

تأثیر مقادیر و زمان قطع آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام گندم در روش آبیاری بارانی

محمد جلینی**

* نگارنده مسئول، استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، نشانی: مشهد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ص. پ: ۴۸۸-۹۱۷۳۵، تلفن: ۰۵۱۱-۳۸۲۳۳۷۳، پیام‌نگار: mjolaini@yahoo.com تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۱۸

چکیده

برای بررسی اثر درصد آب مصرفی و زمان قطع آب آبیاری در روش آبیاری بارانی بر میزان عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام مختلف گندم، آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نوری دو بار خرد شده (Strip Split Plot) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایستگاه طرق، در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای مربوط به سطوح آب آبیاری (۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کامل) در کرت‌های عمودی و تیمارهای مراحل قطع آبیاری (بدون قطع آبیاری - آبیاری کامل، قطع آب در مرحله ساقه رفتن، و قطع آب در مرحله گرده‌افشانی) در کرت‌های افقی قرار گرفتند. همچنین، سه رقم الوند، توس، و کاسکوژن در کرت‌های فرعی آزمایش، به عنوان رقم‌های مورد بررسی، انتخاب شدند. عملکرد گندم در سه سطح آبیاری ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۳۱۸۲، ۴۶۳۹ و ۴۷۴۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دو تیمار ۸۵ و ۱۰۰ درصد دیده نمی‌شود. بیشترین میزان کارایی مصرف آب با ۱/۸۴۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب در تیمار ۸۵ درصد آب مصرفی به دست آمده است. آبیاری کامل (بدون قطع آبیاری) با عملکرد ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نشان می‌دهد. عملکرد در تیمار قطع آب در مرحله ساقه رفتن و گرده‌افشانی به ترتیب برابر با ۴۱۹۵ و ۳۸۱۷ کیلوگرم در هکتار است. بین دو تیمار آبیاری کامل و قطع آب در مرحله ساقه رفتن اختلاف معنی‌دار دیده نمی‌شود. قطع آب در مرحله ساقه رفتن بیشترین میزان کارایی مصرف آب را دارد (۱/۷۷۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب). رقم الوند بیشترین عملکرد (۴۴۴۷ کیلوگرم در هکتار) و کارایی مصرف آب (۱/۷۱۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب) را دارد. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که با در نظر گرفتن میزان عملکرد، میزان آب مصرفی، و کارایی مصرف آب هرگاه کمبود آب جدی نیست آبیاری کامل و در زمان مواجهه با کمبود آب، سطح ۸۵ درصد آب مصرفی و نیز قطع آب در مرحله ساقه رفتن قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی

آبیاری بارانی، رقم، قطع آب، کم‌آبیاری، گندم

مقدمه

موجود به ویژه در بخش کشاورزی احساس می‌شود. کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است. این روش موجب کاهش محصول می‌شود، اما باید در نظر داشت که کاهش عملکرد بستگی به زمان اعمال کم‌آبیاری دارد (Kheirabi et al., 1996).

نیاز شدید به تأمین مواد غذایی و ایجاد امنیت غذایی برای جمعیت رو به رشد ایجاب می‌کند که در حد امکان میزان تولیدات کشاورزی در کشور افزایش یابد، لذا نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای استفاده بهینه از منابع آب

تحقیقاتی، تحمل به خشکی ده رقم از ارقام جدید گندم در استان فارس را با اعمال سه تیمار آبیاری شامل: آبیاری بر اساس نیاز آبی، ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری بهینه ارزیابی کردند. نتایج تحقیقات این پژوهشگران نشان می‌دهد که کاهش ۲۵ و ۵۰ درصد آب مصرفی، عملکرد دانه را به ترتیب حدود ۲۲ و ۴۱ درصد کاهش می‌دهد. در بین ارقام مورد بررسی، رقم چمران و داراب ۲ تحمل بیشتری به خشکی دارند. تأثیر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گندم در سال ۱۹۸۸ در عربستان بررسی شد. در این بررسی تیمارهای تنش بدین صورت بود که تا ۱۵ روز بعد از جوانه‌زنی، ۲۵ روز بعد از شروع رشد رویشی، ۵۰ روز بعد از به ساقه رفتن، و ۷۰ روز بعد از شروع گرده‌افشانی به گیاه هیچ‌گونه آبی داده نشد. نتایج نشان داد که تیمار قطع آبیاری تا ۷۰ روز بعد از گرده‌افشانی بیشترین کاهش عملکرد را در پی داشته است (Al-Khafaf *et al.*, 1988). در امریکا، اثر مقادیر مختلف آب در روش آبیاری بارانی روی عملکرد گندم ارزیابی شده است. تیمارهای آبیاری از بدون آبیاری تا ۱/۱۵ برابر میزان تبخیر- تعرق متغیر بود. آزمایش در زمین‌های دارای بافت شنی و لومی انجام گرفت و نتایج نشان داد که نشانه‌های تنش آبی در محصول گندم روئیده در زمین‌های دارای بافت شنی، سریع‌تر بروز نمود. از این تحقیق نتیجه گرفته شد که مقدار بهینه آب مورد نیاز در خاک‌های شنی برابر با میزان تبخیر- تعرق و در خاک لومی برابر ۵۰ درصد آن است (Hang & Miller, 1983). در سال ۲۰۰۱ تأثیر دو روش آبیاری بارانی و سطحی با اعمال تنش آبی روی عملکرد گندم نیز ارزیابی شده است. در روش آبیاری بارانی، تیمارهای آبی برابر با ۰/۶۰، ۰/۷۵، و ۰/۹۰ میزان تبخیر- تعرق تجمعی در بین دو آبیاری، و در روش سطحی فقط تیمار آبی برابر با ۰/۹۰ تبخیر- تعرق انتخاب شد. خاک محل آزمایش سنگین و دارای ۶۰ درصد رس بود. مقدار عملکرد در روش آبیاری بارانی در تیمارهای

