

ارزیابی تاثیر شیوه‌های آبیاری و سن بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa L*) در نظام‌های رایج و بوم‌شناختی

یونس شخمگر^۱، عبدالله درزی نفت‌چالی^{۲*}، سید یوسف موسوی طغانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۳

چکیده

نظام فشرده بوم‌شناختی کشت برنج (SRI)، یکی از روش‌های مدیریت مزرعه است که ضمن کاهش مصرف نهاده‌ها اعم از بذر، آب آبیاری، کودها و سموم شیمیایی، باعث افزایش عملکرد می‌شود. با توجه به اهمیت اقتصادی برنج، این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر شیوه‌های آبیاری و سن بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در نظام‌های رایج و بوم‌شناختی در قالب طرح کرت‌های خردشده با دو مدیریت آبیاری در سه سطح (A₁: غرقاب، A₂: اشباع و A₃: کم‌آبیاری) و سن بوته در دو سطح (B₁: ۳۹ روز، B₂: ۴۶ روز) با سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. تیمارهای ترکیبی A₁B₂ و A₃B₁ به ترتیب مربوط به روند رایج و نماینده شیوه بوم‌شناختی و سایر تیمارها به‌عنوان حد واسط مورد مقایسه قرار گرفتند. میانگین تعداد پنجه در هر کپه در نظام غرقاب (۳۷/۸۵) بیشتر از سایر تیمارها (اشباع: ۳۰/۷۳ و کم‌آبیاری: ۲۷/۲۸) بود. کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار کم‌آبیاری (۱۲۷۶۴/۶ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین مقدار آن در نظام غرقاب (۱۵۳۱۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید. مقایسه میانگین تعداد پنجه در هر کپه مشخص نمود که کمترین و بیشترین تعداد پنجه در هر کپه به‌ترتیب مربوط به سن ۴۶ روز (۳۱/۴۴) و سن ۳۹ روز (۳۲/۴۸) بود. میزان آب مصرفی در تیمار کم‌آبیاری حدود ۴۲ درصد کمتر از تیمار غرقاب و بهره‌وری آب آن ۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بر اساس نتایج، جهت افزایش تولید برنج و صرفه‌جویی در مصرف آب، استفاده از تیمارهای بوم‌شناختی (کم‌آبیاری و سن ۳۹ روز) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری غرقابی، شالیزار، کشاورزی پایدار، کم‌آبیاری

مقدمه

است تولید برنج تا سال ۲۰۵۰ میلادی حدود ۵۰ درصد افزایش یابد (شکری واحد و همکاران، ۱۳۹۷). برای نیل به این هدف، بشر با افراط در مصرف نهاده‌های شیمیایی طی دهه‌های اخیر، به‌ویژه بعد از انقلاب سبز، محیط‌زیست را به مخاطره انداخته است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳).

کمبود منابع آب قابل دسترس یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پیش‌رو برای دستیابی به تولید پایدار محصولات استراتژیک نظیر برنج می‌باشد. شواهد نشان می‌دهد حدود ۷۰ درصد آب‌های شیرین موجود در دنیا در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که از این مقدار ۲۵ الی ۳۰ درصد آن به زراعت برنج اختصاص می‌یابد. این گیاه در طول فصل رشد به ۷۵۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر و به‌طور متوسط ۱۲۰۰ میلی‌متر آب نیاز دارد که با اعمال مدیریت صحیح می‌توان مقدار آن را به ۷۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر کاهش داد (صداقت و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به بحران آب در سال‌های اخیر، محققین در جستجوی شیوه‌های کاهش مصرف آب هستند. به نظر می‌رسد برای رفع این مشکل، چاره‌ای جز افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از آب وجود ندارد (صداقت و

مفهوم تولید در کشاورزی پایدار، علاوه بر عملکرد، شامل سایر خدمات بوم‌نظام نیز می‌شود. بوم‌نظام‌های برنج نیز از این قاعده مستثنی نیستند، به‌این ترتیب که به‌عنوان عامل مهار سیلاب، بازیافت سطح آب سفره‌های زیرزمینی، خنک‌کننده محیط اطراف، تثبیت دی اکسید کربن و نیتروژن (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳) به شمار می‌آیند منوط به آن که تولید در آن‌ها مبتنی بر اصول بوم‌شناختی صورت پذیرد. با توجه به سیر صعودی افزایش جمعیت و افزایش نیاز به غذا و نظر به اینکه برنج به‌عنوان اولین منبع غذایی بیش از یک سوم جمعیت دنیا محسوب می‌شود (Patra and Haque., 2011)، لازم

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- کارشناس آموزش، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*- نویسنده مسئول: (Email: abduallahdarzi@yhoo.com)

همکاران ۱۳۹۳؛ اسدی و همکاران، ۱۳۸۳).

از سوی دیگر، شواهد نشان می‌دهد که به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دما در اثر تغییر اقلیم، عملکرد برنج حدود ۷ درصد کاهش می‌یابد. بر این اساس، تا سال ۲۰۵۰ کاهش عملکرد برنج در اثر تغییر اقلیم حدود ۱۴-۱۲ درصد خواهد بود (Nelson et al., 2009). بدیهی است روند حاضر، موجب قطع برخی از خدمات بوم‌نظام‌های برنج نیز می‌شود که از جمله مصداق‌های آن آلودگی آب و خاک و کاهش تنوع زیستی است.

