دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

بهبود پارامترهای مرتبط با خوشه برنج رقم طارم هاشمی با به‌کارگیری قارچ‌های *Piriformospora indica* و *Trichoderma virens* در سطوح مختلف کود فسفر

فائزه محمدی کشکا[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، یاسر یعقوبیان[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
[۲]دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۳]دانشجوی دکتری گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۷

چکیده

مقدمه: کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش چشم‌گیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مطلوب برای غلبه بر مشکلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک‌ها به‌شمار می‌آید.

مواد و روش‌ها: آزمایشی مزرعه‌ای در بهار ۱۳۹۴ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان قائم‌شهر انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه سطح کود فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل) و به‌کارگیری قارچ‌های *Trichoderma virens* و *Piriformospora indica* در چهار سطح (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح بذر، تلقیح نشاء و تلقیح بذر + نشاء حاصل) بود.

نتایج: نتایج آزمایش حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار تلقیح قارچ‌ها بر صفات عملکرد شلتوک، زیست‌توده و وزن خوشه در بوته گیاه برنج بود؛ به‌طوری‌که عملکرد شلتوک و زیست‌توده در روش تلقیح بذر به‌ترتیب افزایش

*نویسنده مسئول: h.pirdashti@sanru.ac.ir

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

معنی‌دار ۴۲/۸ و ۳۶/۹ درصدی را نشان داد. در شرایط کاربرد کود فسفر صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، تلقیح قارچ‌ها به روش بذرمال باعث افزایش معنی‌دار صفات وزن خوشه در بوته (به‌ترتیب ۳۵/۷ و ۴۵/۴ درصد)، وزن شلتوک در خوشه (به‌ترتیب ۲/۹ و ۲۴/۸ درصد) و زیست‌توده (به‌ترتیب حدود ۴۰ و ۴۱ درصد) گیاه برنج شد. در کاربرد سطح فسفر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز، تلقیح قارچ‌ها با روش‌های تلقیح بذر، نشاء و تلقیح بذر و نشاء زیست‌توده را به‌ترتیب حدود ۳۰، ۴۳ و ۲۴ درصد افزایش داد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، این آزمایش نشان داد که کاربرد هم‌زمان دو قارچ *P. indica*، *T. virens* و کود شیمیایی فسفر اثر افزایشی بیش‌تری نسبت به کاربرد جداگانه کود شیمیایی فسفر به‌همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: برنج، تریکودرما، قارچ اندوفیت، زیست توده، عملکرد

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از انواع پرمصرف غلات در رژیم غذایی مردم جهان به‌شمار می‌رود و در این میان، انواع برنج طارم مرغوبیت و بازارپسندی بیش‌تری در منطقه شمال کشور و ایران برخوردار است (Shokrzadeh *et al*., 2013). به‌دلیل افزایش جمعیت کشور، تقاضا برای برنج سالانه افزایش قابل توجهی می‌یابد. این در شرایطی است که افزایش تولید آن به سبب محدودیت‌های فیزیکی منابع تولید، مانند زمین با مشکل روبروست (Dashti *et al*., 2011). از سویی فعالیت‌های کشاورزی رایج منوط به‌مصرف کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی برای بهبود رشد و کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی جهت دست‌یابی به افزایش عملکرد محصولات می‌باشد. ازجمله کودهای شیمیایی که در کشاورزی رایج به‌وفور مصرف می‌شود کود شیمیایی فسفره است (Moghadassi, 2009).

فسفر در مجموعه‌ای از فرآیندها از جمله تولید انرژی، سنتز اسیدنوکلئیک، فتوسنتز، تنفس، گلیکولیز، فعال و غیرفعال شدن آنزیم‌ها، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، ترکیب و ثبات غشاء و تثبیت نیتروژن ایفای نقش می‌نماید (Vance *et al*., 2003). این عنصر پرمصرف و ضروری برای گیاهان، به فرم کود فسفر به خاک اضافه می‌شود؛ اما بخش اعظم آن به‌علت تثبیت‌شدن در خاک به‌سرعت بی‌حرکت شده و از دسترس گیاهان خارج می‌شود (Zhu *et al*., 2011). پیامد چنین وضعیتی روی آوردن کشاورزان به کشاورزی فشرده و مصرف بالای نهاده‌های شیمیایی است. استفاده فزاینده از این فرآورده‌ها در خاک‌های زراعی سبب مخاطرات زیست‌محیطی از قبیل آلودگی آب‌های طبیعی و زیرزمینی و در نتیجه ورود آن به شبکه غذایی انسان و شیوع بیماری‌های مختلف می‌گردد (Ramezani and Hanifi, 2011).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

بر همین اساس، مصرف بی‌رویه کود و سموم شیمیایی از جمله عوامل آلودگی و ناپایداری خاک در استان مازندران عنوان شده است (Boudaghi *et al*., 2012). به‌طوری‌که محققین بالا بودن غلظت کادمیوم (Cd) کود سوپرفسفات‌تریپل مصرفی شالیکاران شهرستان قائم‌شهر را بیش‌تر از مقدار استاندارد CDFA[2] گزارش نمودند (Boudaghi *et al*., 2012). بنابراین سیستم مدیریتی کشاورزی یکپارچه‌ای جهت تمرکز بر مدیریت مواد مغذی گیاهی با فراهمی تغذیه بهتر و کنترل عوامل بیماری‌زا و در عین حال حفظ و بهبود مواد مغذی خاک و از بین بردن مواد شیمیایی مضر برای افزایش بهره‌وری ایجاب می‌نماید (Mishra and Sundaris, 2015). از این‌رو می‌توان جهت دست‌یابی به کشاورزی پایدار، از کودهای زیستی و نهاده‌های تجدیدپذیر به‌جهت بهبود حاصل‌خیزی خاک و به‌حداقل رساندن مخاطرات زیست‌محیطی بهره گرفت (Verma *et al*., 2013).

