناطق ضمن اینکه عملکرد گندم، در اکثر موارد به بیشینه مقدار خود نمی‌رسد، تولید نیز از پایداری لازم برخوردار نیست. به عنوان نمونه بررسی عملکردهای گندم در شرایط گرم و مرطوب طی چهار سال نشان داده است که امکان تولید اقتصادی بدون آبیاری وجود دارد ولی مقدار تولید نوسان داشته و در اثر تغییرات اقلیمی دستخوش حوادث متفاوتی خواهد شد. جدول ۹ برنامه آبیاری و تغییرات عملکرد گندم آبی را در طی چهار سال مورد بررسی در شرایط متفاوت سهم باران در میزان آب مصرفی گیاه را نشان می‌دهد.

جدول ۹- برنامه آبیاری و مقایسه عملکرد گندم آبی در طی چهار سال مطالعه در شرایط متفاوت ریزش باران

سال	زمان‌های آبیاری	عمق آب (mm)	عمق بارش فصلی (mm)	درصد باران	درصد آبیاری	عملکرد آبی (kg/ha)	عملکرد دیم (kg/ha)	درصد افزایش عملکرد آبی نسبت به دیم
۸۶-۸۷	۸۷/۱/۷	۴۵	۱۸۰	۴۰	۶۰	۵۱۲۷	۳۰۲۸	۶۹
	۸۷/۱/۲۴	۵۵						
	۸۷/۲/۷	۹۰						
	۸۷/۲/۲۱	۹۰						
۸۷-۸۸	۸۸/۲/۱	۳۰	۲۲۰	۷۵	۲۵	۴۱۸۷	۳۹۲۴	۶
	۸۸/۲/۲۱	۴۰						
۸۸-۸۹	۸۹/۱/۲۸	۴۰	۲۵۵	۷۴	۲۶	۴۲۴۹	۳۵۲۴	۲۱
	۸۹/۲/۱۵	۵۰						

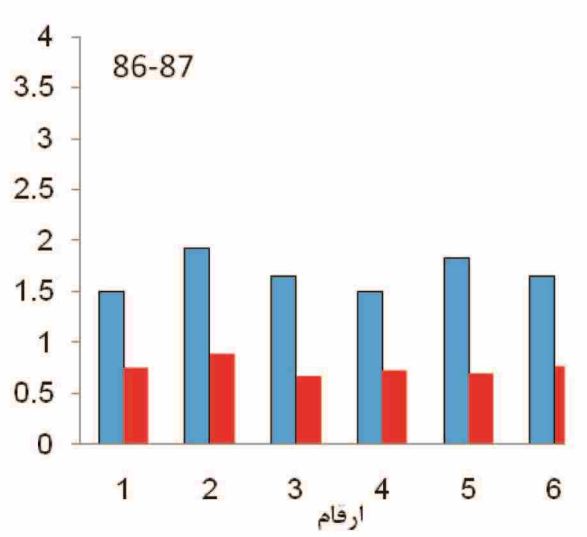
ادامه جدول ۹-

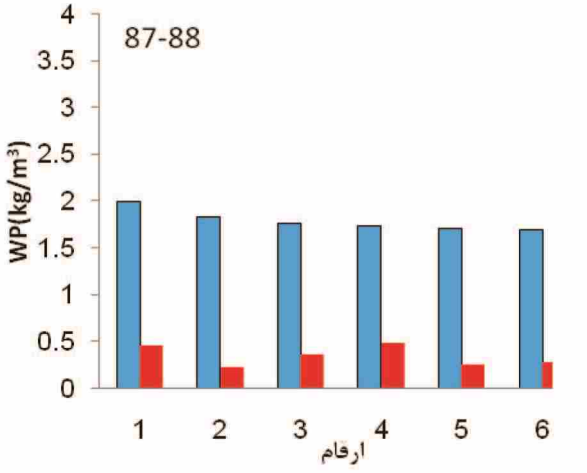
سال	زمان‌های آبیاری	عمق آب (mm)	عمق بارش فصلی(mm)	درصد باران	درصد آبیاری	عملکرد آبی(kg/ha)	عملکرد دیم(kg/ha)	درصد افزایش عملکرد آبی نسبت به دیم
۹۰-۸۹	۹۰/۱/۱۸	۳۰	۲۷۵	۶۹	۳۱	۵۷۲۲	۳۰۴۴	۸۸
	۹۰/۲/۱	۴۰						
	۹۰/۲/۱۸	۵۰						

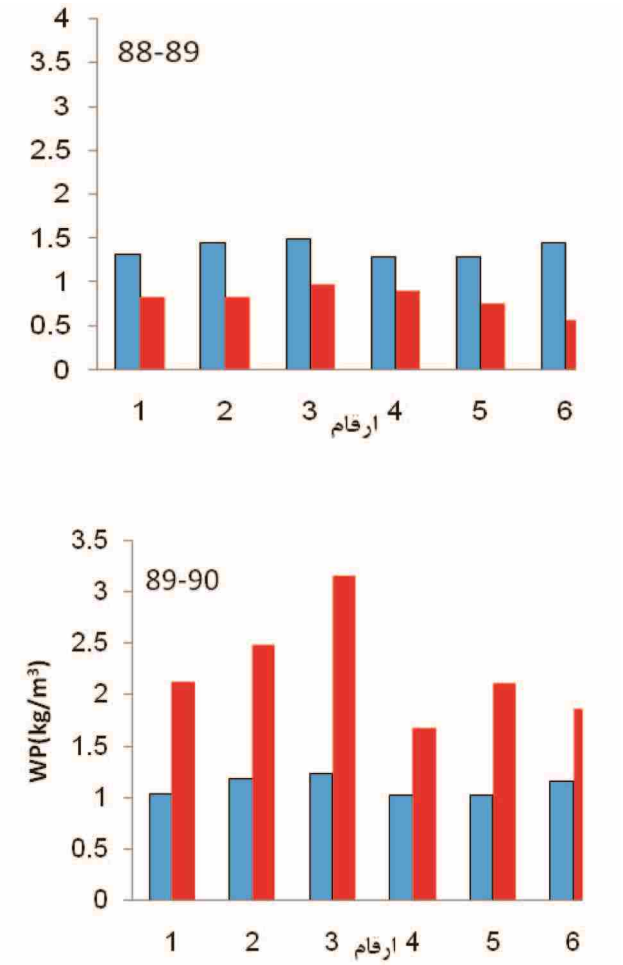
ملاحظه می‌گردد که اگرچه آبیاری تکمیلی منجر به افزایش عملکرد شده است، ولی اثر بخشی لازم در ارتقاء بهره‌وری آب را در تمام سال‌ها نداشته است. در سه سال متوالی بهره‌وری بارش بیش از بهره‌وری آب آبیاری بوده و تنها در سال چهارم آبیاری تکمیلی منجر به افزایش بهره‌وری آب گردیده است. بهره‌وری بارش در زمین تحت کشت گندم از سال ۸۷-۸۶ الی ۹۰-۸۹ به ترتیب برابر با ۱/۶۷، ۱/۷۹، ۱/۳۱ و ۱/۱ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب بارش به دست آمد. بهره‌وری آب آبیاری در زمین گندم در چهار سال اشاره شده به ترتیب معادل ۰/۷۵، ۰/۳۶، ۰/۸۱ و ۲/۲ کیلوگرم دانه گندم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی به دست آمد (شکل ۶۴). در سه سال از چهار سال بهره‌وری بارش بیشتر از بهره‌وری آب آبیاری بوده است. این نتیجه حکایت از این مطلب دارد در شرایط مشابه که بخش قابل توجه‌ای از نیاز آبی گیاهان زمستانه توسط باران تامین می‌شود (جدول ۹)، آبیاری این گیاهان اگرچه باعث افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شود، ولی منجر به افزایش بهره‌وری آب نمی‌گردد، به دلیل اینکه افزایش تولید به ازای افزایش مصرف آب در حدی نیست که منجر به افزایش بهره‌وری آب گردد. به عبارت دیگر از نظر بهره‌وری آب،

بهتر است آبیاری تنها در شرایط بحرانی کمبود آب (دوران رشد زایشی) صورت گیرد و مقدار آب صرفه‌جویی شده را یا در مناطق کم‌آب یا برای کشت تابستانه جهت افزایش تولید کل، استفاده کرد. بطور مثال در سال اول، اگرچه انجام آبیاری در بعضی از شرایط رشد گیاه منجر به افزایش قابل توجه در عملکرد شد، بطوریکه نتایج حکایت از افزایش ۶۹ درصد عملکرد گندم آبی به گندم دیم دارد، ولی ملاحظه شد بهره‌وری آب در شرایط آبی نسبت به دیم کاهش یافت (شکل ۶۴). طبیعی است در مناطقی که بارندگی مناسب باشد، نسبت به مناطق خشک‌تر اثر آبیاری در افزایش بهره‌وری آب نقش موثری ندارد. ولی آبیاری تکمیلی برای مناطقی که خشک باشد، هم در عملکرد و هم در بهره‌وری آب نقش برجسته‌ای دارد. این نکته قابل پذیرش است که با انجام آبیاری بطور کلی می‌توان عملکرد را در سطح مزرعه (مقیاس مزرعه‌ای) افزایش داده و به مقادیر پتانسیل نزدیک کرد، اما این راهبرد مدیریتی مناطق کم‌آب نیست. به دلیل اینکه ارزش افزوده مقدار آب مصرف شده برای رساندن عملکرد به پتانسیل در مناطق مرطوب‌تر بسیار پایین‌تر از ارزش افزوده همان مقدار آب در مناطق خشک‌تر است. به عبارت دیگر ایده افزایش

عملکرد در مناطق مرطوب با تامین کامل نیاز آبی گیاه ممکن است در مقیاس مزرعه‌ای درست باشد، ولی بطور یقین در مقیاس منطقه‌ای راهبرد ناموفقی است. هرگاه در مناطق مرطوب‌تر بخشی از آب که برای افزایش اندکی در عملکرد مصرف می‌شود را صرفه‌جویی نموده و به اراضی که در مناطق خشک و کم‌آب بسر می‌برند، تخصیص داده شود و یا اراضی جدیدتر به زیر کشت برده شوند، تولید کل در منطقه نیز افزایش خواهد یافت.


86-87
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
1
2
3
4
5
6
ارقام


87-88
WP(kg/m³)
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
1
2
3
4
5
6
ارقام



شکل ۶۴- بهره‌وری آب ارقام مختلف گندم به تفکیک چهار سال (ستون آبی و قرمز به ترتیب نماینده‌ی بهره‌وری بارش و آب آبیاری است)

۵-٤-۳- راهبرد تولید گندم در شرایط با و بدون محدودیت آب

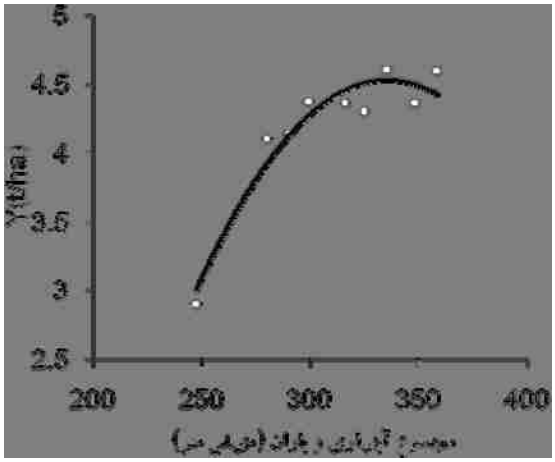
اولین گام برای تولید پایدار گندم در شرایط کمبود آب تدوین استراتژی تولید بر مبنای منابع محدود آب است. از نقطه نظر مدیریت آبیاری برای مناطقی که آب به اندازه کافی ندارند، نباید دنبال افزایش تولید گندم با هر مقدار مصرف آب بود. انتخاب گزینه حداکثر عملکرد با حداکثر مصرف آب راهبرد مناسبی برای مناطق کم‌آب نیست بلکه راهبرد مناطقی است که محدودیت منابع آبی ندارند. در مناطق با محدودیت منابع آبی، حصول به حداکثر بهره‌وری آب یعنی عملکرد بیشتر با آب کمتر اهمیت بیشتری دارد. مقادیر بهینه آب مصرفی برای رسیدن به حداکثر عملکرد با مقادیر بهینه برای رسیدن به حداکثر بهره‌وری آب یکسان نیست. راهبرد تولید بیشتر با آب بیشتر، خصوصاً در مزارعی که آب مطمئن دارند و خود را مالک منابع آبی می‌دانند، راهبرد منسوخ شده‌ای است و همانطور که بیان شد، باید به سمت تولید بیشتر با آب کمتر تغییر نگرش ایجاد شود. اما سوال اساسی در بین برنامه‌ریزان جهت تدوین این استراتژی اینست که چقدر باید آب را کم کرد تا به هدف نزدیک

