برآورد نیاز آبی و ضریب‌گیاهی برنج رقم‌های کوهسار و هاشمی در سامانه‌های مختلف کشت

نوراله جلالی‌کوتنایی، علی شاهنظری[1]، میرخالق ضیاءتبار احمدی ، مجتبی خوش‌روش و مجتبی رضایی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
Njalali2000@yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
Aliponh@yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
mzahmadi@yahoo.com
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
khoshravesh_m24@yahoo.com
عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، رشت، ایران.
mrezaeii@yahoo.com

دریافت: آبان ۱۳۹۹ و پذیرش: شهریور ۱۴۰۰

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات مدیریت آبیاری بر روی مقدار آب مورد نیاز مزرعه برنج و ضریب‌گیاهی در کشت اول دو رقم هاشمی و کوهسار در شرایط مزرعه در شهرستان محمودآباد در استان مازندران بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام‌شد. مقدار آب مورد نیاز مزرعه (از نشاءکاری تا برداشت) و ضریب‌گیاهی این دو رقم در دو سامانه کشت سنتی غرقابی و مدیریت کشت فشرده برنج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در کشت نخست، مقدار میانگین دوساله آب مورد نیاز مزرعه برای رقم های کوهسار و هاشمی در سامانه‌ی مدیریت کشت فشرده‌ی برنج به ترتیب ۵۳۴ و ۵۵۶ و برای سامانه‌ی سنتی غرقابی ۶۲۳ و ۶۳۲ میلی‌متر بود. مقدار آب مورد نیاز مزرعه در کشت سنتی غرقابی نیز به میزان ۱۳/۱٪ در سامانه‌ی مدیریت کشت فشرده‌ی برنج کاهش یافت. مقادیر ضریب‌گیاهی بر پایه‌ی تبخیر- تعرق مرجع از روش تشتک تبخیر برای فازهای سه‌گانه‌ی رویشی، زایشی و رسیدن، برای سامانه‌ی سنتی غرقاب در کشت اول برای رقم کوهسار به ترتیب از راست به چپ برابر با (۱/۱۴-۱/۱۲۹ -۰/۹۲) و هاشمی (۱/۱۸-۱/۳۲-۰/۹۲) به‌دست آمد. طبق نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که به‌کارگیری سامانه‌ی کشت فشرده‌ی برنج باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب شالیزار می‌شود. لذا با توجه به کمبود آب در کشور، می‌توان از این روش به عنوان یکی از راهکارهای سازگاری با کم‌آبی در مناطق برنج‌خیز بهره برد.

واژه‌های کلیدی: شالیزار، تبخیر تعرق مرجع، **روش تشتک تبخیر**، کشت فشرده برنج، کشت سنتی غرقاب

۱.آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری.

مقدمه

برنج یکی از انواع غلاتی است که غذای بیش از دو سوم جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. سطح اراضی شالیزاری در جهان در سال ۲۰۱۹ بالغ بر ۱۶۲ میلیون‌هکتار و مقدار تولید شلتوک نیز ۷۵۵ میلیون‌تن گزارش شد (فائو، ۲۰۱۹). بر اساس آمارنامه‌ی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت شلتوک کشور بالغ بر ۸۹۲ هزار هکتار با تولید ۴/۴۲۲ میلیون‌تن و میانگین عملکرد ۴۹۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. مازندران نیز با سطح شالیزاری معادل ۲۷۲ هزار هکتار و تولید ۱/۴۲۸ میلیون تن شلتوک دارای رتبه‌ی نخست کشوری بوده و میانگین عملکرد این استان برابر با ۵۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). از سوی دیگر، تازه‌ترین به‌روزرسانی گزارش اطلس ریسک‌های آبی حکایت از آن دارد که با اثرگذاری تغییرات آب و هوایی، ۱۷ کشور جهان که تقریباً یک‌چهارم از جمعیت جهان را شامل می‌شود. با بحران‌های آبی بسیار شدید مواجه بوده و کشور ایران در رده‌ی چهارم آن قرار دارد (هافستی و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به رشد جمعیت کشور، تأمین غذا برای آینده نیازمند استحصال آب بیشتر است، حال این‌که با توجه به وضعیت اقلیمی، چنین آبی تحت هیچ شرایطی در دسترس نخواهد بود و از این رو بایستی گزینه‌های نوین کشت جایگزین کشاورزی سنتی شده و در مصرف آب صرفه‌جویی شود. تنها راه پاسخ به تقاضای روزافزون غذا و تولید بیشتر، مصرف کمتر آب و افزایش راندمان خواهد بود (باقری و همکاران،۱۳۹۳).

سیستم مدیریت فشرده کشت برنج روشی است که با اعمال یک سری تغییرات مدیریتی باعث به‌وجود آمدن محیطی مناسب برای رشد گیاه می‌شود. این روش به‌لیل افزایش عملکرد در مقابل کاهش نهاده، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌است. مهم‌ترین هدف این سیستم افزایش بهره‌وری در فاریاب‌های برنج، از طریق بهبود مدیریت گیاه، خاک، آب و عناصر غذایی با رویکرد افزایش بهره‌وری زمین، نیروی انسانی و سرمایه در تولید برنج است (تقوی قاسمخیلی و پیردشتی، ۱۳۹۵).

مطالعات زیادی در خصوص تعیین نیاز آبی و ضریب برنج در ایران برای ارقام مختلف انجام شده‌است. فرشی و همکاران (۱۳۷۶)، مقادیر نیاز آبی خالص برنج برای ایستگاه بابلسر را از دهه‌ی دوم فروردین تا دهه‌ی سوم مرداد ماه به صورت ده‌روزه گزارش کردند که بیشترین مقدار آن با ۹۸ میلی‌متر، مربوط به دهه‌ی سوم اردیبهشت و کمترین مقدار آن با ۲۸/۶ میلی‌متر مربوط به دهه‌ی سوم مرداد بوده و در مجموع این مقدار برابر با ۸۸۷/۲ میلی‌متر بوده‌است.