کودهای زیستی به ریزجاندارانی اطلاق می‌شود که می‌توانند به‌صورت‌های مختلف اعم از تلقیح با بذر، کاربرد روی سطح گیاه و یا خاک مورد استفاده قرار گرفته و از طریق افزایش دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه میزبان باعث بهبود رشد آن شوند (Vessey, 2003; Jan and Boswal, 2015). این نهاده‌ها از طریق سازوکارهایی مانند تثبیت زیستی نیتروژن، محلول‌سازی فسفات، جذب بهتر عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، تولید مواد افزاینده رشد و فعالیت‌های کنترل زیستی می‌توانند سبب افزایش حاصل‌خیزی خاک شوند (Vessey, 2003; Saharan and Nehra, 2011). باکتری‌ها و قارچ‌های خاک‌زاد همزیست با ریشه گیاهان نمونه‌هایی از این فرآورده‌ها می‌باشد (Hermosa *et al*., 2012).

گونه‌های قارچ *تریکودرما* (*Trichoderma* spp.) از جمله هیفومیست‌های[3] خاک‌زی هستند که به‌دلیل تنوع متابولیسمی و قدرت رقابتی در اغلب مناطق از موجودات غالب میکروفلور خاک می‌باشند (Samuels, 1996). این گونه قارچی نه‌تنها سبب افزایش پتانسیل رشدی گیاه و مقاومت در برابر بیماری‌ها و تنش‌های زنده می‌شود (Hermosa *et al*., 2012)، بلکه برخی از سویه‌های این قارچ، به‌عنوان انگل عوامل بیماری‌زای قارچی گیاه از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، سبب مقاومت سیستمیک و موضعی گیاه به این عوامل و افزایش رشد و نمو گیاهان می‌گردد (Ha, 2010). از این رو به‌عنوان یک قارچ‌کش زیستی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرید (Elad, 2000). جدایه‌های *تریکودرما* قادرند از طریق ترشح اسیدهای آلی هم‌چون اسیدگلوکونیک، اسیدسیتریک و اسیدفوماریک باعث کاهش اسیدیته (pH) خاک و در نهایت افزایش حلالیت و جذب ریزمغذی‌های مهم مورد نیاز برای رشد گیاه هم‌چون آهن، منگنز، منیزیم، کاتیون‌های معدنی و فسفات‌ها شوند (Benitez *et al*., 2004; Vinale *et al*.,

[2] California Department of Food and Agriculture
[3] Hyphomycetes

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

2008). هم‌چنین، کنترل زیستی تنش‌های غیرزنده از جمله خشکی (Bae *et al*., 2009)، شوری (Hashem *et al*., 2014) توسط گونه‌های قارچی *تریکودرما* گزارش شده است. در همین راستا، محققین تأثیر مثبت قارچ *تریکودرما* را بر بهبود رشد رویشی گیاه ازجمله ارتفاع بوته، تعداد برگ، پنجه، طول ریشه و وزن تر ریشه (Doni *et al*., 2014) و هم‌چنین عملکرد دانه برنج و گندم (Cuevas, 2006; Sharma *et al*., 2012) گزارش نمودند.

قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* نمونه دیگری از این ریزجانداران است. این قارچ عضوی از خانواده Sebacinaceae است که در ریشه بسیاری از گونه‌های گیاهان عالی (تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها) و خزه‌ها مستقر شده و با توجه به القاء رشدی دارای اهمیت زیادی در زمینه دارویی، کشاورزی، جنگل‌کاری و باغبانی می‌باشد (Vadassery *et al*., 2008). قارچ *P. indica* افزآینده رشد[4] (Rai and Varma, 2005) بوده و از طریق افزایش جذب آب و مواد مغذی سبب افزایش رشد و عملکرد دانه گیاهان زراعی (Achatz *et al*., 2010) و القاء مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده از جمله خشکی (Sun *et al*., 2010)، شوری (Jogavat *et al*., 2013) و بیماری‌ها (Kumar *et al*., 2009) می‌شود. این ویژگی‌ها، *P. indica* را به‌عنوان یک کود زیستی در خاک‌های دارای کمبود مواد غذایی و ابزاری جهت تحقیقات بنیادی متمایز می‌سازد (Bagde *et al*., 2010).

کمبود فسفر قابل جذب در خاک از یک طرف و اثرهای زیانبار زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی فسفری از طرف دیگر لزوم تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی از جمله برنج را از طریق توسعه کشاورزی پایدار بر مبنای استفاده از نهاده‌های زیستی از جمله ریزجانداران خاک (قارچ‌ها) را دو چندان نموده است. لذا، این پژوهش با هدف بهبود پارامترهای مرتبط با خوشه برنج رقم طارم هاشمی با به‌کارگیری قارچ‌های *P. indica* و *T. virens* در کاربرد سطوح مختلف کود فسفر و در شرایط واقعی مزرعه در شهرستان قائم‌شهر استان مازندران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان ۱۳۹۴ تحت شرایط مزرعه‌ای مطابق با کشت مرسوم کشاورزان در شهرستان قائم‌شهر، منطقه جاده نظامی (روستای نوکلاء) استان مازندران با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۴/۷ متر از سطح آب‌های آزاد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی کود فسفر در سه سطح صفر (بدون کاربرد کود فسفر)، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در

[4] Plant Growth Promoting

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل به‌صورت P_2O_5 و عامل فرعی تلقیح توأم قارچ‌های *Trichoderma virens* و *Piriformospora indica* در چهار سطح (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح بذر (در مرحله خزانه)، تلقیح نشاء و تلقیح بذر + نشاء حاصل) بودند. براساس نتایج آزمون خاک، مقادیر پتاسیم و فسفر قابل جذب و نیتروژن کل خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۱۶۰ و ۱۱/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۱۲ درصد بودند. مزرعه مورد آزمایش دارای خاکی با بافت سیلتی-رسی، اسیدیته (pH) ۸/۱۴ و هدایت الکتریکی (EC) ۲/۰۷ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود. هم‌چنین، مقادیر ماده آلی و کربن آلی نیز به‌ترتیب ۲ و ۱/۱۶ درصد بودند. نشاءکاری به‌صورت دستی در اول خرداد و در کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۲ متر انجام شد. فواصل نشاها ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر بود و هر کرت به‌وسیله پشته‌هایی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر جدا شدند.

