

اثر مقدار و زمان مصرف ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.)

Effect of rate and time of application of vermicompost on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.)

نوراله خیری^۱

۱. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

چکیده

خیری، ن. اثر مقدار و زمان مصرف ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.)
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۰ - شماره ۲ - پایبند ۱۱۵ تابستان ۹۶: ۱-۱۲

به منظور بررسی اثر مقدار و تقسیم ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه ای واقع در شهرستان آمل اجرا گردید. مقدار ورمی کمپوست در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) به عنوان عامل اصلی و زمان تقسیم ورمی کمپوست در پنج سطح (T1: ۱۰۰ درصد کود پایه، T2: ۵۰ درصد کود پایه + ۵۰ درصد مرحله پنجه زنی، T3: ۵۰ درصد کود پایه + ۵۰ درصد مرحله پنجه زنی، T4: ۵۰ درصد پنجه زنی + ۵۰ درصد خوشه دهی، T5: ۳۳/۳۳ درصد کود پایه + ۳۳/۳۳ درصد پنجه زنی + ۳۳/۳۳ درصد خوشه دهی) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که کاربرد مقادیر بیشتر ورمی کمپوست سبب بهبود صفات زراعی و عملکرد دانه گردید، به گونه ای که با مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، عملکرد دانه به ترتیب حدود ۲۲/۴ و ۲۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. حداکثر عملکرد دانه با میانگین ۳۸۶۳ کیلوگرم در هکتار با اعمال تقسیم T5 به دست آمد و با کاربرد تیمار T1، عملکرد دانه به میزان ۱۶/۴ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج این تحقیق می توان تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست را به جهت کاهش هزینه کود مصرفی نسبت به مصرف ۱۵ تن در هکتار، به عنوان بهترین میزان کود ورمی کمپوست و همچنین تیمار تقسیم در سه مرحله پایه، پنجه زنی و خوشه دهی را به عنوان بهترین تیمار جهت بهبود عملکرد دانه برنج در نظر گرفت.

واژه های کلیدی: برنج، تقسیم، عملکرد دانه، مقدار مصرف، ورمی کمپوست

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: norollah.kheyri@yahoo.com

مقدمه

با داشتن موادی پیت مانند، با ظرفیت هوادهی بالا و همچنین جذب بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش رشد گیاه (Momeni Fili *et al.*, 2014;) و عملکرد محصول (Sultana *et al.*, 2015) و عملکرد محصول (Banik and Sharma, 2009; Bejbaruha *et al.*, 2009) می گردد. استفاده از ورمی کمپوست به عنوان کود مکمل همراه با کودهای غیر آلی سبب افزایش رشد و عملکرد تولیدی برنج شد (Pontillas *et al.*, 2009). مدیریت تغذیه ای برنج همراه با کودهای ارگانیک (Malviya *et al.*, 2012) و بیولوژیک (Naher *et al.*, 2016) سبب تولید بیشتر عملکرد دانه گردید. بررسی های به عمل آمده توسط (Islam *et al.*, 2014) نشان داد با تأمین نیتروژن مورد نیاز برنج از طریق ورمی کمپوست، طول خوشه، تعداد پنجه بارور در کپه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه به طور معنی داری در مقایسه با عدم مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت. در بررسی (Thirunavukkarasu and Vinoth, 2013) مشاهده شد که بیشترین میزان رشد، اجزای عملکرد، جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عملکرد دانه با کاربرد مقدار ۲/۵ تن در هکتار ورمی کمپوست همراه با اضافه نمودن بخشی از کود نیتروژن به صورت پایه به دست آمد. (Dekhane *et al.*, 2014) با بررسی اثر کودهای آلی و غیر آلی بر رشد و عملکرد شلتوک برنج اظهار داشتند که بیشترین عملکرد کاه (۵/۷۷ تن در هکتار) و دانه (۴/۹۷ تن در هکتار) با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده حاصل گردید که این مقادیر به طور

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان بوده و با افزایش جمعیت، تقاضا برای آن نیز افزایش یافته است (Bezbaruha *et al.*, 2011). استفاده از کودهای زیستی به عنوان یکی از ارکان اصلی و مهم کشاورزی پایدار در اکوسیستم های زراعی با هدف حذف یا کاهش چشمگیر مصرف نهاده های شیمیایی محسوب می شود (Sharma, 2002). کمپوست و ورمی کمپوست ها یک تکنولوژی کم هزینه نویدبخش جهت تبدیل ضایعات کشاورزی صنعتی به کودهای بیولوژیک با ارزش به شمار می آیند (Misra *et al.*, 2003). ورمی کمپوست ها علاوه بر افزایش عملکرد برنج، می توانند تا حدودی جایگزین کودهای شیمیایی گردند (Sharma, 2010; Guera, 2008; *et al.*). ورمی کمپوست به دلیل فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک به عنوان یک ماده افزودنی در خاک جهت کاهش استفاده از کودهای معدنی استفاده می شود (Tejada and Gonzaler, 2009). ورمی کمپوست از طریق افزایش فعالیت ریزجانداران مفید خاک، فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول (Arancon *et al.*, 2004) و همچنین تأمین مواد تنظیم کننده رشد گیاه (Lazcano and Dominguez, 2011) منجر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی و افزایش پایداری سیستم کشت برنج می شود (Bejbaruha *et al.*, 2013). ورمی کمپوست

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در حومه شهرستان آمل، شهر امامزاده عبدالله (ع) و روستای اسکومحله با مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی، در ارتفاع ۱۷۰ متری از سطح دریا، اجرا گردید. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین نیاز کودی خاک، نمونه برداری از نقاط مختلف خاک محل اجرای طرح تا عمق ۳۰ سانتی متری انجام شد (جدول ۱). نتایج آنالیز کود ورمی کمپوست مورد استفاده نیز در جدول ۲ ارائه گردیده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی رقم طارم هاشمی انجام گرفت. عامل اصلی شامل مقدار مصرف ورمی کمپوست در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و عامل فرعی شامل زمان تقسیط ورمی کمپوست در پنج سطح (T1: ۱۰۰ درصد کود پایه، T2: ۵۰ درصد کود پایه + ۵۰ درصد مرحله پنجه‌زنی، T3: ۵۰ درصد کود پایه + ۵۰ درصد مرحله خوشه‌دهی، T4: ۵۰ درصد مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ درصد مرحله خوشه‌دهی و T5: ۳۳/۳۳ درصد کود پایه + ۳۳/۳۳ درصد مرحله پنجه‌زنی + ۳۳/۳۳ درصد مرحله خوشه‌دهی) در نظر گرفته شدند. مزرعه محل انجام آزمایش در سالهای زراعی قبل زیر کشت برنج بود و در اواخر بهمن ماه، زمین توسط گاو آهن برگردان‌دار شخم و در نیمه دوم اردیبهشت عملیات کامل شامل شخم بهاره، ماله کشی و تسطیح انجام گردید. برای جلوگیری از تبادل کودی بین تیمارهای مختلف، کلیه

