اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت سطوح مختلف ورمی‌کمپوست

محمدنبی ایلکائی*[۱]، شهرام مهری[۲]، زهرا اسپیدکار[۳] و محمدحسین انصاری[۴]

۱) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد، ایران.
۳) گروه زراعت، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران.
۴) استادیار گروه زراعت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

*نویسنده مسئول: **mn64_ilkaee@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹**

چکیده

حاصلخیزی خاک نقش مهمی در جذب عناصر غذایی توسط گیاه بازی می‌کند که مهم‌ترین عامل حاصلخیزی خاک، افزایش ماده آلی خاک می‌باشد. به همین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی اطراف شهرستان صومعه‌سرا انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سطوح مصرف ورمی‌کمپوست (بدون کود، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه (عدم تلقیح، ازتوباکتر و آزوسپریلوم) برای تلقیح بذر بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر مقدار کلروفیل برگ، تعداد پنجه، طول بوته، تعداد دانه پر در خوشه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد شلتوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد شلتوک از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + آزوسپریلوم با میانگین ۷۰۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد، به میزان ۳۱/۲۸ درصد و تیمار ۱۰ تن در هکتار مصرف ورمی‌کمپوست + عدم تلقیح، به میزان ۲۷/۴۷ درصد افزایش نشان داد. همچنین حداکثر غلظت فسفر و پتاسیم دانه از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + آزوسپریلیوم به‌دست آمد، درحالی‌که بیش‌ترین غلظت نیتروژن دانه از تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر، مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده برای حصول حداکثر عملکرد برنج، کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه تلقیح بذر با آزوسپریلوم پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آزوسپریلوم، ازتوباکتر، فسفر، کمپوست و نیتروژن.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

مقدمه

کمپوست مخلوطی از مواد آلی پوسیده شده به‌وسیله ریزجانداران است که در یک محیط گرم، مرطوب و تحت شرایط هوازی، مواد و عناصر غذایی موجود در خود را به‌صورت قابل استفاده در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Das *et al*., 2010)، هم‌چنین کمپوست می‌تواند به‌عنوان یک منبع ذخیره کننده عناصر غذایی و نگهداری آب در خاک عمل نموده و بنابراین راندمان استفاده از آب را افزایش دهد. تهویه خاک را بهبود بخشیده و کمبود هوموس یا مواد آلی خاک را نیز تأمین کند. بعضی از ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آنزیم‌هایی را که توسط کود شیمیایی به خاک نمی‌تواند اضافه شود، را نیز فراهم می‌کند (Sanati *et al*., 2011). ورمی‌کمپوست به عنوان یک بافر در تنظیم اسیدیته خاک عمل می‌کند و حتی می‌تواند بعضی از موجودات بیماری‌زا، علف‌های هرز و دیگر بذور مضر و غیر مفید موجود در خود را در حین مرحله ورمی‌کمپوستینگ از بین ببرد (Sreenivasa, 2012). یکی از بهترین انواع کمپوست‌ها، ورمی‌کمپوست است که ویژگی‌های زیستی آن در مقایسه با انواع کمپوست‌های دیگر بسیار مورد توجه می‌باشد (Vivas *et al*., 2009). این تفاوت سبب بروز اثر متفاوت بیش‌تری بر رشد و مرفولوژی گیاه می‌شود (Islam *et al*., 2017). ورمی‌کمپوست از شکسته شدن بقایای گیاهی توسط کرم خاکی و ریزجانداران در دمای ۱۸تا ۲۵ درجه سلسیوس تولید می‌شود که دارای فعالیت میکروبی و آنزیمی، ظرفیت بالای نگهداری آب، ساختمان خوب و محتوای عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم به شکل‌های قابل جذب برای گیاه می‌باشد (Zhao *et al*., 2013). به علاوه، کرم‌های خاکی ویتامین‌هایی از قبیل A، C و E در ورمی‌کمپوست و ویتامین-های گروه B و ماده اولیه ویتامین‌های D، B_{12} و اسیدهای آمینه ضروری را در خاک تولید و رهاسازی می‌کنند (Hoornweg and Bhada–Tata, 2012). محققان نشان‌دادند که عملکردهای بالاتر گیاهان زراعی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست ناشی از این حقیقت است که ورمی‌کمپوست، مواد غذایی نظیر نیتروژن را به‌طور مستقیم برای گیاه فراهم می‌سازد و سبب بهبود ذخیره رطوبت در حد مورد نیاز گیاه در خاک می‌شود (Mengi *et al*., 2016). در این راستا نتایج تحقیقات بلند مدت محققان نشان داده است که کاربرد کمپوست در مزارع کشاورزان، ویژگی‌ها فیزیکی خاک را از طریق کاهش چگالی ظاهری خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، بهبود می‌بخشد و در مقایسه با کودهای شیمیایی، کربن آلی خاک و جذب عناصر غذایی گیاه زراعی را افزایش می‌دهد (Sebastian *et al*., 2017). محققان نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست، اثر معنی‌دار در رشد و عملکرد برنج ایجاد نمود و تأمین ۲۵ درصد نیاز غذایی برنج، از طریق کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با ۱۰۰ درصد کاربرد کود شیمیایی، توانست رشد و عملکرد دانه آن را افزایش دهد (Lakshmi Kakraliya *et al*., 2012). و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر تغذیه‌ای و زیستی ورمی‌کمپوست بر روی برنج نشان دادند که ورمی‌کمپوست فراهمی پتاسیم، نیتروژن و فسفر را افزایش داد و منجر به افزایش تعداد پنجه و وزن ساقه برنج شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

