نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۱۴۷-۱۳۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 135-147

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی تأثیر سامانه‌های مختلف کشت بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم اصلاح‌شده و بومی برنج

نوراله جلالی کوتنایی[۱]، علی شاهنظری*[۲]، میرخالق ضیاءتبار احمدی[۳]، مجتبی خوش‌روش[۴]، مجتبی رضایی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۰

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر سه سامانهٔ کشت شامل کشت سنتی غرقابی[۶]، بهبودیافته[۷] و مدیریت کشت فشردهٔ برنج[۸] با رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم هاشمی و کوهسار در کشت‌های اول و دوم به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در استان مازندران انجام شد. نتایج نشان داد که اثر این سه سامانهٔ کشت بر تعداد دانه در خوشه، تعداد دانهٔ پر و پوک، عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، طول خوشه، مقدار نیاز آبی و تبخیر - تعرق گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین مقدار بهره‌وری مبتنی بر آبیاری با مقدار ۲/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب برای رقم کوهسار در کشت دوم (مدیریت کشت فشرده برنج) و کمترین مقدار نیز برای رقم کوهسار در کشت اول (سامانه سنتی غرقابی) با مقدار ۰/۶۶ کیلوگرم شلتوک بر مترمکعب آب اختصاص یافت. نتایج پژوهش نشان داد که به‌کارگیری سامانه‌های مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته باعث افزایش بهره‌وری آب شده و لذا می‌تواند از راهکارهای قابل توصیه به مسئولان و کشاورزان مناطق برنج‌خیز باشد. با توجه به افزایش دورهٔ رشد گیاه در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج به علت جوان بودن بوته و احتمال برخورد آن با فصل سرما و کاهش قابل‌توجه عملکرد، کاربرد آن در کشت دوم برنج خصوصاً هنگام تأخیر در نشاکاری توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: شالیزار، کشت اول، کشت دوم ، کشت سنتی غرقابی، نیاز آبی

مقدمه

افزایش جمعیت کشور و نیاز روزافزون به مواد غذایی ازیک‌طرف و کمبود آب قابل‌دسترس از طرف دیگر بیانگر این واقعیت است که باید از منابع موجود به نحوی استفاده شود که به بالاترین بهره‌وری منتج شود. در این راستا محصول برنج به‌عنوان دومین غذای اصلی کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و پیش‌بینی می‌شود که مقدار نیاز سالانه کشور در چند سال آینده به میزان چهار میلیون تن افزایش یابد.

با توجه به سطح زیر کشت ۸۹۲ هزار هکتاری با تولید ۴/۴۲۲ میلیون تن (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹) و مقدار آب مصرفی این محصول در کشور، بهره‌گیری از روش‌های مختلف در راستای افزایش بهره‌وری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. افزایش تولید در قالب مدیریت کشت فشردهٔ برنج، یکی از روش‌های کاربردی برای تغییر مدیریت کشت برنج بوده و یکی از اصول اجرایی آن، انجام آبیاری متناوب است. در حال حاضر، گسترش روزافزون کشت دوم برنج در استان‌های شمالی، یکی از موارد مهمی است که دارای دو حالت فرصت و تهدید است. گروهی آن را باعث تولید بیشتر، تقویت اقتصاد کشاورزان، افزایش ضریب خودکفایی و امنیت غذایی کشور دانسته و جمعی دیگر آن را موجب کاهش ذخایر آبی موجود می‌دانند. مطالعات زیادی در خصوص تعیین نیاز آبی، عملکرد، اجزای عملکرد و بهره-

۱- دانش آموخته دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۵- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Aliponh@yahoo.com)
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.11.8
6- Traditional flooding
7- Improved cultivation
8- System of rice intensification (SRI)

وری آب در ایران و جهان صورت گرفته است. بهره‌وری (W.P[1]) آب بیانگر مقدار یا ارزش تولید به ازای حجم یا مقدار آب مصرف‌شده است. بر اساس این دیدگاه، بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب مصرفی است.

کاوسی و یزدانی (۱۳۹۹) نشان دادند که اثر تیمارهای آبیاری و میزان کود نیتروژن بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در کپه، تعداد دانه پر و پوک در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیست‌توده معنی‌دار بودند. عملکرد دانه در تیمار آبیاری با دور پنج روز (۳۲۷۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تیمارهای آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشترین بهره‌وری آب نیز از تیمار آبیاری با دور پنج روز و مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با مقدار ۰/۶۸ کیلوگرم دانه بر مترمکعب به دست آمد.

سبک‌رو فومنی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش نمودند که فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر، بهترین شرایط را برای رشد و فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر، ضعیف‌ترین شرایط را برای گیاه برنج در شدت‌های مختلف تنش ایجاد نمود.

اسدی و لطیفی (۱۳۹۸) نشان دادند که تغییر روش آبیاری از غرقابی دائم به آبیاری تناوبی، تغییری در مقدار عملکرد و صفاتی همچون طول خوشه، تعداد دانهٔ پر، تعداد دانهٔ پوک، وزن هزار دانه، درصد باروری و تعداد پنجه در کپه نداشت و سبب صرفه‌جویی در مصرف آب به مقدار ۱۰ تا ۲۰ درصد و افزایش بهره‌وری آب به مقدار ۵ تا ۱۵ درصد به ترتیب در خاک‌های با نفوذپذیری زیاد و کم، نسبت به آبیاری غرقابی شد. رضوی پور و همکاران (۱۳۹۳)، ضمن مقایسهٔ بهره‌وری منابع تولید، عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت مدیریت-های مختلف کشت شامل سنتی، بهبودیافته و مدیریت کشت فشردهٔ برنج نتیجه گرفتند که تیمارهای آزمایشی برای صفات ارتفاع بوته، تعداد خوشه در کپه، خوشه در مترمربع و عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند. این در حالی است که تیمارهای آزمایشی از نظر وزن هزار دانه، تعداد کل دانه در خوشه و تعداد دانه‌های پر در خوشه، اختلاف معنی‌داری نداشتند. امیری و رضایی (۱۳۹۱) اجزای بهره‌وری آب مبتنی بر آبیاری، تبخیر – تعرق، تعرق و مجموع تبخیر – تعرق و نفوذ عمقی را به ترتیب ۱/۰۱، ۰/۸۹، ۱/۴۱ و ۰/۶۵ کیلوگرم دانه به‌ازای هر مترمکعب آب گزارش کردند. همچنین اعلام نمودند که مدیریت آبیاری با تناوب ۸ روزه و کود ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به‌عنوان بهترین مدیریت آبیاری و سطح کود نیتروژن است. قربانیان آستانه و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که عملکرد دانه، بیوماس کل، بهره‌وری مبتنی بر بیوماس و بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد در روش مدیریت کشت فشردهٔ برنج به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش‌های سنتی و بهبودیافته بود. میری و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که استفاده از تیمار آبیاری تناوبی باعث کاهش ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه و وزن دانه شده و عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری تناوبی، غرقابی تا مرحلهٔ پنجه دهی، غرقابی تا مرحلهٔ ساقه رفتن و غرقابی تا مرحلهٔ گل‌دهی به ترتیب به میزان ۳۰، ۲۶، ۲۶ و ۴ درصد در مقایسه با آبیاری غرقابی در کل فصل کاهش داشت؛ درحالی‌که بهره‌وری آب در این تیمارها به ترتیب ۹۲، ۶۰ صفر و ۲۴ درصد بیشتر از آبیاری غرقابی بود. رضایی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که روش آبیاری تناوبی با دور ۸ روز (۳ روز بعد از محو آب) ضمن حفظ عملکرد در حد روش معمول غرقاب دائم، باعث کمتر شدن مصرف آب و صرفه‌جویی معادل ۴۰ درصد در میزان آب مصرفی در طول دورهٔ رشد و افزایش راندمان کاربرد آب به میزان ۶۰ درصد شد. کارسلاس و همکاران در اروگوئه نشان دادند که دو روش آبیاری متناوب تا ظهور خوشه و آبیاری متناوب در تمام دورهٔ رشد گیاه به ترتیب باعث افزایش بهره‌وری به میزان ۲۳ و ۶۲ درصد شده و مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۶۸ کیلوگرم شلتوک در مترمکعب مصرف آب به دست آمد (Carracelas et al., 2019). ماهاجان و همکاران میانگین بهره‌وری را برای کشت ۵ ژوئن برابر ۰/۶۶ و برای کشت ۵ جولای برابر ۰/۵۷ کیلوگرم شلتوک بر مترمکعب آب گزارش داده و نتیجه گرفتند که با تأخیر در زمان نشاکاری، بهره‌وری آب نیز کاهش می‌یابد. در این پژوهش، حداکثر و حداقل بهره‌وری کل (آبیاری+ بارندگی) به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۳۸ اعلام شد (Mahajan et al., 2009). یووانگ و همکاران در پژوهشی در شمال چین مقدار بهره‌وری آب را برای دو سال دورهٔ طرح برابر ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند (Yu wang et al., 2017). هیدایه و همکاران در اندونزی، میانگین محصول تولیدی در روش مدیریت کشت فشردهٔ برنج را برابر ۵/۸ تن در هکتار و در روش سنتی غرقابی ۶/۱ تن در هکتار و بهره‌وری آب نیز در روش مدیریت کشت فشردهٔ برنج را برابر ۱/۳۵ و در روش سنتی غرقابی ۰/۷۸ کیلوگرم محصول تولیدی بر مترمکعب آب مصرفی به دست آوردند (Hidayah et al., 2008). سرینواسلو و همکاران مشاهده نمودند که غرقاب تا عمق سه سانتی‌متر تا مرحله آغازش سنبله و ادامه غرقاب با عمق پنج سانتی‌متر سبب افزایش عملکرد و بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد شلتوک می‌شود (Srinivasulu et al., 2018).

