نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۵۰-۱۳۵

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 135-150

مقاله پژوهشی

مقایسه روش‌های کاشت پشته‌ای و سنتی گندم (Triticum aestivum L.) در مقادیر متفاوت آبیاری

اسماعیل قلی نژاد[1]* و علیرضا عیوضی[2]

چکیده

این تحقیق در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی ساعتلوی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا واقع در ۲۵ کیلومتری ارومیه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل مقادیر متفاوت آبیاری در سه سطح (تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری) و فاکتور دوم روش کاشت در چهار سطح (کاشت کرتی، کاشت سه خط روی پشته (عرض پشته ۳۰ سانتی‌متر)، کاشت ۴ خط روی پشته (عرض پشته ۴۵ سانتی‌متر) و کاشت ۵ خط روی پشته (عرض پشته ۶۰ سانتی‌متر)) بود. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد دانه (به جز وزن ۱۰۰۰ دانه) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. صفات تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد سنبله از نظر روش‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین نشان داد بیشترین بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه (۳/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب) و عملکرد بیولوژیک (۸/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب) با تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری حاصل شد. بالاترین میزان تعداد سنبله در واحد سطح (۶۷۶ سنبله)، عملکرد دانه (۷۷۷۳/۳ کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۱۷۶۹۶ کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد سنبله (۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمربع) و شاخص بهره‌وری آب از روش کاشت سه خط روی پشته به دست آمد. بیشترین شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ از تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری و بیشترین مقدار دمای داخلی برگ، پرولین و درصد نشت یونی از تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری حاصل شد. همچنین بیشترین مقدار شاخص کلروفیل در روش کاشت سه خط روی پشته و محتوای نسبی آب برگ در روش کاشت پنج‌خط روی پشته مشاهده شد. با توجه به کمبود آب و خشک‌سالی، تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری (کاهش ۵۰ درصد حجم آب) و کاشت سه خط روی پشته توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، عملکرد دانه، عملکرد سنبله، کاشت روی پشته، کم‌آبیاری

مقدمه

گندم یکی از محصولات مهم غذایی است که ۲۰ درصد کالری جهان را تأمین می‌کند (Shiferaw et al., 2013). اخیراً دو گونه مهم گندم شامل گندم نان هگزاپلوئید (Triticum aestivum, 2n=6x=42) و گندم دوروم تتراپلوئید (Triticum aestivum, 2n=4x=28) از نظر تجاری دارای اهمیت می‌باشند (Kulkarni et al., 2017). سطح زیر کشت گندم در جهان در سال ۲۰۱۹ حدود ۲۱۵ میلیون هکتار با تولید ۷۶۵ میلیون تن و عملکرد ۳/۵ تن در هکتار بوده است. در ایران نیز میزان سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد دانه به ترتیب ۸/۰۳ میلیون هکتار، ۱۶ میلیون تن و ۲ تن در هکتار گزارش‌شده است. سطح زیر کشت گندم آبی و دیم در استان آذربایجان غربی در سال ۲۰۱۹ به ترتیب ۹۰ و ۲۸۰ هزار هکتار بوده و میزان تولید آن

[1] دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (*نویسنده مسئول: Gholinezhad1358@yahoo.com)
[2] استادیار، بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۶
DOR: 20.1001.1.24764531.1400.8.2.11.7

۷۲۴ هزار تن است (FAO, 2019). متوسط عملکرد گندم آبی و دیم در استان تقریباً به ترتیب ۳/۸ و ۱/۳ تن در هکتار است.

هم‌اکنون بیش از ۷۲ درصد منابع آب شیرین کشور برای تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود و این نهاده ارزشمند به دلیل تغییرات اقلیمی روزبه‌روز کمیاب‌تر می‌شود (محمد جانی و یزدانیان، ۱۳۹۳). با افزایش روزافزون جمعیت و متعاقب آن افزایش استفاده از منابع آب، نیاز به استفاده از روش‌ها و سامانه‌های صرفه‌جو در مصرف آب کشاورزی و استفاده از فناوری‌های جدید برای تولیدات پایدار با مصرف آب کمتر، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. همچنین، باران‌های موسمی و سیل‌آسا به‌عنوان یکی از عوامل اصلی ناپایدار کننده کشاورزی و فرسایش خاک عمل می‌کند؛ بنابراین، شناسایی و استفاده از روش‌های بهینه کشت که ضمن داشتن تولید بهینه از خسارت‌های بارش‌های سیل‌آسا در امان باشد و همچنین حداقل فرسایش خاک را داشته باشد می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی اساسی در برخورد با این معضل عمل کند (ایوانی و دهقان، ۱۳۹۷). یکی از راهکارهای جدید برای کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد محصول و کاهش هزینه‌های تولید، استفاده از روش نوین کاشت روی پشته‌های بلند است. هدف اصلی از اجرای این روش، افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و صرفه‌جویی در میزان مصرف آب آبیاری است (اسدی، ۱۳۹۰). تحقیقات نشان داده است که میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در سامانه کشت روی بسترهای بلند در مقایسه با روش‌های کشت با آبیاری مرسوم (غرقابی) از ۱۸ تا ۵۰ درصد متفاوت بوده است (Naresh et al., 2012). کشت بذر روی پشته‌های بلند یکی از روش‌های جدید کشت گندم است که در آن بذرها بر روی پشته‌های بلندی که ارتفاع آن‌ها در زمان خاک‌ورزی (قبل از آبیاری اول) حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر و عرض آن‌ها ترجیحاً ۷۵ سانتیمتر است، به‌صورت ۳ یا ۴ خط روی پشته، کشت می‌شوند. لازم به ذکر است که انتخاب عرض پشته‌ها تابع شرایط خاک، محصول یا محصولات مورد کشت (تناوب زراعی) و اقلیم منطقه است. سامانه کشت روی بسترهای بلند اولین بار توسط کشاورزان دره یاکی واقع در شمال غربی کشور مکزیک در دهه ۱۹۷۰ میلادی برای کشت گندم روی بسترهای باریک با روش آبیاری شیاری استفاده شد (Fischer et al., 2005). در روش کاشت پشته، آب آبیاری به سرعت از سطح آن تخلیه می‌شود که کمک می‌کند، احتمال اکسیژن زدایی در منطقه ریشه‌زایی طبقات بالای خاک به حداقل برسد (Manzoor et al., 2019). کشت روی پشته در مقایسه با کشت کرتی در پیشاور پاکستان، تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم را افزایش داد همچنین در شرایط ۲۰ درصد آبیاری، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گندم افزایش پیدا کرد (Razaq et al., 2019).

کم‌آبیاری با جمع‌آوری آب از طریق سیستم کشت راهرویی می‌تواند یک راه حل عملی برای تأمین آب در مراحل مهم رشد محصول باشد و درنتیجه، تجمع ماده خشک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد (Xiao et al., 2005). کم‌آبیاری عملی بسیار کارآمد و دارای پتانسیل عظیم برای بهبود بهره‌وری محصول است (Fereres and Soriano, 2006). مطالعات اخیر نشان داده است که یک رژیم کم‌آبیاری بهینه‌شده باعث افزایش رطوبت خاک در مراحل رشد محصول مهم درنتیجه بهبود عملکرد گندم زمستانه می‌شود (Guo et al., 2014). کم‌آبیاری تا ۶۰ درصد در پرتغال فقط باعث کاهش ۱۳ درصد عملکرد دانه گندم شده است (Pereira et al., 2002). تانتاوی و همکاران نیز گزارش نمودند که آبیاری یکی از مهم‌ترین عملیات زراعی است که کاهش عملکرد گیاهان را به‌ویژه در مناطق گرم و خشک جبران می‌کند (Tantawy et al., 2007). بنابراین، مشخص است که تعیین میزان مناسب آب برای رشد مطلوب گیاهان و همچنین تطبیق زمان آبیاری با دوره های بحرانی رشد گیاه، برای دستیابی به حداکثر عملکرد ضرورت دارد (لطفی و همکاران، ۱۳۸۷). در ایران حدود ۷/۵ میلیون هکتار از اراضی زراعی و باغی به‌صورت آبی و نیمه آبی کشت می‌شوند و تقریباً در چند دهه اخیر حدود ۵۰ درصد از اراضی زراعی آبی به کشت گندم آبی اختصاص داشته است ولی متأسفانه بهره‌وری آب در این بخش هنوز رضایت‌بخش نیست و در بعضی از برآوردها راندمان آبیاری از ۱۵ تا ۲۵ درصد

گزارش‌شده است لذا با توجه به میزان بارش و محدودیت منابع آبی کشور، لازم است به این موضوع پرداخته شود (طهماسبی و فرداد، ۱۳۷۹).

