

نشریه علمی - ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی
جلد ۳، شماره ۳، سال ۱۳۹۳

بررسی اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد ارقام گندم بر اساس شاخص‌های بهره‌وری آب

حمیدرضا سالمی، علیرضا توکلی و داود افیونی

اعضاء هیأت علمی مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و سمنان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۱۰

چکیده

سالمی ح ر، توکلی ع ر، افیونی د (۱۳۹۳) بررسی اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد ارقام گندم بر اساس شاخص‌های بهره‌وری آب. نشریه یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی ۳ (۳): ۲۱۹-۲۰۵.

به منظور افزایش بهره‌وری آب از طریق اعمال مدیریت‌های مناسب زراعی از جمله کم‌آبیاری و انتخاب ارقام مناسب تحت شرایط مختلف مدیریت بهینه مصرف شش رقم مختلف گندم، تحقیقی بر پایه طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات در سه تکرار و به مدت سه سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان به اجرا درآمد. سه میزان آبیاری (سطوحی از کاهش عمق آب کاربردی) و شش رقم گندم (پیش‌تاز، شیراز، سپاهان، مرودشت، مهدوی و بک‌کراس روشن) مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده از طریق تعیین شاخص‌های بهره‌وری آب مصرفی برای گندم تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با دارا بودن بیشترین بهره‌وری از آب آبیاری و مجموع آبیاری و بارش یعنی به ترتیب ۱/۵۱ و ۱/۲۲ کیلوگرم بر متر مکعب برتری نشان داد، به عبارتی با ۴۰ درصد کاهش آب مصرفی ۱۶/۶ درصد افت عملکرد در واحد سطح ایجاد شد. بالاترین میزان بهره‌وری آب (به ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب) متعلق به ارقام پیش‌تاز و سپاهان بود.

واژه‌های کلیدی: ارقام گندم، بهره‌وری آب، بهینه‌سازی و کم‌آبیاری.

مقدمه

و آب آبیاری) حداکثر استفاده به عمل آید. اگر چه عملکرد محصول بستگی به میزان بارش و میزان و دفعات آب آبیاری دارد، اما عملکرد دانه و بهره‌وری آب مصرفی از طریق مدیریت‌های زراعی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها به طور مؤثری افزایش می‌یابد (۱۱، ۱۵، ۱۶، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۷ و ۳۰). از جمله این مدیریت‌های زراعی می‌توان به سطوح کم آبیاری و ارقام اشاره کرد. در کشاورزی، بهبود بهره‌وری مصرف آب به عنوان یک ضرورت فوری در گزینه صرفه‌جویی آب است. طی پژوهشی که در یک آزمایش مزرعه‌ای سه ساله در فوجا (جنوب ایتالیا) (۲۶) برای تجزیه و تحلیل پاسخ فیزیولوژیک گندم دوروم به آب قابل دسترس و شاخص بهره‌وری مصرف آب انجام شد نشان داده شد که در مناطق خشک با هدف افزایش استفاده مؤثر از آب، بایستی ارقامی با بهره‌وری بیشتر آب را انتخاب کرد. ضمن اینکه برای سطوح بالاتر تنش رطوبتی، با توجه به مزیت نسبی و سوابق منطقه‌ای، حد بهینه بین افزایش بهره‌وری آب ارقام و کاهش عملکرد تعیین شود.

کم آبیاری، بهینه‌سازی مصرف آب از بالا یا به عبارتی کاهش بهینه آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل می‌باشد. در مناطق خشک، آب و نه زمین، عامل محدود کننده در بهبود و افزایش تولیدات کشاورزی است، حداکثر نمودن بهره‌وری از آب و نه عملکرد در واحد سطح، راهبردی مؤثرتر و بهتر برای مدیریت مصرف

کم آبیاری بهینه یک راهبرد مطلوب برای حصول تولید مناسب تحت شرایط محدودیت منابع آب است که البته، همراه با کاهش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. هدف اصلی از اعمال مدیریت کم آبیاری، همانا افزایش بهره‌وری آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کم‌ترین بازدهی را دارند (۴ و ۷). در افزایش بهره‌وری آب، فراهم‌سازی مدیریت‌های زراعی مؤثر از جمله مصرف کود (مقدار، زمان و منبع کود)، عمق کاشت، شیوه کاشت (آماده‌سازی زمین، نوع شخم و ادوات آن، آرایش کاشت) و مدیریت زراعی (رقم، میزان و کیفیت بذر، زمان کاشت، زمان و دفعات آبیاری، خصوصیات گیاه‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاه و پتانسیل تولید) مد نظر قرار می‌گیرد. در این بین، یکی از عوامل مؤثر در بهبود و افزایش، ثبات و پایداری تولید مدیریت کم آبیاری است. برآورد شده است که حداقل دو سوم افزایش تولیدات محصولات مورد نیاز در دهه‌های آینده باید از طریق عملکرد بیشتر در واحد سطح به دست آید، اگرچه از بارش و آبیاری نیز بایستی حداکثر استفاده را نمود و بهره‌وری از آب را افزایش داد. با این حال با توجه به سطح زیر کشت و تولید گندم در زراعت آبی و دیم و محدودیت منابع آب در کشور، ضروری است با بهینه‌سازی مصرف آب در زراعت آبی، ضمن کسب سود خالص بیشتر، از آب مصرفی (بارش

