Publisher: Agricultural Research, Education and Extension Organization

Journal of Water Research in Agriculture

https://wra.areeo.ac.ir/

Investigation of the Impact of Different Irrigation and Cultivation Methods on Rice Yield and Water Use Efficiency

M. Abedinpour*, A.R. Kiani , and M.H. Razzaghi

Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Gorgan, Iran. **abedinpour_meysam@yahoo.com**

Research Prof., Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Gorgan, Iran. **akiani71@yahoo.com**

Researcher, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Gorgan, Iran. **razzaghi_mh@yahoo.com**

Article Info

Research Article

Received: September 14, 2025

Accepted: March 16, 2026

Keywords: Rice irrigation systems, Applied water, Water efficiency, Rice direct planting

Corresponding author's email: abedinpour_meysam@yahoo.com

Abstract

This research was conducted with the aim of investigating the impact of drip tape irrigation and furrow irrigation systems under two planting methods, transplanting and direct seeding, on grain yield, biomass, thousand-grain weight, and water productivity in direct-seeded rice cultivation for Fajr variety. The experiment was carried out as a split-plot within a randomized complete block design with three replications over two years (2022-2024) at the Gorgan Agricultural Research Station. The experimental treatments included two irrigation methods (drip tape and furrow) and two planting methods (transplanted and seeded). The results indicated that the main effects of irrigation type and cultivation method on traits such as grain yield, biomass, thousand-grain weight, and water use productivity were significant at the 1% level. The highest grain yield (4390 kg/ha) was obtained in the transplanting with drip tape irrigation, and the lowest was in the direct seeding with furrow irrigation (2480 kg/ha). The highest biomass was in the transplanting with drip tape (10280 kg/ha), and the lowest was in the direct seeding with furrow (7145 kg/ha). The highest thousand-grain weight was obtained in the transplanting with drip tape, averaging 21.2 gr, and the lowest was in the direct seeding with furrow (17.5 gr). The highest water use productivity was achieved in the transplanting with drip tape with a value of 0.58 kg/m^3, and the lowest was in the direct seeding with furrow irrigation (0.26 kg/m^3). The highest and lowest applied water were 9160 and 7620 m^3 /ha in the furrow irrigation-direct seeding and drip tape irrigation-transplanting treatments, respectively, resulting in 20% water savings. Overall, the use of drip tape irrigation in transplanting can increase the physical productivity of rice by reducing water consumption and providing a suitable yield.

Cite this article:. Abedinpour, M., Kiani, A.R. and Razzaghi, M.H., 2025. Investigation of the Impact of Different Irrigation and Cultivation Methods on Rice Yield and Water Use Efficiency. ***Journal of Water Research in Agriculture,*** **39 (4), pp.359-371.**

DOI: https://doi.org/10.22092/jwra.2026.370666.1094

صاحب امتیاز: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه پژوهش آب در کشاورزی

https://wra.areeo.ac.ir

بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و کاشت بر عملکرد و کارآیی مصرف آب برنج

میثم عابدین پور* ، علیرضا کیانی و محمدحسین رزاقی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. **abedinpour_meysam@yahoo.com**

استاد پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. **akiani71@yahoo.com**

محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. **razzaghi_mh@yahoo.com**

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۴/۶/۲۳

پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

واژه‌های کلیدی: سامانه‌های آبیاری برنج، آب کاربردی، بهره‌وری آب، کشت مستقیم برنج

آدرس ایمیل نویسنده مسئول:
abedinpour_meysam@yahoo.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و جوی و پشته در دو روش کشت نشایی و بذری بر عملکرد دانه، زیست‌توده، وزن هزار دانه و بهره‌وری آب در کشت مستقیم برنج رقم فجر انجام شد. پژوهش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل دو روش آبیاری (قطره‌ای نواری و جوی و پشته) و دو روش کشت مستقیم (نشایی و بذری) بود. نتایج نشان داد که اثرات اصلی نوع آبیاری و روش کشت بر صفاتی نظیر عملکرد دانه، زیست‌توده، وزن هزار دانه و بهره‌وری مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس میانگین داده‌های دو سال پژوهش، بیشترین عملکرد دانه در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری به میزان ۴۳۹۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در کشت بذری با آبیاری جوی و پشته به میزان ۲۴۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین زیست‌توده در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری با میانگین ۱۰۲۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در کشت بذری با آبیاری جوی و پشته با میانگین ۷۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری با میانگین ۲۱/۲ گرم و کمترین آن در کشت بذری با آبیاری جوی و پشته با میانگین ۱۷/۵ گرم به دست آمد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری با مقدار ۵۸/۰ و کمترین آن در کشت بذری با آبیاری جوی و پشته با مقدار ۰/۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. بیشترین و کمترین مقادیر آب کاربردی به میزان ۹۱۶۰ و ۷۶۲۰ متر مکعب در هکتار در تیمارهای آبیاری جوی و پشته -بذری و قطره‌ای نواری- نشایی با صرفه جویی ۲۰ در صد آب حاصل شد. در مجموع، استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری در کشت نشایی می‌تواند با کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد، بهره‌وری فیزیکی برنج را بهبود دهد.

استناد: عابدین‌پور، میثم، کیانی، علیرضا، و رزاقی، محمدحسین، ۱۴۰۴. بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و کاشت بر عملکرد و کارآیی مصرف آب برنج. *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۹ (۴)، صص. ۳۵۹-۳۷۱.