یکی از گزینه‌های پیشروی بشر در رفع چالش‌های کشاورزی رایج، به‌کارگیری مجموعه‌ای از اصول تحت عنوان "شیوه‌های فشرده‌سازی بوم‌شناختی" است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳؛ et al., 2011). کشاورزان در برخی از کشورها توانسته‌اند به کمک نظام فشرده بوم‌شناختی، میزان تولید برنج را افزایش دهند (Anas et al., 2011). یکی از ویژگی‌های روش بوم‌شناختی آن است که معمولاً به صورت یک بسته از تکنیک‌های ممکن سازگار با شرایط محلی (Glover, 2011; McDonald et al., 2006; stoop, 2011) و مورد پذیرش کشاورزان توصیه می‌شود. در واقع در نظام بوم‌شناختی، ترکیبی از تغییرات مدیریت خزانه، زمان انتقال بوته‌ها، تراکم بوته در مزرعه، مدیریت تغذیه، آب و علف‌های هرز اعمال می‌شود. به عبارت دیگر، بخش عمده روند تولید مشابه نظام رایج بوده و تنها تغییرات اندکی در آن صورت می‌گیرد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). از جمله استفاده از بوته‌های جوان یکی از تغییرات اعمال شده در روند رایج است که شواهد بسیاری حکایت از برتری عملکردی آن دارد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Chapagain and Ali et al., 2013; Yamagi., 2010). تأخیر در کشت با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت هر منطقه می‌تواند بر عملکرد پتانسیل تاثیر منفی بگذارد (مرادپور و همکاران، ۱۳۹۳). به‌طور کلی، فنون مورد استفاده در روش بوم‌شناختی مبتنی بر اصول مختلفی هست که مهم‌ترین آنها عبارتند از: استفاده از نشا با سن کم، تراکم کشت کم، بهبود شرایط خاک از طریق غنی‌سازی با مواد آلی و بهبود بهره‌وری مصرف آب (Stoop et al., 2011؛ Uphoff., 2007). نتایج برخی تحقیقات حاکی از آن است که استفاده از این روش‌ها منجر به افزایش عملکرد برنج و کاهش مصرف آب می‌شود (Kassam et al., 2011؛ Thakur et al., 2011؛ Satyanarayana et al., 2007).

این روند که در راستای کشاورزی پایدار و مبتنی بر اصول بوم‌شناختی است، از طریق هم‌افزایی بین اجزای عملیات مدیریتی، موجب شکسته شدن پتانسیل تولید برنج (Anita and Chalapan., 2011) در راستای افزایش آن می‌شود. در این میان، آبیاری متناوب در مقایسه با مصرف بالای آب در شیوه غرقابی (Anita and

Chalapan, 2011) و کمبود روزافزون آب در ایران و جهان، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. روش آبیاری متناوب مسایل و مشکلات غرقاب دایم نظیر کاهش دسترسی و جذب مواد غذایی توسط بوته برنج و تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی در خاک را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تعدیل می‌کند (Ali et al., 2013).

بررسی پژوهش‌های محققان پیشین حاکی از مصرف زیاد آب و عدم توسعه مطلوب ریشه در آبیاری غرقابی و کاهش مصرف آب و بهبود وضعیت رشد بوته و تولید در روش‌های آبیاری تناوبی می‌باشد. همچنین، بررسی‌ها نشان دهنده تاثیر مثبت زمان مطلوب انتقال بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج می‌باشد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Styger et al., 2011). با توجه به عدم بررسی اثرات تلفیقی این دو عامل، این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر شیوه‌های آبیاری و سن بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در نظام‌های رایج و بوم‌شناختی جهت تعیین بهترین شیوه آبیاری و سن انتقال بوته انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای مورد نیاز برای این تحقیق در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در طول فصل کشت برنج سال ۱۳۹۶ (از اردیبهشت تا مرداد) انجام شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب ۳۶/۳ درجه شمالی و ۵۳/۰۴ درجه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر است. متوسط بارندگی و دمای هوای منطقه به ترتیب ۶۱۶ میلی‌متر و ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد است (Mousavi, 2007). کمترین و بیشترین دمای ثبت شده در دوره مطالعه به ترتیب ۱۰/۵ و ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارندگی و تبخیر از تشتک به ترتیب ۴۲/۴ و ۷۴۹/۲ میلی‌متر بود. خلاصه‌ای از اطلاعات هواشناسی مربوط به دوره مطالعه در جدول ۱ ارائه شد.

تیمارهای آزمایشی

این پژوهش در قالب طرح کرت‌های خردشده^۲ با دو عامل آبیاری در سه سطح (A₁: غرقاب، A₂: اشباع دائم خاک و A₃: کم‌آبیاری) و سن بوته در دو سطح (B₁: ۳۹ روز، B₂: ۴۶ روز) در سه تکرار انجام شد (شکل ۱). تعیین سطح آب در تیمارهای مختلف، با استفاده از لوله‌های شاخص^۳ در مرکز کرت‌های آزمایشی انجام شد. در تیمار غرقاب، همواره ارتفاع آب در حدود ۵ سانتی‌متر از سطح زمین (+۵)، در تیمار اشباع، ارتفاع آب در سطح زمین (صفر) و در تیمار کم‌آبیاری،

