

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره ششم / شماره اول / بهار ۱۳۹۵ (۴۳-۵۵)

اثر سیستم‌های کشت و تغذیه برگی با کود روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آب مصرفی برنج

احمد رضانی^۱، علی سروش‌زاده^{۲*} و محمود صلحی^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۲۵

چکیده

برنج یکی از محصولات اساسی و مهم کشاورزی است که غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر سه سیستم کشت و نیز تغذیه برگی دو نوع کود روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آب مصرفی برنج رقم سازندگی، آزمایشی با استفاده از کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. سه سیستم کشت شامل متمرکز، بهبود یافته و متداول به عنوان عامل اصلی و چهار سطح تغذیه برگی با کود روی شامل نانو اکسید روی با غلظت‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت‌های ۳ و ۶ گرم در لیتر همراه با تغذیه برگی با آب مقطر و بدون تغذیه برگی (به ترتیب به‌عنوان شاهد‌های اول و دوم) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که سیستم کشت متمرکز با ۹۴۵۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد که نسبت به سیستم بهبود یافته و متداول به ترتیب ۱۰ و ۱۳ درصد افزایش عملکرد داشت. تغذیه برگی با هر دو ترکیب کود روی عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد و نانو اکسید روی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۶ گرم در لیتر به ترتیب موجب افزایش ۵ و ۵/۷ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با میانگین دو تیمار شاهد شد. حداقل آب مصرفی (۱۴۶۰۸ متر مکعب در هکتار) در سیستم کشت متمرکز به‌دست آمد که در مقایسه با سیستم کشت بهبود یافته و متداول به ترتیب ۱۸/۲ و ۱۷/۵ درصد کاهش داشت. بر اساس نتایج این پژوهش، استفاده از سیستم کشت متمرکز و تغذیه برگی سولفات روی با غلظت ۶ گرم در لیتر یا نانو اکسید روی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای برنج توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سولفات روی، سیستم کشت متمرکز، نانو اکسید روی

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران؛ محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ایران

۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران

* نویسنده مسئول: soroosh@modares.ac.ir

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از محصولات اساسی و مهم کشاورزی است که غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. این محصول در بیش از ۱۰۰ کشور جهان تولید شده و ۲۱ درصد از انرژی و ۱۵ درصد از پروتئین مورد نیاز مردم دنیا را تأمین می‌کند (Depar *et al.*, 2011).

پس از چند دهه تحقیق در زمینه چگونگی دستیابی به تولید محصول بیشتر و پایدار و سیستم‌های تولید کشاورزی پایدار، چند الگوی جدید، مبتنی بر شیوه‌های اگرواکولوژیکی و سودآور از لحاظ اقتصادی معرفی شده‌اند. از جمله این الگوها سیستم کشت متمرکز (System of Rice Intensification/ SRI) و کشاورزی حفاظتی (Conservation Agriculture/CA) را می‌توان نام برد. ویژگی این سیستم‌ها عبارت است از "حداقل استفاده از نهاده‌ها (low-input intensification) (Meyer, 2009) یا "تولید فشرده پایدار (low-input intensification) (Royal Society, 2009). این سیستم‌ها پتانسیل بالقوه‌ای برای افزایش بهره‌وری بدون آسیب به محیط‌زیست را نشان می‌دهند که می‌تواند از جمله فرصت‌های بسیار مورد نیاز برای پرداختن به چالش‌های جهانی از جمله کاهش فقر، امنیت آب و غذا، کاهش هزینه‌های تولید مواد غذایی، کاهش مصرف انرژی و نهاده‌های تولید، حفاظت از منابع طبیعی و افزایش بهره‌وری از محیط زیست و مقابله با تغییرات آب و هوایی باشد (Kassam *et al.*, 2011). فلسفه اولیه سیستم کشت متمرکز این است که گیاه برنج یک موجود زنده است که ظرفیت رشد و تولید بالایی دارد. این ظرفیت در صورتی قابل دستیابی است که شرایط ایده‌آلی برای رشد آن ایجاد شود. اصول و روش‌های اجرای سیستم کشت متمرکز عبارت‌اند از: تغییر شیوه خزانه‌گیری و استفاده از خزانه جعبه‌ای، پرورش نشاهای جوان ۳ تا ۳/۵ برگی، کشت یک گیاهچه در کپه، به‌کارگیری فواصل کشت بیشتر بین نشاها و الگوی کشت مربعی، نشاکاری با عمق کم، عدم غرقاب نمودن دائم شالیزار و انجام آبیاری متناوب، استفاده از کمپوست و کودهای آلی و استفاده از وجین‌کن دستی برای هوادهی و کنترل علف‌های هرز (Barison, 2003; Uphoff, 2005; Uphoff, 2006). در آزمایشی که به منظور مقایسه ویژگی‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی برنج در دو سیستم کشت سنتی و متمرکز

در هندوستان انجام شد، گزارش شد که عملکرد در سیستم کشت متمرکز در مقایسه با سیستم سنتی ۴۸ درصد بیشتر بود. به اعتقاد این محققین علت بیشتر بودن عملکرد در سیستم کشت متمرکز مربوط به بهبود ویژگی‌هایی مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی برنج در این سیستم بود. به طوری که تعداد پنجه در بوته، تعداد و اندازه برگ‌ها، ارتفاع گیاه و شاخص‌های فیزیولوژیکی از جمله سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و وزن مخصوص ویژه برگ در این سیستم به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (Thakur *et al.*, 2011). در تحقیقی استفاده از کود کمپوست و آبیاری متناوب در سیستم کشت متمرکز باعث افزایش عملکردی معادل ۳ تن در هکتار در مقایسه با تیمار کود شیمیایی و آبیاری غرقابی در سیستم کشت سنتی شد، که دلیل این افزایش عملکرد، افزایش تعداد خوشه و دانه در مترمربع عنوان شده است (Barison, 2003). در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه دو سیستم کشت سنتی و کشت متمرکز به اجرا گذاشته شده، در سیستم کشت متمرکز عملکرد برابر ۹/۱ تن در هکتار و در سیستم سنتی ۵/۵ تن در هکتار بود. در این پژوهش افزایش عملکرد در سیستم کشت متمرکز به تولید بیشتر تعداد پنجه و خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و افزایش طول خوشه نسبت داده شده است. در این مقایسه در سیستم کشت متمرکز، مصرف آب ۱۰ درصد کمتر و هزینه تولید ۱۵ درصد بیشتر و سود حاصله نیز ۲/۱ برابر بیشتر بود (Styger *et al.*, 2011). آزمایشی که به منظور مقایسه بهره‌وری منابع تولید، عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت سیستم‌های مختلف کشت در مازندران انجام شد، نتایج نشان داد که عملکرد در سیستم کشت سنتی، بهبود یافته و کشت متمرکز اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی در سیستم کشت متمرکز، علاوه بر کاهش قابل توجه مصرف نهاده‌های تولید، در مصرف آب (۲۹ درصد) نیز صرفه‌جویی شد (Amiri *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی تأثیر مدیریت‌های متفاوت در سیستم کشت متمرکز و متداول در هندوستان، با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن صورت گرفت، گزارش گردید در سیستم کشت متمرکز عملکرد ۴۹ درصد افزایش داشته است. در این پژوهش به دلیل توسعه بیشتر ریشه و بهبود عملکرد فیزیولوژیکی گیاه در سیستم کشت متمرکز، میزان جذب

و کارآیی مصرف نیتروژن افزایش یافت (Thakur *et al.*, 2013).