DOI: https://doi.org/10.22092/jwra.2026.370666.1094

مقدمه

در کشور ما شیوه مرسوم کشت برنج به‌صورت کشت نشاء در خزانه و انتقال به زمین غرقاب (گلخرابی) انجام می‌گیرد که علاوه بر مصرف آب فراوان و نیاز به نیروی کارگری زیاد، باعث ایجاد لایه سخت (هاردپن) در عمق خاک می‌گردد. در نتیجه این شرایط منجر به کاهش نفوذپذیری و تخریب ساختمان خاک شده و گازهای گلخانه‌ای را افزایش می‌دهد. در استان گلستان، گرچه از زمان‌های قدیم کشت برنج در اراضی نسق رواج داشته است، لیکن در حال حاضر گسترش کشت آن با استفاده از منابع آب زیرزمینی به ۶۴ هزار هکتار رسیده است. این در حالی است که این استان از نظر منابع آب جزو استان‌های در معرض خشکی طبقه‌بندی گردیده است. از این رو کشت برنج به روش مرسوم با توجه به شرایط حاضر (کمبود بارش‌ها، افزایش دما و تبخیر و افت سطح آب زیرزمینی) فشار زیادی بر منابع آب استان وارد می‌سازد. از این رو، تغییر کشت مرسوم برنج به شیوه بهینه کشت مستقیم به همراه روش مناسب و بهینه آبیاری می‌تواند از دو منبع اصلی تولید یعنی آب‌وخاک حفاظت نموده و موجب تولید پایدار گردد. کاشت مستقیم یا خشکه‌کاری برنج، شیوه‌ای از کاشت است که بجای انتقال و کاشت نشاء برنج از خزانه در محیط غرقاب، مستقیماً بذر برنج در بستر کشت که می‌تواند خشک، مرطوب یا اشباع از رطوبت باشد قرار می‌گیرد (عرب زاده، ۱۳۹۳).

تحقیقات زیادی در زمینه کاشت برنج به شیوه بذر مستقیم در دنیا و ایران انجام شده است (عرب زاده و توکلی، ۱۳۸۸). به‌عنوان نمونه، گزارش لیو و همکاران (۲۰۱۶) در چین نشان دادند که روش خشکه‌کاری مصرف آب را در مقایسه با کشت سنتی ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش داد. علاوه بر این، خشکه‌کاری کاهش هزینه‌های کارگری و فرسایش خاک را نیز به همراه داشت. در این زمینه، پژوهشی به‌منظور بررسی فنی و اقتصادی تغییر شیوه کاشت برنج از نشایی (مرسوم) به خشکه‌کاری در مزارع کشاورزان استان گلستان اجرا شد. در این پژوهش تعداد ۱۷ مزرعه تحت کشت برنج به شیوه‌های مرسوم (سنتی) و خشکه‌کاری در نقاط مختلف استان در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که میزان آب مصرفی در خشکه‌کاری بذر با سامانه آبیاری بارانی از ۵۷۰۰ تا ۱۴۱۰۰ و در روش نشایی از ۸۵۰۰ تا ۱۵۲۰۰ متر مکعب در هکتار بود. بهره‌وری فیزیکی آب مزارع خشکه‌کاری در رقم فجر ۵۰ درصد و در رقم طارم بینام ۴۰ درصد بیشتر از بهره‌وری آب مزارع نشایی سنتی این ارقام بود. نتیجه نهایی این پژوهش نشان داد خشکه‌کاری برنج نسبت به کشت مرسوم آن می‌تواند موجب کاهش مصرف نهاده‌ها و هزینه‌های تولید شود. در شیوه کشت مستقیم برنج نسبت به روش مرسوم، عملکرد کمتر می‌شود، اما با مدیریت صحیح سودآوری می‌تواند بیشتر گردد. رهیافت ترویجی این پژوهش بیان نتایج این پژوهش در سطح مزارع کشاورزان دو شهرستان استان کاهش ۱۹ درصدی میانگین مصرف آب، کاهش حدود ۳۰ درصدی هزینه تولید، کاهش مصرف نهاده‌ها به‌ویژه نیروی کار، بذر و کودهای شیمیایی و افزایش چهار درصدی درآمد خالص کشاورزان در شیوه خشکه‌کاری نسبت به شیوه مرسوم است، اگرچه عملکرد در شیوه خشکه‌کاری برنج نسبت به روش مرسوم کمتر گردید (رزاقی و همکاران، ۱۳۹۹).

در تحقیقی دیگر، تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی بر عملکرد برنج و بهره‌وری آب در دو روش کشت نشائی و کشت مستقیم بذر در گرگان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر آبیاری و روش کاشت بر عملکرد شلتوک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد برنج در کشت نشایی در روش آبیاری غرقابی (سنتی) با میانگین ۸۱۷۷ کیلوگرم در هکتار و قطره‌ای نواری ۶۸۳۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در کشت مستقیم بذر سامانه آبیاری قطره‌ای نواری کمترین مقدار مصرف آب (۶۸۴۰ متر مکعب در هکتار) و در سامانه‌های آبیاری غرقابی و بارانی به ترتیب (۱۱۶۹۳ و ۹۲۰۰ متر مکعب در هکتار) مصرف آب بود. همچنین بالاترین مقدار بهره‌وری مصرف آب در کشت مستقیم بذر

در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب) و در کشت نشایی تحت آبیاری سنتی و قطره‌ای (به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۶۶ کیلوگرم بر متر مکعب) به دست آمد. در مجموع، در این تحقیق، سامانه آبیاری قطره‌ای نواری ضمن کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج در کشت مستقیم را داشته است (کریمی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۹).

استان گلستان، با وجود موقعیت جغرافیایی ممتاز در حاشیه دریای خزر، در سال‌های اخیر با تنش آبی بی‌سابقه‌ای مواجه شده است. بر اساس گزارش شرکت آب منطقه‌ای گلستان (۱۴۰۲)، سطح آب‌های زیرزمینی این استان سالانه به‌طور متوسط ۱/۲ متر کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در برخی دشت‌های جنوبی گنبد، این افت به سه متر در سال می‌رسد. این در حالی است که بخش کشاورزی، محور اصلی اقتصاد استان، حدود ۸۵ درصد از منابع آب را مصرف می‌کند و کشت سنتی برنج (غرقابی) با مصرف ۱۲۵۰۰ تا ۱۵۲۰۰ متر مکعب در هکتار، سهم عمده‌ای در این بحران دارد (رزاقی و همکاران ۱۳۹۹). در چنین شرایطی، خشکه‌کاری برنج به‌عنوان یک راهبرد نوین، نه تنها مصرف آب را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند با حفظ عملکرد محصول، امنیت غذایی استان را در بلندمدت تضمین می‌کند (کیانی و همکاران، ۱۳۹۹). رشد روزافزون کشت برنج در استان گلستان به دلیل توجیه اقتصادی کوتاه‌مدت آن برای بهره‌برداران، یکی از مشکلات اساسی بخش کشاورزی استان طی سال‌های اخیر است. درآمد مناسب این محصول نسبت به گیاهان دیگر از یک طرف و مالکیت خصوصی منابع آب‌های زیرزمینی از طرف دیگر، عوامل اصلی ترغیب کشاورزان به کشت این گیاه پرمصرف آب است. در چند دهه گذشته سیاست‌گذاران بخش کشاورزی درصدد محدودسازی و ممنوعیت کشت برنج در کشور به‌جز استان‌های گیلان و مازندران بودند. مبنای تحلیل کارشناسی که منجر به اتخاذ تصمیم اشاره شده بود، مصرف زیاد آب، کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و ناپایداری منابع آب در درازمدت بود. راهبرد تدوین‌شده به دلیل تأمین نکردن منافع کشاورزان در کوتاه‌مدت از نظر عملی در بین بهره‌برداران کارکرد مؤثر را نداشت، زیرا درآمد حاصل از کشت برنج در استان گلستان برای کشاورزان مطلوب بود.