برخی از محققان معتقدند که حساس‌ترین مراحل رشد نسبت به کم‌آبی در گندم، شروع پنجه‌زنی (تشکیل سیستم ریشه‌ای اصلی) و گرده‌افشانی (تلقیح) است و مرتفع ساختن نیاز آبی گیاه در این مراحل برای نیل به پتانسیل عملکرد گندم نقشی سرنوشت‌ساز دارد (Rahimian Mashadi, 1990; Saremi, 1993; Asadi *et al.*, 2003; Razavi, 2003). دستفال و رمضان‌پور (Dastfal & Ramazanpoor, 2000) در منطقه داراب ده رقم گندم را تحت تیمارهای مختلف آبیاری قرار دادند و گزارش کردند که با افزایش شدت تنش آبی، عملکرد دانه به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج تحقیقات قدسی و همکاران (Ghodsi *et al.*, 1998)، نادری و مشرف (Naderi & Moshref, 2000)، و حسینی (Hoseini, 2000) مطابقت دارد. دانایی و لطفعلی‌آینه (Danai & Lotfali-Ayeneh, 2000) اثر قطع آب یک نوبت و دو نوبت آبیاری در مراحل انتهایی رشد را بر هشت رقم گندم در بهبهان بررسی کردند. بالاترین عملکرد دانه به میزان ۴/۷ تن در هکتار در حالت آبیاری کامل و کمترین عملکرد با ۳/۴ تن در هکتار در حالت قطع دو نوبت آبیاری به دست آمد. بالاترین عملکرد متعلق به رقم چمران بود. زارع فیض‌آبادی و صدراقین (Zare-Feyzabadi & Sadre Ghaen, 2001) و قدسی و باغانی (Ghodsi & Baghani, 2002) به ترتیب تحمل به خشکی ارقام گندم مناطق سرد و معتدل کشور را بررسی قرار داده و دور آبیاری ۱۰، ۲۰، و ۳۰ روزه را به عنوان تیمار انتخاب کردند. نتایج تحقیقات آنان نشان می‌دهد که اثر آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد کل ماده خشک، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، و شاخص برداشت معنی‌دار است. بدین معنا که با افزایش دور آبیاری و در نتیجه شدیدتر شدن تنش، این صفات تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. رمضان‌پور و دستفال (Ramazanpoor & Dastfal, 2004) در یک طرح

تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در دو سال (۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶) انجام شد. فاکتورهای سطوح آب آبیاری در سه سطح (۷۰، ۸۵، و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کامل، به ترتیب I1، I2، و I3) در کرت‌های عمودی و مراحل قطع آبیاری در سه سطح (بدون قطع آبیاری، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن، و قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی، به ترتیب D1، D2، و D3) در کرت‌های افقی قرار گرفتند.

همچنین، سه رقم گندم الوند، توس، و گاسکوزن به ترتیب V1، V2، و V3، در کرت‌های فرعی آزمایش، به عنوان رقم‌های مورد بررسی، انتخاب شدند. رقم گاسکوزن، رقم غالب منطقه سرد و تا حدودی نسبت به تنش آبی حساس است. رقم توس از رقم‌های اختصاصی خراسان بوده و به تنش آخر فصل نسبتاً مقاوم است. رقم الوند، رقمی است با تحمل به تنش آبی متوسط. این ارقام بنا به توصیه همکاران تحقیقاتی بخش نهال و بذر انتخاب شدند.

