

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی در دو سامانه فشرده بوم‌شناختی و رایج

شایان حسین پور^۱، حسین مقدم^۲، همت‌اله پیردشتی^۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۸

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران

۳- استاد گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

ساری

مسئول مکاتبه: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir

چکیده

اهداف: استفاده از کودهای آلی، تراکم کمتر بذر در خزانه و کم‌آبیاری به عنوان یک ضرورت در ایجاد سامانه فشرده بوم‌شناختی به شمار می‌آید. این پژوهش نیز به منظور ارزیابی تأثیر برخی از مؤلفه‌های این سامانه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی انجام گردید.

مواد و روش: آزمایش در فصل زراعی ۱۳۹۷ به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی آبیاری در دو سطح غرقاب و کم‌آبیاری تنظیم شده، عامل فرعی نوع کود در سه سطح شاهد، کود شیمیایی متداول و کود ورمی‌کمپوست و عامل فرعی تراکم بذر در خزانه در سه سطح ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ گرم در مترمربع بود.

یافته‌ها: با توجه به نتایج تجزیه واریانس و معنی‌داری برهمکنش بین عوامل مورد بررسی، استفاده از تیمار بوم‌شناختی (کود ورمی‌کمپوست به همراه تراکم ۲۰۰) توانست با بهبود صفاتی مانند تعداد پنجه در مترمربع و پنجه بارور میزان عملکرد شلتوک حدود ۴۰/۶۱۳ کیلوگرم در هکتار را داشته باشد که با تیمار کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، نتایج نشان داد عملکرد زیستی در تیمار بوم‌شناختی (کود ورمی‌کمپوست به همراه تراکم ۲۰۰) با میانگین ۶۰/۱۲۳۳ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تفاوتی با کود شیمیایی به همراه تراکم ۲۰۰ ندارد. استفاده از رژیم کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری غرقاب چهار درصد عملکرد شلتوک کمتری داشت.

نتیجه‌گیری: بنابراین، به منظور کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کود شیمیایی، کاهش تراکم بذر و کاهش مصرف آب استفاده از سامانه فشرده بوم‌شناختی با به کارگیری کود ورمی‌کمپوست، تراکم بذر ۲۰۰ گرم در خزانه و کم‌آبیاری تنظیم شده توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برنج، بوم‌شناختی، آبیاری، تغذیه، تراکم بذر خزانه

Evaluation of Yield and Yield Components of Rice cv. 'Tarom Hashemi' in System of Rice Intensification (SRI) and Conventional Systems

Shayan Hosseinpoor^۱, Hossein Moghadam^۲, Hemmatollah Pirdashti^۳

Received: November 23, 2019 Accepted: March 9, 2022

1-MSc Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran, Iran.

2-Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran, Iran.

3-Prof., Dept. of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

*Corresponding Author Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Application of organic fertilizer, reduced plant density in nursery and adjusted water deficit are needed in the system of rice intensification (SRI). The present research was conducted to evaluate the effect of some attributes of this system in term of the yield and yield components of rice cv. 'Tarom Hashemi'.

Materials and Methods: The present research was conducted in a split split plot experiment based on randomized complete block design with three replications in 2018. The main plots included the irrigation method in two levels (flooding and deficit irrigation regimes), the sub plots were fertilizer types at three levels (control, chemical and vermicompost fertilizers) and sub sub plots were seedling density in nursery at three levels (100, 200 and 300 gram of seed per square meter).

Results: According to the results of variance analysis and significant interaction between factors, application of SRI (vermicompost + 200 g seed.m⁻²) improved paddy yield (4613.40 kg.ha⁻¹) nearly similar to chemical fertilizer throughout improving plant characteristics such as number of tillers per square meter and fertile tiller. The results also, showed that biological yield in SRI treatment (vermicompost + 200 g seed per square meter) with average of 12335.60 kg.ha⁻¹ was not statistically different from chemical fertilizer + 200 g seed per square meter. Furthermore, using adjusted water deficit irrigation decreased the paddy yield by only four percentage as compared to the conventional irrigation.

Conclusion: In general, to avoid environmental problems caused by overusing of chemical fertilizer and, to reduce seed density in nursery and to improve water productivity, SRI i.e. integration of vermicompost fertilizer + 200 g seed per square meter + adjusted water deficit irrigation could be recommended.

Keywords: Rice, Ecological, Irrigation, Nutrition, Seed Density, Nursery

مقدمه

کشور به شمار می‌رود (تورمینایی و همکاران ۲۰۱۷). تولید بهینه محصول برنج همانند دیگر گیاهان زراعی توسط برخی از عوامل محیطی و مدیریتی محدود می‌شود (فرجی و همکاران ۲۰۱۴).

برنج با نام علمی (*Oryza sativa* (L.)) در ۸۹ کشور کشت و کار شده و غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد (بوده و رای ۲۰۱۵). این گیاه همراه با گندم و ذرت از محصولات غذایی مهم