در مطالعات انجام شده برای تبخیر- تعرق برنج برای رقم فجر ۵۲۶ میلی‌متر (اسدی و نصیری، ۱۳۸۸)، برای رقم طارم ۴۶۸ و ۴۷۷ میلی‌متر (باباپور گل‌افشانی و همکاران، ۱۳۹۱)، برای ارقام هاشمی و خزر به ترتیب ۴۲۹ و ۴۵۶ میلی‌متر (مدبری و همکاران، ۱۳۹۳)، رقم طارم توسط لایسیمتر در شهرستان محمودآباد برابر ۴۹۹ میلی‌متر (جلالی کوتنایی و همکاران، ۱۳۸۷)، نیاز آبی خالص برای رقم‌های خزر ۵۲۶، بهار ۴۹۰ و هاشمی ۴۵۹ میلی‌متر در رشت (پیرمرادیان و همکاران، ۱۳۹۲)، رقم‌های بینام و خزر در لایسیمتر در سال اول تحقیق به ترتیب ۵۲۷ و ۵۴۰ میلی‌متر، در سال دوم به ترتیب ۵۱۹ و ۵۳۶ میلی‌متر و در سال سوم به ترتیب ۴۷۴ و ۵۲۰ میلی‌متر در رشت (پوریزدان‌خواه و همکاران، ۱۳۹۳)، نیاز آبی رقم‌های هاشمی و شیرودی به ترتیب ۳۵۱ و ۳۹۷ میلی‌متر (غلامی سفیدکوهی و همکاران، ۱۳۹۹) گزارش شد.

در سامانه‌ی مدیریت کشت فشرده برنج در اندونزی، مقدار آب موردنیاز برابر ۴۳۰ میلی‌متر و در غرقاب کامل ۷۸۴ میلی‌متر (هیدایه و همکاران، ۲۰۰۸)، نیاز آبی در چین ۶۶۷ میلی‌متر (کائوشن و همکاران،۲۰۱۸)، تبخیر-تعرق برنج در چین ۸۱۶ میلی‌متر (یو و همکاران، ۲۰۱۷)، نیاز آبی در کشت اول و دوم در تایوان به‌ترتیب ۹۶۲ و ۱۱۱۴ میلی‌متر (کو و همکاران، ۲۰۰۶) گزارش شد.

میانگین ضریب گیاهی ارقام از مطالعات مختلف نشان-دهنده‌ی تفاوت آن‌ها در مناطق و ارقام است و مطالعات زیادی در این خصوص انجام شد. این ضریب برای رقم خزر ۱/۱۰ و بینام ۱/۰۹ در رشت (پوریزدان‌خواه و همکاران، ۱۳۹۳)، برای فازهای رویشی، زایشی و رسیدن برای رقم طارم در محمودآباد به‌ترتیب ۱/۰۵، ۱/۲۶ و ۱/۰۷ (جلالی کوتنایی و همکاران، ۱۳۸۷)، برای ارقام هاشمی، خزر و بهار با توجه به رقم بین ۰/۷۶ تا ۱/۰۹ برای مرحله‌ی ابتدایی، ۱/۱۵ تا ۱/۴۸ برای مرحله‌ی میانی و ۰/۹۱ تا ۱/۲۱ برای مرحله‌ی انتهایی در رشت (پیرمرادیان و همکاران، ۱۳۹۲)، برای رقم هاشمی در فازهای رویشی، زایشی و رسیدن برای کشت اول به ترتیب ۰/۹۸، ۱/۴۰ و ۱/۰۳ و برای کشت دوم ۰/۹۵، ۱/۳۰ و ۱/۰۱ در ساری (بابایی و همکاران، ۱۳۹۸) گزارش شد. غلامی سفیدکوهی و همکاران (۱۳۹۹) نیز بر پایه روش‌های محاسباتی تبخیر–تعرق مرجع طی دوره‌های ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به ترتیب بین ۰/۸ تا ۱/۲، ۰/۹ تا ۱/۴۱، ۰/۶۹ تا ۰/۹۹ برای رقم هاشمی و ۰/۷۳ تا ۱/۱۲، ۰/۷۶ تا ۱/۲، ۰/۷۳ تا ۱/۱۵ برای رقم شیرودی به دست آوردند.

والا و امان (۲۰۱۳) در تحقیق خود در مصر، مقدار ضریب گیاهی برنج را برای ماه‌های آوریل، مه، ژوئن به ترتیب ۱/۱۲، ۱/۲۷، ۱/۵۴ و برای ماه‌های ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر برابر با ۱/۶۵، ۱/۵۷، ۱/۳۹ و ۱/۱۵ اعلام کردند. همچنین مقدار ضریب گیاهی برنج در نشریه‌ی فائو شماره ۵۶، در شرایط بیشترین ارتفاع گیاه و با مدیریت خوب در شرایط نیمه‌مرطوب برای مرحله‌ی ابتدایی ۱/۰۵، میانی ۱/۲۰ و انتهایی ۰/۹ (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) اعلام شد. ضریب گیاهی برای مراحل سه‌گانه‌ی رشد برنج در پاکستان به ترتیب برابر با ۰/۹۶، ۱/۲۰ و ۱/۱۷ (شاه و همکاران، ۱۹۸۶) و برای مراحل چهارگانه‌ی رشد در هندوستان نیز به ترتیب برابر با ۱/۱۵، ۱/۲۳، ۱/۱۴ و ۱/۰۲ (تیاگی و همکاران، ۲۰۰۰) گزارش شد.