معنی‌داری بالاتر از مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بوده است. گزارش شده که با افزایش مقدار مصرف ورمی کمپوست از ۴ به ۱۲ تن در هکتار، عملکرد دانه ذرت حدود ۳۰ درصد افزایش یافت (Veisinasab *et al.*, 2015). در بررسی Yousefi and Sadeghi (۲۰۱۴) روی گندم مشخص گردید که با مصرف ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، عملکردی برابر با مصرف ۷۵ درصد مقدار توصیه شده نیتروژن به دست آمد. افزایش عملکرد بیولوژیکی در گیاه جو نیز با کاربرد ورمی کمپوست گزارش شده است (Kumawat *et al.*, 2006). افزایش تقسیط ورمی کمپوست و متعاقب آن بهره‌گیری گیاه در تمام مراحل رشد رویشی و زایشی از عناصر غذایی سبب افزایش تعداد خوشه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه برنج گردید (Bejbaruha *et al.*, 2013). کاربرد تقسیطی کمپوست در ارقام برنج آپلند به دلیل آزادسازی عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه، دسترسی به موقع و همچنین راندمان بالای مصرف عناصر غذایی سبب رشد بهتر و بهبود عملکرد دانه برنج گردید (Dada *et al.*, 2012). با توجه به این که مطالعات گذشته در مورد نیاز برنج به عناصر غذایی بر اساس مصرف کودهای شیمیایی بوده و اطلاعات کمی در زمینه تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد برنج وجود دارد، لذا این مطالعه با هدف بررسی اثرات مقادیر و زمان تقسیط ورمی کمپوست بر عملکرد و برخی صفات زراعی برنج رقم طارم هاشمی صورت گرفت.

درصد) به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی دو مرحله (مراحل پنجه زنی و خوشه دهی) صورت گرفت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، ۱۲ بوته از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد پنجه بارور در کپه اندازه گیری و شمارش گردید. جهت تعیین تعداد دانه بر تعداد گلچه عقیم در خوشه، ۲۰ عدد خوشه از هر تیمار انتخاب و دانه های آنها شمارش و میانگین آن محاسبه شد. میزان کلروفیل برگ پرچم با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (مدل SPAD-502, Minolta, Japan) در مرحله گلدهی اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن هزار دانه، تعداد ۱۰۰۰ عدد از دانه های سالم و پر شمارش و سپس توزین گردید. عملکرد دانه با برداشت دو متر مربع از وسط هر کرت آزمایشی و بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد بیولوژیکی، مساحت دو متر مربع از وسط هر کرت آزمایشی کف بر و پس از جدا کردن دانه از کاه و کلش، برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در داخل آون قرار داده و سپس عملکرد بیولوژیکی توزین گردید. شاخص برداشت نیز با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده های آزمایش با نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

مرزهای طولی و عرضی مربوط به هر کرت با پلاستیک تا عمق و عرض ۳۰ سانتی متری خاک پوشانده شدند. عملیات تهیه خزانه در اوایل اردیبهشت ماه انجام و نشاهای سالم و یکنواخت برنج در مرحله سه تا چهار برگی به زمین اصلی منتقل گردیدند. نشاکاری به تعداد سه نشا در هر کپه با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی متر در کرت هایی به ابعاد ۲×۵ متر مربع انجام گردید. نشاکاری در تاریخ ۳۰ اردیبهشت انجام شد. منبع تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری مزرعه آزمایشی، آب رودخانه بوده که آبیاری کرت های آزمایش به صورت متناوب در طول دوره رشد گیاه صورت گرفت. مصرف کودهای فسفاته و پتاسیمی به ترتیب از منابع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از نشاکاری بر اساس نتایج تجزیه خاک در کرت ها مورد استفاده قرار گرفت. نیتروژن خالص به میزان ۳۶ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به صورت تقسیط؛ قبل از نشاکاری (۵۰ درصد کود مصرفی)، پنجه زنی (۲۵ درصد) و ظهور خوشه (۲۵ درصد) با توجه به نتایج آزمون خاک، در تمام کرت های آزمایش به صورت یکنواخت مصرف شد. کود ورمی کمپوست نیز با توجه به تیمارهای تعریف شده در کرت های مورد نظر مصرف گردید. جهت مبارزه شیمیایی با علف های هرز، سمپاشی با علف کش بوتاکلر به غلظت ۴ لیتر در هکتار یک هفته پس از نشاکاری و همچنین عملیات وجین دستی طی ۲۰ و ۴۰ روز بعد از نشاکاری انجام شد. برای جلوگیری از خسارت کرم ساقه خوار برنج، سمپاشی با حشره کش دیازینون (گرانول ۱۰

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی نمونه خاک اولیه قبل از اجرای آزمایش

Table 1- Results of soil physicochemical analysis before the initiation of the experiment

بافت خاک Soil texture	نیتروژن Nitrogen	کربن آلی Organic carbon	اسیدیته Acidity	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
	(%)	(%)	(pH)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)		(%)		(dS/m)
رسی Clay	0.15	1.75	7.25	166	10.6	21	43	36	1.65

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده

Table 2- Some chemical properties of vermicompost

مشخصات نمونه Sample characteristics	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	اسیدیته Acidity	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
	(%)	(%)	(%)	(pH)	(dS/m)
ورمی کمپوست Vermicompost	1.6	0.61	1.1	8.1	8.9

نگرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۳۷ سانتی متر) با مصرف ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد، اگرچه با مقدار مصرف ۱۰ تن در هکتار اختلاف آماری معنی داری نداشت. کمترین میزان صفت مذکور نیز با عدم مصرف ورمی کمپوست (۱۳۲/۸ سانتی متر) به دست آمد (جدول ۵). به نظر می رسد مصرف مقادیر بالای ورمی کمپوست از طریق فراهمی بیشتر عناصر غذایی در منطقه ریزوسفر ریشه و در نتیجه جذب بهتر عناصر غذایی توسط ریشه (Eskandari and Astarayi, 2007) و همچنین افزایش فعالیت های آنزیمی خاک و متعاقب آن بهبود فعالیت میکروبی خاک (Marinari et al., 2000) سبب بهبود ارتفاع بوته برنج گردید. Malviya et al., (۲۰۱۲) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد برنج طی سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸، گزارش

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

با توجه به اینکه در آزمایش حاضر عامل صفر (شاهد یا عدم مصرف ورمی کمپوست) وجود داشت و عامل دیگر یعنی زمان مصرف در این سطح متغیر نبود (کرت های موهومی)، بنابراین دو جدول تجزیه واریانس ارائه گردید. در یک جدول محاسبه اثرات اصلی تیمارها طبق روال معمول انجام (جدول ۳) و در جدولی دیگر برای اثر متقابل تیمارها که در آن ها کرت های موهومی (سطح صفر) وجود داشت سطح صفر یا شاهد حذف و محاسبه اثرات متقابل صورت گرفت (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته، تحت تأثیر مقدار و زمان تقسیم ورمی کمپوست ($P > 0.01$) معنی دار شد (جدول ۳) ولی تحت تأثیر اثر متقابل دو عامل قرار