شیمیایی و شستشوی آن ضمن ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی (موسیر و همکاران ۲۰۰۴)، به ویژه در درازمدت باعث افزایش هزینه تولید می‌شود (بهمنی و همکاران ۲۰۰۹). اثرات مخرب زیست‌محیطی کشاورزی متداول که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی است، روز به روز بر اهمیت کشاورزی جایگزین می‌افزاید. یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کودهای شیمیایی است. لاریجانی و حسینی (۲۰۱۲) گزارش کردند تحت سامانه بوم‌شناختی بیشترین عملکرد مربوط در تیمار ترکیب کود آلی (BIOL555) + کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مشاهده شد. استفاده از کود کمپوست و منابع آلی به خاطر در اختیار گذاشتن تدریجی و مداوم عناصر غذایی به ویژه در دوره پر شدن دانه، همراه با افزایش حجم ریشه و جذب بیشتر مواد غذایی خاک بر اثر آبیاری تناوب خشکی و رطوبت تحت سامانه بوم‌شناختی، سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی و آبیاری غرقابی گردید (بریسون ۲۰۰۳). در مقایسه، کود ورمی‌کمپوست نیز کاهش مصرف کود شیمیایی، افزایش مواد مغذی مورد نیاز گیاه و بهبود ظرفیت نگهداری آب را به همراه داشت (تجادا و گوزالر ۲۰۰۹). خیری (۲۰۱۷) گزارش کرد کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تقسیط سه مرحله سبب بهبود صفات زراعی و عملکرد برنج شد. میزان بذر مصرفی در خزانه از عوامل مؤثر بر استقرار و رشد گیاهچه در خزانه محسوب می‌شود. هر چند در کشاورزی مرسوم کشاورزان رشد بهتر خزانه برنج را در استفاده بیشتر از میزان بذر در خزانه می‌دانند اما، کاهش تراکم به گیاهچه اجازه رشد بهتر با کمترین رقابت برای نور، آب و مواد غذایی را می‌دهد (سرور و همکاران ۲۰۱۱). هر چند در گزارشی کاربرد ۳۰۳ گرم بذر در مترمربع با افزایش ارتفاع و تعداد پنجه در مترمربع منجر

مدیریت کشت برنج از قالب سنتی به سیستم نوین مدیریت فشرده کشت برنج (SRI)^۱ در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار توسط یک مورج فرانسوی در مادگاسکار به اجرا در آمد (اوپوف ۲۰۱۵). در واقع می‌توان آن را به عنوان یک سامانه فشرده بوم‌شناختی^۲ مورد توجه قرار داد (موسوی طغانی و همکاران، ۲۰۱۴). این روش مبتنی بر استقرار نشاءهای زود، سریع و سالم، بهبود شرایط خاک با استفاده از مواد آلی و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی است (SRI-RICE، ۲۰۱۵). سامانه فشرده بوم‌شناختی باعث افزایش بهره‌وری آب و کود نیتروژن می‌شود (ژاو و همکاران ۲۰۰۹). از مزایای استفاده از این شیوه بهبود در مصرف آب و بهره‌وری آب (اوپوف و همکاران، ۲۰۱۳) و کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی (چودهری و همکاران ۲۰۱۴) می‌باشد. باغی‌تبار و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند استفاده از سامانه کشت فشرده (کم‌آبیاری و سن سه هفتگی نشاء) بهبود عملکرد دانه را به همراه داشت. در این شیوه هدف مرطوب بودن خاک شالیزارها به معنای غرقاب دائمی خاک نیست. در پژوهشی در همین زمینه نشان داده شد که روش آبیاری تناوب خشکی و رطوبت (AWD)^۳ توانست تا حدود ۳۸ درصد در مصرف آب آبیاری شالیزار بدون کاهش عملکرد صرفه‌جویی کند و همچنین سود کشاورزان را افزایش دهد (رودریک و همکاران ۲۰۱۱). از فواید کاربرد سامانه بوم‌شناختی در مقایسه با سامانه مرسوم کاهش بذر مصرفی، صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش کود شیمیایی، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش عملکرد عنوان شده است (هوتابارت ۲۰۱۱).

نیتروژن به عنوان یک ماده مؤثر در رشد گیاه، ماده اصلی تشکیل دهنده اسید آمینه و کلروفیل است. اگرچه مصرف نیتروژن در اغلب خاک‌ها برای دریافت عملکرد مناسب برنج ضروری است، اما استفاده از کود

³ Alternative Wet and Dry

¹ System of Rice Intensification

² System of Ecological Intensification

هکتار در نظر گرفته شد. تمام سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به صورت پایه و ۵۰٪ کود اوره به صورت پایه، ۲۵٪ آن هنگام پنجه‌زنی و ۲۵٪ آن هنگام تشکیل اولین خوشه به زمین داده شد. همچنین برای جایگزینی کود شیمیایی در سامانه فشرده بوم‌شناختی از کود آلی ورمی‌کمپوست (جدول ۲) به میزان ده تن در هکتار (خیری ۲۰۱۷) در سه مقدار مساوی به صورت کود پایه، زمان پنجه‌زنی و خوشه‌دهی استفاده شد. رقم مورد استفاده در طرح، طارم هاشمی بود. این رقم از ارقام بومی با کیفیت مطلوب بوده و متوسط عملکرد دانه این رقم حدود ۳۸۵۰ کیلوگرم در هکتار، شلتوک‌های آن دارای ریشک بوده و میانگین ارتفاع بوته ۱۴۰ سانتی‌متر است (غلامی و عبدالملکی ۲۰۱۰). برای ایجاد خزانه، پشته‌ای به عرض ۲/۶ و طول ۱۱/۵ متر به منظور ایجاد تراکم بذر در خزانه ایجاد شد. در قسمت اول ۳۰۰ گرم در مترمربع، در قسمت دوم ۲۰۰ گرم در مترمربع و در قسمت آخر ۱۰۰ گرم در مترمربع در نظر گرفته شد. زمین اصلی به مساحت ۶۰۰ متر مربع پس از آبیاری و دوبار شخم توسط تیلر به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر، تسطیح، مرزبندی و ماله‌کشی گردید. نشاءکاری زمانی که گیاهچه‌ها در مرحله ۳-۴ برگی، در تاریخ ۱۳۹۷/۲/۲۸ در کرت‌هایی به اندازه ۲×۲ متر، فاصله بوته روی هر خط ۲۵ سانتی‌متر و تعداد گیاهچه سه عدد در هر کپه در نظر گرفته شد. آرایش بوته‌ها در داخل کرت‌ها به حالت مربعی و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. کرت‌های اصلی با نایلون پوشش داده و با فاصله مناسب از هم ایجاد شدند تا از تداخل تیمارهای آبی جلوگیری شود. به منظور استقرار نشاءها پس از نشاء کاری به مدت هفت روز تمام کرت‌ها به صورت غرقاب بوده و بعد از آن تیمار آبیاری اعمال گردید. به منظور اعمال تیمار آبیاری از لوله شاخص که شامل یک لوله پولیکا به قطر ۲۰ و ارتفاع ۵۵ است که ۳۰ سانتی‌متر بخش پایین آن با سوراخ‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر با فاصله ۲۰ میلی‌متر به صورت مشبک در می‌آید (بانک دانش موسسه تحقیقات