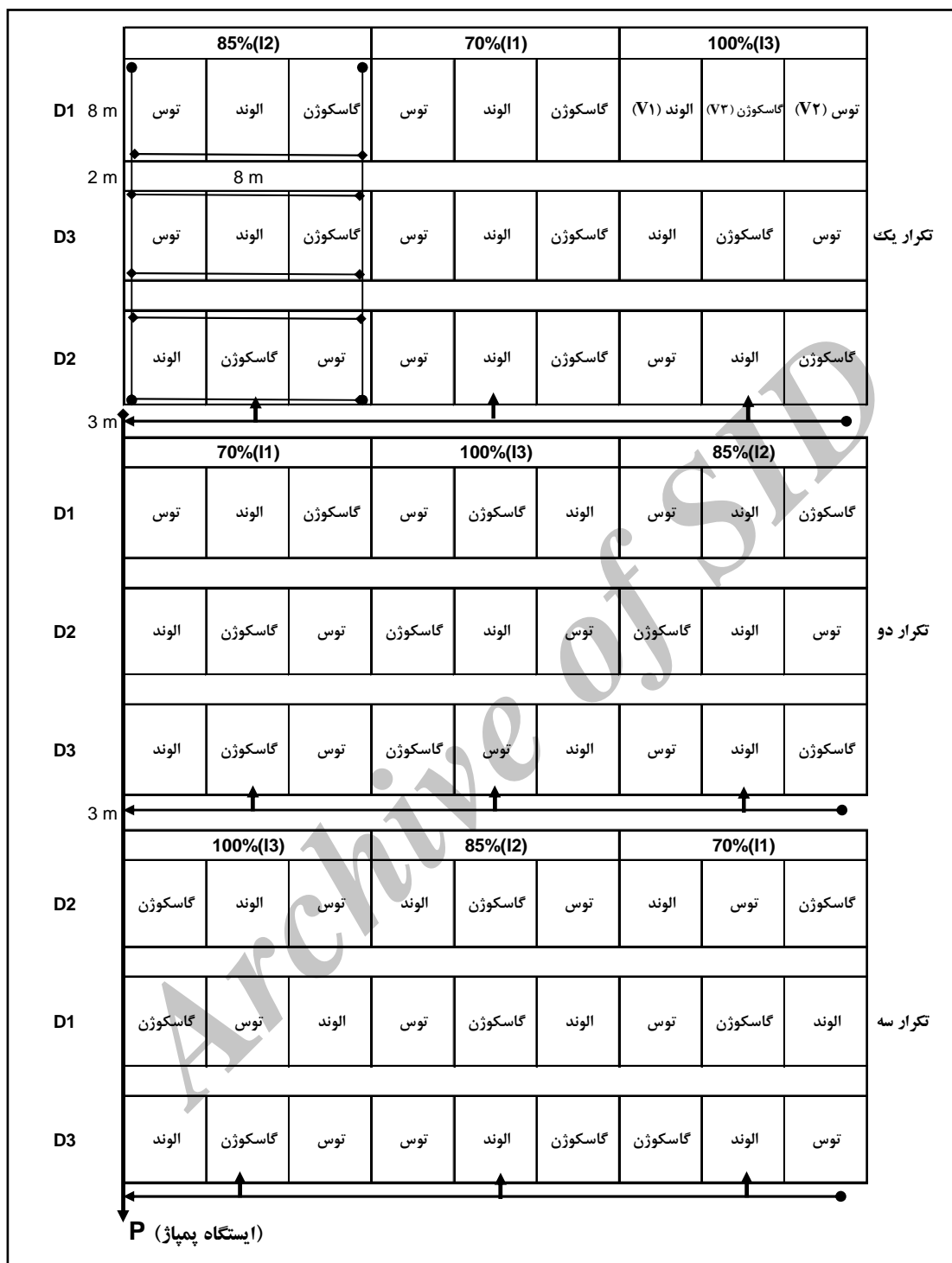
هر بلوک شامل ۲۷ کرت و کل کرت‌ها در سه تکرار (بلوک) برابر با ۸۱ کرت؛ هر کرت دارای چهار پشته به عرض ۶۰ سانتی‌متر، عرض کل ۲/۴ متر، طول ۸ متر و شامل یک رقم بود. میزان بذر مصرفی ارقام گندم بر اساس تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه آنها تعیین شد که روی چهار پشته به عرض ۶۰ سانتی‌متر و با فاصله خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر در ۱۲ خط کشت شدند. بین کرت‌های عمودی و افقی دو متر و بین کرت‌های فرعی (ارقام) یک پشته ناکاشت فاصله داده شد. فاصله بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. در شکل ۱ نقشه اجرای طرح ارائه شده است.

آبی به ترتیب برابر با ۳۰۶۷، ۳۸۳۳، و ۳۵۹۲ کیلوگرم در هکتار و در روش آبیاری سطحی با ۹۰ درصد تبخیر- تعرق تجمعی برابر با ۲۸۱۷ کیلوگرم در هکتار بود. در این پژوهش، کارآیی مصرف آب در تیمارهای ۰/۶۰، ۰/۷۵، و ۰/۹۰ میزان تبخیر- تعرق تجمعی به ترتیب برابر با ۹/۳، ۱۰/۱، ۸/۴، و ۵/۰ کیلوگرم در هکتار به ازای یک میلی‌متر آب به دست آمد (Patel et al., 2001). عملکرد گندم در چین معمولاً به دلیل کمبود آب قابل دسترس پایین است. در تحقیقی طی سال‌های ۹۸-۱۹۹۵ اثر کمبود و محدودیت آب روی عملکرد و کارآیی مصرف آب این محصول، مورد بررسی قرار گرفت. تنش در مراحل مختلف رشد گیاه اعمال شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر و تعرق، مقدار ماده خشک، کارآیی مصرف آب، و شاخص برداشت با مقدار ظرفیت آب خاک رابطه مستقیم دارد و تأثیر آب روی عملکرد نیز به نوع مدیریت آبیاری در مناطق مختلف بستگی دارد. در شرایط بدون تنش آبی، میزان تبخیر و تعرق و کل ماده خشک بیشتر است ولی مقدار عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب کاهش می‌یابد (Kang et al., 2002). از بررسی منابع این نتیجه به دست می‌آید که تأثیر میزان آب مصرفی و نیز قطع آب آبیاری در مراحل مختلف رشد گندم بسته به رقم و نیز بسته به شرایط منطقه می‌تواند متفاوت باشد.

هدف از اجرای این تحقیق، مطالعه کم‌آبیاری با استفاده از روش آبیاری بارانی از نظر مقادیر بهینه کاهش مصرف آب و تعیین زمان مناسب قطع آب آبیاری در مراحل مختلف رشد گندم بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (Strip Split Plot) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه



شکل ۱- شمای کلی اجرای طرح.

کیفیت آب ایستگاه خوب بوده و برای کاربرد در زراعت هیچ محدودیتی ندارد. نتایج آزمون کیفی آب در جدول ۱ درج شده است.

آب مورد استفاده از شبکه موجود در ایستگاه، که از چاه‌های موجود تغذیه می‌شود، تأمین شد.

تأثیر مقادیر و زمان قطع آب آبیاری بر عملکرد...

جدول ۱- نتایج آزمایش کیفیت آب آبیاری

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کاتیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والان در لیتر)				آنیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والان در لیتر)			SAR
		سدیم	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کلر	سولفات	کربنات و بی‌کربنات	
۰/۸	۷/۸	۳	۲/۴	۲/۴	۰/۱۱	۱/۲	۱/۸	۲/۳۵	۱/۹۳

مشخصات فیزیکی این لایه‌ها در جدول ۲ و مشخصات شیمیایی آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. از عمق ۸۰ سانتی‌متری به بعد لایه شنی قرار گرفته است.