تأثیر زمان تقسیط ورمی کمپوست (جدول ۳) و همچنین اثر متقابل مقدار و تقسیط ورمی کمپوست معنی دار نشد (جدول ۴). حداکثر طول خوشه به ترتیب با میانگین های ۲۵/۵۶ و ۲۵/۸۷ سانتی متر با مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و حداقل آن در شرایط شاهد یا عدم مصرف کود ورمی کمپوست (۲۳/۵۹ سانتی متر) حاصل شد (جدول ۵). نتایج مشابهی توسط *Islam et al.* (۲۰۱۴) مبنی بر افزایش طول خوشه با مصرف مقدار بیشتر ورمی کمپوست گزارش شده است. محققان دریافتند که با مصرف تلفیقی ۵۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، طول خوشه به طور معنی داری بیشتر از کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به تنهایی بوده است در حالی که نسبت به عدم مصرف کود، حدود ۲۷/۸ درصد از نظر طول خوشه برتری داشته است (*Dekhane et al.*, 2014). با عدم مصرف کود ارگانیک، طول خوشه برنج به طور معنی داری کاهش یافت ولی با افزایش مصرف کود ارگانیک به میزان ۲ تن در هکتار، صفت مذکور به ترتیب حدود ۲/۹ و ۳/۵ درصد طی سال های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ افزایش یافت (*Siavoshi et al.*, 2011).

تعداد پنجه بارور در کپه

تعداد پنجه بارور در کپه تحت تأثیر تیمارهای مقدار و تقسیط ورمی کمپوست ($P > 0/01$) معنی دار (جدول ۳) ولی تحت تأثیر اثر متقابل دو عامل قرار نگرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین تعداد پنجه بارور در کپه به ترتیب با میانگین های

نمودند زمانی که ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز برنج از طریق ورمی کمپوست تأمین شد، ارتفاع بوته برنج طی دو سال زراعی به ترتیب به میزان ۱۶/۴ و ۴/۴ درصد در مقایسه با عدم مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت. تحت اثرات زمان تقسیط ورمی کمپوست، حداکثر ارتفاع بوته (۱۳۶/۹ سانتی متر) با مصرف تقسیطی ورمی کمپوست به صورت ۳۳/۳۳ درصد پایه + ۳۳/۳۳ درصد پنجه زنی + ۳۳/۳۳ درصد خوشه دهی به دست آمد، اگرچه با تیمارهای تقسیط T1، T2 و T3 در یک گروه آماری قرار گرفت. حداقل میزان صفت مذکور نیز با میانگین ۱۳۳/۷ سانتی متر در تیمار تقسیط ۵۰ درصد پنجه زنی + ۵۰ درصد خوشه دهی مشاهده شد (جدول ۶). این نتیجه نشان داد که احتمالاً به دلیل عدم مصرف ورمی کمپوست به صورت کود پایه در تیمار T4، رشد رویشی گیاه و نهایتاً ارتفاع بوته به طوری معنی داری کاهش یافت که نشان از تأثیر مصرف کود ورمی کمپوست به صورت پایه (قبل از نشاکاری) در افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته برنج دارد. مشابه نتایج این آزمایش، *Bejbaruha et al.* (۲۰۱۳) گزارش نمودند که با کاربرد تقسیطی ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته افزوده گردید، به طوری که بیشترین ارتفاع (۱۰۹ سانتی متر) در تیمار تقسیطی مصرف ورمی کمپوست به صورت ۵۰ درصد کود پایه + ۵۰ درصد مرحله حداکثر پنجه زنی به دست آمد.

طول خوشه

طول خوشه تحت تأثیر مقادیر مختلف ورمی کمپوست در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳) ولی صفت فوق تحت

تعداد دانه پر در خوشه

تعداد دانه پر در خوشه تحت تأثیر مقدار و تقسیط ورمی کمپوست ($P > 0/01$) معنی دار شد (جدول ۳) ولی تحت اثر متقابل دو عامل قرار نگرفت (جدول ۴). با افزایش مقدار مصرف ورمی کمپوست، تعداد دانه پر در خوشه نیز به طور معنی داری افزایش یافت، به طوری که بیشترین تعداد دانه پر در خوشه به ترتیب با میانگین‌های ۹۶/۸۷ و ۹۸/۷۳ دانه پر با مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد در حالی که کمترین میزان صفت فوق (۸۲/۳۳ دانه پر) در شرایط شاهد یا عدم مصرف ورمی کمپوست به دست آمد (جدول ۵). مصرف مقدار بیشتر ورمی کمپوست و تقسیط آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی از طریق تأمین عناصر غذایی مورد نیاز برنج به خصوص نیتروژن منجر به افزایش باروری دانه‌ها شده است. فراهمی نیتروژن در مراحل حداکثر پنجه‌زنی و آبستنی، موجب افزایش میزان کلروفیل برگ پرچم، تأخیر در پیری برگ‌ها، افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت بیشتر فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده شده که نهایتاً سبب افزایش تعداد دانه پر در خوشه گشته است (Babazadeh et al., 2012). Islam et al., (۲۰۱۴) گزارش نمودند که کمترین تعداد دانه پر در خوشه با عدم مصرف ورمی کمپوست حاصل شد ولی با تأمین نیتروژن کامل گیاه از طریق ورمی کمپوست، تعداد دانه پر در خوشه به میزان ۲۸/۶ درصد افزایش یافت. Saha et al., (۲۰۱۳) دریافتند که با افزایش مقدار مصرف کود مرغی از ۳ به ۶ تن در هکتار، تعداد دانه

۱۳/۱۷ و ۱۳/۱۳ عدد پنجه با مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد و با عدم مصرف کود، صفت مذکور به ترتیب حدود ۳۰/۹ و ۳۱/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای زمان مصرف ورمی کمپوست نشان داد که با افزایش تقسیط از تیمار T1 به T5، تعداد پنجه بارور در کپه به میزان ۱۶/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۶). احتمالاً به دلیل افزایش مقدار مصرف و تقسیط ورمی کمپوست در طول دوره رشد رویشی و متعاقب آن فراهمی بیشتر نیتروژن، فسفر و سایر عناصر غذایی مورد نیاز برنج، رشد رویشی گیاه افزایش و نهایتاً تعداد پنجه بارور در کپه بیشتری تولید شده است. Dada et al., (۲۰۱۴) بیان نمودند که با افزایش مصرف کمپوست از ۴ به ۸ تن در هکتار، تعداد پنجه به میزان ۳۷/۸ درصد افزایش یافت. همچنین گزارش شده که تعداد پنجه بارور در متر مربع با تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز برنج از طریق ورمی کمپوست در مقایسه با عدم مصرف آن به ترتیب حدود ۵ و ۷ درصد طی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ افزایش یافت (Malviya et al., 2012). گزارش مشابهی نیز توسط Islam et al., (۲۰۱۴) ارائه گردید. بررسی‌ها نشان داده که کاربرد تقسیطی کمپوست اثر معنی داری روی اجزای عملکرد ارقام برنج آپلند داشته و بر این اساس با مصرف تقسیطی کمپوست از مرحله پنجه‌زنی تا آبستنی (دوره رشد رویشی فعال)، تعداد پنجه‌ها به طور معنی داری افزایش یافتند (Dada et al., 2012).