با توجه به اهمیت گیاه گندم به‌عنوان محصولی باارزش در تغذیه انسان و نظر به این‌که کشور ما جز مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا بوده و در طی سال‌های اخیر نیز خشک‌سالی‌های زیادی را تجربه می‌نماید و روزبه‌روز از میزان منابع آبی کشور کاسته می‌شود نقش استفاده از روش کم‌آبیاری و انتخاب روش کاشت مناسب در تولید گندم بسیار مهم به نظر می‌رسد. لذا این تحقیق با اهداف ۱- مطالعه تأثیر روش‌های مختلف کاشت در افزایش عملکرد دانه در گندم، ۲- تعیین مناسب‌ترین کاشت در گندم در شرایط مختلف آبیاری، ۳- تعیین مقدار مناسب آب در آبیاری گندم و ۴- بررسی تأثیر برهمکنش روش کاشت و مقدار آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سال زراعی ۹۹-۹۸ در ارومیه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی ساعتلوی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا واقع در ۲۵ کیلومتری ارومیه اجرا شد. منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. با توجه به آمار هواشناسی بلندمدت در ارومیه، متوسط بارندگی سالیانه ۳۹۰ میلی‌متر، متوسط دما ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۷۵٪ است. پس از شخم و آماده‌سازی زمین، کرت‌هایی به طول ۴ و عرض ۳ متر ایجاد و عملیات تسطیح صورت گرفت. بین کرت‌ها، حدود ۰/۵ متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. پشته‌های داخل هر کرت با دست تهیه شد فاصله خطوط گندم روی پشته ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل مقادیر متفاوت مساحت ۱۲ مترمربع حدود ۰/۶۱ مترمکعب آب‌داده شد) و در آبیاری در سه سطح (۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری، ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری و ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری) و فاکتور دوم روش کاشت در چهار سطح (کاشت کرتی، کاشت سه خط روی پشته (عرض پشته ۳۰ سانتی‌متر)، کاشت ۴ خط روی پشته (عرض پشته ۴۵ سانتی‌متر) و کاشت ۵ خط روی پشته (عرض پشته ۶۰ سانتی‌متر)) انجام شد. رقم گندم مورداستفاده رقم میهن بود. تاریخ‌های آبیاری و حجم آب داده‌شده از کاشت تا برداشت داشت گندم در جدول ۱ ارائه‌شده است.

روش آبیاری با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلنی سه اینچی انجام گرفت. مقدار آب آبیاری برای هر کرت از طریق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$RAW = \frac{FC - PWP}{100} \times \rho \times D \times f \times 10000 \qquad (۱)$$

که در این معادله RAW (Readily availability water) مقدار آبی است که باید در هر نوبت آبیاری داده شود (برحسب مترمکعب در هکتار)، FC؛ ظرفیت زراعی مزرعه، PWP؛ نقطه پژمردگی دائم، ρ؛ وزن مخصوص ظاهری خاک، D؛ عمق توسعه ریشه یا مقدار عمق موردنظر برای خیس کردن خاک برحسب متر که بهتر است ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق توسعه ریشه باشد (موسوی و اخوان، ۱۳۸۶) (جدول ۲). f؛ ضریب آب سهل‌الوصول که گیاه می‌تواند به‌راحتی آب را از خاک توسط ریشه جذب کند (جدول ۳). عدد ۱۰۰۰۰ هم برای تبدیل معادله به مترمکعب در هکتار است. در این تحقیق چون مساحت هر پلات کمتر بود راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد ولی برای مساحت-های بزرگ‌تر بر اساس روش آبیاری، راندمان آبیاری را هم باید در نظر گرفت و در فرمول دخالت داد و مقدار آب آبیاری یا حجم آبیاری به‌دست‌آمده را بر اساس راندمان آبیاری محاسبه کرد. برای تیمار آبیاری مطلوب یا ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری در هر نوبت آبیاری مقدار ۶۸۰ مترمکعب در هکتار آب‌داده شد (برای کرت به مساحت ۱۲ مترمربع حدود ۰/۸۱ مترمکعب آب‌داده شد)، در تنش ملایم خشکی ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری در هر نوبت آبیاری مقدار ۵۱۰ مترمکعب در هکتار آب‌داده شد (برای کرت به تیمار تنش خشکی شدید ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری در هر

نوبت آبیاری مقدار ۳۴۰ مترمکعب در هکتار آب‌داده شد (برای کرت به مساحت ۱۲ مترمربع حدود ۰/۴۰ مترمکعب آب‌داده شد) (Tayferezaee, 2016). اطلاعات مربوط به برخی خصوصیات خاک محل آزمایش و شرایط اقلیمی منطقه در طول کاشت تا برداشت گندم به ترتیب در جداول ۴ و ۵ ارائه‌شده است.

جدول ۱- تاریخ‌های آبیاری و حجم آب داده‌شده از کاشت تا برداشت داشت گندم

زمان کاشت	تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری				تأمین ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری				تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری			
	۹۸/۸/۲۳											
تاریخ آبیاری	۹۹/۳/۱	۹۹/۳/۱۲	۹۹/۳/۲۳	۹۹/۴/۲	۱۳۹۹/۲/۳۰	۹۹/۳/۱۰	۹۹/۳/۱۹	۹۹/۳/۳۰	۹۹/۲/۲۵	۹۹/۳/۸	۹۹/۳/۱۷	۹۹/۳/۲۸
حجم آب داده‌شده	مترمکعب در هکتار											
	۶۸۰	۶۸۰	۶۸۰	۶۸۰	۵۱۰	۵۱۰	۵۱۰	۵۱۰	۳۴۰	۳۴۰	۳۴۰	۳۴۰
مرحله فنولوژی	ساقه رفتن	سنبله دهی	پر شدن دانه	مرحله خمیری	ساقه رفتن	سنبله دهی	پر شدن دانه	مرحله خمیری	ساقه رفتن	سنبله دهی	پر شدن دانه	مرحله خمیری
حجم کل آب داده‌شده	۲۷۲۰ مترمکعب در هکتار				۲۰۴۰ مترمکعب در هکتار				۱۳۶۰ مترمکعب در هکتار			

جدول ۲- عمق توسعه ریشه یا مقدار عمق موردنظر کشاورز برای خیس کردن خاک (متر)

گیاه	عمق موردنظر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
گندم	عمق ریشه	۰/۳	۰/۴	۰/۵	–
	عمق خیس کردن خاک	۰/۵	۰/۶	۰/۷	–

جدول ۳- مقدار ضریب آب سهل‌الوصول (f) برای گیاه گندم بر اساس میزان تبخیرو تعرق گیاه

گیاه	۲ تا ٤ میلی‌متر بر روز	٤ تا ٥ میلی‌متر بر روز	٥ تا ٦ میلی‌متر بر روز	٦ تا ۷ میلی‌متر بر روز	۷ تا ۹ میلی‌متر بر روز
گندم	۰/۷	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵	۰/۴۵