2- Split-plot

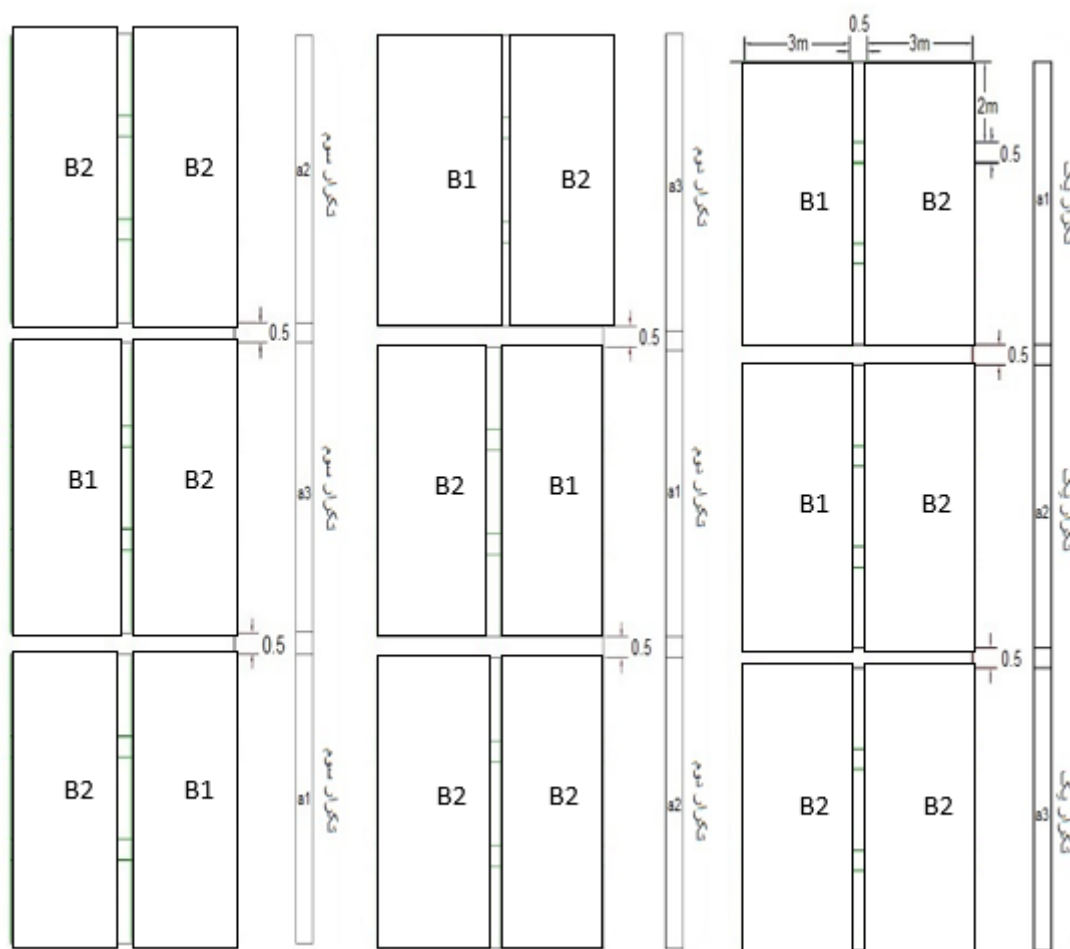
۳- لوله با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر که ۳۰ سانتی‌متر بخش پایین آن با سوراخ‌هایی به صورت مشبک درآمد.

1- Ecological intensification

اندازه‌گیری‌ها و آنالیز آماری

میزان آب مصرفی در کلیه تیمارها با استفاده از کنتور اندازه‌گیری و ثبت شد. منبع آب آبیاری چاهی عمیق با عمق ۸۷ متر بوده که برخی از خصوصیات کیفی آب آن در جدول ۳ ارایه شد. برای محاسبه بهره‌وری مصرف آب، از رابطه ۱ استفاده شد که در آن؛ Y عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار) و W مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) می‌باشد (صداقت و همکاران، ۱۳۹۳).

سطح ایستابی در فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین (۵-) حفظ شد. لازم به ذکر است که تیمار ترکیبی غرقاب- سن ۴۶ روز مربوط به روند رایج، تیمار ترکیبی کم‌آبیاری- سن ۳۹ روز نماینده شیوه بوم-شناختی و سایر تیمارها به‌عنوان حد واسط در نظر گرفته شدند. اندازه کلیه کرت‌ها، ۶ (۳×۲) مترمربع بود. کلیه عملیات داشت اعم از مدیریت تغذیه، آفات و بیماری‌ها مطابق دستورالعمل موسسه تحقیقات برنج انجام شد. کشت برنج (رقم طارم هاشمی) در تاریخ ۹۶/۲/۲۲ و برداشت در تاریخ ۹۶/۵/۱۸ انجام شد. جدول ۲ خلاصه‌ای از فعالیت‌های زراعی انجام شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- شماتیک طرح آزمایشی در مزرعه مورد مطالعه

جدول ۱- خلاصه‌ای از اطلاعات هواشناسی منطقه مطالعه در طول دوره کشت برنج

ماه	درجه حرارت (سانتی‌گراد)		رطوبت نسبی (درصد)		بارندگی (میلی‌متر)	تبخیر (میلی‌متر)
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه		
اردیبهشت	۱۰/۶	۳۴/۶	۲۵	۹۸	۱۷/۹	۱۱۷/۴
خرداد	۱۴/۴	۳۸/۵	۳۶	۹۷	۰/۱	۱۹۷
تیر	۱۸/۶	۳۸	۳۱	۹۷	۳/۳	۱۹۵/۴
مرداد	۲۱/۲	۳۷/۶	۳۱	۹۷	۲۱/۱	۲۳۹/۴

جدول ۲. عملیات‌های زراعی و مدیریتی انجام‌شده در مزرعه

شرح	تاریخ	توضیحات
اولین مرحله شخم	۹۶/۲/۱۱	--
دومین مرحله شخم	۹۶/۲/۱۵	--
کرت‌بندی	۹۶/۲/۲۱	--
اولین مرحله نشاکاری	۹۶/۲/۲۲	یک هفته قبل از نشا رایج
دومین مرحله نشاکاری	۹۶/۲/۲۹	زمان نشا رایج
علف‌کش	۹۶/۳/۷	بوتاکلر-۴ لیتر در هکتار
وجین اول	۹۶/۳/۲۰	--
کود دهی	۹۶/۴/۱۴	سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره هر کدام ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار
وجین دوم	۹۶/۴/۵	--
کود دهی	۹۶/۴/۱۹	سولفات پتاسیم و اوره هر کدام ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار

در زمان برداشت، برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد برنج، پس از حذف حاشیه، برداشت محصول (به صورت کف‌بر) از سطحی معادل ۲ مترمربع (طول دو و عرض یک متر) در هر کرت انجام شد. زیست-توده کل (وزن خشک اندام هوایی) توزین و ثبت شد. میانگین ۱۰ بوته از هر کرت برای تعیین اجزای عملکرد در نظر گرفته شد به این ترتیب که پس از شمارش تعداد پنجه در هر کپه (انتخاب ۱۰ کپه به صورت تصادفی و شمارش تعداد کل پنجه در هر کپه)، ۱۰ خوشه از

۱۰ بوته منتخب هر کرت به صورت تصادفی انتخاب شد. صفات طول خوشه، وزن خوشه، وزن هزار دانه، تعداد دانه، وزن کاه و عملکرد نهایی (برحسب کیلوگرم در هکتار) بر اساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. داده‌ها پس از ثبت و دسته‌بندی، به وسیله نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها نیز به کمک برنامه Excel 2007 انجام شد.

$$Wp = \frac{y}{w} \quad (1)$$

جدول ۳- کیفیت آب آبیاری مورد استفاده

پارامتر	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ⁻²	pH	EC	TDS
واحد	Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L		μS/cm	Mg/L
مقدار	۳/۸	۱/۹	۱/۸	۰/۰۷	۵/۲	۱/۶	۰/۶	۷/۶	۷۶۱	۴۷۵

نتایج و بحث

پنجه در هر کپه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار و بقیه صفات فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری نشان می‌دهد که میانگین صفات تعداد

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری و سن گیاهچه

منابع تغییر	تعداد پنجه	وزن هزار دانه	درصد دانه پر	طول خوشه	وزن خوشه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۷/۵۶	۱/۶۸	۵/۱۰	۸/۶۶	۰/۱۳	۵۲۰۷۳۶۰/۱۸	۷۵۵۹۸۷۸/۴۶	۰/۰۰۰۷۲
آبیاری (A)	۱۷۴/۴۰**	۲/۶۲ ^{ns}	۵/۰۳ ^{ns}	۱/۳۵ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۱۰۸۴۲۳۴۳/۱*	۱۵۶۷۷۲۲/۶۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۵ ^{ns}
سن بوته (B)	۴/۸۵*	۳/۲۵ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۸۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱۱۱۱۳۶۶۳/۷ ^{ns}	۲۵۸۶۱۵۹/۶۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۴ ^{ns}
A*B	۸/۲۱*	۱/۸۵ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}	۱/۵۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۶۲۲۱۶۸/۷ ^{ns}	۸۴۴۴۱/۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۵ ^{ns}
خطا	۱/۴۸	۰/۵۸	۰/۹۰	۰/۶۱	۰/۰۸	۱۵۷۹۲۶۷/۸	۴۰۵۲۵۷/۵۱	۰/۰۰۰۱۶
ضریب تغییرات (%)	۲/۷۷	۴/۵۸	۱/۲۶	۳/۹۰	۱۴/۹۷	۱۶/۱۰	۲۰/۲۸	۸/۳۲

*، ** و ^{ns} به ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و فقدان اختلاف معنی‌دار است.

عامل آبیاری

نتایج مقایسه میانگین تعداد پنجه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف آبیاری به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شد. این تیمارها باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در تعداد پنجه شدند. تعداد پنجه در نظام غرقاب (۳۷/۸۵) بیشتر از میزان آن در سایر تیمارها (اشباع: ۳۰/۷۳ و کم آبیاری: ۲۷/۲۸) بود. تعداد پنجه بیشتر در آبیاری غرقاب در مقایسه با مدیریت کم آبیاری در برخی تحقیقات گذشته نیز نشان داده شد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹؛ میری و همکاران، ۱۳۹۱؛ Yao et al., 2012). کاهش تعداد پنجه در شیوه کم آبیاری می‌تواند ناشی از تنش وارد شده به بوته‌ها طی مراحل آخر رشد باشد که سبب مرگ و میر تا ۵۰ درصد پنجه‌ها می‌شود (Deb and Kloft, 2012). با این وجود، عدم افزایش معنی‌دار تعداد پنجه در آبیاری متناوب نسبت به وضعیت غرقاب نیز در برخی مطالعات گزارش شد (Ali et al., 2013; Liu et al., 2013; Roy, 2012). عرب زاده و همکاران (۱۳۸۳) طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که در روش غرقاب دایم بیشترین تعداد پنجه و عملکرد دانه و روش اشباع کمترین تعداد پنجه و عملکرد دانه را داشت. تفاوت نتایج تحقیقات مختلف می‌تواند منبعت از اختلاف شرایط تحقیق نظیر نوع رقم تحت کشت، نحوه اعمال کم آبیاری، مدیریت مزرعه، شرایط اقلیمی و موارد مشابه باشد. عملکرد بیولوژیک در آبیاری غرقاب به‌طور معنی‌داری بیشتر از میزان آن در تیمارهای کم آبیاری و تنابوبی بود در حالی که اختلاف این پارامتر در تیمارهای کم آبیاری و متناوب معنی‌دار نبود