به افزایش عملکرد دانه شد (ادهیکاری و همکاران ۲۰۱۳). اما نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف بذر در خزانه، طول و عرض برگ‌ها کاهش یافت (هری و همکاران ۱۹۹۷). در همین راستا، مصرف ۲۰۰ گرم بذر در هر متر مربع سبب تولید گیاهچه‌های قوی شد (اوپریس و همکاران ۲۰۱۳).

از آنجایی که اجرای سامانه فشرده بوم‌شناختی در مناطقی که دچار کمبود آب و استفاده مداوم از کود شیمیایی هستند راهکاری مناسب جهت حل این مشکلات پیشنهاد شده است؛ پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کارایی این سامانه در مقایسه با سامانه متداول از نظر عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از رقم طارم هاشمی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر نه جاده دریا با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ، در ارتفاع ۱۴ متر پایین‌تر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ اجرا گردید. در این پژوهش تاثیر سه عامل سطوح آبیاری، کودهای شیمیایی و آلی و تراکم بذر در خزانه در قالب کرت‌های دوبار خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آبیاری مرسوم با ارتفاع آب پنج سانتی‌متر بالای سطح خاک و کم آبیاری با ارتفاع آب پنج سانتی‌متر زیر سطح خاک در کرت‌های اصلی، کود در سه سطح شاهد، کود شیمیایی مرسوم و کود آلی ورمی‌کمپوست در کرت‌های فرعی و تراکم بذر در خزانه در سه سطح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم در مترمربع در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. کود شیمیایی متداول برای رقم طارم هاشمی براساس نتایج تجزیه و تحلیل خاک (جدول ۱) کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان ۱۰۰، ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در

کرت، کف بر شده و صفات، تعداد پنجه در مترمربع، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد دانه کل، پر و خالی در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد شلتوک، عملکرد زیستی و شاخص برداشت (رابطه ۱) اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه 9/4 انجام و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

بین‌المللی برنج ۲۰۱۸) استفاده شد. برای مبارزه شیمیایی با کرم ساقه‌خوار برنج از سم دیازینون پنج درصد و مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز نیز قبل از نشاءکاری به مدت پنج روز زمین غرقاب و علفکش ساترن با غلظت سه لیتر در هکتار استفاده گردید. سپس در دو مرحله ۲۰ و ۳۵ روز پس از نشاءکاری هم و جین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. برای تعیین اجزای عملکرد پس از رسیدن فیزیولوژیک محصول تعداد ده بوته در هر رابطه (۱)

$$\text{عملکرد اقتصادی} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد زیستی}} \times 100 = \text{شاخص برداشت (\%)}$$

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مزرعه تحقیقاتی

اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	فسفر	پتاسیم	نیترژن	ماده آلی	بافت خاک
pH		(Mg.Kg ⁻¹)		(%)		
۷/۶۸	۰/۴۴	۱۹	۲۶۴	۰/۰۷	۱/۱۷	رسی-سیلتی

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

اسیدیته	ماده آلی	آمینو اسید	پتاسیم اکسید	نیترژن آلی	فلوئیک اسید	اسید هیومیک
pH			(%)			
۱۰	۳۲	۱۵	۶	۳	۷	۱۲

نتایج و بحث

گرم بذر تعداد پنجه در مترمربع با میانگین ۲۴۰/۵۳ عدد در مترمربع به دست آمد تیمار کود شیمیایی در همین تراکم تنها توانسته حدود پنج درصد نسبت به تیمار کود ورمی‌کمپوست این صفت را افزایش دهد. کمترین میزان پنجه در مترمربع در تیمار شاهد در تراکم ۱۰۰ گرم بذر با میانگین ۲۱۸/۷۸ عدد در مترمربع، تراکم ۳۰۰ گرم بذر با میانگین ۲۱۷/۶۳ عدد در مترمربع و تراکم ۲۰۰ گرم بذر با میانگین ۲۱۱/۷۳ عدد در مترمربع مشاهده شد که نسبت به همین تیمارها در کود ورمی کمپوست و شیمیایی به ترتیب حدود ۳، ۵ و ۱۲ و ۹، ۳ و ۲۰ درصد کمتر بود (جدول ۵). افزایش تعداد پنجه در بوته در اثر کاهش میزان تراکم بذر پیش‌تر نیز گزارش شده بود

نتایج تجزیه واریانس نشان داد صفاتی از قبیل تعداد پنجه در مترمربع، تعداد پنجه بارور در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه پر، عملکرد شلتوک، عملکرد زیستی و شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهایی آبیاری، کودی و تراکم بذر قرار گرفتند. علاوه بر این، برهمکنش تیمارهای کودی در تراکم برای صفات تعداد پنجه در مترمربع، تعداد پنجه بارور در بوته، عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی معنی‌دار شد (جدول ۳).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش کودی و تراکم بذر نشان داد در تیمار کود ورمی‌کمپوست در تراکم ۲۰۰

بهبود تعداد پنجه بارور می‌شود (سرور و همکاران ۲۰۱۱). هر چند گزارش بومن و همکاران (۲۰۰۶) نشان می‌دهد تعداد پنجه بارور در تیمار آبیاری غرقاب بیشتر از کم آبیاری است اما به نظر می‌رسد دسترسی محدود به آب در مرحله‌ی گلدهی تا حد زیادی بر ناباروری پنجه تاثیر می‌گذارد (اکانایاک و همکاران ۱۹۸۹).