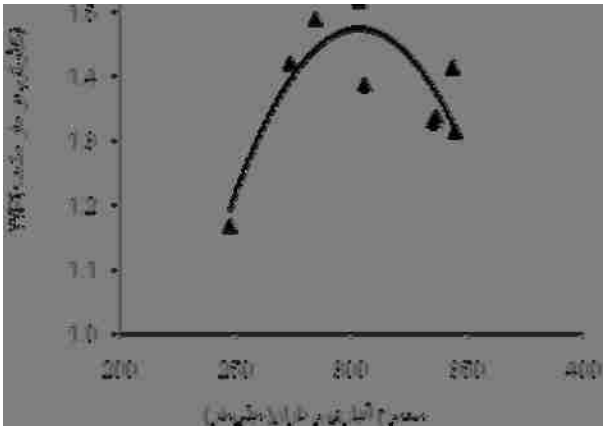
شد. برای پاسخ به این سوال نیاز است تا در هر منطقه اطلاعات زیر را جمع‌آوری کرد:

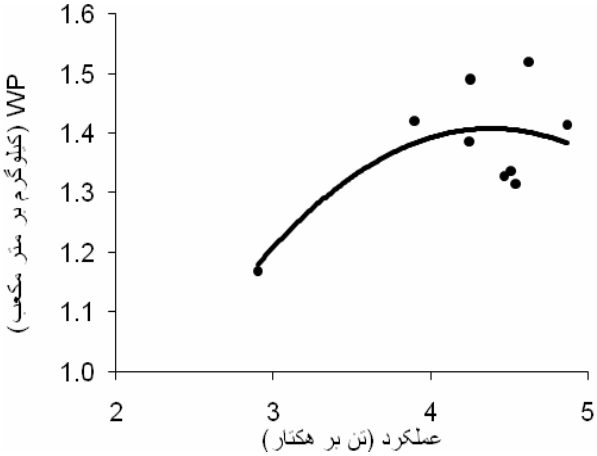
- تعیین رابطه مقدار آب - عملکرد گندم
- تعیین رابطه آب – بهره‌وری آب گندم
- تعیین رابطه عملکرد – بهره‌وری آب گندم

در توابع یاد شده برای مناطقی که باران بخش قابل توجه‌ای از نیاز آبی گندم را مرتفع می‌کند ضرورت دیگر هم وجود دارد و آنهم تعیین رابطه‌ی بین آب آبیاری و باران است. با داشتن این روابط می‌توان تشخیص داد که در چه عمقی از آب آبیاری عملکرد حداکثر (آبیاری کامل) و در چه عمقی از آب آبیاری (بهترین بهره‌وری آب) و همچنین بهترین عملکرد مطابق با بهترین بهره‌وری آب قابل دریافت است. دانستن رابطه باران با آب آبیاری نیز کمک می‌کند تا در صورت هر مقدار باران مقدار آب آبیاری را تنظیم کنیم. برای شرح بیشتر موضوع نتایج چند کار پژوهشی به عنوان یک مثال آورده می‌شود. شکل ۶۵ سه رابطه ذکر شده برای گندم یعنی رابطه آب- عملکرد، آب – بهره‌وری و عملکرد – بهره‌وری را نشان می‌دهد. نتایج ارایه شده در شکل ۶۵ بیان می‌کند که تا چه حدی از مصرف آب، بهره‌وری می‌تواند افزایش یابد در نتیجه از کاربرد بیشتر آب، اگرچه

ممکن است به عملکرد بیشتر هم منجر شود، باید اجتناب نمود و از این آب اضافی برای زمین‌های زراعی دیگر استفاده نمود تا تولید کل در منطقه افزایش یابد. واضح است که کشاورزان به طور طبیعی گزینه آبیاری بیشتر – عملکرد بیشتر را می‌پسندند، ولی در شرایط کم‌آبی تخصیص منابع آبی و همچنین برنامه‌ریزی آبیاری باید بر اساس آبیاری کمتر – بهره‌وری بیشتر مدیریت گردد. بطور مثال عملکرد گندم در مقابل مقدار آب معادل ۳۴۰ میلی‌متر حداکثر است (حدود ۴/۵ تن). ولی رابطه بین آب – بهره‌وری نشان می‌دهد که بالاترین بهره‌وری در مقابل ۳۰۰ میلی‌متر آب حاصل شده است. به عبارت دیگر اگر گندم ۳۴۰ میلی‌متر آب دریافت کند بهره‌وری آب از حداکثر که ۱/۴۷ بود به ۱/۳۵ کیلوگرم در هر متر مکعب آب کاهش می‌یابد. ملاحظه می‌گردد که در مقابل ۳۰۰ میلی‌متر آب عملکرد گندم در حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد (در شکل ۶۵ عملکرد گندم در مقابل ۳۰۰ میلی‌متر آب معادل ۴/۳ تن در هکتار است). در همین شکل رابطه بین عملکرد – بهره‌وری آب نشان می‌دهد که بهترین عملکرد در مقابل بالاترین بهره‌وری آب در حدود ۴/۱ تن در هکتار است.


5
4.5
4
3.5
3
2.5
Y(t/ha)
200
250
300
350
400


1.3
1.2
1.1
1.0
200
250
300
350
400



شکل ۶۵- رابطه آب- عملکرد، آب- بهره‌وری و عملکرد – بهره‌وری در گندم

جمع‌بندی

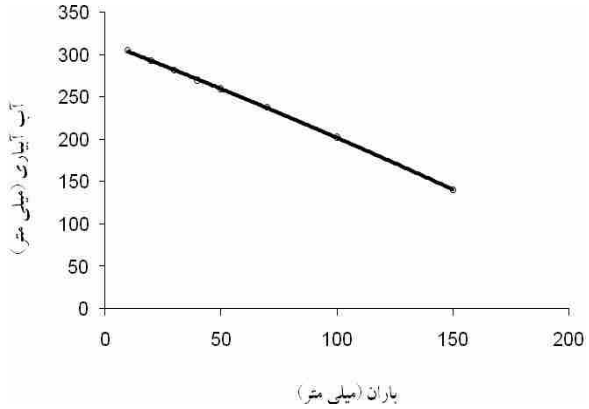
از نوع تحلیل ارایه شده در بالا (به عنوان یک مثال و الگو برای اجرا در مناطق مختلف کشور) برای تدوین استراتژی تولید گندم در شرایط کم‌آبی و یا در شرایط بدون محدودیت آب جمع‌بندی نتایج به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- اگر کمبود منابع آبی وجود نداشته باشد بهتر است گندم در حدود ۳۴۰ میلی‌متر آب دریافت نماید و عملکرد آن در این حالت حداکثر، یعنی حدود ۴/۵ تن در هکتار است.

- اگر کمبود منابع آبی وجود داشته باشد، به جای تولید ۴/۵ تن در هکتار با مصرف آب حدود ۳۴۰ میلی‌متر، بهتر است برای رسیدن به بالاترین بهره‌وری آب، مقدار آب را حدود ۴۰ میلی‌متر کاهش داد و البته عملکرد گندم نیز به حدود ۴/۱ تن خواهد رسید. فلسفه‌ی بنیادی این راهبرد در این است که این مقدار آب صرفه‌جویی شده فرصت جدیدی برای تولید ایجاد خواهد کرد که به مراتب نسبت به راهبرد " آب- بیشتر- عملکرد بیشتر" مزیت بالاتری خواهد داشت.

از آنجا که گندم زمستانه بخش زیادی از دوره رشد خود را در فصل پرباران کشور سپری می‌کند و در نقاط مختلف کشور بسته به اقلیم‌های مختلف بخشی از آب مورد نیاز گیاه گندم بوسیله‌ی باران تامین می‌شود، نیاز است تا رابطه‌ی بین باران موثر و آب آبیاری که صرف گندم می‌شود تعیین گردد. به عنوان نمونه یک نوع از این ارتباط که برای شرایط کم آبیاری در استان گلستان به دست آمده در شکل ۶۶ ارایه شده است. ملاحظه می‌گردد که برای گندم در منطقه‌ی مورد مطالعه در صورتیکه هیچ باران موثری اتفاق نیافتد، در شرایط کم آبیاری باید به مقدار ۳۲۰ میلی‌متر آب آبیاری مصرف گردد و اگر در منطقه به مقدار ۱۰۰ میلی متر باران

موثر ببارد، گندم در شرایط کم‌آبیاری نیاز بـه ۲۲۰ ملیـی‌متـر آب آبیاری دارد تا بیشترین بهره‌وری حاصل گردد.



شکل ۶۶- مقدار آب آبیاری گندم بصورت تابعی از مقدار باران

۵-۵- الویت‌بنـدی آبیـاری گنـدم تحـت شـرایط مختلف آب قابل دسترس

۱- امکان یک آبیاری وجود داشته باشد

هـر گـاه بـرای کـشاورز تنهـا یـک بارآبیـاری مقـدور باشد،آبیاری قبل از کشت یا بلافاصله پس از کشت درالویت است. بایستی سعی شود زمان کاشـت بـا ریـزش هـای جـوی هماهنگ شود تا فرصت آبیاری در مراحل بعدی رشد فراهم گردد.

۲- امکان دو آبیاری وجود داشته باشد

در این شرایط بهتر است یک آبیاری در زمان کاشت و آبیاری دوم در زمان گلدهی صورت گیرد.

۳- امکان سه آبیاری وجود داشته باشد

در این حالت بهتر است تا اولین آب در زمان کاشت، دومین آب در زمان نزدیک به شروع گلدهی و آبیاری سوم در زمان پر کردن دانه انجام گیرد.

فصل ششم – آبیاری گندم در شرایط شوری

٦-١- مقدمه و کلیات

طور کلی آب آبیاری بدون املاح نیست و هیچ گیاهی بدون جذب املاح قادر به رشد و نمو نیست. هر گیاهی بسته به میزان تحمل آن نسبت به کل املاح موجود در آب آبیاری یا خاک واکنش متفاوتی نشان می‌دهد. شناسایی واکنش گیاهان نسبت به شوری‌های ایجاد شده در خاک کمک شایانی در مدیریت پایدار استفاده از آب شور در کشاورزی است. هم اکنون تجارب زیادی در استفاده موفقیت آمیز از آب‌های شور در کشاورزی وجود دارد. مصرف آبهای شور زهکش‌ها که از نظر معیارهای کیفی

جـزء آبهـای غیـر قابـل مـصرف در کـشاورزی محـسوب می‌شـوند، تـأثیر مثبـت و تعیـین کننـده‌ای در افـزایش تولیـد گنـدم دارد(شـکل ۶۷). بنـابراین بـا کـاربرد ایـن نـوع آبهـا خصوصاً برای گیاهان زمستانه ماننـد گنـدم کـه بـاران ضـمن تأمین بخشی از نیاز آن، عامل تعـدیل اثـرات زیانبـار شـوری آب آبیاری می‌باشد. با صرفه‌جویی در مـصرف آب شـیرین، از فشار بـر منـابع آب شـیرین کاسـته شـده و بـا کـاربرد آب صـرفه‌جـویی شـده در اراضـی جدیـد و افـزایش سـطح زیـر کشت، امکان افزایش تولید کل گندم به وجود خواهد آمـد. شوری آب آبیاری یک مشکل لاینحل نیست. به طور طبیعی شوری آب عمدتاً محـصولات تابـستانی را تحـت تـاثیر قـرار می‌دهد در حالیکه، گیاهان زمستانی بسته به میزان بارندگی و سطح شوری اولیه خـاک در فـصل پـاییز واکـنش مناسـبتری نسبت به شوری آب آبیاری دارند. شرایط فوق در بسیاری از مناطق ایـران حـاکم اسـت. مراحـل اولیـه رشـد (حـساس بـه شوری) گیاهانی نظیر گنـدم، جـو و کلـزا عمومـاً مطـابق بـا ریزش‌های جوی بوده و نیاز آبی بـا بـاران مرتفـع مـی‌گـردد. آبیاری تکمیلـی در مراحلـی از رشـد صـورت مـی‌گیـرد کـه گیاهان فوق به شوری مقاومتر می‌شوند. در نتیجه ایـن امکـان وجود خواهد داشت که از مرحله خوشه‌دهی به بعـد (مقـاوم

به شوری) از آبهای با شوری بالاتر از آستانه‌های مورد پذیرش گیاهان فوق استفاده مفید برده، ضمن اینکه معیارهای کیفی موجود برای آبیاری گندم در شرایط اقلیمی کشور غیرکاربردی و مورد تردید است (کیانی و عباسی، ۱۳۸۹). استفاده از آب غیر شور در زمانی که گیاه به شوری حساس است و در عین حال استفاده از آب شور زمانی که گیاه به شوری مقاوم شده است یکی از راهکارهای مناسب صرفه‌جویی در آب مخصوصا در مناطق خشک و کم آبی مثل ایران است.