با ایجاد نیم‌رخ خاک در مزرعه تا عمق ۸۰ سانتی‌متری، بافت خاک، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی، pH، هدایت الکتریکی (EC)، و عناصر شیمیایی خاک شامل نیتروژن، فسفر، و پتاسیم تعیین شد.

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

مقدار رطوبت حجمی خاک (درصد)	ظرفیت زراعی	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	بافت خاک	درصد ذرات خاک			ضخامت لایه‌ها (سانتی‌متر)
				شن	رس	سیلت	
نقطه پژمردگی							
۱۲/۲۰	۲۷/۹۹	۱/۴۱	سیلتی لوم	۲۸	۱۴	۵۸	۰-۲۰
۱۲/۷۰	۲۹/۹۰	۱/۵۱	سیلتی لوم	۲۴	۲۲	۵۴	۲۰-۴۰
۱۳/۳۰	۲۶/۹۲	۱/۴۵	لوم	۲۶	۲۴	۵۰	۴۰-۶۰
۹/۸۰	۲۳/۷۱	۱/۴۲	لوم	۳۶	۱۸	۴۶	۶۰-۸۰

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

نیتروژن کل (درصد)	پتاسیم قابل جذب P. P. M	فسفر قابل جذب P. P. M	درصد کربن آلی O. C	درصد مواد خنثی شونده T. N. V	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	ضخامت لایه‌ها (سانتی‌متر)
۰/۰۷۳	۱۹۵	۱/۶	۰/۱۳	۱۸/۶	۷/۸	۱/۹۰	۲۰-۴۰
۰/۰۱۳	۱۱۷	۱/۸	۰/۰۳	۱۷/۸	۸/۲	۲/۱۰	۴۰-۶۰
۰/۰۱۱	۱۵۶	۰/۸	۰/۰۳	۲۱/۰	۸/۲	۲/۰۰	۶۰-۸۰

تا رطوبت پروفیل خاک در منطقه توسعه ریشه اشباع و برای کلیه تیمارها یکسان شود و جوانه‌زنی و سبز شدن نیز آسان گردد. بعد از سبز شدن و با شروع بارندگی‌ها آبیاری قطع شد. هر سال، عملیات داشت شامل کوددهی و مبارزه با علف‌های هرز و بیماری‌ها در تمام تیمارها به طور مساوی انجام شد. ساقه رفتن، ظهور سنبله، مرحله

زمین در این دو سال دوره آزمایشی، بعد از آماده‌سازی، مطابق با نقشه اجرای طرح، کشت گردید. کاشت با ماشین مخصوص آزمایش‌های غلات، اجرا و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمان کاشت در سال ۱۳۸۶ و ۸۷ به ترتیب در تاریخ ۲۳ و ۲۷ آبان‌ماه بود. پس از کاشت بذر، مزرعه بلافاصله آبیاری شد (خاک آب)

کرت (دو پشته هر کدام به طول ۸ متر) برداشت گردید. با اندازه‌گیری عملکرد، میزان آب مصرفی و نیز کارایی مصرف آب که عبارت است از کیلوگرم محصول به ازای یک مترمکعب آب مصرفی (حاصل تقسیم عملکرد بر میزان آب مصرفی) محاسبه شد. در تمامی تیمارها، تجزیه و تحلیل مرکب داده‌ها در قالب طرح آماری مورد نظر انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش به تفکیک صفات مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس این نتایج اثر سال روی میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف آب معنی‌دار نیست. تأثیر میزان آب مصرفی روی میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است در صورتی‌که اثر متقابل سال در میزان آب مصرفی روی هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نیست. به طور کلی تیمارهای درصد آب مصرفی، نقش موثری در عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دارند. تأثیر تیمار قطع آب آبیاری روی میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. اثر متقابل سال در قطع آب آبیاری، روی هیچ کدام از صفات معنی‌دار نیست. اثر متقابل میزان آب مصرفی در تیمار قطع آب روی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. تأثیر تیمار رقم روی میزان عملکرد دانه در سطح ۱ درصد و روی میزان کارایی مصرف آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. اثر متقابل تیمار درصد آب مصرفی در رقم روی میزان عملکرد در سطح ۵ درصد معنی‌دار است ولی تأثیر معنی‌داری روی میزان کارایی مصرف آب ندارد. با توجه به این نتایج، مقایسه میانگین بین تیمارها در صفاتی که معنی‌دار شده است در ادامه بررسی خواهد شد.

گرده‌افشانی و رسیدن دانه به ترتیب در دهم فروردین، اول اردیبهشت، ششم اردیبهشت و بیست و یکم خرداد بود. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خاک، معادله کود مصرفی (N- P- K) به ترتیب به صورت ۵۰-۹۰-۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اعمال شد. تمامی کود پتاسه و فسفره و یک سوم کود نیتروژن قبل از کاشت و بقیه کود نیتروژن در مرحله خاتمه پنجه‌دهی (همزمان با آغاز رشد سریع رویشی) و مرحله ظهور سنبله به صورت سرک مصرف شد. روش آبیاری بارانی از نوع سیستم کلاسیک ثابت بود با این آرایش که فاصله بین لاترال‌ها و آبپاش‌های روی آن‌ها برابر ۸ متر در نظر گرفته شد. آبپاش انتخابی، ویر ۵۰ با شعاع پاشش هشت متر و دبی ۰/۲ لیتر بر ثانیه در فشار ۲/۵ اتمسفر بود. جهت ممانعت از ریزش آب هر تیمار روی تیمارهای دیگر، از آبپاش‌های قابل تنظیم با زاویه پاشش ۹۰ درجه استفاده شد. با توجه به تلفات آب در ابتدا و انتهای آبیاری از محل اتصال لوله‌های آلومینیومی در آبیاری بارانی (به دلیل کم بودن فشار آب)، در این طرح از لوله‌های پلی‌اتیلن (به جای لوله‌های آلومینیومی) استفاده شد و با نصب کمربند، رایزها روی لوله لاترال به فواصل ۸×۸ متر نصب شد. برای تعیین نیاز آبی کامل گیاه (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، با استفاده از اطلاعات هواشناسی منطقه (شهرستان مشهد)، از معادله پنمن مانتیس استفاده شد و بر اساس ۷۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی، دو تیمار دیگر سطوح آبی محاسبه و با نصب کنتورهای حجمی مجزا برای هر سطح آب مصرفی، میزان آب کاربردی اندازه‌گیری و کنترل شد. دور آبیاری ثابت و برابر با هفت روز بود. راندمان پخش آب در مزرعه با استفاده از قوطی‌های جمع‌آوری آب اندازه‌گیری شد که میزان آن حدود ۸۵ درصد بود. برای برداشت طرح از کمباین آزمایشی استفاده شد. در زمان برداشت، دو پشته کناری حذف و باقیمانده هر