برای بررسی تأثیر سامانه‌های مختلف کشت بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم هاشمی و کوهسار، اقدام به انجام پژوهشی در مزرعهٔ مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز واقع در شهرستان محمودآباد استان مازندران شد. در این پژوهش، رقم کوهسار به‌عنوان یک رقم زودرس مقاوم به سرمای اصلاح‌شده که توسط مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور معرفی‌شده و رقم هاشمی به-عنوان بومی شمال کشور انتخاب و اقدام به کشت آن‌ها شده و مقادیر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد برنج مورد مقایسه قرار گرفت.

1- Water Productivity

مواد و روش‌ها

موقعیت اجرای طرح

این پژوهش در مرکز ترویج و توسعهٔ تکنولوژی هراز (کاپیک)، واقع در شهرستان محمودآباد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۹ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع پنج‌متر از سطح دریا انجام شد. جدول ۱ میانگین‌های سالانهٔ پارامترهای اقلیمی ایستگاه هواشناسی کاپیک در طول فصل رشد و جدول‌های ۲ و ۳ به ترتیب خصوصیات خاک و آب محل آزمایش را نشان می‌دهند. خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت لو می‌رسی بوده و از نظر بافت خاک و شوری برای کشت و کار برنج مناسب است.

جدول ۱- میانگین‌های سالانه پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی کاپیک در طول فصل رشد

پارامترهای هواشناسی	میانگین دمای روزانه (°C)		میانگین رطوبت نسبی (٪)		تبخیر از تشتک (mm)	بارش (mm)
	کمترین	بیشترین	کمترین	بیشترین		
سال اول زراعی	۱۸/۱	۲۸/۵	۶۵/۷	۹۳/۵	۷۲۳	۴۰۸
سال دوم زراعی	۱۸/۳	۲۸/۹	۶۳/۶	۹۱/۶	۸۰۳	۳۹۵

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی($dS.m^{-1}$)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک
۰/۵۸	۲۲	۵۰	۲۸	لومی رسی

سامانهٔ کشت و تیمارهای آزمایشی

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با فاکتور سامانهٔ کشت در سه سطح سنتی غرقابی، بهبودیافته و مدیریت کشت فشردهٔ برنج، فاکتور رقم گیاه در دو سطح کوهسار و هاشمی و همچنین فاکتور کشت در دو سطح کشت اول و دوم طی سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. مهم‌ترین تفاوت‌های این سه نوع سامانهٔ کشت در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- برخی از خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی محل آزمایش

$Mg^{2+}+Ca^{2+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	CL^-	سختی کل	قلیائیت	$N\text{-}NO_3^-$	pH	EC
me/l							mg/l			dS/m
۱۳/۵	۳	۱۰/۵	۵	۰	۱	۶۷۵	۲۵۰	۷/۳۳	۷/۹۸	۰/۶۵

سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج (SRI)

این سامانه دارای شش اصل متفاوت بوده که شامل کاشت نشاهای سالم و جوان ۱۰ تا ۱۲ روزه در مرحلهٔ دو تا سه برگی، نشاکاری یک بوته در کپه با عمق کم، فواصل زیادتر بین بوته‌ها (۲۵ سانتی‌متر)، وجین و هوادهی خاک با استفاده از روتاری، مدیریت آبیاری متناوب و دوری از غرقابی دائم و استفاده از کمپوست و کودهای آلی است. در این روش از زمان نشاکاری تا حدود دو هفته بعد از آن، مزرعه با عمق مناسب (پنج سانتی‌متر) در حالت غرقاب نگه داشته شد و از دو هفته بعد از نشاکاری تا دو هفته پیش از زمان برداشت محصول، اقدام به آبیاری متناوب (با عمق کمتر از سه سانتی‌متر) شد و سپس همانند روش سنتی غرقابی، آبیاری تا زمان برداشت قطع شد و پس از رسیدن رطوبت خاک به حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد اشباع، آبیاری بعدی انجام شد، به‌نحوی‌که خاک مزرعه در طول دوره نه در حالت غرقاب کامل و نه کاملاً خشک بوده و دارای رطوبت کافی بود. در این پژوهش، عملیات داشت منطبق بر دستورالعمل کشت رضوی پور و همکاران (۱۳۹۳) به‌طور یکنواخت برای تمامی کرت‌ها انجام شد. خلاصهٔ تفاوت‌های سه سامانه در جدول ۴ آورده شده است.

سامانهٔ سنتی غرقابی

در روش سنتی غرقابی، آبیاری به‌صورت غرقاب دائم و با ارتفاع آب نسبتاً زیاد تا زیاد (۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) انجام و آبیاری دوباره قبل از کاهش ارتفاع آب تا حدود ۳ تا ۵ سانتی‌متری صورت گرفت. تعداد نشاهای به‌کاررفته در زمان نشاکاری نیز بین ۵ تا ۸ نشا در کپه و قد آن‌ها بین ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بود.

جدول ٤- خلاصه‌ای از مهم‌ترین تفاوت‌های سه روش کشت سنتی، مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته

سامانه کشت	کود مصرفی	بذر مصرفی در هکتار	سطح خزانه به مترمربع	سن نشا به‌روز	تعداد نشا در کپه	فاصلهٔ کاشت	روش آبیاری
سنتی غرقابی	شیمیایی	۴۰-۵۰	۲۵۰	۳۰-۴۰	۵-۸	≈(۲۵× ۲۰)	غرقاب دائم
کشت فشرده	مرغی پلت شده	۶-۷	۷۰	۱۰-۱۲	۱	۲۵ ×۲۵	متناوب
بهبودیافته	شیمیایی	۲۰-۲۵	۱۳۰	۳۰-۴۰	۲-۳	≈(۲۵× ۲۰)	متناوب

سامانهٔ بهبودیافته

این سامانه همانند سامانهٔ سنتی غرقابی بوده اما دارای دو تفاوت عمده با آن است. اول این‌که تعداد نشا به‌کاررفته به ۲ تا ۳ بوته در کپه کاهش‌یافته اما همانند روش سنتی غرقابی به‌صورت معمول کشاورزی نشاکاری شد. دومین تفاوت این بود که آبیاری نیز به‌صورت تناوبی با ارتفاع کمتر آب نسبت به سنتی غرقابی و تقریباً مشابه مدیریت کشت فشردهٔ برنج صورت گرفت. تفاوت آن با مدیریت کشت فشردهٔ برنج این بود که در این سامانه بعد از محو آب و رسیدن رطوبت به حدود ۹۵ درصد رطوبت اشباع، آبیاری دوباره صورت گرفت.