جدایه‌های قارچ *T. virens* و *P. indica* از پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شدند. قارچ *تریکودرما* و *P. indica* به‌ترتیب در محیط کشت PDB[5] و مایع کفر[6] (Sherameti *et al.*, 2005) کشت و سپس به‌مدت دو هفته در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه روی شیکر قرار گرفتند. پس از گذشت مدت زمان مذکور که رشد رویشی قارچ‌ها به‌حداکثر خود رسید؛ سوسپانسیونی با غلظت حدود 10^9 واحد کلونی‌ساز در میلی‌لیتر (CFU/ml) تهیه شد. بذور جوانه‌زده برنج رقم طارم هاشمی به‌مدت پنج ساعت با این سوسپانسیون آغشته و سپس به خزانه منتقل شدند. هم‌چنین جهت تلقیح گیاهچه برنج با ترکیب قارچی بعد از این‌که گیاهچه‌ها به‌مدت یک‌ماه در خزانه رشد یافتند در فاصله انتقال گیاهچه‌ها از خزانه به زمین اصلی، ریشه گیاهچه‌ها به‌مدت یک ساعت در تشتی از سوسپانسیون دو گونه قارچی قرار داده شدند. پس از کشت نیز آبیاری گیاهان براساس عرف منطقه انجام گرفت.

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه (۸۶ روز پس از نشاءکاری)، تعداد ده بوته از هر کرت کف‌بر و صفات طول خوشه، اکستراژن (فاصله بین قاعده سنبله و برگ پرچم)، پدانکل (با استفاده از خط‌کش)، وزن خوشه در بوته، وزن شلتوک در خوشه (گرم)، شاخص برداشت خوشه[7] (رابطه ۱) (Lafitte *et al.*, 2006)، ضریب تسهیم[8] (رابطه ۲) (De Costa *et al.*, 2006)، عملکرد شلتوک، زیست‌توده، عملکرد کاه و کلش (گرم در بوته) و شاخص برداشت[9] (رابطه ۳) اندازه‌گیری شدند.

رابطه ۱ شاخص برداشت خوشه (PHI) = (وزن خوشه/وزن دانه‌های پر در خوشه) ×۱۰۰

[5] Potato Dextrose Broth
[6] Kaefer
[7] Panicle Harvest Index
[8] Partitioning Coefficient
[9] Harvest Index

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

رابطه ۲ وزن خشک کل/وزن خشک خوشه = (PC) ضریب تسهیم

رابطه ۳ ۱۰۰× (عملکرد بیولوژیک/عملکرد اقتصادی) = (HI) شاخص برداشت (درصد)

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و روش کولموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت. در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (SAS Institute, 2004) تجزیه و میانگین‌های به‌دست آمده با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تلقیح قارچ‌ها بر صفات وزن خوشه در بوته، وزن شلتوک در خوشه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد زیست‌توده و عملکرد شلتوک ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۱). در این آزمایش، هیچ یک از صفات مورد بررسی تحت تأثیر مصرف کود فسفر قرار نگرفت؛ ولی صفات وزن خوشه در بوته، عملکرد کاه و کلش ($P<۰/۰۵$)، وزن شلتوک در خوشه و زیست‌توده ($P<۰/۰۱$) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش کود فسفر و تلقیح قارچ‌ها قرار گرفتند (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر اصلی تلقیح قارچ‌ها (جدول ۲) مشخص شد که وزن خوشه در بوته، عملکرد زیست‌توده و عملکرد شلتوک برنج با تمامی روش‌های تلقیح با قارچ‌ها افزایش قابل توجه و معنی‌داری نسبت به شرایط شاهد (عدم تلقیح قارچ‌ها) نشان دادند. براساس نتایج، تیمار تلقیح بذر باعث بیش‌ترین افزایش عملکرد شلتوک (۴۲/۸ درصد)، زیست‌توده (۳۶/۹ درصد) و وزن شلتوک در خوشه (۱۱/۶ درصد) گردید.

در راستای این نتایج، کوئه‌واس (Cuevas, 2006) در مطالعه‌ای مزرعه‌ای روی گیاه برنج نشان داد که کاربرد گونه *T. pseudoknongii* با افزایش جذب عناصر فسفر و روی باعث افزایش عملکرد دانه برنج شد. محمدی‌کشکا و همکاران (Mohammadi Kashka *et al*., 2016) نیز، در پژوهشی بهبود وزن تر و خشک ریشه (به‌ترتیب ۱۳/۲ و بیش از دو برابر) و کل بوته (به‌ترتیب ۹/۳ درصد و بیش از دو برابر) گیاه فلفل (رقم دیماز) را در پی تلقیح با قارچ *T. virens* در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) گزارش نمودند. هم‌چنین، به‌کارگیری گونه *T. hamatum* به‌ترتیب باعث افزایش ۱۰/۵، ۱۳/۲ و ۹/۸ درصدی صفات قطر ساقه، عملکرد دانه و زیست‌توده گیاه گندم شد (Mohammadi Kashka *et al*., 2017). در مطالعه دیگری که روی گیاه برنج صورت گرفت؛ عملکرد دانه برنج تلقیح یافته با قارچ *P. indica* نسبت به شاهد بیش‌تر شد (Abdolahi and Zarea, 2015). هم‌چنین، این ریزجاندار سبب بهبود صفات عملکرد دانه، زیست‌توده و تعداد دانه در بوته گیاه گندم شد (Yaghoubian *et al*., 2012). تلقیح هم‌زمان قارچ‌های *T. virens* و *P. indica* نیز، در پژوهشی سبب بهبود عملکرد گیاه برنج شدند (Mohammadi Kashka *et al*., 2017).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کود فسفر و تلقیح قارچی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج (۸۶ روز پس از نشاءکاری)

