نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۷۰۹-۷۰۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 701-709

مقاله علمی - پژوهشی

اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم مطالعه موردی (دشت بردسیر)

مرتضی رجبی[۱]، نوید جلال کمالی[۲*]، مهدی نقی زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

چکیده

کمبود آب یکی از عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان است. واقع‌شدن کشور ما بر روی کمربند خشک جهانی موجب شده مقادیر بارندگی همواره دچار نوسانات شدید باشد. لذا در این شرایط استفاده حداکثر از واحد حجم آب الزامی است در چنین شرایطی آب به میزان لزوم ولی به‌قدر کافی تا جایی که راندمان کاربرد مصرف آب حداکثر و عملکرد محصول قابل‌قبول باشد به گیاه داده می‌شود. در این مطالعه اثر کم‌آبیاری روی گندم در دشت بردسیر استان کرمان در سال زراعی ۹۹-۹۸ انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با۴ تیمار در ۳ تکرار موردبررسی قرار گرفت. چهار تیمار آبیاری به ترتیب شامل تأمین ۱۰۰ ، ۸۵ ،۷۰ و۶۰درصد نیاز آبی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که حداکثر تولید در تیمار آبیاری کامل به دست می‌آید و در حالت محدودیت آب با کاهش ۱۵درصدی آب مصرفی، بهره‌وری آب حداکثر می‌شود. لذا برای منطقه بردسیر تأمین ۸۵ درصد نیاز آبی برای صرفه‌جویی در مصرف آب و بیشینه نمودن بهره‌وری آب گندم پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد محصول گندم، کارایی مصرف آب، کم آبیاری

مقدمه

استفاده بهینه از منابع آب‌وخاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک و افزایش بهره‌وری آب در این مناطق که مهم‌ترین عامل برای توسعه فعالیت‌های کشاورزی است، لازم و ضروری است.(شایان نژاد،۱۳۸۹) کم آبیاری راهکاری مناسب برای کسب عملکرد قابل‌قبول و اقتصادی با مصرف حداقل آب است. (Zegbe et al.,2004) در کم آبیاری باوجوداینکه عملکرد در واحد سطح کاهش پیدا می‌کند، ولی کاهش در مقدار آب مصرفی، هزینه‌های استحصال، انتقال و توزیع آب موجب کسب سود بیش‌تر خواهد شد (Yazar et al.2009). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات مختلف، اعمال کم آبیاری باعث افزایش درآمد خالص کشاورزان شده است.(Kumar& Khepar, 1980; Zhang et al.,2002; Fardad& Golkar,2002). کم آبیاری یکی از روش‌های مدیریت آبیاری است که در آن با کاهش درصدی از آب توصیه‌شده بتوان به محصول ایده آل دست‌یافت (Fardad,2011). انصاری و همکاران (۱۳۸۵) نشان دادند که کم آبیاری به‌عنوان یک روش بهینه برای تولید محصول در شرایط کمبود آب مطرح است. رزاقی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که رسیدن به کشاورزی پایدار نیازمند استفاده بهینه از منابع آب موجود است، تولید محصول، که مهم‌ترین هدف کشاورزی آبی است، وابستگی زیادی به حجم آب مصرفی دارد و عدم کاهش معنی‌دار آن درنتیجه اعمال تنش رطوبتی، بسیار حائز اهمیت است. بهره‌وری نسبت مقدار محصول تولیدشده به آب مصرف‌شده است که هرچه این نسبت بیشتر باشد نشان‌دهنده مصرف صحیح‌تر آب است(قوچانیان و همکاران،۱۳۹۸). با انتخاب ارقام مناسب، تنظیم عوامل کشت و انجام آبیاری در مراحل حساس به کمبود رطوبت می‌توان مقدار تولید محصول را به ازای آب مصرفی افزایش داد. با توجه به محدودیت منابع آب بالا بردن تولید به ازای مصرف هر واحد آب آبیاری ازجمله اهداف مهم در کشاورزی است.(رحیمیان و قدسی،۱۳۹۳). پاندا و همکاران، کارایی مصرف آب در گندم را در دو عبارت بیان می‌کنند: ۱) کارایی مصرف آب گیاه، ۲) کارایی مصرف آب مزرعه، کارایی مصرف آب گیاه عبارت است از نسبت عملکرد دانه به آب مصرفی گیاه(تبخیر-تعرق)، درصورتی‌که

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی، بردسیر، کرمان،ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: njalalkamali@gmail.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.3.18.2