روش اجرا

برای اجرای این پژوهش، بعد از گل آب و هموارسازی زمین شالیزاری، عملیات پیاده کردن نقشهٔ طرح صورت گرفت. برای اعمال مدیریت مستقل آبیاری برای هر کرت و جلوگیری از نشت جانبی، مرزبندی با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انجام و پلاستیک کشی روی آن‌ها و همچنین تا عمق ۳۰ سانتی‌متر در زیر آن‌ها انجام شد. کودپاشی هر کرت بر اساس آنالیز خاک صورت گرفت. مقدار آب آبیاری و مقدار مصرف آب در کرت با اندازه‌گیری ارتفاع آب‌روی میخ فلزی انجام شد. با اندازه‌گیری فرو نشت عمقی با استفاده از لوله‌های پلیکای نصب‌شده در هر کرت آزمایشی و کسر نمودن آن از ارتفاع آب کاهش‌یافتهٔ هر کرت، مقدار تبخیر – تعرق محاسبه شد. مقدار بارندگی مؤثر نیز طبق روش ژاپنی مرتبط با شالیزار صورت گرفت؛ بدین‌صورت که بارندگی‌های زیر ۵ میلی‌متر حذف شده و بارندگی‌های بین ۵ تا ۸۰ میلی‌متر در ضریب ۰/۸۰ ضرب شده و برای مقادیر بالاتر از ۸۰ میلی‌متر نیز برابر با ۶۴ میلی‌متر در نظر گرفته شد (جلالی کوتنایی، ۱۳۹۴). پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برای محاسبه‌ی عملکرد بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های سطحی معادل ۴ مترمربع از مرکز هر کرت برداشت و بعد از خرمن‌کوبی بر اساس رطوبت ۱۴ درصد عملکرد محاسبه شد. از هر کرت سه کپه که نماینده‌ی واقعی کپه‌ها بود انتخاب گردید (سه کپه که تعداد پنجه‌ی آن‌ها برابر با میانگین تعداد پنجه‌ی هر کرت بود) و پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته و طول خوشه‌ها، دانه‌ها با دست از خوشه‌ها جدا شدند و با استفاده از آب‌نمک، دانه‌های پر و پوک از هم جدا شده و در هوای آزاد خشکانده شدند. در ادامه سه نمونه‌ی پنج گرمی از دانه‌های پر و سه نمونه‌ی یک گرمی از دانه‌های پوک انتخاب و تعداد دانه‌ها شمارش شدند. بدین طریق تعداد دانه‌های پر و پوک محاسبه گردید. با مشخصات تعداد دانه‌های پر و پوک در خوشه، درصد باروری، تعداد کل دانه در هر خوشه محاسبه گردید. وزن هزار دانه نیز از سه نمونه‌ی پنج گرمی تعیین شد. شمارش تعداد دانه در خوشه در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه شمارشگر بذر صورت گرفت. ارتفاع بوته (قد گیاه شامل مجموع خوشه و ساقه)، طول خوشه (فاصله بین گره خوشه تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک)، تعداد دانه‌ی پر (شمارش تعداد دانه‌ی سالم و پر بعد از سبک-سنگین کردن بذور)، تعداد دانه‌ی پوک (شمارش تعداد دانه‌ی پوک بعد از برداشت)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه سالم با رطوبت ۱۴٪ به‌وسیله‌ی ترازوی دیجیتالی حساس)، درصد رسیدگی (تقسیم تعداد دانه‌ی پر به کل تعداد دانه ضرب در صد)، در نمونه‌ها اندازه‌گیری و یا محاسبه شد. نتایج و داده‌ها با استفاده از نسخه‌ی ۹/۱ نرم‌افزار SAS مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و میانگین تیمارها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

برآورد تبخیر- تعرق

برای تعیین تبخیر – تعرق از روش غیرمستقیم یا روش‌های محاسباتی استفاده شد.

$$Et=Kc\times ETo \quad (۱)$$

که در آن ET تبخیر – تعرق گیاه موردنظر (mm/day)، KC ضریب گیاهی (بدون بعد) و ETO تبخیر – تعرق گیاه مرجع (mm/day) می‌باشد (Allen R.G. et al., 1998). تویودا بیان نمود که دو ویژگی تبخیر – تعرق گیاه و فرو نشت عمقی از عوامل اصلی تعیین آب موردنیاز در اراضی شالیزاری است (Toyoda, H. 1981).

مقدار نیاز آبی در شالیزار، شامل مجموع آب موردنیاز برای تبخیر – تعرق گیاه و فرو نشت عمقی است که از طریق آب آبیاری و بارندگی مؤثر تأمین می‌شود. مقدار تبخیر – تعرق واقعی نیز از کسر نمودن مقدار فرو نشت عمقی از عدد نیاز آبی محاسبه شد. مقدار تبخیر – تعرق مرجع از تشتک نیز با اعمال ضریب ۰/۸۵ در تبخیر

حاصله از آن به دست آمد.

در پژوهش حاضر، ابتدا آب مصرفی در کرت که شامل دو عامل تبخیر – تعرق واقعی گیاه در مزرعه و فرو نشت عمقی است تعیین شد. مقدار تبخیر – تعرق واقعی با استفاده از لایسیمتر نوع ژاپنی و مقدار فرو نشت عمقی توسط لوله‌های نصب‌شده در کرت‌ها اندازه-گیری شد. میزان حجم آب‌داده شده به کرت برای کنترل داده‌ها نیز ثبت گردید. مقدار تبخیر – تعرق مرجع نیز با دو روش تشتک تبخیر کلاس A موجود در ایستگاه هواشناسی مرکز و اعمال ضریب ۰/۸۵ و روش پنمن – مانتیث فائو ۵۶ بر اساس داده‌های هواشناسی مرکز و نرم‌افزار Cropwat محاسبه شد. با تقسیم تبخیر – تعرق واقعی گیاه در مزرعه بر تبخیر – تعرق مرجع در هر یک از دو روش یادشده، مقدار ضریب گیاهی ارقام هاشمی و کوهسار محاسبه شد.

مراحل رشد و نمو برنج

در گیاه برنج، دورهٔ رویشی شامل مراحل جوانه زدن، گیاهچه‌ای، پنجه‌زنی و طویل شدن ساقه؛ دورهٔ زایشی شامل تشکیل خوشهٔ اولیه، آبستنی یا خوشه در غلاف، ظهور خوشه یا خوشه‌دهی و گل‌دهی و دورهٔ رسیدن شامل مراحل شیری، خمیری دانه و مرحلهٔ رسیدن دانه است. جدول ۵ فازهای مختلف رشد و نمو رقم‌های هاشمی و کوهسار را به‌صورت روز بعد از نشاکاری نشان می‌دهد.

جدول ۵- فازهای مختلف رشد در دوره‌های کشت برای رقم کوهسار و هاشمی

رقم محصول	نوع کشت	سال کشت	تاریخ نشاکاری	تاریخ برداشت	روز پس از نشاکاری (DAT)		
					رویشی	زایشی	رسیدن
کوهسار	کشت اول	سال اول	۹۶/۰۳/۱۷	۹۶/۰۶/۰۷	۱–۳۱	۳۲–۵۸	۵۹–۸۴
		سال دوم	۹۷/۰۲/۲۸	۹۷/۰۵/۱۷	۱–۳۰	۳۱–۶۵	۶۶–۸۳
	کشت دوم	سال اول	۹۵/۰۶/۰۳	۹۵/۰۸/۲۵	۱–۳۰	۳۱–۵۶	۵۷–۸۴
		سال دوم	۹۶/۰۵/۳۰	۹۶/۰۸/۲۳	۱–۲۸	۲۹–۶۲	۶۳–۸۶
هاشمی	کشت اول	سال اول	۹۶/۰۳/۱۷	۹۶/۰۶/۱۱	۱–۳۱	۳۲–۵۸	۵۹–۸۸
		سال دوم	۹۷/۰۲/۲۸	۹۷/۰۵/۲۴	۱–۳۰	۳۱–۶۵	۶۶–۹۰
	کشت دوم	سال اول	۹۵/۰۶/۰۳	۹۵/۰۸/۳۰	۱–۲۸	۲۹–۵۶	۵۷–۸۹
		سال دوم	۹۶/۰۵/۳۰	۹۶/۰۸/۲۸	۱–۲۸	۲۹–۶۱	۶۲–۹۱

بهره‌وری آب در کشاورزی

در بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری آب کشاورزی به معنای مقدار تولید محصول به ازای واحد حجم آب است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). بهره‌وری تبخیر – تعرق بر حسب کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب از رابطهٔ (۲) قابل‌محاسبه است(Kijne et al., 2003).

$$WP_{ET}(kg/m^3)=\frac{Y(\frac{kg}{ha})}{ET(\frac{m^3}{ha})} \quad (۲)$$

بهره‌وری مبتنی بر آبیاری و بارش مؤثر نیز از رابطهٔ (۳) محاسبه شد. مقدار آب در مخرج کسر شامل مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر بر حسب مترمکعب در هکتار است (Kijne et al., 2003).

$$WP_{I+P}\,(kg/m^3)=\frac{Y(\frac{kg}{ha})}{(I+P)(\frac{m^3}{ha})} \quad (۳)$$

بهره‌وری مبتنی بر آبیاری نیز از رابطهٔ (۴) محاسبه شد. مقدار آب در مخرج کسر شامل آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار است.

$$WP_{I}\,(kg/m^3)=\frac{Y(\frac{kg}{ha})}{(I)(\frac{m^3}{ha})} \quad (۴)$$

در روابط ۲ تا ۴، Wp (بهره‌وری آب)، ET (تبخیر – تعرق)، Y (محصول در هکتار که در پژوهش حاضر برابر مقدار شلتوک بر حسب کیلوگرم در هکتار بوده)، I (مقدار آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار) و P (بارندگی مؤثر بر حسب مترمکعب در هکتار) است Kijne et al, 2003).