هرچند مرور منابع نشان می‌دهد که مطالعات زیادی در خصوص نیاز آبی و ضریب گیاهی برنج در ایران و جهان صورت گرفته، اما مطالعه‌ای برای رقم کوهسار در دو سامانه کشت سنتی غرقاب و مدیریت کشت فشرده‌ی برنج مشاهده نشده است. از این‌رو با توجه به معرفی رقم کوهسار به‌عنوان یک رقم زودرس و مقاوم به سرما توسط مؤسسه‌ی تحقیقات برنج کشور و رقم مرسوم هاشمی در شمال کشور، در این پژوهش اقدام به کشت این دو محصول و برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی آن‌ها در کشت نخست شده‌است.

مواد و روش‌ها

موقعیت اجرای طرح

این تحقیق در مرکز ترویج و توسعه‌ی تکنولوژی هراز (کاپیک)، واقع در شهرستان محمودآباد با عرض جغرافیائی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیائی ۵۲ درجه و ۱۹ دقیقه‌ی شرقی و ارتفاع پنج متر از سطح دریا انجام شد. جدول ۱ برخی از میانگین‌های سالانه پارامترهای اقلیمی ایستگاه هواشناسی کاپیک در طول فصل رشد و جداول ۲ و ۳، ویژگی‌های خاک و آب محل آزمایش را نشان می‌دهد. خاک کرت در محل آزمایش دارای کلاس بافت لوم‌رسی بوده و از نظر شوری برای کشت و کار برنج مناسب است. همچنین با توجه به نتایج آزمایش‌ها منابع آب، از نظر استاندارد کیفیت آب مشکلی برای مزارع شالیزاری وجود ندارد.

سامانه‌های کشت و تیمارهای آزمایشی

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار با سه فاکتور سامانه-ی کشت در دو سطح سنتی غرقابی و مدیریت کشت فشرده برنج، با دو رقم کوهسار و هاشمی در دو سطح کشت اول و دوم در سال‌های زراعی ۱۳۹۵–۹۶ و ۹۷–۱۳۹۶ انجام شد.

الف. سامانه‌ی مدیریت کشت فشرده برنج (SRI)

این سامانه دارای شش اصل متفاوت بوده که شامل کاشت نشاهای سالم و جوان ۱۰ تا ۱۲ روزه در

مرحله‌ی 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 سامانه از زمان نشاکاری تا حدود دو هفته‌ی بعد از آن، مزرعه با عمق مناسب (پنج سانتی‌متر) در حالت غرقاب نگه داشته می‌شود و از دو هفته بعد از نشاکاری تا دو هفته پیش از زمان برداشت محصول، اقدام به آبیاری متناوب نموده و سپس همانند روش سنتی، آبیاری تا زمان برداشت قطع می‌شود. در این سامانه، آبیاری با عمق کم در حدود سه سانتی‌متر صورت گرفته و پس از رسیدن رطوبت خاک در حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد اشباع آبیاری بعدی انجام شد، به نحوی که خاک مزرعه در طول دوره نه در حالت غرقاب کامل و نه کاملاً خشک بوده و دارای رطوبت کافی بوده است. خلاصه‌ی عملیات اجرایی سامانه‌ی مدیریت کشت فشرده برنج به شرح زیر انجام شد:

برای جوانه‌دار نمودن بذرها و پرورش نشا، پس از ضدعفونی بذرها، بذرپاشی در جعبه‌هایی به ابعاد ۳ ×۳۰ ×۶۰ سانتی‌متر صورت گرفت؛ تا در مرحله‌ی دو تا سه برگی (۱۰ تا ۱۵ روز بعد از بذرپاشی) برای نشاکاری استفاده شوند. بعد از گل‌آب نمودن مزرعه و تسطیح نهایی، اقدام به زهکشی مزرعه و تخلیه‌ی آب ایستاده نموده و سپس مقدار سه تن در هکتار کود مرغی پلت‌شده با خاک مخلوط شد. سه روز پیش از نشاکاری در مزرعه، از سموم علف‌کش به صورت قطره‌پاشی در ارتفاع مناسب آب استفاده شده و سپس عملیات نشاکاری با فاصله ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر و به صورت تک‌بوته انجام شد. وجین اول و دوم برای مبارزه با علف‌های هرز به فاصله ۲۰ و ۳۵ روز بعد از نشاکاری صورت گرفت و همچنین برای مقابله با کرم ساقه‌خوار و مقابله با بلاست از سموم آفت‌کش در اوایل خوشه‌دهی استفاده شد. در این آزمایش، عملیات داشت منطبق بر دستورالعمل کشت این سامانه به طور یکنواخت برای تمامی کرت‌ها انجام شد. خلاصه‌ی تفاوت‌های دو روش در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۱- برخی از 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 نخست 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

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های آب زیرزمینی محل آزمایش

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

جدول ۴- خلاصه‌ای از مهم‌ترین تفاوت‌های دو روش کشت سنتی و مدیریت کشت فشرده‌ی برنج

سامانه‌ی کشت	کود مصرفی	بذر مصرفی برای هر هکتار (کیلوگرم)	سطح خزانه (مترمربع)	سن نشاء (روز)	تعداد نشاء (در کپه)	فاصله‌ی کاشت (سانتی‌متر)	روش آبیاری
سنتی	شیمیایی	۵۰-۴۰	۲۵۰	۴۰-۳۰	۸-۵	≈ (۲۰ ×۲۵)	غرقاب دائم
مدیریت کشت فشرده‌ی برنج	مرغی پلت شده	۷-۶	۷۰	۱۲-۱۰	۱	۲۵×۲۵	SRI