شکل ۶۷- نمایی از رشد گندم در شرایط شوری

در این نوشتار ابتدا با بیان ساده به شناخت مختصری ازآثار شوری روی خاک، گیاه و محیط زیست پرداخته شده و سپس تجربه‌های استفاده از آب شور در مناطق مختلف

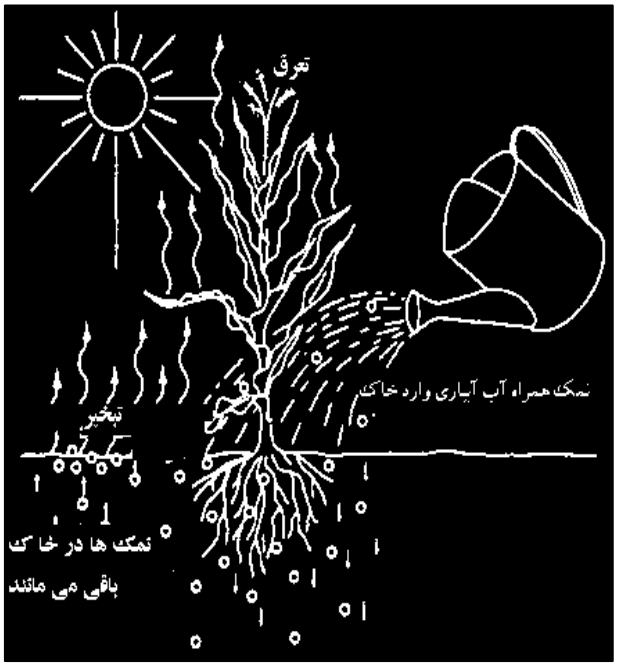
دنیا مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت روش های اجرایی و مدیریتی استفاده از آب شور برای تولیدگندم ارایه می گردد. این نوشتار می‌تواند برای کارشناسان اجرایی بخش کشاورزی و همچنین کشاورزان مفید باشد.

شوری مهمترین و متداول‌ترین معیار تعیین کننده کیفیت آب آبیاری قلمداد می‌شود. اصطلاح شوری، معرف غلظت یون‌ها و مولکول‌های محلول در آب اعم از آب آبیاری، زهکشی و زیرزمینی است. ترکیباتی که معرف شوری آب هستند، غالبا مرکب از کاتیون‌های کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، و آنیون‌های کلراید (Cl)، سولفات (SO_4)، بیکربنات (HCO_3) و کربنات (CO_3) می‌باشند. پتاسیم (K) و نیترات (NO_3) در درجه دوم اهمیت قرار دارند و به ندرت از عوامل مهم شوری محسوب می‌شوند. به همین جهت در ارزیابی کیفی آب‌های شور از سنجش این یون‌ها صرفنظر می‌شود.

٦-۲- چگونه خاک شور می‌شود

بطور کلی عواملی چون سنگ مادر، آب دریا و خصوصاً آب آبیاری باعث تجمع املاح در خاک می شوند. حرکت آب‌های زیرزمینی مقداری از املاح موجود در

سنگ‌ها را در خود حل کرده و تبدیل به آب شور می‌شود. از طرف دیگر در مناطق ساحلی و حتی دورتر از آن در اثر برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی نیز آب شور دریا به سفره های آب زیرزمینی شیرین حرکت می‌کند و عامل دیگر شور شدن آب و خاک می‌باشند. بعد از هر آبیاری، آب اضافه شده به خاک یا بوسیله گیاه مصرف می‌شود یا بطور مستقیم از خاک مرطوب تبخیر می‌گردد. در نتیجه املاح در سطح و عمق خاک باقی می‌مانند(شکل ۶۸). همچنین آب زیرزمینی می‌تواند در شور شدن خاک سهیم باشد. زمانی‌که سطح آب در اثر آبیاری و نبود زهکشی مناسب بالا بیاید، املاح موجود در آب زیرزمینی در لایه‌های بالاتر خاک و در منطقه ریشه تجمع می‌کنند (شکل ۶۹).

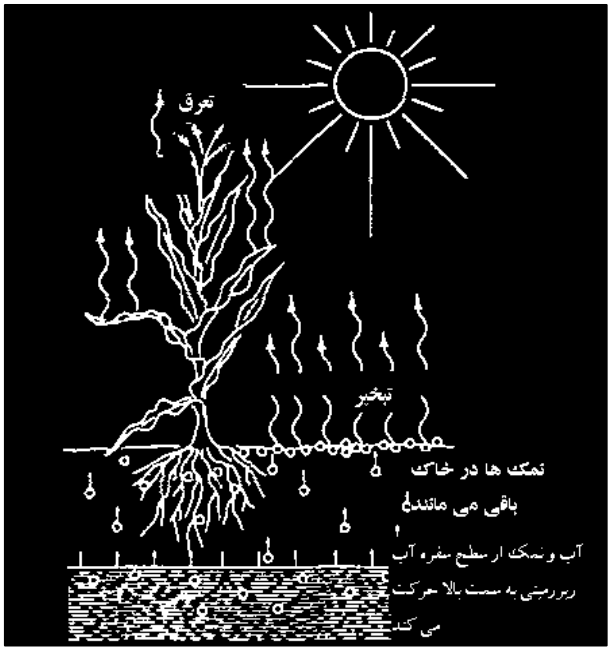


شکل ۶۸- نمایی از نحوه‌ی شور شدن خاک در اثر آبیاری

٦-۳- تبعات استفاده از آب شور

برای اینکه تولیدات کشاورزی از پایداری برخوردار باشد باید اثرات بالقوه نامطلوب آبیاری با آب شورخصوصاً اگر توسعه کشاورزی با استفاده از آبهای شور مدنظر باشد، کاملا شناخته شده باشد. اگر به مسائل مربوط به استفاده از آب شور توجه نشود ممکن است ضمن کاهش عملکرد محصول و درآمد زارعین زمین‌های کشاورزی نیز تخریب

شده و دیگر قابل استفاده نباشند. بطور کلی اثرات شوری را می‌توان به تفکیک عوامل زیر مورد بررسی قرار داد :



شکل ۶۹- نمایی از نحوه‌ی شور شدن خاک در اثر سفره آب زیرزمینی بالا

٦-۳-۱- اثرات شوری روی خاک

برخلاف خاک‌های شور (شکل ۷۰)، خاک‌های سدیمی (قلیایی، شکل ۷۱) ممکن است از نفوذپذیری فوق‌العاده پایین و قابلیت نامطلوبی برای عملیات شخم برخوردار باشند.

بطور کلی سرعت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک با افزایش سدیمی و کاهش شوری آب آبیاری، کاهش می‌یابند. زمانی که یون سدیم در یک خاک بیشتر از یون‌های کلسیم و منیزیم شود باعث برهم خوردن خاکدانه‌های خاک و تخریب ساختمان آن می‌شود. در چنین خاک‌هایی ورود و حرکت آب به خاک و در نتیجه رشد گیاه با مشکلات زیادی مواجه می‌شود. بطورکلی شوری آب آبیاری اثر منفی سدیمی بودن آب آبیاری را کم می‌کند.

شکل ۷۰- نمایی از اثر شوری روی خاک

جدول ۱۰ احتمال بوجود آمدن مشکل نفوذ آب به خاک را در شرایط متفاوت شوری و قلیایت آب آبیاری نشان می‌دهد. بطور مثال اگر سدیمی بودن آب آبیاری (SAR_{iw}) برابر ۱۲-۶ باشد، احتمال بوجود آمدن مشکل

نفوذپذیری خاک در صورتیکه شوری آب آبیاری (EC_{iw}) بیشتر از ۲ dS/m باشد، وجود ندارد. همچنین ملاحظه می‌شود، اگر سدیمی بودن آب آبیاری بین ۰ تا ۳ باشد، زمانی که شوری آب آبیاری بیشتر از ۰/۶ و یا کمتر از ۰/۳ باشد احتمال مشکل نفوذپذیری در خاک وجود ندارد.

جدول ۱۰- اثرات ترکیبی SAR_{iw} و EC_{iw} آب آبیاری برای مشکل نفوذپذیری خاک

	احتمال مشکل نفوذپذیری خاک وجود ندارد اگر:	
SAR_{iw}	EC_{iw}(dS/m) بیشتر از :	EC_{iw}(dS/m) کمتر از :
۰-۳	۰/۶	۰/۳
۳-۶	۱	۰/۴
۶-۱۲	۲	۰/۵
۱۲-۲۰	۳	۱
۲۰-۴۰	۵	۲

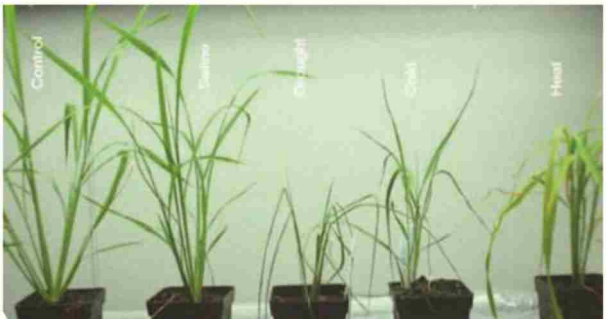
شکل ۷۱- نمایی از یک خاک سدیمی (قلیایی) که سفت و نفوذ آب در آن کم است

٦-۳-۲- اثرات شوری روی گیاه

به طورکلی شوری سه تاثیر عمومی و خاص بر روی گیاهان دارد که در نتیجه آن مستقیماً برروی رشد گیاه و عملکرد آن اثر می‌گذارند(شکل ۷۲). گیاه در شرایط مزرعه با تنش‌های محیطی مختلفی مانند تنش گرمایی، سرمایی، خشکی و شوری مواجه می‌شود، ولی در شرایط یکسان اثر شوری روی رشد گیاه از دیگر تنش‌ها کمتر است (شکل ۷۳) . شوری از سه طریق روی رشد گیاه اثر می‌گذارد که عبارتند از : اثر اسمزی، اثراختصاصی یونها و اثر عدم تعادل تغذیه‌ای.

اثر اسمزی: افزایش غلظت یونها باعث بالا رفتن فشار اسمزی محلول خاک می‌شود، درچنین شرایطی ریشه‌های گیاه بسختی قادرند آب مورد نیاز خود را از محلول خاک جذب نمایند. در شرایطی که پتانسیل اسمزی خاک کاهش می‌یابد بدون اینکه پتانسیل اسمزی آب داخل ریشه کم شود باعث کاهش جذب از ریشه‌ها می‌شود.

شکل ۷۲- نمایی از اثر شوری روی گندم



شکل ۷۳- اثر تنش های مختلف محیطی بر روی رشد گیاه (از راست به چپ به ترتیب تنش: گرمایی، سرمایی، خشکی، شوری و در انتها تیمار کنترل قرار دارد)

اثر اختصاصی یون‌ها: اثرات دیگر یون‌ها بر رشد گیاه، اثرات سمی برخی از یونهاست. مثلا جمع شدن کلرید سدیم در برگ باعث بی نظمی در باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. مهمترین یونهایی که اثرات سمی آنها موجب

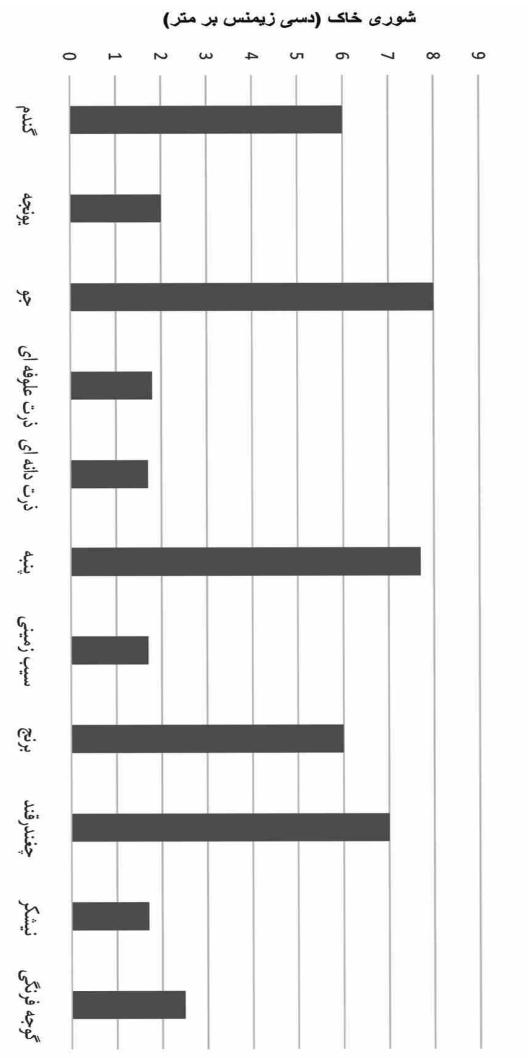
کاهش رشد و عملکرد می‌شوند سدیم، کلر و بر می‌باشند. اثر یون‌ها ی اشاره شده در کناره‌های برگ شروع می‌شود و به تدریج با افزایش مقدار املاح به اطراف گسترش می‌یابد که منجر به چروکیده شدن، سوختگی و خشک شدن بافت‌های لبه خارجی برگ‌ها می‌شوند (شکل ۷۴). وقفه در رشد گیاه معمولا در یک مقدار شوری آستانه آغاز می گردد و سپس با یک شیب مشخص کاهش می‌یابد.