کارایی مصرف آب مزرعه عبارت از نسبت عملکرد دانه به واحد حجم آب‌داده شده به مزرعه (آبیاری+بارندگی) است (Behera,2003 & Panda). منا و همکاران در پژوهشی باهدف تعیین عملکرد محصول و کارایی مصرف آب گندم در هند انجام گرفت، نشان دادند که انجام آبیاری ۴۵ میلی‌متری در کلیه مراحل رشد محصول می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف آب آبیاری بدون کاهش عملکرد شود) Meena et al,2019). حسینی و همکاران (۱۳۹۳) به‌منظور بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در زراعت گندم در منطقه دهلران واقع در استان ایلام گزارش کردند، برای به حداکثر رساندن مقدار محصول به ازای کم‌ترین مقدار مصرف آب در زراعت گندم می‌توان از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان نیز استفاده نمود. کارایی مصرف آب درروش آبیاری یک‌درمیان که از میانگین سه منطقه اجرای طرح به دست آمد، برابر ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود که این مقدار نسبت به‌روش آبیاری شیاری معمولی ۴۲/۳ درصد افزایش داشت. ما و همکاران نیز گزارش کردند تنش رطوبتی شدید منجر به کاهش بیشتر عملکرد نسبت به شرایط تنش ملایم می‌شود. اما با استفاده از راهکارهای مدیریتی مختلف مانند آبیاری در دوره‌های حساس گیاه به تنش رطوبتی می‌توان کاهش عملکرد را به حداقل رساند (Ma et al.,2014). عیدی زاده و همکاران به بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد رقم‌های مختلف گندم پرداختند. نتایج نشان‌دهنده این بود که رقم چمران بیش‌ترین عملکرد دانه را نسبت به رقم‌های دیگر را داشت و نتایج بررسی سطوح آبیاری نشان داد که تنش رطوبتی خاک، عملکرد دانه گندم را در مترمربع کاهش می‌دهد(Eidizadeh et al.,2016). شیر شاهی و همکاران(۱۳۹۸) به بررسی حد بهینه آب مصرفی، زمان بهینه اعمال آن و بهره‌وری اقتصادی مدیریت کم آبیاری گندم در شهرکرد پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار ۷۰٪ تبخیر-تعرق و اعمال کم آبیاری در دوره رسیدن گیاه، حالت بهینه مصرف آب و کسب درآمد است. ازآنجایی‌که اغلب شهرستان‌های استان کرمان با محدودیت منابع آب مواجه هستند و شهرستان بردسیر نیز از این موضوع مستثنی نیست می‌توان با مدیریت صحیح مصرف آب و تشویق کشاورزان به‌صرفه جویی مصرف آب در بخش کشاورزی تا حدودی بر بحران آب غلبه کرد، لذا امکان دست‌یابی به عملکرد قابل‌قبول محصول با در نظر گرفتن توجیه اقتصادی و استفاده از روش کم آبیاری مناسب به نظر می‌رسد. با توجه به محدودیت منابع آبی و بیلان منفی آبخوان در دشت بردسیر و ازآنجاکه بخش زیادی از جمعیت این منطقه به فعالیت کشاورزی مشغول هستند لزوم مدیریت صحیح منابع آبی درکشت‌های زراعی به‌خصوص گندم به‌عنوان اولین کشت زراعی منطقه امری اجتناب‌ناپذیر است. به همین منظور هدف این پژوهش بررسی عملکرد دانه و بهره‌وری آب گندم در شرایط کم آبیاری و تأثیر مثبت صرفه‌جویی آب با استفاده از این روش بر آبخوان دشت بردسیر است.

مواد و روش‌ها

محل موردمطالعه

این پژوهش در یک مزرعه تحقیقاتی تحت نظارت دانشکده کشاورزی بردسیر واقع در دشت بردسیر، در جنوب شرقی ایران، با مختصات جغرافیایی بین ۵۶ تا°۵۷ طول شرقی و ۲۹ تا °۳۰ عرض شمالی با ارتفاع ۲۰۴۴ متر از سطح دریا انجام گرفت. متوسط بارندگی سالیانه‌ی منطقه موردمطالعه حدود ۹۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه‌ی ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ماهانه بین ۳۰ تا ۵۰ درصد متغیر است. تبخیر سالانه حدود دو متر و بر اساس معیار اقلیمی دو مارتن (De Martonne) دارای اقلیم خشک است.

روش آبیاری و بافت خاک منطقه:

مزرعه تحقیقاتی به مساحت ۶۰۰ هکتار و روش آبیاری از نوع آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک بود. آبپاش بکار رفته برای مزرعه از نوع آمبو ساخت کشور ایتالیا که در فشار ۳ اتمسفر میزان بارندگی آبپاش ۵ میلی‌متر در ساعت بود استفاده شد. دور آبیاری ۷ روز یک‌بار و بافت خاک مزرعه از نوع شنی لومی ورقم گندم استفاده‌شده میهن بوده است .

سطح زیر کشت محصولات دشت بردسیر:

سطح زیر کشت محصولات زراعی دشت بردسیر ۲۴۰۰۰ هکتار است. به ترتیب بیشترین سطوح کشت‌های زراعی شامل گندم۱۱۰۰۰ هکتار، یونجه ۵۵۰۰ هکتار، سیب‌زمینی ۲۵۰۰ هکتار، ذرت علوفه‌ای ۲۰۰۰ هکتار، کلزا و جو هر یک ۱۵۰۰ هکتار است. ازآنجاکه گندم مهم‌ترین محصول زراعی کشور است و نقش مهمی در تغذیه مردم دارد به‌عنوان محصول موردنظر برای این پژوهش انتخاب شد.