آب در چنین شرایطی است (۲۱ و ۲۲). استفاده از شاخص‌های بهره‌وری آب برای تدوین برنامه‌ریزی آبیاری و بهینه‌سازی عمق آب کاربردی در زراعت غلات مفید تشخیص داده شده است (۳۲). بهره‌وری از آب مصرفی به صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی محصول تعریف می‌شود، آب مصرفی محصول شامل بارش، آبیاری یا آبیاری + بارش می‌باشد (۱، ۱۸، ۲۹ و ۳۲). بهره‌وری از آب مصرفی دارای مفهومی اقتصادی است و بیانگر میزان تولید به ازای واحد نهاده است. کاربرد مدیریت صحیح خاک و گیاه، بهره‌وری از آب آبیاری را به طور مؤثری افزایش می‌دهد. رقم گندم نیز از جمله عواملی است که در بهینه‌سازی مصرف آب مؤثر است. اصلاح نژاد و انتخاب ارقام و واریته‌ها برای بهبود بهره‌وری آب و استفاده از بهترین ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط منطقه‌ای می‌تواند سبب بهبود استفاده از آب خاک و افزایش بهره‌وری آب مصرفی شود (۲۸).

توکلی (۲) طی پژوهشی در مراغه شاخص‌های بهره‌وری آب را مطالعه و گزارش نمود که آبیاری سبب افزایش بهره‌وری از بارش می‌گردد در حالی که بهره‌وری بارش در تولید دانه (نسبت عملکرد محصول به بارش)، ۰/۴۸ کیلوگرم بر متر مکعب بارش بود، با انجام آبیاری در حد بهینه (۶۶ درصد آبیاری کامل) بهره‌وری کل آب کاربردی (بارش و آب آبیاری)، به ۰/۹۶ کیلوگرم بر متر مکعب

افزایش یافت که ۱۰۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. از لحاظ بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد کل، تیمار بهینه کم آبیاری (۲۷/۳ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل) با ۲/۷۹ کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب مطلوب‌ترین شرایط تحت تیمار بهینه نیتروژن (۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) است (۲). مقادیر بهره‌وری بارش، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری کل آب کاربردی در تولید دانه گندم برای متوسط پنج سال (۹۶-۱۹۹۱) و در شمال سوریه به ترتیب ۰/۹۶، ۱/۱۱ و ۱/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش گردید (۲۱). در یک تحقیق، یک مزرعه چهار هکتاری گندم به چهار قسمت تقسیم و قسمت اول به شرایط دیم (بارش ۳۴۲ میلی‌متر) اختصاص یافت، قسمت دوم توسط زارع و به روش سنتی آبیاری شد ولی میزان آب مصرفی اندازه‌گیری گردید. قسمت سوم به آبیاری کامل و قسمت آخر به تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل اختصاص یافت، میزان آب آبیاری تیمارها به ترتیب صفر، ۲۹۸، ۲۲۲ و ۱۱۱ میلی‌متر بود. عملکرد چهار تیمار نیز به ترتیب ۱/۸، ۴/۱۸، ۴/۴۶ و ۴/۱۵ تن در هکتار به دست آمد که نشان‌دهنده برتری عملکرد در واحد سطح آبیاری کامل دارد، اما بهره‌وری از کل آب کاربردی (آبیاری + بارش) تیمارها به ترتیب ۰/۵۳، ۰/۷، ۱/۰۶ و ۱/۸۵ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد که نشان می‌دهد عملکرد در واحد سطح شاخص مناسبی برای ارزیابی

برابر آنچه که تحت آبیاری نرمال (آبیاری کامل) به دست آمده بود، افزایش یافت (۱۷ و ۲۹).

طی تحقیقی در چین (۱۲) و با سه سطح آبیاری و دو نوع از ارقام اصلاح شده گندم، بیشترین واکنش عملکرد دانه به سطوح آبیاری در سال خشک و سپس مربوط به سال‌های نرمال و مرطوب گزارش گردید. تفاوت معنی‌داری از نظر آب مصرفی در دو رقم وجود نداشت ولی راندمان مصرف آب در یک رقم (مقاومت به خشکی متوسط) به طور قابل توجهی در سال‌های خشک افزایش نشان داد، در سال‌های نرمال تغییری نداشت و کاهش محسوسی در سال مرطوب نشان داد. در همین رقم همواره پارامتر شاخص برداشت بیشتر از رقم دیگر بود. نتیجه‌گیری نهایی این بود که رقم گندم با تحمل به تنش خشکی متوسط برای مناطق نیمه‌خشک مناسب‌تر بود و رقم گندم با تحمل به تنش خشکی بالا قادر به افزایش بیوماس و عملکرد دانه تحت شرایط شدید تنش خشکی در دشت‌های شمال چین است. با توجه به سطح وسیع مزارع گندم در استان اصفهان و وقوع خشکسالی‌های چند سال گذشته، تعیین اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم و معرفی متحمل‌ترین ارقام جدید این محصول به کم‌آبیاری در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک ضروری بنظر می‌رسد. تعیین شاخص‌های بهره‌وری از آب مصرفی تحت سطوح مختلف آبیاری و تعیین تیمار برتر