اثر عدم تعادل تغذیه‌ای: شدت و ضعف اثر شوری بر عدم تعادل تغذیه‌ای به نوع گیاه و حتی گونه های گیاهی بستگی دارد. دامنه بهینه هر عنصر غذایی در محلول خاک به عوامل مختلفی از جمله غلظت و ترکیب شیمیایی املاح بستگی دارد. زیرا شوری خاک فعالیت یونی عناصر غذایی در محلول خاک را تحت تاثیر خود قرار داده و در نتیجه توازن موجود میان نسبت آنها بهم می خورد. به طور کلی خاک، تعادل تغذیه‌ای گیاه را از راههای زیر بهم می زند.

- مختل کردن قابلیت دسترسی عناصر غذایی از خاک
- مختل کردن جذب و یا توزیع عناصر غذایی دردرون خاک
- افزایش نیاز گیاه به یک یا چند عنصر غذایی بر اثر غیر فعال شدن برخی فرایندهای فیزیولوژیک

شکل ۷۴- نمایی از آثار غلظت املاح در روی برگ گیاه
(از چپ به راست غلظت املاح اضافه شده است)

به طور کلی گیاهان حساس به شوری در مقادیر کم شوری نیز دچار کاهش عملکرد می‌شوند. گیاهان بر اساس تحمل آنها به شوری به دسته‌های حساس، نیمه مقاوم و مقاوم تقسیم‌بندی می‌شوند. برای تعیین تحمل گیاهان دو شاخص شامل حد آستانه تحمل و شیب کاهش عملکرد بعد از آستانه در نظر گرفته می‌شود. شکل ۷۵ آستانه تحمل به شوری خاک را در گندم نسبت به چند گیاه زراعی مورد مقایسه قرار داده است. این شکل بیان می‌کند که گیاهان مختلف از چه مقدار هدایت هیدرولیکی به بعد دچار کاهش عمکلرد می‌شوند. همانطور که در شکل دیده می‌شود گندم یکی از گیاهان مقاوم به شوری محسوب می‌شود.



شکل۷۵- آستانه تحمل برخی از گیاهان به شوری عصاره اشباع خاک

٦-۳-۳- اثرات شوری در محیط زیست

کاربرد آب شور حداقل چهار خطر زیست محیطی دارد: افت حاصلخیزی خاک بدلیل شوری و ماندابی شدن (شکل ۷۶)، آلودگی منابع آب توسط نمک‌ها و سموم بر اثر زهکشی، تخریب اکوسیستمهای مربوط و به مخاطره افتادن سلامت عموم بدلیل آلودگی آب و ماندابی شدن. فعالیت‌های انسان از جمله توزیع مجدد آب و در نتیجه نمک در طی آبیاری منجر به افزایش مناطق تحت تاثیر نمک می‌شود. بخش عمده‌ای از مشکلات مربوط به تخریب خاک (شوری و ماندابی شدن) در کشاورزی فاریاب در نتیجه جابجایی و تجمع آب و نمک بیش از اندازه در محل و در ارتباط با شرایط هیدرولوژیکی و باز گشت زه آب‌های شور به منابع آب شیرین می باشد. وجود عناصر سنگین و کم‌مصرف نظیر آرسینیک، مولیبدن، سیلینیوم و... در زه آبهای کشاورزی ممکن است مشکلاتی از نظر آلودگی پدید آورند که می‌تواند تداوم آبیاری را تهدید کند. امروزه پیدا کردن یک تخلیه‌گاه مناسب برای زه‌آب های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی به یک مشکل جدی تبدیل شده است چرا که این زه‌آبها عمدتاً دارای مقادیر زیادی از املاح مختلف مخصوصا کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات

هستند که می‌توانند محیط زیست هر منطقه‌ای را بـا خطـرات جدی مواجه کند. بنابراین کاهش آبشویی هـم بـدلیل تخلیـه کمتر نمک و هم بدلیل جذب کمتر نمک‌های اضافی ناشی از هوا دیدگی و انحلال مـواد معـدنی امـری بـسیار مفیـد در سالم سازی محیط است (کیانی و عباسی، ۱۳۸۹).

شکل ۷۶- تاثیر شوری بر روی خاک

٦-٤- تجربیات کاربرد آب شـور بـرای گنـدم در کشور

در کشور به دلیل نبود اطلاعات کافی در خصوص رابطه آب شور با عملکرد گندم برای برنامه‌ریزی آب آبیاری برای گنـدم از مـستندات دیگـر محققـان (عمـدتاً مـاس و هـافمن، ۱۹۷۷) استفاده می‌شود. شـواهد متعـددی در دنیـا ودرکـشور وجود دارد که نـشان دهنـده اسـتفاده از آب‌هـای بـا شـوری

بـالاتر از پیـشنهادهای اشـاره شـده توسـط مـاس و هـافمن (۱۹۷۷) برای تولید گیاهان بوده که عملکرد مناسب‌تری هـم دریافت شده است. نمونه‌های متعددی از کـاربرد آب شـور در نقاط مختلف کشور از جمله، گلستان، فـارس، اصـفهان و یزد وجود دارد کـه حکایـت از کـاربرد نـسبتاً موفقیـت‌آمیـز اسـتفاده از ایـن نـوع آبهـا بـرای تولیـدات کـشاورزی دارد. جمع‌بندی نتایج نشان داده است که آستانه‌های شوری آب و خاک که توسط ماس و هافمن اعـلام شـده اسـت در منـاطق مختلف کشور غیر کاربردی است. تغییـرات عملکـرد تحـت شوری‌های مختلف در مناطق مختلف تابع عواملی مثل اقلـیم خـصوصاً تغییـرات زمـانی و مکـانی بارنـدگی، نـوع و شـیوه آبیاری و زهکـشی، نـوع خـاک، گیـاه و نـوع امـلاح اسـت. نمی‌توان برای گیاهی خاص آستانه‌ای معین برای همـه نقـاط تعیین نمود. در نتیجه برای هـر نـوع خـاک و اقلیمـی بایـستی تحقیقی مرتبط بـا آن بـرای ارزیـابی اثـرات شـوری بـر روی منطقه و گیاهان آن صورت گیرد.

شـکل ۷۷ (زمـین‌هـای کـشاورز) و جـداول ۱۱ (نتـایج محققین) و ۱۲ (در زمین‌های کشاورز) نمونه‌هایی از کـاربرد آب شـور و خـاک شـور بـرای تولیـد گنـدم در بعـضی از استانهای کشور را نـشان مـی‌دهنـد. شـکل ۷۷ یـک نمونـه از

کاربرد آب شور زهکش برای آبیاری گندم در منطقه استان گلستان توسط کشاورزان است. در شرایطی که آب کم باشد، کشاورزان سعی می‌کنند از منابع آب در اختیار برای اراضی کشاورزی خود استفاده نمایند و البته نمونه این تجربیات در محافل کشاورزی در سرتاسر کشور فراوان وجود دارد. اما با توجه به مسایل که در قسمت‌های قبل در خصوص تبعات استفاده از آب شور خصوصاً در طولانی مدت توضیح داده شد، ضروری است تا تمهیدات لازم برای تعدیل شرایط خسارت‌زای کاربرد آب شور اندیشیده شود. ملاحظه می‌شود که آستانه‌های شوری آب و خاک که توسط ماس و هافمن (۱۹۷۷) اعلام شده است، در مناطق مختلف کشور غیر کاربردی است. تغییرات عملکرد گندم تحت شوری‌های مختلف در مناطق مختلف تابع عوامل مختلف مثل اقلیم، تغییرات زمانی و مکانی بارندگی، و شیوه آبیاری و زهکشی، خاک و گیاه و نوع املاح است. شوری پدیده‌ای است که اثرات آن به شدت تحت تاثیر عوامل مختلف تغییر می‌کند به گونه ای که یک میزان شوری در یک متطقه ممکن است باعث کاهش عملکرد محسوس نشود در حالی که در یک منطقه دیکر باعث خسارات زیادی به عملکرد محصول شود. به عنوان نمونه، در استان

گلستان بارندگی‌های اوایل فصل حتی در زمین‌های شور، لایه سطحی خاک را برای رشد اولیه گندم مناسب می‌کند. در صورت زهکشی مناسب، املاح شسته شده توسط باران یا آبیاری در لایه‌های پایین‌تر فرصت تجمع نمی‌یابند. در نتیجه امکان صعود املاح به سمت لایه سطحی کاهش خواهد یافت. وقوع بارش پیش از فصل رشد گندم در برخی نقاط این امکان را می دهد که خاک برای رشد گندم مهیا شده و درنتیجه عملکرد گندم کمتر تحت تاثیر شوری خاک قرار گیرد.

شکل ۷۷- نمونه‌ای از کاربرد آب شور زهکش برای آبیاری مزارع گندم (EC=17dS/m)

جدول ۱۱- نمونه‌هایی از کاربرد آب شور برای تولید گندم در چند استان کشور(نتایج محققین)

استان	نوع شوری	میزان شوری (dS/m)	عملکرد Kg/ha	منبع
گلستان	آب آبیاری	۱۷/۵	۳۳۲۶	کیانی (۱۳۸۵)؛ کیانی و همکاران (۱۳۸۳)
	آب آبیاری	۱۳/۶	۳۲۱۵	
	عصاره اشباع خاک	۱۳	۲۵۱۷	
	عصاره اشباع خاک	۱۲/۵	۳۸۷۹	
	عصاره اشباع خاک	۱۰	۳۸۸۶	
فارس	آب آبیاری	۱۱/۵	۳۵۰۰	چراغی و کریمی(۱۳۸۵)
	آب آبیاری	۱۰/۴	۶۵۰۰	
	آب آبیاری	۱۰/۲	۵۶۰۰	
اصفهان	آب آبیاری	۸/۲	۲۸۱۰	فیضی و حقیقی(۱۳۸۰) افیونی و همکاران(۱۳۸۰) مرجوئی و همکاران(۱۳۸۴)
	آب آبیاری	۱۲	۲۶۳۰	
	آب آبیاری	۱۲	۳۴۹۰	

علاوه بر فعالیت‌های محققین در خصوص استفاده از آب شور برای تولید گندم، در زمین‌های زراعی نیز کشاورزان سالیان متمادی به دلیل کمبود آب به کشت و کار و تولید گندم در شرایط آب و خاک شور مشغول هستند. برای

بررسی دقیق‌تر نتایج اندازه‌گیری عملکرد گندم در چند مزرعه در استان گلستان که در شرایط مختلف شوری کاشته شده‌اند در جدول ۱۲ خلاصه شده است. برآیند اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند که در اکثر مناطق شوری لایه سطحی خاک در زمان کاشت و مراحل اولیه رشد گندم کمتر از مراحل انتهایی رشد است (جدول ۱۲). به عنوان نمونه، شوری لایه سطحی خاک در مزارع ۳، ۵ و ۶ در اوایل رشد به ترتیب ۳/۳، ۱/۴ و ۵/۵ دسی‌زیمنس برمتر بود ولی در اواخر فروردین ماه شوری خاک‌ها به ۸/۷، ۱۲/۹ و ۲۵/۶ دسی‌زیمنس برمتر افزایش یافت. کاهش نزولات، عدم آبیاری، افزایش درجه حرارت در مزارع ۳ و ۶ و نوسانات سفره آب زیرزمینی در مزرعه ۵ عامل اصلی روند صعودی شوری در خاک است. بارندگی‌های اوایل فصل رشد گندم حتی در زمین‌های شور، لایه سطحی خاک را برای رشد اولیه گندم فراهم می‌کند، در صورت زهکشی مناسب، املاح شسته شده توسط باران یا آبیاری در لایه‌های پایین‌تر فرصت تجمع نمی‌یابند، در نتیجه امکان صعود املاح به سمت لایه سطحی کاهش خواهد یافت. در مزرعه شماره ۱ شوری اولیه در لایه سطحی خاک بالا بود (۱۰/۵ دسی‌زیمنس‌برمتر) و نسبت به بقیه کشاورزان عملکرد نسبتاً

مناسبی گرفت (۲۵۱۷ kg/ha). این عملکرد در شرایط شوری فوق قابل قبول بوده، ضمن اینکه در انتهای فصل شوری لایه سطحی خاک به ۵ دسی‌زیمنس برمتر کاهش یافت. به دلیل اینکه کشاورز اشاره شده یکبار ۱۵۷ میلی‌متر یعنی حدود ۷۰ درصد بیشتر از نیاز آبی گیاه آبیاری کرده و این مقدار آب شستشوی لازم در لایه سطحی خاک را انجام داد.