کمبود روی پس از نیتروژن، فسفر و پتاسیم مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد در برنج است (Quijano-Guerta *et al.*, 2002). به نحوی که موجب کاهش قابل توجهی در عملکرد دانه و کیفیت تغذیه‌ای آن می‌شود (Cakmak *et al.*, 1999). در حال حاضر کمبود روی یکی از مهم‌ترین تنش‌های مواد غذایی محدودکننده تولید برنج در آسیا به شمار می‌آید (Quijano-Guerta *et al.*, 2002). در ایران به دلیل آهکی بودن خاک‌ها و واکنش قلیایی خاک مسئله کمبود روی از اهمیت بیشتری برخوردار است. ملکوتی و غیبی (Malakooti and Ghaybi, 2000) حد بحرانی روی در شالیزارهای شمال کشور را برای ارقام پر محصول و کم محصول برنج به ترتیب ۲ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به روش DPPA گزارش کردند. پیرزاده و همکاران (Pirzadeh *et al.*, 2012) با بررسی وضعیت روی و کادمیم در شالیزارهای استان‌های اصفهان، فارس و خوزستان در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک گزارش کردند که با وجود بالا بودن مقدار کل روی خاک، در بیشتر از ۵۰ درصد خاک‌های مورد مطالعه، غلظت روی قابل عصاره‌گیری به روش EDTPA کمتر از حد کفایت یعنی ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. تغذیه برگی روی باعث جذب آن از طریق روزه‌های برگ شده و از طریق سیستم آوندی گیاه به قسمت‌هایی از گیاه که مورد نیاز است منتقل می‌شود (Marschner, 1995). برخی از منابع روی (کلات روی، سولفات روی و نترات روی) به‌عنوان کود برگی در تعدادی از محصولات استفاده شده‌اند (Yoshida *et al.*, 1970). برخی مطالعات نشان می‌دهد تغذیه برگی سولفات روی در جبران کمبود روی و افزایش غلظت روی در دانه برنج موثر بوده است (Yoshida *et al.*, 1970; Wilhelm *et al.*, 1988; Jiang *et al.*, 2008; Stomph *et al.*, 2011). افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۱۶ درصد) و کاه (۳۸ درصد) برنج با دو بار تغذیه برگی کود روی از نوع کلات روی و سولفات روی با غلظت ۵ در هزار مشاهده شده است، اما بیش‌ترین افزایش با تغذیه برگی کلات روی گزارش شده است (Karak and Das, 2006). چاکرال‌حسینی و همکاران (Chaker Alhossaini *et al.*, 2009) با بررسی آثار میزان، منبع و روش مصرف کود روی بر صفات کمی و کیفی برنج زراعی رقم چرام گزارش کردند مصرف روی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش

عملکرد شد و بیش‌ترین عملکرد با تغذیه برگی (با غلظت ۳- در هزار) توأم با مصرف ۴۰- کیلوگرم در خاک سولفات روی، حاصل شد. میرزاوند (Mirzavand, 2007) با ارزیابی اثر مصرف خاکی سولفات روی و آغشته نمودن ریشه نشا به اکسید روی بر عملکرد و ترکیبات شیمیایی برنج رقم قصردشتی در شالیزارهای استان فارس گزارش کرد مصرف خاکی سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد شد. پراساد و همکاران (Prasad *et al.*, 2012) با تغذیه برگی بادام‌زمینی با مصرف سولفات روی و نانو اکسید روی، گزارش کردند مصرف نانو اکسید روی و سولفات روی به ترتیب باعث افزایش ۲۹/۵ و ۲۶/۳ درصدی عملکرد غلاف شد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تغذیه برگی نانو اکسید روی و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در سیستم‌های مختلف کشت در اصفهان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در قالب آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان واقع در روستای سه‌روفرروزان از توابع شهرستان فلاورجان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سیستم کشت متمرکز، بهبود یافته و متداول و عامل فرعی در شش سطح شامل تغذیه برگی نانو اکسید روی (Nano-ZnO) با غلظت ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (Boonyanitipong *et al.*, 2011; Parsad *et al.*, 2012) سولفات روی آبدار با غلظت ۳ و ۶ گرم در لیتر (Slaton *et al.*, 2001; Shivay *et al.*, 2008)، آب مقطر (شاهد اول) و بدون تغذیه برگی (شاهد دوم) بود. تغذیه برگی در دو مرحله پنجه‌زنی (کد ۲۱) و شیرینی شدن دانه (کد ۷۵) برنج (Cakmak *et al.*, 2010) بر اساس مراحل رشد سیستم بی‌بی‌سی‌اچ (BBCH-scale) انجام شد (Lancashire *et al.*, 1991).

کود نانو اکسید روی مورد استفاده در آزمایش تولید شرکت تحقیقات نانو مواد آمریکا (US Research Nanomaterials, Inc.) با خلوص بالای ۹۹ درصد و متوسط قطر ذرات ۳۰-۱۰ نانومتر و سطح ویژه مخصوص آن بیشتر از ۳۰ گرم بر مترمربع بود. همچنین سولفات

در مراحل پنجه‌زنی و آغاز ظهور سنبله جوان (Panicle Initiation/PI) به‌طور مساوی تقسیم و به‌صورت سرک مصرف شد. خزانه‌گیری در هر سه سیستم به‌طور هم‌زمان در هفته اول اردیبهشت ماه انجام شد و برای کنترل علف‌های هرز خزانه و زمین اصلی علف‌کش بوتاکلر به مقدار ۳ لیتر در هکتار به‌کار رفت. ابعاد کرت‌های اصلی ۱۰×۱۱ و کرت‌های فرعی ۳×۴ متر بود. در سیستم کشت متداول منطقه اصفهان، خزانه‌گیری در اواسط اردیبهشت ماه با مصرف ۱۲۰ گرم بذر به ازای هر مترمربع خزانه انجام شد و نشاکاری با تعداد زیاد و متغیر نشا در کپه با استفاده از نشاهای ۴۰ روزه، فواصل کشت متغیر، تصادفی و نامنظم با عمق زیاد در اواخر خرداد ماه انجام شد. از زمان نشاکاری تا دو هفته قبل از برداشت شالیزار غرقاب دائم بود به نحوی که ارتفاع آب در سطح مزرعه بین ۲ تا ۵ سانتی‌متر نگهداری شد (Amiri et al., 2012). در سیستم کشت بهبود یافته خزانه‌گیری به روش جعبه‌ای با مصرف ۱۲۰ گرم بذر به ازای هر سینی نشا انجام شد و نشاها پس از ۳۰ روز با آرایش کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به صورت ۶-۴ نشا در کپه به زمین اصلی منتقل شدند. نشاکاری در نیمه اول خردادماه انجام گردید و از زمان نشاکاری تا دو هفته قبل از برداشت شالیزار غرقاب دائم بود (Amiri et al., 2012).