جدول ۴- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم به ازای هر مترمکعب)
سال (A)	۱	۲۸۴۳۹۹۴۵ ^{ns}	۱/۷۷۶ ^{ns}
خطا	۲	۸۰۶۲۹۰۱	۱/۷۱۲
درصد آب آبیاری (I)	۲	۴۱۲۷۸۲۷۶ ^{**}	۲/۸۵۸ ^{**}
A*I	۲	۱۸۰۵۶۲۸ ^{ns}	۰/۴۰۲ ^{ns}
خطا	۸	۱۴۴۹۲۸۵	۰/۲۱۴
قطع آب (D)	۲	۷۳۸۸۷۵۶ [*]	۱/۰۹۳ [*]
A*D	۲	۶۱۸۱۴۳۸ ^{ns}	۰/۴۵۷ ^{ns}
خطا	۴	۱۳۲۰۲۸۵	۰/۲۲۲
I*D	۴	۳۳۱۵۴۱۵ [*]	۰/۵۷۸ [*]
A*I*D	۴	۷۲۳۱۷۴ ^{ns}	۰/۱۲۹ ^{ns}
خطا	۲۰	۷۹۵۰۱۸	۰/۱۳۶
رقم (V)	۲	۲۹۲۳۰۳۰ ^{**}	۰/۳۳۷ [*]
A*V	۲	۲۶۳۳۰۸ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}
I*V	۴	۱۳۸۶۶۴۲ [*]	۰/۱۷۶ ^{ns}
A*I*V	۴	۵۲۳۶۷۴ ^{ns}	۰/۱۰۱ ^{ns}
D*V	۴	۴۶۷۶۹۴ ^{ns}	۰/۰۶۳ ^{ns}
A*D*V	۴	۴۰۶۱۲۴ ^{ns}	۰/۰۶۴ ^{ns}
I*D*V	۸	۶۸۱۲۹۶ ^{ns}	۰/۱۰۵ ^{ns}
A*I*D*V	۸	۸۳۴۷۳۴ ^{ns}	۰/۱۳۷ ^{ns}
خطا	۷۲	۵۸۳۲۸۵	۰/۰۸۴

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

عملکرد دانه گندم

تفاوت معنی‌داری بین این دو سطح از نظر میزان عملکرد وجود ندارد. کمترین میزان عملکرد دانه گندم در سطح قطع آب در مرحله گرده‌افشانی با ۳۸۱۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. با این همه تفاوت معنی‌داری بین میزان عملکرد در دو سطح قطع آب (قطع در مرحله ساقه رفتن و قطع آب در مرحله گرده‌افشانی) وجود ندارد. بین ارقام نیز اختلاف معنی‌دار دیده می‌شود. رقم الوند با ۴۴۴۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد را دارد و از نظر آماری در گروه اول و بالاترین گروه قرار می‌گیرد. عملکرد دانه در دو رقم توس و گاسکوژن به ترتیب برابر با ۴۱۲۸ و ۳۹۹۴ کیلوگرم در هکتار است هر چند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین میزان عملکرد این دو رقم وجود ندارد و هر دو در گروه b قرار می‌گیرند. در آبیاری سطحی نتایج دانایی و لطفعلی‌آینه (Danai & Lotfali -Ayeneh, 2000) نشان می‌دهد که

از نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف در جدول ۵ مشاهده می‌شود که سطح ۷۰ درصد آب مصرفی با میزان عملکرد دانه، ۳۱۸۲ کیلوگرم در هکتار، پایین‌ترین مقدار عملکرد را دارا است و از نظر آماری در رده پایین (b) قرار گرفته است. میزان عملکرد دانه گندم در دو سطح ۸۵ و ۱۰۰ درصد آب مصرفی به ترتیب برابر با ۴۶۳۹ و ۴۷۴۸ کیلوگرم در هکتار است و هر دو سطح از نظر آماری در گروه مشترک a قرار دارند یعنی از نظر آماری بین عملکردها در این دو سطح آب مصرفی تفاوتی وجود ندارد.

در تیمار قطع آب آبیاری، سطح بدون قطع آب آبیاری با ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار عملکرد را دارد و بعد از آن سطح قطع آب در مرحله ساقه رفتن ۴۱۹۵ کیلوگرم در هکتار است، هر چند از لحاظ آماری

بالاترین عملکرد دانه به میزان ۴/۷ تن در هکتار در حالت آبیاری کامل و کمترین عملکرد با ۳/۴ تن در هکتار در حالت قطع دو نوبت آبیاری به دست آمده است. یکی از عوامل کاهش عملکرد در آبیاری بارانی می‌تواند ورس گندم در آخر فصل بر اثر سنگینی قطره‌های آبیاری بارانی باشد. ولی با توجه به این که ارقام

