Archive of SID

نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دوازدهم، شماره ۴(۴۸)، زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۵۹۸-۵۸۱

تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گندم رقم پارسی

نادیا جعفری[۱]، فیاض آقایاری[۲*] و فرزاد پاک‌نژاد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۱

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گندم تحت سطوح متفاوت آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج اجرا گردید. کم آبیاری در سه سطح شامل I_{100}: آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه، I_{75}: آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و I_{50}: آبیاری بر اساس ۵۰٪ نیاز آبی گیاه در کرت‌های اصلی و روش آبیاری در سه سطح شامل M_1: آبیاری جویچه‌ای معمول، M_2: آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و M_3: آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با مصرف ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای معمول به‌ترتیب ۲۱/۸ و ۲۳/۷ درصد کاهش عملکرد دانه را به‌همراه داشتند. بیشترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه (۱/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب عملکرد دانه (۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با روش آبیاری جویچه‌ای معمول به‌دست آمدند. هم‌چنین، بیشترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک (۴/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب) در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت برآورد شد که نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1$)، ۳۱/۵ درصد افزایش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، اعمال روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه، برای افزایش کارایی مصرف آب عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آبیاری جویچه‌ای یک در میان، تنش خشکی، کارآیی مصرف آب، کم آبیاری.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. * نگارنده‌ی مسئول aghayari_ir@yahoo.com
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در ایران کم‌آبی و خشکی همواره یکی از مهم‌ترین مشکلات بخش کشاورزی بوده است لذا بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی گیاهان زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است. به عنوان نمونه، خشک‌سالی سال زراعی ۹۰-۸۹ در ایران به‌طور میانگین کاهش حدود ۲ میلیون هکتار در سطح کاشت و ۵ میلیون تن در تولید محصولات زراعی را به جای گذاشت (Aminian *et al*., 2011).

کم‌آبیاری یکی از روش‌های مدیریت آبیاری است که در آن با کاهش درصدی از آب توصیه شده بتوان به محصول ایده‌آل دست یافت (Fardad, 2011). باسینگر و هلمن (Basinger and Hellman, 2006) بیان کردند کم آبیاری تنظیم شده، کارآیی مصرف آب را ۷۲ درصد افزایش می‌دهد، ولی در کاهش مقدار محصول اثر کمی دارد. آبیاری جویچه‌ای یک در میان از شیوه‌های کم‌آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی فاریاب است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به‌طور ثابت یا متغیر قابل اجرا است. در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب، جویچه‌ها به‌صورت یک در میان آبیاری می‌شوند. به‌این ترتیب که در یک آبیاری دو جویچه کناری و در آبیاری بعدی فقط جویچه وسط آبیاری می‌شود. در این روش نیمی از ریشه گیاه فقط یک دوره خشکی را تحمل می‌کند که این خشکی دایمی نیست و در آبیاری بعد مرتفع شده و نیمه دیگر تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد. بخشی از ریشه که خشک مانده است، به مثابه واکنشی فیزیولوژیکی در برابر تنش آبی، مقداری آبسسیک اسید، تولید می‌کند که انتقال این ماده به شیره گیاهی موجب قلیایی شدن آن و کاهش میزان بازشدگی روزنه شده و موجبات کاهش هدررفت آب را فراهم می‌آورد. فراهم ساختن شرایط برای تولید این ماده در ریشه با تر و خشک کردن متناوب آن ایجاد می‌شود (Stoll *et al*., 2000). نتایج بسیاری از مطالعات صورت گرفته در زمینه آبیاری یک در میان جویچه‌ای در مورد گیاهانی نظیر گوجه‌فرنگی، کلزا، پنبه، گندم زمستانه و ذرت، حاکی از افزایش میزان بهره‌وری آب و هم‌چنین عدم کاهش معنی‌دار محصول در نتیجه‌ی اعمال چنین روش کم‌آبیاری می‌باشد (Tafte and Sepaskhah, 2011; Molavi *et al*., 2011; Tang and Zhang, 2005; Sepaskhah *et al*., 2006; Aghayari *et al*., 2016 a). شهبازپناهی و همکاران (Shahbazpanahi *et al*., 2012) اثر چهار سطح آبیاری (شاهد، آبیاری کافی تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ۶۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی تا پایان دوره رشد و قطع آبیاری از گرده افشانی تا پایان دوره رشد) را بر روی ۵ ژنوتیپ گندم مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، طول سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و طول دم‌گل به طور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری قرار گرفتند. دهقان‌زاده (Dehghanzadeh, 2016) در بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری (در سه سطح شامل آبیاری پس از ۷۵، ۹۵ و ۱۱۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) بر برخی ویژگی‌های کمّی و کیفی سه رقم گندم نان (سپاهان، قدس و پیشتاز) در اصفهان به این نتیجه رسید که تیمارهای آبیاری پس از ۷۵ و ۹۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی، در صفات مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ تأخیر در آبیاری از ۹۵ به ۱۱۵ میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

تبخیر تجمعی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن و افزایش درصد پروتئین دانه شد.

حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2014) به‌منظور بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان 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 یک در میان نیز استفاده نمود. کارآیی مصرف آب در روش آبیاری یک در میان که از میانگین سه منطقه اجرای طرح به‌دست آمد، برابر ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود که این مقدار نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی ۴۲/۳ درصد افزایش داشت. علی و همکاران (Ali *et al.*, 2007) در پژوهشی بیان کردند که در شرایط کمبود زمین و آب، اعمال کم‌آبیاری در مرحله شروع ریشه‌دهی و ابتدای مرحله خمیری می‌تواند حداکثر بهره‌وری آب را به‌دنبال داشته باشد. بنابراین، با دقت در گزارش‌های فوق چنانچه روش‌های آبیاری سطحی و مدیریت صحیح آنها بیشتر مورد توجه قرار گیرد باعث افزایش بازده کاربرد آب و عملکرد محصول پایدار می‌گردد. سرایی تبریزی و همکاران (Sarai Tabrizi *et al.*, 2010) آزمایشی با چهار تیمار آبیاری شیاری شامل آبیاری کامل (در حد ۱۰۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک)، کم‌آبیاری سنتی درحد ۷۵ و ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و درحد ۵۰ درصد خشک کردن جزیی ناحیه ریشه (PRD: Partial Root-Zone Drying) در سه تکرار بر روی کشت سویا انجام دادند. نتایج نشان داد کارآیی مصرف آب در تیمار خشک کردن جزیی ناحیه ریشه نسبت به تیمار کم‌آبیاری سنتی در حد ۵۰ و ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب ۴۸/۳، ۶۱/۹ و ۷۰/۱ درصد افزایش یافت.

صمصامی‌پور و همکاران (Samsamipour *et al.*, 2015)، با ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک درمیان متناوب اظهار داشتند که تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها در کل دوره رشد بیشترین عملکرد علوفه تر (۶۷۰۲۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار آبیاری یک درمیان متناوب در کل دوره رشد کمترین عملکرد علوفه تر (۵۰۰۶۴ کیلوگرم در هکتار) را داشت. بهترین تیمار، آبیاری کامل در مرحله گلدهی و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل رشد شناخته شد. در این تیمار کاهش عملکرد علوفه تر و خشک، وزن تر و خشک برگ‌ها و وزن تر و خشک ساقه در مقایسه با تیمار شاهد بین ۸ تا ۱۴ درصد به‌دست آمد که در مقایسه با کاهش ۳۹ درصدی در میزان آب مصرفی نتیجه‌ای پذیرفتنی است. بالاترین کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل در مرحله گلدهی و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل رشد و برابر ۱/۸۸ کیلوگرم در مترمکعب بود. آقایاری و همکاران (Aghayari *et al.*, 2016b) در بررسی اثر کم‌آبیاری معمول (در سه سطح شامل آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری موضعی (در دو سطح شامل آبیاری تمام جویچه‌ای و جویچه‌ای موضعی به صورت یک در میان ثابت) و پلیمر سوپرجاذب (در دو سطح شامل عدم مصرف سوپر جاذب و مصرف سوپرجاذب به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد ذرت به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه در روش آبیاری جویچه‌ای موضعی نسبت به روش تمام جویچه‌ای در شرایط آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی، به‌طور معنی‌داری و به میزان

www.SID.ir

Archive of SID

۳۸/۵ درصد کاهش یافت. در صورتی‌که اختلاف عملکرد دانه در بین دو روش آبیاری موضعی و تمام جویچه‌ای در شرایط آبیاری با ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود.

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر روش‌های کم‌آبیاری معمول و موضعی (جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر) همراه با مقادیر متفاوت آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گندم رقم پارسی در منطقه کرج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۱۷۴/۰۸ متر بالاتر از سطح دریا و میزان متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۱ میلی‌متر اجرا گردید. اطلاعات هواشناسی در طول دوره رشد بر اساس گزارش سالیانه ایستگاه هواشناسی کرج در جدول شماره ۱ ارایه شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل مورد مطالعه عبارت بودند از: عامل کم آبیاری در سه سطح شامل آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (آبیاری کامل، I_{100})، آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه (تنش متوسط، I_{75}) و آبیاری بر اساس ۵۰٪ نیاز آبی گیاه (تنش شدید، I_{50}) که در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. عامل روش آبیاری در سه سطح شامل آبیاری جویچه‌ای معمول (M_1)، جویچه‌ای یک در میان ثابت (M_2) و جویچه‌ای یک در میان متغیر (M_3) که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

جهت عملیات کاشت و کنترل مکانیکی علف‌های هرز در پاییز اقدام به شخم و دیسک زمین شد. تعداد ۳۶ کرت آزمایشی به طول ۴ متر و عرض ۳ متر که هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله ۱/۵ متر بین کرت‌های اصلی و ۱ متر بین کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد و نیز فاصله بین تکرارها ۳ متربود. تاریخ کاشت ۱۸ آبان بود و میزان بذر مصرفی ۴۵۰ بذر در متر مربع رقم پارسی در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره مصرف شد که یک سوم آن به میزان ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار در موقع کاشت به زمین داده شد و مابقی آن در دو مرحله (ساقه رفتن و سنبله رفتن) به‌صورت سرک مصرف شد. اولین آبیاری در تاریخ ۱۸ آبان ماه، بلافاصله پس از کاشت بذرها صورت گرفت. به‌دلیل کمبود بارش، سه نوبت آبیاری علاوه بر آبیاری اول به‌طور یکسان برای تمام تیمارها تا مرحله ۴ برگی گیاه انجام شد. در تاریخ ۱۹ اسفند جهت سهولت آبیاری و افزایش دقت در اعمال تیمارهای مختلف آبیاری، کل مزرعه لوله‌کشی شد و به‌منظور کنترل دقیق آب ورودی به هر کرت، از کنتور اتوماتیک استفاده شد. اعمال تیمارهای کم آبیاری از مرحله ساقه-روی شروع شد. در اعمال تیمارها دو نکته حایز اهمیت بود، اول زمان آبیاری که با استفاده از تشتک تبخیر بر اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت آبیاری صورت می‌گرفت و دوم مقدار آب آبیاری بود که از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$d = \frac{FC - PW}{100} \times pb \times D \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

d: عمق آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، FC: رطوبت جرمی در نقطه ظرفیت زراعی بر حسب