بعضی از کمپوست‌ها با نسبت بالای کربن به نیتروژن، ممکن است معدنی شدن نیتروژن در خاک را تحریک نموده و گیاه را در طول دوره رشد با کمبود نیتروژن مواجه کنند (Norton and Schimel, 2011; Zhu *et al*., 2013). برای این که گیاه در این شرایط با کمبود نیتروژن مواجه نشود، استفاده از باکتری‌هایی که قابلیت تثبیت بیولوژیک نیتروژن را دارند مانند آزوسپریلوم و ازتوباکتر، راهکار مؤثری است (Sanati *et al*., 2011). این گروه از باکتری‌ها علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن به روش همزیستی و همیاری، قابلیت افزایش جذب عناصری چون فسفر، پتاسیم و آهن، بهبود وضعیت آب گیاه و تولید فیتوهورمون‌ها را نیز دارند (Fallah *et al*., 2014). به این ریزجانداران به دلیل اثر مثبتی که در تحریک رشد گیاه دارند رایزوباکتری‌های محرک رشد گیاه[1] (PGPR) اطلاق می‌شود (Wu *et al*., 2005). برای حفظ مقدار حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ شود. متأسفانه سطح مواد آلی خاک‌های زراعی ایران عمدتاً کم‌تر از یک درصد است که این ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژنی و عدم استفاده از کودهای آلی در سالیان اخیر است (محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱). کودهای دامی، کمپوست‌ها و کود حاصل از زباله‌های شهری بهترین جایگزین برای کودهای شیمیایی بوده و می‌توانند اثر معنی‌داری در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشند و فعالیت‌های آن را افزایش دهند. در ایران سالانه ۲۰ میلیون تن کود دامی توسط دام‌ها تولید می‌شود که مقدار تولید ورمی‌کمپوست در مقایسه با کود گاوی بسیار ناچیز است. در سال‌های اخیر در تولید ورمی‌کمپوست گام‌هایی برداشته شده است ولی مصرف آن در مزارع، به‌ویژه مزارع برنج رشد زیادی نداشته است (رضایی، ۱۳۹۲). آزمایش حاضر با هدف ارزیابی اثر ورمی‌کمپوست به همراه تلقیح بذر گیاه با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، بر عملکرد دانه و کیفیت دانه برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی، آزمایشی مزرعه‌ای در یکی از اراضی پیرامون شهرستان صومعه‌سرا با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۱ متری از سطح دریا با میانگین بارش سالانه ۱۳۷۰ میلی‌متر و حرارت متوسط سالانه ۱۵/۶۶ درجه سلسیوس، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از کاشت، یک نمونه مرکب از خاک تهیه شد و نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

[1]Plant Growth Promoting Rhizobacteria

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

عمق (cm)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	آهن ($mg\ kg^{-1}$)	روی ($mg\ kg^{-1}$)	منگنز ($mg\ kg^{-1}$)
۰-۳۰	۱/۴۱	۷/۰۷	۱/۲۳	۰/۲۱	۱۴/۵	۱۵۳	۴/۹	۱/۰۴	۳/۸۸

فاکتورهای آزمایش شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (بدون کود ، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و باکتری‌های محرک رشد در سه سطح (عدم تلقیح، باکتری ازتوباکتر [۲] و باکتری آزوسپریلوم [۳]) بود. جهت ارزیابی کمپوست مورد استفاده در این آزمایش، ابتدا از کود دامی که برای تهیه ورمی‌کمپوست در نظر گرفته شده بود، سه نمونه تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مورد ارزیابی قرار گرفت و بعد از انجام فرایند ورمی‌کمپوستینگ (تولید ورمی‌کمپوست) نیز از محصول به‌دست آمده نمونه تهیه و ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی آن ارزیابی شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. باکتری‌های از بانک میکروبی مؤسسه تحقیقات آب و خاک تهیه شد. جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح ۹×۱۰^{۷} برآورد شد (بر اساس روش شمارش کلنی و با استفاده از محیط‌های کشت مناسب). آماده‌سازی خزانه به روش ایستگاهی (جوی و پشته-ای) صورت پذیرفت و در طول مرحله رشد در خزانه مراقبت‌های لازم انجام گرفت و تا مرحله سه تا چهار برگی بوته‌ها در خزانه نگهداری شدند.

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود گاوی و ورمی‌کمپوست آن

مولفه‌های مورد اندازه‌گیری	کود گاوی	ورمی‌کمپوست
pH	۸/۱۰±۰/۱۳	۷/۴۳±۰/۰۶
EC* ($dS\ m^{-1}$)	۱/۱۲±۰/۰۱	۱/۲۶±۰/۰۳
Ash content** ($g\ kg^{-1}$)	۱۹۷±۱۰/۳	۴۴۱±۲۱/۷
Total OC*** ($g\ kg^{-1}$)	۴۱۲±۱۶/۹	۳۱۶±۶/۵
N ($g\ kg^{-1}$)	۲۳/۷±۰/۵۱	۲۸/۳±۱/۵۴
P ($g\ kg^{-1}$)	۶/۴±۰/۹۱	۱۳/۴۸±۰/۸۴
K ($g\ kg^{-1}$)	۹/۴±۱/۰۲	۱۳/۷±۱/۱۱
C:N	۱۷/۳۸±۲/۳	۱۱/۳±۰/۴۷
Cu ($mg\ kg^{-1}$)	۱۳۵/۲±۷/۹۲	۱۶۴±۱۳/۸
Fe ($mg\ kg^{-1}$)	۲۱۵/۴±۸/۸	۴۹۶±۵/۷
Mn ($mg\ kg^{-1}$)	۱۰۹/۷±۱۱/۴	۲۴۸/۷±۴/۶
Zn ($mg\ kg^{-1}$)	۱۸۴±۹/۸۳	۳۶۹±۱۲/۰۶

*هدایت الکتریکی، ** مقدار خاکستر و *** کربن آلی کل.