مورد تحقیق در این آزمایش، مقاوم به ورس بودند و حالت ورس در حین آزمایش اتفاق نیفتاد، نمی‌توان کاهش در عملکرد را به آن نسبت داد. میزان عملکرد در حالت آبیاری کامل در آبیاری بارانی در این تحقیق با نتایج آبیاری کامل در آبیاری سطحی (Danai & Lotfali -Ayeneh, 2000) مطابقت دارد.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف

تیمارها	متوسط عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	کارایی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم به ازای مترمکعب)	میزان بارندگی در طول فصل رشد (مترمکعب در هکتار)	میزان آب آبیاری + کارایی مصرف آب (مترمکعب در هکتار)	میزان بارندگی (کیلوگرم به ازای مترمکعب)
الف- درصد آب مصرفی:						
۷۰ درصد	۳۱۸۲ b	۲۲۹۱	۱/۳۸۹ c	۱۱۰۷	۳۳۹۸	۰/۹۳۸ c
۸۵ درصد	۴۶۳۹ a	۲۵۰۹	۱/۸۴۹ a	۱۱۰۷	۳۶۴۶	۱/۲۸۳ a
۱۰۰ درصد	۴۷۴۸ a	۲۹۳۴	۱/۶۱۸ b	۱۱۰۷	۴۰۴۱	۱/۱۷۵ b
ب- قطع آب:						
بدون قطع آب	۴۵۵۷ a	۳۰۳۰	۱/۵۰۴ b	۱۱۰۷	۴۱۳۷	۱/۱۰۲ b
قطع آب در مرحله ساقه رفتن	۴۱۹۵ ab	۲۳۵۹	۱/۷۷۸ a	۱۱۰۷	۳۴۶۶	۱/۲۱۰ a
قطع آب در مرحله گرده‌افشانی	۳۸۱۷ b	۲۴۲۵	۱/۵۷۴ ab	۱۱۰۷	۳۵۳۲	۱/۰۸۱ ab
ج- ارقام:						
الوند	۴۴۴۷ a	۲۵۸۸	۱/۷۱۸ a	۱۱۰۷	۳۶۹۵	۱/۲۰۳ a
توس	۴۱۲۸ b	۲۵۸۸	۱/۵۹۵ ab	۱۱۰۷	۳۶۹۵	۱/۱۱۷ ab
گاسکون	۳۹۹۴ b	۲۵۸۸	۱/۵۴۳ b	۱۱۰۷	۳۶۹۵	۱/۰۸۱ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد ۳۰۹۹ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان را داشته‌اند. در سطح آب مصرفی ۷۰ درصد، تفاوت معنی‌داری بین عملکرد در ارقام مختلف دیده نمی‌شود ولی در دو سطح دیگر بین ارقام از لحاظ عملکرد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. اثرات متقابل قطع آب در رقم معنی‌دار نیست.

با این همه، نتایج مقایسه میانگین در جدول ۸ ارائه شده است. بیشترین عملکرد در تیمار بدون قطع آب و رقم الوند به میزان ۵۰۰۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در تیمار قطع آب در مرحله گرده‌افشانی و رقم توس به میزان ۳۷۵۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر متقابل میزان آب مصرفی در تیمار قطع آب و درصد آب مصرفی در رقم روی عملکرد دانه معنی‌دار است.

مقایسه میانگین این اثرها به ترتیب در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. کمترین عملکرد در تیمار سطح آبیاری ۸۵ درصد و قطع آب در مرحله ساقه رفتن به میزان ۲۹۱۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین آن در تیمار ۸۵ درصد آب مصرفی و بدون قطع آب با ۵۲۰۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. همچنین، تیمار ۱۰۰ درصد آب مصرفی و رقم الوند با عملکرد ۵۲۷۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و تیمار ۷۰ درصد آب مصرفی و رقم توس با

جدول ۶- نتایج اثر متقابل درصد آب مصرفی در قطع آب بر عملکرد گندم (تن در هکتار)

قطع آب آبیاری		بدون قطع آب	درصد آب مصرفی
قطع آب در مرحله گرده‌افشانی	قطع آب در مرحله ساقه رفتن		
۳۲۸۹ ab	۲۹۱۰ b	۳۳۴۸ ab	۷۰ درصد
۳۷۶۱ ab	۴۹۴۹ a	۵۲۰۵ a	۸۵ درصد
۴۴۰۲ ab	۴۷۲۵ ab	۵۱۱۸ a	۱۰۰ درصد

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- نتایج اثر متقابل درصد آب مصرفی در ارقام بر عملکرد گندم (تن در هکتار)

ارقام			درصد آب مصرفی
گاسکوژن	توس	الوند	
۳۲۸۲ c	۳۰۹۹ c	۳۱۶۵ c	۷۰ درصد
۴۳۱۵ b	۴۷۰۲ ab	۴۸۹۹ ab	۸۵ درصد
۴۳۸۵ b	۴۵۸۲ ab	۵۲۷۸ a	۱۰۰ درصد

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- نتایج اثر متقابل قطع آب آبیاری در ارقام بر عملکرد گندم (تن در هکتار)

ارقام			قطع آب آبیاری
گاسکوژن	توس	الوند	
۴۲۵۴ bc	۴۴۱۳ b	۵۰۰۳ a	بدون قطع آب
۳۹۶۵ bc	۴۲۱۷ bc	۴۴۰۲ b	قطع آب در مرحله ساقه رفتن
۳۷۶۴ c	۳۷۵۲ c	۳۹۳۶ b	قطع آب در مرحله گرده‌افشانی

