تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /دوره ۲۵/شماره ۹۷/ زمستان ۱۴۰۳/صفحه ۱۴ - ۱

نوع مقاله: پژوهشی

بررسی اثر مدیریت مصرف آب بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم با روش آبیاری بارانی تاشو (رِین فلت)

نادر نادری[1*]، علیرضا محمدی[2]

[1*]نادر نادری، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

[2]علیرضا محمدی، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۱۰/۲۸

چکیده

برای بررسی اثر دور و مقدار آب آبیاری در روش آبیاری بارانی تاشو بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم، آزمایشی در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ در خاکی با بافت لومی شنی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود) اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل ۳ دور آبیاری (٤، ٥ و ٦ روز) و در کرت‌های فرعی، سطوح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ٦۰ درصد) قرار گرفت. نیاز آبی به روش پنمن- مانتیث محاسبه شد و با کنتور حجمی در اختیار تیمارهای آبیاری قرار گرفت. نتایج اثر سادهٔ تیمارها نشان داد تیمارهای دور آبیاری ٤ و ٥ روز به ترتیب با عملکرد دانه ٥٤١٠/٦ و ٥٠١٦/١ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب ۱/۱٦۹ و ۱/۰۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب در گروه آماری برتر هستند. از نظر تامین نیاز آب آبیاری، تیمار ۸۰ درصد سطح تامین نیاز آب آبیاری با متوسط عملکرد ٥٥۲۰/۷ کیلوگرم و بهره‌وری آب ۱/۱۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب، بهترین تیمار مقدار آبیاری بود. اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد تیمار دور ٤ روز با ۸۰ درصد تامین نیاز آبی با عملکرد ٦۱۷۲/٥ کیلوگرم در هکتار و بهره وری آب ۱/۳۳٦ کیلوگرم بر مترمکعب بهترین تیمار است و با کاهش دور آبیاری به ٤ روز مقدار آب مصرفی را تا ۲۰ درصد می‌توان کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: دور آبیاری، عملکرد، مقدار آب، آبیاری بارانی تاشو

مقدمه

امنیت غذایی و افزایش ضریب خود اتکایی در محصولات اساسی مانند گندم از ارکان مهم برنامه‌های توسعهٔ کشور است. مهم‌ترین چالش این خود اتکایی بحران آب است، زیرا خشکسالی و کم آبی در ایران واقعیتی اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، این مشکل در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد. میانگین بارندگی دراز مدت کشور ۲۴۳ میلی‌متر (یک سوم میانگین جهانی) و پتانسیل تبخیر در کشور حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال (سه برابر متوسط جهانی) است. حجم کل منابع آب ناشی از بارش در کشور ۴۰۳ میلیارد مترمکعب است که بیش از ۷۰ درصد آن از طریق تبخیر از دسترس خارج می‌شود. حجم منابع آب تجدیدپذیر حدود ۱۰۰ میلیارد مترمکعب است که ۷۰ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود(Naseri *et al.*, 2017). استان سمنان دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است و از این رو برای جبران نیاز آبی گیاهان، نیاز به آبیاری مکرر خواهد بود. نزدیک به ۹۲ درصد از آب کشاورزی، از طریق آب‌های زیرزمینی تامین می‌شود. حجم کسری سالیانه مخزن آب‌های زیرزمینی استان ۱۳۹/۳ میلیون متر مکعب برآورد شده است. به منظور دستیابی به تولید پایدار در این شرایط، یکی از راهکارهای مؤثر و عملی استفادهٔ بهینه از آب و صرفه جویی در مصرف آب در

نگارنده مسئول: **Email:** Naderi7367@yahoo.com https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2025.367942.1601

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

محصولات مهم زراعی است (Anonymous, 2017). در استان سمنان گندم فاریاب با سطح زیر کشت ۲۲۰۶۰ هکتار و با دارا بودن ۳۴ درصد از سطح کل محصولات فاریاب استان جایگاه ویژه‌ای در بوم نظام‌های زراعی استان دارد (Anonymous, 2024). بنابراین، به منظور افزایش بهره‌وری آب، به‌ویژه برای گندم، استفاده از تکنولوژی‌های نوین آبیاری اهمیت بسزایی دارد. سامانه‌های آبیاری تحت فشار، یکی از نتایج پیشرفت‌های تکنولوژی، برای جلوگیری از هدررفت آب و افزایش راندمان آب کاربردی در بخش کشاورزی است. در این راستا، استفاده از روش آبیاری بارانی در مزارع گندم راهی برای استفادهٔ موثرتر از منابع آبی است. سامانهٔ آبیاری بارانی تاشو[1] که در این پژوهش استفاده شد نسبت به روش‌های رایج آبیاری بارانی نیاز به فشار کمتری دارد و در نتیجه مصرف انرژی در این روش پایین‌تر است، ضمن آنکه اجرای آن نسبت به دیگرروش‌های بارانی سرعت بالاتری نیز دارد (Naderi *et al*., 2018). به‌منظور توزیع یکنواخت آب، توصیه شده است لوله‌های بارانی تاشو عمود بر جهت شیارها نصب شوند تا اگر قطره‌های آب با گیاه برخورد کند، رواناب حاصل درون شیارها جاری شوند و تمام سطح مزرعه به طور یکسان آبیاری شود (Roodbarani *et al*., 2021). یکی از شاخص های پرکاربرد که برای ارزیابی مصرف بهینهٔ آب در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها به‌کار می‌رود، شاخص بهره‌وری آب است. این شاخص بنا به تعریف برابر است با مقدار محصول اقتصادی به ازای واحد حجم آب مصرفی. یکی از عوامل مهم موثر بر شاخص بهره‌وری آب برنامهٔ آبیاری است. برنامهٔ آبیاری شامل مقدار آب مورد نیاز محصول است که در دور آبیاری در اختیار آن قرار می‌گیرد (Abbasi *et al*., 2017). اعتقاد بر این است اگر در روش‌های نوین آبیاری آب مورد نیاز به صورت درست و مناسب استفاده شود، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، می‌توان با افزایش راندمان آبیاری در میزان آب مصرفی صرفه‌جویی و به تقویت سفره‌های آب زیرزمینی کمک کرد (Naderi *et al*., 2018). با استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری و برنامه‌ریزی درست آبیاری (مقدار و دور آبیاری)، استفادهٔ بهینه از منابع محدود آب میسر می‌گردد. مهتدی و همکاران (Mohtadi *et al*., 2017) بهره‌وری آب برای گندم را در برخی از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان بررسی و گزارش کردند بیشترین بهره‌وری‌ها مربوط به شبکه‌های آوان، گتوند و شادگان به ترتیب با ۱/۰۳، ۰/۹۸ و ۰/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب است. پایین‌ترین بهره‌وری مربوط به شبکهٔ رامشیر با متوسط بهره‌وری ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب گزارش شده است. این محققان نتیجه‌گیری کردند زمانی که حجم آب آبیاری از نیاز آبی گندم بیشتر شود عملکرد ثابت و در بعضی مواقع کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه باعث کاهش بهره‌وری می‌شود. صفرزاده و همکاران (Safarzadeh *et al*., 2021) اثر سه سامانهٔ آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای نواری را روی عملکرد و بهره‌وری آب گندم بررسی کردند و نشان دادند کمترین حجم آب کاربردی مربوط به سامانهٔ قطره‌ای نواری است، بهره‌وری آب در این روش تنها ۵ درصد کمتر است تا در روش آبیاری بارانی، و استفاده از سامانهٔ آبیاری بارانی ضمن ۴۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، نسبت به روش سطحی، بالاترین بهره‌وری آب را دارد. قدمی فیروزآبادی و همکاران (Ghadami Firouzabadi *et al*., 2017) با بررسی اثر سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای، بارانی و قطره‌ای بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم گزارش کردند آبیاری تیپ باعث افزایش ۱۳۲ و ۴۵ درصد در بهره‌وری مصرف آب نسبت به روش جویچه‌ای و بارانی شده است. این محققان می‌افزایند تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد معنی‌دار نیست ضمن آنکه استفاده از هر دو روش آبیاری بارانی و تیپ، به‌جای روش جویچه‌ای، برای تمامی ارقام گندم مورد استفاده دارای توجیه اقتصادی است و روش آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری تیپ از لحاظ اقتصادی برتری دارد.