روی به‌کار رفته از نوع آبدار با خلوص ۹۹ درصد تولید شرکت فولکا (Fulka) سوئیس بود. خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری دارای بافت لومی‌رسی با اسیدیته ۷/۳ و هدایت الکتریکی ۲/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر بود که مشخصات آن در جدول ۱ ارایه شده است. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم برنج سازندگی بود، که رقم تجاری مورد کشت در اصفهان است.

قبل از خزانه‌گیری در سیستم‌های مختلف کشت، ابتدا بذرها به مدت ۴۸ ساعت در آب خیس‌انیده شدند و سپس به مدت ۲۴ ساعت داخل قارچ کش بنومیل ۲ در هزار ضدعفونی و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت مناسب، جوانه‌دار شدند. تهیه زمین اصلی در هر سه سیستم یکسان بوده به طوری که ابتدا زمین را تا عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متری با گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و بلافاصله اقدام به عملیات گل‌خرابی با روتیوار مطابق روش معمول در منطقه شد. مقادیر مصرف کودهای پرمصرف بر اساس آزمون اولیه خاک و توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تعیین و بر این اساس ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره مصرف شد. تمامی کود فسفر و پتاسیم و نیمی از کود نیتروژن در زمان تهیه بستر استفاده شد. ۵۰ درصد اوره باقیمانده در دو نوبت و

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental soil site (0-30 cm)

Soil characteristic	مشخصات خاک	میزان Rate
pH	اسیدیته گل اشباع	7.3
EC (dS.m ⁻¹)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	2.65
P (available)	فسفر قابل جذب	18.3
K (available)	پتاسیم قابل جذب	210
Cu (available)	مس قابل جذب	6
Zn (available)	روی قابل جذب	0.8
Mn (available)	منگنز قابل جذب	6.5
Fe (available)	آهن قابل جذب	30.6
Soil texture	بافت خاک	Clay loam

عمق کم و به‌کارگیری الگوی کاشت مربعی با فاصله کشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر (Uphoff, 2005) بود. در این سیستم از زمان نشاکاری تا استقرار کامل نشاها (تقریباً دو هفته بعد از نشاکاری) مزرعه به حالت غرقاب (ارتفاع آب در سطح مزرعه بین ۲ تا ۵ سانتی‌متر) نگهداری شد و از دو

در سیستم کشت متمرکز نیز خزانه‌گیری همانند سیستم کشت بهبود یافته با مصرف ۴۰ گرم بذر به ازای هر سینی در نیمه اردیبهشت ماه صورت گرفت و نشاکاری در نیمه اول خرداد ماه با استفاده از نشاهای جوان ۳/۵ تا ۳ برگه (۱۸-۱۵ روزه)، همراه با کاشت یک نشا در کپه با

هفته بعد از نشاکاری تا دو هفته قبل از برداشت اقدام به آبیاری متناوب گردید (Uphoff, 2006) به طوری که پس از ناپدید شدن آب از سطح مزرعه و با مشاهده اولین ترک‌های موئین، آبیاری انجام شد و پس از رسیدن ارتفاع متوسط آب در سطح مزرعه به ۵ سانتی‌متر آبیاری قطع شد. ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد پوکی، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در متر مربع و میزان آب مصرفی در هکتار بود. ۵ متر مربع از مرکز هر کرت پس از حذف حاشیه برداشت شده و پس از قرار دادن نمونه‌ها در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلسیوس، با ترازوی دیجیتال توزین و عملکرد دانه (بر اساس رطوبت ۱۴ درصد) محاسبه شد. میزان آب مصرفی با نصب کنتور هم‌زمان با شروع عملیات گل‌خرابی در زمین اصلی تا پایان دوره رشد، اندازه‌گیری و حجم کلی آب مصرفی در هر کرت اصلی محاسبه و ثبت شد. تجزیه آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Exell و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر سیستم‌های کشت و تغذیه برگی کود روی بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی مورد بررسی در جدول ۲ و مقایسه میانگین‌ها در جدول ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تأثیر سیستم‌های مختلف کشت بر عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درصد پوکی، عملکرد بیولوژیکی و ارتفاع ساقه در سطح احتمال ۵٪ و بر تعداد خوشه در متر مربع و میزان آب مصرفی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین تأثیر محلول‌پاشی کود روی بر عملکرد دانه، درصد پوکی و عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۵٪ از نظر آماری معنی‌دار بود ولی از نظر سایر صفات معنی‌دار نبود. ضمناً اثر متقابل سیستم‌های کاشت × تغذیه برگی کود روی بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود.

تأثیر سیستم‌های کشت بر عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده

مقایسه میانگین عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده در سه سیستم کشت مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین

عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده (به ترتیب ۹۴۵۱ و ۱۸۸۱۵ کیلوگرم در هکتار) در سیستم کشت متمرکز حاصل شد. این افزایش نسبت به سیستم کشت متداول به ترتیب ۱۳/۱ و ۸/۶ درصد و نسبت به سیستم کشت بهبود یافته ۱۰ و ۵/۱ درصد بود، اما تفاوت معنی‌داری بین سیستم کشت متداول و بهبود یافته از نظر عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده وجود نداشت (جدول ۳ و شکل ۱). بالاتر بودن عملکرد دانه در سیستم کشت متمرکز نسبت به سیستم کشت متداول را می‌توان به بیشتر بودن تعداد خوشه در واحد سطح (۱۴/۵ درصد) و شاخص برداشت (۴/۱ درصد) نسبت داد (جدول ۳)، در حالی که بیش‌تر بودن عملکرد دانه در سیستم کشت متمرکز نسبت به سیستم کشت بهبود یافته را می‌توان به افزایش تعداد خوشه در واحد سطح (۵/۳ درصد)، شاخص برداشت (۱۰/۴۴ درصد)، وزن هزار دانه (۴/۲ درصد) و کاهش میزان پوکی (۴۹/۱ درصد) نسبت داد (جدول ۳). روند تقریباً مشابهی در رابطه با عملکرد زیست‌توده مشاهده شد. عملکرد دانه در سیستم کشت متمرکز، نسبت به عملکرد دانه در سیستم کشت متداول و بهبود یافته به ترتیب ۱۳ و ۱۰ درصد بیشتر بود که به مفهوم افزایش عملکرد و درآمد خالص به ترتیب به میزان ۶/۵ و ۵ درصد بود. این نتایج با یافته‌های بسیاری از محققین از جمله وانگ و همکاران (Wang et al., 2002)، بریسون (Barison, 2003)، آنتافر و همکاران (Anthofer, 2004)، اوفوف (Uphoff, 2005, 2006)، استیجر و همکاران (Styger et al., 2011) و تاکور و همکاران (Thakur et al., 2011) مطابقت داشت، ولی با نتایج امیری و همکاران (Amiri et al., 2012) که گزارش کردند سیستم‌های کشت متمرکز، بهبود یافته و سنتی از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری ندارند، مغایرت داشت. دلیل این تفاوت را باید در شرایط مدیریتی مزارع، شرایط اقلیمی متفاوت، تنوع روش‌های تهیه بستر و انتقال نشا جستجو کرد. گزارش‌ها نشان می‌دهند که افزایش درآمد خالص و افزایش عملکرد دانه در سیستم SRI در مقایسه با سیستم سنتی در بنگلادش به ترتیب ۵۹ و ۲۴ درصد، کامبوج ۷۴ و ۴۱ درصد، چین ۶۴ و ۲۹ درصد، هند ۶۷ و ۳۲ درصد، اندونزی ۱۰۰ و ۷۸ درصد، نیپال ۱۶۳ و ۸۲ درصد و سریلانکا ۱۱۷ و ۴۹ درصد بوده است (SRI, 2007).