بر اساس نتایج وزن هزار دانه، افزودن کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۲۴/۹۴ تفاوتی معنی‌داری با کود شیمیایی نداشت. کمترین میزان وزن هزار دانه مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۲۴/۱۸ بود (جدول ۴). بسیاری از محققان در نتایج خود اثر معنی‌دار مصرف کودهای نیتروژنه بر صفت وزن هزار دانه را گزارش نمودند (مهدسی و همکاران ۲۰۱۰؛ فرجی و همکاران ۲۰۱۱). همچنین بررسی‌ها نشان داده که کاربرد چهار تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش ۴/۳ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با شاهد گردید (محمود و همکاران ۲۰۱۶) افزایش اجزای عملکرد دانه می‌تواند به این دلیل باشد که دسترسی به مواد مغذی کم‌مصرف و پرمصرف مانند نیتروژن، بیشتر شده و در نتیجه تولید و انتقال ماده خشک از منبع به مخزن افزایش یافته است (اباید و الرفایی ۲۰۰۷). کمپوست دارای نیتروژن آلی است؛ از طرف دیگر بقایای آلی و کمپوست موجب بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی عناصر مورد نیاز گیاه می‌شوند.

بررسی مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد بالاترین تعداد دانه پر در خوشه در تراکم بذر ۲۰۰ با میانگین ۸۶ دانه در خوشه و کمترین مقدار در تراکم بذر ۳۰۰ با میانگین ۸۲ دانه در خوشه به دست آمد (جدول ۴). در همین راستا آزمایش‌های انجام شده توسط کامروپ (۲۰۱۸) و پائول (۲۰۱۸) نشان داد کاهش تراکم بذر در خزانه باعث افزایش تعداد دانه پر در خوشه همراه با کاهش درصد ناباروری در مقایسه با تراکم بالا شده شد.

(یوسف و گبر ۲۰۱۳). به نظر می‌رسد سرعت رشد بالا در اوایل رشد رویشی، موجب توسعه سریع برگ شده و در نتیجه پنجه بیشتری تولید می‌گردد (تاکانو و همکاران ۲۰۰۸).

بررسی برهمکنش تیمارها نشان داد تعداد پنجه بارور در تیمار کود ورمی‌کمپوست و تیمار تراکم بذر ۲۰۰ گرم در خزانه با میانگین ۱۴/۵۰ بود که از نظر آماری با کود شیمیایی و تراکم ۲۰۰ تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد در تراکم بذر ۳۰۰ با میانگین ۱۱/۷۷، تراکم بذر ۲۰۰ با میانگین ۱۱/۶۷ و تراکم ۱۰۰ با میانگین ۱۱/۱۷ بود که نسبت به همین تیمارها در کود ورمی‌کمپوست به ترتیب حدود ۱۲، ۲۰ و ۱۸ درصد و در تیمار کود شیمیایی به ترتیب حدود ۱۷، ۲۳ و ۱۵ درصد کمتر بود (جدول ۶). همچنین تعداد پنجه‌بارور در تیمار کم آبیاری با میانگین ۱۳/۰۲ عدد در بوته بود که آبیاری غرقاب نسبت به کم آبیاری تنها یک درصد این صفت را افزایش داد (جدول ۵). نیتروژن از طریق افزایش دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ، مقدار کلروفیل a و b و همچنین افزایش میزان فتوسنتز سبب تحریک پنجه‌زنی گیاه می‌گردد و منجر به افزایش تعداد پنجه بارور در بوته گردیده است. افزایش پنجه‌های بارور نیز در عملکرد نهایی محصول تاثیر به‌سزایی دارد. نیتروژن، تشکیل دهنده پروتئین پروتوپلاسمی لازم برای افزایش ساقه، پنجه و سطح برگ می‌باشد (سلیمانی و امیری لاریجانی ۲۰۰۴). مالویا و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تعداد پنجه بارور در مترمربع با تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز برنج از طریق ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد آن به ترتیب حدود ۵ و ۷ درصد طی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ افزایش یافت. خیری (۲۰۱۷) گزارش کرد بیشترین تعداد پنجه بارور با میانگین ۱۳/۱۷ عدد در بوته مربوط به استفاده از ده تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست است. تراکم بذر ۲۰۰ به دلیل کاهش رقابت گیاهچه‌ها برای مواد مغذی، نور و فضا در نتیجه باعث افزایش قدرت گیاهچه و در نتیجه