بر اساس داده‌های سازمان جهاد کشاورزی گلستان، سطح زیر کشت برنج در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به روش سنتی در استان به ۶۴ هزار هکتار رسید که تنها ۳۵۶ هکتار آن به روش خشکه‌کاری کشت شد (بی‌نام، ۱۴۰۳). با این حال، پیش‌بینی می‌شود در صورت تغییر روش کاشت ۳۰ درصد از اراضی برنج به روش خشکه‌کاری، سالانه ۴۲۰ میلیون متر مکعب در مصرف آب صرفه‌جویی شود که معادل تأمین آب شرب ۱/۵ میلیون نفر برای یک سال است. این حجم آب می‌تواند از خشکیدن ۵۰۰ چاه عمیق جلوگیری کند و فشار بر منابع زیرزمینی را کاهش دهد (بی‌نام، ۱۴۰۲). لیکن، چالش اصلی در توسعه خشکه‌کاری، مقاومت فرهنگی کشاورزان است که به دلیل کاهش عملکرد محصول، تمایلی به تغییر روش کاشت ندارند. علاوه بر موارد فوق، کمبود بذرهای اصلاح‌شده منطبق با استانداردهای خشکه‌کاری و نبود سیاست‌های حمایتی مانند یارانه نهاده‌ها یا بیمه محصولات، مانع گسترش این روش می‌شوند.

با توجه به اینکه غالب کشت برنج در استان گلستان بعد از برداشت گندم (نیمه دوم خردادماه تا اوایل تیرماه) انجام می‌شود، تعیین راهکاری برای جلوگیری از تأثیر سرمای پاییزه و دستیابی به عملکرد مناسب (کشت نشایی یا بذری) بسیار اهمیت دارد. بر این اساس، لزوم انجام پژوهش‌هایی که بتواند اولاً نیاز استان و کشور را به دومین نیاز غذایی مردم (بعد از گندم) فراهم نماید و ثانیاً باعث کاهش فشار به منابع آب و تخریب خاک گردد، ضروری به نظر می‌رسد. در نتیجه، خشکه‌کاری برنج نه تنها راهکاری فنی برای مدیریت بحران آب، بلکه استراتژی حیاتی برای تضمین امنیت غذایی و پایداری اکولوژیکی در استان گلستان است. با این حال، موفقیت این روش نیازمند هماهنگی بین نهادهای تحقیقاتی، اجرایی و جوامع محلی،

همراه با حمایت‌های مالی و آموزشی است. با توجه به مطالب فوق، کاربست نتایج و یافته‌های این تحقیق می‌تواند مدیران و برنامه ریزان بخش کشاورزی را در شناسایی و اتخاذ راهکارهایی با هدف حفاظت از منابع پایه استان با حفظ درآمد و معیشت کشاورزان یاری نماید.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل پژوهش

این پروژه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ درجه شرقی و ارتفاع از سطح دریا پنج متر واقع شده است. تاریخ کاشت بعد از بردا شت گندم، در سال اول ۳۱ خردادماه ۱۴۰۲ و در سال دوم یک تیرماه سال ۱۴۰۳ بود.

داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی در محل پژوهش در طول دوره رشد برنج از زمان کاشت تا برداشت (۱۰۰ روز) در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده، مجموع بارش‌ها در سال اول و دوم به ترتیب برابر ۶۶ و ۷۵ میلی‌متر و میزان تبخیر- تعرق مرجع (ET_O) در دو سال پژوهش به ترتیب برابر ۵۸۰ و ۵۳۰ میلی‌متر بود. میانگین دمای حداکثر در سال اول و دوم به ترتیب برابر ۳۲/۶ و ۳۱/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای حداقل در سال اول و دوم پژوهش به ترتیب برابر ۲۲/۱ و ۲۱/۸ درجه سانتی‌گراد بود.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی در طول دوره رشد برنج در سال اول پژوهش (۱۴۰۲)

Table 1 -Meteorogical data during the rice growing period in the 1st year of the research (2023)

بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دمای حداکثر Max. Tempreture	دمای حداقل Min. Tempreture (درجه سانتی‌گراد) (°C)	تبخیر از تشت (میلی‌متر) Pan evaporation (mm)	ET_O (میلی‌متر) (mm)	ماه Month
18	35.1	24.1	273	205	تیر June
16	34.8	23.9	245	184	مرداد July
8	33.2	22.5	201	151	شهریور Augest
12	27.3	18	53	40	مهر* September*

*: داده تا هشت مهر (زمان برداشت) است

The data is up to September 30th (harvest time)

جدول ۲- داده‌های هواشناسی طول دوره رشد برنج در سال دوم پژوهش (۱۴۰۳)

Table 2- Meteorogical data during the rice growing period in the 2nd year of the research (2024)

بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دمای حداکثر Max. Tempreture	دمای حداقل Min. Tempreture (درجه سانتی‌گراد) (°C)	تبخیر از تشت (میلی‌متر) Pan evaporation (mm)	ET_O (میلی‌متر) (mm)	ماه Month
20	34.2	23.8	258	194	تیر June
14	33.8	23.5	219	165	مرداد July
9	32.1	22.2	182	137	شهریور August
17	26	17.7	46	34	مهر* September*