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر رقم، سامانهٔ کشت و اثر متقابل سال با فصل کشت، فصل کشت با رقم و فصل کشت با سامانه کشت برای پارامتر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۶). مقدار عملکرد رقم کوهسار در کشت اول ۴۴۹۴ کیلوگرم در هکتار و در کشت دوم ۳۰۵۵ کیلوگرم در هکتار بود و نشان داد که عملکرد این رقم در کشت دوم به مقدار ۳۲٪ نسبت به کشت اول کاهش یافت. مقدار کاهش عملکرد برای رقم هاشمی نیز به مقدار ۴۶٪ به دست آمد و نشان داد که کاهش عملکرد رقم هاشمی در کشت دوم بیشتر از کوهسار بود (جدول ۱۱). بیشترین مقدار عملکرد دانه با ۴۹۷۶ کیلوگرم در هکتار برای رقم کوهسار در کشت اول در سامانه مدیریت کشت فشرده برنج و کمترین آن مربوط به رقم هاشمی در کشت دوم در سامانهٔ مدیریت

کشت فشردهٔ برنج با مقدار ۲۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود و مقدار عملکرد میانگین رقم‌های کوهسار و هاشمی در کشت دوم نسبت به کشت اول به ترتیب (۴۶ -۳۲) ٪ کاهش داشت. علت کاهش عملکرد در کشت دوم به خاطر وضعیت آب‌وهوایی، خصوصاً کاهش دما در زمان گل‌دهی و پوک شدن دانه‌ها و حتی به خوشه نرفتن پنجه‌ها است. با توجه به زودرس‌تر بودن رقم کوهسار نسبت به هاشمی و مقاومت بیشتر آن نسبت به سرما، کاهش عملکرد رقم کوهسار کمتر از رقم هاشمی بود. میانگین عملکرد با توجه به افزایش دورهٔ رشد گیاه در سامانه مدیریت کشت فشردهٔ برنج و برخورد آن با فصل سرما و کاهش قابل‌توجه عملکرد، کاربرد این سامانه در کشت دوم توصیه نمی‌شود. میانگین عملکرد دو رقم در سه سامانه مختلف کشت در جدول ۱۲ آورده شده است. این نتایج نشان داد که در رقم کوهسار، هرچند عملکرد برنج در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج بیشتر از دو سامانهٔ دیگر بود، ولی دو سامانه مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته در یک گروه قرار گرفتند. در رقم هاشمی نیز سامانه بهبودیافته دارای عملکرد بالاتری بود، ولی با سامانه مدیریت کشت فشردهٔ برنج تفاوت معنی‌داری نداشت. از دلایل افزایش عملکرد در کشت اول در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج می‌توان به افزایش پنجه‌زنی گیاه در شرایط مناسب آب‌وهوایی و اثر مدیریت آبیاری اشاره نمود. نتایج تحقیق اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. آن‌ها دلایل کاهش عملکرد با تأخیر در تاریخ کشت را کاهش دوره رشد گیاه، عقیمی دانه‌های گرده به علت برخورد با دماهای پایین و کاهش تشعشعات خورشیدی در مرحله گل‌دهی ذکر کردند. نتایج تحقیق آمود تاکور و همکاران در کاهش مصرف آب با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند که سامانه مدیریت کشت فشردهٔ برنج باعث افزایش ۵۸ درصدی عملکرد و کاهش ۱۶ درصدی در مصرف آب شده است. بیشترین عملکرد نیز در مدیریت کشت فشردهٔ برنج با دوره آبیاری سه روز پس از محو آب از سطح خاک به دست آمد (Amod et al., 2018K.Thakur). اکبری و مؤمنی گزارش کردند که بیشترین عملکرد رقم کوهسار در کشت دوم برنج در تاریخ ۱۸ مرداد با ۴۱۹۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و با تأخیر در کاشت به تاریخ‌های ۲۸ مرداد و ۷ شهریورماه، عملکرد دانه به ترتیب ۲۲ و ۲۵٪ کاهش یافت (Akbari & moumeni 2015). همچنین رودریگز و همکاران نتیجه گرفتند که روش کم آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به میزان ۳۸٪ مصرف آب شالیزار را بدون کاهش عملکرد و سود کشاورزان کاهش داده است (Rodriguez et al., 2011). سردی هوا و جوان بودن نشا برای سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج در کشت دوم سبب شد تا گیاه فرصت لازم برای ذخیرهٔ مواد غذایی را نداشته و عملکرد کاهش یابد.

اجزای عملکرد

تعداد خوشه در کپه

در این پژوهش، اثر متقابل سال با فصل کشت بر روی تعداد خوشه در کپه در سطح احتمال ۱٪ و اثر رقم، اثر متقابل سال با سامانهٔ کشت، فصل کشت با سامانهٔ کشت نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین تعداد خوشه در کپه برای رقم هاشمی با مقدار ۱۵/۳ عدد و کمترین آن برای رقم کوهسار با تعداد ۱۳/۸ عدد در کشت دوم حاصل شد (جدول ۸). میانگین تعداد خوشه در کپه درکشت دوم برای رقم‌های کوهسار و هاشمی نسبت به کشت اول به ترتیب (۶-۴) ٪ کاهش داشت. تعداد خوشه در کپه در سامانه مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته نسبت به سنتی غرقابی برای رقم کوهسار به ترتیب ۱/۴ ٪ افزایش و ۳/۴ ٪ کاهش داشت. برای رقم هاشمی نیز تعداد خوشه در کپه در دو سامانه مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته نسبت به سنتی به ترتیب (۷/۷ -۲/۷)٪ کاهش نشان داد. نتایج پژوهش اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که با تأخیر در تاریخ نشا در کشت دوم برنج از ۱۸ مرداد تا ۷ شهریور، تعداد پنجه بارور تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش یافت؛ به‌طوری‌که این کاهش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بررسی اسلام و همکاران نشان داد که با تأخیر در کاشت برنج، تعداد پنجه بارور در کپه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Islam et al., 2015).

تعداد دانه در خوشه

تعداد دانه در خوشه از اجزای مهم عملکرد دانه بوده و دمای محیط در زمان رسیدگی، نقش به سزایی در آن دارد. با توجه به نتایج جدول ۶ تجزیهٔ واریانس، اثر رقم، سامانهٔ کشت و اثر متقابل سال با فصل کشت و فصل کشت با رقم در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سال با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. تعداد دانه در خوشه در کشت اول برای کوهسار و هاشمی به ترتیب (۸۴/۳ -۷۹) ٪ و در کشت دوم به ترتیب (۱۰۰/۸ -۶۹/۵)عدد به دست آمد. تعداد دانه در خوشه برای رقم کوهسار در کشت دوم نسبت به کشت اول، افزایش و برای رقم هاشمی، کاهش داشت (جدول ۸). میانگین تعداد دانه در خوشه در کشت‌های اول و دوم در سه سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج، بهبودیافته و سنتی غرقابی برای رقم کوهسار به ترتیب (۱۰۰/۱-۹۸/۶ -۷۹) و برای هاشمی به ترتیب (۸۰-۷۳/۴ -۶۹/۳) به دست آمد. تعداد دانه در خوشه برای رقم کوهسار در سامانه‌های مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته به ترتیب (۲۶/۷ - ۲۴/۸)٪ بیشتر از سامانه سنتی بود. برای رقم هاشمی نیز تعداد دانه در خوشه در دو سامانه ذکر شده به ترتیب (۱۵/۴- ۵/۶)٪ افزایش داشت. نتایج پژوهش اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که با تأخیر در تاریخ نشا، تعداد دانه پوک افزایش‌یافته و تعداد دانه در خوشه کاهش داشت. ابوخدرا و همکاران نیز گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، تعداد دانه کاهش یافت (Abou-Khadrah et al., 2014).