(شکل ۳). کم‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار کم آبیاری (۱۲۷۶۴/۶ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین مقدار آن مربوط به نظام غرقاب (۱۵۳۱۳ کیلوگرم در هکتار) بود. با توجه به برتری صفت تعداد پنجه در تیمار غرقاب و اثر آن بر عملکرد بیولوژیک به‌عنوان یک جز مهم عملکرد، افزایش عملکرد بیولوژیک بدیهی است. حسنی و همکاران (۱۳۹۰) به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و تعداد پنجه بارور به روش غرقابی و کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به روش دیمی بود. نتایج یک مطالعه در فیلیپین نشان داد که با حفظ رطوبت خاک در حد اشباع، به‌طور متوسط عملکرد بیولوژیک تا ۵ درصد کاهش یافت (Tabbal et al., 2010). عرب زاده (۱۳۹۲) طی پژوهشی به این نتیجه رسید که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به غرقاب بود. نتایج برخی از تحقیقات گذشته حاکی از آن است که استفاده از آبیاری تناوبی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شد (Dahal et al., 2012). علی‌رغم تفاوت معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، اختلاف بین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف (غرقاب: ۵۰۳۰؛ اشباع: ۵۱۰۵/۷ و کم آبیاری: ۴۹۰۳/۴ کیلوگرم در هکتار) معنی‌دار نبود. یکی از علت‌های احتمالی بیشتر بودن عملکرد بیولوژیک در تیمار غرقاب و در عین حال فقدان اختلاف معنی‌دار عملکرد دانه در مقایسه با کم آبیاری را می‌توان به به این مورد مرتبط دانست که بخش عمده ماده خشک به قسمت کاه انتقال یافته است (داده‌های منتشر نشده).



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد پنجه در شیوه‌های مختلف آبیاری



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در شیوه‌های مختلف آبیاری

عامل سن بوته

تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تاثیر تیمارهای مختلف سن بوته مشخص نمود که تاثیر سن بوته بر صفات مورد بحث در سطح یک درصد معنی‌دار نبوده و تنها بر تعداد پنجه در هر کپه در سطح ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین تعداد پنجه در هر کپه در تیمارهای مختلف سن بوته در شکل ۴ ارایه شد. بیشترین تعداد پنجه در هر کپه مربوط به سن ۳۹ روز (۳۲/۴۸) و کم‌ترین مقدار تعداد آن برای سن ۴۶ روز (۳۱/۴۴) بود. یافته‌ها حاکی از آن است که گیاهچه‌های جوان تحت هر دو شرایط غرقاب و تناوب تعداد پنجه بیشتری نسبت به بوته‌های مسن دارند (Ali et al., 2013). در تحقیقی دیگر، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای با سن بوته ۶ و ۲۸ روز از نظر تعداد پنجه مشاهده نشد اما تعداد پنجه تیمارهای با سن بوته ۱۰ و ۱۴ روز به‌طور معنی‌داری بیشتر از ۲۸ روز بود (Deb and Klof, 2012). همچنین گزارش شد تعداد پنجه و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر سن بوته و مدیریت آبیاری بوده و بهترین نتایج از نشاء بوته با سن ۱۵ روزه حاصل شد (Ali et al., 2013). پنجه‌زنی و رشد ریشه سریع هنگامی ممکن خواهد بود که شیوه بوم‌شناختی به‌طور کامل اجرا شود. به عنوان مثال وقتی گیاهچه‌های مسن استفاده می‌شود یا بوته‌های برنج تحت شرایط غرقاب رشد می‌کنند، ریشه‌های گیاه تخریب و فاصله زمانی ظهور برگ‌ها افزایش می‌یابد (Uphoff, 2016). به هر شکل با توجه به این که شرط لازم برای تناسب سنی گیاهچه جهت انتقال، آمادگی بوته بوده و این خصوصیت با توجه به اقلیم متفاوت است بنابراین تناقض یافته‌های مربوط به اقلیم‌های مختلف مورد انتظار می‌باشد. نتایج مزبور حاکی از آن است که تفاوت یافته‌ها می‌تواند

ناشی از شرایط مطالعه (اعم از اقلیم، نوع تیمار، رقم) و نوع ترکیبات تیماری (فاصله و تعداد بوته، سن گیاهچه و روند آبیاری و...) باشد. نتایج حاکی از آن است که دقت هنگام انتقال بوته‌ها از خزانه، خسارت ناشی از کندن بوته‌ها را به حداقل رسانده، در نتیجه رشد سریع فاصله ظهور برگ‌ها در زمین اصلی نیز کم می‌شود (Ali et al., 2013). این وضعیت قبل از ظهور برگ چهارم فراهم‌تر است به‌این ترتیب ریشه گیاهچه‌های برنج هنگام کندن و انتقال در این مرحله آسیب کمتری دیده و تعداد فیتومرهای بیشتری تولید می‌شود (2016 Uphoff).

با این وجود، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف سن بوته (۳۹ روز: ۴۶۲۵/۴ کیلوگرم در هکتار و ۴۶ روز: ۴۷۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۳۹ روز: ۱۳۵۷۷ کیلوگرم در هکتار و ۴۶ روز: ۱۳۰۰۶ کیلوگرم در هکتار) وجود نداشت. نبود اختلاف معنی‌دار صفت عملکرد در عامل سن بوته می‌تواند به واسطه اختلاف کم سن بوته (یک هفته) در دو سطح بوم‌شناختی (۳۹ روز) و رایج (۴۶ روز) باشد به این ترتیب که این بازه زمانی قادر نبوده تحت شرایط جاری زراعی، اختلاف قابلیت‌های دو تیمار انتقال بوته را آشکار سازد. ضمن این که با توجه به تهیه گیاهچه از کشاورزان و بذریابی زودتر از موعد (دهه دوم اسفندماه)، به‌طور قهری کمترین سن بوته تا زمان مناسب نشاء (هفته اول اردیبهشت) در نظر گرفته شد. ضمن این که بهترین زمان بذریابی برنج در منطقه، بازه زمانی ۲۵ اسفندماه تا ۵ فروردین می‌باشد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین، برخی از نتایج به‌ظاهر متناقض این مطالعه به عدم استفاده کامل از اجزای شیوه بوم‌شناختی (بذریابی به‌موقع و انتقال بوته در زمان مناسب) یا عدم دقت کافی در فرایند انجام عملیات مربوط می‌شود.