همین روند ولی با دامنه نوسان کمتر در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک شوری انتهای فصل بیشتر از شوری اولیه خاک بود. پس املاح شسته شده از بالا در اعماق پایین تجمع نمودند. شوری لایه سطحی خاک در زمین شماره ۱۱ نیز در اوایل رشد گندم زیاد بود (۱۵دسی‌زیمنس‌برمتر). کشاورز فوق دو آبیاری به اندازه ۶۸ درصد نیاز گیاه انجام داد. همانطور که ملاحظه می‌گردد شوری لایه سطحی در انتهای فصل تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته، ضمن اینکه عملکرد قابل قبول‌تری (۳۲۲۶ kg/ha) نسبت به زمین شماره ۱ گرفت. ولی چون مقدار آب و یا بارندگی شستشوی لازم را انجام نمی‌دهند در اعماق پایین تجمع شوری اتفاق افتاده است. بطوری که در عمق ۹۰ سانتی‌متری در انتهای فصل شوری خاک تا ۲۵ دسی‌زیمنس برمتر افزایش یافت.

جدول ۱۲- تغییرات شوری عصاره اشباع نیمرخ خاک (دسی‌زیمنس‌برمتر)، مقادیر آب مصرفی و عملکرد گندم در مزارع زارعین

مزارع	تاریخ نمونه برداری	شوری خاک (dS/m) در اعماق مختلف (cm) ۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	تعداد آبیاری	آب آبیاری (m^3/ha)	باران (m^3/ha)	عملکرد (kg/ha)
۱	۸۴/۱۱/۵	۱۰/۶	۱۱/۵	۹/۵	۱	۱۵۷۰	۲۲۵۰	۲۵۱۷
	۸۵/۱/۲۸	۱۲/۳	۱۴/۵	۱۸/۵				
	۸۵/۳/۴	۴/۸	۱۰	۱۵/۱				
۲	۸۴/۱۱/۱۷	۳/۳	۵/۲	۹/۱	-	-	۲۶۰۰	۲۶۸۶
	۸۵/۲/۱۷	۵/۱	۹/۳	۱۴				
	۸۵/۳/۸	۳/۵	۸/۵	۱۲/۲				

ادامه جدول ۱۲-

مزارع	تاریخ نمونه برداری	شوری خاک (dS/m) در اعماق مختلف (cm) ۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	تعداد آبیاری	آب آبیاری (m^3/ha)	باران (m^3/ha)	عملکرد (kg/ha)
۳	۸۴/۱۱/۵	۳/۳	۵/۲	۵/۸	۱	۳۹۰	۲۲۵۰	۳۳۲۴
	۸۵/۱/۲۶	۸/۷	۱۰/۵	۱۰/۶				
	۸۵/۳/۴	۴/۹	۶	۶/۸				
۴	۸۴/۱۱/۳	۱/۴	۲/۷	۲/۱	۱	۷۰۰	۲۱۲۰	۵۰۸۳
	۸۵/۱/۷	۱/۵	۳/۶	۴/۷				
	۸۵/۳/۸	۱/۳	۱/۹	۲/۳				
۵	۸۴/۱۱/۸	۱/۴	۲/۵	۴/۳	۱	۵۸۰	۲۶۰۰	۳۸۸۶
	۸۵/۱/۲۶	۱۲/۹	۲۵/۱.	-				
	۸۵/۳/۳	۴/۷	۱۲/۳	۱۸				

ادامه جدول ۱۲-

مزارع	تاریخ نمونه برداری	شوری خاک (dS/m) در اعماق مختلف (cm) ۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	تعداد آبیاری	آب آبیاری (m^3/ha)	باران (m^3/ha)	عملکرد (kg/ha)
۶	۸۴/۱۱/۵	۵/۵	۶	۵/۲	۲	۱۶۴۰	۲۲۵۰	۳۸۷۹
	۸۵/۱/۲۵	۲۵/۶	۱۶/۳	۱۶/۶				
	۸۵/۳/۱	۱۴/۲	۱۳/۹	۱۴/۷				
۷	۸۵/۱۱/۳	۲/۳	۶/۱	۹/۵	۱	۹۱۵	۲۶۰۰	۳۲۹۶
	۸۵/۱/۲۶	۰/۸۵	۲/۲	۳/۶				
	۸۵/۳/۶	۱۴/۱	۱۵	۱۴/۷				
۸	۸۴/۱۱/۶	۵/۶	۵/۷	۵/۳	۲	۸۵۰	۲۲۵۰	۲۷۵۳
	۸۵/۱/۲۸	۸	۹/۷	۹/۵				
	۸۵/۱/۱۵	۳/۱	۳/۶	۴/۸				
	۸۵/۳/۲	۵/۲	۶	۶/۸				

ادامه جدول ۱۲-

مزارع	تاریخ نمونه برداری	شوری خاک (dS/m) در اعماق مختلف (cm) ۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	تعداد آبیاری	آب آبیاری (m^3/ha)	باران (m^3/ha)	عملکرد (kg/ha)
۹	۸۴/۱۱/۱۲	۲/۳	۴/۵	۹/۱	۵	۱۶۰۰	۲۲۵۰	۳۹۵۱
	۸۴/۱۲/۲۸	۵/۷	۱۴	۲۲				
	۸۵/۱/۲۳	۷/۳	۲۳/۱	۲۸/۳				
	۸۵/۲/۴	۸/۴	۲۰	۳۳/۵				
	۸۵/۲/۳۱	۳/۸	۸/۸	۱۷/۶				
۱۰	۸۵/۱/۱۵	۱	۱/۲	۱	۱	۷۲۰	۲۳۰۰	۱۷۷۶
	۸۵/۳/۷	۳	۲/۶	۲/۳				
۱۱	۸۴/۱۱/۱۲	۱۵/۷	۲۱	۲۱	۲	۱۸۴۰	۲۲۵۰	۳۲۲۶
	۸۵/۱/۲۳	۳۹/۴	۴۹/۸	۵۰				
	۸۵/۲/۳۱	۱۴/۷	۱۶/۷	۲۷/۳				

بطور کلی در مزارع شور اگرچه عملکردهای حاصل شده قابل قبول هستند، ولی روند افزایش شوری در عمق خاک مشاهده شد. در اوایل فصل به دلیل بارندگی، شوری لایه سطحی خاک کاهش می‌یابد و گیاه قادر خواهد بود به رشد خود ادامه دهد و در مراحل بعدی رشد که گندم به شوری متحمل‌تر می‌شود، به دلیل کاهش بارندگی و نبود یا عملکرد نامطلوب زهکش‌ها امکان افزایش شوری در نیمرخ خاک وجود دارد. یکی دیگر از خسارت‌های وارده در زمینه آب و خاک شور به مزارع گندم‌کاری استان، خصوصاً در مناطق با ارتفاع پست (زمین شماره ۱۰)، آب ماندگی زمستانه و بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی می‌باشد. در فروردین ماه اندازه‌گیری رطوبت خاک در این مزرعه نشان داد که مزرعه نیازی به آبیاری ندارد در حالی که کشاورز ۷۲ میلی‌متر آب داده است.

٦-٥- عوامل موثر در استفاده موفقیت‌آمیز از آب شور

دلایلی زیادی است که باعث کاربرد موفقیت آمیز آب شور در یک منطقه می‌شود از آن جمله می‌توان به مقدار زیاد کلسیم در آب آبیاری، اقلیم خصوصا درجه حرارت و

بارندگی و توزیع آن، واکنش متفاوت گیاهان به شوری، روش آبیاری، نوع خاک و نوع املاح موجود در آب آبیاری یا خاک اشاره نمود. اقلیم نقش موثری در تعیین طبقه بندی کیفی آب دارد. در منطقه‌ای که دارای رژیم بارندگی مناسبی است نسبت به منطقه‌ای که مقدار بارندگی آن کم است گیاه توانایی تحمل شوری بالاتری را دارد. به عبارت دیگر یک نوع آب با درجه مشخص از شوری در یک منطقه با بارندگی مناسب غیرشور و در منطقه دیگر با بارندگی نامناسب شور طبقه بندی می شود. روش آبیاری و مدیریت آبیاری و زهکشی نیز نقش موثری در طبقه بندی کیفی آب دارد. نوع خاک نیز یک شاخص مهم در طبقه بندی کیفی آب‌ها محسوب می شود. استفاده از آب شور در خاک‌های سنگین نسبت به خاک سبک به دلیل عدم زهکشی و تهویه مناسب پایداری کشاورزی را به مخاطره می‌اندازد و با مصرف طولانی مدت آب شور در این خاکها که دارای سدیم بالا می باشند ضررهای جبران ناپذیری به گیاه و ساختمان خاک وارد می‌سازد. در نتیجه در خاک‌های سنگین باید معیار طبقه بندی کیفی آب محافظه کارانه‌تر از خاک‌های سبک انتخاب شود. نوع یون نیز یکی از شاخص‌های مهم کیفی آب قلمداد می‌شود. کاتیون‌های

غالب در آب آبیاری به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک شامل، کلسیم، سدیم، و پتاسیم می‌تواند به مصرف گیاه برسد ولی یون سدیم قابلیت صدمه زدن به خاک و گیاه را دارد از آنیون ها نیز سولفات و نیترات به مصرف گیاه می رسند ولی کلر ممکن است برای گیاه ایجاد سمیت کند. بارندگی‌های پس از فصل رشد نیز می‌تواند کمک زیادی در شستشوی املاح تجمع یافته در زمین کشاورزی به دلیل آبیاری با آب شور کند. این نوع بارندگی ها معمولا از تجمع طولانی مدت شوری در خاک جلوگیری می کنند و شرایط را برای کشت بعدی فراهم می‌کنند.

٦-٦- چه حدی از آب شور برای آبیاری گندم در کشور قابل قبول است؟

از آنجا که گندم در مراحل رشد نسبت به شوری واکنش‌های متفاوتی نشان میدهد، به این صورت که در ابتدای رشد نسبت به شوری حساس‌تر و با افزایش دوره رشد نسبت به شوری مقاوم‌تر می‌شود در نتیجه، برای حصول به تولید پایدار بهتر است در اوایل رشد از آب غیرشور استفاده شود و به تدریج با دوره رشد گندم می‌توان شوری آب را نیز افزایش داد. همانطور که در بخش‌های قبلی توضیح داده

شد، در کشور ایران عمده مناطقی که در آنها گندم به صورت تکمیلی آبیاری می‌شود، باران (آب غیرشور) بخشی از آب موردنیاز گندم را تامین می‌کند، بدین صورت که مراحل اولیه رشد مطابق است با بارندگی‌های پاییزه و زمستانه و معمولاً آبیاری انجام نمی‌گیرد. در این شرایط گیاه به شوری مقاوم‌تر است، بنابراین کاربرد آب شور برای حصول به تولید مناسب وجود دارد. به استناد تجربیات به دست آمده و با توجه یه تاثیر عوامل مهم مانند بافت خاک، اقلیم و دوره رشد گندم، جدول ۱۳ که راهنمای مناسبی برای کاربرد آب شور در اقلیم‌های مختلف و مراحل رشد گندم است، ارایه می‌گردد.