*: داده تا هشت مهر (زمان برداشت) است

The data is up to September 30th (harvest time)

خصوصیات خاک

بافت خاک محل پروژه لوم رسی سیلتی و دارای سرعت نفوذ نهایی آب در خاک حدود ۱۰/۲ میلی‌متر بر ساعت بود. برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۳- برخی خصوصیات فیزیکی خاک

Table 3-Some physical properties of soil

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	درصد ذرات خاک Soil particle (%)			سرعت نفوذ نهایی خاک (میلی‌متر در ساعت) Soil infiltration rate (mm hr^{-1})	حدود رطوبتی (درصد وزنی)		وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Soil bulk density (g cm^{-3})
		رس Clay	سیلت Silt	شن Sand		FC	PWP	
0-30	لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	28	54	18	10.2	29	13	1.4
30-60	لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	29	52	19	-	29	14	1.4

جدول ۴- برخی خصوصیات شیمیایی خاک

Table 4- Some chemical properties of soil

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS m^{-1})	pH	ازت کل (درصد) total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس available phosphorus (قسمت در میلیون) (ppm)	پتاسیم Potasium (قسمت در میلیون) (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0-30	0.9	7.7	0.09	7.7	340	1.3
30-60	1.1	7.7	0.08	5.1	150	0.8

کیفیت آب

جدول ۵، خصوصیات کیفی آب چاه محل پژوهش را نشان می‌دهد. با استفاده از نمودار تعیین کیفیت آب آبیاری (ویلکاکس) بر اساس میزان هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR)، آب مورد استفاده در این پژوهش در کلاس C_1S_1 و خیلی خوب طبقه‌بندی گردید.

جدول ۵- مشخصات کیفی آب آبیاری

Table 5- Irrigation water quality specifications

SAR	آنیون‌ها (میلی‌اکی والانت بر لیتر) Anions (meq lit^{-1})			کاتیون‌ها (میلی‌اکی والانت بر لیتر) Cations (meq lit^{-1})				pH	EC (دسی زیمنس بر متر) (dS m^{-1})
	کربنات و بی‌کربنات	سولفات	کلر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم		
1.45	2.7	2.78	1.28	0.1	2.14	2.4	2.2	7.3	0.8

نسبت جذب سدیم;SAR

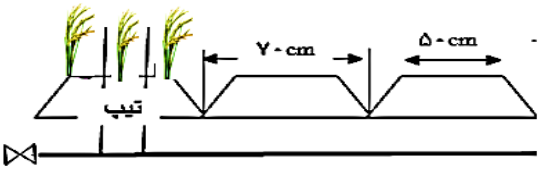
تیمارهای آزمایشی

این پژوهش به صورت کرت یک بار خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۰۲-۱۴۰۱ و ۰۳-۱۴۰۲ انجام شد. فاکتور اصلی شامل دو روش آبیاری (قطره‌ای نواری و جوی و پشته) و دو روش کاشت (کاشت مستقیم به‌صورت نشایی ریشه پر و مستقیم بذر) به‌عنوان فاکتور فرعی انتخاب شدند.

عملیات کاشت، داشت و برداشت

برای جلوگیری از انتشار رطوبت خاک در کرت‌های آزمایشی به یکدیگر و تردد جهت انجام عملیات داشت فواصل سه متر بین کرت‌ها اعمال شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. سه ردیف کاشت روی بستر به عرض ۷۰ سانتی‌متر اجرا شد، به‌طوری‌که دو ردیف نوار آبیاری

قطره‌ای در روی بستر و بین ردیف‌های کاشت قرار گرفت. فاصله روزنه‌های نوارها ۱۰ سانتی‌متر و دارای دبی ۱/۲ لیتر بر ساعت در فشار یک بار بود. در تیمار آبیاری به روش جوی و پشته، روش و آرایش کاشت همانند روش آبیاری قطره‌ای نواری بود با این تفاوت که آبیاری در شیارهایی به عمق ۲۰ سانتی‌متر و عرض ۲۵ سانتی‌متر توسط هیدروفلوم انجام شد (شکل ۱). مقادیر آب آبیاری در دو روش آبیاری متفاوت بود و بستگی به راندمان کاربرد هر سامانه آبیاری دارد. راندمان کاربرد سامانه‌های آبیاری سطحی (جوی و پشته) و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۶۰ و ۹۰ درصد در نظر گرفته شد.



شکل ۱- شیوه کاشت روی پشته و قرار گرفتن نوارهای قطره‌ای روی پشته

Figure 1 -Method of planting on ridges and placing drip tapes on ridges

در این پژوهش از رقم برنج فجر استفاده شد. زمان کاشت بذر و انتقال نشاها به کرت‌های آزمایشی یکسان بود. در کاشت به روش نشایی، ابتدا بذور در سینی‌های کشت نشاء آماده شدند و بعد از یک ماه با حدود ۱۲ سانتی‌متر رشد طولی به کرت‌های آزمایشی انتقال یافتند. همچنین، در روش کاشت مستقیم بذر، بذرها روی بستر با فواصل ۱۵×۲۰ سانتی‌متر و در عمق دو تا سه سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. تراکم و زمان کاشت در همه کرت‌های آزمایشی یکسان بود (شکل ۲).

شکل ۲- کاشت نشا و بذر در زمین اصلی

Figure 2 -Planting seedlings and seeds in the main field

عملیات داشت

در این پژوهش بر اساس آنالیز خاک و توصیه کودی گیاه برنج کودهای مورد نظر به خاک همه کرت‌های آزمایشی و به میزان یکسان اضافه شد. برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت. اندازه‌گیری آب کاربردی در هر روش آبیاری به‌وسیله کنتور انجام شد. در روش کاشت نشایی مقدار آب کاربردی برای تولید نشاء در خزانه نیز در محاسبات مقدار کل آب کاربردی و بهره‌وری آب لحاظ شد.