[1] Rain Flat

در پژوهشی دیگر، اثر دو روش آبیاری نواری با انتهای بسته و شیاری و مقادیر مختلف ۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم هامون در زابل بررسی و نشان داده شد بهره‌وری آب در محدوده ۰/۹۵ و ۱/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب است. و تیمار ۷۵ درصد آبیاری در روش آبیاری نواری با بهره‌وری مصرف آب ۱/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب و عملکرد ۴۰۴۰ کیلوگرم در هکتار بهترین گزینه برای کم‌آبیاری در منطقه است (Keykhaei 2017 & Ganji Khorramdel,.

نخجوانی و همکاران (Nakhjavanimoghaddam *et al*., 2017) گزارش کردند که برای دستیابی به مقادیر بهینهٔ بهره‌وری آب آبیاری در منطقهٔ مشهد و در شرایط محدودیت منابع آب، اولویت کشت گندم با مزارعی است که با مدیریت کم‌آبیاری کنترل شده و با مصرف آب آبیاری به میزان ۳۰۰ میلی‌متر، بهره‌وری آب این گیاه در حدود ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب شود. با در نظر گرفتن میزان بارندگی موثر این منطقه، باید با به‌کارگیری کل آب کاربردی به اندازه ۴۲۰ میلی‌متر و با اعمال مدیریت کم‌آبیاری، بهره‌وری آب کاربردی گندم برابر ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب حاصل گردد. جلینی (Jolaini, 2013) اثر مقدار آب مصرفی و زمان قطع آب آبیاری را در روش آبیاری بارانی بر میزان عملکرد و بهره‌وری آب در ارقام مختلف گندم بررسی کرد. عملکرد گندم در سه سطح آبیاری ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب برابر با ۳۱۸۲، ۴۶۳۹ و ۴۷۴۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. عملکرد در دو تیمار ۸۵ و ۱۰۰ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بیشترین میزان بهره‌وری آب در تیمار ۸۵ درصد آب مصرفی به‌دست آمد. توصیه شده است در زمان مواجهه با کمبود آب، سطح ۸۵ درصد آب مصرفی و نیز قطع آب در مرحلهٔ ساقه رفتن و رقم الوند استفاده شود. دو روش عمدهٔ آبیاری تحت فشار در کشور، روش قطره‌ای نواری و بارانی هستند که هر یک مزایا و معایب مخصوص به خود را دارد. در روش آبیاری قطره‌ای نواری بهره‌وری آب افزایش می‌یابد، اما هزینهٔ سالانه خرید نوارهای آبیاری (تیپ) برای کشاورز سنگین خواهد بود. در روش بارانی، با وجود افزایش نسبی مصرف آب، هزینهٔ اولیه سالیانه آبیاری برای کشاورز به اندازه روش قطره‌ای نواری نخواهد بود. سامانهٔ آبیاری بارانی تاشو نیز دارای مزایایی است که امروزه کاربرد آن را بیشتر کرده است. هنگامی که نیاز به یک روش کاربردی و با دوام برای انتقال آب به مزارع وجود دارد، می‌توان نیازهای سامانهٔ آبیاری را با استفاده از لوله‌های بارانی تاشو به‌راحتی برطرف کرد. نصب سریع و آسان بدون نیاز به جوشکاری، جمع‌آوری آسان و سریع، امکان استفاده از همه نوع ماشین‌آلات کشاورزی اعم از دستگاه‌های کاشت، داشت و برداشت در مزرعه به‌دلیل سهولت جمع‌آوری و نصب مجدد، بی نیازی به نیروی متخصص و ابزار خاص برای نصب و جمع‌آوری، امکان استفاده برای آبیاری چندین مزرعه و نیز بهترین گزینه برای استفاده در مزارع استیجاری از مزایای سامانهٔ آبیاری بارانی تاشو هستند (Seyedi *et al*., 2024).