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد پنجه در تیمارهای سن بوته

تیمار کم آبیاری از نظر تعداد پنجه اختلاف معنی‌دار داشتند. مقایسه میانگین سطوح زمان انتقال بوته در سطح تیمار کم آبیاری نشان از برتری شیوه رایج از نظر تعداد پنجه داشت (جدول ۵). یافته‌های تحقیقی نشان‌دهنده بیشتر بودن تعداد پنجه در تیمار ترکیبی کم-آبیاری و سن ۱۵ روز بود اما اختلاف تعداد پنجه در دو تیمار ترکیبی معنی‌دار نبود (Ali et al., 2013).

اثر متقابل آبیاری و سن بوته

نتایج جدول ۲ حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار بین سطوح مختلف آبیاری و سن انتقال بوته است. بنابراین، برش سطوح مختلف سن انتقال بوته در هر سطح تیمار آبیاری انجام شد که نشان از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل آبیاری اعم از غرقاب، اشباع و کم-آبیاری از نظر تعداد پنجه می‌باشد. سطوح عامل آبیاری (غرقاب، اشباع) فاقد اختلاف معنی‌دار بوده، تنها دو سطح زمان انتقال بوته در

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد پنجه در هر کپه در سطوح مختلف انتقال بوته از هر سطح عامل آبیاری

تعداد پنجه	سطوح عامل سن بوته	سطوح عامل آبیاری
۳۶/۷۲ ^a	بوم‌شناختی	غرقاب
۳۷/۱۹ ^a	رایج	
۳۰/۱۹ ^b	بوم‌شناختی	اشباع
۳۱/۲۸ ^b	رایج	
۲۵/۶۰ ^c	بوم‌شناختی	کم آبیاری
۲۸/۹۵ ^c	رایج	

بهره‌وری مصرف آب

بهره‌وری مصرف آب در شیوه‌های کم آبیاری و غرقاب به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۴۴ بود. بهره‌وری آب مشاهده شده در این پژوهش در تطابق با مقادیر گزارش شده برای شرایط کم آبیاری در پژوهش‌های گذشته (Zhang et al., 2012; Bulbuland et al., 2014) امیری و همکاران (۱۳۸۵) طی پژوهشی روی رقم هاشمی، مقدار بهره‌وری آب براساس میزان آب آبیاری را حدود ۰/۹۲-۰/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. یافته‌های (صدافت و همکاران، ۱۳۹۳) حاکی از اختلاف به ترتیب ۹۲، ۶۰ صفر و ۲۲ درصد بهره‌وری آب در تیمارهای آبیاری تناوبی، غرقاب تا مرحله پنجه‌زنی، غرقاب تا مرحله ساقه‌دهی و غرقاب تا گلدهی در مقایسه با

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر میزان آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب به همراه نتایج مقایسه این عوامل در جدول ۶ ارائه شد. استفاده از شیوه‌های بوم‌شناختی (اشباع و کم آبیاری) در مقایسه با مدیریت رایج (غرقاب)، سبب کاهش مصرف آب به میزان به ترتیب ۲۶ و ۴۲ درصد شد. کاهش مصرف آب در شرایط آبیاری متناوب نسبت به غرقاب داریم توسط سلحشور همکاران (۱۳۸۸) و صدافت و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش شد. گزارش شد که با حفظ رطوبت خاک در حد اشباع، به‌طور متوسط آب مصرفی تا ۳۵ درصد در مقایسه با عملیات رایج غرقاب سطحی کاهش پیدا می‌کند (Tabbal et al., 2010).

رسیدند که بیشترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار آبیاری تناوبی در کل فصل رشد دیده شد.

غرقاب دایم بود. نشان داده شد که آبیاری تناوبی در مقایسه با غرقاب پیوسته، بهره‌وری آب را به میزان ۳۷/۶ درصد افزایش داد (Arif et al., 2013). میری و همکاران (۱۳۹۱) طی آزمایشی به این نتیجه

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب

بهره‌وری	آب مصرفی	
۰/۰۱ns	۲۸۴۳۰۸۰/۶	بلوک
۰/۰۷۳*	۷۰۸۹۱۵۵۶/۸**	آبیاری
۲۴/۵۶	۱۶/۴۶	ضریب تغییرات (درصد)
آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) بهره‌وری (کیلوگرم بر متر مکعب)		
۰/۴۴ ^A	۱۲۳۲۶ ^A	غرقاب _۱
۰/۴۸ ^{AB}	۹۱۲۹ ^B	تناوب _۲
۰/۶۳ ^B	۷۱۲۰ ^B	کم آبیاری _۳

نتیجه گیری

در نظام فشرده بوم‌شناختی، زمینه برای بروز قابلیت‌های موجود در بوته برنج، فراهم می‌شود. از جمله این توانمندی‌ها، تولید پنجه است که با دو خصوصیت سن گیاهچه و تعداد آن در هر کپه رابطه دارد که البته خود شرط لازم برای بهبود اجزای عملکرد به شمار می‌آید. از آنجایی که عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری فاقد اختلاف معنی‌داری بود بنابراین می‌توان تیمار کم آبیاری را به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب پیشنهاد داد. نبود اختلاف معنی‌دار صفت عملکرد دانه در سن بوته نیز می‌تواند به واسطه اختلاف کم سن بوته (یک هفته) در دو سطح بوم‌شناختی (۳۹ روز) و رایج (۴۶ روز) باشد. به این ترتیب که این بازه زمانی قادر نبوده تحت شرایط جاری زراعی اختلاف قابلیت‌های دو تیمار انتقال بوته را آشکار سازد. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه مبنی بر افزایش تعداد پنجه و عملکرد بیولوژیک همگام با افزایش سن بوته و تعداد آن در هر کپه و فقدان اختلاف معنی‌دار عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری، تیمار ترکیبی بوم‌شناختی (کم آبیاری-۳۹ روز) به واسطه صرفه‌جویی در مصرف آب قابل توصیه خواهد بود.