تأثیر تیمارهای مقدار و تقسیط ورمی کمپوست (جدول ۳) ولی تحت اثر متقابل دو فاکتور آزمایش معنی دار نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات مقدار مصرف ورمی کمپوست نشان داد که بیشترین تعداد گلچه عقیم در خوشه (۱۴/۹۳ عدد) در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست حاصل شد و با افزایش مقدار مصرف ورمی کمپوست به ۱۵ تن در هکتار، تعداد گلچه عقیم در خوشه حدود ۴۰ درصد کاهش یافت (جدول ۵). تحت تأثیر اثرات ساده تقسیط ورمی کمپوست، بیشترین تعداد گلچه عقیم در خوشه (۱۵ دانه پوک) در تیمار T1 حاصل شد اگرچه با تیمارهای T2 و T3 اختلاف آماری معنی داری نداشت. کمترین میزان صفت ذکر شده نیز با ۴۰ درصد کاهش در تیمار T5 به دست آمد (جدول ۶). بررسی های به عمل آمده توسط Hossaen et al., (۲۰۱۱) نشان داد که تحت شرایط عدم مصرف کود، تعداد گلچه عقیم در بوته برنج با میانگین ۱۳/۴۰ دارای بالاترین مقدار بود ولی با مصرف ۳ تن در هکتار ورمی کمپوست + ۷۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، تعداد گلچه عقیم حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. در نتایجی مشابه، Siavoshi et al., (۲۰۱۱) با بررسی دو ساله عملکرد و اجزای عملکرد برنج گزارش نمودند که با افزایش مصرف کود ارگانیک از نیم به ۲ تن در هکتار، تعداد خوشه چه عقیم حدود ۵ درصد در هر دو سال زراعی کاهش یافت.

کلروفیل برگ پرچم

کلروفیل برگ پرچم تحت اثرات اصلی مقدار ($p > 0.01$) و زمان تقسیط ورمی کمپوست

پر در خوشه برنج حدود ۲۵ درصد افزایش یافت که دلیل آن را دسترسی بیشتر گیاه به مواد غذایی در طول دوره رشد زایشی عنوان نمودند. نتایج مشابه دیگری توسط Hossen et al., (۲۰۱۵) مبنی بر افزایش تعداد دانه پر در خوشه با افزایش مقدار مصرف کمپوست گزارش شده است. تحت تأثیر اثرات اصلی تقسیط ورمی کمپوست، حداکثر تعداد دانه پر در خوشه (۹۸/۷۵ دانه پر) با تقسیط سه مرحله ای (۳۳/۳۳ درصد کود پایه + ۳۳/۳۳ درصد مرحله پنجه زنی + ۳۳/۳۳ درصد مرحله خوشه دهی) ورمی کمپوست به دست آمد، اگرچه با مصرف ورمی کمپوست در مراحل T3 (۵۰ درصد کود پایه + ۵۰ درصد خوشه دهی) و T4 (۵۰ درصد پنجه زنی + ۵۰ درصد خوشه دهی) در یک گروه آماری قرار گرفت. حداقل تعداد دانه پر در خوشه نیز با کاهش حدود ۱۳ درصدی نسبت به تقسیط T5، زمانی مشاهده گردید که ورمی کمپوست فقط به صورت پایه مصرف گردید (جدول ۶). گزارشات حاکی از آن است که با تقسیط مصرف ورمی کمپوست به صورت یک سوم کود پایه + یک سوم در مرحله حداکثر پنجه زنی + یک ششم شروع خوشه دهی + یک ششم مرحله گلدهی، تعداد دانه پر در خوشه به میزان ۱۸/۸ درصد در مقایسه با مصرف کامل ورمی کمپوست به صورت کود پایه افزایش یافت (Bejbaruha et al., 2013)، که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

تعداد گلچه عقیم در خوشه

صفت تعداد گلچه عقیم در خوشه تحت

وزن هزار دانه

اثر مقادیر مختلف مصرف ورمی کمپوست بر وزن هزار دانه ($P > 0/01$) معنی دار بود (جدول ۳) ولی این صفت تحت تأثیر تقسیط ورمی کمپوست (جدول ۳) و اثر متقابل مقدار و تقسیط ورمی کمپوست قرار نگرفت (جدول ۴). تیمار شاهد یا عدم مصرف ورمی کمپوست، کمترین میزان وزن هزار دانه (۲۴/۶۶ گرم) را به خود اختصاص داد، در حالی که با مصرف ورمی کمپوست، وزن هزار دانه به طور معنی داری افزایش یافت و بین تیمارهای مصرف مقادیر ورمی کمپوست اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد ورمی کمپوست از طریق افزایش تخلخل خاک موجب افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد شده که نهایتاً منجر به افزایش وزن هزار دانه گردیده است. ورمی کمپوست با داشتن موادی پیت مانند، با ظرفیت هوادهی و نگهداری بالای آب و همچنین جذب بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش رشد گیاه و وزن هزار دانه می‌گردد (Momeni Fili *et al.*, 2014).

عملکرد دانه (شلتوک)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای مقدار و تقسیط ورمی کمپوست ($P > 0/01$) معنی دار شد (جدول ۳) ولی تحت تأثیر اثر متقابل مقدار و تقسیط ورمی کمپوست قرار نگرفت (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه به ترتیب با میانگین‌های ۳۷۹۰ و ۳۸۶۸ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد و با عدم مصرف کود، عملکرد دانه به ترتیب

($p > 0/05$) قرار گرفت (جدول ۳) ولی اثر متقابل دو عامل بر میزان کلروفیل معنی دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات ساده مقدار ورمی کمپوست نشان داد که میزان کلروفیل برگ پرچم با افزایش سطوح ورمی کمپوست افزایش یافت، به گونه‌ای که با مصرف مقادیر ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، بیشترین میزان کلروفیل برگ پرچم (به ترتیب با میانگین‌های ۳۷/۰۹ و ۳۷/۱۷) حاصل شد. با عدم مصرف ورمی کمپوست نیز میزان کلروفیل برگ پرچم حدود ۱۳/۶ درصد کاهش یافت (جدول ۵). تحت تأثیر اثرات اصلی تقسیط ورمی کمپوست، با تیمار تقسیط T5، حداکثر میزان کلروفیل برگ پرچم (۳۶/۳۲) و با تیمار T1 یا عدم تقسیط ورمی کمپوست، حداقل میزان کلروفیل (۳۴/۴۲) مشاهده گردید (جدول ۶). به نظر می‌رسد با مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و تقسیط آن در مراحل مختلف رشد گیاه، به دلیل فراهمی عناصر غذایی به خصوص نیتروژن (Mohanty *et al.*, 2006)، میزان کلروفیل برگ پرچم در بالاترین مقدار کردند با مصرف ۶۹ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت تقسیط سه مرحله‌ای (۳۳/۳۳ درصد در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳ درصد در مرحله ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳ درصد در مرحله خوشه‌دهی کامل)، بیشترین میزان کلروفیل برگ پرچم در مرحله گلدهی (۴۵/۱) حاصل شد و با کاهش میزان کود نیتروژن و مراحل تقسیط، از میزان کلروفیل برگ پرچم کاسته شد.