Tabel 1- Result of analysis of variance (MS) of the effect of phosphorus fertilizer and fungal inoculation on yield and yield components of rice plant (86 days after transplanting)

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	طول پدانکل Pedancle length	طول اکستراژن Extrusion length	طول خوشه Panicle length	ضریب تسهیم Partitioning coefficient
بلوک Block	2	37.83	6.92	0.61	0.0001
فسفر (P) Phosphorus	2	4.49^{ns}	3.52^{ns}	0.61^{ns}	0.00005^{ns}
خطا a Error a	4	34.67	4.39	4.11	0.0002
تلقیح قارچ (F) Fungi inoculation	3	17.09^{ns}	9.27^{ns}	4.12^{ns}	0.0004^{ns}
فسفر ×تلقیح قارچ P × F	6	4.34^{ns}	8.14^{ns}	0.92^{ns}	0.0009^{ns}
خطا b Error b	6	31.03	5.13	2.67	0.0001
خطا کل Total error	12	38.11	3.68	2.38	0.0005
ضریب تغییرات CV (%)		11.79	14.66	4.71	2.59

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

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کود فسفر و تلقیح قارچی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج (۸۶ روز پس از نشاءکاری)

Tabel 1- Result of analysis of variance (MS) of the effect of phosphorus fertilizer and fungal inoculation on yield and yield components of rice plant (86 days after transplanting)

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	وزن خوشه در بوته Panicle weight/plant	وزن شلتوک در خوشه Paddy weight/panicle	شاخص برداشت خوشه Panicle harvest index	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	2.01	0.0001	201.08	27.26
فسفر (P) Phosphorus	2	0.74^{ns}	0.01^{ns}	239.28^{ns}	34.24^{ns}
خطا a Error a	4	11.81	0.005	83.07	13.78
تلقیح قارچ (F) Fungi inoculation	3	252.79^{**}	0.07^{**}	335.56^{ns}	47.74^{ns}
فسفر × تلقیح قارچ P × F	6	82.51^{*}	0.03^{**}	284.35^{ns}	41.50^{ns}
خطا b Error b	6	8.25	0.01	44.44	7.94
خطا کل Total error	12	21.27	0.003	242.68	25.67
ضریب تغییرات CV (%)		10.41	3.27	15.10	11.14

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

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کود فسفر و تلقیح قارچی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج (۸۶ روز پس از نشاءکاری)

Tabel 1- Result of analysis (MS) of variance of the effect of phosphorus fertilizer and fungal inoculation on yield and yield components of rice plant (86 days after transplanting)

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد زیست توده Biomass yield	عملکرد شلتوک Paddy yield
بلوک Block	2	34.25	1.38	22.60
فسفر (P) Phosphorus	2	42.94^{ns}	6.92^{ns}	31.05^{ns}
خطا a Error a	4	18.32	13.81	15.27
تلقیح قارچ (F) Fungi inoculation	3	403.68**	1512.38**	421.28**
فسفر×تلقیح قارچ P×F	6	157.39*	242.63**	51.35^{ns}
خطا b Error b	6	8.68	8.43	10.96
خطا کل Total error	12	45.22	24.70	21.06
ضریب تغییرات CV (%)		12.32	4.96	10.09

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

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر اصلی تلقیح قارچ‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج

Tabel 2- Mean comparison of effect of fungi inoculation on yield and yield components of rice plant

تیمارها Treatments	وزن خوشه در بوته Panicle weight/plant	وزن شلتوک در خوشه Paddy weight/panicle	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد شلتوک Paddy yield
	گرم (g)		گرم در بوته (g/plant)		
شاهد Control	36.79b	1.71[b]	46.40[c]	81.85[c]	35.45[b]
تلقیح بذر Seed inoculation	48.91[a] (+32.9)††	1.91[a] (+11.6)	61.41[a] (+32.3)	112.06[a] (+36.9)	50.65[a] (+42.8)
تلقیح نشاء Seedling inoculation	44.61[a] (+21.2)	1.85[a] (+8.1)	52.08[bc] (+12.2)	100.89[b] (+23.2)	48.80[a] (+37.6)
تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed×seedling inoculation	46.86[a] (+27.3)	1.77[b] (+3.5)	58.43[ab] (+25.9)	105.34[b] (+28.6)	46.91[a] (+32.3)

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†† بیان‌گر درصد افزایش (+) یا کاهش (-) نسبت به تیمار شاهد در هر سطح فسفر می‌باشد.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

††% increase (+) or decrease (-) as compared to the control at each level of phosphorus.

مطابق یافته‌های پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد؛ افزایش عملکرد شلتوک گیاه برنج تلقیح یافته با قارچ‌ها، از طریق افزایش وزن خوشه در بوته و وزن شلتوک در خوشه باشد که می‌توان دلیل آن را توان‌مندی این ریزجانداران در جذب بهتر و بیش‌تر عناصر غذایی (Vinale *et al*., 2008; Oelmüller *et al*., 2009)، افزایش میزان کلروفیل برگ (John *et al*., 2010; Jogawat *et al*., 2013) و افزایش سنتز هورمون‌های رشد (Vadassery *et al*., 2008) در شرایط تلقیح دانست.

براساس نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها (جدول ۳)، تلقیح قارچ‌ها با روش‌های مورد استفاده و در تمام سطوح کود فسفر مصرفی سبب افزایش قابل توجه صفات نسبت به شرایط شاهد (عدم تلقیح قارچ‌ها) گردید. برای مثال، در شرایطی که از کود فسفر استفاده نشد؛ تیمارهای تلقیح بذر و تلقیح بذر و نشاء سبب افزایش معنی‌دار وزن خوشه در بوته (به‌ترتیب به‌مقدار ۳۵/۷ و ۲۰/۲ درصد) و عملکرد زیست‌توده (به‌ترتیب به‌مقدار ۴۰/۱ و ۲۴/۰ درصد) شدند. روش تلقیح نشاء نیز افزایش ۶/۳ و ۴/۵ درصدی به‌ترتیب وزن شلتوک در خوشه و کاه و کلش را در شرایط عدم مصرف کود فسفر نسبت به شاهد به‌همراه داشت (جدول ۳).