پس از رسیدگی کامل، با استفاده از کوادرات و به‌صورت تصادفی اقدام به نمونه‌گیری (۱۵ نمونه) از هر تیمار شد. صفات زراعی از جمله ارتفاع بوته، زیست‌توده، عملکرد دانه و وزن هزار دانه بر اساس دستورالعمل‌های زراعی تعیین شد. در نهایت عملکرد تیمارها با استفاده از آزمون F مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

برنامه‌ریزی آبیاری

برای برنامه‌ریزی آبیاری روش‌های مختلفی بر اساس پایش رطوبت خاک، روش‌های تجربی و تشت تبخیر وجود دارد. تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از تشت تبخیر به علت سادگی و قابل اطمینان بودن کاربرد زیادی در برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان دارد. بر این اساس، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_O) را می‌توان از رابطه (۱) توسط داده‌های حاصل از تشت تبخیر محاسبه نمود، سپس مقادیر تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ET_c) توسط رابطه (۲) تعیین می‌گردد.

$$ET_O = Ep \times Kp \qquad (۱)$$

که در آن:

Ep: مقدار تجمعی تبخیر از تشت در دور آبیاری (میلی‌متر)

Kp: ضریب تشت

$$ET_c = ET_O \times K_C \qquad (۲)$$

K_C: ضریب گیاهی

با استفاده از نشریه شماره ۵۶ فائو، ضریب تشت کلاس A با توجه به شرایط نصب، سرعت باد غالب و متوسط رطوبت نسبی محل پژوهش در مراحل رشد ابتدایی و توسعه ۰/۷ و مابقی مراحل رشد گیاه ۰/۷۵ منظور گردید. همچنین، ضرایب گیاهی (Kc) بر اساس مقادیر ارائه‌شده در نشریه شماره ۵۶ فائو (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) برای برنج به‌صورت زیر در نظر گرفته شد:

مرحله ابتدایی: ۱/۰۵ (۲۰ روز)

مرحله توسعه: ۱/۱۰ (۳۰ روز)

مرحله میانی: ۱/۲۰ (۳۵ روز)

مرحله پایانی: ۰/۸۰ (۲۰ روز)

با توجه به اینکه اساساً سامانه آبیاری قطره‌ای بر اساس دورهای آبیاری کمتر از چهار روز استفاده می‌شود، بر این اساس برنامه‌ریزی آبیاری به‌استثنای هفته اول کاشت که به‌صورت روزانه بود (به دلیل جلوگیری از خشک شدن نشاها بعد از انتقال از خزانه)، ادامه آبیاری‌ها بر اساس میزان تبخیر تجمعی سه روز از تشت صورت پذیرفت. اگرچه در برخی از نوبت‌های آبیاری به دلیل کمبود آب، قطع طولانی برق و تعمیرات ایستگاه پمپاژ دور آبیاری افزایش یافت. همچنین، برنامه‌ریزی آبیاری در روش آبیاری جوی و پشته بر اساس میزان تبخیر تجمعی شش روز از تشت تبخیر انجام شد. برای کنترل و محاسبه دقیق میزان آب آبیاری در ابتدای ورودی لوله اصلی پروژه از شیرفلکه و کنتور حجمی دو اینچی استفاده گردید.

سامانه آبیاری قطره‌ای نواری

مشخصات سامانه آبیاری قطره‌ای نواری استفاده‌شده در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- مشخصات نوار آبیاری قطره‌ای

Table 6-Drip irrigation tape specifications

نوع نوار Tape type	فواصل روزنه‌ها (سانتی‌متر) Orifice Distances (cm)	دبی (لیتر بر ساعت) Discharge (lit hr^{-1})	طول نوار (متر) Lenght tape (m)	فشار (بار) Pressure (bar)	یکنواختی (درصد) Uniformity (%)
پلاک دار Dripper line	10	1.2	75	1	95

سامانه آبیاری سطحی

انتقال آب، کنترل و تنظیم دبی ورودی به سامانه آبیاری سطحی در روش‌های مختلف کاشت نیز توسط لوله پلی‌اتیلن ۶۳ میلی‌متر و شیر دستی صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری حجم آب ورودی به سامانه‌ها از کنتور حجمی استفاده شد.

اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد

خصوصیات زراعی مانند عملکرد شلتوک، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، وزن خشک زیست‌توده و وزن هزار دانه در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد شلتوک، با استفاده از کوادرات به مساحت یک متر مربع، سه نمونه تصادفی از هر کرت آزمایشی برداشت شد، سپس از خرمن‌کوب برای جداسازی کاه و شلتوک استفاده گردید. برای به‌دست آوردن وزن شلتوک، نمونه‌ها را در آون و دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از خشک شدن شلتوک وزن آن با ترازوی دیجیتال با دقت یک‌صدم گرم اندازه‌گیری شد. همچنین، برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه از هر نمونه، چهار نمونه تصادفی ۱۰۰ تایی انتخاب گردید و وزن آن اندازه‌گیری و میانگین وزن این چهار نمونه را ۱۰ برابر کرده تا وزن هزار دانه به دست بیاید. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد شلتوک

جدول ۷ بررسی اثر عوامل مختلف از جمله سال، روش آبیاری، روش کاشت و اثر متقابل آن‌ها بر صفات عملکرد شلتوک، زیست‌توده، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و بهره‌وری آب در کشت برنج را نشان می‌دهد. نتایج این جدول بر پایه تحلیل واریانس و با استفاده از میانگین مربعات ارائه شده است. در بررسی صفت عملکرد شلتوک مشخص شد که دو عامل اصلی یعنی روش آبیاری و روش کاشت هر دو دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد بوده‌اند. این موضوع بیانگر نقش کلیدی این دو عامل در بهبود عملکرد است؛ به‌عبارت‌دیگر، نوع سیستم آبیاری و نحوه کاشت (نشاکاری یا کاشت مستقیم بذر) به‌صورت مستقل نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد داشته‌اند. با این وجود، هیچ‌کدام از برهم‌کنش‌ها بین سال، آبیاری و کاشت از نظر آماری معنی‌دار نبوده‌اند که نشان می‌دهد اثر این عوامل عمدتاً مستقل از یکدیگر عمل کرده‌اند و ترکیب آن‌ها تغییر چشم‌گیری در عملکرد ایجاد نکرده است.