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

کارایی مصرف آب

آب روی میزان کارایی مصرف آب، همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، سطح قطع آب در مرحله ساقه رفتن با میزان کارایی ۱/۷۷۸ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده است و بعد از آن سطح قطع آب در مرحله گرده‌افشانی با ۱/۵۷۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب قرار دارد، هر چند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین این دو سطح وجود ندارد. کمترین میزان کارایی مصرف آب، با ۱/۵۰۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب، در سطح بدون قطع آب آبیاری است هر چند اختلاف معنی‌داری با میزان کارایی در سطح قطع آب در مرحله گرده‌افشانی ندارد ولی با سطح قطع آب در مرحله ساقه رفتن اختلاف معنی‌دار دارد. کمترین کارایی مصرف آب بین ارقام، در رقم گاسکوژن با ۱/۵۴۳ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب به دست آمده است. میزان کارایی مصرف آب در رقم توس

خلاصه مقایسه میانگین بین سطوح مختلف تیمارها از نظر کارایی مصرف آب آبیاری و نیز کارایی مصرف آب آبیاری و بارندگی، در جدول ۵ ارائه شده است. از نظر درصد آب مصرفی، سطح ۷۰ درصد آب مصرفی با کمترین میزان کارایی (۱/۳۸۹) کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب مصرفی (از لحاظ آماری در پایین‌ترین گروه (c) قرار دارد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب در سطح ۸۵ درصد آب مصرفی به دست آمده است. میزان کارایی در این سطح برابر با ۱/۸۴۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب است و از نظر آماری در بالاترین رده یعنی (a) قرار دارد. میزان کارایی مصرف آب آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد آب مصرفی برابر با ۱/۶۱۸ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب است که هم از نظر مقدار و هم از نظر آماری بین دو سطح دیگر آب مصرفی قرار می‌گیرد. از نظر تأثیر سطوح قطع

۱/۲۱۰ و رقم الوند با ۱/۲۰۳ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب نسبت به سایر سطوح کارایی بالاتری نشان می‌دهد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که فقط اثر متقابل میزان آب مصرفی در تیمار قطع آب روی کارایی مصرف آب معنی‌دار است. مقایسه میانگین این تأثیرات در جدول ۹ ارائه شده است. کمترین کارایی مصرف آب در تیمار سطح آبیاری ۷۰ درصد و بدون قطع آب به میزان ۱/۲۴۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب و بیشترین آن در تیمار ۸۵ درصد آب مصرفی و قطع آب در مرحله ساقه رفتن به میزان ۲/۱۷۱ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب به دست آمده است.

برابر با ۱/۵۹۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب است و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین این دو رقم وجود ندارد. بیشترین میزان کارایی در رقم الوند با ۱/۷۱۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب به دست آمده است که به لحاظ آماری تفاوتی بین میزان کارایی در این رقم با رقم توس وجود ندارد ولی با رقم گاسکوژن اختلاف معنی‌دار است. با توجه به این‌که میزان بارندگی در طول فصل رشد در تمام تیمارها یکسان است، روند تغییرات کارایی مصرف آب آبیاری و بارندگی با میزان کارایی مصرف آب آبیاری مشابه است و فقط مقدار آن کاهش نشان می‌دهد. از این نظر، سطح آب مصرفی ۸۵ درصد با ۱/۲۸۳ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب، تیمار قطع آب در مرحله ساقه رفتن با

جدول ۹- نتایج اثر متقابل درصد آب مصرفی در قطع آب بر کارایی مصرف آب گندم (کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب)

درصد آب مصرفی	قطع آب آبیاری		
	بدون قطع آب	قطع آب در مرحله ساقه رفتن	قطع آب در مرحله گرده‌افشانی
۷۰ درصد	۱/۲۴۴ c	۱/۳۹۷ bc	۱/۵۲۷ bc
۸۵ درصد	۱/۷۷۸ b	۲/۱۷۱ a	۱/۵۹۹ bc
۱۰۰ درصد	۱/۴۹۲ bc	۱/۷۶۷ b	۱/۵۹۵ bc

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

قابل توصیه باشد، زیرا عملکرد فقط ۷ درصد کاهش می‌یابد ضمن این‌که کارایی مصرف آب حدود ۱۹ درصد بیشتر می‌شود. میزان کاهش مصرف آب در این تیمار نسبت به تیمار بدون قطع آب آبیاری حدود ۶۹۰ مترمکعب در هکتار است. تیمار قطع آب در مرحله گرده‌افشانی به دلیل کاهش قابل توجه در میزان عملکرد قابل توصیه نخواهد بود.

تیمار ۸۵ درصد آب مصرفی و قطع آب در مرحله ساقه رفتن، از نظر مدیریت آبیاری می‌تواند تیمار برتر انتخاب گردد. همچنین، رقم الوند با دارا بودن بالاترین عملکرد و کارایی مصرف آب برای کشت در منطقه‌ای با شرایط کمبود آب و قطع آب مناسب‌تر خواهد بود.

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌های این تحقیق در خصوص عملکرد دانه گندم و کارایی مصرف آب آبیاری، تیمار ۷۰ درصد آب مصرفی با کاهش ۳۳ درصد در عملکرد و ۱۵ درصد در کارایی مصرف آب، نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آب مصرفی قابل توصیه نیست ولی سطح ۸۵ درصد آب مصرفی به دلیل کاهش ناچیز عملکرد (فقط حدود ۲ درصد) و افزایش کارایی مصرف آب (حدود ۱۶ درصد) نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آب مصرفی در مناطق خشک و نیمه‌خشک قابل توصیه است. در صورت اجبار به قطع آب آبیاری در مراحل مختلف رشد گندم، قطع آب در مرحله ساقه رفتن گندم می‌تواند راهکاری