جدول ٤- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک	بافت خاک	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر	اسیدیته خاک	رطوبت اشباع حجمی	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
سانتی‌متر	-	متر	-	درصد							پی‌پی‌ام	
۰-۳۰	لوم رسی	۰/۸	۸	۴۷	۱۷	۳۵	۳۷	۲۸	۱/۲	۰/۱۲	۱۲	۳۷۵

جدول ۵- شرایط اقلیمی شهرستان ارومیه در طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

عوامل اقلیمی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
میزان بارندگی (میلی‌متر)	۲۱/۲	۴/۴	۴۴/۲	۴۶/۰	۴۷/۴	۳۸/۸	۵۶/۹	۵۲/۱	۸/۱	۸/۳
حداکثر مطلق دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۴/۳	۱۴/۹	۸/۲	۴/۲	۲/۸	۱۱/۹	۱۴/۸	۲۲/۰	۲۹/۱	۳۰/۸
حداقل مطلق دما (درجه سانتی‌گراد)	۷/۷	۱/۳	−۱/۳	−۴/۲	−۷/۱	۰/۸	۳/۵	۷/۶	۱۱/۹	۱۵/۸
رطوبت حداکثر (درصد)	۷۵	۸۴	۹۴	۹۵	۹۱	۸۸	۸۹	۸۴	۷۰	۷۲
رطوبت حداقل (درصد)	۲۷	۳۸	۵۵	۵۵	۴۶	۴۷	۳۷	۳۱	۲۱	۲۶
ساعت آفتابی (ساعت)	۲۶۳/۴	۲۲۳/۳	۱۰۹/۱	۱۰۱/۸	۱۴۱/۲	۱۶۱/۶	۱۸۹/۴	۲۸۰/۵	۳۶۳/۳	۳۴۲/۳
تبخیر (میلی‌متر)	۱۱۳/۹	۲۵/۵	۰	۰	۰	۰	۶۱/۴	۱۴۰/۲	۲۳۷/۷	۲۷۱/۰
یخبندان (روز)	۰	۱۱	۱۹	۲۸	۳۰	۱۴	۲	۰	۰	۰

برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه، محصول از وسط هر کرت ۱ مترمربع برداشت و برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل شد. برای محاسبه ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و برگ پرچم از هر تیمار ۱۰ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و با خط‌کش اندازه‌گیری شده و سپس میانگین گرفته شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۵ نمونه صدتایی از هر کرت شمارش و با ترازوی حساس توزین شده و سپس میانگین گرفته و حاصل در ۱۰ ضرب شد. برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، کل نمونه-های برداشت‌شده شمارش شدند.

برای محاسبه عملکرد دانه و ماده خشک کل کرت برداشت و توزین گردید. شاخص برداشت (عملکرد دانه در ۱۰۰ ضرب شده و سپس بر عملکرد بیولوژیک تقسیم گردید). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه (۲) (Wikenz and Norfolk, 2010) محاسبه شد.

$$RWC = \frac{wf - wd}{ws - wd} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن RWC؛ محتوای نسبی آب برگ، Wf؛ وزن تر برگ، Wd؛ وزن خشک برگ و Ws؛ وزن اشباع برگ است. برای تعیین شاخص کلروفیل (SPAD) تعداد پنج‌برگ از هر کرت به‌طور تصادفی با دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل Minolta، ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها به دست آمد.

برای اندازه‌گیری محتوای پرولین، ۰/۲ گرم ماده‌تر گیاهی با هاون خردشده و درون لوله‌آزمایش ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳٪ به آن اضافه شد و نمونه‌ها درون یخ قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، مقدار ۲ میلی لیتر از عصاره حاصل با ۲ میلی‌لیتر نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال مخلوط شد. نمونه ها پس از قرارگیری در حمام آب گرم ۸۰ درجه به مدت ۱ ساعت درون یخ سرد شدند. مقدار ۴ میلی لیتر تولوئن به محلول لوله‌ها اضافه و به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شد.

پس از اندازه گیری جذب محلول‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر منحنی استاندارد رسم و معادله خط تعیین شد. با قرار دادن جذب نمونه‌ها در معادله خط، محتوای پرولین محاسبه شد در طول آزمایش نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Bates et al., 1973). برای رسم منحنی استاندارد از پرولین استفاده شد. دمای داخلی برگ در مزرعه در ساعات ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دماسنج مادون‌قرمز مدل ۸۸۸۹ ساخت کارخانه AZ تایوان اندازه‌گیری شد (Singh et al., 1985).

برای سنجش میزان نشت الکترولیت برگ، نمونه های برگ تازه برداشت‌شده ۳ بار با آب مقطر شسته شد تا الکترولیت‌های چسبیده به سطح برگ از بین بروند. ۰/۱ گرم از برگ برداشت گردید و در داخل آب مقطر به مدت یک ساعت قرار داده شد (داخل آنکوباتور و دمای ثابت). هدایت الکتریکی آن با هدایت سنج اندازه‌گیری شد (L1). سپس محلول به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و هدایت الکتریکی آن مجدداً تعیین شد (L2). نشت الکترولیت برگ از رابطه ۳ محاسبه گردید (Bai et al., 1996).

$$EL = \frac{L_1}{L_2} \times 100 \qquad (۳)$$

بهره‌وری آب آبیاری و بارش نسبت به عملکرد دانه به ترتیب از تقسیم عملکرد دانه به‌کل آب آبیاری و عملکرد دانه به مقدار بارش مؤثر محاسبه گردید. همچنین بهره‌وری آب آبیاری و بارش نسبت به عملکرد بیولوژیک به ترتیب از تقسیم عملکرد بیولوژیک به‌کل آب آبیاری و عملکرد بیولوژیک به مقدار بارش مؤثر محاسبه گردید.

برای داده‌هایی که از طریق شمارش به‌دست‌آمده بودند (مانند تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح) با استفاده از نرم‌افزار SPSS تبدیل جذری به عمل آمد (جهت نرمال کردن داده‌ها). تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه-ای SAS، MSTATC و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر اثرات ساده آبیاری بر وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و پرولین معنی‌دار شد

همچنین تأثیر اثرات ساده روش کاشت بر صفات تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد سنبله معنی‌دار بود اثرات برهمکنش آبیاری و روش کاشت فقط بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار گردید (جدول ۶).