ورمی‌کمپوست در تیمارهای مربوطه بعد از تهیه کرت‌ها، قبل از کاشت نشاء بعد از توزیع به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط شد. قبل از تلقیح، سوسپانسیونی حاوی ۲۰ گرم مایه تلقیح و یک لیتر آب (بر اساس توصیه محققان بخش

[2] *Azotobacter chroococcum*
[3] *Azospirillum brasilense*

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب کرج) آماده شد. جهت تلقیح باکتریایی ریشه، نشاها به مدت ۳۰ دقیقه در محلول سوسپانسیونی تهیه شده با حجم مساوی از مایه تلقیح قرار داده شدند. ابعاد هر کرت ۳×۵ متر در نظر گرفته شد و در اول خرداد ماه گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج در مرحله پنج برگی پس از تلقیح به زمین اصلی منتقل و به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به تعداد سه گیاهچه در هر کپه، نشاءکاری شدند. شایان ذکر است هیچ گونه کود شیمیایی استفاده نشد. هم‌چنین عملیات نشاکاری به‌صورت سنتی و با دست صورت گرفت و مراقبت‌های لازم، شامل مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی طی سه مرحله و هم‌چنین جهت مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار برنج صرفاً مبارزه بیولوژیک (استفاده از زنبور تریکوگراما) انجام شد. در مرحله ظهور خوشه، جهت بررسی تغییرات مقدار محتوای کلروفیل در تیمارهای مختلف، از هر کرت تعداد سه گیاه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد، تا مقدار محتوای کلروفیل برگ نمونه‌ها اندازه‌گیری شود. استخراج کلروفیل برگ با استفاده از استون و اندازه‌گیری آن با استفاده از روش تغییر یافته Arnon (۱۹۴۹) انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات گیاهی برنج از دستورالعمل اندازه‌گیری صفات (SES[۴]) استفاده شد (Sharma and singh, 1999). در زمان رسیدگی در هر کرت، تعداد ۲۵ کپه انتخاب و تعداد پنجه‌های کل، تعداد پنجه‌های بارور و غیر بارور شمارش و میانگین تعداد پنجه در واحد سطح، برای هر کرت محاسبه شد. درصد باروری خوشه از نسبت گلچه‌های حاوی دانه به کل گلچه‌ها (پر+ پوک) در هر خوشه محاسبه شد. هم‌چنین وزن هزار دانه، در خوشه‌های نمونه برداری شده تعیین شدند. برای تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت شش متر مربع در هر کرت کف بر و پس از خرمن‌کوبی، عملکرد دانه در واحد سطح بر اساس رطوبت ۱۴ درصد دانه محاسبه شد. برای تعیین مقدار نیتروژن دانه از روش کجلدال، برای اندازه‌گیری مقدار فسفر دانه از روش وانادات- مولیبدات و پتاسیم دانه از روش فلیم فتومتری استفاده شد (امامی، ۱۳۷۵). تجزیه آماری داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار $SAS_{9.1}$ و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش ورمی‌کمپوست × باکتری بر کلروفیل a و کلروفیل کل (a+b) در سطح احتمال پنج درصد و کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کلروفیل a در سطح عدم تلقیح و تلقیح با باکتری آزوسپریلوم با افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش یافت، اما در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر، ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار کلروفیل a را نسبت به عدم کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش داد.

[4]Standard Evaluation System

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

واکنش کلروفیل b نیز در گیاهان تلقیح شده با باکتری به سطوح مختلف ورمی‌کمپوست، متفاوت بود، به‌طوری که در گیاهان تلقیح نشده و تلقیح شده با باکتری آزوسپریلوم و آزوسپریلوم، بیش‌ترین مقدار کلروفیل b در سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. واکنش کلروفیل کل (a+b) به تیمارها نیز مشابه واکنش کلرفیل a بود (جدول ۴). Ievinsh (۲۰۱۱) گزارش کرد، افزودن ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست به بستر کشت باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ لوبیا شد. راه‌های بسیار متفاوتی وجود دارد که باکتری‌های PGPR می‌توانند اصلاح رشد، سلامتی، تغذیه و عملکرد گیاه را تحت اثر قرار دهند. افزایش رشد به‌دلیل اثر متفاوت باکتری روی خود گیاه یا ریزوسفر است که مهم‌ترین آن اثر بر افزایش برگ و کلروفیل است (Mirzakhani *et al*., 2009). نتیجه مشابهی به وسیله Biswas و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است که در آن تلقیح سویه‌های باکتری آزوسپریلوم، هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل کل گیاه کاهو را افزایش داد. Mahfouz و Sharaf-Eldin (۲۰۰۷) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن، غلظت کلروفیل کل افزایش یافته، چرا که نیتروژن در ساختمان کلروفیل شرکت می‌کند و غلظت کلروفیل بستگی به مقدار نیتروژن دریافتی دارد. هر چند در این آزمایش افزایش کارایی باکتری‌ها توسط کمپوست قارچی به وجود آمد. کمپوست قارچی نیز به دلیل دارا بودن مواد آلی زیاد و نیز از طریق مقادیر متنابهی از عناصر غذایی که در اختیار گیاه قرار می‌دهد، کلروفیل برگ را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد (Alagawadi and Gaur, 2012).

طول بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر طول بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر طول بوته نشان داد که چه در تیمار عدم تلقیح و چه در تیمارهای باکتریایی با مصرف ورمی‌کمپوست تا پنج تن در هکتار، ارتفاع بوته افزایش یافت، اما در سطح ۱۰ تن ورمی‌کمپوست ارتفاع بوته در سطح عدم تلقیح و ازتوباکتر کاهش یافت و در تیمار آزوسپریلومی نیز تغییر معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۴). علت بلندتر بودن طول بوته در سطح ۵ تن نسبت به ۱۰ تن ورمی‌کمپوست می‌تواند ناشی از اثر سطوح ورمی‌کمپوست بر افزایش تعداد پنجه و در نتیجه ارتفاع نهایی کوتاه‌تر باشد. افزایش طول بوته می‌تواند نقش مهمی در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در زمان پر شدن دانه، زمانی که فتوسنتز جاری تکافوی مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها را نمی‌کند، بازی می‌کند (Sharma *et al*., 2014)، هر چند نباید اثر افزایش بیش از حد ارتفاع بوته بر خطر ورس برنج را از نظر دور داشت. فلاح و همکاران (Fallah *et al*., 2014) نیز گزارش کردند که کاربرد آزوسپریلوم بر روی گندم موجب افزایش طول سنبله و مطابق آن افزایش تعداد دانه می‌شود که نتایج این تحقیق با نتایج مذکور هم‌خوانی دارد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست بر مقدار کلروفیل برگ، طول بوته و تعداد پنجه برنج تحت تلقیح باکتری‌های محرک رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	طول بوته	تعداد پنجه در متر مربع
تکرار	۲	۱/۱۲**	۸/۸۴**	۵۸/۱**	۵/۲۸^{ns}	۵۴/۰۳^{ns}
ورمی‌کمپوست (C)	۲	۸/۰۲**	۰/۱۷۹**	۱۰/۰**	۵۲/۵**	۱۷۳**
باکتری (B)	۲	۲۷/۷**	۴/۳۹**	۱۳/۲**	۵۷/۱**	۶۱۵**
C × B	۴	۱/۶۹*	۰/۱۷۲**	۲/۱۹*	۳۶/۲**	۴۱۴**
خطا	۱۶	۰/۴۷۵	۰/۰۴۱	۰/۴۸	۸/۴۸	۲۲/۸
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۸	۱۴/۷	۱۵/۵	۱/۹۵	۳/۲۹