منابع آبی محدوده مطالعاتی:

مخازن آبی موجود در دشت بردسیر با در نظر گرفتن اقلیم خشک منطقه و ازآنجاکه میزان نزولات جوی نسبت به متوسط سال‌های گذشته کمبود قابل‌توجهی داشته است از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست. بهره‌برداری از این منابع به‌ویژه چاه، یک نیاز مبرم تلقی می‌گردد. میزان استفاده از منابع آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی بردسیر در ارتباط با مصارف کشاورزی با توجه به وجود نوع محصولات منطقه که عمدتاً زراعی هستند از رونق اقتصادی بالائی برخوردار است. ازآنجاکه در سالیان اخیر روند توسعه کشت‌های زارعی در دشت بردسیر رشد زیادی داشته، و تقریباً تمامی اراضی حاصلخیز این دشت به کشت محصولات زراعی مختلف اختصاص داده‌شده

است. لذا میـزان بهـره‌بـرداری از سـفرهای آب زیرزمینـی بـه میـزان قابل‌ملاحظه‌ای بالا رفته است.

در دشت بردسیر مجموعاً ۵۹۵ حلقـه چـاه موجـود اسـت. ازنظـر مصرف به ترتیب بخش کشاورزی ،شرب و دامداری ۹۱.۹۴ ٪، ۳.۳۶ ٪ ۴.۷٪درصـد کـل آب تخلیـه‌شـده را بـه خـود اختصـاص می‌دهند.(گزارش تمدید ممنوعیت منبع آب زیرزمینی در دشت بردسیر ،۱۳۹۷،دفتر مطالعات آب منطقه‌ای کرمان).بر طبق آمـار سـازمان آب منطقـه‌ای اسـتان هـم‌اکنـون تغذیـه سـالانه دشـت بردسـیر حـدود ۲۶۱.۷میلیون مترمکعب در سال است ولـیکن میـزان مصـرف آب در شرایط کنونی حدود ۳۲۹.۵میلیون مترمکعب در سال است. لذا در حال حاضر حدود۶۷.۸ میلیون مترمکعب اضافه برداشـت از سـطح آبخـوان وجود دارد. ازآنجاکه بیش از۹۱درصد از منابع آبی در این دشـت بـرای کشـاورزی مصـرف مـی‌شـود.(گزارش تمدیـد ممنوعیـت منبـع آب زیرزمینـی در دشـت بردسـیر ،۱۳۹۷،دفتـر مطالعـات آب منطقـه‌ای کرمان).درنتیجـه اقـدامات مـدیریتی و برنامـه‌ریـزی صـحیح بـرای جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب ضروری به نظر می‌رسـد، لـذا اجـرای عملیات کم آبیاری و کاهش مصرف آب مـی‌توانـد بـر آبخـوان تـأثیر مثبتی داشته باشد.

کیفیت آب مورداستفاده

مزرعه تحقیقاتی موردنظر از یک حلقه چاه آب عمیق آب آبیاری استحصال شد. کیفیت آب مورداستفاده به شرح جدول (۱) است.

جدول۱- برخی خصوصیات شیمیایی آب مزرعه تحقیقاتی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
PH	۷/۸	HCO^{3-}(meq/L)	۴/۶
EC(dS/m)	۰/۸۱	CO^{2-}(meq/L)	۰
Na+(mgq/L)	۳/۴	$SO4^{2-}$(meq/L)	۰/۲
K+(meq/L)	۰/۰۳	Ca^{2+}(meq/L)	۲/۱
Cl^{-}(meq/L)	۳/۵	Mg^{2+}(meq/L)	۲/۶

برخـی خصوصـیات شـیمیایی و فیزیکـی خـاک زراعـی مزرعـه تحقیقاتی در جداول (۲) و (۳) ارائه‌شده است .

جدول۲- برخی خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک	PH	Ec_e (dS/m)	OC (%)	TNV (%)	N(%)	P (mg/kg)	k mg(kg)	Zn Mg(kg)	Mn Mg(kg)
۰-۳۰	۷/۷	۲/۵	۰/۵	۱۱/۲۵	۰/۰۲۹	۱۱/۷	۳۳۷	۰/۳۵	۳/۸۷
۳۰-۶۰	۷/۹	۱	۰/۲۵۶	۱۰/۲۵	۰/۰۲۵	۹/۲۹	۲۰۱	۰/۹۸	۱/۵۹

جدول ۳- برخی خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک(cm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری(gr/cm^3)
۰-۳۰	٪۷	٪۱۹	٪۷۴	شنی-لومی	۱/۷۶
۳۰-۶۰	٪۲	٪۱۵	٪۸۳	شنی-لومی	۱/۷۵

طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری مورداستفاده طبق جـدول فـوق بـر اساس طبقه‌بندی ویل کوکس برابـر بـا C2S1 اسـت و بافـت خـاک سبک و شوری در حد متوسط و PH خاک قلیـایی بـود و محـدودیتی برای کشت گندم وجود نداشت.

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار در زمین‌هایی به مساحت یک هکتار در منطقه دشت کار دشت بردسیر انجام گرفت. در داخل هر بلوک، با استفاده از تراکتـور و دستگاه کشت پنماتیک به‌صورت ردیفی کشت گندم انجام شـد بـرای این طرح چهار تیمار آبـی بـه‌صـورتT1 ، T2 ، T3، T4 بـه ترتیـب شاملT1 تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آب آبی گیاه، T2 تیمار تـأمین ۸۵ درصد نیاز آب آبی گیاه، T3 تیمار تأمین ۷۰ درصـد نیـاز آب آبـی گیاه، T4 تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آب آبی گیاه در نظر گرفته شدند. کاشت محصول در تاریخ ۱۳۹۸/۸/۱۵ انجام شد و در فصل رشد گیـاه عملیات داشت شامل تنک کردن، وجین کردن مبارزه با آفات در طـی چند مرحله انجام گرفت. برداشت محصول در تاریخ ۱۳۹۹/۴/۱۵ بـه-وسـیله کمبـاین صـورت گرفـت. اولـین آبیـاری در تـاریخ ۱۳۹۸/۸/۲۱صورت گرفت. قبل از کاشت آزمون خاک انجام شـد. بـر اساس نتایج به‌دست‌آمده کودهای موردنیاز شامل اوره، سـوپر فسـفات تریپل و سولفات پتاسیم در زمان کشت به مزرعه داده شد. در اواسـط اسفندماه نیز از کود اوره به‌عنوان کود سرک استفاده شد.