www.SID.ir

Archive of SID

درصد، PW: رطوبت جرمی خاک قبل از آبیاری در تیمار شاهد که معادل ۸/۵ درصد تعیین شد، pb: جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و D: عمق موثر توسعه ریشه که با توجه به تجربیات محلی و از طریق ایجاد پروفیل در خاک به طور تقریب ۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از محاسبه عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه ۱، در نهایت حجم آب آبیاری برای هر کرت با استفاده از رابطه ۲ به‌دست آمد:

$$V=A\times d \qquad \text{(رابطه۲)}$$

V: حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب، A: مساحت کرت بر حسب مترمربع و d: عمق آب آبیاری بر حسب متر می‌باشد. با توجه به توضیحات ارایه شده حجم آب آبیاری برای تیمار شاهد ۶۷۵ لیتر در کرت آزمایشی به‌دست آمد. با توجه به این که در مرحله اولیه رشد (تا قبل مرحله ساقه‌روی)، مقدار آب آبیاری برای تیمارها یکسان بود مقدار آب آبیاری تیمارها در طول دوره رشد به صورت جدول شماره ۳ می‌باشد. لازم به ذکر است، حجم آب آبیاری تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان (ثابت و متغیر) در مرحله اعمال تیمارها، ۵۰ درصد مقدار آب آبیاری تیمار آبیاری تمام جویچه‌ای بود. به عبارت دیگر هر تیماری که روش آبیاری در آن یک در میان بود (تیمارهای دارای علامت اختصاری M_1 و M_2)، حجم آب آبیاری در آنها معادل نصف حجم آب آبیاری سطوح مختلف عامل کم‌آبیاری (I_{100}، I_{75} و I_{50}) در نظر گرفته شد. در اواخر خرداد ماه، عملیات برداشت کرت‌ها پس از رسیدگی بوته‌ها، به‌منظور تعیین عملکرد و فاکتورهای مرتبط با عملکرد صورت پذیرفت. به‌منظور تعیین عملکرد، از خطوط ۳ و ۴ در هر کرت به اندازه ۳ متر طولی علامت‌گذاری و مابقی بوته‌ها به‌عنوان اثر حاشیه حذف گردید. صفات مورد نظر در این تحقیق شامل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک و دانه بود. برای تعیین عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های موجود در نصف محدوده مورد نظر به‌صورت کف‌بر با داس برداشت گردید و پس از توزین، عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. عملکرد دانه با اندازه‌گیری وزن دانه‌های موجود در مابقی محدوده مورد نظر در مرحله رسیدگی کامل به‌دست آمد. در نهایت پس از به‌دست آوردن عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$HI=\frac{GY}{BY}\times 100 \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

HI: شاخص برداشت بر حسب درصد، GY: عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و BY: عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد. کارآیی مصرف آب نیز برای عملکرد بیولوژیک از طریق رابطه ۴ تعیین شد:

$$WUE_{BY}=\frac{BY}{I} \qquad \text{(رابطه۴)}$$

WUE_{BY}: کارآیی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، BY: عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار و I: حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار است. هم‌چنین، کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه از رابطه ۵ محاسبه شد:

$$WUE_{GY}=\frac{GY}{I} \qquad \text{(رابطه۵)}$$

WUE_{GY}: کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، GY: عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و I: حجم کل آب آبیاری (ناخالص) بر حسب مترمکعب در هکتار است. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS9.1 و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس اثر کم‌آبیاری و روش آبیاری بر صفات مورد مطالعه در جدول ۴ و مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و روش‌های آبیاری بر صفات معنی‌دار شده در جدول ۵ ارایه شده است. اثر کم‌آبیاری و روش آبیاری و هم‌چنین اثر متقابل آنها بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تیمار $I_{100}M_1$ (تیمار شاهد) با عملکرد بیولوژیک ۱۶۸۸۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به تمام تیمارها دارای عملکرد بالاتری بود و از لحاظ آماری در گروه متفاوتی قرار گرفت. با نصف شدن میزان آب آبیاری از زمان اعمال تنش کم‌آبی (جدول ۳)، تیمارهای $I_{100}M_2$ و $I_{100}M_3$ هر کدام به‌ترتیب با ۱۶/۸ و ۲۳/۲ درصد کاهش عملکرد نسبت به تیمار شاهد مواجه شدند.

با توجه به جدول ۵، در شرایط آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، اگرچه میزان دریافت آب در روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر ۲۴/۷۶ درصد نسبت به تیمار $I_{75}M_1$ کاهش یافت اما عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب ۲/۶ و ۱/۲ درصد افزایش یافت که نشان از کارآمد بودن روش آبیاری جویچه‌ای یک درمیان دارد. در شرایط آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد بیولوژیک در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت نسبت به روش جویچه‌ای معمول ۱/۳ درصد افزایش یافت در حالی‌که در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر نسبت به روش جویچه‌ای معمول عملکرد بیولوژیک تنها ۱/۰۷ درصد کاهش داشت که البته این افزایش و کاهش معنی‌دار نبود. اعمال تنش خشکی و کاهش جذب رطوبت کافی موجب کاهش دوره رشد رویشی و زایشی خواهد شد که به کاهش میزان بیوماس کل اندام هوایی در تیمارهای تحت تنش می‌انجامد (Osborne *et al*., 2002; Yazar *et al*., 2009). سرائی‌تبریزی و همکاران (Sarai Tabrizi *et al*., 2010) در مطالعه بر روی سویا در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران به این نتیجه رسیدند که آبیاری کامل بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی را برابر ۹۶۹/۷۷ گرم بر مترمربع به خود اختصاص داده و با افزایش تنش آبی این میزان در تیمارهای دیگر کاهش می‌یابد. حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2014) به‌منظور بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت گندم در منطقه دهلران واقع در استان ایلام گزارش کردند برای به حداکثر رساندن مقدار محصول به‌ازای کمترین مقدار مصرف آب در زراعت گندم، می‌توان از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان نیز استفاده نمود. صمصامی‌پور و همکاران (Samsamipour *et al*., 2016) با بررسی اثر کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد ذرت، اظهار داشتند که بیشترین عملکرد بیولوژیک با ۱۸۳۸۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری کامل در تمام دوره رشد و کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به آبیاری یک درمیان متناوب در تمام دوره رشد با ۱۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که در این تحقیق نیز همین نتیجه حاصل شده است. افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

مطلوب، به دلیل گسترش بیشتر و طول دوره سبزمانی زیادتر برگ‌ها بوده، که منجر به ایجاد مبدأ فیزیولوژیک بزرگ‌تری می‌گردد (Paolo and Rinaldi, 2008).