درصد مرحله پنجه زنی + $33/33$ درصد مرحله خوشه دهی و حداقل آن با حدود $16/4$ درصد کاهش در شرایط عدم تقسیط ورمی کمپوست (T1) به دست آمد (جدول ۶). با کاربرد ورمی کمپوست به صورت تقسیط سه مرحله ای به نظر می رسد به دلیل بهبود ساختمان خاک و همچنین اصلاح خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک خاک، منجر به فراهمی عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی گیاه شده که در نهایت سبب بهبود رشد گیاه و متعاقب آن افزایش عملکرد دانه گردیده است (Afsharmanesh *et al.*, 2016). Momeni Fili *et al.*, (2014)، مقادیر بالای عناصر غذایی و همچنین افزایش فراهمی عناصر ماکرو و میکرو را دلایل افزایش عملکرد دانه سویا با کاربرد مقادیر ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست عنوان نمودند. کاربرد تقسیطی ورمی کمپوست به دلیل تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج گردید. بررسی های به دست آمده توسط Bejbaruha *et al.*, (2013) نشان داد که حداکثر عملکرد دانه ($3/91$ تن در هکتار) با بیشترین تقسیط ورمی کمپوست (یک سوم کود پایه + یک سوم مرحله حداکثر پنجه زنی + یک ششم شروع خوشه دهی + یک ششم مرحله گلدهی) حاصل شد، اگرچه با تقسیط مصرف ورمی کمپوست به صورت یک دوم پایه + یک دوم مرحله حداکثر پنجه زنی و یک سوم پایه + یک سوم حداکثر پنجه زنی + یک سوم شروع خوشه دهی اختلاف آماری معنی داری نداشت ولی با کاهش تقسیط ورمی کمپوست به یک

حدود $22/4$ و 24 درصد کاهش یافت (جدول ۵). مصرف مقادیر بالای ورمی کمپوست از طریق افزایش تخلخل خاک موجب رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد شده (Mohammad Khani and Roozbahani, 2015) که نهایتاً منجر به افزایش عملکرد دانه گردیده است. کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش ماده آلی و فعالیت میکروارگانیزم های خاک شده که این امر سبب فراهمی عناصر غذایی و نیتروژن از شکل آلی به معدنی و در دسترس بودن این عناصر در طول دوره رشد و افزایش عملکرد می شود (Habibi and Majidian, 2014). گزارش شده که با افزایش مقدار مصرف کمپوست از ۱۰ به ۲۰ تن در هکتار، عملکرد دانه برنج حدود $10/3$ درصد افزایش یافت (Hossen *et al.*, 2015). بررسی های به عمل آمده توسط Malviya *et al.*, (2012) نشان داده که تأمین 100 درصد نیتروژن مورد نیاز برنج از طریق مصرف ورمی کمپوست سبب افزایش $36/4$ و $25/7$ درصدی عملکرد دانه برنج طی دو سال زراعی در مقایسه با عدم مصرف ورمی کمپوست گردیده است. در بررسی Joshi *et al.*, (2013) روی برنج مشخص شد که با کاربرد ورمی کمپوست، عملکرد دانه به طور معنی داری در مقایسه با عدم مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت ولی بین مقادیر مختلف ورمی کمپوست (۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) اختلاف آماری معنی داری مشاهده نشد. تحت تأثیر اثرات زمان مصرف ورمی کمپوست، حداکثر عملکرد دانه (3863 کیلوگرم در هکتار) با تقسیط $33/33$ درصد کود پایه + $33/33$

توسط *Bejbaruha et al*, (۲۰۱۳) نشان داد که با افزایش مراحل تقسیط به چهار مرحله (یک سوم پایه + یک سوم مرحله حداکثر پنجه زنی + یک ششم مرحله شروع خوشه دهی + یک ششم مرحله گلدهی)، عملکرد گاه حدود ۲۰/۴ درصد نسبت به مصرف کامل ورمی کمپوست در یک مرحله به صورت پایه افزایش یافت، که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر مقادیر مختلف کود ورمی کمپوست ($P > 0/01$) معنی دار شد (جدول ۳) ولی تحت اثرات ساده تقسیط (جدول ۳) و همچنین اثر متقابل مقدار و تقسیط ورمی کمپوست قرار نگرفت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان شاخص برداشت به ترتیب با میانگین‌های ۵۱/۲۰ و ۵۱/۲۱ درصد با عدم مصرف و مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین آن با میانگین ۴۸/۷۴ درصد با مصرف ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد که با مقدار مصرف ۱۰ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). به نظر می‌رسد با عدم مصرف و همچنین کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، به دلیل کاهش عملکرد گاه و به تبع آن کاهش تولید عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه، تا حدودی شاخص برداشت افزایش یافته باشد. افزایش مقادیر ورمی کمپوست از طریق جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند سبب بهبود بیشتر میزان فتوسنتز و افزایش عملکرد بیولوژیکی گردیده اما موجب افزایش شاخص برداشت نگردد (Pezechkpour

مرحله (مصرف کامل به صورت کود پایه)، حدود ۲۴ درصد از عملکرد دانه کاسته گردید.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای مقدار و زمان تقسیط کود ورمی کمپوست ($P > 0/01$) معنی دار شد (جدول ۳) ولی تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور قرار نگرفت (جدول ۴). کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۵۷۴۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست به دست آمد و به تدریج با افزایش کاربرد ورمی کمپوست به ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، عملکرد بیولوژیک نیز به ترتیب حدود ۲۶ و ۲۷ درصد افزایش یافت (جدول ۵). گزارشات حاکی از آن است که مصرف ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست مورد نیاز برنج سبب افزایش ۳۰ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با عدم مصرف ورمی کمپوست شده است (Islam et al., 2014). *Devi et al*, (۲۰۱۱) با بررسی اثرات ورمی کمپوست بر عملکرد گندم طی سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ گزارش نمودند که با مصرف ۱ تن در هکتار ورمی کمپوست، عملکرد بیولوژیک طی دو سال زراعی به ترتیب حدود ۴۸/۳ و ۴۲/۳ درصد نسبت به عدم مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت. تحت اثرات تقسیط ورمی کمپوست، تیمار T5 بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد اگرچه با تیمار T4 اختلاف آماری معنی داری نداشت. حداقل عملکرد بیولوژیک نیز با حدود ۱۴/۳ درصد کاهش نسبت به تیمار T5، در تیمار T1 مشاهده گردید (جدول ۶). بررسی‌های به عمل آمده

عملکرد و متعاقب آن عملکرد دانه برنج گردید. به نظر می‌رسد کاربرد ورمی کمپوست به عنوان کود مکمل همراه با مصرف کودهای شیمیایی اگرچه هزینه‌هایی را برای کشاورز به دنبال دارد ولی تا حدودی از مصرف کود شیمیایی نیتروژنه کاسته گردیده و گامی مؤثر در راستای کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست برداشته خواهد شد. نتیجه پژوهش حاضر نیز نشان داد که کاربرد مقدار ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و مصرف آن به صورت تقسیطی (۳۳/۳۳ درصد کود پایه + ۳۳/۳۳ درصد مرحله پنجه‌زنی + ۳۳/۳۳ درصد مرحله خوشه‌دهی) سبب بهبود عملکرد دانه برنج در منطقه مورد مطالعه گردید.