زمانی که خوشه‌ها کاملاً زردرنـگ شـده بـود برداشـت محصـول انجام شد. در زمان برداشـت برخـی از صـفات کمـی و کیفـی ماننـد

عملکرد دانه در هکتار، عملکرد کاه در هکتار، وزن هزار دانه و کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شد.

ازآنجاکه برای تولید محصول جنبه اقتصادی بسیار مهم است و بهینه نمودن مصرف آب و به‌تبع آن کاهش تولید محصول بایستی به نحوی اجرا شود که موجب ضرر و زیان کشاورز نگردد در این پژوهش هزینه تولید گندم تحت تیمارهای مختلف محاسبه گردید و سود یا زیان این تیمارها مشخص گردید. تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS با ورژن ۹.۴ صورت گرفت.

محاسبات نیاز آب آبیاری

در پژوهش حاضر از داده‌های بارش، دمای بیشینه و کمینه، دو ایستگاه باران‌سنجی و تبخیر سنجی سنگ صیاد و جعفرآباد در دشت بردسیر استفاده شد. تبخیر-تعرق گیاه مرجع با نصب دستگاه میکرو لایسیمتر در مزرعه یونجه و در شرایط مشابه مزرعه ازنظر بافت، ساختمان خاک و کشت گیاه به دست آمد. سپس با اعمال ضریب گیاهی گندم در مراحل مختلف رشد نیاز آبی گیاه به دست آمد. آب موردنیاز از طریق کنتور حجمی در اختیار مزرعه قرار داده شد. جرم مخصوص ظاهری خاک به‌روش استوانه و رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطه پژمردگی دائم خاک مزرعه به‌وسیله صفحه فشاری برای نمونه‌های لایه‌های خاک اندازه‌گیری شد. از معادله (۱) نیاز آبی گیاه محاسبه شد.

$$ET_c = K_C ET_0 \qquad (۱)$$

که در معادله فوق، ET_0 تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) ET_C نیاز آبی گیاه(میلی‌متر در روز) K_C ضریب گیاهی است که برای مراحل مختلف رشد۰.۲۵ ، ۰.۶، ۱.۱، ۰.۳ اعمال گردید. (Allen et al.,1998) دور آبیاری بر اساس محاسبات نیاز آبی هفت روز یک‌بار در نظر گرفته شد. برای محاسبه عمق خالص آبیاری از معادله (۲)استفاده گردید.

$$dn = \sum_{i=1}^{V} ET_{Ci} \qquad (۲)$$

که در معادله فوق، d_n عمق خالص آبیاری (mm) است. (علیزاده، ۱۳۷۴)

عمق ناخالص آبیاری و درنهایت حجم آب آبیاری موردنیاز در طول دوره رشد از معادلات (۳) و(۴) محاسبه گردید.

$$dg = \frac{d_n}{E_a} \qquad (۳)$$

$$V = dg \times A \qquad (۴)$$

که در روابط فوق، عمق ناخالص آبیاری dg برحسب میلی‌متر و راندمان کاربرد(درصد)، A مساحت هر تیمار(مترمربع)، V حجم آبیاری برحسب مترمکعب است. درنهایت حجم آب آبیاری موردنیاز با استفاده از کنتور اندازه‌گیری و به مزرعه داده شد. (علیزاده، ۱۳۸۷)

بهره‌وری آب برای تیمارها از طریق معادله(۵) محاسبه شد، که در این معادله WUE[1] بهره‌وری کل آب مصرفی (کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر)Y مقدار عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار)، W میزان آب مصرفی شامل آبیاری و بارندگی مؤثر(میلی‌متر در هکتار) است.

$$WUE = Y/W \qquad (۵)$$

بعد از عملیات کاشت اولین آبیاری صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی با رعایت دور آبیاری انجام گردید. در جدول (۴) مقادیر آب مصرف‌شده در تاریخ‌های آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری برحسب میلی‌متر و با اعمال راندمان آبیاری ارائه‌شده است.

نتایج و بحث

در جدول (۵) ریز هزینه‌ها برای تولید یک هکتار گندم در دشت بردسیر محاسبه و به‌دست‌آمده است. (گزارش اطلاعات و آمار محصولات زراعی در استان کرمان،۱۳۹۸، سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان).