اگرچه نتایج این آزمایش، افزایش ۱۳ و ۶/۵ درصدی عملکرد دانه و درآمد خالص را نسبت به سیستم کشت

متداول نشان می‌دهد، ولی با متوسط افزایش عملکرد دانه و درآمد خالص در کشورهای مذکور که به ترتیب ۹۱ و ۴۷ درصد گزارش شده است فاصله زیادی دارد. به نظر می‌رسد دلیل این امر، عمدتاً به شرایط اقلیمی مناطق مختلف اجرای آزمایش مربوط می‌باشد. به خصوص که بیشتر کشورهای یاد شده از جمله هند، بنگلادش، نپال، سریلانکا و بخش‌هایی از چین، از آب و هوای گرم و

مرطوب برخوردارند، در صورتی که شرایط اقلیمی ایران به‌ویژه در مناطق مرکزی با کشورهای یاد شده کاملاً متفاوت است، به‌طوری که اصفهان دارای آب و هوای معتدل خشک همراه با تبخیر و تعرق بالاست. به هر حال، این نتایج نوید دهنده افق روشنی برای توسعه سیستم کشت متمرکز در کشور است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سیستم‌های کشت و تغذیه برگ‌گی کود روی بر صفات مورد بررسی

Table 2. Analysis of variance for the effects of cultivation systems and zinc foliar application on the studied traits

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرددانه Grain yield	تعداد خوشه در متر مربع No. of panicles/ m ²	دانه در خوشه No. of grain/panicle	وزن هزار دانه 1000-grain weight
Replication (R)	تکرار	2	534486.2 ^{ns}	495.6 ^{ns}	265.4 ^{ns}	0.34 ^{ns}
Cultivation system (C)	سیستم کشت	2	9374751.7*	10560**	683.4*	5.07*
R × C	تکرار × سیستم کشت	4	966721.3 ^{ns}	554.9 ^{ns}	95.4 ^{ns}	0.59
Zn	کود روی	5	804910.5*	1442.5 ^{ns}	177.1 ^{ns}	0.96 ^{ns}
Zn × C	سیستم کشت × کود	10	165530.3 ^{ns}	1409.7 ^{ns}	325.2 ^{ns}	0.58 ^{ns}
Error	خطای آزمایش	30	301513.7	1739.4	272.5	0.86 ^{ns}
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	8.2	19.8	12.9	4.2

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 2. Continued

جدول ۲- ادامه

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	شاخص برداشت Harvest index	درصد پوکی Unfilled grain (%)	عملکرد زیست‌توده Biological yield	ارتفاع بوته Plant height	آب مصرفی Water consumption
Replication (R)	تکرار	2	8.1 ^{ns}	6.4 ^{ns}	15211.4 ^{ns}	24.2 ^{ns}	3.28 ^{ns}
Cultivation system (C)	سیستم کشت	2	157.1*	173.6*	12736672.2*	174.2*	35.67**
R × C	تکرار × سیستم کشت	4	18.1 ^{ns}	19.9 ^{ns}	1025572.3 ^{ns}	12.9 ^{ns}	3.119 ^{ns}
Zn	کود روی	5	4.9 ^{ns}	30.0*	2137657.8*	35.4 ^{ns}	3.4 ^{ns}
Zn × C	سیستم کشت × کود	10	9.9 ^{ns}	20.3 ^{ns}	1866463.6**	12.2 ^{ns}	4.32 ^{ns}
Error	خطای آزمایش	30	9.5	10.2	782508.1	19.1	2.31
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	9.7	41.2	18.6	3.2	5.5

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی تحت تأثیر سیستم‌های کشت

Table 3. Mains Consumption of evaluated triatsin cultivation systems

سیستم کشت*	عملکرد دانه	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	درصد پوکی	عملکرد زیست‌توده	ارتفاع گیاه	آب مصرفی
Cultivation system*	Grain yield	No. panicle/m ²	No. grain/panicle	1000-grain weight	Harvest index	Unfilled grain (%)	Biological yield	Plant height	Water consumption
CRC	8205.1 ^b	284.4 ^b	144.9 ^b	22.07 ^a	49.7 ^{ab}	5.3 ^b	16180.7 ^b	138.2 ^a	17.856 ^a
SRI	9450.8 ^a	332.5 ^a	144.8 ^b	22.08 ^a	51.8 ^a	5.4 ^b	18814.6 ^a	138.2 ^a	14.608 ^b
IRC	8509.1 ^b	314.8 ^a	155.5 ^a	22.16 ^b	46.4 ^b	11.0 ^a	17848.1 ^a	132.6 ^b	17.705 ^a

*: CRC, SRI و IRC به ترتیب سیستم کشت متداول، متمرکز و بهبود یافته هستند.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری با آزمون LSD ندارند.

*: CRC, SRI and IRC are conventional rice cultivation system, system of rice intensification and improved rice cultivation system, respectively.

Means followed by similar letters in each column have not significant differences by LSD test.