تیمارهای آبیاری به ویژه تحت شرایط محدودیت آب به شمار نمی‌رود (۲۱ و ۲۲). انگلیش و راجا (۱۳) گزارش کردند که در شرایط محدودیت منابع آب و از نظر اقتصادی، تیمار ۶۴ درصد آبیاری کامل با آبیاری کامل برابر است. آبیاری به میزان ۶۶ درصد آبیاری کامل گندم، از نظر تولید دانه و ماده خشک دارای بهره‌وری از آب مصرفی بیشتری نسبت به آبیاری کامل بوده است (۲۳). متوسط بهره‌وری بارش در غرب آسیا و شمال آفریقا در تولید گندم حدود ۰/۳۵ کیلوگرم بر متر مکعب است و ممکن است با مدیریت زراعی اصلاح شده و توزیع مقدار مناسب بارش تا یک کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یابد (۲۲). اما با اعمال حد بهینه آبیاری، متوسط بهره‌وری از آب مصرفی مجموع بارش و آبیاری به ۲/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب رسید. در حالی که با آبیاری کامل بهره‌وری از آب مصرفی برابر ۰/۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمده بود (۲۳). رمضان‌پور و دستفال (۶) طی پژوهشی گزارش کردند که کاهش ۲۵ و ۵۰ درصد آب مصرفی، عملکرد دانه را به ترتیب ۲۱/۸ و ۴۰/۷ درصد کاهش داد. اویس و هاجوم (۲۱)، طی تحقیقی در ایکاردا (سوریه) بر روی گندم، گزارش کردند که تیمار دو سوم آبیاری کامل همراه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص دارای بالاترین میزان کارایی مصرف آب می‌باشد. با ۲۵ درصد کاهش آب مصرفی (سطح کم آبیاری ۲۵ درصد) کارایی مصرف آب ۱/۲

نیتروژنه در سه نوبت، اما کود فسفره و پتاسه در یک نوبت و تماماً در زمان کاشت مصرف شدند. نفوذپذیری خاک در این ایستگاه متوسط بوده (۲۰ میلی متر در ساعت) و وزن مخصوص ظاهری در سطح خاک ۱/۳۴ و در عمق ۱۰۰ سانتی متری ۱/۴۲ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری و تعیین شد. وضعیت کیفی آب در جدول ۱ و آنالیز نمونه خاک در جدول ۲ خلاصه شده است. همچنین میزان ظرفیت انباشت رطوبتی خاک از ۱۷ درصد در سطح خاک تا ۱۵/۵ درصد وزنی در اعماق مختلف خاک متغیر بود. بافت خاک شامل ۴۲/۲ درصد ماسه، ۳۵/۴ درصد رس و بقیه شن بود.

میزان بارندگی سه سال تحقیق به ترتیب برابر ۱۵۷، ۱۸۱ و ۱۴۶ میلی متر و متوسط بارش بلند مدت منطقه حدود ۱۱۵ میلی متر در سال بوده و از نظر تقسیم بندی اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه خشک کشور محسوب می شود. به منظور جلوگیری از اثر کرت های اصلی (سطوح آبیاری) بر یکدیگر، ضمن در نظر گرفتن حاشیه در طرفین، فواصل ۱/۵ متری برای جداسازی آنها از هم در نظر گرفته شد. نحوه آبیاری به صورت جویچه ای با سیفون یک اینچی بوده و اندازه گیری حجم آب مصرفی توسط فلوم WSC انجام شد. به منظور محاسبه حجم آبیاری کامل در تیمار شاهد از روش تشتک استفاده شد. ضریب تشتک تبخیر (Kp) با استفاده از ضوابط فانو و با توجه به مشخصات هواشناسی

کم آبیاری و در واقع حد بهینه کاهش آب مصرفی ارقام گندم شامل پیشناز، شیراز، سپاهان، مرودشت، مهدوی و بک کراس روشن بر اساس شاخص های بهره وری آب، هدف این تحقیق را تشکیل می دهد.

مواد و روش ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان (عرض ۳۱° و ۳۲°، طول ۵۱° و ۵۱° ارتفاع ۱۵۴۵ متر) و بر روی شش رقم و لاین گندم آبی انجام شد. قالب آماری پژوهش بلوک های کامل تصادفی بود که به صورت کرت های یکبار خرد شده با سه سطح آبیاری (کرت اصلی) شامل: آبیاری کامل، تأمین آب به میزان ۸۰ درصد آبیاری کامل (سطح تنش ۸۰ درصد)، تأمین آب به میزان ۶۰ درصد آبیاری کامل (سطح تنش ۶۰ درصد) و شش رقم و لاین جدید گندم آبی (کرت های فرعی) شامل: پیشناز، شیراز، سپاهان، مرودشت، مهدوی و بک کراس روشن به اجرا درآمد. ابعاد هر کرت فرعی ۱/۲ × ۶ متر (۷/۲ متر مربع) شامل شش خط شش متری بر روی دو پشته با فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر بود. میزان بذر بر اساس وزن هزار دانه و با تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع تعیین و در عمق ۳-۵ سانتی متری به روش کاشت پشته ای کشت گردید. کودهای شیمیایی پایه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) براساس تجزیه خاک و با در نظر داشتن توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب مصرف شد. کود

محل انجام آزمایش برابر ۰/۸ بدست آمد.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب

منبع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	بیکربنات	کلر	سولفات	مجموع آنیونها (میلی اکی والان در لیتر)	کلسیم	منیزیم	سدیم	مجموع کاتیونها
چاه	۲/۲۳	۷/۲	۴/۴	۱۲/۴	۸/۶	۲۵/۴	۵/۴	۱	۱۰	۲۶/۴

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته کل اشباع	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم	شن	ماسه (درصد)	رس
۴/۲	۷/۲	۰/۹۳	۰/۱۱	۳۰/۲	۳۱۰	۲۲/۴	۴۲/۲	۳۵/۴

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب دو ساله داده‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین میانگین عملکرد شش رقم گندم تحت تیمارهای مختلف آبیاری در جدول ۴ خلاصه شده است. شاخص‌های بهره‌وری از آب مصرفی نیز شامل بهره‌وری از آب آبیاری در عملکرد کل و بهره‌وری از مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد کل برای هر سال و میانگین سه سال در جدول ۵ و شکل ۱ آمده است. براساس تجزیه واریانس مرکب، اثر میزان آبیاری و اثر متقابل سال و رقم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و همچنین اثر سال بر عملکرد دانه کاملاً معنی‌دار شد که می‌توان آن را به شرایط آب و هوایی سال‌های آزمایش نسبت داد.

اگر چه تیمارهای تحقیق شامل سطوح آبیاری برای رقم‌های مختلف گندم بود، اما از آنجایی که اهمیت آب به مراتب بیشتر و تأثیرگذارتر است، بایستی رقمی را معرفی کرد که با کاهش آب مصرفی، حداقل افت عملکرد را داشته باشد. به عنوان نمونه ارقام شیراز و مرو دشت با اعمال ۴۰ درصدی کاهش آب مصرفی، بالاترین میزان افت عملکرد را به همراه داشت (جدول ۴). از نظر عملکرد در واحد سطح، آبیاری کامل برتری خاصی نسبت به سطوح دیگر آبیاری دارد اما آیا می‌توان فقط به این شاخص توجه کرد؟ در تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل با ۲۰ درصد کاهش آب مصرفی، ۱۰/۴ درصد کاهش عملکرد ایجاد شد و در

مقادیر تبخیر از تشت کلاس الف در طول دوره آزمایش به ترتیب ۷۲۸/۴، ۵۶۳ و ۵۲۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. ضریب گیاهی (Kc) نیز در طول فصل زراعی برای سه سال آزمایش از ۰/۴ تا ۱/۳ متغیر بود. عمق آبیاری بدست آمده با توجه به سطح کرت‌ها به حجم (مترمکعب) تبدیل شد و با در نظر گرفتن زمان آبیاری برای هر یک از سطوح کم آبیاری اعمال گردید. با توجه به ابعاد کرت‌ها راندمان آبیاری بالای ۸۰ درصد بود. هر چند که این راندمان قابل تعمیم در سطح مزارع زارعین و سطوح بزرگ نیست. با توجه به الگوی توزیع آب در شبکه‌های آبیاری، سطوح کم آبیاری بطور یکنواخت در طول دوره رشد اعمال شد. در طول مدت دوره رشد، مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل مبارزه با علف‌های هرز به شکل ثابت و یکسان انجام و تیمارهای آبیاری به طور منظم و با دور آبیاری تقریباً ۱۰ روز اعمال گردید. پس از تعیین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری و برای ارقام مختلف و با توجه به معلوم بودن میزان آب مصرفی هر کدام از تیمارها میزان تولید به ازای واحد آب مصرفی تعیین شد. آب مصرفی شامل آبیاری و یا مجموع بارش و آبیاری تحت شرایط تیمارهای مختلف است، از این رو، بهره‌وری آبیاری و بارش + آبیاری برآورد گردید تا بتوان تعیین کرد که با اعمال حد بهینه کم آبیاری میزان افت عملکرد چقدر است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و بهره‌وری آب در سه سال زراعی (میانگین مربعات)

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
بهره‌وری آب	عملکرد دانه		
۱/۱۰۱**	۳۴۴۷۲۱۶۴**	۲	سال
۰/۰۴۳	۹۲۰۱۲۳	۶	تکرار (در سال)
۲/۶۴۲**	۲۱۴۰۱۴۱۸**	۲	آبیاری (A)
۰/۰۷۲	۲۸۶۲۱۶	۴	سال × A
۰/۰۴۸	۱۰۳۷۶۳۱	۱۲	خطا (A)
۰/۱۷۶**	۴۶۸۰۱۵۲**	۵	رقم (B)
۰/۰۳۱*	۸۲۲۲۷۲**	۱۰	سال × (B)
۰/۰۱۳	۲۶۶۳۶۲ ^{NS}	۱۰	اثر متقابل (B×A)
۰/۰۰۶	۱۴۷۱۶۳ ^{NS}	۲۰	سال × (A*B)
۰/۰۱۲	۲۸۰۶۰۶	۹۰	خطا (B)
۸/۵۸	۷/۶۷		ضریب تغییرات (CV)