ب. سامانه‌ی کشت سنتی غرقابی برنج

در روش سنتی غرقابی، آبیاری به صورت غرقاب دائم و با ارتفاع آب نسبتاً زیاد تا زیاد (۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) انجام و آبیاری دوباره پیش از کاهش ارتفاع آب تا حدود سه تا پنج سانتی‌متری صورت‌گرفت. تعداد نشاهای بکار رفته در زمان نشاکاری نیز بین پنج تا هشت نشاء در کپه و بلندی آن‌ها بین ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بود. در این سامانه، پیش از نشاکاری مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره به عنوان کود پایه با خاک مخلوط شد. عملیات نشاکاری به صورت معمول کشاورزان انجام و ۱۰ روز پس از نشاکاری ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره وارد زمین شد. وجین اول و دوم به فواصل ۲۰ و ۳۵ روز بعد از نشاکاری صورت‌گرفته و ۳۵ روز بعد از نشاء نیز مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف شد. کنترل کرم ساقه-خوار و مبارزه با بیماری بلاست نیز بر طبق دستورالعمل مؤسسه‌ی تحقیقات برنج کشور اجرا شد. آبیاری به شیوه‌ای انجام شد که حدود دو هفته پیش از برداشت محصول، سطح کرت عاری از آب ایستاده باشد.

روش انجام پژوهش

برای اجرای این پژوهش، بعد از گل‌آب و هموارسازی زمین شالیزاری، عملیات پیاده کردن نقشه‌ی طرح صورت گرفت. برای اعمال مدیریت مستقل آبیاری برای هر کرت و جلوگیری از نشت جانبی، مرزبندی با ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر انجام و پلاستیک‌کشی روی آن‌ها و تا عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر در زیر آن‌ها انجام شد. کودپاشی هر کرت بر اساس دستورالعمل هر سامانه و آنالیز خاک انجام و عملیات ماله‌کشی با توجه به کوچک‌بودن هر کرت به صورت دستی صورت‌گرفت. نشاکاری کرت‌ها متناسب با تعداد بوته در کپه و فواصل کاشت هر سامانه‌ی کشت انجام شد. سپس تجهیزات اندازه‌گیری میزان ارتفاع آب و فرونشت عمقی و تعداد چهار لایسیمتر ژاپنی در داخل کرت‌ها نصب شد. برای تعیین فرونشت عمقی، لوله-ی پلیکا با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر که حدود ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر در داخل زمین فرو رفته در داخل کرت-های آزمایشی نصب و روی آن برای جلوگیری از تبخیر یا ورود آب پوشانیده و میزان فرونشت در دوره‌های زمانی ثبت شد. نصب لوله پلیکای سوراخ‌دار در کرت‌های آبیاری متناوب برای مشخص شدن عمق آب زیر سطح کرت و مشخص‌کردن زمان آبیاری به طوری که عمق سطح ایستابی آب در زیر سطح خاک مشخص باشد انجام شد. مقدار آب آبیاری و مقدار مصرف آب در کرت با اندازه‌گیری ارتفاع آب روی میخ فلزی انجام شد. میزان آب مصرفی کرت‌ها نیز با تعیین ارتفاع آب ورودی و کاهش یافته، تعیین شد بدین طریق که با نصب میخ چوبی به ارتفاع حدود ۵۰ سانتی‌متر که در قسمت مرکزی آن یک میخ فلزی که تا بخشی در داخل آن فرو رفته و بعد از فرورفتن میخ چوبی در داخل زمین، سطح میخ فلزی با سطح زمین مماس گردد برای اندازه‌گیری عمق آب در داخل کرت‌ها با خط‌کشی که ابتدای آن روی میخ فلزی قرار گرفته در دوره‌های مختلف انجام شد. با اندازه‌گیری فرونشت عمقی با استفاده از لوله-های پلیکای نصب‌شده در هر کرت آزمایشی و کسر نمودن آن از ارتفاع آب کاهش یافته‌ی هر کرت مقدار تبخیر-تعرق محاسبه شد. مقدار بارندگی مؤثر نیز بر طبق روش ژاپنی

مرتبط با شالیزار انجام شد. بدین صورت که مقدار باران زیر پنج میلی‌متر حذف شده و باران‌های بین ۵ تا ۸۰ میلی‌متر در ضریب ۰/۸۰ ضرب شده و برای بالاتر از ۸۰ میلی‌متر نیز برابر ۶۴ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود (جلالی کوتنایی، ۱۳۹۴). پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برای محاسبه‌ی عملکرد بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های سطحی معادل چهار مترمربع از مرکز هر کرت برداشت و بعد از خرمن‌کوبی بر اساس رطوبت ۱۴ درصد عملکرد محاسبه شد. از هر کرت سه کپه که نماینده واقعی کپه‌ها بود انتخاب گردید (سه کپه که تعداد پنجه آن‌ها برابر با میانگین تعداد پنجه هر کرت بود) و پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته و طول خوشه‌ها، دانه‌ها با دست از خوشه‌ها جدا شدند و با استفاده از آب نمک، دانه‌های پر و پوک از هم جدا شده و در هوای آزاد خشکانده شدند. در ادامه سه نمونه پنج گرمی از دانه‌های پر و سه نمونه یک گرمی از دانه‌های پوک انتخاب و تعداد دانه‌ها شمارش شدند. بدین طریق تعداد دانه‌های پر و پوک محاسبه گردید. با مشخص کردن تعداد دانه‌های پر و پوک در خوشه، درصد باروری، تعداد کل دانه در هر خوشه محاسبه گردید. وزن هزار دانه نیز از سه نمونه 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 دانه پر (شمارش تعداد دانه سالم و پر بعد از سبک سنگین کردن بذور)، تعداد دانه پوک (شمارش تعداد دانه پوک بعد از برداشت)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه سالم با رطوبت ۱۴٪ به‌وسیله ترازوی دیجیتالی حساس)، درصد رسیدگی (تقسیم تعداد دانه پر به کل تعداد دانه ضرب در صد)، در نمونه‌ها اندازه‌گیری و یا محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نسخه‌ی ۹/۱ نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل و میانگین تیمارها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری یک و پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

تبخیر- تعرق گیاه

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

$$ET = K_C \times ET_O \quad (۱)$$

که در آن:

ET تبخیر-تعرق گیاه موردنظر (mm/day)، KC ضریب گیاهی (بدون بعد) و ETO تبخیر-تعرق گیاه مرجع (mm/day) است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). دو ویژگی تبخیر-تعرق گیاه و فرونشت عمقی از عوامل اصلی تعیین آب مورد نیاز در اراضی شالیزاری است (تویودا، ۱۹۸۱).