برای بررسی بهتر نتایج حاصل‌شده، به تجزیه واریانس اجزای عملکرد و بهره‌وری آب گندم تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری پرداخته شد. نتایج در جدول(۷) آمده است تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار آب بر اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

وزن هزار دانه

با افزایش تنش خشکی وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیش‌ترین وزن هزار دانه متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۴۱.۸گرم و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۳۶/۲گرم بود. وزن هزار دانه در تیمارهای ۸۵، ۷۰و ۶۰درصد به ترتیب ۴/۷درصد، ۷/۴ درصد و ۱۳/۴ درصد کاهش یافت. رحیمیان و همکاران(۱۳۹۳) نیز در مطالعه خود نشان دادند که با اعمال کم آبیاری و تحمیل تنش خشکی بیش‌تر به گیاه گندم، وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (جدول ۸).

1-(water use efficiency)۱

جدول ٤- مقادیر آب مصرف‌شده در تیمارهای مختلف آبیاری گندم برحسب میلی‌متر

ماه	۱۰۰درصد نیاز آبی	۸۵ درصد نیاز آبی	۷۰ درصد نیاز آبی	٦۰ درصد نیاز آبی
آبان	۳۷	۳۱.۴۵	۲۵.۹	۲۲.۲
آذر	۴۲.۵	۳۶.۱۲	۲۹.۷	۲۵.۵
دی	۳۲.۳	۲۷.۴۵	۲۲.۶۱	۱۹.۳۸
بهمن	۳۱.۵	۲۶.۷۷	۲۲	۱۸.۹
اسفند	۴۷.۵	۴۴.۳۹	۳۳.۲۵	۲۸.۵
فروردین	۶۲.۵	۵۳.۱۲	۴۳.۷۵	۳۷.۵
اردیبهشت	۱۶۵.۵	۱۴۰.۶۷	۱۱۵.۸۵	۹۹.۳
خرداد	۷۸.۸	۶۶.۱۸	۵۵.۱۶	۴۷.۳۸
کل آب‌داده شده(mm)	۴۹۷.۶	۴۲۶.۱۵	۳۴۸.۲۷	۲۹۸.۵۶

جدول ٥- متوسط هزینه‌های تولید برای یک هکتار گندم در منطقه موردمطالعه برای آبیاری کامل سال زراعی۹۹-۹۸

ردیف	نوع عملیات	مقدار تعداد	واحد	قیمت واحد	قیمت کل(ریال)
۱	شخم	۱	بار	۳/۰۰۰/۰۰۰	۳/۰۰۰/۰۰۰
۲	دیسک	۲	بار	۱/۵۰۰/۰۰۰	۳/۰۰۰/۰۰۰
۳	سایر عملیات	۲	بار	۱/۵۰۰/۰۰۰	۳/۰۰۰/۰۰۰
۴	بذر و ضدعفونی	۲۵۰	کیلوگرم	۲۵/۲۳۰	۶/۳۰۷/۵۰۰
۵	بذرکاری با ردیف‌کار	۱	بار	۲/۰۰۰/۰۰۰	۲/۰۰۰/۰۰۰
۶	کودشیمیایی اوره	۳۰۰	کیلوگرم	۱۱/۰۰۰	۳/۳۰۰/۰۰۰
۷	کود شیمیایی فسفات	۱۰۰	کیلوگرم	۳۴/۰۰۰	۳/۴۰۰/۰۰۰
۸	کود شیمیایی پتاس	۱۰۰	کیلوگرم	۲۳/۴۰۰	۲/۳۴۰/۰۰۰
۹	کود ریزمغذی	۶	کیلوگرم	۴۰۰/۰۰۰	۲/۴۰۰/۰۰۰
۱۰	حمل کود بذر	۷۵۶	کیلوگرم	۵۰۰	۳۷۸/۰۰۰
۱۱	کودپاشی	۳	بار	۴۰۰/۰۰۰	۱/۲۰۰/۰۰۰
۱۲	سم علف‌کش	۲	لیتر	۱/۲۰۰/۰۰۰	۲/۴۰۰/۰۰۰
۱۳	سم قارچ‌کش	۰/۴	لیتر	۱/۲۰۰/۰۰۰	۴۸۰/۰۰۰
۱۴	سم‌پاشی	۲	نوبت	۹۰۰/۰۰۰	۱/۸۰۰/۰۰۰
۱۵	سم‌پاشی سن گندم	۲	نوبت	۹۰۰/۰۰۰	۱/۸۰۰/۰۰۰
۱۶	آب بهاء	۴۹۷۶	مترمکعب	۲/۰۰۰	۹/۹۵۲/۰۰۰
۱۷	آبیاری	۲۰	بار	۵۰۰/۰۰۰	۱۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۸	برداشت و جمع‌آوری	۱	بار	۴/۵۰۰/۰۰۰	۴/۵۰۰/۰۰۰
۱۹	هزینه بارگیری و حمل	۴۱۲۹	کیلوگرم	۳۰۰	۱/۲۳۸/۷۰۰
۲۰	بیمه محصول	۱	هکتار	۱/۴۵۰/۰۰۰	۱/۴۵۰/۰۰۰
۲۱	جمع هزینه‌های جاری				۶۳/۹۴۶/۲۰۰
۲۲	هزینه‌های متفرقه	۰/۵درصد			۳۱۹/۷۳۱
۲۳	جمع کل هزینه تولید جاری				۶۴/۲۶۵/۹۳۱
۲۴	سود سرمایه در گردش	٪۱۸			۱۱/۵۶۷/۸۶۷
۲۵	جمع کل هزینه‌ها				۷۵/۸۳۳/۷۹۸
۲۶	ارزش کاه کسر می‌شود	۸۹۳	کیلوگرم	۱۳/۰۰۰	۱۱/۶۰۹/۰۰۰
۲۷	خالص هزینه‌ها				۶۴/۲۲۴/۷۹۸
۲۸	هزینه تمام‌شده				۱۵/۵۵۴
۲۹	سود تولیدکننده	٪۲۰			۳/۱۱۰
۳۰	هزینه تمام‌شده با سود				۱۸/۶۶۴
۳۱	ارزش اجاره زمین				۱/۵۰۰/۰۰۰
۳۲	قیمت تمام‌شده هر کیلو گندم				۲۲/۲۹۷