جدول ۴- میانگین سه ساله عملکرد دانه ارقام مختلف گندم تحت سطوح مختلف آبیاری

رقم	آبیاری کامل	۸۰ درصد آبیاری کامل	۶۰ درصد آبیاری کامل	میانگین
پیشناز	۸۲۵۰	۷۱۳۵	۶۸۵۲	۷۴۱۲
شیراز	۷۵۶۸	۶۷۴۷	۶۰۹۸	۶۸۰۴
سیاهان	۷۴۹۴	۶۸۸۷	۶۶۰۰	۶۹۹۴
مرو دشت	۷۵۰۸	۶۳۶۳	۶۰۷۳	۶۶۴۸
مهدوی	۶۶۹۰	۶۲۰۴	۵۵۶۹	۶۱۵۵
بک کراس روشن	۷۴۹۰	۶۹۸۵	۶۳۳۱	۶۹۳۵
میانگین	۷۵۰۰	۶۷۲۰	۶۷۵۴	

آبیاری و بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش است. مقادیر بهره‌وری آب آبیاری برای سه سطح آبیاری کامل، ۸۰ درصد و ۶۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۱/۰۸، ۱/۲۲ و ۱/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب و مقادیر بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش نیز به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۹۴ و ۱/۰۹ کیلوگرم بر متر مکعب بود (جدول ۵). علاوه بر این تغییرات بهره‌وری آب

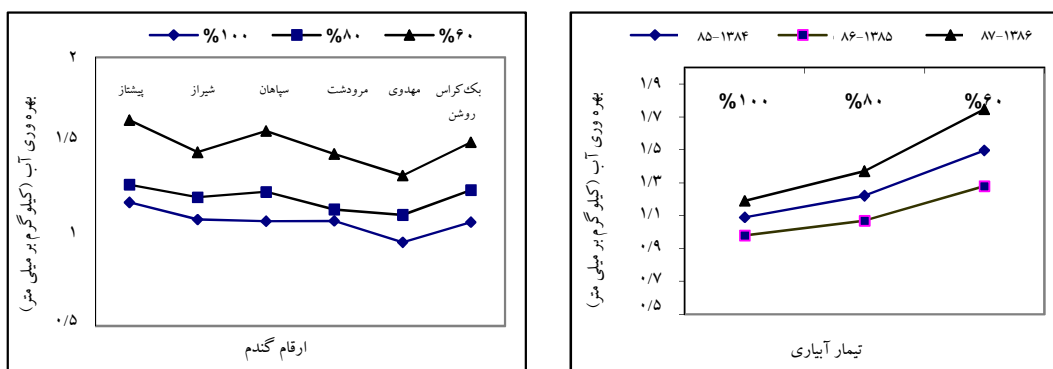
تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با ۴۰ درصد کاهش آب مصرفی، ۱۶/۶ درصد بود. در مقایسه تیمار ۸۰ و ۶۰ درصدی آبیاری کامل، با ۲۰ درصد کاهش آب مصرفی، حدود هفت درصد کاهش عملکرد اتفاق افتاد. اما این که کدام تیمار برتری دارد، نمی‌توان تعیین کرد. تنها شاخصی که با قطعیت می‌تواند تیمار برتر را مشخص کند، شاخص‌های بهره‌وری آب

جدول ۵- مقادیر میانگین بهره‌وری آب ارقام در تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری

تیمار	آب مصرفی (میلی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)	بهره‌وری آب آبیاری و بارش (کیلوگرم بر متر مکعب)	میزان کاهش آب مصرفی در مقایسه با آبیاری کامل (درصد)	میزان کاهش عملکرد در مقایسه با آبیاری کامل (درصد)
رقم پیشناز						
آبیاری کامل	۶۹۱	۸۲۵۰	۱/۱۹	۰/۹۷	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۷۱۳۵	۱/۲۹	۱/۰۰	۲۰	۱۳/۵
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۶۸۵۲	۱/۶۵	۱/۱۹	۴۰	۱۷/۰
رقم شیراز						
آبیاری کامل	۶۹۱	۷۵۶۸	۱/۰۹	۰/۸۹	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۶۷۴۷	۱/۲۲	۰/۹۵	۲۰	۱۰/۸
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۶۰۹۸	۱/۴۷	۱/۰۶	۴۰	۱۹/۴
رقم سپاهان						
آبیاری کامل	۶۹۱	۷۴۹۴	۱/۰۸	۰/۸۸	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۶۸۸۷	۱/۲۵	۰/۹۷	۲۰	۸/۱
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۶۶۰۰	۱/۵۹	۱/۱۵	۴۰	۱۱/۹
رقم مروذشت						
آبیاری کامل	۶۹۱	۷۵۰۸	۱/۰۹	۰/۸۸	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۶۳۶۳	۱/۱۵	۰/۸۹	۲۰	۱۵/۲
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۶۰۷۴	۱/۴۶	۱/۰۶	۴۰	۱۹/۱
رقم مهدوی						
آبیاری کامل	۶۹۱	۶۶۹۰	۰/۹۷	۰/۷۹	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۶۲۰۴	۱/۱۲	۰/۸۷	۲۰	۷/۳
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۵۵۶۹	۱/۳۴	۰/۹۷	۴۰	۱۶/۸/۸
رقم بک کراس روشن						
آبیاری کامل	۶۹۱	۷۴۹۰	۱/۰۸	۰/۸۸	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۶۹۸۵	۱/۲۶	۰/۹۸	۲۰	۶/۷
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۶۳۳۲	۱/۵۳	۱/۱۰	۴۰	۱۵/۵
میانگین شش رقم						
آبیاری کامل	۶۹۱	۷۵۰۰	۱/۰۸	۰/۸۸	-	-
۸۰ درصد آبیاری کامل	۵۵۳	۶۷۲۰	۱/۲۲	۰/۹۴	۲۰	۱۰/۴
۶۰ درصد آبیاری کامل	۴۱۵	۶۲۵۲	۱/۵۱	۱/۰۹	۴۰	۱۶/۶