ضریب گیاهی

ضریب گیاهی برای هر گیاه از حاصل تقسیم تبخیر-تعرق استاندارد گیاه (ET_C) موردنظر به تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_O) به دست آمد:

$$Kc = ETc / ET_O \quad (۲)$$

در پژوهش حاضر، ابتدا آب مصرفی در کرت که دربرگیرنده‌ی دو عامل تبخیر-تعرق واقعی گیاه در مزرعه و فرونشت عمقی بود تعیین شد. مقدار تبخیر-تعرق واقعی با استفاده از لایسیمتر نوع ژاپنی و مقدار فرونشت عمقی توسط لوله‌های نصب‌شده در کرت‌ها اندازه‌گیری شد. میزان حجم آب داده شده به کرت برای کنترل داده‌ها نیز ثبت گردید. مقدار تبخیر-تعرق مرجع نیز با روش تشتک تبخیر کلاس A موجود در ایستگاه هواشناسی مرکز و اعمال ضریب ۰/۸۵ محاسبه شد. مقدار ضریب تشتک با استفاده از آزمون مقایسه‌ای بین تشتک و مزرعه به‌طور عملی تعیین شد. اکبری نودهی (۱۳۸۹) نیز در مطالعه‌ای، مقدار ضریب تشتک را برای ایستگاه سینوپتیک ساری و بر اساس روش فائو ۲۴ برای ماه‌های اردیبهشت تا مرداد برابر ۰/۸۵ به دست آورد.

با تقسیم تبخیر-تعرق گیاه در مزرعه بر تبخیر-تعرق مرجع، مقدار ضریب گیاهی ارقام هاشمی و کوهسار محاسبه شد.

مراحل رشد و نمو برنج

در گیاه برنج، دوره‌ی رویشی دربرگیرنده‌ی مراحل جوانه‌زدن، گیاهچه‌ای، پنجه‌زنی و طویل‌شدن ساقه؛ دوره‌ی زایشی دربرگیرنده‌ی تشکیل خوشه‌ی اولیه، آبستنی یا خوشه در غلاف، ظهور خوشه یا خوشه‌دهی و گل‌دهی و دوره‌ی رسیدن دربرگیرنده‌ی مراحل شیری، خمیری دانه و مرحله‌ی رسیدن دانه) است. فازهای مختلف رشد و نمو رقم‌های هاشمی و کوهسار را به صورت روز بعد از نشاءکاری در جدول ۵ نشان داده شد.

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

رقم محصول	سال کشت	تاریخ نشاءکاری	تاریخ برداشت	روز پس از نشاءکاری (DAT)		
				رویشی	زایشی	رسیدن
کوهسار	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
هاشمی	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	۶۶-۸۹

نتایج و بحث

الف. نیاز آبی مزرعه و تبخیر-تعرق گیاه

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، مقدار تبخیر-تعرق گیاه و نیاز آبی مزرعه (مقدار میانگین سال اول و دوم) برای رقم کوهسار در سامانه‌ی مدیریت کشت فشرده برنج به ترتیب (۴۰۳- ۵۳۴) و در سنتی غرقابی به ترتیب (۴۶۸-۶۲۳) میلی‌متر به دست آمد. برای رقم هاشمی نیز مقدار تبخیر-تعرق گیاه و نیاز آبی مزرعه به ترتیب (۴۱۳-۵۵۶) و (۴۹۰-۶۳۲) میلی‌متر بود. مقدار نیاز آبی در سامانه‌ی سنتی غرقابی به میزان ۱۳/۱ درصد نسبت به سامانه‌ی کشت فشرده‌ی برنج کاهش یافت. مقادیر مختلف تبخیر- تعرق مرجع، فرونشت عمقی و بارندگی مؤثر در سال اول و دوم اجرای پژوهش در جدول ۶ نشان داده شد. مقایسه‌ی تبخیر- تعرق گیاه و نیاز آبی با مطالعات صورت گرفته نشان‌دهنده تطابق نتایج پژوهش حاضر با بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته از جمله باباپور گل‌افشانی و همکاران (۱۳۹۱)، مدبری و همکاران (۱۳۹۳)، اسدی و نصیری (۱۳۸۸)، جلالی کوتنایی و همکاران (۱۳۸۷)، پیرمرادیان و همکاران (۱۳۹۲)، پوریزدان خواه و همکاران (۱۳۹۳)، غلامی سفیدکوهی و همکاران (۱۳۹۹)، فوکودا و تتسویی (۱۹۷۹)، یو و همکاران (۲۰۱۷)، هیدایه و همکاران (۲۰۰۸) دارد. مقدار نیاز آبی مزرعه و تبخیر-تعرق واقعی در جدول ۷ نشان داده شدند.