جدول ۷– میانگین مربعات صفات مختلف رشد و بهره‌وری آب برنج تحت روش‌های مختلف آبیاری و کاشت

Table 7-Mean quares of various growth traits and water productivity of rice under different irrigation and planting methods

منبع تغییرات Source of changes	عملکرد شلتوک Paddy yield	زیست‌توده Biomass	وزن هزار دانه 1000 grain weight	ارتفاع بوته Plant height	بهره‌وری آب Water productivity
سال Year	167167.4	1255380.1^{ns}	0.0012^{ns}	0.0013^{ns}	18.37^{ns}
خطا Error	106060.7	327983.04	0.00616	0.0015	18.8
روش آبیاری Irrigation method	1869857.4**	6280197.2**	0.09**	0.0091**	57.4*
سال × روش آبیاری year×Irrigation methhod	52547.02^{ns}	133952.04^{ns}	0.0005^{ns}	0.0005^{ns}	0.375ns
خطا Error	21980.4	55342	0.129	0.0004	1.45
روش کاشت Planting method	10966079.1**	26756758.2**	82.2**	0.02**	301.01**
سال × روش کاشت year× Planting method	155.04^{ns}	26.04^{ns}	0.01^{ns}	0.0001^{ns}	0.375^{ns}
روش آبیاری × روش کاشت Irrig. method × Planting method	111657.1^{ns}	850890.1^{ns}	0.59^{ns}	0.007^{ns}	2.05^{ns}
سال × روش آبیاری × روش کاشت Year×Irrig. method× Planting method	2501.2^{ns}	58905.2^{ns}	0.048^{ns}	0.0001^{ns}	1.04^{ns}
خطا Error	87109.5	338453.2	0.874	0.0012	4.75
CV	8.76	9.8	8.8	8.5	9.26

**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است

**, * and ns indicate a significant difference at the level of 1 percent, 5 percent and no significant difference, respectively

صفاتی نظیر زیست‌توده، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و بهره‌وری آب نیز نتایج مشابهی با عملکرد داشتند. در تمام صفات بیان‌شده، روش آبیاری و روش کاشت اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند که نشان می‌دهند مدیریت آب و نحوه کاشت نقش کلیدی در رشد رویشی گیاه شالی داشته‌اند؛ اما عامل سال و همه تعاملات بین عوامل اصلی اثری معنی‌دار بر صفات بیان‌شده نداشته‌اند که

حاکی از ثبات نسبی این صفات در برابر تغییرات محیطی سالانه و ترکیب روش‌هاست.

جدول ۸ اثر مرکب روش آبیاری و کاشت در هر سال و میانگین دو سال را نشان می‌دهد. در سال اول پژوهش، کاشت نشایی نسبت به بذری تحت آبیاری قطره‌ای نواری ۴۹/۸ درصد عملکرد شلتوک را افزایش داد، به‌طوری‌که همین مقایسه روش کاشت تحت آبیاری جوی و پشته منجر به افزایش ۴۷/۷ درصد عملکرد شلتوک شد. همین روند در سال دوم پژوهش نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که افزایش عملکرد شلتوک در روش کاشت نشایی نسبت به بذری به میزان ۵۲/۶ و ۵۰/۳ درصد به ترتیب تحت آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به جوی و پشته بود. با بررسی میانگین دو سال مشخص می‌گردد که حداکثر میزان عملکرد شلتوک ۴۳۹۰ کیلوگرم در هکتار در هر دو سال پژوهش مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای نواری و کاشت نشایی و حداقل آن با میانگین ۲۴۸۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری جوی و پشته و کاشت بذری بوده است (جدول ۸). این تفاوت نشان‌دهنده افزایش ۴۳ درصدی عملکرد دانه در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به کشت بذری با آبیاری جوی و پشته است.

همچنین، در سال اول پژوهش، کاشت نشایی نسبت به بذری تحت آبیاری قطره‌ای نواری ۳۲/۷ درصد عملکرد زیست‌توده را افزایش داد. همین مقایسه روش کاشت تحت آبیاری جوی و پشته منجر به افزایش ۲۱/۸ درصد زیست‌توده شد. همین روند در سال دوم پژوهش نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که افزایش عملکرد زیست‌توده در روش کاشت نشایی نسبت به بذری به میزان ۳۱/۱ و ۲۶/۹ درصد به ترتیب تحت آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به جوی و پشته بود. بر اساس میانگین نتایج دو سال پژوهش، روش کاشت نشایی نسبت به روش بذری منجر به افزایش عملکرد شلتوک به میزان ۵۱/۲ و ۴۹ درصد به ترتیب در روش آبیاری قطره‌ای نواری و جوی و پشته شد.

جدول ۸- اثر مرکب روش آبیاری و کاشت در هر سال و میانگین دو سال

Table 8-The compound effect of irrigation and planting methods in each year and the average of two years

تیمار Treatment	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار) Paddy yield (kg ha^{-1})			عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biomass yield (kg ha^{-1})		
	سال اول 1st year	سال دوم 2nd year	میانگین دو سال Avg. of 2 years	سال اول 1st year	سال دوم 2nd year	میانگین دو سال Avg. of 2 years
قطره‌ای نواری (نشایی) Drip tape (seedling)	4420	4436	4390	10480	10080	10280
قطره‌ای نواری (بذری) Drip tape (seeds)	2950	2860	2905	7900	7690	7795
جوی و پشته (نشایی) Furrow (seedling)	3480	3555	3517	9135	8630	8882
جوی و پشته (بذری) Furrow (seeds)	2600	2365	2480	7500	6800	7150

جدول ۹، مقایسه میانگین‌های اثر روش آبیاری بر عملکرد و رشد گیاه برنج را نشان می‌دهد. مقایسه دو روش آبیاری قطره‌ای نواری و جوی و پشته طی دو سال پژوهش نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای نواری برتری واضحی در شاخص‌های رشد و بهره‌وری نسبت به روش جوی و پشته نشان می‌دهد. مطابق جدول ۹، میانگین دو سال عملکرد شلتوک در روش آبیاری قطره‌ای نواری و جوی و پشته به ترتیب برابر ۳۶۴۸ و ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. از این‌رو، افزایش میانگین دو سال عملکرد شلتوک در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به جوی و پشته ۲۱/۶ درصد بود. همچنین، میانگین دو سال وزن هزار دانه در روش آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری جوی و پشته به ترتیب