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد پنجه در مترمربع	طول خوشه	تعداد پنجه باور	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه خالی	تعداد دانه پر	تعداد شلتوک	عملکرد زیستی	شاخص برداشت
بلوک	۲	۳۵۹۵/۹۵	۱/۶۷	۳/۹۸	۰/۴۲	۲۵/۱۶	۱۱/۰۶	۶۸/۲۲	۱۸۹۷۰۹/۱۱	۰/۸۹
آبیاری	۱	۱۰۰/۳۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۱/۰۷*	۱/۳۷ ^{ns}	۵۰/۰۷ ^{ns}	۶۸/۹۱ ^{ns}	۱/۵۰ ^{ns}	۴۲۱۳۷۴/۰۳**	۳۱۰۹۳۹۹/۱۶**
خطای اصلی	۲	۴۳۹/۳۷	۱/۶۲	۰/۰۲	۱/۵۰	۷/۹۱	۲۰/۶۹	۱۶/۲۲	۱۸۲۵/۹۴	۱۱۳۹۴/۶۸
کود	۲	۳۲۰۹/۱۰**	۱/۱۵ ^{ns}	۳۶/۲۳**	۲/۵۹*	۱/۷۳ ^{ns}	۲۲/۸۹ ^{ns}	۱۸/۵۰ ^{ns}	۴۶۰۷۴۱۱/۳۵**	۲۱۳۸۷۴۴۸/۲۱**
اثر متقابل آبیاری×کود	۲	۶۱۰/۰۴ ^{ns}	۱/۲۳ ^{ns}	۱/۲۳ ^{ns}	۱/۲۱ ^{ns}	۱۱/۸۰ ^{ns}	۴/۵۷ ^{ns}	۱۳/۷۳ ^{ns}	۱۴۸۱۸۲/۶۸ ^{ns}	۱۱۲۶۹۶۵/۱۰ ^{ns}
خطای فرعی	۸	۵۰۳/۸۵	۰/۹۱	۱/۰۰	۰/۸۶	۱۴/۴۳	۱۴/۴۵	۸/۸۳	۱۱۸۷۴۱/۵۴	۱۲۰۰۱۵۰/۱۵
تراکم بذر	۲	۱۱۴۴/۰۴*	۴/۲۳ ^{ns}	۵/۹۹**	۱/۵۹ ^{ns}	۵۱/۷۳ ^{ns}	۳/۵۶ ^{ns}	۸۰/۱۷*	۱۲۲۴۱۹۴/۶۳**	۸۲۴۰۰۳۳/۱۱**
اثر متقابل آبیاری×تراکم	۲	۳۲۲/۱۸ ^{ns}	۱/۶۹ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۵۲ ^{ns}	۱۳/۵۷ ^{ns}	۳۵/۱۹ ^{ns}	۵/۰۶ ^{ns}	۶۳۹۷/۴۰ ^{ns}	۱۱۰۷۱۴/۰۴ ^{ns}
اثر متقابل کود×تراکم	۴	۸۵۳/۶۲*	۰/۶۵ ^{ns}	۱/۵۷*	۱/۰۴ ^{ns}	۹/۴۴ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۱۵/۹۲ ^{ns}	۲۷۳۳۳۳/۶۵**	۱۶۵۹۱۰۲/۳۹**
اثر متقابل آبیاری×کود×تراکم	۴	۸۰/۱۱ ^{ns}	۳/۸۷ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۱/۰۵ ^{ns}	۲۶/۳۰ ^{ns}	۶/۳۰	۲۹/۰۳ ^{ns}	۸۷۵۹۹/۲۵ ^{ns}	۶۱۶۴۵۵/۳۹ ^{ns}
خطا آزمایشی	۲۴	۲۹۹/۶۱	۱/۸۱	۰/۴۹	۰/۴۸	۲۳/۳۸	۱۲/۰۹	۱۹/۳۰	۴۸۱۹۰/۸۲	۳۱۶۸۱۴/۷۳
ضریب تغییرات (%)	۷/۵۲	۵/۵۴	۵/۳۱	۲/۸۳	۴/۶۶	۱۷/۲۴	۵/۲۵	۵/۴۶	۵/۱۲	۲/۸۹

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار بودن و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

نیتروژن ایجاد می شود (دیداتا و سوراج ۱۹۸۱). مصرف مقادیر بالای ورمی کمپوست از طریق افزایش تخلخل خاک موجب رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد و در نتیجه افزایش عملکرد می شود (محمدخانی و روزبهانی ۲۰۱۵). اشرقی اصفهانی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند بیشترین عملکرد در رقم طارم هاشمی مربوط به تیمار ۸ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست بود

همچنین عملکرد شلتوک در شرایط کم آبیاری با میانگین ۳۹۱۹/۱۵ کیلوگرم در هکتار تنها چهار درصد کمتر از عملکرد تیمار آبیاری غرقاب بود (جدول ۴). کاهش رطوبت در مرحله تشکیل خوشه و گل دهی باعث می گردد تا عمل تلقیح به خوبی انجام نشود و عملکرد کاهش یابد. همچنین تبدیل سیستم برنج غرقاب به کم آبیاری باعث صرفه جویی در مصرف آب و در نتیجه

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تراکم، کود ورمی کمپوست در تراکم ۲۰۰ با میانگین ۴۶۱۳/۴۰ کیلوگرم در هکتار، همراه با کود شیمیایی در تراکم ۲۰۰ با میانگین ۴۸۵۰/۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد شلتوک بیشتری نسبت به بقیه تیمارها داشت. همچنین کمترین میزان این صفت مربوط به تیمار بدون کودی در تراکم ۱۰۰ با میانگین ۳۳۶۱/۸۰، تراکم ۳۰۰ با میانگین ۳۴۶۳/۱۰ و تراکم ۲۰۰ با میانگین ۳۴۸۱/۲۰ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به همین تیمارها در کود ورمی کمپوست و شیمیایی به ترتیب (۲۳، ۱۸ و ۳۳) و (۱۸، ۲۱ و ۳۹) درصد کاهش یافت (جدول ۵). مطابق انتظار کمترین عملکرد شلتوک در تیمار بدون کود حاصل شد، که می توان به عدم فراهمی نیتروژن مورد نیاز برای بهبود مرتبط با افزایش عملکرد مرتبط دانست. صفاتی که به افزایش عملکرد منتهی می شوند در بیشتر موارد مربوط به واکنشی است که نسبت به