دسترس است به گزینش رقم یا ارقام مناسب پرداخته شد. بدیهی است که در این گزینش نیز، شاخص بهره‌وری ارجحیت خواهد داشت. روند تغییرات بهره‌وری آب ارقام مختلف در تولید دانه در شکل ۱ آمده است. عملکرد در واحد سطح ارقام گندم با اعمال کم آبیاری

در طول سال‌های آزمایش (شکل ۱) نیز نشان دهنده برتری تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل یعنی کاهش ۴۰ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل است. بعد از انتخاب تیمار بهینه آبیاری که مبتنی بر استفاده حداکثری از حجم آب موجود و قابل



شکل ۱- مقادیر بهره‌وری آب تیمارهای آبیاری و ارقام گندم و در سال‌های آزمایش

نسبت به میانگین شرایط آبیاری کامل، عملکرد آن افزون بر ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار کمتر است، نیز غیر قابل جایگزین است. ضمن این که شاخص بهره‌وری پایینی نیز داشت. رقم بک کراس روشن در تیمار آبیاری کامل دارای شرایطی معادل میانگین شش رقم بود، یعنی عملکرد آن تقریباً برابر با میانگین عملکرد شش رقم مورد مطالعه بود. از بین ارقام پیش‌تاز و سپاهان که هر کدام دارای مزیت‌های نسبی هستند بایستی با احتیاط عمل کرد. از یک سو، پتانسیل تولید رقم پیش‌تاز بیشتر از رقم سپاهان است و از طرف دیگر، حساسیت آن به تنش آبی بیشتر بود. یعنی با اعمال کاهش ۲۰ و ۴۰ درصد آب مصرفی، افت عملکرد پیش‌تاز و سپاهان به ترتیب ۱۷ و ۱۱/۹ درصد است. ضمن اینکه در سطح بهینه آبیاری عملکرد رقم سپاهان فقط ۲۵۲ کیلوگرم در هکتار بیشتر است و بهره‌وری آب آبیاری ارقام پیش‌تاز و سپاهان به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۵۹ کیلوگرم بر متر مکعب و بهره‌وری کل آب آبیاری و بارش ارقام پیش‌تاز و

کاهش پیدا کرد. به عنوان نمونه، عملکرد رقم گندم پیش‌تاز که با آبیاری کامل برابر ۸۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود با اعمال سطوح ۸۰ و ۶۰ درصد کم آبیاری (کاهش ۲۰ و ۴۰ درصد آب مصرفی) در عملکرد آن به ترتیب ۱۱۱۵ و ۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب ۱۳/۵ و ۱۷ درصد) کاهش عملکرد ایجاد شد. کم آبیاری بهینه سبب ترغیب گیاه به توسعه عمقی ریشه برای دستیابی به آب در لایه‌های پایینی می‌شود و به همین دلیل است که درصد افت عملکرد در مقابل درصد میزان آب کاربردی کاهش یافته به میزان قابل توجهی کمتر است.

این روند برای دیگر ارقام نیز وجود دارد، اما با تفاوت‌هایی، به نحوی که بیشترین افت عملکرد مربوط به ارقام شیراز و مروذشت و کمترین آن مربوط به رقم سپاهان بود. از این رو ارقام شیراز و مروذشت در مقایسه با ارقام دیگر غیر قابل جایگزین هستند. رقم مهدوی به دلیل این که میزان عملکرد آن در شرایط آبیاری کامل (پتانسیل تولید) کمترین میزان را داشت و

مصرفی حدود ۳۵ درصد کمتر از نیاز آبی آبیاری کامل محصولات است (۳۱). دهقان‌زاده و همکاران (۵) گزارش کردند که ارقام مختلف گندم را می‌توان با ۲۲ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و بدون کاهش قابل ملاحظه عملکرد، آبیاری نمود. قنبدی و همکاران (۹) رقم سپاهان را به دلیل کاهش عملکرد قابل قبول، برای منطقه کم‌باران اصفهان توصیه کردند. معیری و همکاران (۱۹) طی پژوهشی در خوزستان گزارش کردند که علت اصلی کاهش بهره‌وری آب در زراعت گندم در مزارع کشاورزان آبیاری بیش از حد و وجود رواناب است و با اصلاح روش‌های آبیاری سطحی، اصلاح تاریخ کاشت و انجام عملیات خاک‌ورزی شاخص بهره‌وری آب قابل افزایش است. توکلی (۳) گزارش کرد که در مزارع گندم آبی شهرستان سلسله و در شرایط آبیاری بارانی، کاهش مستمر ۲۹/۴ درصد آب مصرفی در طول دوره آبیاری و از طریق کاهش عمق آب آبیاری در هر نوبت، حداکثر بهره‌وری کل آب مصرفی را به دنبال دارد. نتایج تحقیقات فوق به همراه نتایج مطالعات توکلی (۲)، رمضان‌پور و دستفال (۶)، اویس و هاشم (۲۱)، تایید می‌کنند که کم‌آبیاری در افزایش بهره‌وری آب در محصولات مختلف سهم بسزایی دارد، بدون آنکه موجب ایجاد کاهش شدید عملکرد گردد. لذا کشاورزان باید با هدف حداکثرسازی در آمد محصولات زراعی و تولید دام خود، وارثه‌هایی از محصولات و

سپاهان به ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب است، لذا در مجموع می‌توان ارقام پیش‌تاز و سپاهان را با سطح کم‌آبیاری ۶۰ درصد توصیه کرد. این دو رقم جزو ارقام زودرس و مناسب برای شرایط اصفهان هستند.