رودبارانی و همکاران (Roodbarani *et al*., 2021) عملکرد سامانهٔ آبیاری بارانی تاشو را با سامانه‌های آبیاری شیاری و تیپ بر مزرعهٔ لوبیا بررسی و مقایسه کردند و نشان دادند روش آبیاری بارانی تاشو، نسبت به روش آبیاری تیپ و شیاری، موجب افزایش در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب به میزان ۲۹/۵ درصد و ۲۷/۸ درصد شده است، اما این افزایش معنی‌دار نبود. بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری بارانی تاشو و تیپ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما اختلاف آن‌ها با سامانه شیاری معنی‌دار بود. با توجه به نسبت هزینه‌های اجرای هر یک از روش‌های آبیاری مشخص گردید که هزینهٔ سامانه آبیاری تیپ بیشتر از هزینهٔسامانهٔ آبیاری بارانی تاشو است. بنابراین، کشت لوبیا با استفاده از روش آبیاری بارانی تاشو به‌دلیل بهره‌وری اقتصادی مناسب‌تر، در مقایسه با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری سطحی شیاری، توصیه گردید. عابدین‌پور و اثنی‌عشری (Abedinpour & Athna Ashari, 2018) سامانهٔ آبیاری

بارانی تاشو را از نظر فنی ارزیابی کردند. به‌دلیل اینکه در این سامانه برای همپوشانی باید لوله‌ها به‌صورت موازی کنار هم قرار گیرند، ارزیابی برای فاصله‌های مختلف ۴، ۵ و ۶ متر و در فشار ۰/۷ بار (توصیه سازندگان) اجرا گردید. نتایج تحقیق نشان داد که معیارهای ضریب یکنواختی کریستیانسن[1] (CU)، یکنواختی توزیع آب[2] (DU)، راندمان واقعی در ربع پایین اراضی[3] (AELQ) و راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین[4] (PELQ) به‌ترتیب برابر ۵۷/۴، ۴۶/۳، ۴۰/۲ و ۵۴/۰ درصد برای فاصلهٔ ۶ متر و ۶۲/۲، ۵۴/۴، ۵۱/۲ و ۶۶/۵ درصد برای فاصلهٔ ۵ متر و ۷۸/۵، ۶۶/۷، ۷۱/۸ و ۸۳/۰ درصد برای فاصلهٔ ۴ متر به‌دست آمد. با توجه به نتایج شاخص‌های ارزیابی، مشاهده شد هنگامی که فاصلهٔ قرارگیری لوله‌ها بیش از ۴ متر باشد، شاخص‌های یکنواختی پخش آب از حد مطلوب و استاندارد تعیین شده برای سامانه‌های آبیاری بارانی، پایین‌تر است. بنابراین، برای افزایش یکنواختی توزیع و پخش آب در این سامانهٔ آبیاری، فاصلهٔ لوله‌ها به میزان ۴ متر در فشار ۰/۷ بار توصیه گردید. با توجه به مزایای سامانه جدید آبیاری بارانی تاشو، گزارش‌ها نشان می‌دهد این سامانه با شرایط اقلیمی کشور نیز سازگار است. به‌منظور توسعه، کاربرد و بومی‌سازی لازم است این سامانه از نظر پارامترهای اصلی آبیاری بررسی شود. مقالهٔ حاضر برگرفته از پژوهشی است که در آن دور آبیاری و مقدار آب کاربردی زراعت گندم در روش آبیاری بارانی تاشو بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای پروژه

این پژوهش در ایستگاه بسطام مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) در دو سال زراعی مطابق جدول (۱) به‌اجرا درآمد. عرض جغرافیایی ایستگاه ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقهٔ شمالی و طول آن ۵۴ درجه و ۵۸ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. بر پایهٔ آمار بلند مدت هواشناسی، میانگین حداقل، متوسط و حداکثر دمای سالانه به‌ترتیب ۸/۷، ۱۴/۷ و ۲۰/۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانهٔ بلندمدت در این منطقه ۱۵۲ میلی‌متر است. این ایستگاه در پهنه بندی اقلیمی جزو اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود.

کیفیت آب و خاک محل آزمایش

آب مورد استفاده از چاه‌های موجود تامین شده است. آب به لحاظ کاربرد در زراعت محدودیتی نداشته و کیفیت آن خوب است. نتایج آزمایش کیفیت آب در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- تاریخ‌های کاشت و برداشت در سال‌های انجام پژوهش

Table 1- Planting and harvesting dates in the years of research

	سال زراعی	
	۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۴۰۰-۱۳۹۹
تاریخ کاشت	۲۸ مهر	۳ آبان
تاریخ برداشت	۱۰ تیر	۱۳ تیر

[1] Uniformity Christiansen's Coefficient
[2] Distribution Uniformity
[3] Application Efficiency of Low Quarter
[4] Potential Efficiency of Low Quarter

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Chemical properties of irrigation water

هدایت الکتریکی (میکرو موس بر سانتی‌متر)	pH	کاتیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)			آنیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)			SAR
		سدیم	کلسیم و منیزیم	پتاسیم	کلر	سولفات	کربنات و بی کربنات	
۹۸۵	۸/۳	۶/۶۷	۴/۷۶	–	۵/۶۴	۰/۹۶	۳/۱۴	۴/۳۲

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مزرعه با نمونه‌برداری تعیین شد. پارامترهای مربوط شامل بافت خاک، ظرفیت زراعی، نقطهٔ پژمردگی، pH، هدایت الکتریکی (EC) و عناصر شیمیایی خاک شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تعیین گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۳) درج شده است.

روش اجرای پژوهش

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر دور آبیاری و مقادیر مختلف آب بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب گندم در روش آبیاری بارانی تاشو در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) به مدت دو سال به‌اجرا در آمد. این روش شامل لوله‌های بارانی انعطاف‌پذیری است که از پلی اتیلن تقویت شده همراه الیاف پلی استر ساخته شده‌اند. این لوله‌ها نیاز به آبپاش ندارند و فواره‌های آب از طریق سوراخ‌هایی که روی لوله تعبیه شده‌اند از آن خارج می‌شوند. برخلاف دیگر روش‌های آبیاری بارانی، نیاز به فشار بالا نیست و فشار کاری لوله‌ها در حد یک اتمسفر است. لوله‌های بارانی تاشو روی زمین یا پشته‌های ایجاد شده قرار می‌گیرند. لوله‌های بارانی تاشو به‌دلیل وزن کم به‌راحتی در سطح مزارع جابه‌جا می‌شوند و می‌توان در پایان فصل، آن‌ها را جمع‌آوری کرد (شکل ۱).