جدول ۱۳- حد شوری آب (dS/m) برای آبیاری گندم در مراحل مختلف رشد و اقلیم های مختلف

بافت خاک	مرحله رشد	میزان بارندگی سالانه (mm)		
		۱۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۵۰۰	>۵۰۰
سبک	جوانه زنی	۳	۳	۳
	خوشه دهی	۸	۱۰	۱۲
	گلدهی	۱۱	۱۳	۱۵
متوسط	جوانه زنی	۳	۳	۳
	خوشه دهی	۷	۹	۱۱
	گلدهی	۱۰	۱۲	۱۴
سنگین	جوانه زنی	۳	۳	۳
	خوشه دهی	۶	۸	۱۰
	گلدهی	۸	۱۰	۱۱

بطور کلی در این جدول هر چه خاک سبک‌تر، مرحله رشد گندم کامل‌تر و یا میزان بارندگی سالانه در هر منطقه بیشتر باشد از شوری بالاتری می‌توان برای آبیاری گندم استفاده کرد. بطور مثال برای یک خاک سبک در منطقه‌ای که میزان بارندگی سالانه آن در حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر است، در مرحله خوشه‌دهی آب با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس مناسب در حالیکه برای خاک سنگین نامناسب است و برای خاک سنگین حداکثر تا شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر قابل

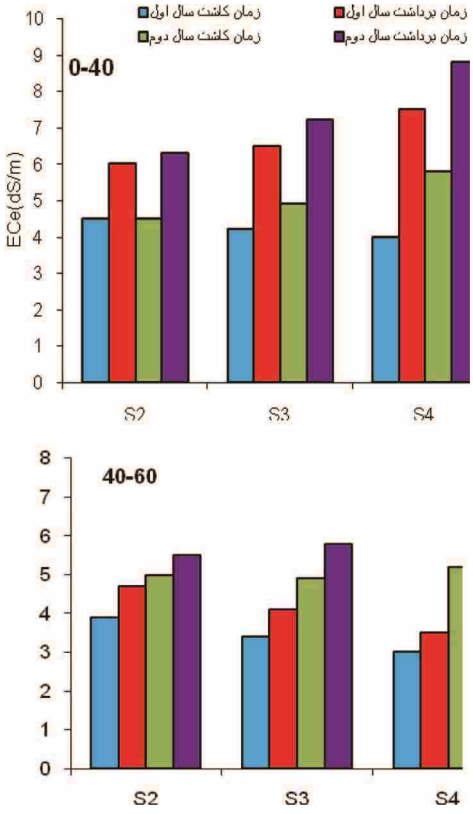
توصیه است. به همین ترتیب در همان مرحله رشد گندم، در صورتیکه بارندگی بیشتر باشد از شوری بالاتری (۱۲ dS/m) می توان استفاده کرد و در حالیکه بارندگی کمتر باشد، حداکثر تا شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مجاز است.

٦-۷- آیا استفاده طولانی مدت از آب شور مشکل ساز نخواهد بود؟

استفاده از آب شور زمانی توجیه پذیر است که این عامل باعث بروز مشکل در زمان استفاده و هم در طولانی مدت نشود. به عبارت دیگر ممکن است استفاده از آب شور در یک منطقه ابتدا مشکلی را ایجاد نکند اما استفاده طولانی مدت از آن به دلیل زهکشی ضعیف و عدم آبشویی با مشکل مواجه شود که استفاده آن را محدود کند. مطالعات نشان داده است که استفاده از آب با شوری‌های ارایه شده در جدول ۱۳ در عملکرد گندم اثرات قابل توجه‌ای ندارد (چند نمونه کاربرد آب شور در جداول ۱۱ و ۱۲). به عبارت دیگر امکان استفاده از این نوع آبها در برنامه‌ریز ی آبیاری گندم بسادگی وجود دارد. اما بطور طبیعی آبیاری با آب شور در طولانی مدت مشکلاتی برای خاک بوجود خواهد آورد. نکته قابل توجه و بسیار مهم برای حفظ

پایداری تولید این است که استفاده از آب شور بر اساس این جدول برای سه سال مداوم یا حداکثر چهار سال مداوم پیشنهاد می‌گردد. پس از این مدت قبل از کشت گندم تا عمق ۶۰ سانتی متری خاک با آب غیرشور آبشویی انجام پذیرد. در نتیجه در برنامه‌ریزی طولانی مدت احداث سیستم زهکشی به منظور خروج املاح از نیمرخ خاک ضروری است. بطورکلی بررسی دو ساله توسط کیانی و همکاران (۱۳۸۵) در شرایط استان گلستان نشان داد که توزیع شوری در نیمرخ خاک در زمان برداشت گندم بدلیل کاهش نزولات، تبخیر زیاد و افزایش سطح آب زیرزمینی در مناطقی که مشکل زهکشی دارند نسبت به ابتدای سال خصوصاً در لایه سطحی خاک افزایش داشت (شکل ۷۸). بطوریکه در تیمار شور در سال اول، متوسط شوری تا عمق ۴۰ سانتی‌متری از ۴ dS/m در زمان کاشت به ۷/۵ dS/m در زمان برداشت و در سال دوم از ۵/۸ dS/m در زمان کاشت به ۸/۸ dS/m درزمان برداشت رسید. اما باران های مهر، آبان و آذر (متوسط ۱۴۰ میلی‌متر) با شستشوی املاح شرایط را برای جوانه زنی و رشد اولیه گندم مساعد می کند. سه ماهه زمستان به دلیل ریزش‌های زمستانه، افزایش رطوبت هوا، کاهش تبخیر و کاهش درجه حرارت هوا صعود شوری

از لایه‌های پایین تر به سطح خاک را محدود می‌سازد. بنابر این ملاحظه می گردد که شرایط اقلیمی می‌تواند کاربرد آب‌های شور(بالاتر از آستانه مورد پذیرش گندم) را میسر می‌نماید.



شکل ۷۸- توزیع شوری نیمرخ خاک (۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متری) در اثر آبیاری با آب شور طی دو فصل زراعی گندم (S_2، S_3 و S_4 به ترتیب شوری آب آبیاری برابر با ۸/۵، ۱۱/۵ و ۱۴/۵ dS/m).

٦-٨- راهکارهای عملی استفاده از منابع آب شور

با وجود آثار و تبعات منفی کاربرد آب شور بر روی خاک و گیاه که در مباحث قبلی تشریح شده است . این سوال مطرح می شود که آیا می‌توان ازآبهای شور که حجم عظیمی از آبهای موجود جهان را تشکیل می‌دهند و بر اساس معیارهای بین‌المللی به عنوان آبهای نامناسب برای آبیاری تشخیص داده شده‌اند در تولید کشاورزی استفاده مفید برد؟ اگر جواب مثبت است بهترین شیوه استفاده از این آبها بطوریکه تبعات منفی آن را به حداقل برساند چیست؟ بطور کلی عملیات مدیریتی برای استفاده صحیح از آب شور برای آبیاری عبارتند از:

- اختلاط آبهای شور -غیرشور و کاربرد تناوبی آب شور-غیرشور (Cyclic and Blending Strategies)
- انتخاب گیاهان یا واریته های گیاهی که بتوانند عملکرد رضایت بخشی تحت شرایط شوری یا قلیایی موجود یا شرایطی که در آینده به آن منتهی می شود تولید نمایند
- روشهای مخصوص کاشت، که تجمع نمک را در مجاورت بذر، مینیمم نماید.
- آبیاری و انجام آبشویی متناوب خاک جهت ابقاء مناسب رطوبت خاک.

- آماده نمودن زمین جهت افزایش یکنواختی توزیع آب و نفوذپذیری، آبشویی و انتقال شوری.
- تحویل آب به مزرعه به مقدار صحیح و در زمان لازم
- روشهای مخصوص(خاک ورزی و اصلاحات شیمیایی خاک، مواد آلی و رشد گیاهان به عنوان کود سبز) برای حفظ نفوذ پذیری خاک تحت کشت.

برای مقایسه کمّی تولید حاصل از دو نوع استراتژی فرض می‌شود که کشاورز دو هکتار زمین در اختیار دارد. مقدار آب غیرشور تنها برای آبیاری یک هکتار زمین گندم کفایت می‌کند. دو گزینه پیش رو دارد یا یک هکتار زمین را با آب غیرشور و یک هکتار دیگر را بصورت دیم می‌کارد و یا همه‌ی دو هکتار را با آب اختلاط شده از دو منبع آب کانال و زهکش که در مثال بالا تشریح گردید، آبیاری می‌کند. نتایج خلاصه شده دو نوع استراتژی در جدول ۱۵ ارایه شده است. ملاحظه می‌گردد در صورتی‌که کشاورز گزینه اول را انتخاب کند یعنی یک هکتار را بصورت آبی با آب غیرشور کانال و یک هکتار بعدی را دیم بکارد مجموع عملکرد دریافتی در حدود ۶ تن می‌شود. ولی در صورتیکه هر دو هکتار را با آب حاصل از اختلاط دو نوع منبع آبی (کانال و زهکش) که در بالا به آن اشاره

شد و تبدیل به آب با شوری ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر شده بود و با توجه به میزان کاهش عملکرد گندم در اثر آبیاری با این نوع آب به استناد نتایج فعالیت‌های پژوهشی، ملاحظه می‌گردد که عملکرد گندم در دو هکتار در حدود ۷۲۰۰ کیلوگرم حاصل می‌شود (۱۲۰۰ کیلوگرم افزایش عملکرد نسبت به عدم استفاده از آب زهکش).

جدول ۱۵- مقایسه کمّی استراتژی اختلاط آب شور زهکش (۲۰ dS/m) با آب کانال (۱dS/m) نسبت به آب کانال برای تولید گندم

کیفیت آب (dS/m)	مساحت زمین (هکتار)		عملکرد در یک هکتار(کیلوگرم)		مجموع عملکرد کیلوگرم
	آبی	دیم	آبی	دیم	
۱	۱	۱	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۶۰۰۰
۱۰/۵	۲	-	۳۶۰۰	-	۷۲۰۰

٦-۸-۲- کاربرد تناوبی آب شور-غیرشور

کاربرد تناوبی آب به این معنی است که در یک دوره آبیاری آب شیرین و در یک دوره دیگر آب شور مصرف شود. این راهکار از آن جهت حائز اهمیت است که گندم در دوره‌های خاصی از رشد خود مخصوصاً دوره اولیه رشد به شوری حساس است اما در دوره‌های دیگر این حساسیت

کمتر می شود. در نتیجه بـا بکـارگیری آب شـور در مراحـل غیر حساس به شوری و به کارگیری آب شـیرین در مراحلـی که گندم به شـوری حـساس اسـت یـک راهکـار مناسـب در صرفه جویی آب به شمار می‌رود. در منـاطقی کـه منـابع آب شـور بـرای آبیـاری گنـدم در حـدود ۸ تـا ۱۵ dS/m باشـد، امکان کاربرد آب شور به صورت مستقیم وجود دارد. یکـی از روش‌های موثر برای کـاربرد پایـدار آب شـور اسـتفاده از آب شور و غیر شور به صورت متنـاوب اسـت و در دنیـا نیـز تجربه شده است. روش کـار بـدین صـورت اسـت در اوایـل رشد که گندم به شـوری حـساس هـست از آب غیـر شـور و سپس بصورت متناوب آب شور و غیرشور به کـار مـی رود. خاصیت خوب ایـن روش شستـشوی متنـاوب خـاک در اثـر آبیاری با آب غیر شـور بـوده کـه در جهـت حفـظ پایـداری کـشاورزی زمـانی‌کـه آب شـور بـه کـار رود کمـک قابـل توجه‌ای می‌کند. با تفکیک آب‌هـای شـور وشـیرین معمـولاً می‌توان محصول بیشتری از کل منبع آب به دسـت آورد. در مورد جدا نگه داشتن آب‌های شور زه کشی از منـابع آب بـا کیفیت خوب به خصوص هنگامی کـه آب هـای اخیـر بایـد برای آبیاری محصولات حساس به شوری به کار رونـد بایـد توجهات جدی مبذول نمود. اختلاط این آبهـا بـرای گیاهـان

حساس قابل استفاده نخواهد بود ولی از آب های شور زه کشی با جایگزین شدن به جای آب با کیفیت خوب برای آبیاری محصول واقع در تناوب در مرحله رشد پس از جوانه زدن می‌توان استفاده موثرتری به عمل آورد. استفاده مجدد از آب زه‌کشی برای گیاهان مقاوم به شوری، حجم نهایی آب زه‌کشی قابل دفع و همچنین آلودگی محیطی همراه با تخلیه جریان های برگشتی آبیاری را کاهش می دهد. در عمده مناطق کشور این نوع مدیریت بصورت طبیعی برای گندم بوسیله باران در مراحل اولیه رشد انجام میگیرد.

مزایای راهبرد تناوبی به شرح زیر هستند:

- شوری خاک در طول زمان آبیاری به خصوص در خاک سطحی و در دوره جوانه‌زدن گیاه پایین نگه داشته می‌شود.
- گیاهان حساس به شوری نیز می‌توانند در این مجموعه تولید گردند.
- نیازی به سطح ایستابی کم عمق نیست .
- سیستم های آبیاری و زه کشی متداول قابل استفاده هستند.

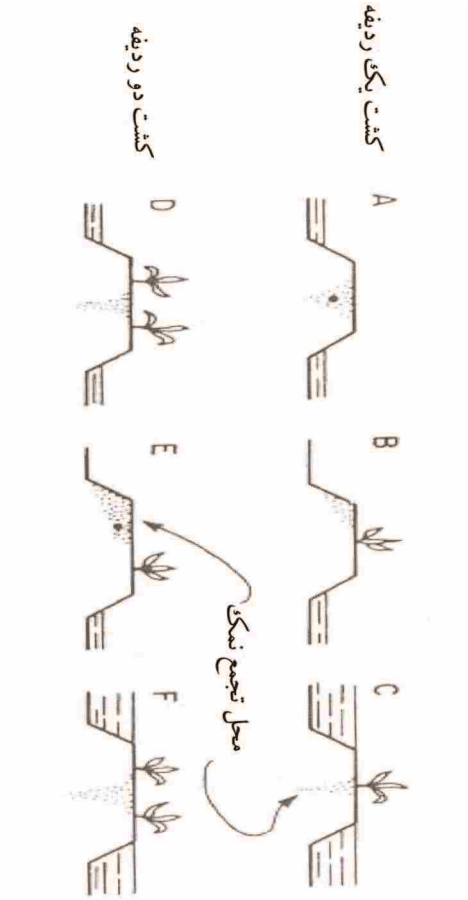
زه‌آب ثانوی که به تدریج غلیظ می‌شود نباید نظیر وقتی که آب زه کشی از طریق کم آبیاری یا راهبردهای زه کشی

کنترل شده از آب زیرزمینی استخراج مـی گـردد، در سـطح ایستابی کم عمق زیر مزرعه باقی بماند.