عملکرد دانه

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر کم‌آبیاری و روش آبیاری و هم‌چنین اثرات متقابل آنها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). تیمار $I_{100}M_1$ (شاهد) با عملکرد دانه ۶۵۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تمام تیمارها دارای عملکرد بالاتری بود و از لحاظ آماری در گروه متفاوتی قرار گرفت. با نصف شدن میزان آب آبیاری از زمان اعمال تنش (جدول ۳)، عملکرد دانه در تیمارهای $I_{100}M_2$ و $I_{100}M_3$ به‌ترتیب ۲۱/۸ و ۲۳/۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۵). در شرایط آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، اختلاف عملکرد در بین روش‌های آبیاری جویچه‌ای معمول، جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر ناچیز بود. به‌طوری‌که، عملکرد دانه در تیمارهای ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر با دریافت نصف مقدار آب به‌ترتیب تنها ۰/۵ و ۰/۳ درصد نسبت به تیمار $I_{75}M_1$ کاهش یافت و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1$) با کاهش ۳۰/۱۹ درصد عملکرد دانه مواجه شده است. تیمارهای $I_{50}M_1$ و $I_{50}M_3$ هر کدام به‌ترتیب با ۳۰/۵۵ و ۳۰/۸۵ درصد کاهش عملکرد نسبت به تیمار شاهد دارای کمترین عملکرد دانه بودند (جدول ۵).

مطالعات انجام شده روی سویا در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران نیز نشان داد که حداکثر عملکرد محصول در تیمار آبیاری کامل (۳۷۹/۷۶ گرم بر مترمربع) حاصل شد و با اعمال کم‌آبیاری عملکرد محصول کاهش یافت (Sarai Tabrizi *et al*., 2010). دستفال و همکاران (Dastfal *et al*., 2009) نیز با قطع آبیاری در مراحل نهایی رشد یعنی در مرحله گرده‌افشانی، شیری شدن و خمیری شدن دانه نشان دادند که به‌دلیل افزایش شدت تنش خشکی در مراحل حساس پرشدن دانه، عملکرد دانه کاهش قابل توجهی پیدا کرد. حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2014) در بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت گندم اظهار داشتند که بیشترین میانگین عملکرد دانه با ۵۲۳۳/۶۶ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری شیاری معمولی با فاصله جویچه‌های ۵۰ سانتی‌متری و کمترین آن با ۳۹۹۳/۵۸ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری شیاری یک در میان با فاصله جویچه‌های ۶۰ سانتی‌متری به‌دست آمد. سپاس‌خواه و قاسمی (Sepaskhah and Ghasemi, 2008) در پژوهشی گزارش نمودند که مقدار کم آب در آبیاری یک در میان (ثابت و متغیر) نسبت به آبیاری کامل شیارها به واسطه تنش، عملکرد را کاهش می‌دهد. آقایاری و همکاران (Aghayari *et al*., 2016 b) در بررسی اثر کم آبیاری معمول (در سه سطح شامل آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، و آبیاری موضعی (در دو سطح شامل آبیاری تمام جویچه‌ای و جویچه‌ای موضعی به‌صورت یک در میان ثابت) و پلیمر سوپرجاذب (در دو سطح شامل عدم مصرف سوپر جاذب و مصرف سوپرجاذب به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد ذرت به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه در روش آبیاری جویچه‌ای موضعی نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

روش تمام جویچه‌ای در شرایط آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی، به‌طور معنی‌دار و به میزان ۳۸/۵ درصد کاهش یافت. در صورتی‌که اختلاف عملکرد دانه در بین دو روش آبیاری موضعی و تمام جویچه‌ای در شرایط آبیاری با ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود. مولوی و همکاران (Molavi *et al*., 2011) با بررسی اثر آبیاری کامل و یک درمیان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه‌فرنگی گزارش کردند عملکرد در تیمارهای آبیاری یک درمیان ثابت و آبیاری یک درمیان متغیر در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب ۱۰/۶ و ۳۵/۵۵ درصد کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت که نشان‌دهنده چگونگی تسهیم مواد پرورده بین قسمت‌های رویشی و دانه است (Sinclair *et al*., 1990)، تحت اثر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت، ولی اثر روش آبیاری و هم‌چنین اثرات متقابل سطوح آبیاری و روش آبیاری بر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل مورد مطالعه بر صفات مورد نظر در جدول ۶ ارایه شده است. نتایج مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف آبیاری بر شاخص برداشت نشان می‌دهد، بالاترین درصد شاخص برداشت در سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی (۳۹ درصد) و پایین‌ترین مقدار شاخص برداشت در سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری (۳۵ درصد) به‌دست آمد و از نظر آماری در گروه‌های متفاوتی قرار گرفتند (جدول ۶). میزان شاخص برداشت در سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به سطح ۷۵ درصد به‌ترتیب ۵/۱ و ۱۰/۲ درصد کاهش یافت.

پاپی و همکاران (Papi *et al*., 2017) افزایش شاخص برداشت را در محیط‌های واجد تنش خشکی گزارش کردند. شاخص برداشت بالا در شرایط کم‌آبی ممکن است مربوط به سازگاری به تنش بوده و باعث بهبود عملکرد در دوره پر شدن دانه به خاطر انتقال دوباره ذخایر ساقه باشد (Reynolds *et al*., 2005). این در حالی است که، کاهش میزان شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی در حالت‌های کم آبیاری معمول و کم آبیاری از طریق روش جویچه‌ای یک در میان در برخی مطالعات گزارش شده است (Yazar *et al*., 2009; Shahnazari *et al*., 2007).

کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری و روش آبیاری و هم‌چنین، اثرات متقابل آنها بر کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل مورد مطالعه بر کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک نشان داد بیشترین میزان کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ۴/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین میزان کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای معمول با ۳/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۵). با توجه به جدول‌های ۳ و ۵ مشاهده می‌شود کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک در تیمارهای $I_{100}M_2$ و $I_{100}M_3$ با کاهش ۲۹/۷ درصد مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1$) به‌ترتیب ۱۵ و ۶/۳ درصد افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

یافت. در شـرایط ۷۵ درصـد نیاز آبی گیـاه، روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر با دریافت نصف میزان حجم آب از زمان اعمال تنش نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای معمول با افزایش به‌ترتیب ۳۵/۳ و ۳۳/۴ درصدی کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک مواجه شدند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، پربازده‌ترین روش آبیـاری در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت بود که ضمن کاهش ۴۳/۶ درصد مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1$)، منجر به افزایش ۳۱/۵ درصدی کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک شد. هم‌چنین، بررسی‌ها نشان داد که کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر بالاتر بود. در پژوهشی کارآیی مصرف آب در ذرت با سه روش آبیاری، شامل آبیاری مرسوم جویچه‌ای و آبیاری یک درمیان ثابت جویچه‌ای و آبیاری یک درمیان متناوب جویچه‌ای، و سه تراکم بوته مختلف (۷، ۸ و ۹ بوته در مترمربع) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد بالاترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک مربوط به روش آبیاری یک درمیان ثابت جویچه‌ای با ۴/۴ کیلوگرم در مترمکعب است (Rafiee and Shakarami, 2010). آقایاری و همکاران (Aghayari *et al.*, 2016a) در بررسی انجام شده در ذرت اظهار داشتند که مقدار بهره‌وری آب برای عملکرد بیولوژیک در روش آبیاری یک در میان (۴/۳۱ کیلوگرم در مترمکعب) نسبت به آبیاری تمام جویچه‌ای به‌طور معنی‌داری ۲۱/۴ درصد افزایش یافت. سپاس‌خواه و خواجه عبدالهی (Sepaskhah and Khajehabdollahi, 2005) افزایش بهره‌وری آب در روش جویچه‌ای یک در میان را نسبت به روش تمام جویچه‌ای گزارش کردند. این نتایج همگی یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌کند.

کارآیی مصرف آب عملکرد دانه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری و روش آبیاری و اثرات متقابل آنها بر کارآیی مصرف آب عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل بر کارایی مصرف آب عملکرد دانه (جدول ۵) نشان می‌دهد، بیشترین میزان کارآیی مصرف آب عملکرد دانه مربوط به تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر با ۱/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین میزان کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای معمول با ۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به جدول‌های ۳ و ۵ مشاهده می‌شود که تیمارهای $I_{100}M_2$ و $I_{100}M_3$ با کاهش ۲۹/۷ درصد مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1$)، به‌ترتیب منجر به افزایش ۷/۷ و ۵/۴ درصدی کارآیی مصرف آب عملکرد دانه شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، پربازده‌ترین روش آبیاری مربوط به تیمارهای ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر است که با کاهش ۳۶/۶ درصد مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1$)، هر دو منجر به افزایش ۲۶/۳ درصدی کارآیی مصرف آب عملکرد دانه شدند. در شرایط آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، کارآیی مصرف آب عملکرد دانه در روش آبیاری جویچه‌ای معمول (۱/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب) نسبت به روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر (۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب)

www.SID.ir

Archive of SID

و ثابت (۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب) کمتر بود (جدول ۵). سرایی‌تبریزی و همکاران (Sarai Tabrizi *et al*., 2010) در مطالعه روی سویا مشاهده کردند که کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری خشکی موضعی ریشه (PRD) نسبت به تیمار کم آبیاری سنتی در حد ۵۰ و ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب ۴۸/۳، ۶۱/۹ و ۷۰/۱ درصد افزایش یافت. هم‌چنین، واکریم و همکاران (Wakrim *et al*., 2005) در مطالعات خود بر روی لوبیا مشاهده کردند با استفاده از تیمارهای کم‌آبیاری به دلیل تنش آبی و در نتیجه تعرق کمتر گیاه کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل افزایش قابل توجهی داشت. حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2014) در بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت گندم اظهار داشتند که میزان کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان حداکثر بود؛ بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب ۱/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب در روش آبیاری شیاری یک در میان با فاصله شیارهای ۶۰ سانتی‌متر و کمترین آن به میزان ۰/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب در روش آبیاری شیاری معمولی با فاصله شیارهای ۵۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. کارآیی مصرف آب در روش آبیاری یک در میان که از میانگین سه منطقه اجرای طرح به‌دست آمد، برابر ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود که این مقدار نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی ۴۲/۳ درصد افزایش داشت. آقایاری و همکاران (Aghayari *et al*., 2016 a) در بررسی اثر کم آبیاری، روش‌های متفاوت آبیاری و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت گزارش کردند برای حصول عملکرد دانه مطلوب در شرایط کم آبیاری، استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان به جای روش تمام جویچه‌ای می‌تواند سودمند باشد؛ بیشترین بهره‌وری آب برای تولید عملکرد دانه (۲/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب) در شرایط آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان به‌دست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. این تحقیقات همگی مؤید نتایج این پژوهش در خصوص کارآمد بودن روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت گندم می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصله مشخص گردید که با افزایش تنش آبی در روش‌های کم آبیاری، مقدار عملکرد دانه در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب ۲۱/۸ و ۳۲/۷ درصد نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای معمول کاهش یافت. با اعمال تیمارهای یک در میان، کاهش مصرف آب باعث شد تا کارآیی مصرف آب نیز افزایش یابد. بیشترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر (۱/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب) به‌دست آمد. پربازده‌ترین روش آبیاری برای کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک (۴/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به همراه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد، ۳۱/۵ درصد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده اعمال کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی به‌همراه روش جویچه‌ای یک در میان می‌تواند به عنوان یک استراتژی در شرایط محدودیت منابع آب به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب در زراعت گندم در منطقه کرج مورد توجه قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین دما و میزان بارندگی محل انجام آزمایش درطول فصل رشد (سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳)