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 3- Physical and chemical properties of the soil

پارامترهای اندازه‌گیری شده	عمق خاک (سانتی‌متر)	
	۰ - ۳۰	۳۰-۶۰
۱- بافت خاک	لومی شنی	لومی شنی
الف- درصد شن	۵۳	۵۵
ب- درصد سیلت	۳۲	۳۳
ج- درصد رس	۱۵	۱۲
۲-وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۵۳	۱/۵۸
۳-رطوبت وزنی در حد ظرفیت مزرعه (درصد)	۱۹/۷	۱۸/۶
۴- رطوبت وزنی در نقطهٔ پژمردگی (درصد)	۹/۴	۹/۰
۵- اسیدیته خاک (pH)	۷/۹۰	۸/۰۸
۶- هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	۳/۹۹	۱/۶۸
۷- عناصر غذایی		
الف- پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	۳۸۰	۳۹۰
ب- فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۳/۵	۹/۵۸
ج- درصد کربن آلی	۰/۹۵	۰/۵۳
۸- درصد مواد خنثی شونده	۳۳/۴۹	۳۴/۰۲

شکل ۱- نوارهای آبیاری تاشو (سمت راست) و سامانه آبیاری بارانی تاشو در حال کار (سمت چپ)
Figure 1- Rain flat irrigation strips (right) and rain flat sprinkler irrigation system in operation (left)

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه دور آبیاری (۴، ۵ و ۶ روز) و کرت‌های فرعی شامل ۳ سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد) بودند. عرض هر کرت ۱۰ متر و طول آن ۸ متر بود. فاصلهٔ بین کرت‌ها دو متر در نظر گرفته شد. در هر کرت دو لوله آبیاری بارانی به فاصله ۴ متر از یکدیگر قرار گرفته بودند. برای همپوشانی مناسب و افزایش یکنواختی پخش آب در این سامانهٔ آبیاری، فاصلهٔ لوله‌ها به میزان ۴ متر توصیه گردیده است. در هر متر لوله، ۲۸ روزنه وجود دارد و آبدهی هر متر لوله آبیاری به‌طور متوسط ۱۸۰ لیتر در ساعت است. در سامانهٔ آبیاری بارانی تاشو در مزرعهٔ گندم، بعد از اینکه ارتفاع گندم به حداکثر خود رسید، آب پخش شده با گیاه برخورد می‌کند و در شیارهای موجود در زمین و در بین ردیف‌های کاشت جاری می شود و مشابه آبیاری سطحی و قطره‌ای آب در پای بوته‌ها قرار می‌گیرد و تمام سطح مزرعه به طور یکسان آبیاری می‌شود (Roodbarani *et al.*, 2021).

در مهر ماه، براساس آزمون خاک، کود فسفردار (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم دار (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پایه مصرف گردید و آماده‌سازی زمین صورت گرفت. بذر گندم رقم پیشگام با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام (ویتاواکس) به نسبت ۲ در هزار ضدعفونی و کاشته شد. میزان بذر مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد و برای کاشت در ردیف‌های به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از ردیف کار غلات استفاده شد.

کود نیتروژن‌دار (۳۸۰ کیلوگرم در هکتار) در پاییز و بهار به‌صورت سرک مصرف شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش توفوردی به میزان یک لیتر در هکتار (در ۴۰۰ لیتر آب) در مرحلهٔ پنجه‌زنی گندم استفاده شد. نیاز آبی کامل گیاه (۱۰۰ درصد نیاز آبی) به روش پنمن-مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی موجود در مرکز برآورد شد. راندمان آبیاری با توجه به کوچکی کرت‌ها و نو بودن سامانه، ۸۰ درصد در نظر گرفته شد (Zarei *et al.*, 2018). بر اساس نیاز آبی کامل محاسبات

صورت گرفت و نیاز آبی برای تیمارهای با سطوح آبی ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی محاسبه و از طریق کنتور حجمی در اختیار مزرعه قرار داده شد. برداشت نهایی از سطح ۴ مترمربع هر پلات دنبال گردید و عملکرد گندم در هر تیمار تعیین شد.

شاخص بهره‌وری آب با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید (Naderi & Ghadami Firouzabadi, 2022):

$$WP=\frac{Yield}{Irrigation} \quad (۱)$$

که در آن، WP بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب آب)، Yield عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و Irrigationمیزان آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) است.

$$WP=\frac{Yield}{Rain+Irrigation} \quad (۲)$$

که در آن، WP بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارندگی برای عملکرد (کیلوگرم بر مترمکعب آب)، Yield عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، Rain میزان بارندگی موثر (مترمکعب) و Irrigation میزان آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) است. برای محاسبهٔ بارندگی موثر از روش ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌های پژوهش نشان داد که اثر عوامل دور آبیاری و سطح آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب معنی‌دار است (جدول ۴).

عملکرد دانه گندم

با تجزیهٔ واریانس مرکب داده‌ها مشخص گردید عملکرد دانه به شدت (α=٪۱) تحت تاثیر دور آبیاری قرار دارد (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین‌ها و گروه‌بندی اثر دور آبیاری بر این صفت نشان داد تیمارهای دور آبیاری ۴ و ۵ روز به ترتیب با عملکرد دانه ۵۴۱۰/۶ و ۵۰۱۶/۱ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار دارند (جدول ۵). تیمار با دور آبیاری ۶ روز با میانگین عملکرد دانه ۳۴۸۶/۸ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری دیگر قرار گرفت. بنابراین، در خاک لومی شنی بیشترین دور آبیاری بدون کاهش عملکرد، ۵ روز است زیرا اگر این دور آبیاری به ۶ روز افزایش یابد عمکرد دانه ۳۰/۴۸ درصد کاهش می‌یابد. صنوبر و همکاران (Senobar *et al.*, 2011) در آزمایشی در خاک لومی رسی شنی، دورهای آبیاری ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ روز را بر ژنوتیپ‌های مختلف گندم بررسی و اعلام کردند دور آبیاری ۸ و ۱۰ روز بالاترین عملکرد دانه را دارا هستند.