در همین راستا، حاجی‌نیا و زارع (Hajinia and Zarea, 2015) در پژوهشی علاوه‌بر بهبود عملکرد دانه گندم تلقیح شده با قارچ *P. indica*، افزایش غلظت عنصر فسفر در بافت‌های گیاهی را در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده نشان دادند. قارچ *P. indica* باعث تحریک ریشه برای جذب مواد غذایی و حل‌شدن فسفات غیرمحلول و ترکیب گوگرد در خاک می‌گردد (Oelmüller *et al*., 2009). مطالعات انجام گرفته در این زمینه نشان داده است که این ریزجاندار با تولید اسید فسفاتاز موجب افزایش انتقال فسفات از ریزوسفر به ریشه گیاهان می‌گردد (Malla *et al*., 2004). چنین خصوصیتی از نظر افزایش فسفر قابل دسترس برای گیاه نیز در گونه‌های قارچ *تریکودرما* گزارش شده است. این ریزجانداران با افزایش حلالیت و جذب ریزمغذی‌های مهم مانند آهن، منگنز، منیزیم، کاتیون‌های معدنی و فسفات‌ها باعث بهبود رشد گیاهان می‌شوند (Vinale *et al*., 2008). جاگوات و همکاران (Jogavat *et al*., 2013) نیز نشان دادند که برهم‌کنش قارچ *P. indica* و تنش شوری در گیاه برنج سبب بروز تغییرات ریخت‌شناسی قابل توجهی در ریشه گیاه گردید. از این تغییرات می‌توان به افزایش طول، وزن تر و خشک و ضخامت بیش‌تر، رنگ قهوه‌ای و بالاتر بودن تعداد و حجم نسبت به گیاهان شاهد اشاره نمود. در آزمایش دیگری که در شرایط مزرعه روی گیاه برنج صورت گرفت؛ تأثیر مثبت قارچ *T. viride* بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، تعداد خوشه، عملکرد کاه و کلش و عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم تلقیح گزارش گردید (Mathivanan *et al*., 2005).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۳- برهم‌کنش کود فسفر و تلقیح قارچی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج

Tabel 3- Interaction effect of phosphorus fertilizer and fungal inoculation on yield and yield components of rice plant

تیمارها Treatments		وزن خوشه در بوته Panicle weight/plant	وزن شلتوک در خوشه Paddy weight/panicle
فسفر Phosphorus (kg/ha)	تلقیح قارچها Fungi inoculation	گرم در بوته (g/plant)	
0	شاهد Control	38.37^{efg}	1.72^{cde}
	تلقیح بذر Seed inoculation	52.09^{ab} (+35.7)††	1.77^{cd} (+2.9)
	تلقیح نشاء Seedling inoculation	40.95^{defg} (+6.7)	1.83^{bc} (+6.3)
	تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed × Seedling	46.15^{abcd} (+20.2)	1.81^{cd} (+5.2)
50	شاهد Control	34.06^{g}	1.61^{e}
	تلقیح بذر Seed inoculation	49.53^{abc} (+45.4)	2.01^{a} (+24.8)
	تلقیح نشاء Seedling inoculation	40.67^{defg} (+19.4)	1.78^{cd} (+10.5)
	تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed × Seedling	51.78^{ab} (+52.0)	1.83^{bc} (+13.6)
100	شاهد Control	37.95^{fg}	1.81^{cd}
	تلقیح بذر Seed inoculation	45.11^{bcde} (+18.8)	1.96^{ab} (+8.2)
	تلقیح نشاء Seedling inoculation	52.22^{a} (+37.6)	1.96^{ab} (+8.2)
	تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed × Seedling	42.66^{cdef} (+12.4)	1.67^{de} (-7.7)

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†† بیان‌گر درصد افزایش (+) یا کاهش (-) نسبت به تیمار شاهد در هر سطح فسفر می‌باشد.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

††% increase (+) or decrease (-) as compared to the control at each level of phosphorus

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

ادامه جدول ۳- برهم‌کنش کود فسفر و تلقیح قارچی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج

Tabel 3- Interaction effect of phosphorus fertilizer and fungal inoculation on yield and yield components of rice plant

تیمارها Treatments		عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد زیست‌توده Biomass yield
فسفر Phosphorus (kg/ha)	تلقیح قارچها Fungi inoculation	گرم در بوته (g/plant)	
0	شاهد Control	48.01^{efg}	84.23^{g}
	تلقیح بذر Seed inoculation	68.30^{a} (+42.2)	118.09^{a} (+40.1)
	تلقیح نشاء Seedling inoculation	50.18^{defg} (+4.5)	92.28^{f} (+9.5)
	تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed × Seedling	57.43^{bcde} (+19.6)	104.52^{cd} (+24.0)
50	شاهد Control	46.12^{fg}	80.00^{g}
	تلقیح بذر Seed inoculation	62.09^{abc} (+34.6)	112.50^{ab} (+40.6)
	تلقیح نشاء Seedling inoculation	42.39^{g} (-8.0)	94.32^{ef} (+17.9)
	تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed × Seedling	59.12^{abcd} (+28.1)	110.95^{abc} (+38.6)
100	شاهد Control	45.08^{fg}	81.34^{g}
	تلقیح بذر Seed inoculation	53.84^{cdef} (+19.4)	105.61^{bcd} (+29.8)
	تلقیح نشاء Seedling inoculation	63.68^{ab} (+41.2)	116.06^{a} (+42.6)
	تلقیح بذر × نشاء حاصل Seed × Seedling	58.75^{abcd} (+30.3)	100.57^{de} (+23.6)

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†† بیان‌گر درصد افزایش (+) یا کاهش (-) نسبت به تیمار شاهد در هر سطح فسفر می‌باشد.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

††% increase (+) or decrease (-) as compared to the control at each level of phosphorus

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

در زمان مصرف کود فسفر به‌میزان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تلقیح قارچ‌ها سبب بهبود قابل توجه صفات مورد بررسی نسبت به تیمار عدم تلقیح شد (جدول ۳). در شرایطی که کود فسفر به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شده بود، تلقیح قارچ‌ها با روش‌های تلقیح بذر، تلقیح نشاء، تلقیح بذر + نشاء به‌ترتیب وزن خوشه در بوته را از ۳۴/۰۶ به ۴۹/۵۳ (۴۵/۴ درصد)، ۴۰/۶۷ (۱۹/۴ درصد) و ۵۱/۷۸ گرم (۵۲/۰ درصد) افزایش داد. هم‌چنین، این روش‌های تلقیح به‌ترتیب افزایش ۴۰/۶، ۱۷/۹ و ۳۸/۶ درصدی زیست‌توده در زمان مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار را به‌همراه داشت.