٦-٨-٣- مدیریت بستر کاشت برای مینیمم کردن تجمع موضعی نمک

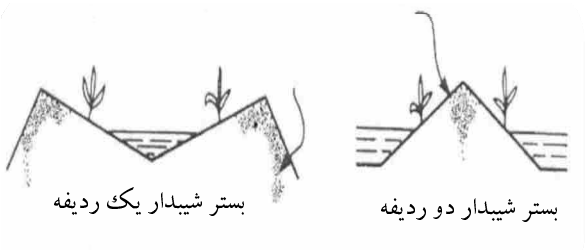
ماهیت نمک به صورتی است کـه در آبیـاری جویچـه‌ای دائما آب در مـسیر نقطـه بلنـد جریـان داشـته و تبخیـر در آن نقطه متمرکز می‌شود. این مشکل بـا اسـتفاده از آب شـور در آبیاری تشدید می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهد که بستر بـذر و کشت جویچه را می‌توان به طریقی طراحی نمـود کـه ایـن مسئله به حداقل برسد. مشکل بستر بـذر، عمـق و محـل قـرار گرفتن بذر و فرآیند آبیاری باید به صورتی مدیریت شود تـا نمک مازاد در محلی که ریشه گیاهان نوپـا و در حـال رشـد هستند تمرکز ننماید. برای این شرایط لازم است در پشته‌های یک ردیفه و دو ردیفه بذر در کناره‌های پشته کاشته شوند تا از محـل تجمـع نمـک دورتر گردنـد (شـکل ۷۹$_A$ و ۷۹$_D$). آبیاری یک در میان شیارها و کاشت بذر در مجـاورت شـیار آبیاری شده نیز در تعدیل اثـر خـسارت بـار ناشـی از شـوری خواهد کاست (شکل ۷۹$_B$ و ۷۹$_E$). افزایش مقدار عمـق آب آبیاری در داخل شیار کمک قابل توجه‌ای در سبز شدن بـذر خواهد کرد (شکل ۷۹$_C$ و ۷۹$_F$). تغییر روش آبیاری شـیاری

به کرتی و نواری به ازای هر چهار سال یک بار خصوصاً در خاک‌های با نفوذپذیری مناسب کمک قابل توجه‌ای در جهت کنترل شوری خاک خواهد بود.



شکل ۷۹- محل مناسب کشت برای پشته های یک ردیفه و دو ردیفه در هنگام استفاده از آب شور

بسترهای شیب‌دار خاک مناسب‌ترین مکان برای آبیاری با آب شور می‌باشد، زیرا گیاه را می‌توان در پایین دست شیب و بالاتر از سطح آب زیر منطقه تمرکز نمک کشت نمود (شکل ۸۰). نمک به جای تمرکز در محدوده گیاه از آن دور می‌گردد. کشت در داخل جوی از نقطه نظر کنترل شوری مناسب می‌باشند اما می تواند در بیرون آمدن بسیاری از گیاهان ردیفی جوان به خاطر سخت شدن خاک و عدم امکان جریان یافتن هوا نامناسب باشد(کیانی و عباسی، ۱۳۸۹).



شکل ۸۰- محل مناسب کاشت و الگوی تجمع نمک در بسترهای تک و دو ردیفه

٦-٨-٤-کشت گیاهان با مقاومت های مختلف در تناوب هم

در این روش گیاهان بر اساس مقاومت آنها به شوری در تناوب همدیگر کاشته می‌شوند. گیاهان حساس به

شوری(ذرت، سویا) با آب لب شور(۴ dS/m) و گندم که نسبتاً به شوری مقاوم است، در مرحله گیاهچه‌ای از آب غیرشور و در مراحل بعدی رشد با استفاده از آبهای شور (۱۰تا۱۲dS/m) آبیاری گردند. در این روش ضمن استفاده از آبهای شور در برنامه آبیاری و افزایش تولید، اثرات تجمعی شوری در نیمرخ خاک نیز تعدیل می‌گردد. در جاییکه شوری به وسیله آبشویی قابل کنترل نیست، می بایستی گیاهانی انتخاب شوند که قادر باشند تحت شرایط شوری تولید رضایت بخشی داشته باشند. در انتخاب این گیاهان در خاکهای شور، می‌بایستی به میزان تحمل این گیاهان به نمک در ابتدای رشد توجه خاصی شود. زیرا غالبا کاهش محصولات در اثر شوری خاک در نتیجه عدم مقاومت رضایت بخش گیاه است.

٦-٨-٥- تسطیح زمین برای افزایش یکنواختی توزیع آب

در اراضی که امکان کاربرد یکنواخت آب با ایجاد شیب منظم وجود داشته باشد، در صورت استفاده از آب شور برای آبیاری کنترل شوری بهتر صورت می‌پذیرد. به دلیل اینکه در اراضی که دارای پستی و بلندی و از نظر

ارتفاعی غیر یکنواخت هستند، امکان توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه بسیار کم است. در بخش‌هایی از مزرعه که مرتفع هستند، آب کمتری دریافت می‌کنند و چون آبشویی صورت نمی‌گیرد، تجمع نمک در نیمرخ خاک باعث شور شدن خاک می‌گردد. بخش‌هایی از مزرعه که پست‌تر هستند، حرکت آب کند و در نتیجه آب‌های نفوذیافته باعث صعود سفره آب زیرزمینی شده و آب‌های باقی‌مانده روی سطح مزرعه تبخیر شده که هر دو فرآیند در جهت افزایش شوری نیمرخ خاک می‌گردد(شکل ۸۱). هنگام تسطیح، تردد وسائل و ادوات سنگین باعث فشردگی خاک در لایه سطحی شده و لازم است برای بهبود نفوذپذیری آب در خاک و حفظ خواص فیزیکی آن عملیات زیرشکنی، چیزل زدن و شخم عمیق انجام پذیرد.

الف

شکل ۸۱-(الف و ب) نمایی از وضعیت شور شدن خاک در اثر عدم تسطیح و آب ماندگی در مزرعه

٦-۸-٦- تحویل آب به مزرعه به مقدار صحیح و در زمان مناسب

برنامه‌ریزی مناسب آبیاری نقش مهمی در کنترل شوری در اراضی آبی دارد. برای کنترل شوری در مزارع تحت آبیاری نیاز به برنامه زمانبندی آبیاری، آبشویی کافی، زه کشی مناسب و کنترل سطح آب زیرزمینی است. کلید آبیاری مؤثر و موفق (به خصوص به لحاظ کنترل شوری) عبارت از تامین یکنواخت آب (شیوه مناسب آبیاری)، کاربرد مقدار مناسب آب (دقت در محاسبه آب مورد نیاز گیاه) و انجام آبیاری در زمان مناسب (دقت در محاسبه فواصل آبیاری) است. تلفات بیش از حد آب آبیاری از

طریق کانال‌های خاکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در افزایش سطح آب زیرزمینی دخالت داشته و سبب شور شدن خاک‌ها در بسیاری از پروژه‌های آبیاری می‌شود. این گونه تلفات نشت باید از طریق پوشش کانال‌ها توسط مواد غیر قابل نفوذ یا تراکم خاک به منظور کم کردن نفوذپذیری خاک انجام گیرد. آبیاری بیش از حد سبب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و ایجاد مسائل شوری می‌گردد. هم چنین سیستم زه‌کشی باید قادر باشد آب اضافی را تخلیه نماید. بنابراین ارتباط مناسب بین مدیریت آبیاری و زه‌کشی باید وجود داشته باشد تا از ماندابی و شور شدن اراضی کشاورزی جلوگیری گردد. با بهبود مدیریت آبیاری و استفاده مجدد از زه آب در برنامه‌ریزی آبیاری، نیاز به سیستم زهکشی کاهش می‌یابد. قبل از افزایش ظرفیت زهکش، ابتدا باید روش‌های بهبود راندمان آبیاری و استفاده مجدد از زه آب تعیین گردد.

٦-٨-٧- روش‌ها و فواصل آبیاری در کنترل شوری

در مناطق تحت آبیاری به‌دلیل افت بیش از حد سطح آب زیرزمینی که خود تحت تأثیر راندمان سامانه‌های آبیاری می‌باشد، منجر به شوری ثانویه خاک می‌شود .

بنابراین می‌طلبد تا در پروژه‌های آبیاری برای جلوگیری از تخریب ساختمان خاک در زمین‌های فاریاب، سفره‌های آب زیرزمینی در این مناطق تحت کنترل در آید. مدیریت آبیاری نقش مهمی در کنترل شوری دارد. انتخاب یک روش برای بهبود راندمان سامانه آبیاری به منظور کنترل سطح آب‌های زیرزمینی، باید بر اساس نیازهای منطقه‌ای صورت پذیرد. یکی از گزینه‌های مدیریتی برای تعدیل اثر کیفیت بد آب بر عملکرد محصولات، تأثیر فواصل آبیاری است. برخی اعتقاد دارند که با افزایش تعداد آبیاری (کاهش دور آبیاری) به‌دلیل شستشوی بیشتر خاک، تجمع نمک در خاک کمتر می‌شود. برخی دیگر معتقدند افزایش تعداد آبیاری، باعث تجمع بیشتر نمک در لایه‌های سطحی خاک می‌شود. غلظت نمک هم با تبخیر زیاد از سطح خاک و هم با جذب آب توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد. به‌طور طبیعی غلظت نمک بعد از هر آبیاری کمترین و قبل از آبیاری بعدی بیشترین است. کاهش فاصله آبیاری می‌تواند به عنوان یکی از گزینه‌های تعدیل کننده اثر شوری آب آبیاری در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (عثمان و همکاران، ۱۹۹۷). اگر چه تعدد آبیاری حجم نمک وارد شده به نیمرخ خاک را

افـزایش مـی‌دهـد. ولـی امکـان شستـشوی بیـشتر و همچنـین فرصت زمانی تبخیر نیز کمتر خواهد بود

- آبیاری کرتی

ایـن روش در کنتـرل شـوری آب، بـسیار روش مناسـبی است و شستشوی نمک به‌طور یکنواخت صورت مـی‌گیـرد. مسطح بـودن زمـین و نفـوذ یکنواخـت آب از شـرایط بـسیار مهمی در کنترل شوری هستند. در شرایطی کـه زمـین کـاملاً مسطح، نفوذ آب در زمین یکنواخت و فاصله آبیاری‌هـا کـم باشد، برای کنترل شوری مناسب خواهد بود.

- آبیاری جویچه‌ای

در این روش برای جریان آب به داخل جویچه‌ها، توزیـع نمک در دو جهـت افقـی و عمـودی صـورت مـی‌گیـرد. بـر اساس خـواص مـوییـنگی، محلـول نمـک بـه سـمت پـشته‌هـا حرکت و بسته به شکل جویچه مقـادیر متفـاوت نمـک روی پشته‌ها تجمـع مـی‌کنـد. در ایـن روش چـون پـشته‌هـا خـیس نمی‌شوند همواره در معرض شـور شـدن قـرار دارنـد. از ایـن نظر روش کرتی نسبت به روش اخیر ارجحیت دارد. امـروزه کشاورزان به دلایل متعدد خصوصاً بـرای گیاهـان ردیفـی از روش جویچـه‌ای کـه دارای مزایـای زیـادی نـسبت بـه روش کرتـی اسـت، اسـتفاده مـی‌کننـد. برخـی از تمهیـدات بـرای

کاهش اثر شوری در خاک در روش آبیاری جویچه‌ای در بخش ۶-۹-۳- ارایه شده است.

- آبیاری بارانی

آبیاری بارانی با آب شور علاوه برخسارت ناشی از شوری خاک، به‌دلیل جذب املاح توسط برگ‌ها، خسارت زیادی به گیاه وارد می‌شود. در این سیستم به دلیل تماس آب با اندام‌های هوایی گیاه، املاح موجود درآب آبیاری خصوصاً سدیم و کلر از طریق برگ‌ها جذب و باعث سوختگی برگ‌ها می‌شود (شکل۸۲) .