جدول ٦- تجزیه واریانس پارامترهای بررسی‌شده برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد	خوشه در کپه	دانه در خوشه	تعداد دانه پر
سال	۱	۶۵۷۸۰۴**	۵۰۱/۶۱**	۱۴۳۲/۶۴**	۷۶۸/۶**
فصل کشت	۱	۵۳۲۸۵۶۰۵**	۱۰/۹۳۵*	۲۱۷/۴۶^{ns}	۵۱۵۰/۶**
سال × فصل کشت	۱	۱۱۰۳۱۰۷**	۷۵/۱۱**	۳۰۳۲/۳**	۱۰۴/۸^{ns}
تکرار (فصل × سال)	۸	۵۱۳۸۶/۶^{ns}	۲/۷۱^{ns}	۲۶/۲۶^{ns}	۳۰/۱۲^{ns}
رقم	۱	۳۲۰۴۶۶۸**	۱۰/۱۷*	۶۰۵۳/۵**	۱۴۵/۱۵^{ns}
سامانه کشت	۲	۴۶۳۱۵۶**	۴/۲۱^{ns}	۱۶۳۷/۱۲**	۴۷۶/۴**
رقم × سامانه کشت	۲	۹۳۹۷۰/۰^{ns}	۱/۷۱^{ns}	۳۷۲/۷^{ns}	۱۶۴/۳*
سال × رقم	۱	۱۲۱۱۶/۰^{ns}	۰/۶۲۳۴^{ns}	۳۵۷/۲^{ns}	۵/۹۲^{ns}
سال × سامانه کشت	۲	۱۷۰۷۶۲/۰^{ns}	۶/۹۳*	۵۴۶/۱۶*	۱۶۰/۳۵*
فصل کشت × رقم	۱	۱۴۲۶۹۲۳**	۰/۳۵۸۴^{ns}	۳۰۵۳/۵**	۹۹۶/۲**
فصل کشت × سامانه کشت	۲	۱۴۲۹۶۹۰**	۷/۲۸*	۳۲/۲۷^{ns}	۲۷۱/۹**
خطا	۴۰	۸۴۱۸۳	۱/۹۴	۱۳۳/۳۳	۴۵/۱۹
ضریب تغییرات (٪)		۸/۱۴۰	۹/۵۵	۱۳/۸۴	۱۲/۲۶

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

تعداد دانه‌های پر در خوشه

جدول ۶ نشان می‌دهد که برای صفت تعداد دانهٔ پر در خوشه، اثر سال، فصل کشت، سامانهٔ کشت و اثر متقابل فصل کشت با رقم و فصل کشت با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل رقم در سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. تعداد دانهٔ پر در کشت دوم نسبت به کشت اول برای هر دو رقم کوهسار و هاشمی کمتر بود و به ترتیب (۱۵/۶ –۳۶/۸)٪ کاهش داشت (جدول ۸). میانگین تعداد دانهٔ پر در کشت اول و دوم در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج (۵۷/۱) نسبت به سنتی غرقابی (۵۰/۳) برای رقم هاشمی به مقدار ۱۳/۵ ٪ و برای کوهسار به مقدار ۱۸/۷٪ افزایش داشت و از ۴۹ به ۵۸/۲ عدد رسید (جدول ۹). اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که به علت مواجه‌شدن دوران گلدهی و رسیدگی دانه با کاهش دما و افزایش بارندگی پاییزه، تعداد دانه پر کاهش می‌یابد.

درصد رسیدگی

نتایج آنالیز واریانس در جدول ۶ برای صفت درصد رسیدگی نشان داد که اثر رقم و اثر متقابل سال با فصل کشت و فصل کشت با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین درصد رسیدگی در کشت اول (رقم هاشمی – سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج) با ۸۳/۱ ٪ و کمترین نیز در کشت دوم (رقم کوهسار – سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج) با مقدار ۵۲/۷٪ حاصل شد (جدول ۸). مقدار درصد رسیدگی در هر سه سامانه در کشت اول در یک گروه و در کشت دوم در گروه دیگر قرار گرفتند که نشان داد درصد رسیدگی در کشت دوم در تمامی سامانه‌ها نسبت به کشت اول کاهش داشت. اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که از دلایل عمده افزایش دانه پوک در کشت تأخیری، برخورد دوران گل‌دهی و انتهایی رشد با کاهش درجه حرارت و افزایش بارندگی‌های پاییزه است که سبب عقیم شدن خوشه‌ها می‌شود. داوادی و چادهری بیان کردند که افزایش یا کاهش دما در مرحله گل‌دهی برنج منجر به عقیم شدن دانه گرده می‌شود (Dawadi & Chadhary, 2013).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه از صفات مؤثر در تعیین عملکرد بوده و به نوع رقم نیز وابستگی زیادی دارد. در این پژوهش، اثر رقم و اثر متقابل رقم با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سال با فصل کشت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۷). مقدار وزن هزار دانه برای هر رقم در کشت اول و دوم تقریباً برابر بوده و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد، ولی برای رقم کوهسار، مقدار وزن هزار دانه در دو سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته، تفاوت معنی‌داری با سامانه سنتی داشته و از آن بیشتر بود (جدول ۹).

جدول ۷- تجزیه واریانس پارامترهای بررسی‌شده برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		خوشه در کپه	دانه در خوشه	تعداد دانه پر	درصد رسیدگی
سال	۱	۵۰۱/۶۱ **	۱۴۳۲/۶۴ **	۷۶۸/۶ **	۴۱۴۱/۴ **
فصل کشت	۱	۱۰/۹۳۵ *	۲۱۷/۴۶ ^{ns}	۵۱۵۰/۶ **	۷۴۰۹/۹ **
سال × فصل کشت	۱	۷۵/۱۱ **	۳۰۳۲/۳ **	۱۰۴/۸ ^{ns}	۱۰۴۴/۴ **
تکرار (فصل × سال)	۸	۲/۷۱ ^{ns}	۲۶/۲۶ ^{ns}	۳۰/۱۲ ^{ns}	۷۲/۴۱ ^{ns}
رقم	۱	۱۰/۱۷ *	۶۰۵۳/۵ **	۱۴۵/۱۵ ^{ns}	۱۸۵۷/۲ **
سامانه کشت	۲	۴/۲۱ ^{ns}	۱۶۳۷/۱۲ **	۴۷۶/۴ **	۵۰/۸۵ ^{ns}
رقم × سامانه کشت	۲	۱/۷۱ ^{ns}	۳۷۲/۷ ^{ns}	۱۶۴/۳ *	۱۲/۳۰ ^{ns}
سال × رقم	۱	۰/۶۲۳۴ ^{ns}	۳۵۷/۲ ^{ns}	۵/۹۲ ^{ns}	۵۸۳/۲ **
سال × سامانه کشت	۲	۶/۹۳ *	۵۴۶/۱۶ *	۱۶۰/۳۵ *	۱۶۰/۷ *
خطا	۴۰	۱/۹۴	۱۳۳/۳۳	۴۵/۱۹	۳۸/۷۳
ضریب تغییرات (٪)		۹/۵۵	۱۳/۸۴	۱۲/۲۶	۹/۱۹

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل فصل کشت و رقم بر پارامترهای بررسی‌شده برنج

تیمارهای آزمایشی		خوشه در کپه	دانه در خوشه	تعداد دانه پر	درصد رسیدگی	وزن هزار دانه (گرم)	طول خوشه (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
کشت اول	کوهسار	۱۴/۷ ^{a}	۸۴/۳ ^{b}	۶۱/۰ ^{b}	۷۲/۵ ^{b}	۲۹/۸ ^{a}	۲۱/۷ ^{c}	۹۸/۹ ^{b}
	هاشمی	۱۵/۳ ^{a}	۷۹/۰ ^{c}	۶۵/۶ ^{a}	۸۳/۱ ^{a}	۲۵/۸ ^{b}	۲۶/۲ ^{a}	۱۳۹/۲ ^{a}
کشت دوم	کوهسار	۱۳/۸ ^{b}	۱۰۰/۸ ^{a}	۵۱/۵ ^{c}	۵۲/۷ ^{d}	۲۹/۴ ^{a}	۱۹/۷ ^{d}	۸۰/۵ ^{c}
	هاشمی	۱۴/۷ ^{a}	۶۹/۵ ^{d}	۴۱/۲ ^{d}	۶۲/۳ ^{c}	۲۵/۶ ^{b}	۲۳/۳ ^{b}	۹۶/۱ ^{b}