تأثیر سیستم‌های کشت بر میزان آب مصرفی

تیمارهای مختلف سیستم کشت از نظر میزان آب مصرفی دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بودند. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد، حداقل آب مصرفی (۱۴۶۰۸ مترمکعب در هکتار) در سیستم کشت متمرکز حاصل شد که نسبت به سیستم کشت بهبود یافته (۱۷۷۱۵ متر مکعب در هکتار) و متداول (۱۷۸۵۶ متر مکعب در هکتار) به ترتیب ۱۷/۵ و ۱۸/۲ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲). به نظر می‌رسد، غرقاب نکردن دائم شالیزار، اجرای آبیاری متناوب و افزایش دور آبیاری در سیستم کشت متمرکز پس از استقرار نشاها و به تبع آن کاهش تبخیر و تعرق در این سیستم، دلیل اصلی کاهش آب مصرفی در مقایسه با سیستم‌های متداول و بهبود یافته (غرقاب دائم) باشد. کاهش مصرف آب در سیستم کشت متمرکز در اثر آبیاری متناوب نسبت به روش غرقاب دائم در سیستم‌های سنتی و متداول در گزارش سایر محققین از جمله استیجر و همکاران (Styger et al., 2011)، تاکور و همکاران (Thakur et al., 2011) و امیری و همکاران (Amiri et al., 2012) که به ترتیب کاهش ۱۰، ۲۲ و ۲۹ درصدی مصرف آب به دلیل اجرای آبیاری متناوب را گزارش کرده‌اند، نیز دیده می‌شود. دلیل این اختلافات را باید در شرایط اقلیمی و شرایط مدیریتی مزارع مناطق اجرای آزمایش جستجو کرد. از آنجا که در کشور، کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی به ویژه برنج به شمار می‌رود و

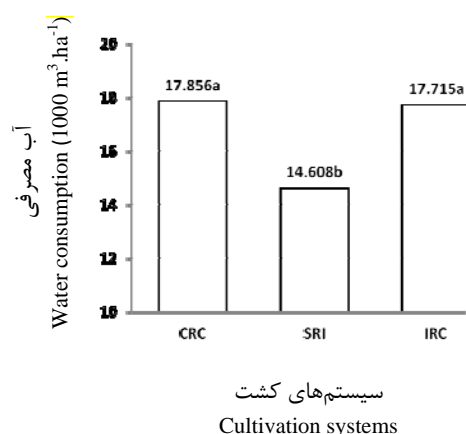
با توجه به اینکه سالانه حدود ۶۵۰ هزار هکتار در کشور زیر کشت برنج می‌رود، صرفه‌جویی حداقل ۱۰ درصدی در مصرف آب با تغییر سیستم کشت از غرقابی دائم فعلی به سیستم کشت متمرکز با آبیاری متناوب به مفهوم امکان افزایش ۱۰ درصدی کشت برنج در کشور و یا اختصاص این مقدار آب به تولید سایر محصولات کشاورزی خواهد بود. این موضوع در استان‌های خوزستان، فارس و اصفهان که از نظر میزان تولید و سطح زیر کشت برنج بعد از سه استان حاشیه دریای خزر در رتبه چهارم تا ششم قرار دارند و کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات کشاورزی آن‌هاست، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

تأثیر سیستم‌های کشت بر اجزای عملکرد

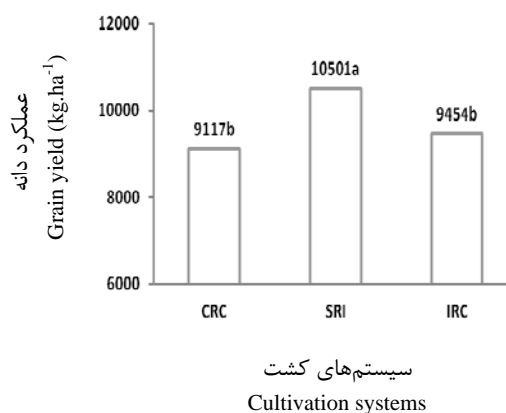
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد خوشه در متر مربع در تیمار کشت متمرکز نسبت به تیمارهای کشت متداول و بهبود یافته به ترتیب ۱۴/۵ و ۵/۳ درصد افزایش داشت (جدول ۳). در مقایسه میانگین تیمارها، بیش‌ترین تعداد دانه در خوشه (۱۵۵/۵) در سیستم کشت بهبود یافته حاصل شد که در مقایسه با سیستم‌های متداول و متمرکز به ترتیب ۷/۳ و ۶/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). میانگین وزن هزار دانه در دو سیستم متداول و متمرکز حدوداً ۴ درصد بیشتر از سیستم کشت بهبود یافته بود. علی‌رغم اینکه تعداد دانه در خوشه در سیستم بهبود یافته بیشتر بود، ولی به‌طور کلی سیستم کشت متمرکز از نظر سایر اجزای عملکرد برتر بود. به‌علاوه صفت تعداد دانه در خوشه به تنهایی نمی‌تواند مزیت

آن بهبود شاخص‌های مرفوفیزیولوژیک گیاه برنج و نهایتاً موجب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌شود. برخی از محققین اعتقاد دارند که در سیستم کشت متمرکز، بسیاری از ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک برنج از جمله تعداد پنجه بارور افزایش می‌یابد (Wang, et al., 2002; Thakur et al., 2011)، تیپ بوته‌ها مطلوب‌تر می‌شود (Wang, et al., 2002) و به علت توسعه بیشتر ریشه‌ها و بهبود کارایی فیزیولوژیک گیاه، میزان جذب و کارایی مصرف نیتروژن نیز افزایش خواهد یافت (Thakur et al., 2013).

مهمی محسوب شود، مگر در حالتی که با افزایش تعداد خوشه و وزن هزار دانه همراه باشد. در این مطالعه علی‌رغم بیشتر بودن تعداد دانه در خوشه در سیستم کشت بهبود یافته، به دلیل کمتر بودن دو جزء دیگر عملکرد یعنی تعداد خوشه در مترمربع که مهم‌ترین جزء عملکرد است و وزن هزار دانه، در این سیستم عملکرد کمتری حاصل شد. در سیستم کشت متمرکز، اجرای آبیاری متناوب بدون ایجاد تنش خشکی در گیاه، شرایط ایده‌آلی را برای رشد گیاه به ویژه از نظر سهولت دسترسی ریشه گیاه به اکسیژن و افزایش جذب عناصر غذایی در خاک در مقایسه با سیستم‌های کشت غرقاب دائم فراهم می‌آورد که نتیجه



شکل ۲- تأثیر سیستم‌های کاشت بر میزان آب مصرفی
Figure 2. Effects of cultivation systems on water consumption



شکل ۱- تأثیر سیستم‌های کاشت بر عملکرد دانه
Figure 1. Effects of cultivation systems on grain yield

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای تغذیه برگ‌گی کود روی
Table 4. Mains comparison of evaluated triatsin zinc foliar application treatments

Zinc foliar application	تغذیه برگ‌گی کود روی	عملکرد دانه Grain yield	درصد پوکی Unfilled grain (%)	عملکرد زیست‌توده Biological yield
Nano ZnO (150 mg.lit ⁻¹)	نانو اکسید روی (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر)	8981.4 ^a	6.6 ^b	18106.2 ^a
Nano ZnO (300 mg.lit ⁻¹)	نانو اکسید روی (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)	8711.9 ^{ab}	6.0 ^b	17556.3 ^{ab}
ZnSO4 (3 g.lit ⁻¹)	سولفات روی (۳ گرم در لیتر)	8825.4 ^{ab}	6.9 ^b	17724.6 ^a
ZnSO4 (6 g.lit ⁻¹)	سولفات روی (۶ گرم در لیتر)	9004.4 ^a	5.9 ^b	18236.2 ^a
Distilled water	آب مقطر	8378.1 ^b	10.6 ^a	17468.8 ^{ab}
Control	شاهد بدون تغذیه برگ‌گی	8428.7 ^b	8.6 ^{ab}	16594.7 ^b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با آزمون LSD ندارند.