تیمار درصد تامین آب آبیاری نیز اثر بسیار معنی‌داری (۱ درصد =α) بر عملکرد داشت (جدول ۴). تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد تامین نیاز آبیاری به ترتیب با متوسط عملکرد ۵۵۲۰/۷ و ۵۲۱۸/۴ کیلوگرم در هکتار با بیشترین عملکرد درگروه آماری برتر قرار گرفتند. تیمار ۶۰ درصد تامین نیاز آبی با متوسط عملکرد دانه ۳۱۷۴/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار عملکرد را دارا بود (جدول ۵). با توجه به نتایج این تحقیق تامین نیاز آبی را از ۱۰۰ به ۸۰ درصد می‌توان کاهش داد بدون آنکه در عملکرد کاهش معنی‌داری پدید آید. اگر کاهش میزان آب آبیاری از ۸۰ به ۶۰ درصد برسد عملکرد دانه ۳۹/۱۷ درصد کاهش خواهد یافت. کیخایی و گنجی‌خرم‌دل (Keykhaei & Ganji Khorramdel, 2017) سطح تامین آب به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی را در روش آبیاری نواری برای گندم توصیه کرده‌اند. حاجی آبادی و همکاران (Hajiabadi *et al.*, 2021) نیز گزارش کردند که با تامین آب کمتر از ۷۵ درصد نیاز آبی، عملکرد کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند.

عملکرد دانه به شدت (۱ درصد=α) تحت تاثیر تیمارهای دور آبیاری و سطح تامین آب آبیاری قرار گرفت (جدول ۴). عملکرد دانه تیمارهای آزمایشی در محدودهٔ ۲۵۱۸/۴ تا ۶۳۵۲/۴ کیلوگرم در هکتار نوسان داشت که نشان می‌دهد در صورت اعمال مدیریت نامطلوب آبیاری، عملکرد ۶۰/۳۵ درصد کاهش می‌یابد (جدول ۶). تیمارهای

دور ۴ روز با ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی، دور ۴ روز با ۸۰ درصد تامین نیاز آبی و دور ۵ روز با ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی به ترتیب با بالاترین عملکرد دانه به میزان ۶۳۵۲/۴، ۶۱۷۲/۵ و ۶۱۰۵/۵ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفتند. تیمار دور ۶ روز با ۶۰ درصد تامین نیاز آبی با عملکرد ۲۵۸۱/۴ کیلوگرم در هکتار با کمترین عملکرد در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت. دیگر تیمارها در گروه‌های دیگر آماری قرار گرفتند (جدول ۶). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد در یک دور ثابت آبیاری، میزان تامین آب موردنیاز را می‌توان ۲۰ درصد کاهش داد (تیمار ۸۰ درصد) بی‌آنکه کاهش محسوسی در عملکرد دانه به‌وجود آید. ولی با کاهش میزان آبیاری به ۶۰ درصد تامین نیاز آبی عملکرد به‌شدت کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد دانه در تیمار ۶۰ درصد تامین نیاز آبی، نسبت به تیمار ۸۰ درصد تامین نیاز آبی، در دورهای آبیاری ۴، ۵ و ۶ روز به ترتیب برابر ۳۹/۹۴، ۴۱/۵۸ و۳۴/۳۷ درصد محاسبه شد. باید دقت داشت با افزایش دور آبیاری و کاهش مقدار آب، شدت تنش خشکی افزایش می‌یابد. بهداد و همکاران (Behdad *et al.*, 2022) با فرا تحلیل تاثیر تنش خشکی بر صفات زراعی گندم کشور اعلام داشتند تنش خشکی تاثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد دانۀ گندم دارد. نتایج این تحقیق نیز با نتیجه‌گیری آنان همخوانی دارد.

جدول ٤- تجزیۀ واریانس مرکب عملکرد دانه و بهره‌وری آب

Table 4- Combined analysis of variance for yield and water productivity data

منبع تغییر	درجۀ آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)
سال(Y)	۱	۲۱۵۱۷۰۴/۰^{ns}	۰/۸۵۶۳^{ns}
تکرار × سال (Y×R)	۴	۳۰۲۲۵۵/۲۹	۰/۰۱۹۶
دور آبیاری (A)	۲	۱۸۵۸۵۹۴۸/۷۴**	۰/۶۵۸۵**
سال× دور آبیاری (Y×A)	۲	۲۸/۱۹^{ns}	۰/۰۰۵۲^{ns}
دور آبیاری × سال × تکرار (A×Y×R)	۸	۱۲۷۳۴/۵۹^{ns}	۰/۰۰۶۶^{ns}
سطح آبیاری (B)	۲	۲۹۳۲۵۱۹۹/۳۴**	۰/۰۶۷۹**
دور آبیاری× سطح آبیاری (A×B)	۴	۸۵۸۶۹۲/۴۸**	۰/۰۵۷۱**
سال× سطح آبیاری (Y×B)	۲	۱۲۲/۶۶**	۰/۰۰۷۹^{ns}
سال× دور آبیاری× سطح آبیاری (Y×A×B)	۴	۱۸۴/۷۴^{ns}	۰/۰۰۲۷^{ns}
خطا	۲۴	۱۸۵۶۱/۴	۰/۰۰۴۳

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهندۀ نداشتن تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

بهره‌وری آب

تجزیۀ واریانس مرکب داده‌ها نشان می‌دهد دور آبیاری به شدت (۱ درصد=α) بهره‌وری آب را تحت تاثیر قرار داده است (جدول ۴). مقایسۀ میانگین‌ها و گروه‌بندی اثر دور آبیاری بر این صفت نشان می‌دهد (جدول ۵) تیمارهای آبیاری با دور ۴ و ۵ روز به‌ترتیب با بهره‌وری آب ۱/۱۶۹ و ۱/۰۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب در گروه آماری برتر قرار دارند. شایان ذکر است این دو تیمار بالاترین عملکرد را نیز دارا بودند. در روش آبیاری بارانی تاشو، بعد از آنکه ارتفاع گندم به مراحل نهایی خود رسید، آب آبیاری به‌دلیل برخورد با گیاه به‌صورت پاشش در هوا نیست، بلکه در بین ردیف‌های کاشت جاری می‌شود؛ از این رو تعداد دفعات آبیاری بیشتر، باعث افزایش تلفات تبخیر و بادبردگی نمی‌شود.