وزن شلتوک در خوشه نیز افزایش معنی‌دار حدود ۲۴/۸ و ۱۳/۶ درصدی را تحت تأثیر تلقیح قارچ‌ها در روش‌های تلقیح بذر و تلقیح بذر و نشاء نشان داد. با افزایش کود فسفر به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خوشه در بوته، وزن شلتوک در خوشه و عملکرد زیست‌توده برنج تلقیح شده به روش بذرمال افزایش معنی‌دار ۱۸/۸، ۸/۲ و ۲۹/۸ درصدی را نسبت به شرایط بدون تلقیح نشان دادند. روش تلقیح نشاء نیز صفات مذکور را به‌ترتیب به‌مقدار ۳۷/۶، ۸/۲ و ۴۲/۶ درصد افزایش داد (جدول ۳).

مطابق یافته‌های پژوهش حاضر، نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان‌دهنده اثر تحریک‌کنندگی این ریزجانداران می‌باشد. برای نمونه، نتایج پژوهش سپهری و همکاران (Sepahri *et al*., 2009) نشان داد که تلقیح ریشه گیاه جو با قارچ *P. indica* سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب به‌میزان ۳۷ و ۹۷ درصد نسبت به شرایط بدون تلقیح گردید. از سویی، قارچ *T. viride* نیز علاوه‌بر افزایش سیستم ریشه‌ای در سویا، باعث افزایش گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن، بهبود فعالیت فتوسنتزی و افزایش وزن خشک ساقه، ریشه و میوه (غلاف) می‌گردد (John *et al*., 2010). جهت اشاره به اثر مثبت تلقیح هم‌زمان قارچ‌های *تریکودرما* و *P. indica*، می‌توان به افزایش سطح برگ (۴۲/۵ درصد)، وزن خشک برگ (۱۶/۴ درصد) و اندام هوایی (۱۶/۸ درصد) گیاهچه فلفل (Mohammadi Kashka *et al*., 2016)، بهبود وزن تر و خشک برگ و ریشه گیاه سویا (Patel, 2015) و عملکرد گیاه برنج (Mohammadi Kashka *et al*., 2017) اشاره نمود. بنابراین مطابق یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان بهبود صفات ذکر شده گیاه برنج را به توانایی این ریزجانداران در بهبود رشد گیاهان نسبت داد.

نتایج همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات مورد بررسی با عملکرد شلتوک برنج (جدول ۴) نشان داد که صفات وزن خوشه در بوته ($r =$ ۰/۶۷**)، وزن شلتوک در خوشه ($r =$ ۰/۶۴**)، شاخص برداشت خوشه ($r =$ ۰/۵۴**)، عملکرد زیست‌توده ($r =$ ۰/۷۵**) و شاخص برداشت ($r =$ ۰/۶۲**) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد شلتوک داشتند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۴- ضریب همبستگی صفات عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج (*n*=۳۶)

Table 4- Correlation coefficients between yield and yield components of rice plant (*n*=36)

شماره	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	طول پدانکل Pedancle length	1										
2	طول اکستراژن Extrusion length	0.03^{ns}	1									
3	طول خوشه Panicle length	0.19^{ns}	-0.07^{ns}	1								
4	وزن خوشه در بوته Panicle weight/plant	0.12^{ns}	-0.12^{ns}	0.100^{ns}	1							
5	وزن شلتوک در خوشه Paddy weight/panicle	0.20^{ns}	0.08^{ns}	-0.08^{ns}	0.52**	1						
6	شاخص برداشت خوشه Panicle harvest index	0.19^{ns}	0.16^{ns}	0.01^{ns}	-0.25^{ns}	0.22^{ns}	1					
7	ضریب تسهیم Partitioning coefficient	-0.07^{ns}	-0.03^{ns}	-0.006^{ns}	0.39*	0.15^{ns}	-0.58**	1				
8	عملکرد کاه و کلش Straw yield	0.01^{ns}	-0.21^{ns}	0.06^{ns}	0.83**	0.24^{ns}	-0.58**	0.21^{ns}	1			
9	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	0.15^{ns}	-0.12^{ns}	0.09^{ns}	0.94**	0.53**	-0.08^{ns}	0.08^{ns}	0.83**	1		
10	عملکرد شلتوک Paddy yield	0.25^{ns}	0.03^{ns}	0.09^{ns}	0.67**	0.64**	0.54**	-0.09^{ns}	0.27^{ns}	0.75**	1	
11	شاخص برداشت Harvest index	0.20^{ns}	0.17^{ns}	0.02^{ns}	-0.11^{ns}	0.33*	0.93**	-0.27^{ns}	-0.57**	-0.03^{ns}	0.62**	1