باشد، فعالیت‌های فتوسنتزی افزایش یافته و عملکرد زیستی به واسطه رشد رویشی (ارتفاع بوته بالاتر، سطح برگ و پنجه‌زنی بیشتر) و زایشی (عملکرد دانه بالا) افزایش می‌یابد. خیری (۲۰۱۷) گزارش کرد کاربرد ده تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست عملکرد زیستی را ۲۶ درصد نسبت به عدم مصرف افزایش داد. همچنین نتایج نشان داد کاهش تراکم بذر منجر به افزایش عملکرد زیستی شد (سرور و همکاران ۲۰۱۱، پائول و همکاران ۲۰۱۸).

همچنین عملکرد زیستی در شرایط کم‌آبیری با میانگین ۱۰۷۵۵/۰۸ کیلوگرم در هکتار بود که تنها چهار درصد کمتر از آبیاری مرسوم بود (جدول ۴).

منجر به کاهش عملکرد برنج می‌شود (چودهوری و همکاران، ۲۰۰۷؛ کادیالا و همکاران، ۲۰۱۲).

عملکرد زیستی نیز در تیمار کود ورمی‌کمپوست در تراکم ۲۰۰ با میانگین ۱۲۳۳۵/۶۰ کیلوگرم در هکتار همراه با کاربرد کود شیمیایی در تراکم ۲۰۰ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین میزان عملکرد زیستی در تیمار شاهد در تراکم‌های ۱۰۰ با میانگین ۹۵۴۳/۷۰ در تراکم ۲۰۰ با میانگین ۹۹۰۵/۵۰ کیلوگرم در هکتار ثبت شد، که نسبت به تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی به ترتیب ۱۴، ۱۳ و ۲۰ و ۱۱، ۱۵ و ۲۴ کمتر بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد در شرایطی که نیتروژن در اختیار گیاه

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح آبیاری، کودی و تراکم بذر در خزانه بر عملکرد و اجزای عملکرد

تیمارها	تعداد پنجه‌بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (g)	عملکرد شلتوک (Kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (Kg.ha ⁻¹)	درصد شاخص برداشت (%)
آبیاری						
غرقاب	۱۳/۳۰ ^a	۸۳/۷۸ ^a	۲۴/۷۴ ^a	۴۱۰۶/۹۴ ^a	۱۱۲۳۵/۰۰ ^a	۳۶/۷۲ ^a
کم‌آبیاری	۱۳/۰۲ ^b	۸۳/۴۴ ^a	۲۴/۴۲ ^a	۳۹۳۰/۲۶ ^b	۱۰۷۵۵/۰۸ ^b	۳۶/۶۳ ^a
کودی						
شاهد	۱۱/۵۳ ^b	۸۲/۴۴ ^a	۲۴/۱۸ ^b	۳۴۳۵/۴۰ ^b	۹۷۳۹/۹۰ ^b	۳۴/۸۲ ^b
شیمیایی	۱۴/۱۲ ^a	۸۴/۲۸ ^a	۲۴/۶۲ ^{ab}	۴۳۳۹/۴۰ ^a	۱۱۷۰۴/۰۰ ^a	۳۷/۱۳ ^a
ورمی‌کمپوست	۱۳/۸۳ ^a	۸۳/۱۱ ^a	۲۴/۹۴ ^a	۴۲۸۱/۱۰ ^a	۱۱۵۴۱/۲۰ ^a	۳۸/۰۸ ^a
تراکم بذر در خزانه (گرم بر مترمربع)						
۱۰۰	۱۲/۶۳ ^b	۸۲/۸۳ ^b	۲۴/۹۰ ^a	۳۸۲۴/۶۲ ^b	۱۰۴۴۰/۹۰ ^b	۳۶/۵۸ ^a
۲۰۰	۱۳/۷۷ ^a	۸۶/۰۰ ^a	۲۴/۵۳ ^{ab}	۴۳۱۵/۰۶ ^a	۱۱۷۴۹/۰۰ ^a	۳۶/۵۸ ^a
۳۰۰	۱۳/۰۷ ^b	۸۲/۰۰ ^b	۲۴/۳۱ ^b	۳۹۱۶/۱۱ ^b	۱۰۷۹۵/۲۰ ^b	۳۶/۵۴ ^a

در هر ستون و تیمار میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد ندارند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس تنها اثر ساده کود بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۳). شاخص برداشت با استفاده از کود ورمی‌کمپوست به میانگین ۳۸/۰۸ درصد رسید که نسبت به تیمار کود شیمیایی تفاوت نداشت. کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار شاهد با میانگین ۳۴/۸۲ درصد مشاهده شد.

(جدول ۴). کود ورمی‌کمپوست از طریق جذب آب و عناصر غذایی توانست سبب بهبود میزان فتوسنتز و انتقال آن به دانه گردد. در همین راستا، خیری (۲۰۱۷) گزارش کرد افزودن پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث افزایش شاخص برداشت شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود و تراکم بذر در خزانه برای عملکرد و اجزای عملکرد