مراجع

- Al-Khafaf, S., Al-Daghistani, S., Mankhy, F. S. and Hussain, I. A. 1988. Grain yield and root distribution of wheat exposed to water stress at different growth stages under various depths of presuming irrigation water. *J. Agric. Water Resour. Res. Soil Water Resour.* 7(1): 1-16.
- Asadi, H. M., Nishaboori, M. and Siadat, H. 2003. Evaluating the wheat response factor to water (Ky) in different growth stages in Karaj. *Iranian J. Agric. Sci.* 34(3): 579-586. (in Farsi)
- Danai, A. and Lotfali-Ayeneh, G. A. 2000. Study and comparison of wheat yield in limited irrigation. Abstracts Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Sep. 3-6. Babolsar. University of Mazandaran. (in Farsi)
- Dastfal, M. and Ramazanpoor, M. 2000. Evaluation of drought resistance of wheat varieties in climatic conditions of Darab. Abstracts Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Sep. 3-6. Babolsar. University of Mazandaran. (in Farsi)
- Ghodsi, M. and Baghani, J. 2002. Study on drought tolerance of uniform regional wheat yield trial – moderate zones. Research Report. No. 403. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center. (in Farsi)
- Ghodsi, M., Nazeri, M. and Zare Feyabadi, A. 1998. Reaction of promising new cultivars and lines of spring wheat to drought stress. Abstracts Proceedings of 5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Aug. 31- Sep. 4. Karaj. Iran. (in Farsi)
- Hang, A. N. and Miller, D. E. 1983. Wheat development as affected by deficit, high frequency sprinkler irrigation. *Agron. J.* 75(2): 234-239.
- Hoseini, S. K. 2000. Study on effects of drought and heat stress on wheat varieties developed in the tropical conditions of Gachsaran. Abstracts Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Sep. 3-6. Babolsar. University of Mazandaran. (in Farsi)
- Kang, S. Z., Zhang, L., Liang, Y. L. and Cai, H. J. 2002. Effects of Limited Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Winter Wheat on the Loess Plateau of China. In: McVicar, T. R., Rui, L., Walker, J., Fitzpatrick, R. W. and Changming, L. (Eds.) *Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia.* Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). Canberra. Australia.
- Kheirabi, J., Tavakkoli, A., Entesari, M. and Salamat, A. 1996. Deficit Irrigation Manual. Working Group on Sustainable Crops and Water Use. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). (in Farsi)
- Naderi, A. and Moshref, G. 2000. Drought effects on yield and agronomic traits related to the wheat genotypes. Abstracts Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Sep. 3-6. Babolsar. University of Mazandaran. (in Farsi)
- Patel, D. B., Putel, C. L. and Raman, S. 2001. Effect of Sprinkler Irrigation on Performance of Wheat and Grain in Nakmada Command Area. In: Singh, H. P., Kaushish, S. P. Kumar, A., Murthy, T. S. and Samuel, J. C. (Eds.) *Micro Irrigation.* Central Board of Irrigation and Power. New Delhi.
- Rahimian Mashadi, H. 1990. Wheat response at high temperatures and moisture stress areas. *Agric. Sci. Technol. J.* 34(1): 37-49. (in Farsi)
- Ramazanpoor, M. and Dastfal, M. 2004. Study on tolerance of bread and durum wheat cultivars to drought. Abstracts Proceedings of the 8th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Aug. 25-27. University of Guilan. Rasht. Iran. (in Farsi)
- Razavi, R. 2003. Susceptibility of wheat to water at different growth stages. Research Report. No. 451. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. (in Farsi)
- Saremi, M. 1993. Study on sensitivity of wheat cultivars at different stages of physiological growth to moisture deficit. First Iranian Congress on Crop Production and Plant Breeding. Sep. 6-9. Karaj. Iran. (in Farsi)
- Zare-Feyzabadi, A. and Sadre Ghaen, H. 2001. Study on drought tolerance of bread wheat lines/cultivars in cold regions (C-75). Research Report. No. 180. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center. (in Farsi)



Wheat Deficit Irrigation by Water Depletion and Length of Sprinkler Irrigation

M. Jolaini*

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 91735-488, Khorasan Razavi, Iran. E-mail: mjolaini@yahoo.com
Received: 18 May 2011, Accepted: 8 September 2012

This research was conducted at Torogh Agricultural Research Station in Khorasan-e Razavi province to determine the impact of irrigation cutoff at different growth stages and percentage of water use on the yield and water use efficiency (WUE) of wheat cultivars using sprinkler irrigation. The study was done from 2006-2008. The experimental design was a randomized complete block design with a strip split plot layout and three replications. The three vertical plots were for irrigation (70%, 85%, 100% of plant requirement), the three horizontal plots were for irrigation cutoff point (full irrigation, irrigation cutoff at stem elongation, cutoff at pollination) Three wheat cultivars (Alvand, Toos, Gaskozhen) were the subplots. The yield means at 70%, 85% and 100% water consumption were, respectively, 3182, 4639, and 4748 kg/ha. Water consumption of 85% and 100% fell into statistical group A. The highest value for WUE was 1.849 kg/m^3 at 85%, followed $1/389 \text{ kg/m}^3$ for 70%, and 1.618 kg/m^3 for 100%. The irrigation cutoff treatment showed significant differences ($P \leq 0.05$) for grain yield and WUE. Full irrigation showed the highest grain yield (4557 kg/ha) and irrigation cutoff at stem elongation and cutoff at pollination actually decreased yield to 4195 and 3817 kg/ha, respectively. Full irrigation and irrigation cutoff at stem elongation fell into statistical group A. Cutoff at stem elongation had the highest WUE (1.778 kg/m^3). Combined analysis showed that wheat cultivar had a significant effect on grain yield and WUE. Alvand cultivar had the highest yield (4447 kg/ha) and WUE (1.718 kg/m^3). The results showed that, where water shortage was not an issue, full irrigation produced the best results. In areas of water shortage, 85% irrigation using the cutoff at stem elongation method is recommended for the best results in yield, water consumption and WUE.

Keywords: Cultivars, Deficit Irrigation, Irrigation Cutoff, Sprinkler Irrigation, Wheat