Table 1- Means of monthly temperature and rainfall of experimental site during growing season

Month	ماه	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb	اسفند Mar	فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun
Temperature (o^C)	میانگین دما	9.4	6	5.2	7.2	6.4	13.9	30.3	26.4
Rainfall (mm)	میزان بارندگی	24	31.5	7.6	20	21	45.3	2	27.5

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل آزمایش

Table 2- Physico-chemical characteristics of soil sample in experimental site

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	رطوبت جرمی در ظرفیت زراعی FC (%)	رطوبت جرمی در پژمردگی دائم PWP (%)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gcm^{-3})	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	فسفر قابل جذب P (ppm)	کربن آلی OC (%)	ماده آلی OM (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیتروژن N (%)
0-30	شنی- لومی Loamy Sand	18	8	1.26	1665.32	17.4	0.52	0.9	7.64	4.47	0.05
30-60	شنی- لومی Loamy Sand	19	9	1.26	1238.33	11.8	0.70	1.21	7.7	2.61	0.07

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- حجم آب آبیاری و کاهش مصرف آب، برای هر تیمار

Table 3- Volume of irrigation water and water consumption reduction for each treatment

تیمار Treatment	شرح تیمار Treatment description	تعداد آبیاری قبل از اعمال تنش Number of irrigation before applying stress	حجم آب آبیاری در هر مرتبه قبل از اعمال تنش Volume of irrigation water before applying stress (m^3 ha^{-1})	تعداد آبیاری بعد از اعمال تنش Number of irrigation after applying stress	حجم آب آبیاری در هر مرتبه بعد از اعمال تنش Volume of irrigation water after applying stress (m^3 ha^{-1})	حجم کل آب آبیاری Total Volume of irrigation water (m^3 ha^{-1})	کاهش حجم آب آبیاری (درصد) irrigation water reduction (%)
$I_{100}M_1$	آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای معمول irrigation with %100 plant water requirement and conventional furrow irrigation method	4	562.5	5	562.5	5062.5	-
$I_{100}M_2$	آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت irrigation with %100 plant water requirement and fixed alternate-furrow irrigation method	4	562.5	5	281.25	3556.25	29.75
$I_{100}M_3$	آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر irrigation with %100 plant water requirement and periodic alternate-furrow irrigation method	4	562.5	5	281.25	3556.25	29.75
$I_{75}M_1$	آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای معمول irrigation with %75 plant water requirement and conventional furrow irrigation method	4	562.5	5	421.875	4259.375	15.86
$I_{75}M_2$	آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت irrigation with %75 plant water requirement and fixed alternate-furrow irrigation method	4	562.5	5	210.9375	3204.6875	36.69
$I_{75}M_3$	آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر irrigation with %75 plant water requirement and periodic alternate-furrow irrigation method	4	562.5	5	210.9375	3204.6875	36.69
$I_{50}M_1$	آبیاری بر اساس ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه ای معمول irrigation with %50 plant water requirement and conventional furrow irrigation method	4	562.5	5	281.25	3556.25	29.75
$I_{50}M_2$	آبیاری بر اساس۵۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت irrigation with %50 plant water requirement and fixed alternate-furrow irrigation method	4	562.5	5	140.625	2853.125	43.64
$I_{50}M_3$	آبیاری بر اساس۵۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه ای یک در میان متغیر irrigation with %50 plant water requirement and periodic alternate-furrow irrigation method	4	562.5	5	140.625	2853.125	43.64

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- تجزیه واریانس اثر کم‌آبیاری، روش آبیاری و برهمکنش آنها بر صفات مورد مطالعه گندم رقم پارسی

Table 4- Analysis of variance of deficit irrigation, irrigation method and their interaction effects on studied traits of Wheat (*Parsi cultivar*)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	MS میانگین مربعات				
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	کارآیی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک) WUE_{BY}	کارآیی مصرف آب (عملکرد دانه) WUE_{GY}
تکرار Replication	3	0.799^{*}	0.003^{ns}	0.0005^{ns}	0.064^{*}	0.0002^{ns}
کم‌آبیاری Deficit irrigation (a)	2	10.23^{**}	3.57^{**}	0.004^{**}	0.68^{**}	0.071^{**}
خطا Erorr	6	0.06^{ns}	0.006^{ns}	0.00004^{ns}	0.006^{ns}	0.0005^{ns}
روش آبیاری Irrigation method (b)	2	5.11^{**}	1.02^{**}	0.0005^{ns}	2.35^{**}	0.26^{**}
a×b	4	5.77^{**}	0.97^{**}	0.0001^{ns}	0.19^{**}	0.032^{**}
خطا Error	18	0.19	0.003	0.0001	0.016	0.0002
ضریب تغییرات C.V. (%)		3.2	1.12	3.48	3.38	1.19

*و ** به ترتیب بیانگر اثرات معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: غیرمعنی‌دار.