گزارشات حاکی از آن است که با افزایش مقدار مصرف ورمی کمپوست از ۵ به ۱۵ تن در هکتار، شاخص برداشت گندم حدود ۳/۵ درصد افزایش یافت (Yousefi and Sadeghi, 2014). از طرفی Malviya et al., (۲۰۱۲) بیان نمودند که اثر مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر شاخص برداشت برنج معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که در بین مقادیر مختلف مصرف ورمی کمپوست، مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و همچنین در بین تیمارهای زمان مصرف کود، کاربرد تقسیطی ورمی کمپوست در سه مرحله از رشد گیاه (T5)، منجر به افزایش اجزای

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی تحت تاثیر تیمارهای مقدار و زمان تقسیط ورمی کمیپوست (زمین اثرات اصلی تیمارها با وجود شاهد)

Table 3- Analysis of variance for yield and yield components of rice (Var. Tarom Hashemi) as influenced by rate and split application time of vermicompost (The main effects of treatments were calculated with taking into account of the control treatment)

منابع تغییرات	درجه	ارتفاع	طول خوشه	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه بر	تعداد گلیحه عقیم در	تعداد برگ	کلوزنل بر	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد	بهره زیستی	Harvest index
SOV	آزادی	بوته	Panicle length	در کبه	در خوشه	خوشه	پرچم	1000-grain weight	Grain yield	عملکرد بیولوژیکی	Harvest index		
df	Plant height	Fertile tiller number per hill	Filled grain number per panicle	Unfilled grain number per panicle	Spad value	1000-grain weight	Grain yield	Biological yield					
تکرار	2	3.87	0.05	0.11	31.85	31.25	3.982	0.42	5213.75	83171.25	1.946		
Replication													
مقدار ورمی کمیپوست	3	61.15**	15.31**	56.21**	813.222**	126.42**	85.36**	22.71**	**	**	28.99**		
Vermicompost rate									2685413.15379936.				
خطای a	6	2.90	0.06	0.06	21.00	8.67	5.85	0.11	17000.9	73417.3	0.752		
E (a)													
تقسیم ورمی کمیپوست	4	19.17**	0.68 ns	12.97**	280.94**	69.44**	6.01*	0.28 ns	**	**	1.737 ns		
Vermicompost split application									733029.5	2243245.4			
مقدار × تقسیط	12	2.39 ns	0.25 ns	2.70**	32.09 ns	3.46 ns	0.88 ns	0.08 ns	27400.6*	70147.9 ns	5.09*		
Rate × Split application													
خطای b	32	3.36	0.29	0.47	21.50	5.67	2.09	0.16	11655.7	56461.04	1.99		
E (b)													
CV (%)		1.36	2.17	5.81	5.02	20.35	4.10	1.51	3.08	3.38	2.83		

ns, *, ** : non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns, *, ** : به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

اثر مقدار و زمان مصرف ورمی کمیپوست بر ...

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی تحت تأثیر تیمارهای مقدار و زمان تقسیم ورمی کمپوست (تعیین اثرات متقابل تیمارها بدون شاهد)
 Table 4- Analysis of variance for yield and yield components of rice (var. Tarom Hashemi) as influenced by rate and split application time of vermicompost (The interaction effects of treatments were calculated without taking into account of the control treatment)

منابع تغییرات	df	ارتفاع	درجه آزادی	طول خوشه	مقدار پنجه بارور	تعداد دانه پر	تعداد گلچه عقیم	تعداد گلچه عقیم	تعداد برگ	کلروفیل برگ	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص
SOV	Plant height	Panicle length	Fertile tiller number per hill	Filled grain number per panicle	Number of sterile floret per panicle	برجم	دانه 1000-grain weight	Grain yield	Biological yield	Harvest index				
تکرار	2	1.77	0.035	0.061	32.42	13.08	0.483	0.569	7103.8	17500.55	0.402			
Replication	2	48.12*	2.850**	4.517**	226.4*	85.08*	26.71**	0.405 ^{ns}	777220.5**	6295337.2**	27.12**			
مقدار ورمی کمپوست	4	4.056	0.091	0.090	27.98	9.956	0.690	0.069	14393.05	66138.05	0.720			
Vermicompost rate	4	4.056	0.091	0.090	27.98	9.956	0.690	0.069	14393.05	66138.05	0.720			
خطای a	4	20.59**	0.877**	19.38**	322.1**	56.81**	7.075*	0.277 ^{ns}	725093.6**	2057657.7**	3.031 ^{ns}			
E (a)	4	20.59**	0.877**	19.38**	322.1**	56.81**	7.075*	0.277 ^{ns}	725093.6**	2057657.7**	3.031 ^{ns}			
تقسیم ورمی کمپوست	8	2.181 ^{ns}	0.153 ^{ns}	0.491 ^{ns}	14.21 ^{ns}	4.728 ^{ns}	0.223 ^{ns}	0.072 ^{ns}	13255.27 ^{ns}	57265.69 ^{ns}	4.377 ^{ns}			
Vermicompost split application	8	2.181 ^{ns}	0.153 ^{ns}	0.491 ^{ns}	14.21 ^{ns}	4.728 ^{ns}	0.223 ^{ns}	0.072 ^{ns}	13255.27 ^{ns}	57265.69 ^{ns}	4.377 ^{ns}			
مقدار × تقسیم	24	2.422	0.162	0.338	18.35	4.972	2.069	0.163	9870.97	62704.72	2.452			
Rate × Split application	24	2.422	0.162	0.338	18.35	4.972	2.069	0.163	9870.97	62704.72	2.452			
خطای b	24	2.422	0.162	0.338	18.35	4.972	2.069	0.163	9870.97	62704.72	2.452			
E (b)	24	2.422	0.162	0.338	18.35	4.972	2.069	0.163	9870.97	62704.72	2.452			
CV (%)		1.15	1.58	4.53	4.48	20.99	3.96	1.49	2.69	3.35	3.15			

^{ns}، * and **: non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.
^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی تحت تأثیر مقادیر مختلف ورمی کمپوست
 Table 4- Mean comparison for yield and yield components of rice (var. Tarom Hashemi) as influenced by vermicompost application rates

مقدار ورمی کمپوست (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد پنجه بارود در کبه (سانتی متر)	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد گلچه عقیم در خوشه	کروفل برگ (برجیم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
Vermicompost rate (ton.ha ⁻¹)	Plant height (cm)	Panicle length (cm)	Fertile tiller number per hill	Filled grain number per panicle	Unfilled grain number per panicle	Spad value	1000-grain weight (gr)	Grain yield (kg.ha ⁻¹)	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Harvest index (%)
0	132.8b	23.59c	9.067c	82.33b	14.93a	32.12b	24.66b	2939c	5743c	51.20a
5	133.6b	25.01b	12.20b	91.27ab	13.33ab	34.77ab	27.26a	3441b	6730b	51.21a
10	136.2ab	25.56a	13.13a	96.87a	9.66ab	37.09a	26.93a	3790a	7749a	48.85b
15	137.0a	25.87a	13.17a	98.73a	8.86b	37.17a	27.13a	3868a	7932a	48.74b
LSD _{5%}	3.40	0.489	0.4894	9.15	5.88	4.83	0.662	260.5	541.3	1.733

Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different at the probability level of 5% according to LSD test.
 میانگین های دارای یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ فاقد اختلاف معنی دار می باشند.