جدول ۶- مقادیر تبخیر- تعرق مرجع، فرونشت عمقی و بارندگی مؤثر در سال‌های اجرای طرح به میلی‌متر

فصل کشت	سال اجرا	ET0 تشتک	فرونشت عمقی	بارندگی مؤثر
کشت اول	سال نخست	۴۱۶	۱۳۳	۲۴
	سال دوم	۴۲۲	۱۷۱	۲۸

همان‌طوری که در جدول ۷ نشان داده‌شده، مقدار میانگین تبخیر- تعرق واقعی گیاه برنج رقم کوهسار در سامانه‌های سنتی غرقابی و مدیریت کشت فشرده برنج به ترتیب به مقدار ۴۶۸ و ۴۰۳ میلی‌متر به دست آمد و نشان داد که مقدار تبخیر- تعرق در سامانه مدیریت کشت فشرده برنج نسبت به سنتی غرقابی به مقدار ۱۳/۹٪ کاهش یافت. در رقم هاشمی نیز مقدار تبخیر- تعرق در سامانه سنتی غرقابی و مدیریت کشت فشرده برنج به ترتیب ۴۹۰ و ۴۱۳ میلی‌متر بود که نشان‌دهنده کاهش ۱۵/۷٪ تبخیر- تعرق در سامانه مدیریت کشت فشرده برنج نسبت به سنتی غرقابی است.

مقدار میانگین مجموع آب مصرفی مزرعه در سامانه‌های سنتی غرقابی و مدیریت کشت فشرده برنج برای رقم کوهسار به ترتیب ۶۲۳ و ۵۳۴ میلی‌متر و برای رقم

هاشمی نیز به مقدار ۶۳۲ و ۵۵۶ میلی‌متر به دست آمد و نشان داد که به‌کارگیری سامانه مدیریت کشت فشرده برنج باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به مقدار ۱۴/۳٪ برای رقم کوهسار و ۱۲٪ برای رقم هاشمی شد.

جدول ۷- مقایسه آب مورد نیاز مزرعه و تبخیر- تعرق واقعی ارقام مختلف در شرایط مختلف آبیاری

		کوهسار		هاشمی	
	سال	مدیریت کشت فشرده برنج (SRI)	سنتی غرقابی	مدیریت کشت فشرده برنج (SRI)	سنتی غرقابی
تبخیر – تعرق واقعی (mm)	سال نخست	۳۹۳	۴۷۰	۳۸۲	۴۷۴
	سال دوم	۴۱۳	۴۶۵	۴۴۵	۵۰۶
	میانگین	۴۰۳	۴۶۸	۴۱۳	۴۹۰
آب مورد نیاز مزرعه (تبخیر–تعرق + فرونشت) (mm)	سال نخست	۵۱۹	۶۰۵	۵۲۰	۶۰۱
	سال دوم	۵۴۹	۶۴۰	۵۹۲	۶۶۳
	میانگین	۵۳۴	۶۲۳	۵۵۶	۶۳۲

ب. ضریب گیاهی (Kc)

مقدار ضرایب گیاهی ارقام کوهسار و هاشمی در کشت نخست با در نظر گرفتن تبخیر- تعرق مرجع از تشتک تبخیر و برای دو سامانه کشت سنتی غرقابی و مدیریت کشت فشرده (SRI) در جداول ۸ و ۹ آورده شده است. مقدار ضریب گیاهی کشت نخست برای رقم کوهسار در سامانه‌های مدیریت کشت فشرده برنج و سنتی غرقابی در فازهای رویشی، زایشی، رسیدن از راست به چپ به ترتیب به میزان (۰/۹۸–۱/۰۸–۰/۸۲) و (۱/۱۴–۱/۲۹–۰/۹۲) به دست آمد. نشریه فائو ۵۶ مقدار ضریب گیاهی را برای برنج در سه مرحله رشد اولیه، میانی و رسیدن به ترتیب (۱/۰۵– ۱/۲۰–۰/۹) گزارش نموده است. ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده در سامانه مدیریت کشت فشرده برنج در مراحل رویشی، زایشی و رسیدن به ترتیب به مقدار (۶/۶–۱۰–۸/۸)٪ کمتر از ضرایب گیاهی ارائه‌شده فائو ۵۶ است. ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده در سامانه سنتی غرقابی نیز در مراحل رشد به ترتیب به مقدار (۸/۶–۷–۲)٪ بیشتر از ضرایب ارائه‌شده فائو ۵۶ بود.

برای رقم هاشمی نیز این ضرایب در سامانه‌های مدیریت کشت فشرده برنج و سنتی غرقابی در فازهای رویشی، زایشی، رسیدن از راست به چپ به ترتیب به میزان (۱/۰۱–۱/۰۴–۰/۸۳) و (۱/۱۸–۱/۳۲–۰/۹۲) به دست آمد. ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده در سامانه مدیریت کشت فشرده برنج در مراحل رویشی، زایشی و رسیدن به ترتیب به مقدار (۳/۸–۱۳/۳–۷/۷)٪ کمتر از ضرایب گیاهی ارائه‌شده فائو ۵۶ است. ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده در سامانه سنتی غرقابی نیز در مراحل رشد به ترتیب به مقدار (۲/۳–۱۰–۱۲)٪ بیشتر از ضرایب ارائه‌شده فائو ۵۶ بود. مقدار ضرایب گیاهی در سه مرحله رشد رویشی، زایشی و رسیدن برای رقم کوهسار و هاشمی در جداول ۸ و ۹ نشان داده شدند.