اجزای عملکرد دانه

با کاهش آب مصرفی طول سنبله کاهش یافت و بیشترین طول سنبله از سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری (۸/۳۹ سانتی‌متر) به دست آمد به‌طوری‌که آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری در مقایسه با ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری طول سنبله را به میزان ۴ درصد افزایش داد بااین‌حال بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). همچنین حداکثر طول سنبله از روش کاشت سه خط روی پشته (۸/۷۷ سانتی‌متر) به دست آمد که با سایر روش‌های کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). با کاشت سه خط روی پشته، تعداد سنبلچه در بوته و تعداد دانه در سنبله نیز افزایش‌یافته و باعث افزایش طول سنبله شده است. سایر محققان نیز نشان دادند طول سنبله گندم در کشت سه خط روی پشته نسبت به کشت مسطح افزایش‌یافته است (Sikander et al., 2003). تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه در مقایسه با ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب وزن هزار دانه را به میزان ۱۰ و ۵ درصد افزایش داد بااین‌حال بین دو تیمار تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). در بررسی حاضر نیز، دلیل کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی می‌تواند به این دلیل باشد که وقوع تنش موجب کاهش جذب آب و املاح و درنتیجه، کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده است (Moradbeigi et al., 2020). همچنین حداکثر وزن هزار دانه از روش کاشت سه خط روی پشته (۳۲/۷۰ گرم) به دست آمد که با سایر روش‌های کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). دلیل بیشتر بودن وزن هزار دانه در کاشت سه خط روی پشته ممکن است به دلیل بالا بودن رطوبت خاک، نفوذ بهتر نور که باعث ساخته‌شده بیشتر آسیمیلات شده و در دوره پر شدن دانه به دانه‌ها اختصاص پیدا می‌کند (Akber et al., 2009). در آزمایشی بیشترین وزن هزار دانه گندم معادل ۳۷/۷۵ گرم در تیمار الگوی کاشت دو ردیف روی پشته حاصل گردید (سید معصوم و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین در تحقیقی، بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری کامل (۴۴/۸ گرم) و کاهش ۲۰ درصد آبیاری (۴۳/۸ گرم) به دست آمد زیرا در شرایط آبیاری کامل به دلیل داشتن آب کافی، دانه‌های سنگین‌تری تولید کردند که ممکن است به دلیل دسترسی بیشتر به مواد غذایی زیاد محلول خاک باشد (Sarwar et al., 2010). بیشترین تعداد دانه در سنبله از سطح تأمین ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری (۴۵/۸۱ دانه) به دست آمد بااین‌حال بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه در مقایسه با ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب تعداد دانه در سنبله را به میزان ۴ و ۵ درصد افزایش داد (جدول ۷). به نظر می‌رسد در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل‌دسترس، طول دوره زایشی و میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد که منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در هر گل‌آذین می‌شود. همچنین حداکثر تعداد دانه در سنبله از روش کاشت سه خط روی پشته (۴۸/۹۷ دانه) به دست آمد که با سایر روش‌های کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). تعداد دانه در بوته به‌عنوان تابعی از تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه در نظر گرفته می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷). در تحقیقی که توسط سید معصوم و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد بیشترین تعداد سنبله گندم معادل ۳۸۶/۷۵ سنبله در مترمربع و تعداد دانه معادل ۳۴/۳۲ دانه در هر سنبله در الگوی کاشت چهار ردیف روی پشته به دست آمد. مقایسه میانگین نشان داد تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه در مقایسه با ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب تعداد سنبله در واحد سطح را به میزان ۱۷ و ۳ درصد افزایش داد (جدول ۷). همچنین حداکثر تعداد سنبله در واحد سطح از روش کاشت سه خط روی پشته (۶۷۶/۰۰ سنبله) به دست آمد به‌طوری‌که کاشت سه، چهار و پنج‌خط روی پشته در مقایسه با روش سنتی (کرتی) به ترتیب تعداد سنبله در واحد سطح را به میزان ۴۱، ۱۹ و ۳۳ درصد افزایش داد (جدول ۷). شاخص برداشت که نشان‌دهنده چگونگی تسهیم مواد پرورده بین قسمت‌های رویشی و دانه است. کاهش

میزان شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی در حالت‌های کم‌آبیاری معمول و کم‌آبیاری از طریق روش جویچه‌ای یک‌درمیان در برخی مطالعات گزارش‌شده است (Yazar et al., 2009). بیشترین عملکرد سنبله از سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری (۰/۷۶ کیلوگرم بر مترمربع) به دست آمد بااین‌حال بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). همچنین حداکثر عملکرد سنبله از روش کاشت سه خط روی پشته (۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمربع) به دست آمد به‌طوری‌که کاشت سه، چهار و پنج‌خط روی پشته در مقایسه با روش سنتی (کرتی) به ترتیب عملکرد دانه را به میزان ۴۰، ۲۶ و ۲۴ درصد افزایش داد (جدول ۷).

در آزمایشی گزارش شد که بیشترین ارتفاع بوته (۹۲/۴۷ سانتی‌متر) و طول سنبله (۱۰/۷۷ سانتی‌متر) در گندم در شرایط کم‌آبیاری با تأمین ۵۰ درصد در مرحله رسیدگی دانه مشاهده شد درحالی‌که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۵۴/۹۷) و وزن دانه در سنبله (۳/۰۹ گرم) در شرایط آبیاری کامل حاصل شد (Memon et al., 2021).

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه از سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری (۷۰۹۳/۳۰ کیلوگرم بر هکتار) به دست آمد بااین‌حال بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷)؛ بنابراین به نظر می‌رسد در گندم می‌توان با تأمین فقط ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری به همان عملکرد دانه ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری دست پیدا کرد (جدول ۷). همچنین حداکثر عملکرد دانه از روش کاشت سه خط روی پشته (۷۷۷۳/۳ کیلوگرم بر هکتار) به دست آمد به‌طوری‌که کاشت سه، چهار و پنج‌خط روی پشته در مقایسه با روش سنتی (کرتی) به ترتیب عملکرد دانه را به میزان ۲۹، ۱۶ و ۲۰ درصد افزایش داد (جدول ۷). در روش سه خط روی پشته، عرض پشته‌ها کمتر و جویچه‌های آبیاری به یکدیگر نزدیک‌تر هستند. همچنین در این روش کارایی مصرف آب از روش‌های دیگر بیشتر است درنتیجه بالاترین عملکرد رادار است. در مقایسه روش سه خط کاشت روی پشته با روش سنتی (کرتی) می‌توان گفت علت برتری روش پشته‌ای به علت بهبود ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری و افزایش ذخیره رطوبتی خاک است که منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. پژوهشگران دیگر در خاک‌هایی با بافت شنی تا لوم رسی شنی، مشاهده کردند که در روش جوی و پشته‌ای وزن مخصوص خاک، نفوذپذیری و درنهایت ساختمان خاک، بهبودیافته و عملکرد دانه گندم ۱۸ درصد نسبت به کشت مسطح بیشتر شد (Bakker et al., 2005).

جدول ٦- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در شرایط مختلف آبیاری و روش‌های مختلف کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول سنبله	تعداد سنبلچه در هر سنبله	طول پدانکل	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در واحد سطح	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۰/۵۸ns	۰/۰۳۳ns	۴۳/۲۳**	۰/۲۰ns	۰/۰۷۲ns	۲/۸۵ns	۱۳۶۰۶۷۷/۷۸ns	۲۴۰۷۶۷۷/۸ns
آبیاری	۲	۰/۴۰ns	۰/۰۰۶ns	۸/۲۶ns	۳۶/۶۳**	۰/۰۶۸ns	۱۶/۳۹ns	۱۶۹۷۰۷۷/۷۸ns	۸۷۷۵۴۴/۴ns
روش کاشت	۳	۱/۳۴ns	۰/۰۴۶ns	۲/۴۵ns	۱/۸۱ns	۰/۴۹ns	۶۰/۷۵**	۸۰۶۵۲۸۵/۱۹**	۵۱۵۹۶۳۴۰/۷**
آبیاری × روش کاشت	۶	۰/۸۷ns	۰/۰۲۹ns	۶/۱۰ns	۴/۹۳ns	۰/۷۴*	۸/۲۱ns	۱۴۰۲۹۲۹/۶۳ns	۳۵۵۸۸۶۳/۰ns
خطای آزمایشی	۲۲	۰/۷۶	۰/۰۴۷	۴/۳۲	۳/۴۶	۰/۳۱	۷/۷۹	۱۴۰۲۸۴۷/۴۷	۸۴۹۲۴۲۹/۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۵۷	۵/۴۴	۷/۵۲	۵/۷۴	۸/۳۸	۱۲/۱۵	۱۷/۷۸	۱۹/۴۴

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار.