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه و بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف

Table 5- Comparison of the average grain yield and water productivity in different treatments

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب آب)	بهره‌وری آب آبیاری و بارندگی (کیلوگرم بر متر مکعب آب)
دور آبیاری:			
۴	۵۴۱۰/۶^{a}	۱/۱۶۹ ^{a}	۰/۹۷۰ ^{a}
۵	۵۰۱۶/۱^{a}	۱/۰۷۷ ^{a}	۰/۸۹۵ ^{a}
۶	۳۴۸۶/۸^{b}	۰/۷۵۸ ^{b}	۰/۶۲۷ ^{b}
سطح تامین آب آبیاری:			
۱۰۰	۵۵۲۰/۷^{a}	۰/۹۵۶ ^{b}	۰/۸۲۵ ^{b}
۸۰	۵۲۱۸/۴^{a}	۱/۱۳۰ ^{a}	۰/۹۴۳ ^{a}
۶۰	۳۱۷۴/۳^{b}	۰/۹۱۸ ^{b}	۰/۷۲۵ ^{b}

جدول ٦- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل دور و سطح تامین آب آبیاری بر عملکرد دانهٔ گندم (کیلوگرم در هکتار)

Table 6- Comparison of the average interaction effect of irrigation interval and water supply level on wheat grain yield (kg/ha)

دور آبیاری (روز)	سطح تامین آب آبیاری (درصد)		
	۱۰۰	۸۰	۶۰
۴	۶۳۵۲/۴ ^{a}	۶۱۷۲/۵^{a}	۳۷۰۶/۸^{d}
۵	۶۱۰۵/۵^{a}	۵۶۴۵/۰^{b}	۳۲۹۷/۷^{e}
۶	۴۱۰۴/۲^{c}	۳۸۳۷/۷^{cd}	۲۵۱۸/۴^{f}

تیمار با دور آبیاری ۶ روز با میانگین بهره‌وری آب ۰/۷۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب در گروه آماری دیگر قرار گرفت. بنابراین، با دور آبیاری ۶ روز بهره‌وری آب کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. با افزایش دور آبیاری و کاهش رطوبت خاک، تولید مواد فتوسنتزی در گیاه کاهش می‌یابد. کاهش فتوسنتز نیز باعث کم شدن فشار هیدرواستاتیکی و سرعت انتقال مواد در گیاه می‌شود و مجموع این عوامل باعث افت معنی‌دار عملکرد می‌شود و این مسئله بهره‌وری مصرف آب را کاهش می‌دهد (Senobar *et al.*, 2011).

نتایج تحقیق نشان داد تیمار سطح تامین آب آبیاری، تاثیر بسیار معنی‌داری (۱ درصد =α) بر بهره‌وری آب دارد(جدول ۵). تیمار ۸۰ درصد سطح تامین نیاز آب آبیاری با متوسط بهره‌وری آب ۱/۱۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب آب دارای بیشترین مقدار بهره‌وری آب است و در گروه آماری برتر قرار گرفت. تیمارهای ۱۰۰ و ۶۰ درصد تامین نیاز آبی به ترتیب با متوسط بهره‌وری آب ۰/۹۵۶ و ۰/۹۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب در گروه بعدی قرار گرفتند (جدول ۵). با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان با تامین ۸۰ درصد نیاز آبی بی‌آنکه در عملکرد کاهش معنی‌داری پدید آید به بالاترین مقدار بهره‌وری آب رسید که با نتایج جلینی (Jolaini, 2013) در یک راستاست. تنش‌های شدید کمبود آب، در مقایسه با تنش‌های ملایم، باعث کاهش انتقال مجدد

مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) می‌شود و در نتیجه اندازه و وزن دانه‌های گندم کاهش می‌یابد و عملکرد به‌طور معنی‌داری افت می‌کند. با توجه به همبستگی بالایی که بین مقدار عملکرد و بهره‌وری آب وجود دارد، بهره‌وری آب نیز دچار افت خواهد شد (Shamohammadi & Mazaheri, 2007). حاجی آبادی و همکاران (Hajiabadi *et al.*, 2021) نتیجه گرفتند اگر تامین آب کمتر از ۷۵ درصد نیاز آبی باشد، بهره‌وری آب کاهش می‌یابد.

بر اساس نتایج تجزیهٔ مرکب دو ساله صفات مورد بررسی در این آزمایش، اثر متقابل دور آبیاری و سطح تامین آب آبیاری روی میزان بهره‌وری آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). با توجه به این نتایج، مقایسهٔ میانگین بین تیمارها در ادامه بررسی می‌گردد. در جدول ۷ نتایج مقایسهٔ میانگین مرکب دو سالهٔ اثر متقابل روش و سطح آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری و بارندگی ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین بهره‌وری آب آبیاری با میانگین ۱/۳۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب مربوط به تیمار دور ۴ روز با ۸۰ درصد تامین نیاز آبی بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. پس از آن تیمار دور ۵ روز با ۸۰ درصد تامین نیاز آبی با بهره‌وری آب به میزان ۱/۲۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب دارای بیشترین مقدار بهره‌وری آب است. کمترین میزان بهره‌وری آب آبیاری به مقدار ۰/۷۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب مربوط به تیمار دور ۶ روز با ۱۰۰ درصد سطح تامین نیاز آبی است. دیگر تیمارها در گروه‌های دیگر آماری قرار گرفتند (جدول ۷).

دهقانی سانیج و همکاران (Dehghani Sanij *et al.*, 2008) نتیجه گرفتند هنگام آبیاری کامل (شرایط بدون تنش) کارایی مصرف آب گندم از ۰/۴ تا ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است و در زمان کم‌آبیاری حداکثر کارایی مصرف آب گندم را ۱/۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب گزارش دادند. محققان گزارش کرده‌اند که تنش‌های شدید خشکی از طریق تسریع پیری برگ و کاهش دورهٔ پر شدن دانه، از وزن دانه می‌کاهد و این مسئله افت شدید عملکرد و بهره‌وری آب را در پی دارد (Senobar *et al.*, 2011) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. افزایش تعداد آبیاری‌ها در مراحل پایانی رشد گندم (اوایل بهار)، مخصوصاً آبیاری‌های کم حجم با دور آبیاری کوتاه، روش موثری در افزایش طول پر شدن دانه و در نتیجه بهبود عملکرد و بهره‌وری آب گندم معرفی شده است (Rahimi *et al.*, 2019).