منابع

اسدی، ر.، رضایی، م. و معتمد، ۱۳۸۳. راه حلی برای مقابله با خشک‌سالی در مازندران. مجله کشاورزی، ۱۴(۲): ۸۷-۹۰
 امیری، ا.، کاوه، ف. و چهارمی، ح. ۱۳۸۵. مدیریت آب در شالیزار. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۲ تا ۱۴ اردیبهشت ماه. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۶(۴): ۵۸-۶۹.
 حسنی، ا.، تشکری، ع.، قاسم‌پور علمداری، م. و بریمانی، ز. ۱۳۹۰. بررسی روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد رقم

طارم محلی برنج. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی. دانشگاه زنجان. (۲): ۳۸-۲۵.

رضایی، م.، معتمد، م. ک.، یوسفی فلکدهی، ع. و امیری، ا. ۱۳۸۹. تغییرات مصرف آب در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تاثیر آن بر میزان عملکرد ارقام مختلف برنج. نشریه آب و خاک. (۸): ۳: ۵۶۵-۵۷۳.

سلحشور، ف.، ناظمی، ا. و یزدانی، م. ۱۳۸۸. بهبود مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۲ (۱): ۱۶-۱.

شکری واحد، ح.، دواتگر، ن.، کاوسی، م. و بابازاده، ش. ۱۳۹۷. ارزیابی پاسخ برنج (*Oryza Sativa L.*) به مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم براساس مدیریت تغذیه خاص مکان (SSNM). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۸ (۱): ۲۴۸-۲۳۵.

صداقت، ن.، پیردستی، 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.

عرب زاده، ب. ۱۳۹۲. مطالعه بهره‌وری آب در کشت نشایی برنج در ارقام طارم و شیرودی. گزارش نهایی طرح تحقیقات موسسه تحقیقات برنج کشور. (۴): ۳: ۵۷-۳۵.

عرب زاده، ب. ۱۳۸۳. بررسی کم آبیاری تنظیم شده در کشت نشایی برنج رقم طارم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات برنج کشور. (۶): ۵: ۹۶-۸۵.

مرادپور، ص.، امیری، ا.، مصبر، ح. و مدنی، ح. ۱۳۹۳. بررسی تاریخ کشت و تراک بوته بر برنج در مازندران. فصلنامه یافته‌های نوین کشاورزی، ۹ (۲): ۱۲۷-۱۱۷.

- Glover, D. (2011). Science, practice and the System of Rice Intensification in Indian agriculture. *Food Policy*, 36(6), 749-755.
- Kassam, A., Stoop, W., & Uphoff, N. (2011). Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. *Paddy and Water Environment*, 9(1), 163-180.
- Lal, B. Priyanka, G. and Ekta, J. 2013. Different rice establishment methods for producing more rice per drop of water: A review. *International Journal of Research in BioSciences*, 2(2): 1-12.
- Liu, L., Chen, T., Wang, Z., Zhang, H., Yang, J. and Zhang, J. 2013. Combination of site-specific nitrogen management and alternate wetting and drying irrigation increases grain yield and nitrogen and water use efficiency in super rice. *Field Crop Research*. 154: 226-235.
- McDonald, A. J., Hobbs, P. R. and Riha, S. J. (2006). Does the system of rice intensification outperform conventional best management? A synopsis of the empirical record. *Field Crops Research* 96:31-36.
- Nelson, G. et al. 2009. Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. *International Food Policy Research Institute: Washington, D.C.* <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/pr21.pdf>.
- Paddies. *Extension Journal and Agriculture Drought*, 14: 87-90. (In Persian).
- Patra. P. and S., Haque. S. 2011. Effect of seedling age on tillering pattern and yield of rice (*Oryza sativa* L.) under system of rice intensification. *Arpn Journal of Agricultural and Biological science*, 6(11): 33-35.
- Roy, S. (2012). Effect of age of seedling and weed management practices on the productivity of rice under system of rice intensification (SRI) (Doctoral dissertation, GB Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar-263145 (Uttarakhand)).
- Sandhu S.S. Mahal S.S. Vashist K.K. Buttar G.S. Brar A.S. and Singh M. 2012. Crop and water productivity of bed transplanted rice as influenced by various levels of nitrogen and irrigation in northwest India. *Agricultural Water Management* 104: 32-39.
- Satyanarayana, A., Thiyagarajan, T. M., & Uphoff, N. (2007). Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification. *Irrigation Science*, 25(2), 99-115.
- Stoop, W. A. Uphoff, N. Kassam, A. 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. *Agricultural Systems* 71
- موسوی طغانی، س. ی. رضوانی مقدم، پ. نصیری محلاتی، م. و م. ر. دماوندیان. ۱۳۹۳. مطالعه تنوع زیستی علف‌های هرز بوم نظام های زراعی پر نهاده، کم نهاده و ارگانیک برنج. چهارمین کنفرانس بین‌المللی چالش‌های زیست‌محیطی و گیاه‌شناسی درختی، ۲۴ و ۲۵ اردیبهشت، پژوهشکده اکوسیستم‌های خزری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۹ (۳): ۶۰۶-۵۹۳.
- میری، ح. ر.، نیاکان، و. و باقری، ع. ۱۳۹۱. تاثیر آبیاری تناوبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در کشت مستقیم برنج در منطقه کازرون. *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*. ۲ (۵): ۱۳-۲۶.
- Ali, M. S., Hasan, M. A., Sikder, S., Islam, M. R., & Hafiz, M. H. R. (2013). Effect of seedling age and water management on the performance of Boro rice (*Oryza sativa* L.) variety BRRI Dhan28. *The Agriculturists*, 11(2), 28-37.
- Anas, I., Rupela, O. P., Thiyagarajan, T. M., & Uphoff, N. (2011). A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. *Paddy and Water Environment*, 9(1), 53-64.
- Anitha, S., and M. Chellappan. 2011. Comparison of the system of rice intensification (SRI), recommended practices, and farmers' method of rice (*Oryza sativa* L.) production in the humid tropics of Kerala, India. *Journal of Tropical Agriculture*, 49(1-2): 64-71.
- Arif, C. Setiawan, B.I. Sofiyuddin, H.A and Martief, L.M. 2013. Enhanced Water Use Efficiency by Intermittent Irrigation for Irrigated Rice in Indonesia. *Journal of Islamic Perspective on Science, Technology and Society*. 1(1): 12-17.
- Atta, Y.I. 2008. Innovative Method for Rice Irrigation with High Potential of Water Saving. *Water Management Research Institute National Water Research Center*. Egypt. 17 pages.
- Bulbul, S.H., Rahman, Md.R., 2014. Sustainable water use efficiency for ricecultivation in Rajshahi of Bangladesh. *Am. J. Agric. Forestry* 2 (4), 146-153.
- Chapagain, T., and E. Yamaji. 2010. The effects of irrigation method, age of seedling and spacing on crop performance, productivity and water-wise rice production in Japan, *Paddy Water Environment*, 8: 81-90.
- Dahal, K. R., & Khadka, R. B. (2012). Performance of rice with varied age of seedlings and planting geometry under system of rice intensification (SRI) in farmer's field in Western Terai, Nepal. *Nepal Journal of Science and Technology*, 13(2), 1-6.
- Deb, D., Lässig, J., & Kloft, M. (2012). A critical assessment of the importance of seedling age in the system of rice intensification (SRI) in eastern India. *Experimental agriculture*, 48(3), 326-346.