جدول ٦- سود یا زیان کشت گندم در تیمارهای مختلف آبیاری

	شرح	واحد	درآمد در هکتار	هزینه در هکتار	سود یا زیان	منفعت/هزینه
۱	آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی	ریال	۱۲۳/۸۷۰/۰۰۰	۸۹/۹۶۲/۶۵۲	+۳۳/۹۰۷/۳۴۸	۱/۳۷۶
۲	آبیاری با ۸۵درصد نیاز آبی	ریال	۱۱۹/۰۱۰/۰۰۰	۹۰/۱۹۷/۶۷۹	+۲۸/۸۱۲/۳۲۱	۱/۳۱۹
۳	آبیاری با۷۰درصد نیاز آبی	ریال	۸۷/۳۳۰/۰۰۰	۶۹/۸۳۴/۸۹۰	+۱۷/۴۹۵/۱۱۰	۱/۲۵
۴	آبیاری با۶۰درصد نیاز آبی	ریال	۶۳/۹۰۰/۰۰۰	۸۹/۴۴۹/۸۸۹	−۲۵/۵۴۹/۸۸۹	−

جدول ۷- تجزیه واریانس اجزای عملکرد دانه و کاه و وزن هزار دانه و بهره‌وری آب گندم تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر S.O.V	عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کاه در هکتار (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر)
تکرار Block	۱۳۰۸۴/۷۵ ns	۳۹/۹۶ *	۳ **	۰/۱۱۷۲۳ ns
تیمار Treatment	۲۶۵۰۴۴۸/۷۵ **	۴۲۹۵۱/۵۵ **	۱۶/۵۷۱ **	۲/۳۶۳ **
اشتباه آزمایشی	۳۲۴۵/۷۵	۱۵۸/۸۸	۰/۰۴۸۶	۰/۰۳۳۶
ضریب تغییرات	۹/۷۳	۸/۵۹	۴/۶	۱۰/۲۴

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات تیمارهای آبیاری بر وزن هزار دانه ، عملکرد دانه، عملکرد کاه و بهره‌وری آب در گندم

تیمارهای آبیاری	وزن هزار دانه(گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب(کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۴۱/۸۳a	۴۱۲۹a	۸۹۳a	۸/۲۹b
۸۵ درصد نیاز آبی	۳۹/۸۳b	۳۹۶۷b	۸۷۸a	۹/۲۷a
۷۰درصد نیاز آبی	۳۸/۷c	۲۹۱۱c	۷۳۷b	۷/۹c
۶۰درصد نیاز آبی	۳۶/۲d	۲۱۳۰d	۶۴۳c	۷/۱۳d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

عملکرد دانه

عملکرد دانه در تیمارهای ۸۵- ۷۰- ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب به‌اندازه ۳/۹، ۲۹/۴، ۴۸/۴درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش نشان داد. بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۴۱۲۹کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۲۱۳۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید به نظر می‌رسد مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف رشد و نمو در تیمار شاهد منجر بهبود عملکرد دانه می‌گردد. نتایج حاصل از درآمد حاصله نشان داد بیشترین سود در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل می‌گردد و در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی منجر به ضرر دهی و عدم توجیه اقتصادی شده است. این نتایج نشان داد که تولید محصول با ۸۵ درصد و ۷۰ درصد تأمین نیاز آبی به ترتیب موجب ۱۵، ۴۸/۴ درصد کاهش سود شده است و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی موجب ضرر دهی شده است. رحیمیان و همکاران(۱۳۹۳) گزارش کردند که کم-آبیاری برای بالا بردن کارایی مصرف آب بر عملکرد دانه گندم موجب کاهش عملکرد به میزان ۵/۱۴ و ۱۱/۹ درصد بر تیمارهای مختلف شد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد.

عملکرد کاه

بیش‌ترین عملکرد کاه در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۸۹۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۶۴۳ کیلوگرم در هکتار اتفاق افتاد (جدول ۸). در تیمارهای کم آبیاری ۷۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد کاه به-طور معنی‌داری کاهش یافت. این نتایج نشان داد که در کم آبیاری گندم، تنش‌های خشکی متوسط و زیاد باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کاه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب می‌گردد.