Means followed by similar letters in each column have not significant differences by LSD test.

تأثیر سیستم‌های کشت بر ارتفاع بوته، شاخص برداشت و درصد پوکی

ارتفاع بوته در سیستم کشت متمرکز نسبت به سیستم کشت بهبود یافته به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، اما بین سیستم کشت متمرکز و متداول تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداقل ارتفاع بوته (۱۳۲/۶ سانتی‌متر) در تیمار بهبود یافته حاصل شد که نسبت به سیستم کشت متمرکز و متداول ۴/۱ درصد کاهش داشت. به نظر می‌رسد کاهش ارتفاع بوته در سیستم کشت بهبود یافته را بایستی در تفاوت‌های موجود در اجرای برخی از اجزای این سیستم از جمله نشاکاری دیرتر و تعداد نشا در کپه مرتبط دانست. نتایج مشابهی توسط تاکور و همکاران (Thakur et al., 2011) و امیری و همکاران (Amiri et al., 2012) مبنی بر افزایش ارتفاع ساقه در سیستم کشت متمرکز گزارش شده است.

شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های کشت قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین شاخص برداشت در سیستم کشت متمرکز (۵۱/۸ درصد) به‌دست آمد که به ترتیب ۴ و ۱۰/۴ درصد نسبت به سیستم کشت متداول و بهبود یافته بیشتر بود (جدول ۳). درصد پوکی در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر سیستم‌های کشت قرار گرفت (جدول ۲). کمترین میزان پوکی در سیستم کشت متداول (۵/۳ درصد) به‌دست آمد که با سیستم کشت متمرکز (۵/۴ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی نسبت به سیستم بهبود یافته (۱۱ درصد) معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به اینکه در سیستم‌های کشت متمرکز و متداول محصول زودتر از سیستم بهبود یافته رسیده بود، عدم برخورد زمان پر شدن دانه به سرمای انتهایی فصل رشد و کاهش تعداد پنجه نابارور و نیمه بارور باعث کاهش میزان پوکی در این سیستم‌ها بوده است. در ارقام بومی اصفهان دوره پر شدن دانه در شرایط ایده‌آل حدوداً از اواسط مرداد ماه شروع شده و به مدت ۳۰ تا ۴۰ روز به طول می‌انجامد که در این حالت درجه حرارت هوا عامل محدودکننده برای پر شدن دانه نیست، چون میانگین دمای ماهیانه در مرداد و شهریورماه به ترتیب ۲۷ و ۲۳/۵ درجه سلسیوس است. اما هر عاملی که به نحوی باعث دیررسی محصول شود، موجب می‌شود که حداقل بخشی از این دوره حساس به اواخر شهریور و حتی اوایل مهرماه منتقل شود که میانگین

ماهیانه دما به ۱۷/۴ درجه سلسیوس کاهش یافته و دمای هوا عامل محدود کننده است. به اعتقاد برخی محققین از جمله اوفوف (Uphoff, 2005; Uphoff, 2006)، وانگ و همکاران (Wang et al., 2002) و تاکور و همکاران (Thakur et al., 2011) در سیستم کشت متمرکز در اثر عدم غرقاب نمودن دائم مزرعه برنج همراه با تأمین نیاز رطوبتی گیاه (بدون تنش) و بهبود شرایط تهویه خاک، ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه بهبود می‌یابد. این برتری سبب بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه (رشد ریشه، افزایش تعداد پنجه بارور، افزایش شاخص برداشت) و ایجاد تعادل بین اجزای عملکرد و به تبع آن افزایش عملکرد می‌شود.

تأثیر تغذیه برگی کود روی بر عملکرد دانه

تغذیه برگی نانو اکسید روی با غلظت‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت‌های ۳ و ۶ گرم در لیتر باعث افزایش عملکرد نسبت به دو تیمار شاهد شد. این افزایش در تیمار نانو اکسید روی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت‌های ۶ گرم در لیتر نسبت به تیمارهای شاهد معنی‌دار بود، ولی در سایر تیمارها معنی‌دار نبود (جدول‌های ۲ و ۴). افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد اول به ترتیب برابر با ۷، ۴، ۵ و ۷ درصد و نسبت به شاهد دوم به ترتیب برابر با ۶/۲، ۳/۳، ۴/۵ و ۶/۴ درصد بود. این نتایج با نتایج چاکرال‌حسینی و همکاران (Chaker Alhossaini et al., 2009)، میرزاوند (Mirzavand, 2007)، کاراک و داس (Karak and Das, 2006) و حبیب (Habib, 2009) مطابقت دارد. افزایش عملکرد در اثر تغذیه برگی کود روی در محصولات دیگر از جمله گندم و بادام‌زمینی نیز گزارش شده است. در آزمایش مشابهی پراساد و همکاران (Prasad et al., 2012) با تغذیه برگی بادام زمینی با محلول سولفات روی و نانو اکسید روی گزارش کردند که مصرف نانو اکسید روی و سولفات روی به ترتیب باعث افزایش ۲۹/۵ و ۲۶/۳ درصدی عملکرد غلاف شد. همچنین تغذیه برگی سولفات روی و اکسید آهن و ترکیبی از سولفات روی و اکسید آهن باعث افزایش عملکرد دانه گندم و کیفیت آن در مقایسه با شاهد شد و بیشترین عملکرد و کیفیت دانه در تیمار ترکیبی آهن به همراه روی حاصل شد (Habib, 2009). اگرچه عملکرد دانه در تیمار تغذیه برگی با ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو اکسید روی بیشتر از تیمار ۳۰۰

میلی گرم بر لیتر بود، ولی این تفاوت معنی دار نبود (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه در تیمار تغذیه برگی با ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو اکسید روی در مقایسه با ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر را می توان به آثار آنتاگونیستی روی و فسفر نسبت داد. چون معمولاً با افزایش غلظت روی جذب فسفر کاهش می یابد. به علاوه افزایش روی باعث افزایش ساختار پروتئینی گیاه شده و در حضور نیتروژن زیست توده را افزایش می دهد ولی به علت به هم خوردن تعادل هورمونی (افزایش اکسین و کاهش جبرلین) عملکرد دانه کاهش یافته است (John et al., 2014).