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

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

در بررسی همبستگی سایر صفات با یکدیگر می‌توان بیان داشت که همبستگی شاخص برداشت با شاخص برداشت خوشه ($r = ۰/۹۳^{**}$) و همبستگی وزن خوشه در بوته با صفات وزن شلتوک در خوشه ($r = ۰/۵۲^{**}$)، ضریب تسهیم ($r = ۰/۳۹^{*}$)، عملکرد کاه و کلش ($r = ۰/۸۳^{**}$) و زیست‌توده ($r=۰/۹۴^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود. مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، تیموریان و همکاران (Teimoorian *et al*., 2009) و امین‌پناه و شریفی (Aminpanah and Sharifi, 2013) همبستگی مثبت و معنی‌دار صفات زیست‌توده و شاخص برداشت برنج را با عملکرد دانه گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج به‌دست آمده بیان‌گر بهبود صفات مرتبط با خوشه برنج (وزن خوشه در بوته و وزن شلتوک در خوشه) در پی تلقیح قارچ‌ها به روش‌های مختلف از جمله تلقیح بذر، گیاهچه و تلقیح بذر و نشاء بود. در تمام سطوح مصرفی کود فسفر نیز، تلقیح برنج با قارچ‌ها توانسته در مقایسه با شاهد (بدون تلقیح قارچ‌ها) به‌طور معنی‌داری صفات تعداد و وزن خوشه در بوته و زیست‌توده برنج را افزایش دهد. از آن‌جایی‌که مصرف فسفر در این آزمایش اثر معنی‌داری بر عملکرد شلتوک به‌عنوان مهم‌ترین صفت در محصول برنج نداشته است؛ لذا این‌طور می‌توان استنتاج نمود که می‌توان با استفاده از مقادیر کم‌تر کود فسفر همراه با کاربرد این ریزجانداران، علاوه بر افزایش یا حداقل ثابت نگه داشتن میزان تولید، از مصرف کود شیمیایی فسفره نیز تا حد قابل توجهی کاست. با این وجود، جهت شناخت بهتر سازوکارهای این ریزجانداران و میزان فسفر مناسب مصرفی برای برنج، نیازمند بررسی بیش‌تر و مطالعات تکمیلی در چند سال متوالی و در شرایط آب و هوایی و ارقام مختلف می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان جهت همکاری در فراهمی گونه‌های قارچ و از جناب آقای محمدعلی محمدی کشکا به‌جهت در اختیار قرار دادن مزرعه و مساعدت در انجام پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Abdolahi A.A., Zarea M.J. 2015. Effect of mycorrhiza and root endophytic fungi under flooded and semi-flooded conditions on paddy yield and yield components of rice. Electronic Journal of Crop Production, 8 (1): 223-230. (In Persian).

Achatz B., Kogel K.H., Franken P., Waller F. 2010. *Piriformospora indica* mycorrhization increases grain yield by accelerating early development of

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

barley plants. Plant Signaling and Behavior, 5 (12): 1685-1687.

Aminpanah H., Sharifi P. 2013. Path analysis of rice (*Oryza sativa* L.) grain yield and its related components in competition with barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.). Journal of Crop Production and Processing, 3 (9): 105-120. (In Persian).

Bae H., Sicher R.C., Kim M.S., Kim S.H., Strem M.D., Melnick R.L., Bailey B.A. 2009. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. Journal of Experimental Botany, 60 (11): 3279-3295.

Bagde U.S., Prasad R., Varma A. 2010. Interaction of mycobiont: *Piriformospora indica* with medicinal plants and plants of economic importance. African Journal of Biotechnology, 9: 9214-9226.

Benitez T., Rincon A.M., Limon M.C., Codon A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology, 7: 249-260.

Boudaghi H., Yunesian M., Mahvi A.H., Mohammadi M.A., Dehghani M.H., Nazmara S. 2012. Cadmium, lead and arsenic concentration in soil and underground water and its relationship with chemical fertilizer in paddy soil. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22: 20-28. (In Persian).

Cuevas C. 2006. Soil Inoculation with *Trichoderma pseudokoningii* rifai enhances yield of rice. Philippine Journal of Science, 135 (1): 31-37.

Dashti Gh., Javadi A., Eshghi T.A. 2011. Estimating economic values of land and family labor in producing rice. Journal of Economics and Agricultural Development, 24 (4): 433-439. (In Persian).

De Costa W.A.J.M., Weerakoon W.M.W., Herath H.M.L.K., Amaratunga K.S.P., Abeywardena R.M.I. 2006. Physiology of yield determination of rice under elevated carbon dioxide at high temperatures in a subhumid tropical climate. Field Crops Research, 96: 336-347.

Doni F., Isahak A., Zain C.R.C.M., Yusoff W.M.W. 2014. Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. inoculants. AMB Express-a Springer Open Journal, 4: 2-7.

Elad Y. 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. Crop Protection, 19 (8-10): 709-714.

Ha T.N. 2010. Using *Trichoderma* species for biological control of plant pathogens in Vietnam. Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences, 16 (1): 17-21.

Hajiniya S.; Zaree M.J. 2015. Effect of co-inoculation of endophytic fungus *Piriformospora Indica* and *Azospirillum* strains on some physiological traits, nutrient absorption and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* cv. Sardari) under salt stress conditions. Plant Production Technology, 6 (2): 149-161. (In Persian).

Hashem A., Abd-Allah E.F., Alqarawi A.A., Al Huqail A.A., Egamberdieva D.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

2014. Alleviation of abiotic salt stress in *Ochradenus baccatus* (Del.) by *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier. Journal of Plant Interactions, 9 (1): 857-868.

Hermosa R., Viterbo A., Chet I., Monte E. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. Microbiology, 158: 17-25.

Jan K., Boswal M.V. 2015. Effect of biofertilizer and organic fertilizer on physiological characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Scientific Research and Management, 3 (2): 2073-2089.

Jogawat A., Saha S., Bakshi M., Dayaman V., Kumar M., Dua M., Varma A., Oelmüller R., Tuteja N., Johri A.K. 2013. *Piriformospora indica* rescues growth diminution of rice seedlings during high salt stress. Plant Signaling and Behavior, 8: e26891-6.

John R.P., Tyagi R.D., Prévost D., Brar S.K., Pouleur S., Surampalli R.Y. 2010. Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. adzuki and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promoter of soybean. Crop Protection, 29: 1452-1459.

Kumar M., Yadav V., Tuteja N., Johri A.K. 2009. Antioxidant enzyme activities in maize plants colonized with *Piriformospora indica*. Microbiology, 155: 780-790.