بهره‌وری آب

بیش‌ترین بهره‌وری آب به ترتیب در تیمار ۸۵ درصد، ۱۰۰ درصد، ۷۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب به مقدار ، ۹/۲۷، ۸/۲۹، ۷/۹

و ۷/۱۳ کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر به دست آمد. بین بهره‌وری آب در تیمارهای کم آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۸). نتایج نشان داد که کاهش ۱۵ درصدی مصرف آب موجب افزایش بهره‌وری آب‌شده است. درواقع آب کمتری برای تولید هر کیلوگرم محصول گندم استفاده‌شده است. جعفری و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی گزارش کردند که بیشترین مصرف آب برای عملکرد دانه گندم در شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین مقدار کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بر روی رقم گندم پارسی به دست می‌آید که به نتایج این پژوهش نزدیک است. از طرفی نتایج نشان داد که حداکثر سود در آبیاری کامل با نسبت منفعت به هزینه ۱/۳۷۶ حاصل می‌شود ولی با اعمال کم‌آبیاری و کاهش ۱۵ درصدی مصرف آب، کشت انجام‌شده دارای حاشیه سود مناسب برای کشاورز بوده و نسبت منفعت به هزینه آن ۱/۳۱۹ می‌گردد که برای اقلیم خشک بردسیر پیشنهاد می‌شود. شایان‌ذکر است که اعمال کم‌آبیاری و کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب موجب ضرر و زیان شده و در منطقه موردمطالعه توصیه نمی‌شود.

تأثیر بر آبخوان

در این پژوهش برای تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی بیش‌ترین بهره‌وری آب و همچنین حاشیه سود مناسب برای کشاورز به دست آمد. ازآنجاکه بذر توزیع‌شده توسط سازمان جهاد کشاورزی در بین کشاورزان منطقه بردسیر رقم میهن است و با عنایت به نیاز آبی یکسان این واریته و یکسان بودن شرایط آب و هوایی و پراکنش بارندگی یکسان در این دشت و ازآنجاکه تقریباً کلیه سطوح زراعی کشاورزان در دشت موردمطالعه مجهز به سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت‌شده است. درنتیجه اگر عملیات کم آبیاری با کاهش ۱۵ درصدی مصرف آب برای کشت گندم در دشت بردسیر اجرا شود. می‌توان شاهد صرفه‌جویی ۷/۸ میلیون مترمکعب آب در منطقه موردمطالعه بود. لذا برای جلوگیری از صدمه بیشتر به آبخوان دشت بردسیر، عملیات کم آبیاری بر روی سطوح کشت‌شده گندم به‌عنوان بیشترین سطح زیر کشت زراعی برای دشت موردمطالعه توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری با استفاده از عملیات کم آبیاری بر روی سایر سطوح کشت نیز صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که با اعمال کم آبیاری بر گندم حداکثر تولید در آبیاری کامل به دست می‌آید ولی تولید حداکثر، بیشترین بهره‌وری آب را به همراه نداشت و در حالت محدودیت آب با کاهش ۱۵درصدی آب مصرفی بهره‌وری آب بیشینه می‌شود. و آب کمتری برای تولید محصول استفاده می‌شود و حاشیه سود مناسبی برای کشاورز خواهد داشت. نتایج حاصل‌شده نشان داد که کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، کشت محصول فاقد توجیه اقتصادی بوده و موجب ضرر دهی شده است. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌توان گفت تأمین ۸۵درصد نیاز آبی گیاه گندم برای این گیاه در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه و دست یافتن به عملکرد دانه مطلوب و سودآوری مناسب و بهترین بهره‌وری آب برای منطقه خشک بردسیر قابل توصیه است. اعمال ۶۰ درصد نیاز آبی به دلیل عدم توجیه اقتصادی توصیه نمی‌شود. ازآنجاکه در سالیان اخیر روند توسعه کشت‌های زارعی در دشت بردسیر رشد زیادی داشته درنتیجه میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به میزان قابل‌ملاحظه‌ای بالا رفته است. این موضوع سبب اضافه برداشت از سطح آبخوان به میزان ۶۷.۸ میلیون مترمکعب به‌صورت سالانه در دشت بردسیر شده است . لذا انجام عملیات کم آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب برای زراعت گندم باعث صرفه‌جویی ۷/۸ میلیون مترمکعب در منطقه موردمطالعه و جلوگیری از صدمه بیشتر به آبخوان خواهد شد. پیشنهاد می‌شود که برای سایر سطوح زراعی نیز عملیات کم آبیاری موردپژوهش و بررسی قرار گیرد.

منابع

احمدی، ک.، عباد زاده، ح.، حاتمی، ف.، عبد شاه، ح. و کاظمیان، آ. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات. جلد اول

انصاری، ح.، میر لطیفی، س. و فرشی، ع.ا. ۱۳۸۵. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت زودرس. مجله علوم آب‌وخاک. ۲(۲۲): ۳۴۸-۳۳۸

جعفری، ن.، آقا یاری، ف. و پاک‌نژاد، ف. ۱۳۹۷. تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد کارایی مصرف آب گندم رقم پارسی. نشریه علمی-پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی، زمستان ۱۳۹۷. ۴ (۴۸):۵۹۸-۵۸۱

حسینی، س.ق.،رحیمی، م. و الیاسی، ص.۱۳۹۳. بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای_ای یک‌درمیان در زراعت گندم، اولین همایش الکترونیکی یافته_های نوین در محیطزیست و اکوسیستم_های کشاورزی، تهران. https://civilica.com/doc/355967

رحیمیان، م. و قدسی، م.۱۳۹۳. تأثیر حذف آبیاری در مراحل انتهایی رشد بر کارایی مصرف آب و عملکرد پنج ژنو تیپ گندم در مشهد. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۱(۲۸):۳۸ -۲۵