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر برهمکنش ورمی‌کمپوست و باکتری محرک رشد گیاه بر مقدار کلروفیل برگ، طول بوته و تعداد پنجه برنج

ورمی‌کمپوست (تن در هکتار)	باکتری	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	طول ساقه (سانتیمتر)	تعداد پنجه در متر مربع
بدون کود	عدم تلقیح	۴/۴۸bc	۱/۱۲۳fg	۵/۶۱۰cd	۱۴۷bcd	۱۳۰d
	ازتوباکتر	۳/۷۶c	۰/۸۳۳g	۴/۵۹۳d	۱۵۰ab	۱۴۰bc
	آزوسپریلوم	۶/۴۶a	۲/۲۴۰c	۸/۷۰۶a	۱۴۸abc	۱۳۶bcd
۵	عدم تلقیح	۵/۴۷ab	۱/۶۴۰de	۷/۱۲۰bc	۱۴۷abc	۱۳۴cd
	ازتوباکتر	۴/۶۰bc	۱/۰۵۶fg	۵/۶۵۶cd	۱۵۲a	۱۶۳a
	آزوسپریلوم	۶/۲۱a	۲/۶۶۰b	۸/۸۷۰a	۱۵۵a	۱۴۴b
۱۰	عدم تلقیح	۶/۴۲a	۲/۰۱۶cd	۸/۴۳۶ab	۱۴۴cd	۱۴۴b
	ازتوباکتر	۵/۳۴ab	۱/۳۶۳ef	۶/۷۰۳c	۱۴۲d	۱۵۷a
	آزوسپریلوم	۶/۵۸a	۳/۰۸۰a	۹/۶۶۱a	۱۵۳a	۱۵۶a

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند، فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون دانکن می‌باشند.

تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه، بر تعداد پنجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در همه سطوح ورمی‌کمپوست، تیمارهای تلقیح نسبت به تیمار عدم تلقیح، برتری معنی‌دار داشتند و در سطح صفر و پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست آزوسپریلوم برتری معنی‌دار نسبت به ازتوباکتر داشت، ولی در سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، بین دو باکتری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در مجموع بیش‌ترین تعداد پنجه از سطح پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و توسط آزوسپریلوم تولید شد، هرچند اختلاف معنی‌دار با تیمارهای تلقیح در سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نداشت (جدول ۴). در این راستا Ahmad و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند مصرف کمپوست باعث افزایش رشد گندم و برنج می‌شود که قابلیت بهتر به‌کارگیری نیتروژن توسط گیاه و پاسخ فیزیولوژیکی مناسب به حضور کود آلی را نشان می‌دهد. Ramesh و همکاران

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.38.6.8]

(۲۰۰۹) گزارش کردند که تعداد پنجه، با کاربرد همزمان کودهای آلی و باکتریایی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، که نتایج به‌دست آمده نیز آن را نشان می‌دهد. Siyavoshi و همکاران (۲۰۱۱) نیز بر این باور هستند که افزایش تعداد پنجه و پنجه بارور در گیاه هنگام کاربرد کودهای آلی و کمپوست، به‌دلیل افزایش مواد غذایی قابل دسترس گیاه می‌باشد. هر چند در سطوحی از ورمی‌کمپوست که با تلقیح همراه بود، نسبت به سطوحی که فاقد تلقیح بودند، تعداد پنجه افزایش یافت، ولی آزوسپریلوم نسبت به ازتوباکتر، تعداد پنجه بیش‌تری تولید کرد، که این برتری در تولید پنجه را می‌توان به افزایش فراهمی عناصری مانند فسفر، نیتروژن و آهن تعمیم داد (Lavakush *et al*., 2014).

تعداد دانه پر در خوشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر تعداد دانه پر در خوشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در سطح عدم مصرف ورمی‌کمپوست، بیش‌ترین تعداد دانه پر در خوشه مربوط به آزوسپریلوم بود، ولی در سطح پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست، آزوسپریلوم با تیمار عدم تلقیح اختلاف معنی‌دار نداشت، در حالی که در استفاده از ازتوباکتر، برتری معنی‌دار نسبت به تیمار عدم تلقیح مشاهده شد. در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست نیز بین تیمارهای باکتریایی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، هر چند این اختلاف با تیمار عدم تلقیح معنی‌دار بود (جدول ۶). آنچه که مورد توجه است، واکنش‌هایی است که باکتری‌ها به تغییر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست نشان می‌دهند، به‌طوری که آزوسپریلوم با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست تعداد دانه در خوشه را افزایش داد، در حالی که ازتوباکتر در شرایط عدم مصرف کمپوست برتری معنی‌داری نسبت به تیمار آزوسپریلوم و عدم تلقیح داشت؛ اما در سطح پنج تن در هکتار کمپوست با تیمار عدم تلقیح، اختلاف معنی‌دار نشان نداد. با این وجود در سطح ۱۰ تن ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار عدم تلقیح، برتری معنی‌دار نشان‌داد.