سطح برگ برنج رقم قصر دشتی شد. به اعتقاد این پژوهشگران، مصرف روی (با توجه به نقش آن در سنتز DNA و پروتئین ها در گیاه و فعال کردن آنزیم های مختلف) باعث افزایش عملکرد زیست توده برنج شد. درصد پوکی در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار روی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که کمترین میزان پوکی دانه ها (۵/۹ درصد) در تیمار ۶ در هزار سولفات روی به دست آمد که در مقایسه با شاهد اول (آب مقطر) ۴۴ درصد و شاهد دوم (بدون تغذیه برگی) ۳۱ درصد کمتر بود (جدول ۴).

تأثیر تغذیه برگی روی بر عملکرد زیست توده و درصد پوکی دانه

بین تیمارهای مختلف تغذیه برگی کود روی از نظر عملکرد زیست توده تفاوت معنی دار بود (جدول های ۲ و ۴). مقایسه میانگین ها نیز نشان داد بیشترین عملکرد زیست توده به ترتیب در تیمارهای سولفات روی با غلظت ۶ گرم در لیتر (۱۸۲۳۶ کیلوگرم در هکتار)، نانو اکسید روی با غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر (۱۸۱۰۶ کیلوگرم در هکتار)، سولفات روی با غلظت ۳ گرم در لیتر (۱۷۷۲۵ کیلوگرم در هکتار) و نانو اکسید روی با غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر (۱۷۵۵۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که تقریباً با روند افزایش عملکرد دانه مطابقت داشت. این افزایش در تیمارهای سولفات روی با غلظت ۶ گرم در لیتر و نانو اکسید روی با غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر نسبت به شاهد دوم (بدون تغذیه برگی) معنی دار بود، ولی نسبت به شاهد اول (آب مقطر) معنی دار نبود. احتمالاً در تیمار تغذیه برگی با آب مقطر به علت جذب آب از طریق برگ ها و اندام هوایی گیاه، شرایط فتوسنتزی در گیاه بهبود یافته و عملکرد زیست توده بیشتری در مقایسه با تیمار بدون تغذیه برگی حاصل شده است. افزایش عملکرد زیست توده تیمارها نسبت به شاهد دوم به ترتیب برابر با ۱۱/۳، ۷/۵، ۱۱/۵ و ۱۱ درصد و نسبت به شاهد اول به ترتیب برابر با ۷/۵، ۳/۵، ۷/۶ و ۷/۷ درصد بود (جدول ۴). حسینی و مفتون (Hossaini and Mafton, 2006) گزارش کردند که مصرف روی در خاک باعث افزایش معنی دار ماده خشک اندام هوایی، عملکرد زیست توده و

نتیجه گیری کلی

سیستم کشت و میزان روی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد برنج محسوب می شوند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، بیشترین عملکرد در سیستم کشت متمرکز حاصل شد. به علاوه این افزایش تولید با کاهش ۱۴/۷ درصدی مصرف آب همراه بود. به عبارت دیگر، در این سیستم با افزایش عملکرد، از یک طرف درآمد ناخالص کشاورز افزایش می یابد و از طرف دیگر هزینه های تولید ناشی از کاهش مصرف نهاده های تولید از جمله مقدار بذر، تعداد نشا و به ویژه میزان آب کاهش می یابد. اگرچه مصرف ۶ در هزار سولفات روی عملکرد بیش تری تولید کرد، اما از نظر آماری تفاوت معنی داری با مصرف ۳ در هزار سولفات روی و ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم نانو اکسید روی نداشت. از آنجا که از ویژگی های مواد نانو استفاده از میزان بسیار کم این مواد در مقیاس نانو (ذرات بسیار ریز) است، استفاده از این فن آوری می تواند ضمن افزایش محتوای روی دانه برنج، باعث جبران کمبود روی در تغذیه افراد و صرفه جویی در میزان روی مصرفی شود.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه های اجرای این پروژه توسط موسسه تحقیقات برنج و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تأمین شده است. بدین وسیله نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از همکاری و مساعدت آن ها سپاسگزاری نمایند.

References

- Amiri Larijani, B., Ramazanpor, Y., Hossaini, J. and Shokri, A. Y. 2012.** The comparison of rice yield and crop productivity under conventional, improved and SRI cropping systems. Research Report. No. 41774. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC). 36 p. (In Persian).
- Anthofer, J. 2004.** The potential of the system of rice intensification (SRI) for poverty reduction in Cambodia. Conference on International Agricultural Research for Development. Berlin, Germany.
- Barison, J. 2003.** Nutrient use efficiency and nutrient uptake in conventional and intensive (SRI) rice cultivation systems in Madagascar. M. Sc. Dissertation, Cornell University, USA.
- Boonyanitipong, P., Kumar, P., Kositsup, B., Baruah, S. and Dutta, J. 2011.** Effects of zinc oxide nano particles on roots of rice (*Oryza Sativa* L.). International Conference on Environment and Bioscience. IPCBEE. Vol. 21. IACSI Press, Singapore.
- Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H. J. and Yilmaz, A. 1999.** Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO Science for Stability Project. **Field Crops Research** 60: 175-188.
- Cakmak, M., Kalayci, Y., Kaya, A. A., Torun, N., Aydin, Y., Wang, Z., Arisoy, H., Erdem, A., Yazici, O., Gokmen, L., Ozturk, K. and Horst, W. J. 2010.** Biofortification and localization of zinc in wheat grain. **Journal of Agricultural Food Chemistry** 58 (16): 9092-9102.
- Chaker Alhossaini, M., Mohtashami, R. and Oliaei, H. 2009.** Evaluation of effects of quantity, source and method of zinc application on quantitative and qualitative characteristics of rice cultivar, Choram. **Iranian Journal of Research in Agricultural Science** 5 (1): 33-43. (In Persian with English Abstract).
- Depar, N., Rajpar, I., Memon, M. Y., Imtiaz, M. and Zia-Ulhasan, M. 2011.** Mineral nutrient densities in some domestic and exotic rice genotypes. **Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Sciences** 27: 134-142.
- Karak, T. and Das, D. 2006.** Effect of foliar application of different sources of Zn application on the changes in Zn content, uptake and yield of rice (*Oryza sativa* L.). 18th World Congress of Soil Science, July 9-15. Philadelphia, Pennsylvania. USA.
- Kassam, A., Stoop, W. and 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: 163-180.
- Habib, M. 2009.** Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. **African Journal of Biotechnology** 8 (24): 6795-6798.
- Hossaini, Y. and Mafton, M. H. 2006.** Effect of nitrogen source and zinc quantity on growth and chemical composition of rice. **Iranian Journal of Soil and Water Science** 19 (2): 165-167. (In Persian with English Abstract).
- John, L. H., Samuel, L. T., Werner, L. N. and James, D. B. 2014.** Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 8th Ed. Prentice Hall. 528 p.
- Jiang, W., Struik, P. C., Van Keulen, H., Zhao, M., Jin, L. N. and Stomph, T. J. 2008.** Does increased zinc uptake enhance grain zinc mass concentration in rice? **Annual Applied Biology** 153: 135-147.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Langeluddecke, P., Stauss, R., Van den Boom, T., Weber, E. and Witzsen-Berger, A. 1991.** A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. **Annual Applied Biology** 119 (3): 561-601.
- Malakooti, M. H. and Ghaybi, M. N. 2000.** Determination of critical levels of nutrients in soil, plant, and fruit for the quality and yield improvements in strategic crops of Iran. 2nd Ed. High concoil for appropriate use of pesticides and chemical fertilizers. Ministry of Jihad-e-Agriculture. pp: 92. (In Persian).
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. Academic, San Diego. 889 p.
- Meyer, R. 2009.** Agricultural technologies for developing countries. European Parliament, Brussels. http://www.europarl.europa.eu/stoa/default_en.htm.
- Mirzavand, J. 2007.** Evaluation of effects of soil application of zinc sulphate and seedling root smeared by zinc oxide on yield and chemical composition of rice var. Ghasrdashti in paddy fields of Fars province. **Iranian Journal of Water and Soil Science** 21 (1): 23-31. (In Persian with English Abstract).