ادامه جدول ٦- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در شرایط مختلف آبیاری و روش‌های مختلف کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		شاخص برداشت	ارتفاع بوته	عملکرد سنبله	شاخص کلروفیل	دمای داخلی برگ	پرولین	درصد نشت یونی	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۱۰/۵۶ns	۵۳/۵۸ns	۰/۰۱۸ns	۰/۳۶ns	۳۸/۶۴ns	۵/۹۱ns	۲۶/۶۹ns	۲۶۰/۴۴*
آبیاری	۲	۳۰/۹۸ns	۱۹/۳۱ns	۰/۰۰۵ns	۹۳/۳۸*	۹/۰۳ns	۹۹۱/۲۸**	۱۲۰/۶۴ns	۵۸/۶۳ns
روش کاشت	۳	۹/۰۰ns	۴۸/۳۱ns	۰/۱۹۹**	۲۰/۰۶ns	۲۳/۰۸ns	۹۹/۸۸ns	۹/۱۱ns	۱۳۷/۴۲ns
آبیاری × روش کاشت	۶	۱۵/۵۶ns	۳۱/۴۷ns	۰/۰۲۶ns	۶/۶۹ns	۲۸/۶۷ns	۲۸/۰۰ns	۴۲/۱۵ns	۴۴/۴۶ns
خطای آزمایشی	۲۲	۲۱/۱۷	۳۴/۵۶	۰/۰۳۴۱	۲۵/۶۵	۱۷/۹۲	۱۱۷/۶۶	۴۳/۹۷	۵۶/۱۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۲۸	۱۰/۰۰	۲۵/۱۳	۹/۵۵	۱۱/۲۲	۱/۹۱	۱۰/۰۸	۱۳/۳۶

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار.

ادامه جدول ٦- تجزیه واریانس شاخص بهره‌وری آب گندم در شرایط مختلف آبیاری و روش‌های مختلف کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد بیولوژیک	بهره‌وری بارش در عملکرد دانه	بهره‌وری بارش در عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۰/۱۵ns	۰/۰۴۳ns	۰/۲۴ns	۰/۴۳ns
آبیاری	۲	۹/۱۲**	۵۷/۹۴**	۰/۳۱ns	۰/۱۶ns
روش کاشت	۳	۱/۳۶**	۹/۳۰**	۱/۴۶**	۹/۴۰**
آبیاری × روش کاشت	۶	۰/۳۰ns	۱/۰۵ns	۰/۲۵ns	۰/۶۵ns
خطای آزمایشی	۲۲	۰/۲۲	۱/۴۶	۰/۲۵	۱/۵۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۶/۸۷	۱۹/۰۳	۱۷/۷۹	۱۹/۴۵

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار.

در بررسی امکان استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در زراعت گندم گزارش‌شده است 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 یک‌درمیان با فاصله جویچه‌های ۶۰ سانتیمتری به دست آمد (Hosseini et al., 2014).

کاشت گندم پاییزه روی پشته‌ها (دو ردیف روی پشته‌های ۲۰ سانتیمتری) باعث صرفه‌جویی ۳۰ درصدی آب آبیاری شد. همچنین عملکرد دانه را بیش از ۱۰ درصد افزایش داد (Fahong et al., 2004). نشان داده‌شده است که میانگین عملکرد دانه گندم در روش پشته‌ای بیش از روش مسطح بوده است (Sayre and Hobbs, 2003).

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک از تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری (۱۵۲۸۲/۰۰ کیلوگرم بر هکتار) به دست آمد بااین‌حال بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷)؛ بنابراین به نظر می‌رسد در گندم می‌توان با تأمین فقط ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری به همان عملکرد بیولوژیک ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری دست پیدا کرد (جدول ۷). دلیل معنی‌دار نشدن عملکرد بیولوژیک در مقادیر متفاوت آبیاری به‌این‌علت است که حتی با آبیاری ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری، اجزای عملکرد دانه مانند ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله کاهش معنی‌داری پیدا نکرد که با نتایج Galavi and Moghaddam (2012) مطابقت داشت. همچنین حداکثر عملکرد بیولوژیک از روش کاشت سه خط روی پشته (۱۷۶۹۶/۰

کیلوگرم بر هکتار) به دست آمد به‌طوری‌که کاشت سه، چهار و پنج‌خط روی پشته در مقایسه با روش سنتی (کرتی) به ترتیب عملکرد بیولوژیک را به میزان ۳۳، ۱۹ و ۲۴ درصد افزایش داد (جدول ۷). نتایج سایر محققان نشان داد تفاوت عملکرد بیولوژیک، در دو کشت مسطح در مقایسه با روش‌های پشته‌ای معنی‌دار بود زیرا تعداد پنجه‌های بارور در روش پشته‌ای بیشتر بود (Sikander et al., 2003). 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 (Yazar et al., 2009). محققان در مطالعه روی سویا در مزرعه 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 (Sarai Tabrizi et al., 2010). در آزمایشی در منطقه دهلران واقع در استان ایلام گزارش‌شده است که برای به حداکثر رساندن مقدار محصول به ازای کمترین مقدار مصرف آب در زراعت گندم، می‌توان از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان نیز استفاده نمود (Hosseini et al., 2014)

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و روش کاشت بر صفات موردمطالعه

تیمار	طول سنبله سانتی‌متر	تعداد سنبلچه در هر سنبله	طول پدانکل سانتی‌متر	وزن ۱۰۰۰ دانه گرم	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در واحد سطح	عملکرد دانه کیلوگرم بر هکتار	عملکرد بیولوژیک کیلوگرم بر هکتار
				آبیاری				
تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری	۸/۳۹ a	۱۵/۸۶ a	۲۸/۲۵ a	۳۴/۲۱ a	۴۵/۲۷ a	۶۰۱/۴۲ a	۷۰۹۳/۳۰ a	۱۵۲۸۲/۰۰ a
تأمین ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری	۸/۳۷ a	۱۶/۲۶ a	۲۸/۰۱ a	۳۲/۳۴ ab	۴۵/۸۱ a	۵۱۸/۵۰ a	۶۴۷۵/۰۰ a	۱۴۷۵۲/۰۰ a
تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری	۸/۰۶ a	۱۶/۰۵ a	۲۶/۷۱ a	۳۰/۷۲ b	۴۳/۶۵ a	۵۰۱/۳۳ a	۶۴۱۳/۳۲ a	۱۴۹۲۳/۰۰ a
				روش کاشت				
کرتی	۸/۳۷ a	۱۶/۳۵ a	۲۷/۷۱ a	۳۱/۷۵ a	۴۲/۴۰ a	۴۰۰/۱۱ c	۵۴۸۸/۹ b	۱۱۹۱۸/۰ b
سه خط روی پشته	۸/۷۷ a	۱۶/۶۸ a	۲۷/۸۱ a	۳۲/۷۰ a	۴۸/۹۷ a	۶۷۶/۰۰ a	۷۷۷۳/۳ a	۱۷۶۹۶/۰ a
چهار خط روی پشته	۸/۰۴ a	۱۵/۷۳ a	۲۶/۹۳ a	۳۲/۵۹ a	۴۵/۷۷ a	۴۹۲/۴۴ bc	۶۴۹۵/۶ ab	۱۴۷۲۹/۰ ab
پنج‌خط روی پشته	۷/۹۱ a	۱۵/۴۶ a	۲۸/۱۷ a	۳۲/۶۵ a	۴۲/۵۱ a	۵۹۳/۱ ab	۶۸۸۴/۴ ab	۱۵۶۰۰/۰ ab

در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست.