چنین می‌توان استنباط کرد که در شرایط عدم کاربرد ورمی‌کمپوست، ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم کارایی بیش‌تری دارد، هر چند می‌توان این رفتار گیاه را به تغییراتی که باکتری‌ها در تعداد پنجه ایجاد کرده اند نسبت داد (علی‌عباسی و همکاران، ۱۳۸۵). رحیمی و همکاران (۱۳۹۰) نیز بیش‌ترین تعداد دانه در خوشه گندم مربوط به تیمار آزوسپریلوم لیپوفروم گزارش کردند که نسبت به تیمار شاهد ۲۴ درصد افزایش داشته است که نتایج به‌دست آمده با نتایج ذکر شده همخوانی دارد. Alidoust و همکاران (۲۰۱۲) با آزمایشی بر روی گیاه دراسینا[5] گزارش کردند که کمپوست‌ها از نیتروژن مانند پتاسیم، آهن، فسفر و کلسیم غنی نبوده، اما کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند آزوسپریلوم و ازتوباکتر می‌تواند این کمبود را جبران کنند.

[5] *Dracaena marginata* L.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). کودهای آلی با ایجاد تغییرات مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین به موقع عناصر مورد نیاز گیاه در طی فصل رشد، می‌توانند شرایط بهینه‌ای را برای افزایش وزن گیاه فراهم آورند (Zhu *et al*., 2013). کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه که قابلیت تثبیت نیتروژن نیز دارند همراه با کودهای آلی می‌تواند عناصر مورد نیاز گیاه را تأمین نموده و منجر به افزایش رشد گیاه شود (Meena *et al*., 2010).

جدول ۵: تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست بر برخی از صفات برنج تحت تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد شلتوک	غلظت نیتروژن دانه	غلظت فسفر دانه	غلظت پتاسیم دانه
تکرار	۲	۳/۵۹^{ns}	۱۵۰^{ns}	۰/۴۷^{ns}	۲۲۵۱۹۰^{ns}	۱۴۷۷۷۲^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
ورمی‌کمپوست (C)	۲	۲۸۹**	۲۵/۹^{ns}	۱/۳۸^{ns}	۱۲۹۰۳۹۳۰**	۸۵۹۱۹۰^{ns}	۰/۲۲۲**	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۶۱۴**
باکتری (B)	۲	۲۳۴**	۲۸/۷^{ns}	۲/۳^{ns}	۸۷۴۵۰۱۳*	۹۸۵۴۵۱^{ns}	۰/۱۵۰^{ns}	۰/۰۱۹**	۰/۰۲۸*
C × B	۴	۴۸/۳*	۵۰/۹۲^{ns}	۰/۸۵^{ns}	۱۰۵۱۷۵۲۰*	۲۳۲۶۸۳۶**	۰/۱۸۲*	۰/۲۲۳**	۰/۰۳۶*
خطا	۱۶	۵/۲۵	۷۸/۳	۰/۹۲	۲۷۳۷۵۴۴	۳۸۷۹۲۳	۰/۰۵۵	۰/۰۰۲۸	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات (%)		۱/۹۴	۳۴/۵	۳/۶۴	۱۰/۹	۹/۴۹	۱۴/۴	۱۲/۱۴	۲۰/۷

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر برهمکنش ورمی‌کمپوست و باکتری محرک رشد گیاه بر برخی از صفات برنج

ورمی‌کمپوست (تن درهکتار)	باکتری	تعداد دانه پر در خوشه	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	غلظت نیتروژن دانه (٪)	غلظت فسفر دانه (٪)	غلظت پتاسیم دانه (٪)
بدون کود	عدم تلقیح	۱۰۳/۳e	۴۹۳۷c	۱۱۱۱۸d	۱/۶۸۰ab	۰/۱۹۰e	۰/۲۸۰c
	ازتوباکتر	۱۲۱/۳bc	۶۰۷۲b	۱۳۹۱۹abc	۱/۳۴۰b	۰/۳۰۰bc	۰/۴۲۰bc
	آزوسپریلوم	۱۱۳/۰d	۶۰۰۹b	۱۳۵۲۰abcd	۱/۶۷۶ab	۰/۳۰۵bc	۰/۵۰۰bc
۵	عدم تلقیح	۱۱۱/۰۰d	۵۳۵۱bc	۱۱۶۵۰cd	۱/۷۱۶ab	۰/۲۳۲de	۰/۴۹۰bc
	ازتوباکتر	۱۱۰/۳۳d	۶۰۳۰b	۱۴۷۹۰a	۲/۰۲۳a	۰/۲۴۰de	۰/۴۰۰bc
	آزوسپریلوم	۱۲۳/۳ab	۵۷۷۹bc	۱۴۶۴۷ab	۱/۷۰۰ab	۰/۳۲۵ab	۰/۵۱۴bc
۱۰	عدم تلقیح	۱۱۸/۰c	۵۲۱۱bc	۱۲۱۹۳bcd	۱/۳۴۰b	۰/۲۶۲cd	۰/۵۷۰ab
	ازتوباکتر	۱۲۶/۴a	۶۱۵۰b	۱۳۷۵۲abc	۱/۳۴۳b	۰/۳۲۵ab	۰/۵۶۲ab
	آزوسپریلوم	۱۲۵/۶a	۷۰۹۶a	۱۵۳۴۰a	۱/۷۰۰ab	۰/۳۷۵a	۰/۷۸۰a

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون دانکن می‌باشند.

در این آزمایش نیز بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک از تیمار سطح ۱۰ تن ورمی‌کمپوست + آزوسپریلوم (با میانگین ۱۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار ازتوباکتری + پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست (با میانگین ۱۴۷۹۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. این که باکتری ازتوباکتر در سطح پنج تن در هکتار و آزوسپریلوم در سطح ۱۰ تن در هکتار، حداکثر عملکرد بیولوژیک را نشان دادند می‌تواند ناشی از کاهش کارایی در جذب عناصر و تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط ازتوباکتر با

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.38.6.8]

افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست تا ۱۰ تن در هکتار باشد، به‌طوری که با افزایش عناصر خاک توانایی برای جذب برخی عناصر و تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط باکتری کاهش می‌یابد (Sreenivasa, 2012)، که با نتایج Jenny و Malliga (۲۰۰۶) نیز هماهنگ می‌باشد. هر چند که باکتری آزوسپریلوم به نحو مطلوب‌تری از افزایش ورمی‌کمپوست استفاده نمود و عملکرد بیولوژیک را افزایش داد ولی این افزایش عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود.