جدول۷- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل دور و سطح تامین آب آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری+ بارندگی (کیلوگرم بر متر مکعب آب)

Table 7 - Comparison of the average interaction effect of irrigation interval and water supply level on irrigation water productivity and irrigation water + rainfall productivity (kg/m^3)

دور آبیاری (روز)	بهره‌وری آب آبیاری			بهره‌وری آب آبیاری و بارندگی		
	سطح آبیاری (درصد)			سطح آبیاری (درصد)		
	۱۰۰	۸۰	۶۰	۱۰۰	۸۰	۶۰
۴	۱/۱۰۰ ^{c}	۱/۳۳۶^{a}	۱/۰۷۱^{c}	۰/۹۴۹ ^{b}	۱/۱۱۵^{a}	۰/۸۴۷^{b}
۵	۱/۰۵۷^{c}	۱/۲۲۲^{b}	۰/۹۵۳^{d}	۰/۹۱۲^{b}	۱/۰۲۰^{b}	۰/۷۵۳^{c}
۶	۰/۷۱۲^{f}	۰/۸۳۲^{e}	۰/۷۲۹^{f}	۰/۶۱۳^{d}	۰/۶۹۳^{c}	۰/۵۷۵^{d}

نتیجه گیری

مقایسهٔ میانگین‌ها و گروه‌بندی اثر دور آبیاری طی دو سال در خاکی با بافت لومی شنی بر عملکرد دانه نشان داد، تیمارهای دور آبیاری ۴ و ۵ روز به‌ترتیب با عملکرد دانه ۵۴۱۰/۶ و ۵۰۱۶/۱ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار دارند. تیمار با دور آبیاری ۶ روز با میانگین عملکرد دانه ۳۴۸۶/۸ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری دیگر قرار گرفت. بنابراین، با افزایش دور آبیاری به ۶ روز عملکرد کاهش معنی‌داری پیدا کرد. تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد تامین نیاز آبیاری به ترتیب با متوسط عملکرد ۵۵۲۰/۷ و ۵۲۱۸/۴ کیلوگرم در هکتار با بیشترین عملکرد در گروه آماری برتر قرار گرفتند. تیمار ۶۰ درصد تامین نیاز آبی با متوسط عملکرد دانه ۳۱۷۴/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار عملکرد را دارا بود. بنابراین، نیاز آبی را از ۱۰۰ به ۸۰ درصد می‌توان کاهش داد بی‌آنکه در عملکرد کاهش معنی‌داری پدید آید. با این همه، اگر کاهش میزان آب آبیاری از ۸۰ به ۶۰ درصد برسد عملکرد دانه ۳۹/۱۷ درصد کاهش خواهد یافت.

نتایج اثر مشترک دور و سطح تامین آب آبیاری بر عملکرد دانهٔ گندم نشان داد، تیمارهای دور ۴ روز با ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی، دور ۴ روز با ۸۰ درصد تامین نیاز آبی و دور ۵ روز با ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی به‌ترتیب با بالاترین عملکرد دانه به میزان ۶۳۵۲/۴، ۶۱۷۲/۵ و ۶۱۰۵/۵ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار دارند. ولی تیمار دور ۴ روز با ۸۰ درصد تامین نیاز با میانگین بهره‌وری آب آبیاری ۱/۳۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری آب آبیاری را در بین تیمارهای آزمایشی دارا بود. بنابراین، در روش آبیاری بارانی تاشو، تیمار با دور آبیاری ۴ روز می‌توان درصد تامین نیاز آبی را تا ۲۰ درصد کاهش داد.

مراجع

Abbasi, F., Sohrab, F. & Abbasi, N. (2017). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 17(67): 113-120. (in Persian)

Abedinpour, M. & Athna Ashari, M. (2018). Technical evaluation and determination of optimal lateral spacing in the P-Flex sprinkler irrigation system. *In sixth Scientific Research Conference on Water and Soil Resources Management*. Mar. 6. Iranian Irrigation and Water Engineering Association. Kerman. Iran. (in Persian)

Anonymous. (2017). Report on Semnan province agricultural water productivity, Semnan province agriculture-jahad organization. (in Persian)

Anonymous. (2024). Statistics of the agricultural year 2022-2023. Volume one crops, Office of Statistics and information technology of the deputy minister of planning and economy of agriculture-jahad ministry. (in Persian)

Behdad, M., Paknejad, F., Mahdavi Damghani, A., Vazan, S. & Moarrefi, M. (2022). Effects of drought stress on agronomical traits of wheat *(Triticum aestivum L.)*: A meta-analysis. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 15(1): 53-65. (in Persian)

Dehghani Sanij, H., Nakhjavani Moghadam, M.M. & Akbari, M. (2008). Study the water use efficiency based on regional relative advantages and deficit irrigation. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 2(1): 77-91. (in Persian)

Ghadami Firouzabadi, A., Chaychi, M. & Seyedan, S.M. (2017). Effects of different irrigation systems on yield, some agronomic traits, and water productivity of different wheat genotypes and their economic assessment in Hamedan. *Journal of Water Research in Agriculture*. 31(2): 139-149. (in Persian)

Hajiabadi, F., Hassanpour, F., Yaghoobzadeh, M., Hammami, H. & Seyyedi, S.M. (2021). The effect of deficit irrigation and saline water treatments on growth and yield responses of Sirvan bread wheat cultivar. *Journal of Crop Production and Processing*. 11(2): 51-63. (in Persian)

Jolaini, M. (2013). Wheat deficit irrigation by water depletion and length of sprinkler irrigation . *Journal of Agricultural Engineering Research*. 14(1): 1-12. (in Persian)

Keykhaei, F. & Ganji Khorramdel, N. (2017). Effect of Deficit Irrigation in Corrugation and Border Methods on Yield and Water Use Efficiency of Wheat cv. Hamoon. *Journal of Water Research in Agriculture*. 3(2): 139-149. (in Persian)

Mohtadi, M., Albaji, M. & Broomand nasab, S. (2017). Investigation of Water Productivity of Wheat in Some Irrigation and Drainage Networks of Khuzestan. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. 40(1): 239-248. (in Persian)

Naderi, N. & Ghadami Firouzabadi, A. (2022). Irrigation Efficiency, Water Requirement and Water Productivity in Surface Irrigation Method in Apricot and Grape Gardens. *Journal of Irrigation and Water Engineering*. 12(4): 125-140. (in Persian)

Naderi, N., Ghadami Firouzabadi, A. & Froumadi, M. (2018). Technical Evaluation of Different Sprinkler Irrigation Systems in Field Condition. *Journal of Water Research in Agriculture*. 32(3): 429-439. (in Persian)

Nakhjavani Moghaddam, M.M., Ghahraman, B. & Zarei, G. (2017). Wheat Water Productivity Analysis under Different Irrigation Management Practices in Some Regions of Iran. *Journal of Water Research in Agriculture*. 31(1): 43-57. (in Persian)