* and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: non-significant.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کم‌آبیاری و روش آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک و دانه گندم رقم پارسی

Table 5- Mean comparison of interaction effects of deficit irrigation and irrigation method on biological yield, grain yield and water use efficiency for biological yield and grain yield of Wheat (*Parsi cultivar*)

تیمار Treatment	شرح تیمار Treatment description	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	کارآیی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک) WUE_{BY} ($kg.m^{-3}$)	کارآیی مصرف آب (عملکرد دانه) WUE_{GY} ($kg.m^{-3}$)
$I_{100}M_1$	آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه-ای معمول irrigation with %100 plant water requirement and conventional furrow irrigation method	16885 a	6540 a	3.33 e	1.29 e
$I_{100}M_2$	آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه-ای یک در میان ثابت irrigation with %100 plant water requirement and fixed alternate-furrow irrigation method	14032 b	5110 c	3.83 c	1.39 c
$I_{100}M_3$	آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه-ای یک در میان متغیر irrigation with %100 plant water requirement and periodic alternate-furrow irrigation method	12962 cd	4990 d	3.54 d	1.36 d
$I_{75}M_1$	آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه-ای معمول irrigation with %75 plant water requirement and conventional furrow irrigation method	13557 bc	5432 b	3.11 f	1.24 f
$I_{75}M_2$	آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه-ای یک در میان ثابت irrigation with %75 plant water requirement and fixed alternate-furrow irrigation method	13915 b	5400 b	4.21 ab	1.63 a
$I_{75}M_3$	آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه-ای یک در میان متغیر irrigation with %75 plant water requirement and periodic alternate-furrow irrigation method	13725 b	5415 b	4.15 b	1.63 a
$I_{50}M_1$	آبیاری بر اساس ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه ای معمول irrigation with %50 plant water requirement and conventional furrow irrigation method	12767 d	4542 e	3.49 de	1.24 f
$I_{50}M_2$	آبیاری بر اساس۵۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت irrigation with %50 plant water requirement and fixed alternate-furrow irrigation method	12942 cd	4565 e	4.38 a	1.54 b
$I_{50}M_3$	آبیاری بر اساس۵۰٪ نیاز آبی گیاه و روش آبیاری جویچه ای یک در میان متغیر irrigation with %50 plant water requiremen requirement and periodic alternate-furrow irrigation method	12630 d	4522 c	4.27 ab	1.53 b

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

Similar letters in each column indicate non-significant differences at 5% probability level according to Duncans test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶- مقایسه میانگین اثر کم‌آبیاری و روش آبیاری بر صفات مورد مطالعه گندم رقم پارسی

Table 6- Mean comparison of effect of deficit irrigation and irrigation method on studied traits of Wheat *(Parsi cultivar)*

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	کارآیی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک) WUE_{BY} ($kg.m^{-3}$)	کارآیی مصرف آب (عملکرد دانه) WUE_{GY} ($kg.\ m^{-3}$)
کم‌آبیاری Deficit irrigation					
۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه %100 plant water requirement (I_{100})	14626 a	5546 a	37 b	3.57 c	1.35 c
۷۵ ٪ نیاز آبی گیاه %75 plant water requirement (I_{75})	13732 b	5415 b	39 a	3.82 b	1.5 a
۵۰٪ نیاز آبی گیاه %50 plant water requirement (I_{50})	12780 b	4543 c	35 c	4.05 a	1.44 b
روش آبیاری Irrigation method					
جویچه‌ای معمول Conventional furrow irrigation (M_1)	14403 a	5505 a	38 a	3.31 c	1.26 b
جویچه‌ای ثابت Fixed alternate-furrow irrigation (M_2)	13630 b	5025 b	36 b	4.14 a	1.52 a
جویچه‌ای متغیر Periodic alternate-furrow irrigation (M_3)	13105 c	4975 b	38 ab	3.99 b	1.51 a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

Similar letters in each column indicate non-significant differences at 5% probability level according to Duncans test.

References منابع مورد استفاده

- Aghayari, F., F. Khalili, and M.R. Ardakani. 2016 a. Effect of different irrigation methods and superabsorbent polymer on yield and water productivity of corn *(Zea mays* L.*). Journal of Plant Ecophysiology*. 8(24): 35-48. (In Persian).
- Aghayari, F., F. Khalili, and M.R. Ardakani. 2016 b. Effect of deficit irrigation, partial irrigation and superabsorbent polymer on yield and yield components of corn *(cv. KSC703). Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 6(1):1-14. (In Persian).
- Ali, M.H., M.R. Hoque, A.A. Hassan, and A. Khair. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. *Agricultural Water Management.* 92(3): 151-161.
- Aminian, R., S. Mohammadi, S. Hooshmand, and M. Khodombashi. 2011. Chromosomal analysis of photosynthesis rate and stomatal conductance and their relationships with grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water-stressed and well-watered conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*. 33(3): 755-764.