- Pirzadeh, M., Afyuni, M. and Khoshgoftarmanesh, A. H. 2012.** Status of zinc and cadmium in paddy soils and rice in Isfahan, Fars and Khuzestan provinces and their effect on food security. **Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science** 16 (60): 81-93. (In Persian with English Abstract).
- Prasad, T. N. V. K. V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T. S., Sajanalal, P. R. and Pradeep T. B. 2012.** Effect of nonsocialzinc oxide particles on the germination, growth and yield of Peanut. **Journal of Plant Nutrition** 35: 905-927.
- Quijano-Guerta, C., Kirk, G. J. D., Portugal, A. M., Bartolome, V. I. and McLaren, G. C. 2002.** Tolerance of rice germplasm to zinc deficiency. **Field Crops Research** 76: 123-130.
- Royal Society. 2009.** Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. Report of Commission Chaired by Sir D. Baulcombe. Royal Society, London.
- Shivay, Y. S., Kumar, D., Prasad, R. and Ahlawat, L. P. S. 2008.** Relative yield and zinc uptake by rice from zinc sulphate and zinc oxide coatings onto urea. **Nutrient Cycling in Agro-Ecosystem** 80: 181-188.
- Slaton, N. A., Wilson, C. E., Ntamatungiro, S., Norman, R. and Boothe, D. 2001.** Evaluation of zinc seed treatments for rice. **Agronomy Journal** 93 (1): 152-157.
- SRI. 2007.** The system of rice intensification: An efficient, economical and ecologically-friendly way to increase productivity. Pesticide, Action, Network, Asia and Pacific (PANAP).
- Stomph, T. J., Hoebe, N., Spaans, E. and vander Putten, P. E. L. 2011.** The relative contribution of post-flowering uptake of zinc to rice grain zinc density. 3rd International Zinc Symposium. October 10-14, Hyderabad, India.
- Styger, E., Attaher, M. A., Guindo, H., Ibrahim, H., Diaty, M. Abba, I. and Traore, M. 2011.** Application of system of rice intensification practices in the arid environment of the Timbuktu region in Mali. **Paddy and Water Environment** 9: 137-144.
- Thakur, A. K., Sreelata Rath, D. U. and Patil Ashwani, K. 2011.** Effects on rice plant morphology and physiology of water and associated management practices of the system of rice intensification and their implications for crop performance. **Paddy and Water Environment** 9: 13-24.
- Thakur, A. K., Rath, S. and Mandal, K. G. 2013.** Differential responses of system of rice intensification (SRI) and conventional flooded rice management methods to applications of nitrogen fertilizer. **Plant and Soil** 9: 13-24.
- Uphoff, N. 2005.** Features of the system of rice intensification (SRI) apart from increases in yield. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development.
- Uphoff, N. 2006.** Increasing water saving while raising rice yields with the system of rice intensification (SRI). 2nd International Rice Congress, October 9-13, New Delhi, India.
- Wang, S., Weixing, C., Dong, J. and Yan, Z. 2002.** Physiological characteristics and high-yield techniques with SRI Rice. Proceedings of an International Conference on the System of Rice Intensification (SRI). Sanya, China.
- Wilhelm, N. S., Graham, R. D. and Rovira, A. D. 1988.** Application of different sources of manganese sulphate decreases take-all of wheat grown in manganese deficient soil. **Australian Journal of Agricultural Research** 39: 1-10.
- Yoshida, S., McLean, G. W., Shafi, M. and Mueller, K. E. 1970.** Effects of different methods of zinc application on growth and yields of rice in a calcareous soil of west Pakistan. **Soil Science and Plant Nutrition** 16: 147-149.



University of Guilan
Faculty of Agricultural
Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 1, Spring 2016 (43-55)

Effect of cultivation systems and zinc foliar application on yield, yield components and water consumption of rice

Ahmad Ramazani¹, Ali sorooshzadeh^{2*} and Mahmood Solhi³

Received: January 10, 2015

Accepted: November 16, 2015

Abstract

Rice is one of the major staple foods for more than half of the world population. The effect of three rice cultivation systems and foliar application of two zinc fertilizers was investigated on yield, yield components and water consumption of rice cv. 'Sazandegi' in Isfahan Agricultural Research Center, Isfahan, Iran, during 2013. This experiment was carried out in split plots using randomized complete block design with three replications. Three cultivation systems including system of rice intensification (SRI), conventional rice cultivation system (CRC) and improved rice cultivation system (IRC) were considered as the main factor and four zinc foliar applications including 150 and 300 mg.L⁻¹ nano-ZnO and 3 and 6 g.L⁻¹ SO₄Zn together with foliar application with distilled water and no-foliar application (as first and second checks, respectively) were applied as the sub-factor. The results showed that highest grain yield (9451 kg.ha⁻¹) obtained from SRI which was 10% and 13% higher than CRC and IRC, respectively. Foliar application with both zinc fertilizers significantly increased grain yield so that nano-zinc oxide (150 mg.L⁻¹) and zinc sulfate (6 g.L⁻¹) produced 5% and 5.7% more grain yield than the both checks, respectively. Minimum water consumption obtained from SRI which was 17.5% and 18.2% lower than CRC and IRC systems, respectively. On the basis of the results of this research, SRI system and foliar application of zinc sulfate (6 g.L⁻¹) or nano-zinc oxide (150 mg.L⁻¹) is recommended.

Keywords: Nano-ZnO, SO₄Zn, System of rice intensification (SRI)

1. Ph. D. Student, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran; Researcher, Isfahan Agriculture and Natural Resources Center, Isfahan, Iran

2. Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

3. Assist. Prof., Isfahan Agriculture and Natural Resources Center, Isfahan, Iran

* Corresponding author: soroosh@modares.ac.ir