توکلی (۳) یکی از دلایل کمتر بودن افت عملکرد در مقابل کاهش آب مصرفی در تیمار بهینه کم‌آبیاری را افزایش توسعه عمقی ریشه به میزان ۱۰/۵ درصد گزارش کرد. ناکاگامی و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند که با انجام آبیاری تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، کل ماده خشک، کاهش معنی‌داری نیافت و علت آن را کمی شدت تنش، افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و سرعت فتوسنتز خالص (۱۰) بیشتر در این تیمار بیان نمودند.

نتایج این تحقیق مورد تأیید بسیاری از محققین قرار دارد. طی تحقیقی در شمال عراق، بالاترین میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری گندم، از تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل به دست آمد (۱۰). ژانگ و اویس (۳۲)، طی تحقیقی بر روی گندم گزارش کردند که کاهش ۷۰-۴۰ درصد آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل، فقط ۱۳ درصد کاهش عملکرد به همراه دارد. فرداد و گلکار (۸)، طی تحقیقی در کرج نشان دادند که حداکثر سود خالص، با کاهش ۶۵ درصد آب کاربردی گندم و افزایش سطح زیرکشت به میزان سه برابر به دست می‌آید. نتیجه کاربرد گسترده از کم‌آبیاری در پاکستان نشان می‌دهد که کل آب

استراتژی‌های آبیاری خاص را با اطمینان از پایداری آن استراتژی مدیریتی انتخاب کنند (۱۴).

توصیه ترویجی

بر اساس آنچه که بیان شد می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در شرایط خشک و نیمه خشک، اعمال مدیریت بهینه کم آبیاری سبب افزایش بهره‌وری آب مصرفی می‌شود. در شرایط توزیع آب بر اساس مدیریت بحران استفاده از سطح کم آبیاری شامل ۴۰ درصد کاهش آب مصرفی اجتناب‌ناپذیر است و ارقام پشستاز و سپاهان قابل توصیه هستند.

• از آنجایی که مدیریت زراعی بکار رفته توسط زارعین کامل نیست و تمام اصول زراعی مشتمل بر تهیه و آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت را رعایت نمی‌نمایند، توصیه می‌شود که برای شرایط زارعین، کاهش ۲۰ درصدی آب آبیاری اعمال گردد.

• با توجه به شاخص بهره‌وری آب ارقام و تیمارهای سطوح آبیاری، ارقام پشستاز و سپاهان با دارا بودن بیشترین مقادیر بهره‌وری آب، مناسب‌ترین ارقام برای کشت در شرایط کم آبیاری می‌باشند.

• استفاده از روش‌های کم آبیاری اگرچه باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردد ولی کاربرد این روش در مناطق خشک و نیمه خشک (محل اجرای طرح) با توجه به بالاتر رفتن دمای محیط در طول رشد و نمو گیاه از دمای مطلوب و همچنین عدم شستشوی املاح بجا مانده در لایه‌های خاک باعث افزایش شوری در خاک می‌گردد. از این رو پیشنهاد می‌گردد به منظور حفظ سیستم کشاورزی پایدار، مسئله بیلان آب و نمک در لایه‌های خاک لحاظ گردد.

• سازمان‌های آب منطقه‌ای به عنوان متولی امر تأمین و توزیع آب با هماهنگی سازمان‌های جهاد کشاورزی ترتیبی اتخاذ نمایند که قراردادهای فروش آب به زارعین بویژه در سالهای خشک بالحفاظ نمودن روش‌های کم آبیاری منعقد گردد. ضمناً مسئولین آب شبکه مورد مطالعه، از افزایش سطح زیر کشت حاصل از صرفه‌جویی آب (در اثر اعمال کم آبیاری) جدا ممانعت نموده و آب صرفه‌جویی را به شبکه‌های پایین دست اختصاص دهند.