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی تحت تاثیر زمان تقسیم ورمی کمپوست

تقسیم ورمی کمپوست	vermicompost													
	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد پنجه بارور در کبه	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد گلچه عقیم در خوشه	تعداد برگ کروفل برگ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	Fertile tiller number per hill	Filled grain number per panicle	Unfilled grain number per panicle	Spad value برجیم	Grain yield (kg. ha ⁻¹)	Biological yield (kg. ha ⁻¹)
100% basal fertilizer (T1)	134.0ab	11.36b	86.17c	15.00a	34.42c	3227d	6536d	134.0ab	11.36b	86.17c	15.00a	34.42c	3227d	6536d
50% basal + 50% tillering stage (T2)	135.0ab	12.08b	89.25bc	13.17ab	35.34b	3340cd	6723cd	135.0ab	12.08b	89.25bc	13.17ab	35.34b	3340cd	6723cd
50% basal + 50% heading stage (T3)	135.0ab	11.07b	92.83abc	11.25abc	34.89c	3503bc	7053bc	135.0ab	11.07b	92.83abc	11.25abc	34.89c	3503bc	7053bc
50% tillering stage + 50% heading stage (T4)	133.7b	11.32b	94.50ab	10.08bc	35.46b	3615b	7250ab	133.7b	11.32b	94.50ab	10.08bc	35.46b	3615b	7250ab
33.33% basal + 33.33% tillering + 33.33% heading (T5)	136.9a	13.63a	98.75a	9.00c	36.32a	3863a	7630a	136.9a	13.63a	98.75a	9.00c	36.32a	3863a	7630a
LSD5%	3.04	1.140	7.71	3.96	2.40	179.6	395.2	3.04	1.140	7.71	3.96	2.40	179.6	395.2

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ فاقد اختلاف معنی دار می باشند.

Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different at the probability level of 5% according to LSD test.

Refrence

- Afsharmanesh, R., Rahimi, A., Torabi, B. and Akhgar, A. 2016. Effects of vermi compost and compost tea application on the growth criteria of corn (*Zea mays*). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(1): 185-199. (In Persian).
- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries. I: Effects on growth and yields. *Bioresearch Technology*. 93: 145-153.
- Babazadeh, S.H., Kavooosi, M., Esfandiari, M., Nahvi, M. and Allahgholipour, M. 2012. Effects of nitrogen rates and application method on yield and yield components of hybrid rice. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 9(4): 728-734. (In Persian).
- Banik, p., and Sharma, R.C. 2009. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on the winter crops-rice based cropping systems in sub-humid tropics of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 55: 285-294.
- Bejbaruha, R., Sharma, R.C. and Banik, P. 2009. Direct and residual effect of organic and inorganic source of nutrients on rice based cropping systems in sub-humid tropics of India. *Journal of Sustainable Agriculture*. 33: 674-689.
- Bezbaruha, R., Sharma, R.C. and Banik, P. 2011. Effect of nutrient management and planting geometry on productivity of hybrid rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *American Journal of Plant Sciences*. 2: 297-302.
- Bejbaruha, R., Sharma, R.C. and Banik, P. 2013. Split application of vermicompost to rice (*Oryza sativa* L.): its effect on productivity, yield components and N dynamics. *Organic Agriculture*. 3: 123-128.
- Dada, O.A., Thomas, A.S. and Oworu, O.O. 2012. Response of upland rice (*Oryza sativa* L.) cultivars to split application of compost on highly weathered soil of derived savannah agro-ecology. *Annals of West University of Timisoara, Series of Biology*. 15(2): 167-176.
- Dada, O.A., Togun, A.O., Adediran, J.A. and Nwilene, F.E. 2014. Effect of compost on agro-botanical components responsible for rice (*Oryza sativa*) grain yield in southwestern Nigeria. *Journal of Agriculture and Sustainability*. 6(1): 88-109.
- Dekhane, S.S., Patel, D.J., Jadhav, P.B., Kireeti, A., Patil, N.B., Harad, N.B. and Jadhav, K.P. 2014. Effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of paddy cv. GR11. *International Journal of Information Research and*

- Review*. 1(2): 026-028.
- Devi, K.N., Singh, N.G. and Athokpam, H.S. 2011. Effect of integrated nutrient management on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop and Weed*. 7(2): 23-27.
- Eskandari, M., and Astarayi, A. 2007. Effect of different organic materials on plant growth characteristics and total biomass and grain weight of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 5(1): 19-28. (In Persian).
- Guera, R.D. 2010. Vermicompost production and its use for crop production in the Philippines. *International Journal of Global Environmental*. 10(3-4): 378-383.
- Habibi, S. and Majidian, M. 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). *Journal of Crop Production and Processing*. 4 (11): 15-25. (In Persian).
- Hossain, M.A., Shamsuddoha, A.T.M., Paul, A.K., Bhuiyan, M.S.I. and Zobaer, A.S.M. 2011. Efficacy of different organic manures and inorganic fertilizer on the yield and yield attributes of Boro rice. The Agriculturists. *A Scientific Journal of Krishi Foundation*. 9(1&2): 117-125.
- Hossen, Sh., Islam, N., Alam, R. and Baten, A. 2015. Effects of different rates of compost application on methane emission and crop yield in Aman rice. *The Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences*. 2(3): 530-536.
- Islam, M.S., Paul, A.K., Fazle Bari, A.S.M., Shahriar, S., Sharmin Sultana, M. and Hosain, M.T. 2014. Integrated effect of organic manures and nitrogen on yield contributing characters and yield of rice (BRRI dhan29). *International Journal of Scientific and Research Publications*. 4(11): 1-6.
- Joshi, R., Vig, A.P. and Singh, J. 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: a field study. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2(16): 1-7.
- Kumawat, P.D., Jat, N.L. and Yadavi, S.S. 2006. Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). *Indian Journal Agriculture Science*. 76: 226-229.
- Lazcano, C. and Dominguez, J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients*. Nova

- Science Publishers, Inc. 1-23.
- Malviya, P., Jha, A.K. and Upadhyay, V.B. 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.
- Marinara, S., Masciandaro, G., Cessanti, B. and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*. 72: 9-17.
- Misra, R.V., Roy, R.N. and Hiraoka, H. 2003. *On-farm composting methods*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, PP. 1-35.
- 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).
- Mohanty, S., Paikaray, N.K. and Rajan, A.R. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.) - corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. *Geoderma*. 133(3-4): 225-230.
- Momeni Fili, P., Khoorgami, A. and Sayyah Far, M. 2014. Effect of vermicompost biofertilizer and plant density on the yield and yield components soybean in Khorramabad. *Crop Physiology Journal*. 6(23): 113-127. (In Persian).
- Naher, U.A., Panhwar, Q.A, Othman, R, Ismail, M.R. and Berahim, Z. 2016. Biofertilizer as a supplement of chemical fertilizer for yield maximization of rice. *Journal of Agriculture Food and Development*. 2: 16-22.
- Pezeshkpour, P., Ardakani, M., Paknejad, F. and Vazaan, S. 2014. Application effect of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and biophosphate solubilizing on physiological traits and yield of chickpea. *Crop Physiology Journal*. 6(23): 53-65. (In Persian).
- Pontillas, L., Lugo, E., Malate, R. and Lanioso, A. 2009. Efficacy evaluation of vermicompost and inorganic fertilizer applied in lowland rice. *The Threshold*. Vol. IV. 66-75.
- Saha, A., Sarkar, R.K. and Yamagishi, Y. 1998. Effect of time of nitrogen application on spikelet differentiation and degeneration of rice. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 39: 119-123.
- Saha, R., Saieed, M.A.U. and Chowdhury, M.A.K. 2013. Growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by humic acid and poultry manure. *Universal*