حساسیت گیاه در آبیاری بارانی به آب شور، بیشتر به میزان تجمع نمک در برگ‌ها بستگی دارد تا به مقاومت گیاه در برابر شوری خاک. کمبود آب، کیفیت پایین آب را به همراه دارد. میزان خسارت بسته به نوع گونه‌های گیاهی، تحت شرایط آب هوایی مختلف متفاوت است. به عنوان مثال برگ‌ها قادرند دو یون سدیم وکلر را برای هفته‌های متمادی بدون هیچ نشانه‌ای ازخسارت تحمل کنند.

ممکن است که غلظت نمک‌های تجمع یافته در برگ از چند هفته قبل به حد سمیت رسیده باشد بدون آنکه هیچ نوع نشانه سمیت از خود بروز دهد. اما به محض گرم شدن و یا خشک شدن آن، نشانه‌های نکروزه شدید ظاهر می‌گردد.

شکل ۸۲- نمونه‌هایی از سوختگی برگ‌های پنبه در اثر کاربرد آب شور در روش آبیاری باراتی در مقایسه با برگ‌های سالم در آبیاری شیاری

بنابراین، در حال حاضر هیچگونه راهنمای عملی برای ارتباط غلظت نمک در برگ با آسیب‌دیدگی برگی وجود ندارد. معمولاً برگ‌های قدیمی‌تر که در اثر آبیاری بارانی با آب شور به مدت طولانی‌تری در معرض تجمع نمک قرار

دارند، بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. علایم خسارت در نوک و در لبه کناری این برگ‌ها به‌صورت زرد رنگ و با تشدید خسارت به‌صورت سوختگی نمایان و به وسط برگ‌ها کشیده شده و باعث ریزش برگ‌ها می‌شود. همچنین پژوهش‌های انجام شده برای برآورد کمی کاهش محصول بر اثر برگ‌پاشی با آب شور بسیار اندک است. اگر آبیاری در شرایط متفاوت آب و هوایی انجام گیرد، میزان جذب املاح و خسارت نیز متفاوت خواهد بود. افزایش درجه حرارت و کاهش رطوبت نسبی هوا باعث افزایش جذب املاح در برگهایی که در اثر آبیاری بارانی مرطوب شده‌اند، می‌شود.

راهکارهای عملی برای کنترل شوری در آبیاری بارانی

۱- استفاده از سیستم‌هایی که صدمات برگ را به‌دلیل تماس کمتر با آب شور کاهش دهند، مانند سیستم بارانی لپا یا آبپاش‌های کوچک باغی که فقط قسمت‌های پائین گیاه را مرطوب می‌نمایند.

۲- آبیاری باید موقعی صورت گیرد که جذب نمک از طریق برگ‌ها حداقل باشد. مثلاً در مناطقی که رطوبت زیاد

است املاح کمتری نسبت به مناطق خشک از طریق برگ‌ها جذب می‌شود. در مناطق گرم با کیفیت پائین آب توصیه می‌شود آبیاری فقط بارانی روزانه انجام نگیرد و آبیاری در شب انجام گیرد.

۳- تعداد آبیاری کم ولی سنگین نسبت به آبیاری زیاد ولی سبک ترجیح داده می‌شود. با افزایش دبی آبپاش‌ها شستشوی برگ‌ها بهتر انجام می‌شود و فرصت تجمع و جذب نمک روی آنها کمتر خواهد بود.

٤- شستشوی برگ‌ها با آب غیرشور پس از اتمام آبیاری با آب شور، تا فرصت نفوذ املاح موجود روی برگ‌ها از دست رفته و در عوض شسته شوند.

- آبیاری قطره‌ای

در این روش به دلیل نفوذ عمقی کمتر، شستشوی املاح توسط آب آبیاری صورت نمی‌گیرد. اما از آن جهت که خاک دائم مرطوب است و محلول خاک تقریباً همیشه رقیق نگه داشته می‌شود، اثر شوری زیاد مشهود نیست. هرگاه آبیاری کرتی را با آبیاری قطره‌ای مقایسه کنیم، ملاحظه می‌شود که در آبیاری کرتی از آن جهت که آب در کرت باقی می‌ماند، محلول خاک بر اثر آبیاری بسیار رقیق و املاح شسته شده به قسمت‌های پایین‌تر منتقل می‌گردد. ولی هرچه

از زمان آبیاری می‌گذرد خاک خشک‌تر و محلول خاک غلیظ‌تر می‌شود. به‌طوری‌که ممکن است غلظت املاح در محلول خاک در مقایسه با غلظت محلول بلافاصله پس از آبیاری ۱۰ برابر شود. در حالی‌که در آبیاری قطره‌ای چون آب به‌طور دائم وارد خاک می‌شود، میزان غلظت املاح درمحلول خاک تقریباً همیشه ثابت و از این نظر خاک همیشه مرطوب و زیان ناشی از غلظت نمک به نسبت کمتر است. ضمن اینکه در این روش مقدار محدودتری آب در واحد حجم خاک به کار می‌رود. از صدمه وارده به برگ‌های گیاهان حساس و نیز پراکنش ذرات خاک جلوگیری می‌شود. با گذشت زمان و ادامه آبیاری قطره‌ای ممکن است تجمع املاح در سطح خاک و پیاز رطوبتی بین قطره چکان‌ها، به میزان قابل توجهی افزایش یابد. لذا چنانچه بتوانیم نمک تجمع یافته در خاک و ناحیه کاشت را قبل از کشت شستشو دهیم این شیوه بهترین روش برای استفاده از آب‌های لب شور خواهد بود.

٦-٨-٨- سایر موارد

اعمال مدیریت‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک استفاده از آب شور در تولید محصولات

کشاورزی را ممکن می‌سازد. بعضی از فاکتورهای مهم در این خصوص عبارتند از خاکورزی، شخم عمیق، سبک کردن خاک، استفاده از مواد اصلاح کننده، مواد آلی، گیاهان سبز و مالچ است.

٦-۹- جمع‌بندی استفاده از آب شور برای تولید گندم

اختلاط آب شور و غیرشور و ایجاد کیفیت مناسب با توجه به نوع گیاه و یا کاربرد متناوب آب شور – غیر شور از جمله راهکارهای ساده و کاربردی استفاده از آب شور است. در این شرایط حجم آب مورد استفاده افزایش یافته، بخشی از آب غیرشور صرفه‌جویی شده و در نتیجه هجوم به منابع آب شیرین را می‌کاهد. از نظر اقتصادی تولید کل با افزایش سطح اراضی فاریاب توسط آب صرفه‌جویی شده، افزایش می‌یابد. گندم گیاهی است که در اوایل رشد نسبت به شوری حساس و در مراحل بعدی مقاومتر می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی کشور که عمده نزولات در فصول پاییز و زمستان به وقوع می‌پیوندد بطوریکه اوایل رشد گندم (حساس به شوری) منطبق با این نزولات است، می‌توان نتیجه گرفت که بصورت طبیعی امکان استفاده از آب‌های شور در

برنامه‌ریزی آبیاری آن وجود دارد. در نقاط مختلف کشور منابع آب زهکش یا بعضی از رودخانه ها شور بوده و به تنهایی غیر قابل استفاده و در مجاورت آنها منابع آب شیرین (آب رودخانه ها، چاه‌ها یا سدها) وجود دارد. با توجه به جدول ۱۳ می‌توان آبهای با کیفیت مختلف را با هم برای رسیدن به کیفیت مورد نظر مخلوط کرده و در این شرایط می‌توان از آب صرفه جویی شده برای زمین‌های دیگر استفاده نمود و تولید کل را افزایش داد. بطور طبیعی کاربرد آب‌های شور در کوتاه مدت بر روی تولید گندم اثرات مثبت اقتصادی دارد ولی کاربرد درازمدت آنها امکان تجمع تدریجی املاح در نیمرخ خاک وجود خواهد داشت، در نتیجه برای حفظ پایداری تولید گندم در این زمینه لازم است:

- پس از چند سال کاربرد آب شور ضروری است تا در ابتدای هر فصل کشت با بررسی وضعیت شوری خاک و در صورتیکه شوری نیمرخ خاک در ابتدای کشت بیش از حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر بود، اقدام به آبشویی نمود.

– احداث سیستم زهکشی به منظور خروج املاح شسته شده از نیمرخ خاک توسط آبیاری و باران.

تغییر دادن بستر بذر به طوری که حداقل تجمع نمک را در نیمرخ خاک نتیجه دهد یکی دیگر از روش‌های مدیریتی

کاربرد آب شور محسوب می‌شود. برنامه‌ریزی آبیاری خصوصا فواصل آبیاری‌ها و همچنین انتخاب مناسب روش آبیاری از گزینه‌های راهبردی و اثر بخش در تعدیل شرایط شوری در محیط کشت می‌باشند. به طور کلی اگرچه روش آبیاری کرتی یا نواری قابلیت کنترل شوری را ساده‌تر از روش‌های دیگر دارند، ولی تاکید در استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار در شرایط کمبود آب است. بنابراین هنگام استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار خصوصاً آبیاری بارانی به دلیل تماس مستقیم آب با اندام‌های هوایی گیاه باید ملاحظات آن را برای بقای گیاه در نظر گرفت. تمهیدات خاصی همانند آبیاری شبانه، شستشوی برگ‌ها با آب غیر شور پس از اتمام آبیاری باید در نظر گرفته شود.

منابع

۱- افیونی، داوود، مهدی مهلوجی و کریم رشمه کریم ۱۳۸۰. استفاده از آب دارای شوری‌های مختلف برای آبیاری چند رقم گندم وبررسی عکس‌العمل ارقام. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب،جلد دوم ،دانشگاه زابل.

۲- بی‌نام، ۱۳۷۸، سند ملی آب کشور، نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت، راندمان آبیاری. جلد بیست و سوم، دشتهای استان گلستان. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به شماره ۷۸/۴۴۱.

۳- بی‌نام، ۱۳۸۷، سالنامه آماری آب کشور، معاونت آب و آبفا، وزارت نیرو.

۴- بی‌نام، ۱۳۹۳، دستورالعمل فنی کشاورزی حفاظتی برای اراضی آبی، جلد اول.

۵- چراغی علی محمد و مهدی کریمی. ۱۳۸۵. تجارب استفاده از آب شور در تولید محصولات کشاورزی در کشور. کارگاه فنی و آموزشی" آلودگی منابع آب و خاک (چالش-ها و راهبردها). دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.

۶- فیضی، محمد و اسماعیل حقیقت ۱۳۸۰. نگرشی بر روش های بهره‌برداری ازآبهای نامتعارف در کشاورزی، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب،جلد دوم ،دانشگاه زابل،ص:۴۹۱-۴۶۹.

۷- کیانی، علیرضا. ۱۳۹۰. آبیاری، مبانی و روش‌ها. انتشارات، نشر علم کشاورزی ایران، ۲۷۸ صفحه.

۸- کیانی علیرضا و فریبرز عباسی ۱۳۸۹. شوری در کشاورزی (چالشها و راهکارها). انتشارات، نشر علم کشاورزی ایران، ۱۸۸ صفحه.

۹- کیانی علیرضا. ۱۳۸۵. ارزیابی مدیریت‌های بهره برداری از منابع آب و خاک شور اراضی تحت کشت گندم مناطق مختلف کشور. گزارش سالیانه ، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان.

۱۰- کیانی علیرضا و مهدی کوچک زاده. ۱۳۸۰. راهکارهای اجرائی و مدیریتی استفاده از آب شور در آبیاری - اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با بحران آب در کشور. دانشگاه زابل

۱۱- علیزاده، امین ۱۳۸۸. طراحی سیستم‌های آبیاری، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۵۰ صفحه.

۱۲- مرجوئی، علی، قنبری، ا. و داوود افیونی ۱۳۸۴. تاثیر سه تیمار شوری آب آبیاری بر عملکرد شش رقم گندم انتخاب شده متحمل به شوری. نهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

13- Acevedo E., Silva P. and Silva H. 2002. Wheat growth physiology. Available online: www.fao.org/docrep/006/y4011**e**/y4011**e**06.htm .

14- Curtis T., Halford N. G. 2014. Food security: the challenge of increasing wheat

yield and the importane of not compromising food safety. Journal of Annals of Applied Biology. 354-372.

15- Desbiolles, J. (2002). Optimising Seeding Depth in the Paddock. Available online: http://www.unisa.edu.au/amrdc/Areas/Proj/SeedTrials/ Seeding_depth_article_Kerribee.pdf

16- FAO, 2014. Available online: http://www.faostat3.fao.org.

17- FAO, 2002, Crop water management, land and water development division. http://www. fao.org/ag/agl/aglw/ cropwater/wheat.stm.

18- Maas E.V and G. J. Hoffman .1977. "Crop Salt Tolerance Current Assessment " Journal of Irrig and Drain, ASCE.103:115-134.