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و سامانه کشت بر پارامترهای بررسی‌شده برنج

تیمارهای آزمایشی		خوشه در کپه	دانه در خوشه	تعداد دانه پر	درصد رسیدگی	وزن هزار دانه (گرم)	طول خوشه (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
کوهسار	مدیریت کشت فشردهٔ برنج	۱۴/۵ ^{b}	۱۰۰/۱ ^{a}	۵۸/۲ ^{a}	۶۰/۲ ^{b}	۳۰/۲ ^{a}	۲۱/۹ ^{c}	۹۳/۱ ^{c}
	بهبودیافته	۱۳/۸ ^{b}	۹۸/۶ ^{a}	۶۱/۴ ^{a}	۶۳/۸ ^{b}	۲۹/۶ ^{a}	۲۰/۰ ^{c}	۸۸/۹ ^{d}
	سنتی غرقابی	۱۴/۳ ^{b}	۷۹/۰ ^{b}	۴۹/۰ ^{b}	۶۳/۶ ^{b}	۲۹/۰ ^{b}	۱۹/۴ ^{d}	۸۷/۰ ^{d}
هاشمی	مدیریت کشت فشردهٔ برنج	۱۵/۶ ^{a}	۸۰/۰ ^{b}	۵۷/۱ ^{a}	۷۱/۸ ^{a}	۲۵/۵ ^{c}	۲۶/۰ ^{a}	۱۱۸/۶ ^{a}
	بهبودیافته	۱۴/۸ ^{a}	۷۳/۴ ^{c}	۵۲/۷ ^{b}	۷۴/۰ ^{a}	۲۵/۶ ^{c}	۲۴/۳ ^{b}	۱۱۹/۹ ^{a}
	سنتی غرقابی	۱۴/۴ ^{b}	۶۹/۳ ^{c}	۵۰/۳ ^{c}	۷۲/۳ ^{a}	۲۵/۹ ^{c}	۲۳/۹ ^{b}	۱۱۴/۳ ^{b}

طول خوشه

اثر رقم، سامانهٔ کشت و اثر متقابل سال با فصل کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین طول خوشه مربوط به رقم هاشمی در کشت با مقدار ۲۶/۲ سانتی‌متر و کمترین آن به رقم کوهسار در کشت دوم (سامانهٔ سنتی غرقابی) با ارتفاع ۱۹/۷ سانتی-متر بود. مقدار طول خوشه برای ارقام کوهسار و هاشمی در کشت دوم نسبت به کشت اول به ترتیب (۹/۲ -۱۱)٪ کاهش داشت (جدول ۸).

در هر دو رقم، بیشترین طول خوشه به ترتیب برای سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج، بهبودیافته و سنتی غرقابی ثبت شد به‌طوری‌که طول خوشه در رقم کوهسار و هاشمی در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج به ترتیب به مقدار (۱۲/۸-۸/۷)٪ بیشتر از سنتی بود. اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که صفت طول خوشه در کشت دوم به خاطر بارندگی پاییزه و کاهش درجه حرارت کاهش می‌یابد. عثمان و همکاران گزارش کردند که طول خوشه با تأخیر در

کشت به دلیل شرایط نامناسب دمایی از میزان آن کاسته شد (Osman et al., 2015).

ارتفاع گیاه

اثر رقم، سامانهٔ کشت و اثر متقابل سال با فصل کشت و فصل کشت با رقم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین ارتفاع گیاه برای رقم هاشمی در کشت اول با ارتفاع ۱۳۹/۲ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به رقم کوهسار در کشت دوم با ارتفاع ۸۰/۵ سانتی‌متر بود. مقدار ارتفاع گیاه برای رقم‌های کوهسار و هاشمی در کشت دوم نسبت به کشت اول به ترتیب (۱۸/۶ –۳۰/۹)٪ کاهش داشت و نتایج در سه گروه متفاوت قرار گرفتند (جدول ۸). اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که ارتفاع بوته تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ایشان کاهش ارتفاع گیاه را مربوط به عواملی همچون افزایش بارندگی پاییزه و کاهش محسوس درجه حرارت ذکر نموده و گیاه در این شرایط فرصت کافی جهت تکمیل فاز رویشی پیدا نکرده و نهایتاً ارتفاع بوته کاهش یافت. ابوخدرا و همکاران نیز گزارش کردند که تأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. در تحقیق حاضر در کشت دوم، عامل اصلی کاهش ارتفاع گیاه در کشت دوم، دمای هوا بوده که کاهش چشم‌گیری نسبت به دورهٔ کشت اول داشت و اثر سرما در کاهش ارتفاع گیاه کاملاً مشهود بود (Abou-Khadrah et al., 2014). صداقت و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که عامل آبیاری از نظر عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و از نظر تعداد پنجه بارور در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

بهره‌وری آب

بهره‌وری مبتنی بر آبیاری و بارندگی

اثر رقم، سامانهٔ کشت و اثر متقابل سال با فصل کشت، فصل کشت با رقم و فصل کشت با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱۰). مقدار بهره‌وری مبتنی بر آبیاری و بارندگی در کشت اول برای رقم کوهسار به مقدار ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب و برای رقم هاشمی ۰/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که به ترتیب با (۲۱/۷– ۳۹/۱)٪ کاهش به اعداد (۰/۶۱ – ۰/۴۵) رسید (جدول ۱۱). مقدار بهره‌وری در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج برای رقم کوهسار تفاوت معنی‌داری با دو سامانه دیگر داشت. برای رقم هاشمی نیز دو سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته در یک گروه قرار گرفته و تفاوت معنی‌داری با سامانه سنتی غرقابی داشتند. صداقت و همکاران (۱۳۹۳) مقدار بهره‌وری مبتنی بر آبیاری را در تیمار مدیریتی کشت نیمه‌خشک را بالاتر از دیگر روش‌ها همچون غرقابی، تناوب خشکی و رطوبت، ترکیب آب کم‌عمق با تناوب خشکی و رطوبت دانسته مقدار آن را ۱/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند.

بهره‌وری مبتنی بر آبیاری

اثر متقابل سال با فصل کشت، رقم با سامانهٔ کشت، فصل کشت با رقم و فصل کشت با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱۰). بیشترین مقدار بهره‌وری مبتنی بر آبیاری با مقدار ۱/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب برای رقم کوهسار در کشت دوم و کمترین مقدار نیز برای رقم هاشمی در کشت اول با مقدار ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب اختصاص یافت. نتایج نشان داد که مقدار بهره‌وری مبتنی بر آبیاری در کشت دوم نسبت به کشت اول برای رقم‌های کوهسار و هاشمی به ترتیب (۱۰۳/۶ –۴۸/۷)٪ افزایش داشت که به خاطر بارندگی مؤثر بیشتر در کشت دوم بود (جدول ۱۱). نتایج نشان داد که به‌کارگیری سامانه‌های مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته نسبت به سنتی غرقابی باعث افزایش بهره‌وری آب به ترتیب به مقدار (۷۸/۸ –۳۶/۶) ٪ برای رقم کوهسار و مقدار (۶۱/۳ – ۲۶/۶) ٪ در رقم هاشمی شده است (جدول ۱۲). صداقت و همکاران (۱۳۹۳) مقدار بهره‌وری مبتنی بر آبیاری را در تیمار مدیریتی کشت نیمه‌خشک را بالاتر از دیگر روش‌ها همچون غرقابی، تناوب خشکی و رطوبت، ترکیب آب کم‌عمق با تناوب خشکی و رطوبت دانسته و مقدار آن را ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند.

بهره‌وری مبتنی بر تبخیر – تعرق گیاه

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر رقم، سامانهٔ کشت و اثر متقابل سال با فصل کشت، فصل کشت با رقم و فصل کشت با سامانهٔ کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱۰). بیشترین مقدار بهره‌وری مبتنی بر تبخیر – تعرق گیاه در کشت اول مربوط به رقم کوهسار به مقدار ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین آن مربوط به رقم هاشمی در کشت دوم به مقدار ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود. نتایج نشان داد که مقدار بهره‌وری مبتنی بر تبخیر – تعرق در کشت دوم نسبت به کشت اول به ترتیب برای رقم‌های کوهسار و هاشمی به ترتیب (۱۶/۳ – ۳۳)٪ کاهش داشت (جدول ۱۱). به‌کارگیری سامانه‌های مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته برای رقم کوهسار به ترتیب باعث افزایش بهره‌وری به میزان (۲۷/۳ –۱۶/۶)٪ و برای رقم هاشمی نیز باعث افزایش (۲۵ –۱۵/۳)٪ نسبت به سامانه سنتی غرقابی شده است (جدول ۱۲).