تیمارها	تعداد پنجه در مترمربع	تعداد خوشه بارور	عملکرد شلتوک (Kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (Kg.ha ⁻¹)	کودی
	(no.m ⁻²)	(no.m ⁻²)	(Kg.ha ⁻¹)	(Kg.ha ⁻¹)	تراکم بذر در خزانه (g.m ⁻²)
شاهد	۲۱۸/۶۸ ^{bc}	۱۱/۱۷ ^e	۳۳۶۱/۸۰ ^c	۹۵۴۳/۷۰ ^d	۱۰۰
	۲۱۱/۷۳ ^c	۱۱/۶۷ ^e	۳۴۸۱/۲۰ ^c	۹۹۰۵/۵۰ ^d	۲۰۰
	۲۱۷/۶۰ ^{bc}	۱۱/۷۷ ^e	۳۴۶۳/۱۰ ^c	۹۷۷۰/۴۰ ^d	۳۰۰
شیمیایی	۲۲۵/۰۷ ^{bc}	۱۳/۱۰ ^d	۳۹۷۵/۶۰ ^b	۱۰۶۶۹/۵۰ ^c	۱۰۰
	۲۶۴/۵۳ ^a	۱۵/۱۷ ^a	۴۸۵۰/۶۰ ^a	۱۳۰۰۶/۰۰ ^a	۲۰۰
	۲۳۷/۸۷ ^b	۱۴/۱۰ ^{bc}	۴۱۹۱/۹۰ ^b	۱۱۴۳۶/۶۰ ^b	۳۰۰
ورمی کمپوست	۲۲۶/۲۳ ^{bc}	۱۳/۶۳ ^{bcd}	۴۱۳۶/۴۰ ^b	۱۱۱۰۹/۳۰ ^{bc}	۱۰۰
	۲۴۰/۵۳ ^b	۱۴/۵۰ ^{ab}	۴۶۱۳/۴۰ ^a	۱۲۳۳۵/۶۰ ^a	۲۰۰
	۲۳۹/۸۷ ^{bc}	۱۳/۳۷ ^{cd}	۴۰۹۳/۳۰ ^b	۱۱۱۷۸/۶۰ ^{bc}	۳۰۰

در هر ستون و تیمار میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد ندارند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش استفاده از مولفه‌های سامانه بوم‌شناختی (کم‌آبیاری، کود ورمی‌کمپوست و تراکم کمتر بذر در خزانه) باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه همانند تیمارهای سامانه رایج (آبیاری غرقاب، کود شیمیایی و تراکم زیاد بذر در خزانه) شد. بنابراین به دلیل عملکرد متعادل شلتوک، مصرف آب کمتر و همچنین به دلیل جلوگیری از مسائل زیست‌محیطی ناشی از مصرف کود شیمیایی، استفاده از کم‌آبیاری، استفاده از ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تراکم بذر کمتر از مرسوم (۲۰۰

گرم در مترمربع) به عنوان بهترین تیمار برای کشت در شرایط دارای محدودیت آب و عناصر غذایی توصیه می‌شود. در مجموع سامانه فشرده بوم‌شناختی توانست جایگزینی مناسبی برای سامانه مرسوم باشد.

سپاسگزاری

به این وسیله از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به دلیل حمایت‌های مالی جهت انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Adhikari BB, Mehera B, & Haefele SM. 2013. Impact of rice nursery nutrient management, seeding density and seedling age on yield and yield attributes. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 146-155.
- Ashrafi Esfahani A, Niknejad Y, Fallah H, & Dastan S. 2019. Integrated management of organic manures and chemical fertilizers for enhancing paddy yield and the nutrient content of rice cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(5): 570-585.
- Baghitabar Firuzjani S, Abbasi R, Mousavi Toghani S. 2019. Comparison of irrigation regimes and seedling age effects on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L. cv. 'Tarom Hashemi'). *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*, 29(2): 67-78. (In Persian).

- Bahmani A, Bromandnasab S, Behzad M and Naseri AA. 2009. Determination of nitrate and ammonium leaching potential in soil profile under water deficit condition. Iranian Water and Drainage Journal, 1 (3): 37- 44. (In Persian).
- Barison J. 2003. Nutrient use efficiency and nutrient use uptake in conventional and inteive (SRI) rice cultivation system in Madagascar. M.Sc. thesis. Department of crop and Soil Science. Cornell University. Pp 88.
- Bodh PC, Rai JP. 2015: Agricultural Statistics for 2014. Oxford University Press, New Delhi. – Ministry of Agriculture.
- Bouman BAM. 2007. A conceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. Agricultural Systems, 93(1-3): 43-60.
- Bouman BAM, Lampayan RM and Tuong TP. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.
- Chowdhury MR, Kumar V, Sattar A, & Brahmachari K. 2014. Studies on the water use efficiency and nutrient uptake by rice under system of intensification. The Bioscan, 9(1): 85-88.
- Dedata SK and Suraji TK., 1981. Principines and practies of rice production, New York, John Wiley and Sons, pp1-25.
- Ebaid RA, El-Refae IS. 2007. Utilization of rice husk as an organic fertilizer to improve productivity and water use efficiency in rice fields. In 8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31 October 2007 (pp. 1923-1928). African Crop Science Society.
- Ekanayake IJ, Datta SD & Steponkus PL. 1989. Spikelet sterility and flowering response of rice to water stress at anthesis. Annals of Botany, 63(2): 257-264.
- Faraji F, Esfahani M, Alizadeh MR & Aalami A. 2014. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 16(3): 250-264. (In Persian).
- Faraji FM, Esfahani M, Kavooosi M, Nahvi and Rabiei B. 2011. Effect of nitrogen fertilizer application on grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa* cv. 'Khazar'). Iranian Journal of Crop Sciences. 13(1): 61-77. (In Persian).
- Gholami M & Abdolmaleki AF. 2010. Learn more about different rice varieties, Agricultural Education. P 39. (In Persian).
- Guerrero RD. 2010. Vermicompost production and its use for crop production in the Philippines. International Journal of Global Environmental Issues, 10(3-4): 378-383.
- Hari OM, Katyal S and Dhiman K. 1997. Growth analysis of hybrid rice as influenced by seedling density in nursery and nitrogen levels. Haryana Agricultural University Journal of Research, 27: 107-110.
- Hutabarat TR. 2011. Populasi mikrob tanah emisi metan dan produksi padi dengan kombinasi pemupukan pada budidaya padi SRI (System of Rice Intensification) [Thesis]. Bogor: Bogor Agricultural University.
- Kadiyala MDM, Mylavarapu RS, Li YC, Reddy GB & Reddy MD. 2012. Impact of aerobic rice cultivation on growth, yield, and water productivity of rice–maize rotation in semiarid tropics. Agronomy Journal, 104(6): 1757-1765.
- Kamrup A. 2018. Influence of seeding density on seedling growth, productivity and profitability of rice (*Oryza sativa*) under rainfed lowland. Indian Society of Agronomy, 63(1): 55-59.
- Kheyri N. 2017. Effect of the rate and application time of vermicompost on the yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L. cv. 'Tarom Hashemi'). Applied Field Crops Research, 30(2): 91-110. (In Persian).
- Knowledge Bank IRRI. 2018. Water Management June 24, 2019. From www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/growth/water-management#for-safe-alternate-wetting-and-drying