جدول ۸- مقدار ضرایب گیاهی در سه مرحله رشد رویشی، زایشی و رسیدن برای رقم کوهسار

		سنتی (غرقابی)			مدیریت فشرده (SRI)		
		Kc_3	KC_1	Kc_2	Kc_3	Kc_2	Kc_1
ضریب گیاهی بر پایه تشتک تبخیر	سال اول	۰/۹۳	۱/۱۴	۱/۳۰	۰/۸۳	۱/۱	۰/۹
	سال دوم	۰/۹۱	۱/۱۴	۱/۲۹	۰/۸۱	۱/۰۶	۱/۰۶
	میانگین	۰/۹۲	۱/۱۴	۱/۲۹	۰/۸۲	۱/۰۸	۰/۹۸

جدول ۹- مقدار ضرایب گیاهی در سه مرحله رشد رویشی، زایشی و رسیدن برای رقم هاشمی

		سنتی (غرقابی)			مدیریت فشرده (SRI)		
		Kc_3	Kc_2	KC_1	Kc_3	Kc_2	Kc_1
ضریب گیاهی بر پایه تشتک تبخیر	سال اول	۰/۹	۱/۳۴	۱/۱۶	۰/۸۳	۰/۹۹	۰/۹۳
	سال دوم	۰/۹۴	۱/۳۱	۱/۲۰	۰/۸۴	۱/۰۹	۱/۱
	میانگین	۰/۹۲	۱/۳۲	۱/۱۸	۰/۸۳	۱/۰۴	۱/۰۱

اعداد به‌دست‌آمده برای ضریب گیاهی کشت اول بر پایه‌ی تشتک تبخیر نیز با پژوهش انجام‌شده توسط تیاگی و همکاران (۲۰۰۰) که به ترتیب (۱/۱۴-۱/۲۳-۱/۱۵) نسبتاً تطابق دارد. اعداد ضریب گیاهی بر پایه‌ی تشتک تبخیر در پژوهش حاضر برای کشت اول با اعداد فائو که برای مراحل سه‌گانه به ترتیب (۱/۰۵-۱/۲۰-۱) گزارش‌شده دارای تطابق نسبی با آن است. مقادیر ضرایب گیاهی که بر پایه‌ی پنمن-مانتیث فائو ۵۶ در روش مدیریت کشت فشرده‌ی برنج و سامانه سنتی غرقابی به دست آمد در تمامی فازهای رشد در سطح احتمال ۱٪ بین دو سامانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نتایج نشان داده نشد. همچنین ضریب گیاهی بر پایه‌ی تشتک تبخیر برای مدیریت کشت فشرده‌ی برنج و برای سامانه سنتی غرقابی، در تمامی فازهای رشد، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بودند که نتایج نشان داده نشد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، مقدار تبخیر-تعرق گیاه در کشت نخست (مقدار میانگین سال اول و دوم) برای رقم‌های کوهسار و هاشمی، در سامانه روش فشرده (SRI) به ترتیب (۴۰۳-۴۱۳) و در سنتی غرقابی به ترتیب (۴۶۸-۴۹۰) میلی‌متر حاصل شد. مقادیر صرفه‌جویی سامانه مدیریت فشرده در مقایسه با سنتی غرقابی قابل توجه بوده و لذا به عنوان یک روش مؤثر در کشت برنج از لحاظ آبیاری قابل توصیه است. در قسمت ضریب گیاهی نتایج پژوهش نشان داد که کاربرد روش تشتک تبخیر با توجه به سادگی و دقت آن دارای اولویت بوده و قابل توصیه است. ضرایب گیاهی بر پایه‌ی تشتک تبخیر در این پژوهش برای کشت نخست دارای تطابق نسبی با اعداد فائو بود. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار آب مورد نیاز، تبخیر-تعرق گیاه و ضریب گیاهی در فاز زایشی یعنی حدود ۳۰ تا ۶۰ روز پس از نشاء واقع است. همچنین به‌کارگیری مدیریت کشت فشرده‌ی برنج باعث صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای در مصرف آب شالیزار می‌شود که با توجه به کمبود آب در کشور، این روش می‌تواند یکی از راهکارهای سازگاری با خشکسالی مدنظر مسئولان و کشاورزان مناطق برنج‌خیز قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. احمدی، ک. عبادزاده، ح. ر. حاتمی، ف. عبدشاه، ه. و ا. کاظمیان . ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی جلد اول- محصولات زراعی.

۲. اسدی، ر. و م. نصیری. ۱۳۸۸. بررسی تعیین آب مصرفی برنج لاین ۷۳۲۸ با روش لایسیمتری و کرت‌های کنترل‌شده و مقایسه آن با مدل های تجربی. شماره طرح (پروژه): ۰۲۸-۷۹-۱۸-۱۲۰ کد: ۳۲۲۸۵. معاونت موسسه برنج آمل

۳. اکبری نودهی، د. ۱۳۸۹. برآورد ضریب تشت تبخیر به منظور محاسبه تبخیر- تعرق (مطالعه موردی ایستگاه سینوپتیک ساری). مجله پژوهش در علوم زراعی. سال دوم. شماره ۷

۴. باباپورگل افشانی ، م.، شاهنظری، ع.، ضیاتباراحمدی ، م خ.، آقاجانی، ق. ۱۳۹۱. مقایسه پارامترهای بیلان آبی در اراضی شالیزاری سنتی و تسطیح شده شهرستان قائمشهر. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) . دوره (۲). شماره(۴). ص : ۱۰۱۷ –۱۰۱۰

۵. باقری، م. نیک‌نامی، م. و ح. شعبانعلی فمی . ۱۳۹۳. راهکارها و گزینه‌های نوین بهره‌برداری از منابع آب کشاورزی جهت مقابله با خشکسالی. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج.

۶. بابایی، م. مشعل، م. شاهنظری، ع. و ب. آزادگان . ۱۳۹۸. مقایسه نیازآبی و ضریب‌گیاهی کشت‌های اول و دوم برنج رقم طارم هاشمی (منطقه‌ی خزرآباد). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. سال (۹). شماره (۳۵). ص: ۱۵۹.

۷. پیرمرادیان، ن. ذکری، ف. رضایی، م. و و. عبدالهی . ۱۳۹۲. استخراج ضرایب گیاهی سه رقم برنج بر پایه‌ی روش برآورد تبخیر–تعرق در منطقه رشت، مجله‌ی تحقیقات غلات. سال (۳)، شماره‌ی (۲). ص: ۱۰۶–۹۵.