جدول ۱۰- تجزیه واریانس پارامترهای بررسی‌شده برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		بهره‌وری مبتنی بر آبیاری و بارندگی	بهره‌وری مبتنی بر آبیاری	بهره‌وری مبتنی بر تبخیر - تعرق
سال	۱	۰/۱۶۲۴**	۳/۴۴۵**	۰/۲۷۵۰**
فصل کشت	۱	۰/۹۶۶۰**	۶/۸۳۸**	۱/۰۳۹**
سال × فصل کشت	۱	۰/۰۴۹۰**	۲/۸۰۴**	۰/۰۹۶۰**
تکرار (فصل × سال)	۸	۰/۰۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۸۰^{ns}	۰/۰۰۳۹^{ns}
رقم	۱	۰/۱۶۸۲**	۱/۳۹۱**	۰/۳۹۴۵**
سامانه کشت	۲	۰/۱۵۹۸**	۲/۰۴۱**	۰/۲۷۵۶**
رقم × سامانه کشت	۲	۰/۰۰۷۴^{ns}	۰/۰۹۲۵**	۰/۰۰۲۲^{ns}
سال × رقم	۱	۰/۰۰۰۶۷^{ns}	۰/۳۳۴۸**	۰/۰۰۱۹^{ns}
سال × سامانه کشت	۲	۰/۰۱۲۶*	۰/۶۸۵۲**	۰/۰۱۶۵^{ns}
فصل کشت × رقم	۱	۰/۰۵۶۶**	۰/۹۸۷۰**	۰/۱۳۰۹**
فصل کشت× سامانه کشت	۲	۰/۰۳۰۲**	۰/۷۰۸۳**	۰/۰۷۶۵**
خطا	۴۰	۰/۰۰۳۵	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۷۵
ضریب تغییرات (٪)		۹/۱۲	۱۱/۵۷	۹/۷۷

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۱۱- اثر متقابل فصل کشت با رقم بر پارامترهای بررسی‌شده کشت برنج

تیمارهای آزمایشی		عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	آبیاری+بارندگی (مترمکعب بر هکتار)	آبیاری (مترمکعب در هکتار)	تبخیر - تعرق (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری (۱) کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری (۲) کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری (۳) کیلوگرم بر مترمکعب
کشت	کوهسار	۴۴۹۴ ^{a}	۵۷۷۰ ^{a}	۵۵۱۵ ^{a}	۴۳۶۳^{b}	۰/۷۸ ^{a}	۰/۸۲ ^{c}	۱/۰۴ ^{a}
اول	هاشمی	۴۳۵۴ ^{a}	۵۸۸۴ ^{a}	۵۶۲۹ ^{a}	۴۵۱۱ ^{a}	۰/۷۴ ^{b}	۰/۷۸ ^{c}	۰/۹۷ ^{b}
کشت	کوهسار	۳۰۵۵ ^{b}	۵۰۸۰ ^{b}	۲۱۴۰ ^{b}	۳۵۰۰ ^{d}	۰/۶۱ ^{c}	۱/۶۷ ^{a}	۰/۸۷ ^{c}
دوم	هاشمی	۲۳۵۲ ^{c}	۵۱۸۹ ^{b}	۲۲۵۶^{b}	۳۶۴۵^{c}	۰/۴۵ ^{d}	۱/۱۶^{b}	۰/۶۵ ^{d}

۱: بهره‌وری مبتنی بر آبیاری و بارش ۲: بهره‌وری مبتنی بر آبیاری ۳: بهره‌وری مبتنی بر تبخیر - تعرق

جدول ۱۲-اثر متقابل رقم با سامانه کشت بر پارامترهای بررسی‌شده کشت برنج

تیمارهای آزمایشی		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	آبیاری+بارندگی (مترمکعب در هکتار)	آبیاری (مترمکعب در هکتار)	تبخیر - تعرق (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری (۱) کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری (۲) کیلوگرم بر مترمکعب	بهره‌وری (۳) کیلوگرم بر مترمکعب
کوهسار	مدیریت کشت فشرده	۳۸۸۹^{a}	۴۹۱۰^{c}	۳۳۱۲^{c}	۳۵۸۷^{d}	۰/۷۸^{a}	۱/۶۱ ^{a}	۱/۰۷ ^{a}
	بهبودیافته	۳۸۷۳^{a}	۵۳۷۰ ^{b}	۳۷۷۲^{b}	۳۹۳۲^{c}	۰/۷۲ ^{b}	۱/۲۳ ^{b}	۰/۹۸ ^{b}
	سنتی غرقابی	۳۵۶۳^{b}	۵۹۹۶^{a}	۴۳۹۹^{a}	۴۲۷۶^{b}	۰/۵۹ ^{d}	۰/۹۰ ^{c}	۰/۸۴ ^{b}
هاشمی	مدیریت کشت فشرده	۳۳۳۱^{b}	۵۰۰۰ ^{c}	۳۴۰۲^{c}	۳۵۹۹^{d}	۰/۶۶ ^{c}	۱/۲۱ ^{c}	۰/۹۰^{b}
	بهبودیافته	۳۴۷۵^{b}	۵۵۰۸ ^{b}	۳۹۱۰^{b}	۴۱۴۲ ^{b}	۰/۶۳ ^{c}	۰/۹۵ ^{c}	۰/۸۳ ^{b}
	سنتی غرقابی	۳۲۵۲^{c}	۶۱۱۲ ^{a}	۴۵۱۵^{a}	۴۵۱۱ ^{a}	۰/۵۳ ^{e}	۰/۷۵ ^{d}	۰/۷۲ ^{c}

۱: بهره‌وری مبتنی بر آبیاری و بارش ۲: بهره‌وری مبتنی بر آبیاری ۳: بهره‌وری مبتنی بر تبخیر - تعرق

نتیجه‌گیری

مقدار عملکرد میانگین رقم‌های کوهسار و هاشمی در کشت دوم نسبت به کشت اول کاهش داشت. علت کاهش عملکرد در کشت دوم به خاطر وضعیت آب‌وهوایی خصوصاً کاهش دما در زمان گل-دهی و پوک شدن دانه‌ها و حتی به خوشه نرفتن پنجه‌ها است. با

توجه به زودرس‌تر بودن کوهسار نسبت به هاشمی و مقاومت بیشتر آن نسبت به سرما، کاهش عملکرد رقم کوهسار کمتر از هاشمی بود. ب با توجه به افزایش دورهٔ رشد گیاه در سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج و برخورد آن با فصل سرما و کاهش قابل‌توجه عملکرد، کاربرد این سامانه در کشت دوم توصیه نمی‌شود. نتایج نشان داد که به‌کارگیری سامانه‌های مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته نسبت به سنتی غرقابی باعث افزایش بهره‌وری آبیاری و بارندگی در هر دو رقم شده است. با توجه به نتایج کسب‌شده می‌توان دو سامانهٔ مدیریت کشت فشردهٔ برنج و بهبودیافته را به‌عنوان راهکار افزایش بهره‌وری آب پیشنهاد نمود. ایجاد پایلوت‌های نمایشی در مزارع کشاورزان و برگزاری کلاس‌های ترویجی از راهکارهای لازم در این زمینه است.

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

احمدی، ک.، عباد زاده، ح ر.، حاتمی، ف. ، عبدشاه، ه. و کاظمیان، ا. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی.

اسماعیل‌زاده، م.، نیک‌نژاد، ی.، فلاح آملی، ه. و خیری، ن. ۱۳۹۵. تعیین زمان مناسب نشاکاری (Oryza sativa.L) رقم طارم محلی درکشت دوم در مازندران. نشریه علمی پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۰(۴): ۱۰۰۶-۹۹۱

رضایی، م. امیری، ا. و معتمد، م ک.۱۳۹۰. اثر آبیاری تناوبی و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم محلی هاشمی در گیلان. پژوهش‌های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی). ۲۴(۴): ۶۷-۵۷.