عملکرد شلتوک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در سطح عدم مصرف و پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست، بین دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلوم اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، اما نسبت به تیمار عدم تلقیح برتری معنی‌دار داشتند. در سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نیز بیش‌ترین عملکرد مربوط به آزوسپریلوم بود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد افزایش میزان جذب فسفر توسط باکتری‌ها، از طریق تولید بسیاری از ترکیبات مهم سلول‌های گیاهی، از جمله اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدهای غشاء و نوکلئوتیدهایی می‌باشد که در متابولیسم انرژی گیاه شرکت دارند (Lavakush *et al*., 2014). منجر به افزایش تجمع ماده خشک در گیاه و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شوند (Khan *et al*., 2007)، بنابراین بیش‌ترین فسفر دانه نیز که از تیمار آزوسپریلوم به‌دست آمد (جدول ۵)، می‌تواند مبین این گزارش باشد. در این آزمایش بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست و آزوسپریلوم با میانگین ۷۰۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد؛ که نسبت به شاهد (عدم تلقیح + عدم کاربرد ورمی‌کمپوست) ۳۱/۲۸ درصد و تیمار عدم تلقیح + ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۲۷/۴۷ درصد افزایش داد. با افزایش تعداد پنجه و تعداد دانه در خوشه، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد، زیرا عملکرد دانه تابع این اجزا می‌باشد؛ در حالی که افزایش عملکرد بیولوژیک زمانی منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد که مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی به نحو مطلوبی به سمت دانه‌ها حرکت کنند. علت بالا بودن عملکرد شلتوک در ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم در سطح پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست را علاوه بر عدم توانایی انتقال مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دانه، نیز می‌توان ناشی از تعداد پنجه بیش‌تر تولید شده در واحد سطح توسط ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم دانست (Sharma *et al*., 2014). اثر باکتری بر گیاه، به عوامل زیادی از جمله ماده آلی خاک، میزان عناصر موجود در خاک، بافت خاک، رطوبت خاک، نوع سویه و نوع رقم گیاه بستگی دارد (Vessey, 2003). Sharma و همکاران (۲۰۱۵) ضمن به‌دست آوردن نتایج مشابه گزارش کردند که کاربرد کمپوست آلی به همراه تلقیح، با افزایش مقادیر قابل جذب عناصر غذایی اصلی و کم نیاز در خاک و ارتقاء سطح باروری خاک موجب افزایش عملکرد کاه و دانه برنج شد. افزایش عملکرد دانه توسط ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه در آزمایش Das و همکاران (۲۰۱۰)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

و Sanati و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است. آن‌ها علت افزایش عملکرد را ناشی از اثر ورمی‌کمپوست بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تقویت نقش باکتری‌ها در تولید سیدروفورها، هورمون‌های رشد و جذب عناصر گزارش کردند.

غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و باکتری بر غلظت غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). در این آزمایش زمانی که ۱۰ تن ورمی کمپوست و باکتری آزوسپریلوم به تنهایی مورد استفاده قرار گرفتند، غلظت عناصر فسفر و پتاسیم دانه برنج را افزایش دادند، اما حداکثر غلظت این عناصر زمانی به‌دست آمد که باکتری آزوسپریلوم به همراه ۱۰ تن ورمی کمپوست هم زمان استفاده شد. یعنی در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح + عدم کاربرد ورمی‌کمپوست) غلظت پتاسیم دانه از ۰/۲۸ درصد به ۰/۷۸ درصد و غلظت فسفر دانه از ۰/۱۹۰ درصد به ۰/۳۷۵ درصد افزایش یافت. این در حالی است که بیش‌ترین غلظت نیتروژن دانه در سطح پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست تحت تلقیح با باکتری ازتوباکتر مشاهده شد و افزایش مصرف ورمی‌کمپوست به سطح ۱۰ تن در هکتار، نه تنها غلظت نیتروژن دانه را افزایش نداد بلکه منجر به کاهش آن نیز شد (جدول ۶). Hao و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که مقدار نشاسته دانه با مقدار پروتئین دانه برنج رابطه معکوس دارد و افزایش جذب نیتروژن در برنج منجر به کاهش ذخیره نشاسته می‌شود. در این آزمایش نیز تیمارهای کود آلی، مقدار پروتئین دانه بیش‌تری نشان دادند. اثر ورمی کمپوست بر افزایش پروتئین دانه برنج، توسط Bejbaruah و همکاران (۲۰۱۳) و Tejada و Gonzalez (۲۰۰۹) گزارش شده است. پس زمانی که گیاه با محدودیت جذب نیتروژن مواجه نباشد، نیتروژن زیادی جذب نموده و آن را به دانه‌ها انتقال می‌دهد و باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود (Arif *et al*., 2014). افزودن مواد آلی به خاک به ویژه ورمی‌کمپوست، از طریق تحریک فعالیت ریزجانداران مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به ویژه نیتروژن به گیاه، باعث افزایش دسترسی ریشه به عناصر غذایی، بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک شده و با ایجاد بستری مناسب برای رشد ریشه، موجب افزایش مقدار کلروفیل و رشد بخش‌های رویشی گیاه می شود (Cavender *et al*., 2003). اکثر تحقیقات نشان داده که کمپوست از لحاظ عناصر غذایی به خصوص فسفر، غنی است و از این رو باعث افزایش فراهمی فسفر در خاک و جذب توسط گیاه می‌شود (Sanati *et al*., 2011). این امر می‌تواند به‌علت افزایش اثر کمپوست-ها با گذشت زمان در جهت بهبود وضعیت شیمیایی خاک و عرضه بهتر عناصر غذایی باشد (Zhu *et al*., 2013). هم‌چنین کود کمپوست می‌تواند میزان فسفر قابل جذب و منیزیم را افزایش دهد (Jumadi *et al*., 2014). هم‌چنین بین تیمارهای تلقیح و تیمار عدم تلقیح، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین فسفر دانه از آزوسپریلوم به‌دست آمد و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.38.6.8]