منابع

- ۱- توکلی عر، بلسون و، رضوی ر، فری ف (۱۳۸۲) گزارش نهایی پروژه بررسی عکس‌العمل گندم دیم نسبت به سطوح مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن. مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. شماره ۳۱۵/۸۲، ۱۱۴ صفحه
- ۲- توکلی عر (۱۳۸۵) مدیریت کم‌آبیاری و بهینه‌سازی مصرف نیتروژن در تولید گندم الموت. مجله دانش کشاورزی ۱۶ (۲): ۱۱۵-۱۲۷
- ۳- توکلی عر (۱۳۹۲) کم‌آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم شهرستان سلسله. نشریه پژوهش آب در کشاورزی ب ۲۷ (۴): ۵۸۸-۶۰۰
- ۴- خیرابی ج، توکلی عر، انتصاری مر، سلامت عر (۱۳۷۵) دستورالعمل‌های کم‌آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۱۸ صفحه
- ۵- دهقان‌زاده ح، خواجه‌پور مر، حیدری شریف‌آباد ح، سلیمانی ع (۱۳۸۸) تأثیر رژیم‌های کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تعیین بهترین شاخص ارزیابی تحمل به خشکی سه رقم گندم نان. فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار ۵ (۱۶): ۱۱-۱۸
- ۶- رمضان‌پور ح، دستفال م (۱۳۸۳) ارزیابی تحمل ارقام گندم نان و دوروم نسبت به خشکی. خلاصه مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران - دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ص ۲۴۲-۲۴۳
- ۷- سپاسخواه عر، توکلی عر، موسوی ف (۱۳۸۵) اصول و کاربرد کم‌آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۸۸ صفحه
- ۸- فرداد ح، گلکار ح (۱۳۸۱) تحلیل اقتصادی کم‌آبیاری گندم در شرایط کرج. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۳ (۲): ۳۰۵-۳۱۲
- ۹- قندی ا، افیونی د، نجفیان گ، وهاب‌زاده م، اکبری حقیقی ع، ترابی م، یزدان‌سپاس ا، قدسی م، پیرایش فر ب، ناظری س م، امین ح، مالوردی ق (۱۳۸۸) معرفی رقم: سپاهان، رقم جدید گندم نان. مجله به نژادی نهال و بذر ۱-۲۵ (۲): ۳۶۹
10. Adary A, Hachum A, Oweis T, Pala M (2002) Wheat productivity under supplemental irrigation in northern Iraq. On-Farm Water Husbandry Research Report Series, No.2. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria. 38pp
11. Cooper PJM, Gregory, PJ (1987) Soil water management in the rainfed farming systems of the mediterranean region. Soil Use Manage. 3(2): 57-62

12. **Dong B, Shi L, Shi Ch, Qiao Y, Liu M, Zhang Z (2011)** Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. *Agric. Water Manag.* 99: 103-110.
13. **English MJ, Raja SN (1996)** Review perspectives on deficit irrigation. *Agric. Water Manage.* 32: 1-14
14. **Geerts S, Raes D (2009)**. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manag.* 96: 1275–1284
15. **Harris HC, Cooper PJM, Pala M (1991)** Soil and crop management for improved water use efficiency in rainfed areas. Proceeding of an International Workshop, Ankara, Turkey. 15-19 May 1989. ICARDA, Aleppo, Syria
16. **Keating JDH, Dennett MD, Roadregers J (1986)** The influence of precipitation regime on the management of dry areas in northern Syria. *Field Crops Res.* 13: 239-249
17. **Kirda C (2002)** Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. P.3-10. In: FAO, Water report no. 22, Deficit irrigation practices, 102 pp
18. **Kitamura Y (1990)** Management of an irrigation system for double cropping culture in the tropical monsoon area. Technical bulletin 27, Tropical Agricultural Research Center, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tsukuba, Ibaraki, Japan
19. **Moayeri M, Dehghanisani H, Sedgi H, Farahani H, Abbasi F, Nato S Pazira E (2007)** Assessment of wheat water productivity and methods of improvement in south Karkheh river basin. Proceeding of the International Workshop on improving water productivity and livelihood resilience in Karkheh river basin, Karaj, Iran. September 10-11
20. **Nakagami K, Okawa TO, Hirasawa T (2004)** Effect of a reduction in soil moisture from one month before flowering through ripening on dry matter production and eco physiological characteristics of wheat plants. *Plant Prod. Sci.* 7: 143-154
21. **Oweis T, Hachum A (2003)** Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa. In: Kijne J, Barker R, Molden D. (eds) water productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement, International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka. Pp.179-198
22. **Oweis T, Hachum A (2004)** Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. 4th international crop science congress 26th. September to 1st October 2004, Queensland, Australia
23. **Oweis T, Hachum A, Kijne J (1999)** Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, SWIM paper 7. 38 pp
24. **Oweis T, Pala M, Ryan J (1998)** Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean Climate. *Agro. J.* 90: 672-681
25. **Oweis T, Salkini A, Zhang H, Ilbeyi A, Hustun H, Dernek Z, Erdem G (2001)** Supplemental irrigation potential for wheat in the central Anatolian plateau of Turkey, ICARDA
26. **Rizza F, Ghashghaie J, Meyer S, Matteu L (2012)** Constitutive differences in water use efficiency between two durum wheat cultivars. *Field Crops Res.* 125: 49–60
27. **Ryan J, Matar A (1992)** Fertilizer use efficiency under rainfed agriculture in West Asia and North Africa. ICARDA. Aleppo, Syria

28. **Studer C, Erskine W (1999)** Integrating germplasm improvement and agricultural management to achieve more efficient water use in dry area crop production. Paper presented at the International Conference on Water Resource Conservation and Management in Dry Areas, 3-6 December 1999, Amman, Jordan
29. **Tavakoli AR, Oweis T (2004)** The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agric. Water Manag.* 65: 225-236
30. **Tavakoli AR, Oweis T, Ferri F, Haghghati A, Belson V, Pala M, Siadat, H, Ketata H (2005)** Supplemental Irrigation in Iran: Increasing and stabilizing wheat yield in rainfed highlands. On-Farm water husbandry research report series No.5. 46 pp, ICARDA
31. **Trimmer WL (1990)** Partial irrigation in pakistan. *J. Irr. Drain. Eng. ASCE*, 116 (3): 342-353
32. **Zhang H, Oweis T (1999)** Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agric. Water Manag.* 38: 195-211