- Journal of Plant Science*. 1(3): 78-84.
- Sam Daliri, M., Mobasser, H.R. and Daştan, S. 2011. Effects of rate and split of nitrogen on physiological and agronomic indexes of rice var. Tarom mahalli. *Crop Ecophysiology*. 3(1): 101-109. (In Persian).
- Sharma, A.k. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios (India). 407p.
- Sharma, D.K., Prasad, K. and Yadav, S.S. 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.
- Siavoshi, M., Nasiri, A. and Laware, S.L. 2011. Effect of organic fertilizer on growth and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural Science*. 3(3): 217-224.
- Sultana, M.S., Rahman, M.H, Rahman, M.S, Sultana, S. and Paul, A.K. 2015. Effect of integrated use of vermicompost, pressmud and urea on the nutrient content of grain and straw of rice (Hybrid Dhan Hira 2). *International Journal of Scientific and Research Publications*. 5(11); 765-770.
- Tejada, M., and Gonzaler, J.L. 2009. Application of two vermicompost on a rice crop: effects on soil biological properties and rice quality and yield. *Agronomy Journal*. 101(2): 336-344.
- Thirunavukkarasu, M., and Vinoth, R. 2013. Influence of vermicompost application along with nitrogen on growth, nutrients uptake, yield attributes and economic of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 6(4): 599-604.
- VeisiNasab, M., Mobasser, H.R. and Ganjali, H.R. 2015. Effect of different levels of vermicompost on yield and quality of maize varieties. *Biological Forum—An International Journal*. 7(1): 856-860.
- Yousefi, A.A. and Sadeghi, M. 2014. Effect of vermicompost and urea chemical fertilizer on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*) in the field condition. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 7(12); 1227-1230.

Effect of rate and time of application of vermicompost on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.)

N. Kheyri¹

1. Young Researchers and Elite Club, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran(Corresponding author)

Received: July 2017 Accepted: March 2016

Extended Abstract

Kheyri, N. Effect of rate and time of application of vermicompost on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.)

Applied Research in Field Crops Vol 30, No. 2, 2017 1-3: 1-12(in Persian)

Introduction: Biofertilizers, which are considered to be one of the principal components of sustainable agriculture in farming ecosystems, can significantly aid in the elimination or reduction of chemical inputs from farmlands (Sharma, 2002). Compost and vermicomposts with low-cost production technology are promising sources for converting the wastes of industrial agriculture into valuable biological fertilizers. Vermicompost can be used as a soil additive on farmland to decrease chemical fertilizers consumption due to being able to provide plants with nutrients, increase soil cation exchange capacity, and improve soil water holding capacity (Tejada and Gonzaler, 2009). Vermicompost increases the availability of soil nutrients elements such as nitrogen, phosphorous and potassium for plants through enhancing activity of beneficial micro-organisms in soil. This consequently results in increased crop yield and enhanced sustainability of rice cultural system. Since there is limited information available on the effect of vermicomposts on rice yield, this research was performed to investigate the effects of rate and split application time of vermicompost on yield and some agronomic traits of Taron Hashemi rice cultivar.

Materials and Methods: The experiment was carried out as split plot in a

randomized complete block design with three replications in Amol in 2014-2015. The treatments included rates of vermicompost application in four levels (0, 5, 10 and 15 ton.ha⁻¹) as main plot and vermicompost split application time in five levels (T1: 100% basal fertilizer, T2: 50% basal + 50% tillering stage, T3: 50% basal + 50% heading stage, T4: 50% tillering stage + 50% heading stage and T5: 33.33% basal + 33.33% tillering stage + 33.33% heading stage) as sub plot. Pure nitrogen from urea source at the rate of 36 kg.ha⁻¹ was uniformly split-applied throughout the experimental plots: 50% before prior to transplanting, 25% at the tillering and 25% at the heading. At the end of the season, some agronomic traits and grain yield were determined. Data analysis was done by using MSTAT-C software and means were compared using the LSD test at the probability level of 5%.

Results and Discussion: The results showed that the effect of different rates of vermicompost was significant on all the agronomic traits and grain yield. The effect of split application of vermicompost was significant on the measured traits except for the panicle length, 1000-grain weight and harvest index. Also, the interaction effect of the treatments was not found to be significant on the agronomic traits and grain yield. The greatest average grain yields (3790 and 3868 kg.ha⁻¹) were obtained from vermicompost application rates of 10 and 15 ton.ha⁻¹, respectively. Under the influence of vermicompost split application, the highest rice grain yield (3863 kg. ha⁻¹) was achieved when vermicompost was split as 33.33% basal + 33.33% tillering + 33.33% heading and the lowest grain yield, decrease of 16% relative to T5 treatment, was associated with no split application of vermicompost (T1). It seems that if vermicomposting is applied in three splits, it can boost plant growth and consequently increase grain yield. This has been attributed to the role of vermicompost in improving soil structure and enhancing soil physical and biological properties, which, in turn, result in increased nutrient availability in the soil during different vegetative and reproductive stages of plant growth (Afsharmanesh et al., 2016). No application of vermicompost resulted in the lowest biological yield (5743 kg. ha⁻¹). Increasing vermicompost rate to 10 and 15 ton.ha⁻¹ raised rice biological yield by 26 and 27%, respectively. When vermicompost was split-applied, T5 treatment produced the highest biological yield (7630 kg. ha⁻¹), which did not show any statistical difference with T4 treatment. T1 treatment gave the least biological yield, which was almost 14.3% lower than that of T5 treatment.

Conclusion: According to the results of our study, the application of 15 and 10 ton.ha⁻¹ of vermicompost and application of vermicompost in three splits over the plant growth stages led to the increase of yield and yield components in rice. This indicates that using vermicompost as a complementary fertilizer along with chemical fertilizers, although might increase production cost for growers, it can

to some extent reduce nitrogen fertilizers consumption, which will be an effective step in attaining sustainability in agriculture and preserving environment.

Keywords: Application rate, Grain yield, Rice, Split, Vermicompost

References

- Afsharmanesh, R., Rahimi, A., Torabi, B. and Akhgar, A. 2016. Effects of vermicompost and compost tea application on the growth criteria of corn (*Zea mays*). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(1): 185-199. (In Persian).
- Sharma, A.k. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios (India). 407p.
- Tejada, M., and Gonzaler, J.L. 2009. Application of two vermicompost on a rice crop: effects on soil biological properties and rice quality and yield. *Agronomy Journal*. 101(2): 336-344.