ازتوباکتر در مرتبه بعدی قرار داشت. Yahalomو Okon (۲۰۰۴) گزارش کردند که تلقیح با آزوسپریلوم از طریق افزایش حجم سیستم ریشه، باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط ریشه گیاه جو و سورگوم شده است، علاوه براین، زمان لازم برای گلدهی و خوشه‌دهی گیاه *Setaria italica* را کاهش داد. تلقیح گیاه برنج با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد به‌طور معنی‌داری جذب فسفر را به میزان ۱۰ تا ۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است (Biswas, Bashan و Holguin (۱۹۹۷) نیز نشان‌دادند که باکتری‌های محرک رشد گیاه برای حلالیت مواد مغذی نامحلول از قبیل فسفر، آهن و منگنز و روی با یکسری مکانیسم‌ها، آن‌ها را به‌شکل محلول و به‌صورت قابل جذب گیاهی در می‌آورند، و از این طریق امکان جذب آن‌ها را برای گیاه فراهم می‌نمایند. Zaller و همکاران (۲۰۰۷) افزایش فعالیت‌های میکروبی، وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و افزایش جذب عناصر غذایی نظیر پتاسیم در تیمار حاوی ورمی‌کمپوست را به‌عنوان دلایل عمده افزایش غلظت پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد بیان کردند. گزارش محققان نشان می‌دهد که غلظت فسفر و پتاسیم در شاخساره گیاه در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست بیش‌تر از شاهد است (Rehana *et al*., 2003).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان ابراز داشت حضور باکتری‌ها باعث افزایش جذب عناصر در گیاه برنج شده، در نتیجه استفاده از باکتری‌های فزاینده رشد می‌تواند عملکرد شلتوک را افزایش دهد، به‌طوری که حداکثر عملکرد شلتوک از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + باکتری آزوسپربلوم با میانگین ۷۰۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۳۱/۲۸ درصد و تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (بدون کاربرد باکتری)، ۲۷/۴۷ درصد افزایش عملکرد نشان داد. نتایج نشان داد که باکتری آزوسپریلوم با بهبود ویژگی‌ها رشدی گیاه از جمله تعداد پنجه، تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه در خوشه باعث افزایش عملکرد محصول شد. مصرف مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست نشان دهنده اثر مثبت آن‌ها بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بود. هم‌چنین کاربرد همزمان باکتری و ورمی‌کمپوست، منجر به افزایش کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برنج شد. از آن‌جا که اغلب خاک‌های زیر کشت برنج ایران با کمبود ماده آلی مواجه هستند، بنابراین کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند ماده آلی خاک را افزایش داده و منجر به افزایش کیفیت و عملکرد دانه شود. اگرچه هزینه خرید ورمی کمپوست برای کشاورزان بالا است ولی افزایش عملکرد دانه می‌تواند این هزینه را جبران کرده و ماده آلی خاک را تا چند سال در سطح بالایی حفظ کند.

منابع

امامی، ع. ۱۳۷۵. شرح روش‌های تجریه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۷۹. تهران، ۲۰۹ صفحه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

رحیمی، ل.، علی اصغرزاد، ن. و اوستان، ش. ۱۳۹۰. اثر سویه‌های بومی ازتوباکتر کروکوکوم بر رشد، جذب نیتروژن و فسفر گیاه گندم در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵(۵۸): ۱۵۹-۱۷۱.

رضایی، ح. ۱۳۹۲. مروری بر تحقیقات کاربرد کودهای دامی در اراضی کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی،۱ (۱): ۵۶-۶۸.

علی‌عباسی، ح. ر.، اصفهانی، م.، ربیعی، م. و کاووسی، م. ۱۳۸۵. اثر مدیریت نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در یک خاک شالیزاری گیلان. مجله علوم و تکنولوژی کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۲۹۳-۳۰۸.

محمدیان م و ملکوتی م.ج، ۱۳۸۱ . ارزیابی اثر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت. مجله علوم خاک و آب، ۱۶(۲): ۱۵۱-۱۴۴.

Ahmad H. 2008. Productivity and economics of rice (*Oryza sativa* L.) - wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping system under integrated nutrient supply systems. Indian Journal of Agronomy, 47(1): 20-25.

Alagawadi, A. R. and Gaur, A. C. 2012. Inoculation of *Azospirillum brasilense* and phosphate solubilizing bacteria on yield of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in dry land. Tropical Agriculture, 69: 347-350.

Alidoust, M., Mohammadi Torkashvand, A. and Mahboub Khomami, A. 2012. The effect of growth medium of pea nut shells compost and nutrient solution on the growth of Dracaena. Annals of Biological Research, 3(2): 789-794.

Arif, M., Tasneem, M., Bashir, F., Yaseen, G. and Iqbal, R. M. 2014. Effect of integrated use of organic manures and inorganic fertilizers on yield and yield components of rice. Journal of Agricultural Research, 52(2): 197-206.

Arnon, D. I. 1949. "Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris." Plant Physiology, 24(11): 1-15.

Bashan, Y. and Holguin, G. 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology, 43: 103-121.

Bejbaruah, 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 (2): 123-128.

Biswas, L. C., Ladha, L. k. and Dazzo, F. B. 2000. Rhizobial inoculation improves, nutrient uptake and growth of low land rice. Soil Science Society of America Journal, 64: 1644-1650.

Biswas, J. C., Ladha, J. K., Dazzo, F. B., Yanni, Y. G. and Rolfe, B. G. 2013. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agronomy Journal, 92: 880-886.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

Das, A., Patel, D. P., Munda, G. C., and Ghosh, P. K., 2010. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on yield, nutrient uptake and soil fertility of maize (*Zea mays*) -mustard (*Brassica campestris*) cropping system. Indian Journal of Agricultural Sciences, 80(1): 85-8.

Fallah, A., Momeni, S. and Shariati, S. 2014. Effect of PGPR biofertilizers on the qualitative and quantitative yield parameters of wheat (*Triticum aestivum*). Applied Soil Research, 2(1): 103-114.

Hao, H. L., Wei, Y. Z., Yang, X. E., Feng, Y. and Wu, C. Y. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in Shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). Rice Science, 14: 289-294.