۲۰/۲ و ۱۸/۵ گرم بود که نشان از افزایش ۹/۲ درصدی دارد (جدول ۹). این نتیجه با پژوهش جواهری و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد که بهبود ۴-۶ درصد وزن هزار دانه در آبیاری قطره‌ای را به کاهش تنش خشکی نسبت دادند. در مقابل، کاهش وزن هزار دانه در آبیاری جوی و پشته نسبت به روش آبیاری قطره‌ای نواری مشابه نتایج پژوهش کمالی (۲۰۱۸) است که کاهش وزن هزار دانه را ناشی از تنش آبی در این روش بیان نمود. بر اساس میانگین دو سال پژوهش، روش آبیاری قطره‌ای نواری منجر به افزایش ارتفاع بوته به میزان ۴/۷ درصد نسبت به آبیاری جوی و پشته شد (جدول ۹). این نتیجه با پژوهش رائو و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد که یکنواختی توزیع آب را عامل افزایش ارتفاع بوته‌های برنج در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سایر روش‌های آبیاری گزارش کردند. مطابق جدول ۹، میانگین دو سال بهره‌وری آب برنج در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و جوی و پشته و بذری به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب بود که افزایش ۳۸ درصدی در روش آبیاری قطره‌ای نواری مشاهده شد. در مجموع، نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش های لی و همکاران (۲۰۲۴) همخوانی دارد که روش آبیاری قطره‌ای نواری را برای کشت برنج در مناطق خشک توصیه می‌کنند. در مقابل، کاهش ۱۰-۱۵ درصد عملکرد و بهره وری آب در روش آبیاری جوی و پشته، مشابه یافته‌های ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) است.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اثر روش آبیاری بر عملکرد و رشد گیاه برنج

Table 8- Comparing the averages of the effect of irrigation method on the yield and growth of rice

روش آبیاری Irrigation method	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg ha^{-1})		وزن هزار دانه (گرم) 1000 grain weight (g)	بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) Water productivity (kg m^{-3})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
	شلتوک Paddy	زیست‌توده Biomass			
قطره‌ای نواری Drip tape	3648.5a	9036.5a	20.2a	0.47a	68.25a
جوی و پشته Furrow	3090.3b	8013.4b	18.5b	0.34b	65.17b

جدول ۱۰ مقایسه میانگین‌های اثر روش کاشت بر عملکرد و رشد گیاه برنج را نشان می‌دهد. میانگین دو سال عملکرد شلتوک در روش کشت نشایی ۴۰۴۵/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. درحالی که میانگین دو سال عملکرد شلتوک در روش کاشت بذری ۲۶۹۳/۴ کیلوگرم در هکتار بود که این میزان کاهش ۵۰ درصدی عملکرد شلتوک را نسبت به کشت نشایی نشان می‌دهد (جدول ۱۰). مقایسه میانگین دو سال اثر این صفت در روش‌های کاشت نشایی و بذری به ترتیب برابر ۲۱/۲ و ۱۷/۵ گرم بود که ۱۷ درصد افزایش وزن هزار دانه در کاشت نشایی مشاهده شد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثر روش کاشت بر عملکرد و رشد گیاه برنج

Table 10-Comparing the averages of the effect of planting method on the yield and growth of rice

روش کاشت Planting method	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg ha^{-1})		وزن هزار دانه (گرم) 1000 grain weight (g)	بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) Water productivity (kg m^{-3})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
	شلتوک Paddy	زیست‌توده Biomass			
نشایی Seedling	4045.3^{a}	9581^{a}	21.2^{a}	0.50^{a}	70.25^{a}
بذری Seeds	2693.4^{b}	7469^{b}	17.5^{b}	0.31^{b}	63.17^{b}

بر اساس میانگین دو سال پژوهش، روش کاشت نشایی منجر به افزایش ارتفاع بوته به میزان ۱۰ درصد نسبت به روش کاشت بذری شد (جدول ۱۰). همچنین، میانگین دو سال بهره‌وری آب برنج در روش‌های کاشت نشایی و بذری به ترتیب ۰/۵۰ و ۰/۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب بود که افزایش ۶۱/۳ درصدی را در روش کاشت نشایی نسبت به بذری نشان می‌دهد (جدول ۱۰).

میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب برنج در تیمارهای مختلف

مطابق جدول ۱۱، میانگین دو سال آب کاربردی در تیمارهای قطره‌ای نواری نشایی و قطره‌ای نواری بذری به ترتیب ۷۶۲۰ و ۸۰۸۵ متر مکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار آب کاربردی در تیمارهای جوی و پشته نشایی و جوی و پشته بذری به ترتیب ۸۸۰۵ و ۹۱۴۵ متر مکعب در هکتار بود. میزان کاهش آب کاربردی (میانگین دو سال) در تیمار قطره‌ای نواری نشایی نسبت به دو تیمار جوی و پشته نشایی و جوی و پشته بذری به ترتیب حدود ۱۵/۵ و ۲۰ درصد بود. این در حالی است که میانگین دو سال آب کاربردی در تیمار قطره‌ای نواری بذری نسبت به جوی و پشته بذری حدود ۱۳/۱ درصد کاهش یافت.

جدول ۱۱- میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب برنج تحت روش‌های مختلف آبیاری و کاشت

Table 11-The amount of water used and water productivity of rice under different methods of irrigation and planting

مقادیر Values	سال اول 1st year				سال دوم 2nd year			
	قطره‌ای نواری Drip tape		جوی و پشته Furrow		قطره‌ای نواری Drip tape		جوی و پشته Furrow	
	نشایی Seedling	بذری Seeds	نشایی Seedling	بذری Seeds	نشایی Seedling	بذری Seeds	نشایی Seedling	بذری Seeds
آب کاربردی (متر مکعب در هکتار) Applied water ($m^3\ ha^{-1}$)	7680	8050	8870	9130	7560	8120	8740	9160
بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) Water productivity ($kg\ m^{-3}$)	0.58	0.37	0.45	0.28	0.577	0.35	0.41	0.26

بر اساس نتایج دو سال پژوهش، بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری (قطره‌ای نواری و جوی و پشته) در کشت نشایی نسبت به روش کاشت بذری اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت (جدول ۱۱). بر اساس میانگین نتایج دو سال، حداکثر بهره‌وری آب در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری با کشت نشایی به میزان ۰/۵۸ و حداقل در تیمار جوی و پشته با کشت بذری به مقدار ۰/۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شد.