۸. پوریزدان‌خواه، ه. رضوی‌پور، ت. خالدیان، م. و م. رضایی . ۱۳۹۳. تعیین ضریب‌گیاهی برنج، رقم بینام و خزر با استفاده از لایسیمتر و کرت‌های کنترل‌شده در منطقه رشت. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. جلد (۶). شماره (۲). ص: ۲۴۹–۲۳۸.

۹. تقوی قاسمخیلی، ف. و ه.ا.پیردشتی. ۱۳۹۵. ارزیابی پذیرش سیستم مدیریت فشرده کشت برنج (SRI) و اثرات آن بر عملکرد برنج. هفدهمین همایش ملی برنج کشور. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری– پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری طبرستان

۱۰. جلالی کوتنایی، ن. ۱۳۹۴. تجهیز، نوسازی و یکپارچه سازی اراضی شالیزاری. موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی. کتاب. شابک ۳–۳۰–۶۵۷۰–۶۰۰–۹۷۸

۱۱. جلالی کوتنایی، ن. ناصری، ع.ع. و ج. سلحشور . ۱۳۸۷. برآورد ضریب‌گیاهی (Kc) برنج (مطالعه موردی رقم طارم) توسط لایسیمتر و N-Type در شهرستان محمودآباد. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۲. غلامی سفیدکوهی، م.ع. باقری خلیلی، ز. و ا. قلعه نوی. ۱۳۹۹. بررسی تبخیر–تعرق واقعی و ضرایب گیاهی برنج ارقام هاشمی و شیرودی در شهرستان ساری. نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد(۳۴). شماره (۴).

۱۳. فرشی، ع.ا. شریعتی، م.ر. وجاراللهی، ر. قائمی، م.ر. شهابی‌فر، م. و م.م. تولایی . ۱۳۷۶. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده‌ی زراعی و باغی کشور. جلد (۱). گیاهان زراعی.

۱۴. مدبری، ه. میر لطیفی، س.م. و م.ع. غلامی. ۱۳۹۳. تعیین تبخیر– تعرق و ضریب گیاهی ارقام هاشمی و خزر برنج در دشت مرداب (گیلان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. سال (۱۸). شماره (۶۷).

15. Allen, R. G. Pereira, L. S. Raes, D. and M. Smith. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao. Rome. 300(9). D05109.
16. Xinchun, C. Mengyang, W. Rui, S. La, Z. Dan, C. Guangcheng, S. and T. Shuhai. (2018). Water footprint assessment for crop production based on field measurements: a case study of irrigated paddy rice in East China. Science of the Total Environment. 610. 84-93.
17. FAO. The Food and Agriculture organization (2019).http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

18. Hidayah, S. Agustina, D.A. and M.D. Joubert. (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.
19. Hofste, R.W. Reig, P. and T. Schleifer. (2019). 17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress.
20. Kuo, S.F. Ho, S.S. and C.W. Liu. (2006). Estimation irrigation water requirements with derived crop coefficients for upland and paddy crops in ChiaNan Irrigation Association, Taiwan. Agricultural water management. 82(3). 433-451.
21. Shah, M. Bhatti, M. and J. JENSEN.(1986). "Crop coefficient over a rice field in the central plain of Thailand". Field Crops Research. 13: 251-256. ISSN: 0378-4290.
22. Toyoda, H. (1981). Irrigation, Irrigation and drainage course, Tsukuba international agricultural training center. Japan international cooperation agency. JICA.
23. Tyagi, N. Sharma, D. and S. LUTHRA. (2000). "Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter", Agricultural water management. 45(1): 41-54. ISSN: 0378-3774.
24. Yu, W. Li, Z. QingYu, J. and W.Y. Yu .(2017). Water use efficiency of a rice paddy field in liaohe delta, northeast china. agricultural water management. 187. 222-231.
25. Walaa, Y. Nashar,eman, E. and A.Hussien. (2013). Estimating the potential evapo-transpiration and Crop coefficient from climatic data in Middle Delta of Egypt. Alexandria Engineering Journal. 52. 35-42

Estimation of Water Requirement and Crop Coefficients of Rice Cultivars Kuhsar and Hashemi in Different Cultivation Systems

N. Jalali Koutenaei, A. Shahnazari [1], M. K. Ziatabar Ahmadi, M. Khoshravesh, and M. Rezaei

PhD Student, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. **Njalali2000@yahoo.com**

Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. **Aliponh@yahoo.com**

Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. **mzahmadi@yahoo.com**

Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. **khoshravesh_m24@yahoo.com**

Research Instructor, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran. **mrezaeii@yahoo.com**

Received: November 2020, and Accepted: September 2021

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of irrigation management on water requirement and crop coefficient of Hashemi and Kuhsar cultivars in the first crop. This experiment was carried out in Mahmoudabad District of Mazandaran Province in Iran in the form of factorial in a randomized complete block design, in two growing seasons of 2016-2018. The water requirements for the fields (from transplanting to harvest) and the crop coefficient of these two cultivars were studied in two systems of traditional flooding and system of rice intensification (SRI). The results showed that, in the first crop, the two-year average water requirements of Kohsar and Hashemi in SRI were 534 and 556 mm and for the traditional flooding system 623 and 632 mm, respectively. The water required by the farm in traditional flooding decreased by 13.1% in the SRI. Based on reference evapotranspiration using pan evaporation method for the three stages of vegetative, reproductive, and maturing, crop coefficient values for the flooding system for Kuhsar were, respectively, 1.14, 1.29, and 0.92; and for Hashemi, they were 1.18, 1.32, and 0.92. According to the obtained results, SRI causes significant savings in paddy water consumption, therefore, it is suggested that, due to water shortage in the country, this method be used as one of the adaptation strategies in rice fields.

Keywords: Paddy fields, Reference evapotranspiration, Pan Evaporation method, Traditional rice cultivation

[1] - Corresponding author: Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.