ادامه جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و روش کاشت بر صفات موردمطالعه

تیمار	شاخص برداشت	ارتفاع بوته سانتی‌متر	عملکرد سنبله کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کلروفیل	دمای داخلی برگ درجه سانتی‌گراد	پرولین میلی‌مول در کیلوگرم بر ماده خشک	درصد نشت یونی درصد	محتوای نسبی آب برگ درصد
				آبیاری				
تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری	۴۶/۵۳ a	۵۸/۶۷ a	۰/۷۶۰ a	۵۶/۱۳ a	۳۶/۸۲ a	۵۶۱/۶۰ b	۶۳/۸۰ a	۵۸/۲۵ a
تأمین ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری	۴۴/۱۳ a	۵۷/۵۳ a	۰/۷۲۰ a	۵۲/۱۵ ab	۳۷/۷۵ a	۵۶۲/۵۱ b	۶۴/۰۴ a	۵۶/۰۵ a
تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری	۴۳/۴۸ a	۶۰/۰۶ a	۰/۷۲۵ a	۵۰/۷۵ b	۳۸/۵۵ a	۵۷۷/۷۸ a	۶۹/۴۱ a	۵۳/۸۳ a
				روش کاشت				
سنتی	۴۶/۱۳ a	۶۲/۰۲ a	۰/۵۵ b	۵۰/۸۷ a	۳۹/۸۷ a	۵۶۸/۲۱ a	۶۵/۴۳ a	۵۲/۷۶ a
سه خط روی پشته	۴۳/۹۲ a	۵۸/۳۲ a	۰/۹۱ a	۵۴/۳۵ a	۳۶/۰۵ a	۵۶۷/۶۶ a	۶۶/۵۱ a	۵۴/۰۴ a
چهار خط روی پشته	۴۴/۷۰ a	۵۶/۵۵ a	۰/۷۴ ab	۵۳/۳۴ a	۳۷/۲۰ a	۵۷۰/۶۴ a	۶۶/۵۹ a	۵۵/۷۷ a
پنج‌خط روی پشته	۴۴/۱۰ a	۵۸/۱۳ a	۰/۷۲ ab	۵۳/۴۷ a	۳۷/۷۲ a	۵۶۲/۷۰ a	۶۴/۴۶ a	۶۱/۶۱ a

در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست.

ادامه جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و روش کاشت بر شاخص بهره‌وری آب

تیمار	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد بیولوژیک کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری بارش در عملکرد دانه کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری بارش در عملکرد بیولوژیک کیلوگرم بر مترمکعب
		آبیاری		
تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری	۲/۰۸ b	۴/۴۹ c	۳/۰۲ a	۶/۵۲ a
تأمین ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری	۲/۵۳ b	۵/۷۸ b	۲/۷۶ a	۶/۳۶ a
تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری	۳/۷۷ a	۸/۷۷ a	۲/۷۳ a	۶/۲۹ a
		روش کاشت		
سنتی	۲/۲۸ b	۴/۹۸ b	۲/۳۴ b	۵/۰۸ b
سه خط روی پشته	۳/۲۰ a	۷/۳۹ a	۳/۳۱ a	۷/۵۵ a
چهار خط روی پشته	۲/۷۶ ab	۶/۳۱ ab	۲/۷۷ ab	۶/۲۸ ab
پنج‌خط روی پشته	۲/۹۵ a	۶/۷۲ a	۲/۹۳ ab	۶/۶۵ ab

در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست.

در آزمایش دیگری گزارش شد که ماده خشک قسمت هوایی گیاه برای سیستم کاشت سه ردیف داخل جوی و کاشت مسطح اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بااین‌حال ماده خشک قسمت هوایی گیاه در سیستم آبیاری سه ردیف روی پشته، به‌طور معنی‌داری بالاتر از سیستم کاشت سه ردیف داخل جوی و سیستم کاشت مسطح بود. این نتایج نشان می‌دهد که الگوهای آبیاری سه ردیف روی پشته محیط بهتری برای رشد گندم فراهم می‌کند، به نظر می‌رسد پشته‌ها موجب می‌شوند آب به‌طور مؤثرتری مورداستفاده گیاهان قرارگرفته و باعث افزایش بالقوه فتوسنتز شود (Fahong et al., 2004).

صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف آبیاری و روش کاشت نشان داد بیشترین شاخص کلروفیل با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری (۵۶/۱۳ درصد) به دست آمد به‌طوری‌که تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری در مقایسه با تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری به ترتیب شاخص کلروفیل را به میزان ۱۰ و ۳ درصد افزایش داد بااین‌حال آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری با آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت خالص آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). تنش خشکی تأثیر مستقیمی بر کاهش شاخص کلروفیل و درنتیجه عملکرد گیاه دارد (Schlemmer et al., 2005). در شرایط تنش آب، انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و در این حالت، الکترون اضافی خارج‌شده از آب، باعث تولید اکسیژن فعال و درنتیجه خسارت به غشاء سلولی به دلیل پر اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش میزان کلروفیل گیاه می‌گردد (Parry et al., 2002). بیشترین محتوای پرولین با تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری به دست آمد به‌طوری‌که در شرایط تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری در مقایسه با تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری محتوای پرولین به میزان ۳ درصد کاهش یافت. تجمع پرولین پاسخ فیزیولوژیکی بسیار رایج در بسیاری از گیاهان به دامنهٔ وسیعی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی است (Geravandi et al., 2011). محققان زیادی افزایش غلظت پرولین در واکنش به تنش‌های محیطی را گزارش کرده‌اند (De-Lacerda et al., 2003). در شرایط تنش خشکی، غلظت اسیدآمینه پرولین افزایش می‌یابد ازآنجایی‌که کلروفیل و پرولین از پیش ماده‌های مشترک گلوتامات سنتز می‌شوند، می‌توان گفت افزایش سنتز پرولین در شرایط تنش خشکی به کاهش سنتز کلروفیل منجر می‌گردد سایر محققان نیز گزارش کردند که محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان خوب آبیاری شده کاهش یافت (Pirzad et al., 2011). بین سطوح مختلف آبیاری و روش کاشت از نظر درصد نشت یونی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد بااین‌حال بیشترین درصد نشت یونی با تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری به دست آمد به‌طوری‌که تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری در مقایسه

با تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری درصد نشت یونی به میزان ۸ درصد کاهش یافت. تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی در مقایسه با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، محتوای نسبی آب برگ را به ترتیب به میزان ۸ و ۴ درصد افزایش داد.

شاخص بهره‌وری آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه و بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود همچنین تأثیر روش‌های مختلف کاشت بر تمامی شاخص‌های بهره‌وری آب معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین نشان داد از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، تأمین ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری نسبت به تیمارهای آبیاری دیگر، از بهره‌وری بیشتری برخوردار بود (جدول ۷). هر چند تیمار ۵۰ درصد آبیاری عملکرد دانه کمتری نسبت به دو تیمار آبیاری داشت ولی بهره‌وری آب یکی از شاخص‌های بسیار مهم در استفاده بهینه از منابع آب است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). محققان زیادی در تحقیقات خود به بهبود شاخص بهره‌وری آب آبیاری دست‌یافته بودند (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸؛ امینی فر و همکاران، ۱۳۹۰). مقایسه میانگین روش‌های مختلف کاشت نیز نشان داد کاشت سه خط روی پشته در مقایسه با سایر روش‌های کاشت از شاخص بهره‌وری آب بالاتری برخوردار بود بهره‌وری بارش نیز بر اساس تقسیم عملکرد (کیلوگرم در هکتار) به مقدار بارش (مترمکعب) محاسبه گردید به‌طوری‌که بیشترین و کمترین بهره‌وری بارش در عملکرد دانه و بیولوژیک به ترتیب از کشت سه خط روی پشته و کشت مسطح یا کرتی به دست آمد (جدول ۷). در تحقیقی گزارش‌شده است که کاشت روی پشته در مقایسه با کاشت کرتی گندم، حداکثر شاخص بهره‌وری آب را به دلیل داشتن شرایط رطوبتی بهتر و استفاده مؤثرتر از آب موجود تولید کرد (Kilic et al., 2004). در گزارشی اعلام گردید که کاشت راهرویی در مقایسه با کشت کرتی شاخص بهره‌وری آب را ۷۶ درصد در گندم افزایش داد و باعث افزایش ماده خشک کل شد (Ali et al., 2017). همسو با یافته‌های ما در این تحقیق، در آزمایشی گزارش‌شده است بهره‌وری آب و میزان آب مصرفی در روش کشت پشته‌ای گندم به ترتیب بیانگر ۱۱ درصد مصرف آب کمتر و ۱۴ درصد کارایی مصرف آب بیشتر در مقایسه با کشت مسطح بود (افیونی و همکاران، ۱۳۹۸).