www.SID.ir

Archive of SID

- Basinger, A.R., and E.W. Hellman. 2006. Evaluation of regulated deficit irrigation on grape in Texas and implications for acclimation and cold hardiness. *International Journal of Fruit Science*. 6(2): 3-22.
- Dastfal, M., V. Brati, F. Nvabi, and H. Haghighatnia. 2009. Effect of terminal drought genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. *Seed and Plant Production Journal*. 25(3): 329-344. (In Persian).
- Dehghanzadeh, H. 2016. Effect of irrigation regimes on some quantity and quality traits of three bread wheat cultivars in Isfahan province. *Journal of Plant Ecophysiology*. 24: 34-25. (In Persian).
- Fardad, H. 2011. General irrigation (Vol 3): Methods irrigation. University of Tehran. 338 pp. (In Persian).
- Hosseini, S.GH.A., M. Khorramy, and B. Dahanzadeh. 2014. Investigation of wide spaced furrow irrigation in a crop of Wheat. 1nd Conference on New Finding in Environment and Agricultural Ecosystems. https://www.civilica.com/paper-agrocongress. 01-098.html. (In Persian).
- Molavi, H., Mohammadi, M., and A.M. Liaghat. 2011. Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). *Water and Soil Science*. 3(21): 115-126. (In Persian).
- Osborne, S.L., J.S. Schepers, D.D. Francis, and M.R. Schlemmer. 2002. Use of Spectral radiance to inseason biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Science*. 42: 165-171.
- Paolo, E.D., and M. Rinaldi. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research.* 105: 202-210.
- Papi, M., A. Ahmadi, and H.R. Rafei. 2017. Response of three wheat cultivars to different moisture regimes during vegetative and reproductive stages under field conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 47(3): 377-391. (In Persian).
- Rafiee, M., and Gh. Shakarami. 2010. Water use efficiency of corn as affected by every other furrow irrigation and planting density. *World Applied Sciences Journal*. 11(7): 826-829.
- Reynold, M.P., A. Pellergrineschi, and B. Skovmand. 2005. Sink –Limitation to yield and biomass: A summery of some investigations in spring wheat. *Annals Applied Biology*. 146(1): 39-49.
- Samsamipour, M., M.R. Emdad, P. Afrasiab, and M. Delbari. 2016. Improvement in water use efficiency of corn plant through alternate furrow irrigation at its different growth stages. *Journal of Management System*. 9(28): 57-66. (In Persian).
- Samsamipour, M., M.R. Emdad, P. Afrasiab, M. Delbari, and F.Karandish. 2015. Evaluation of corn forage yield and yield componets under alternate furrow irrigation. *Iranian Journal of Soil and Water Research.* 46(1):11-18. (In Persian).
- Sarai Tabrizi, M., H. Babazadeh, M. Parsinegad, and S.A.M. Modares Sanavi. 2010. Improving soybean water use efficiency using partical root drying. *Journal of Water and Soil Science*. 14(52): 1-14. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Sepaskhah, A.R., A. Azizian, and A.R. Tavakoli. 2006. Optimal applied water and winter variable seasonal rainfall and planning scenarios for consequent crop in a semi-arid region. *Agricultural Water Management.* 84:113-122.
- Sepaskhah, A.R., and M. Ghasemi. 2008. Every-other-furrow irrigation with different intervals for sorghum. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11(9): 1234-1239.
- Sepaskhah, A.R., and M. H. Khajehabdollahi. 2005. Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays* L.). *Plant Production Science*. 8(5): 592-600.
- Shahbazpanahi, B., F. Paknejad, D. Habibi, M. Sadeghi Shoaa, M. Nasri, and A. Pazoki. 2012. Evaluation of irrigation regimes on yield and yield componente in different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(2): 185-197. (In Persian).
- Shahnazari, A., F. Liu, M.N. Andersen, S.E. Jacobsen, and C.R. Jensen. 2007. Effects of partial root zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research.* 100: 117–124.
- Sinclair, T.R., J.M. Bennett, and R.C. Muchow. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. *Crop Science*. 30: 690-693.
- Stoll, M., B. Loveys, and P. Dry. 2000. Improving water use efficiency of irrigated horticultural crops. *Journal of Experimental Botany.* 51: 1627–1634.
- Tafte, A., and A.R. Sepaskhah. 2011. Analysis of economic water and nitrogen productivity in alternate furrow irrigation for canola production. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 1: 1-9. (In Persian).
- Tang, L., Y. Li, and J. Zhang, 2005. Physiological and yield responses of cotton under partical root zone irrigation. *Field Crops Research*. 94: 214-223.
- Wakrim, R., B. Aganchich, H. Tahi, R. Serraj, and S. Wahbi. 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture Ecosystems and Environment.* 106: 275-287.
- Yazar, A., F. Gokcel, and M.S. Sezen. 2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant and Soil Environment.* 55(11): 494–503.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Different Deficit-Irrigation Methods on Yield and Water Use Efficiency of Wheat (Parsi Cultivar)

Nadia Jafari[1], Fayaz Aghayari[2]*, and Farzad Paknejad[3]

Received: May 2018 , Revised: 27 August 2018, Accepted: 03 October 2018

Abstract

To study the effect of different deficit-irrigation methods on yield and water use efficiency of wheat under different water applications a field experiment was carried out in split plot arrangement using randomized complete block design with four replications at the Research Farm of Islamic Azad University, Karaj branch, Iran in 2014-2015 growing year. Deficit irrigation with three levels were I_{100}: use of 100% wheat water requirement, I_{75}: use of 75% wheat water requirement and I_{50}: use of 50% wheat water requirement, which were assigned to the main plots and irrigation methods with three levels, consisting of M_1: conventional furrow irrigation, M_2: fixed alternate-furrow irrigation and M_3: periodic alternate-furrow irrigation which were assigned to the sub plots. The results showed that by using 100% wheat water requirement grain yield in the fixed and periodic alternate-furrow irrigation methods decreased by 21.8 and 23.7 percents as compared to conventional furrow irrigation method, respectively. The highest water use efficiency for grain yield (1.63 $kg.m^{-3}$) was obtained when 75% wheat water requirement and fixed and alternate-furrow irrigation methods and the lowest water use efficiency for grain yield (1.24 $kg.m^{-3}$) was obtained when to 50% wheat water requirement, with conventional furrow irrigation method, was used. Also, the highest water use efficiency for biologic yield (4.38 $kg.m^{-3}$) was obtained at 50% wheat water requirement, with fixed alternate-furrow irrigation method, that decreased 31.5 percent as compared to $I_{100}M_1$. According to the results of this study, the application of alternate furrow irrigation with 75% crop water requirement can be used to increase water use efficiency for wheat yield in the studied area.

Key words: Alternate-furrow irrigation, Deficit irrigation, Drought stress, Water Use Efficiency.

1- M.Sc. Student. Department of Agronomy and Plant breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
* *Corresponding Author: aghayari_ir@yahoo.com*

www.SID.ir