رضوی پور، ت.، امیری لاریجانی، ب.، محمدیان، م.، جلالی کوتنایی، ن.، کارگران، م.، یوسفیان، ح.، شکری، ع ر.، حسینی، س ج. و رمضان‌پور، ی. ۱۳۹۳. مقایسهٔ عملکرد و بهره‌وری تولید محصول برنج تحت سیستم‌های مختلف کشت سنتی، بهبودیافته و سیستم مدیریت فشردهٔ کشت (SRI). گزارش نهایی پروژهٔ تحقیقاتی به شمارهٔ ثبت ۴۱۷۷۴ سازمان تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی.

اسدی، ر. و لطیفی، ع. ۱۳۹۸. توصیهٔ آبیاری تناوبی در شالیزار برای کاهش مصرف آب در استان مازندران. مجلهٔ ترویجی شالیزار. ۱(۲):۸-۱۳.

امیری، ا. و رضایی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی بیلان و بهره‌وری آب برنج در شرایط آبیاری تناوبی و کود نیتروژن. آبیاری و زهکشی ایران. ۴(۶):۳۰۶-۳۱۵.

جلالی کوتنایی، ن. ۱۳۹۴. تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی شالیزاری، مؤسسهٔ آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، شابک ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۷۰-۳۰-۳

سبک‌رو فومنی، ر.، سیف‌زاده، س.، علی نیا، ف.، ولد آبادی، س ع. و یزدانی، م ر. ۱۳۹۹. اثر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر رشد و شاخص‌های رشدی و آب مصرفی گیاه برنج (Oryza sativa L.) در شرایط آب‌وهوایی گیلان، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲(۱): ۵۴-۳۷.

صداقت، ن.، پیر دشتی، ه.، اسدی، ر. و موسوی طغانی، س. ی. ۱۳۹۳. اثر روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب در برنج. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸(۱): ۹-۱.

صداقت، ن. ، بیابانی، ع.، صبوری، ح.، نصیری، م.، فلاح، ا. و صفی خانی، س. ۱۳۹۹. ارزیابی برخی از صفات مرفوفیزیولوژیکی و شاخص‌های رشد برنج در روش‌های آبیاری، فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۲(۴۷): ۱۳۱-۱۱۵.

قربانیان آستانه، ی.، امیری، ا.، رضوی پور، ت. و رضایی، م. ۱۳۹۱. مقایسهٔ مدیریت‌های مختلف آبیاری با سیستم نوین مدیریت کشت برنج (SRI) بر بهره‌وری آب، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ساری.

کاوسی، م. و یزدانی، م ر. ۱۳۹۹. اثر دور آبیاری و میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج (Oryza sativa L.) رقم هاشمی. علوم زراعی ایران، ۲۲(۲): ۱۸۲-۱۶۸.

میری، ح ر.، نیاکان، و. و باقری، ع. ۱۳۹۱. تأثیر آبیاری تناوبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در کشت مستقیم برنج در منطقهٔ کازرون. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۲(۵): ۲۶-۱۳.

Abou-Khadrah, S.H., M.I. Abo-Youssef, E.M. Hafez. and A.A. Rehan. 2014. Effect of planting methods and sowing dates on yield and yield attributes of rice varieties under D.U.S. experiment. Scientia Agriculturae. 8(3): 133-139.

Allen RG, Pereira LS, Raes D. and Smith M, 1998. Crop evapotranspiration. Guide lines for computing crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy.

Thakur, A.K., Mandal, K.G., Mohanty, R.K. and Ambast, S.K. 2018. Rice root growth, photosynthesis, yield and water productivity improvements through modifying cultivation practices and water management. Agricultural Water Management. 206(30): 67-77

and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, India, agricultural water management. 96:525–532Roderick, M., G.R. Florencia, G.D.P.

Osman, K.A., Mustafa, A.M., Elsheikh, Y.M., Idris, A.E. and Box, P. 2015. Influence of different sowing dates on growth and yield of direct seeded rice (Oryza sativa L.) in semi-arid zone (Sudan). International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 6(6): 38-48.

Rejesus, R.M., Palis, F.G., Rodriguez, D.G.P., Lampayan, R.M. and Bouman, B.A. 2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. Food Policy, 36(2): 280-288.

Srinivasulu, P., Ramulu, V., Devi, M.U. and Sreenivas, G. 2018. Influence of Irrigation Regimes and Nitrogen Levels on Growth, Yield and Water Productivity of Rice under Alternate Wetting and Drying (AWD) Method of Water Management. Int. J. Curr. Microbiol. Apply Science. 7(4): 3307-3311.

Toyoda, H. 1981. Irrigation, Irrigation and drainage course, Tsukuba international agricultural training center, Japan international cooperation agency, JICA

Wang, Y., Zhou, L., Jia, Q. and Yu, W. 2017. Water use efficiency of a rice paddy field in liaohe delta, northeast china, Agricultural water management. 187: 222-231.

Akbari, R. and A. Moumeni. 2015. Study of optimum transplanting date and utilization rate of nitrogen fertilizer in second cropping of rice (Oryza sativa L.) var. Koohsar in Mazandaran. Journal of Crop Production. 8(2): 195-207. (In Persian).

Dawadi, K.P. and N.K. Chaudhary. 2013. Effect of sowing dates and varieties on yield and yield attributes of direct seeded rice in Chitwan, Nepal. International Journal of Agricultural Science and Research. 2(4): 095-102.

Carracelas, G., Hornbuckle, J., Rosas, J. and Roel, A. 2019. Irrigation management strategies to increase waterproductivity in Oryza sativa (rice) in Uruguay, Agricultural Water Management. 222: 161-17.

Hidayah, S., Agustina, D.A. and Joubert, M.D. 2008. Intermittent irrigation in system of rice intensification potential as an adaptation and mitigation option of negative impacts of rice cultivation in irrigated paddy field, Indonesia.

Islam, M.S., M.A. Hossain, M.A.H. Chowdhury. and M.A. Hannan. 2008. Effect of nitrogen and transplanting date on yield and yield components of aromatic rice. Journal of the Bangladesh Agricultural University. 6(2): 291-296.

Kijne, J.W., Barker, R. and Molde, D. 2003. Water Productivity in Agriculture: UK, Wallingford Limits and Opportunities for Improvement. CAB International.

Mahajan, G., Bharaj, T.S. and Timsina, J. 2009. Yield

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 135-147

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۱۴۷-۱۳۵

Evaluation of the Effect of Different Cultivation Systems on Water Productivity, Yield and Yield components of Two Improved and Native Rice Cultivars

N. Jalali koutenaei[1], A. Shahnazari[2]*, M.K. Ziatabar Ahmadi[3], M. Khoshravesh[4], M. Rezaei[5]
Recived: Sep.11, 2021 Accepted: Nov.01, 2021

Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of three rice cultivation systems including traditional flooded cultivation, improved cultivation and system of rice intensification (SRI) with different irrigation regimes on water productivity, yield and yield components of Hashemi and Kuhsar cultivars in the first and second crops. It was done in factorial in the form of a randomized complete block design in two cropping years of 2016-2017 and 2017-2018 of Mazandaran province in Iran. The results showed that the effect of these three cropping systems on the number of seeds per panicle, number of full and empty seeds, grain yield, plant height, cluster length, water requirement and plant evapotranspiration was statistically significant at 1% level. The highest amount of irrigation-based productivity with a value of 2.24 for Kuhsar cultivar in the second crop (intensive rice cultivation management) and the lowest amount for Kuhsar cultivar in the first crop (traditional flooding system) with a value of 0.66 kg / m3 Kg of paddy per cubic meter of water was allocated.The results showed that the use of improved and intensive rice cultivation management systems increases water productivity and therefore can be one of the recommended solutions to officials and farmers in rice fields. Due to the increase in plant growth period in the intensive rice cultivation management system due to the young age of the plant and the possibility of its collision with the cold season and a significant reduction in yield, its use in the second crop, especially when delayed transplanting is not recommended. Be.

Keywords: First crop, Paddy field, Second crop, Traditional flooding, Water requirements

1- PhD graduate, Department of Water Engineering, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari, Iran
2- Professor, Department of Water Engineering, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari. Iran
3- Professor, Department of Water Engineering, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari, Iran
4- Associate professor, Department of Water Engineering, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari, Iran
5- Rice ResearchIn istitute of lran, Agricultural Research Education and Exiension Organization (AREEO), Rash
(*- Corresponding Author Email: Aliponh@yahoo.com)