Lafitte H.R., Li Z.K., Vijayakumar C.H.M., Gao Y.M., Shi Y., Xu J.L., Fu B.Y., Yu S.B., Ali A.J., Dominigo J., Maghirang R., Torres R., Mackill R. 2006. Improvement of rice drought tolerance through backcross breeding: evaluation of donors and selection in drought nurseries. Field Crops Research, 97: 77-86.

Malla R., Prasad R., Kumari R., Giang P.H., Pokharel U., Oelmüller R., Varma A. 2004. Phosphorus solubilizing symbiotic fungus: *Piriformospra indica*. Endocytobiosis and Cell Research, 15: 579-600.

Mathivanan N., Prabavathy V.R., Vijayanandraj V.R. 2005. Application of talc formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray decrease the sheath blight disease and enhance the plant growth and yield in rice. Journal of Phytopathology, 153: 697-701.

Mishra N., Sundari S.K. 2015. Native PGPM consortium: a beneficial solution to support plant growth in the presence of phytopathogens and residual organophosphate pesticides. Journal of Bioprocessing and Biotechniques, 5 (2): 1-8.

Moghadassi R. 2009. An strategy to meet food security (based on determined goals in agricultural section). Islamic Parliament Research Center, Tehran. (In Persian).

Mohammadi Kashka F., Pirdashti H., Yaghoubian Y., Bahari Saravi S.H. 2016. Effect of *Trichoderma virens* and *Piriformospora indica* coexistence with *Enterobacter* sp. on the growth and photosynthetic pigments in pepper (*Capsicum annuum* L.) plant. Plant Ecophysiology, 8 (26): 121-133. (In

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

Persian).

Mohammadi Kashka F., Pirdashti H., Yaghoubian Y., Bakhshandeh E. 2017. Evaluation of growth and yield stability of wheat by application of *Trichoderma* and *Enterobacter* sp.. Agricultural Science and Sustainable Production, 26 (4): 1-15. (In Persian)

Mohammadi Kashka F., Pirdashti H., Yaghoubian Y., Mohammadi Kashka O. 2017. Effect of *Trichoderma virens* and *Piriformospora indica* inoculation fungi on yield and harvest index of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Tarom Hashemi. The 1th National Conference of Agriculture, Natural Resources and Veterinary of Ardakan, 11 May, Ardakan, Iran, 7 p. (In Persian).

Oelmüller R., Sherameti I., Tripathi S., Varma A. 2009. *Piriformospora indica*, a cultivable root endophyte with multiple biotechnological applications, Symbiosis. 49: 1-17.

Patel R.N. 2015. Comparision of antagonistic effects of the endophytic fungi and *Trichoderma* species against soybean charcoal rot disease under greenhouse conditions. International Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences, 3 (2): 25-40.

Rai M., Varma A. 2005. Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatoda vasica*. Electronic Journal of Biotechnology, 8: 107-111.

Ramezani B., Hanifi A. 2011. Recognition of geographical diffusion of stomach cancer in Gilan province. Journal of Environmental Science and Technology, 13 (2): 79-91. (In Persian).

Saharan B.S., Nehra V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. Life Sciences and Medicine Research, 2011: 1-30.

Samuels G.J. 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of thegenus. Mycological Research, 100: 923-935.

SAS Institute. 2004. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary. NC, USA.

Sepehri M., Saleh Rastin N., Hossieni Salkedeh G., Khayam Nekouie M. 2009. Effect of endophytic fungus, *Piriformospora indica*, on growth and resistance of *Hordeum vulgare* L. to salinity stress. Rangeland, 3 (3): 508-518. (In Persian).

Sharma P., Patel A.N., Saini M.K., Deep S. 2012. Field demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science, 4: 65-73.

Sherameti I., Shahollari B., Venus Y., Altschmied L., Varma A., Oelmüller R. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* stimulates the expression of nitrate reductase and the starch-degrading enzyme glucanwater dikinase in tobacco and *Arabidopsisroots* through a homeodomain transcription factor which binds to a conserved motif in their promoters. Journal of Biological

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

Chemistry, 280: 2641-7.

Shokrzadeh M., Rokni M.A., Galstvan. 2013. Lead, cadmium, and chromium concentrations in irrigation supply of/and Tarom rice in central cities of Mazandaran province, Iran**.** Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22 (98): 234-242. (In Persian).

Sun C., Johnson J.M., Cai D., Sherameti I., Oelmüller R., Lou B. 2010. *Piriformospora indica* confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. Journal of Plant Physiology, 167: 1009-1017**.**

Teimoorian M., Galavi M., Pirdashti H., Nasiri M. 2009. Yield and yield components of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in response to source-sink limitations and different nitrogen fertilizer. Journal of Plant Production, 16 (3): 49-66. (In Persian).

Vadassery J., Ritter C., Venus Y., Camehl I., Varma A., Shahollari B., Novak O., Strnad M., Ludwig-Muller J., Oelmuller R. 2008. The role of auxins and cytokinins in the mutualistic interaction between *Arabidopsis* and *Piriformospora indica*. Molecular Plant-Microb interactions, 21 (10): 1371-1383.

Vance C.P., Uhde-Stone C., Allan D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a nonrenewable resourse. New Phytologist, 157: 423-447.

Verma J.P., Yadav J., Tiwari K.N., Kumar A. 2013. Effect of indigenous *Mesorhizobium* spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. Ecological Engineering, 51: 282-286.

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

Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo S.L., Lorito M. 2008. *Trichoderma* plant pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry, 40: 1-10.

Yaghoubian Y., Pirdashti H., Mohammadi Goltapeh E., Feiziasl V., Esfandiari E. 2012. Investigation of dryland wheat (*Triticum aestivum* cv. Azar2) plants response to symbiosis with arbuscular mycorrhiza and mycorrhiza like fungi under different levels of drought stress. Journal of Agroecology, 4 (1): 63-73. (In Persian).

Zhu F., Qu L., Hong X., Sun X. 2011. Isolation and characterization of a phosphate-solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of Yellow Sea of China. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2011: 1-6.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]