- Kumar A & Yadav DS. 2001. Long- term effects of fertilizers on the soil fertility and productivity of a rice–wheat system. *Journal of Agronomy and Crop science*, 186(1): 47-54.
- Larijani BA & Hoseini SJ. 2012. Comparison of integrated chemical and organic fertilizer management on rice growth and yield under system of rice intensification (SRI). *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3(Special Issue): 726-731.
- Mahmud AJ, Shamsuddoha ATM, and Nazmul Haque M. 2016. Effect of organic and inorganic fertilizer on the growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Nature and Science*, 14(2): 45-54.
- Malviya P, Jha AK and Upadhyay VB. 2012. Effect of different proportions of vermicompost and fertilizers on growth and yield of scented rice and soil properties. *Annals of Agricultural Research*, 33(4): 228-234.
- Mohaddesi A, Abbasian A, Bakhshipour S and Mohammad Salehi M. 2010. Effects of nitrogenous fertilizer and planting space on yield and yield components of 843 rice line. *Journal of Crop Ecophysiology*, 2(3): 198-208. (In Persian).
- Mohammad Khani E, Roozbahani A. 2015. Application of vermicompost and nano iron fertilizer on yield improvement of grain corn (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 7(23): 123-131. (In Persian).
- Mosier AR, Syers JK and Freney JR. 2004. *Agriculture and the nitrogen cycle: Assessing the impacts of fertilizer use on food production and environment*. SCOPE, Nr. 65, Island Press, Washington, DC.
- Mousavi Toghani SY, FarahmandFar A, Miri M, Enayati F and Abdullahzadegan Z, 2014. Comparison of yield and yield components of rice in the ecological and conventional compact systems from the perspective of the time of seedling transplant and number of plants per hill. *International Conference on Engineering Management and Environment*, Poland, 1-12. (In Persian).
- Nakano H, Morita S, Hattori I, & Sato K. 2008. Effects of planting time and cultivar on dry matter yield and estimated total digestible nutrient content of forage rice in southwestern Japan. *Field Crops Research*, 105(1-2): 116-123.
- Paul SKK, Akter M, Sarkar SK, & Sarkar MAR. 2018. Effect of nursery seeding density, age of seedling and number of seedlings hill– 1 on the performance of short duration transplanted of rice (cv. Parija). *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 16(2): 215-220.
- Roderick M, Florencia GR, Rodriguez GDP, Lampayan RM, and Bouman BAM. 2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*, 36(2): 280-288.
- Sarwar N, Muhammad M, Wajid SA and Anwar-ul-Haq M. 2011. Impact of nursery seeding density, nitrogen, and seedling age on yield and yield attributes of fine rice. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 71(3): 343-349.
- Sharma DK, Prasad K & Yadav SS. 2008. Effect of integrated nutrient management on the performance of dwarf scented rice (*Oryza sativa* L.) growth in rice wheat sequence. *International Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 660-662.
- Soleimani A, and Amiri Larijani B. 2004. *Rice production principles*. Arvij Press. 303p. (In Persian).
- SRI-RICE. (2015). *System of Rice Intensification*. Aboutsri. Retrieved June 24, 2019. From www.sri.ciifad.cornell.edu.
- Tejada M & González JL. 2009. Application of two vermicomposts on a rice crop: effects on soil biological properties and rice quality and yield. *Agronomy Journal*, 101(2): 336-344.
- Toorminae V, Allahyari MS, Damalas CA, Aminpanah H. 2017. Double cropping in paddy fields of northern Iran: Current trends and determinants of adoption. *Land Use Policy*, 62: 59–67.
- Uphoff N, Kassam A and Thakur A. 2013. Challenges of increasing water saving and water productivity in the rice sector: introduction to the system of rice intensification (SRI) and this issue. *Water Conservation*, 61: 1–13.

- Wopereis MCS, Defoer T, Idinoba P, Diack S & Dugué MJ. (2009). Curriculum for participatory learning and action research (PLAR) for integrated rice management (IRM) in inland valleys of sub-saharan Africa. Technical Manual, African Rice Center (WARDA).
- Yoseph T & Gebre W. 2014. Determination of optimum seed rate for productivity of rice (*Oryza sativa* L.), at Woito, Southern Ethiopia. Agriculture, Forestry and Fisheries, 3(3): 199-202.
- Zhao L, Wu L, Li Y, Lu X, Zhu D & Uphoff N. 2009. Influence of the system of rice intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different N application rates. Experimental Agriculture, 45(3): 275-286.