بررسی اقتصادی

بازدهی اقتصادی عامل مهم ایجاد انگیزه به‌کارگیری نوع مدیریت دستگاه‌هاست و اگر سیستمی از نظر اقتصادی سودمند نباشد حتی اگر از جنبه‌های دیگر بسیار کارآمد باشد تمایلی در به‌کارگیری آن نیست. مهم‌ترین مسئله‌ای که در مبحث اقتصادی به نظر می‌رسد پرداختن به آن ضروری است صرفه‌جویی نهاده‌ها در مقیاس کلان ملی است (بوگری و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی جدول ۸ نیز نشان داد در هر سه شرایط مختلف رطوبتی، بیشترین سود اقتصادی حاصل از عملکرد دانه، کاه و کلش و آب از کاشت سه خط روی پشته حاصل شد هر چند که در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری، سود بیشتری در مقایسه با دو تیمار آبیاری به‌دست‌آمده است (به نظر می‌رسد معنی‌دار نباشد) ولی به دلیل اهمیت بیشتر آب، با مصرف آب کمتر می‌توان از مقداری سود چشم‌پوشی کرده و مقداری از آب را نیز ذخیره کرد.

جدول ۸- مجموع سود حاصل از عملکرد دانه، کاه و کلش و آب به تومان در شرایط مختلف آزمایش

	آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبیاری	آبیاری ۷۵ درصد نیاز خالص آبیاری	آبیاری ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری
سه خط روی پشته	۳۸/۷۲۰/۰۰۰	۳۴/۰۹۴/۰۰۰	۳۴/۸۴۰/۰۰۰
چهار خط روی پشته	۶/۵۷۰/۰۰۰	۲۰/۲۴۰/۰۰۰	۲۶/۲۳۶/۰۰۰
پنج‌خط روی پشته	۱۴/۷۷۴/۰۰۰	۱۷/۵۸۶/۰۰۰	۳۲/۱۴۴/۰۰۰

قیمت هر کیلوگرم گندم معادل ۶۰۰۰ تومان، قیمت هر کیلوگرم کاه و کلش معادل ۴۰۰۰ تومان، قیمت هر ساعت آب با دبی ۲۸ لیتر بر ثانیه لوله ۸ اینچی معادل ۱۶۰۰۰۰ تومان در نظر گرفته‌شده است که ۲/۵ ساعت آبیاری هر هکتار زمان می‌برد تعداد دفعات آبیاری ۴ نوبت بوده است.

نتیجه‌گیری

اعمال برنامه کم‌آبیاری مستمر و تنظیم‌شده (کاهش آب کاربردی از ابتدا تا انتهای فصل رشد)، ضمن ایجاد سازگاری و تطابق محصول از طریق توسعه ریشه و افزایش حجم مخزن رطوبتی، امکان برنامه‌ریزی برای آب صرفه‌جویی شده را نیز فراهم می‌کند میزان آب صرفه‌جویی شده در این تحقیق برابر ۱۳۶۰ مترمکعب که معادل تقریباً ۱۳/۶ میلی‌متر است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و شرایط خشک‌سالی موجود در بسیاری از نقاط کشور و از طرفی نیاز روزافزون به تأمین هرچه بیشتر مواد غذایی ازجمله گندم، استفاده از روش‌های کاشت گندم بر روی پشته به‌ویژه سه خط روی پشته و با انجام ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری (۵۰ درصد کاهش حجم آب) به دلیل شاخص بهره‌وری آب بیشتر در مقایسه با دو تیمار دیگر آبیاری توصیه می‌گردد که علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید در مصرف آب هم می‌توان صرفه‌جویی کرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت‌های علمی، فنی و مالی دانشگاه پیام نور مرکز ارومیه، مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی و کلیه دانشجویانی که ما را در اجرای این طرح پژوهشی کمک نمودند تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۸۲.

احمدی، م.، کامکار، ب.، سلطانی، ا. و زینلی، ا. ۱۳۸۷. تعیین مهم‌ترین جزء عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت مختلف. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵ (۳): ۵۵-۴۲.

اسدی، م. ا. ۱۳۹۰. مدیریت بهینه آب در گیاهان زراعی. انتشارات نوروزی. گرگان. ۱۷۵ ص.

افیونی، د.، اسدی، ا.، صفایی، ل.، متقی، س. و لطفی فر، ا. ۱۳۹۸. تأثیر شیوه کشت و میزان بذر بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گندم. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۱ (۳۶): ۲۱-۱۱.

امینی‌فر، ج.، بیگلویی، م.ح.، محسن‌آبادی، غ. و سمیع زاده، ح. ۱۳۹۰. تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در هفت رقم سویا در منطقه رشت. دانش آب و خاک. ۲۱ (۴): ۹۱-۸۱.

ایوانی، ا. و دهقان، ا. ۱۳۹۷. نشریه کشت مکانیزه گندم بر روی پشته‌های بلند. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۳۹ صفحه.

بوگری، ب.، آسودار، م.ا.، مرزبان، ا. و کاظمی، ن. ۱۳۹۹. بررسی کارایی مصرف آب، بهره‌وری انرژی، اقتصادی و عملکرد سیستم‌های مختلف کشت گندم -ذرت در شمال خوزستان. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۳۰(۴): ۳۱۰-۲۹۵.

سید معصوم، س.ن.، فتحی، ق.، فرزادی، ح. و سعیدی‌پور، س. ۱۳۹۱. اثرات گیاهان پیش‌کاشت و الگوهای مختلف کاشت بر کاهش تراکم علف‌های هرز و عملکرد گندم در شرایط آب‌وهوای خوزستان. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۶ (۴): ۷۹-۶۵.

طهماسبی، ر. و فرداد، ح. ۱۳۷۹. اثر شروع آبیاری در مقادیر مختلف رطوبت قابل استفاده در خاک بر عملکرد محصول گندم زمستانه در کرج. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۱): ۲۵-۱۹.

کریمی، م.، اصفهانی، م.، بیگلویی، م. ح.، ربیعی، ب. و کافی قاسمی، ع. ۱۳۸۸. تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۲ (۲): ۱۱۰-۹۱.

لطفی، آ.، وهابی سدهی، ع.، قنبری، ا. و حیدری، م. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه در منطقه سیستان. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴ (۴): ۵۱۸-۵۰۶.

محمد جانی، ا. و یزدانیان، ن. ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. فصلنامه روند. ۲۱ (۶۵ و ۶۶): ۱۴۴-۱۱۷.

موسوی، س.ف. و اخوان، س. ۱۳۸۶. اصول آبیاری. انتشارات کنکاش. اصفهان. ۴۱۰ ص.

Ali, Sh., Xu, Y., Ma, X., Ahmad, I., Kamran, M., Dong, Zh., Cai, T., Jia, Q., Ren, X., Zhang, P. and Jia, Zh. 2017. Planting patterns and deficit irrigation strategies to improve wheat production and water use efficiency under simulated rainfall conditions. Frontiers in Plant Science. 8: 1-17.

Akber, G., Hamilton, G. and Hussain, Z. 2009. Permanent raised bed cropping system improves water use efficiencies of wheat and maize crops, Mardan, Pakistan experience. Water Resources of Pakistan. 13(1): 12-16.

Bai, B.Z.,Yu, S.Q., Tian, W.X. and Zhao, J.Y. 1996. Plant physiology. China Agricultural Science Press.

Bakker, D.M., Hanilton, G.J., Joulbrooke, D.J. and Spamn, C. 2005. The effect of raised beds on soil structure, water lodging, and productivity on duplex soils in Western Australia. Australian Journal of Soil Research. 43:575-585.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free praline for water stress standees. Plant and Soil. 39: 205-207.

De-Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva M.A., Ruiz, H.A. and Prisco, J.T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 49: 107-120.

Fahong, W., Xuqing, W. and Sayre, K.D. 2004. Comparison of conventional, flood irrigation, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. Field Crops Research. 87: 35-42.

Fereres, E. and Soriano, M.A. 2006. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany. 58: 147–159.