Naseri, A., Abbasi, F. & Akbari, M. (2017). Estimating agricultural water consumption by analyzing water balance. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 18(68): 17-32. (in Persian)

Rahimi, Z., Hosseinpanahi, F. & Siosemardeh, A. (2019). Evaluation of yield, radiation and water use efficiency of drought resistant and susceptible wheat cultivars under different irrigation levels. *Plant Production and Genetics*. 2(1): 19-34. (in Persian)

Roodbarani, J., Mozaffari, J. & Mohseni Movahed, S.A. (2021). Comparison of bean yield in Furrow, Tape and Rain flat irrigation systems. *Journal of Water and Soil Conservation*. 28(2): 195-210. (in Persian)

Safarzadeh, S., Saremi, M., Farshid, A. & Sharifi, H.R. (2021). Investigation yield, yield components and water efficiency of wheat in three systems: surface, sprinkler and strip drip irrigation. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 15(1): 87-97. (in Persian)

Senobar, A., Tabatabayi, S.A. & Dehghani, F. (2011). Effect of irrigation intervals on grain yield, yield components and harvest index of bread wheat cultivars in Yazd region. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 3(2): 95-104. (in Persian)

Seyedi, S.M., Goodarzi, M., Ashtari, S., Hatamabadi Farahani, M. & Sarlak, A. (2024). The effect of four irrigation methods on the damage of weeds, two-spotted spider mite (Tetranychus urticae koch) and bacterial blight disease in chitti bean (Phaseolus vulgaris L.). *Iranian Journal of Pulses Research*. 15(1): 113-127. (in Persian)

Shamohammadi, N. & Mazaheri, D. (2007). A comparison of wheat *(Triticum aestivum L.)* irrigated at different levels of irrigation in Firoozabad region of Fars province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences (Agronomy and Crop Biotechnology)*. 38(2): 259-266. (in Persian)

Tari, A.F. (2016). The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Journal of Agricultural Water Management*. 167: 1–10. (in Persian)

Zarei, G., Salemi, H.R. & Sharifi, H.R. (2018). Optimal nitrogen fertilizer consumption under sprinkler irrigation system in different seeding density and wheat cultivars in Karaj. *Journal of water and soil resources conservation*. 8(1): 89-103. (in Persian)

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.25/No.97/ Winter /2024/P: 1-14

Original Research

Investigating the effect of water use management on wheat yield and water productivity using the rain flat sprinkler irrigation method

N. Naderi*, A. Mohammadi

***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Semnan (Shahrood), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran.
Received: 9 December 2024, **Accepted:** 17 January 2025
Email: Naderi7367@yahoo.com
https://doi.org/ 10.22092/idser.2025.367942.1601

Introduction

Food security and increasing self-reliance in basic crops are important pillars of the country's economic development plans. One of the most important challenges the self- sufficiency in wheat production is faced with is the low water productivity. An effective and practical solution is to use water optimally and save the water. Pressure irrigation increases water efficiency by preventing water waste. The advantages of irrigation with the Rain flat system include reduced initial annual irrigation costs (compared to the drip tape irrigation method), quick and easy installation without the need for welding, easy and quick assembly and reinstallation, no need for specialized personnel and special tools for installation and assembly, and the ability to use it to irrigate multiple fields. The water productivity index is used to evaluate optimal water consumption in analyses and decision-making. This index is affected by the irrigation schedule. If the crop water requirement is used correctly and appropriately in modern irrigation methods, in addition to reducing costs, it is possible to save water consumption by increasing irrigation efficiency and help strengthen groundwater resources. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of irrigation intervals and different levels of water supply in the rain flat sprinkler irrigation method on wheat yield and water productivity.

Methodology

This study was conducted in order to investigate the effect of irrigation interval and water supply level on yield and water productivity of wheat in 2019 to 2021 in the form of split plots experiment based on randomized complete blocks design in three replications. The experiment was carried out in agriculture research and education center of Semnan (Shahrud). The soil texture was sandy loam. The main plots included 3 irrigation intervals (4, 5 and 6 days in between) and the sub-plots included three levels of irrigation (100, 80 and 60% of water supply). Sprinkler irrigation pipes (laterals) were placed at 4-meter intervals between crop rows. The net irrigation water requirement was calculated using the Penman-Monteith method and the amount of water consumption, wheat yield, and water productivity were determined and the best treatment was identified.

Results and Discussion

Irrigation interval treatments of 4 and 5 days, with grain yield of 5410.6 and 5016.1 kg/ha and water productivity of 1.169 and 1.077 kg/m^3 were in the superior statistical group. The treatments of 100 and 80 percent irrigation requirement with average yields of 5520.7 and 5218.4 kg/ha had the highest yield, and the treatment of 80 percent irrigation requirement with water productivity of 1.130 kg/m^3 had the highest water productivity. The interaction effect of experimental treatments was effective on the studied traits. Thus, the treatments of 4-day irrigation interval with 100% and 80% water requirement and 5-day irrigation interval with 100% water requirement were superior with grain yields of 6352.4, 6172.5, and 6105.5 kg/ha, respectively. The 4-day irrigation interval with 80% water requirement had the highest water productivity of 1.336 kg/m^3.

Conclusions

The results showed that in the rain flat irrigation method, increasing the irrigation interval to 6 days, compared to the irrigation interval of 4 and 5 days, reduced the yield by 35.55 percent and 30.48 percent and the water productivity by 35.55 and 29.61 percent. Because the irrigation interval treatments of 4 and 5 days were in the superior statistical group in terms of yield and water productivity, the best irrigation interval is 5 days. By reducing the percentage of irrigation water supply to 60 percent of the water requirement, compared to 80 and 100% of the water requirement, yield decreased by 39.17 and 42.50%, respectively. However, in terms of water productivity, the treatment of 80% irrigation requirement with an average water productivity of 1.130 kg/m3 had the highest water productivity and was placed in the superior statistical group. Although the treatment with a 4-day irrigation interval with 80% water requirement did not have a statistically significant difference in yield, compared to the 4- and 5-day irrigation intervals with 100% water requirement, but it had the highest water productivity among the irrigation treatments. Therefore, with the rain flat irrigation method, the percentage of water requirement can be reduced by 20 percent in the 4-day irrigation interval.

Keywords: Irrigation interval, Rain flat, Water amount, Yield

https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2025.367942.1601 **Email:** Naderi7367@yahoo.com **نگارنده مسئول:**

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).