Hoornweg, D. and Bhada−Tata, P. 2012. What a waste – a global review of solid waste management. Tech. rep., World Bank.

Ievinsh, G. 2011. Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. Plant Growth Regulation, 65: 169-181.

Islam, M. A., Islam, S., Akter, A., Rahman, M. H., and Nandwani, D. 2017. Effect of organic and inorganic fertilizers on soil properties and the growth, yield and quality of tomato in Mymensingh, Bangladesh. Agriculture, 7 (3), 18. Doi: 10.3390/agriculture7030018.

Jenny, S. and Malliga, P. 2006. Influence of organic manure on morphological and yield attributes of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) plants. International Journal of Innovative Research in Science and Engineering. 2 (3): 1-6.

Jumadi, O., Hiola, S. F., Hala, Y., Norton, J. and Inubushi, K. 2014. Influence of Azolla (*Azolla microphylla* Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.) in a silt loam soil. Soil Science and Plant Nutrition, 60 (5): 722-730.

Kakraliya, S. K., Jat, R. D., Kumar, S., Choudhary, K. K., Prakash, J., and Singh, L. K. 2017. Integrated nutrient management for improving, fertilizer use efficiency, soil biodiversity and productivity of wheat in irrigated rice wheat cropping system in indo-gangatic plains of India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(3): 152-163.

Khan, A., Arshad, M. and Zahir, Z. A. 2007. Growth and yield response of wheat cultivars to inoculation with auxin producing plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Botany, 35: 483-49.

Lakshmi, C. S. R., Rao, P. C., Sreelatha, T., Madahvi, M., Padmaja, G., Rao, P.V. and Sireesha, A. 2012. Nitrogen use efficiency and production efficiency of rice under rice-pulse cropping system with integrated nutrient management. Journal of Rice Research, 5(1): 42-51.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

Lavakush, Y. J., Verma, J. P., Jaiswal, D. K. and Kumar, A. 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). Ecological Engineering, 62: 123-8.

Mahfouz, S. A. and Sharaf- Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 2: 361-366.

Meena, R. K., Singh, Y.V., Lata, A., Kumar, A. and Bana, R. S. 2010. Effect of plant-growth-promoting rhizobacteria inoculation on plant growth, productivity and economics of Basmati rice. Egyptian Journal of Biology, 16 (1): 45-50.

Mengi, L., Sarkar, N. C., Verma, H. and Longkumer, L. T. 2016. Influence of different organic sources of nutrient on the productivity of upland rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Bio−Resource & Stress Management, 7(3): 450-454.

Mirzakhani, M., Ardakani, M. R., Aeene band, A., Shirani rad, A. H. and Rejali, F. 2009. Dual inoculation of *Azotobacter* and Mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some of characteristics of spring safflower. Proceeding of international conference on energy and environment. March 19-21. pp: 729-733.

Norton, J. M. and Stark, J. M. 2011. Regulation and measurement of nitrification in terrestrial systems. Methods Enzymology, 486: 343-368.

Ramesh, P., Panwar, N. R., Singh, A. B., Ramana, S. and Rao, A. S. 2009. Impact of organic manure combinations on the productivity and soil quality in different cropping systems in Ramesh. Central Indian Journal of Plant Nutrition, 172 (4): 577-585.

Rehana, B., Mian, M. H., Tahirruddin, M. and Hasan, M. A. 2003. Effect of Azolla- Urea application on yield and NPK uptake by BRRI Dhan 29 in Boro season. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6 (11): 968-971.

Sanati, BE., Daneshiyan, J., Amiri, E. and Azarpour, E. 2011. Study of organic fertilizers displacement in rice sustainable agriculture. International Journal of Academic Research, 3(2): 134-142.

Sebastian, M., Gustavo, C., Naser, K., Nanthi, B., Mara, C., Gonzalez, M. E., Pablo, C., Yong, S.O., and Frenando, B., 2017. Chicken−manure−derived biochar reduced bioavailability of copper in a contaminated soil. J. Soils Sediments 17(3): 741-750.

Sharma, A., Shankhdhar, D. and Shankhdhar, S. C. 2014. Growth promotion of the rice genotypes by PGPR isolated from rice rhizosphere. Journal of soil science and plant nutrition, 14 (2): 505-17.

Sharma, A. R. and Singh, D. P. 1999. Rice. In: Smith, D.L. and Mamel, C. (Eds.) Crop Yield, Physiology and Processes. Springer, Berlin, pp. 109-168.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]

Sharma, S., Thind, H. S., Singh, Y., Singh, V. and Singh, B. 2015. Soil enzyme activities with biomass ashes and phosphorus fertilization to rice–wheat cropping system in the Indo-Genetic plains of India. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 101 (3): 391-400.

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, 18 (2): 217-228.

Sreenivasa, M. N. 2012. Organic farming: for sustainable production and environmental protection. In Microorganisms in Sustainable Agriculture and Biotechnology, 23 (1): 55-76.

Tejada, M. and González, J. L. 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.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255: 571- 586.

Vivas, A., Moreno, B., Garsia Rodrigues, S. and Benitez, E. 2009. Assessing the impact of composting and vermicomposting on bacterial community size and structure and microbial functional diversity of olive mill waste. Bioresource Technology, 100: 1319-1326.

Wu, S. C., Caob, Z. H., Lib, Z. G., Cheunga, K. C. and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125: 155-166.

Yahalom, E. K. and Okon, Y. 2004. Response of *seraria italic* to inoculation with *Azospirillum brasilense* as compared to *Azotobacter chroccoum*. Plant and Soil, 82: 77-85.

Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientia Horticulturae, 112: 191-199.

Zhao, X. and Fitzgerald, M. 2013. Climate Change: Implications for the Yield of Edible Rice. PLOS ONE, 8(6): e66218. pp: 9.

Zhu, X., Silva, C. R. S., Doane, T. A., Wu, N. and Horwath, R. H. 2013. Quantifying the effects of green waste compost application, water content and nitrogen fertilization on nitrous oxide emissions in 10 agricultural soils. Journal of Environmental Quality, 42: 912-918.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8]