- Norman Uphoff, SRI-Rice, Cornell University, p.226.
- Uphoff, N. Responses to frequency-asked questions about the system of rice intensification (SRI). Access on site: <http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/FAQs/pdf>. Access 11 September 2015.
- Yao, F. Huang, J. Cui, K. Nie, L. Xiang, J. Liu, X. Wu, W. Chen, M and Peng, S. 2012. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crops Research*, 126, 16-22.
- Zhang, Y., Tang, Q., Peng, S., Xing, D., Qin, J., Laza, R.C., Punzalan, B.R., 2012. Wateruse efficiency and physiological response of rice cultivars under alternatewetting and drying conditions. *Sci. World J.*, <http://dx.doi.org/10.1100/2012/287907>, 1537-744X.
- (2002) 249-274
- Styger, E., Aboubacrine, G. Attaher, M. A., and Uphoff, N. 2011. The system of rice intensification as a sustainable agricultural innovation: introducing, adapting and scaling up a system of rice intensificaion practices in the Timbuktu region of Mali. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 67-75.
- Tabbal, D.F. Bouman, B.A.M. Bhuiyan, S.I. Sibayan, E.B and Sattar, M.A. 2010. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case studies in the Philippines. *Agricultural Water Management*, 56(2): 93-112.
- Uphoff, N. (2007). Reducing the vulnerability of rural households through agroecological practice: Considering the System of Rice Intensification (SRI). *Mondes en développement*, (4), 85-100
- Uphoff, N. (2016). *The System of Rice Intensification (SRI): responses to frequently asked questions.*

Evaluation of Irrigation Regimes and Seedling age Effects on Rice (*Oryza sativa* L.) Yield and Yield Components in Conventional and Ecological Systems

Y. shokhmezar¹, A. Darzi-Naftchali^{2*}, S.Y. Mousavi Toghani³

Received: Nov.26, 2018

Accepted: May.03, 2019

Abstract

The System of Rice Intensification (SRI) is one of the farm management methods that reduces inputs such as seeds, irrigation water, fertilizers and chemical pesticides while increases yield. Considering the economic importance of rice, this research was carried out in a split plot design with two irrigation managements at three levels (A1: flooding, A2: saturated and A3: low irrigation) and plant age at two levels (B1: 39 days, B2: 46 days) in three replications to evaluate the effects of irrigation methods and seedling ages on yield and yield components of rice under conventional and ecological systems. Combined treatments including A1B2 and A3B1 were the conventional and the ecological methods, respectively, and the other treatments were compared as intermediate. The average number of tiller per hill in flood irrigation treatment (37.85) was higher compared to other treatments (30.73 and 27.28 for saturated irrigation and deficit irrigation, respectively). It was observed that the highest biological yield (15313 Kg ha⁻¹) was recorded under flooding irrigation treatment and the lowest value (12764.6 Kg ha⁻¹) was related to deficit irrigation. Mean comparison of the tiller number showed that the highest (32.48) and the lowest (31.44) tiller number per hill were related to 39 and 46 days plant age, respectively. Water consumed under deficit irrigation was about 42 percent lower than that of flooding irrigation treatment and its water productivity was 0.63 Kg ha⁻¹. Based on the results, in order to increase rice production and water saving, it is recommended to use ecological systems (deficit irrigation and plant age of 39 days).

Keywords: Flooding irrigation, Paddy field, Sustainable agriculture, Deficit irrigation

1- MSc Student in Irrigation and Drainage Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

2- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Agriculture Expert, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(* - Corresponding Author Email: abdullahdarzi@yahoo)