Fischer, R.A., Sayre, K. and Ortiz Monasterio, I. 2005. The effect of raised bed planting on irrigated wheat yield as influenced by variety and row spacing. Proceedings of a workshop held in Griffith, NSW, Australia, 1–3 March 2005.

FAO. 2019. FAOSTAT, Retrieved from https://www.faostat. Fao. Org.site.

Galavi, M. and Moghaddam, H.A. 2012. Influence of deficit irrigation during growth stages on water use efficiency and production of wheat cultivars under field conditions. International Journal of Applied Science. 3(10): 2071-2078.

Geravandi, M., Farshadfar, E. and Kahrizi, D. 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. Russian Journal of Plant Physiology. 58(1): 69-75.

Guo, Z.J., Zhang, Y.L., Zhao, J.Y., Shi, Y. and Yu, Z.W. 2014. Nitrogen use by winter wheat and changes in soil nitrate nitrogen levels with supplemental irrigation based on measurement of moisture content in various soil layers. Field Crops Research. 164: 117–125.

Hosseini, S.GH.A., Khorramy, M. and Dahanzadeh, B. 2014. Investigation of wide spaced furrow irrigation in a crop of Wheat. 1nd Conference on New Finding in Environment and Agricultural Ecosystems.

Kilic, H. 2004. Bed planting in Diyarbakir. Southeastern Anatolia Agricultural Research Institute. Diyarbakir (Turkey). Research Report. 25 p.

Kulkarni, M., Soolanayakanahally, R., Ogawa, S., Uga, Y., Selvaraj, M.G. and Kagale, S. 2017. Drought response in wheat: key genes and regulatory mechanisms controlling root system architecture and transpiration efficiency. Frontiers in Chemistry. 5:106.

Manzoor, A.S., Shahzad, A., Shazma, A., Muhammad Owais, Kh., Sultan, N., Fawad, A.S., Ihtisham, A., Junaid, I., Junaid, A., Farhan, A., Haq, N. and Muhammad, K. 2019. Response of planting methods and deficit irrigation on growth and yield attributes of maize under semi-arid conditions. Pure and Applied Biology. http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80012.

Memon, S.A., Sheikh, I.A.,Talpur, M.A. and Mangrio, M.A. 2021. Impact of deficit irrigation strategies on winter wheat in semi-arid climate of Sindh. Agricultural Water Management. 243: 106389.

Moradbeigi, L., Gholami, A., Shirani-Rad, A.H., Asghari, H.R. and Abbasdok, H. 2020. Study of

and Schepers, J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal. 97: 106-112.

Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.J., Duveiller, E., Reynolds, M. and Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Food Security. 5: 291–317.

Sikander, K., Hussain, I., Sohail, M., Kissana, N.S. and Abbas, S.G. 2003. Effect of different planting methods on yield components of wheat. Asian Journal Plant Science. 2(10): 811-813.

Singh, D.P., Singh, P., Kumar, A. and Sharma, H.C. 1985. Transpiration cooling as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica. Annals of Botany. 56: 815-820.

Tantawy, M.M., Ouda, S.A. and Khalil, F.A. 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. Journal of Applied Sciences Research. 3(1): 7-12.

TayfeRezaei, H. 2016. Planning irrigation of crops and garden. Journal of Agricultural Engineering Organization, Agricultural Jihad Organization. 24 pages.

Wikenz, J.E. and Norfolk, I. 2010. Eco-Physiology of economic plants in arid and semi-arid regions, Adaptations for desert living creatures. Translated by Zehtabian A. Shahriyari A. and Javadi. M.R.Tehran University Press. P. 370. Tehran, Iran.

Xiao, G.J., Liu, W.X., Xu, Q., Sun, Z.J. and Wang, J. 2005. Effects of temperature increase and elevated CO2 concentration, with supplemental irrigation, on rain-fed spring wheat yield in semiarid areas of China. Agricultural Water Management. 74: 243–255.

Yazar, A., Gokcel, F. and Sezen, M.S. 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..

yield and some physiological characteristics of canola cultivars under the drought stress and delayed planting. Environmental Stresses in Crop Sciences. 13(2): 371-385.

Naresh, R.K., Singh, B., Singh, S.P., Singh, P.K., Arvind, K. and Amit, K. 2012. Furrow irrigated raised bed (FIRB) planting technique for diversification of rice-wheat system for western IGP region. International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research. 1(3): 134-141.

Parry, M.A.J., Andraloje, P.J., Khan, S., Lea, P.J. and Keys, A.J. 2002. Rubisco activity: Effects of drought stress. Annals of Botany. 89: 833-839.

Pereira, L.S., Owas, T. and Aziz, A. 2002. Irrigation management under water scarcity. Agricultural Water Management. 57(3): 175-206.

Pirzad, A., Shakiba, M.A., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S.A., Darvishzadeh, R. and Samadi, A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in Matricaria chamomilla L. Journal of Medicinal Plants Research. 5(12): 2483-2488.

Razaq, A., Khan, M.J., Sarwar, T. and Khan, M.J. 2019. Influence of deficit irrigation, sowing methods and mulching on yield components and yield of wheat in semiarid environment. Pakistan Journal of Botany. 51(2): 553-560.

Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H., Parsinegad, M. and Modares Sanavi, S.A.M. 2010. Improving soybean water use efficiency using partial root drying. Journal of Water and Soil Science. 14(52): 1-14.

Sarwar, N., Maqsood, M., Shezad, M. and Akber, N. 2010. Effect of different levels of irrigation on yield and yield components of wheat cultivars. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 47(3): 371-374.

Sayre, K.D. and Hobbs, P. 2003. The raised-bed system of cultivation for irrigated production conditions. (Internet Site:www.css.cornell.edu).

Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F.

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 135-150

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۵۰-۱۳۵

Comparison of Ridge Planting and Traditional Methods in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Different Amounts of Irrigation

E. Gholinezhad[1*] and A. Eivazi [2]

Abstract

This research was conducted at the research field of West-Azerbaijan (Saatloo station, 45° 10′ 53″ E/ 37° 44′ 18″ N and 1338 m above sea level), located 25 km from Urmia city (Iran) during 2019-2020 cropping seasons, as a factorial layout based on randomized complete block design with three replications. The first factor includes different amounts of irrigation at three levels (supply 100, 75 and 50% net irrigation requirement) and the second factor was planting at four levels (plot planting, planting three lines on the ridges (ridges width=30 cm), planting four lines on the ridges (ridges width=45 cm) and planting five lines on the ridges (ridges width=60 cm)). The results showed that there was no significant difference between different levels of irrigation for yield traits and grain yield components (except 1000 grain weight). Traits such as number of spikes per unit area, grain yield, biological yield and spike yield were significant differences for planting methods. Mean comparison showed the highest irrigation water productivity was obtained in grain yield (3.77 kg/m3) and biological yield (8.77 kg/m3) by providing 50% of the net irrigation requirement. Also, the highest number of spikes per unit area (676 spikes), grain yield (7773.3 kg/ha1), biological yield (17696 kg/ha1), spike yield (0.91 kg/m2) and water productivity index was obtained from planting three lines on the ridges. The highest chlorophyll index and relative leaf water content were obtained from supplying 100% of the net irrigation requirement and the highest internal temperature of leaf, proline and ion leakage percentage were obtained from supplying 50% of the net irrigation requirement. Also, the highest amount of chlorophyll index was observed in the three-line planting method on the ridge and the relative leaf water content was observed in the five-line planting method on the ridge. Due to water shortage and drought, supply of 50% of the net irrigation requirement (reduction of 50% of water volume) and planting of three lines on the ridge is recommended.

Keywords: Deficit irrigation, Ear yield, Grain yield, Planting on the ridge, Water productivity

[1] Associate professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran (*Corresponding Author Email: Gholinezhad1358@yahoo.com)
[2] Assistant professor, Seed and Plant, Department of Agricultural Research and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran
Received: 1 Sept 2021
Accepted: 17 Nov 2021