رزاقی، پ.، بابا زاده، ح.، و شوریان، م.۱۳۹۲. توسعه سیاست

جیره‌بندی بهره‌برداری از مخزن چندمنظوره در شرایط محدودیت منابع آب با استفاده از مدل MODSIM.8.1. نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک.۲ (۲۳):۱۱-۳

شایان نژاد، م.۱۳۸۹. تأثیر کم آبیاری بر روی خواص کمی گندم و تعیین عمق آب مصرفی بهینه آن در شهرکرد. فصل‌نامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، زمستان . ۱(۲)۳۵-۲۴

شیر شاهی، ف.، بابا زاده، ح.، ابراهیمی پاک، ن.، ابراهیمی راد، ح.، و عبدلی، ح. ۱۳۹۸. اثر اعمال مدیریت کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گندم بر بهبود بهره‌وری اقتصادی آن. نشریه پژوهش آب ایران. ۱(۱۳) ۷۷-۶۹

علیزاده، امین. ۱۳۷۴. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری، آستان قدس، دانشگاه امام رضا،چاپ دوم. ۲۱۴-۱۴۸

فرداد، حسین. ۱۳۸۸. آبیاری عمومی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد سوم،ص ۳۳۸

قوچانیان، م.، انصاری، ح. و فشانی، م. ۱۳۹۸. ارتقای بهره‌وری مصرف آب در محصول گندم زمستانه تحت سناریوهای آبیاری مختلف با استفاده از مدل Aquacrop (مطالعه موردی مشهد). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳ (۱۳)۶۶۶-۶۵۷

گزارش اطلاعات و آمار محصولات زراعی در استان کرمان. ۱۳۹۸. سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان

گزارش تمدید ممنوعیت منبع آب زیرزمینی در دشت بردسیر ، ۱۳۹۷،دفتر مطالعات آب منطقه‌ای کرمان

Allen, R.G., Pereira,S., Raes, D.and Smith,M.1998. Crop evapotransipiration(guidelines for computing cropwater requirements).FAO Irrigation and Drainage Paper. No.56.327P.

Eidizadeh, Kh., Ebrahimpour, F. and Ebrahimi, M. A. 2016. Effect of Different Irrigation Regimes on Yield and Yield Components of Wheat Cultivars in Ramin Climatic Conditions. Journal of Environmental Stress in Agricultural Sciences. 29-36

Fardad, H. and Golkar, H. 2002. An economicevaluation of deficit irrigation on wheat yield in Karaj. Iran. The Journal of Agricultural Science 33(2):305-312

Kumar, R.and Khepar, S. D. 1980. Decision models for optimal cropping patterns in irrigation based on crop water production functions. Agricultural Water Management, 3:77-82

Meena, R. P., Karnam, V., Tripathi, S. C., Jha, A., Sharma, R. K.. and Singh, G. P. 2019. Irrigation management strategies in wheat for efficient water use in the regions of depleting water resources. Agricultural water management. 214:38-46

Panda, R. K., and Behera, S. K. 2003. Effective management of irrigation water for wheat

under stressed conditions. Agricultural Water Management. 63:37-56

Ma, J., Huang, G.B., Yang, D.L., Chai, Q. 2014. Dry matter remobilization and compensatory effects in various internodes of spring wheat under water stress. Crop Science. 54(1): 331-339

Yazar, A., Gokel, F. and Sezen , M.2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. Plant, Soil and Environment . 55.(11): 494- 503.

Zegbe, j., Behboudian, M. and Clothier, B. 2004. Partalroot zone drying is a feasible option for irrigation processing tomates. Agricultural Water Management. 68.(3): 195-206.

Zhang, X., Pei, D., Li, Z., Li, J. and Wang, Y.2002. Management of Supplemental irrigation of winter wheat for maximum profit Deficit irrigation practices. FAO Water Pep.22:57-66

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 701-709

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۷۰۹-۷۰۱

The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Water use Efficiency of Wheat: a Case Study of Bardsir Plain

M. Rajabi[1], N. Jalalkamali[2*], M. Naghizadeh[3]
Recived: Feb.26, 2021 Accepted: Apr.05, 2021

Abstract

Water scarcity is one of the limiting factors for agricultural production in arid and semi-arid regions of the world. Being located on a major global dry belt, many parts of Iran tend to experience frequent fluctuations in precipitation levels. Under these conditions, it is necessary to make the best use unit volume of water. To achieve the maximum possible water use efficiency in agriculture, the plants should be given just enough water to reach an acceptable crop yield. This study investigated the effect of deficit irrigation on wheat yield in the Bardsir plain of Kerman, Iran, in the crop year 2019-2020. The experiment was performed in Randomized Complete Block Design (RCBD), using 4 treatments and 3 replications, 100, 85, 70 and 60 percent of water irrigation requirements were considered as 4 different treatments. The highest crop yield was observed in the treatment with 100% irrigation and the highest water use efficiency was achieved in the treatment with 15%deficit irrigation. Therefore, to maximize the water efficiency of wheat production in the Bardsir region, wheat farms in this area should receive water in amounts equivalent to 85% of their irrigation water requirement.

Keywords: Deficit irrigation, Water use efficiency, Wheat yield

1- Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineeing, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Plant Products, Faculty of Agriculture, Bardsir, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: njalalkamali@gmail.com)