نتیجه‌گیری

نتایج دو سال پژوهش نشان داد که تغییر روش کاشت بذری به نشایی در افزایش عملکرد شلتوک اثر بیشتری نسبت به تغییر شیوه آبیاری از جوی و پشته به قطره‌ای نواری داشت. به‌طوری‌که میانگین اثر روش کاشت بر عملکرد شلتوک منجر به افزایش ۵۰ درصدی آن در روش کشت نشایی نسبت به بذری شد. در حالی که میانگین اثر روش آبیاری بر عملکرد شلتوک حدود ۱۷/۸ درصد در آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری جوی و پشته افزایش نشان داد. بر اساس میانگین داده‌های دو سال پژوهش، بیشترین عملکرد دانه در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری به میزان ۴۳۹۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در کشت بذری با آبیاری جوی و پشته به میزان ۲۴۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین، بیشترین بهره‌وری آب در تیمار کشت نشایی با آبیاری قطره‌ای نواری

با مقدار ۰/۵۸ کیلوگرم بر متر مکعب و کمترین آن در کشت بذری با آبیاری جوی و پشته با مقدار ۰/۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. بیشترین و کمترین مقادیر آب کاربردی به میزان ۹۱۶۰ و ۷۶۲۰ متر مکعب در هکتار به ترتیب در تیمارهای آبیاری جوی و پشته با کشت بذری و قطره‌ای نواری با کشت نشایی حاصل شد. دلایل افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری آب در کشت نشایی نسبت به بذری در شرایط کاشت دیرهنگام (اوایل تیرماه) می‌تواند ناشی شرایط بهینه فیزیولوژیکی (جوانه‌زنی، رشد و ریشه زنی در خزانه) و دوره رشد طولانی‌تر باشد. ضمن آنکه این روش کاشت به همراه آبیاری قطره‌ای با تأمین مداوم و دقیق آب (حداقل تنش) نسبت به روش آبیاری جوی و پشته و کاشت بذری به‌طور هم‌افزا باعث افزایش عملکرد و به‌تبع آن بهره‌وری می‌شوند. در مجموع، استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری و کشت نشایی می‌تواند با کاهش مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی برنج را افزایش داده و عملکرد مناسبی را فراهم کند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

۱. بی نام، ۱۴۰۳. آمارنامه کشاورزی (جلد اول)، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت جهاد کشاورزی. ص. ۱۲۵- ۱۰۵.

۲. بی نام، ۱۴۰۲. گزارش سالانه وضعیت منابع آب استان گلستان. گرگان، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، ص. ۱۱۷.

۳. رزاقی، محمدحسین، کیانی، علیرضا، نورمحمد، آبیار، ۱۳۹۹. کشت نشایی و خشکه‌کاری برنج، راهکاری فنی و اقتصادی برای تولید برنج در شرایط استان گلستان. *مدیریت آب در کشاورزی*. ۷ (۱). ص. ۴۴-۳۳. **https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764531.1399.7.1.4.1**

۴. کریمی‌فرد، مریم، ذاکری نیا، مهدی، کیانی، علیرضا، فیض بخش، محمدتقی، ۱۳۹۹. تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی بر عملکرد برنج و بهره‌وری آب در دو روش کشت نشائی و کشت مستقیم بذر. *نشریه آب‌وخاک*. ۳۴ (۵).صص. ۱۰۳۲-۱۰۱۹.**https://doi.org/10.22067/jsw.v34i5.84952**

۵. کیانی، علیرضا، آبیار، نورمحمد، مساوات، سیدافشین، و یزدانی، محمدرضا، ۱۳۹۹. تغییر روش کشت و آبیاری برنج برای تعدیل کم‌آبی و افزایش بهره‌وری آب در استان گلستان. *بازتاب تات* ۱۰(۳).صص. ۳۱-۳۰.

۶. عرب زاده، بهروز، ۱۳۹۳. کشت برنج: رشد و نمو گیاهی آفات و بیماری‌ها مدیریت علف‌های هرز کشت مستقیم. انتشارات آرون. ص۱۱۸.

۷. عرب‌زاده، بهروز و توکلی، علیرضا، ۱۳۸۵. تحلیل اقتصادی مدیریت کم آبیاری درکشت خشکه‌کاری برنج. *مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*. ۷ (۱). صص. ۱۱۰-۹۹.

8. Allen, R.G., Pereira, L. S. Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drinage Paper No. 56, Rome, Italy.

9. Li, J., Yang, C.N., Zhang, X.Z., Wu, S.B., Chi, H.L., Zhang, X.J., Wei, C.Z., 2024. Soil N distribution affects N utilization and yield of drip-irrigated rice. Agronomy, 14(3), 593. **https://doi.org/10.3390/agronomy14030593**

10. Liu, H., Hussain, S., Zheng, M., Peng, Sh., Huang, J., Kehui, C. and Lixiao N., 2016. Dry directseeded rice as an alternative to transplanted-flooded rice in Central China. Agronomy for Sustainable Development. 35(1), 285-294.

11. Rao, K.V.R., Gangwar, S., Keshri, R., Chourasia, L., Bajpai, A. and Soni, K., 2017. Effects of drip irrigation system for enhancing rice (Oryza sativa L.) yield under system of rice intensification management. Applied Ecology Environmental Research, 15, 487–495.

12. Zhang, Y., Tang, Q., Zou, Y., Li, D., Qin, J., Yang, S. and Peng, S., 2009. Yield potential and radiation use efficiency of “super” hybrid rice grown under subtropical conditions. Field Crops Research, 114 (1), 91-98.