ارزیابی *Piriformospora indica* و *Pantoea ananatis* بر روند تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد برنج در سطوح مختلف پتاسیم

زهرا گیلانی[۱]، همتاله پیردشتی[۲] و اسماعیل بخشنده[۳*]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران. ۳ و *- نویسنده مسوول: استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
Email: e.bakhshandeh@sanru.ac.ir

چکیده

آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌منظور ارزیابی ریزجانداران افزاینده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم 'طارم محلی') در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کرت اصلی) و روش‌های مختلف تلقیح (شاهد (بدون تلقیح)، تلقیح با قارچ *Piriformospora indica*، تلقیح با باکتری *Pantoea ananatis* و تلقیح توأم قارچ و باکتری به عنوان کرت فرعی) با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. طبق نتایج تلقیح توأم قارچ و باکتری به‌عنوان بهترین روش تلقیح در شرایط عدم مصرف کود پتاسیم موجب افزایش تعداد خوشه در کپه، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، طول خوشه و عملکرد شلتوک به‌ترتیب ۱/۹۵، ۴/۶۱، ۱۲/۴۷، ۵/۴۷ و ۱۱/۸۴ درصد نسبت به شاهد شد. بنابراین، از این ریزجانداران به خوبی می‌توان جهت دستیابی به کشاورزی پایدار بدون کاهش عملکرد برنج استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتری افزاینده رشد، برنج، سولفات پتاسیم، قارچ اندوفیت، عملکرد.

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان محسوب شده که سالیانه حدود ۳۵ تا ۷۰ درصد کالری مورد نیاز سه میلیارد نفر از جمعیت دنیا را تأمین می‌کند. سطح زیر کشت این گیاه در ایران معادل ۵۹۰ هزار هکتار با تولید سالانه حدود دو میلیون و ۶۵۵ هزار تن (میانگین عملکرد شلتوک ۴/۵ تن در هکتار) می‌باشد (FAO, 2014). پتاسیم بعد از نیتروژن و فسفر، از جمله مهم‌ترین عناصر پرمصرف برای گیاهان محسوب می‌شود که نقش مهمی در رشد و توسعه گیاهان ایفا می‌کند. این عنصر در برخی واکنش‌های گیاه مانند حفظ تورژسانس سلول، افزایش فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها، کمک به انتقال قند و نشاسته، جذب نیتروژن و سنتز پروتئین نقش کلیدی دارد. از جمله اثرات مثبت کاربرد پتاسیم در برنج می‌توان به افزایش تعداد پنجه، تعداد خوشه و مقاومت به بیماری‌ها اشاره نمود (Bahmanyar and Soodaeemashaee, 2010). امروزه روش‌های متداول کشاورزی جهان با اتکای بیش از حد به سموم و کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید، موفقیت چندانی در جهت مدیریت منابع نداشته و موجب مشکلات زیست‌محیطی زیادی از جمله کاهش باروری خاک و کیفیت محصولات کشاورزی، افزایش آلودگی منابع آب و ایجاد اکوسیستم‌های ناپایدار شده است (Roberts, 2008). بنابراین، در سال‌های اخیر استفاده از کودها و آفت‌کش‌های زیستی جایگزین مناسبی برای تولید عملکردهای بالاتر به همراه کاهش مخاطرات بوم‌شناختی معرفی شده است (Hermosa "et al.," 2012). استفاده از کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در برخی موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی، پایداری تولید، حداکثر بهره‌وری زراعی و کاهش خطرات زیست‌محیطی را در نظام‌های کشاورزی به‌همراه داشته است (Kizilkaya, 2008). در واقع، کود زیستی به مجموعه از ریزجانداران (باکتریایی و یا قارچی) اطلاق می‌گردد که از طریق سازوکارهای مختلف از قبیل تثبیت نیتروژن اتمسفری، محلول کردن ترکیبات نامحلول مانند فسفر و پتاسیم در خاک، تولید هورمون‌های محرک رشد (مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین)، ترشح برخی از آنزیم‌ها مانند آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی و همچنین ویژگی‌های خاک تأثیر مثبت می‌گذارند

(Sharma"et al.," 2013 ؛ Bakhshandeh "et al.," 2014). به عنوان مثال، تلقیح گیاهان با *Piriformospora indica* موجب بهبود جذب آب و مواد غذایی، فتوسنتز، افزایش زیست‌توده و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی گردید (Ansari "et al.," 2013). ایرانشاهی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در گندم نشان دادند که تلقیح قارچ *Pi. indica* یکی از روش‌های زیستی مؤثر جهت تعدیل اثرهای مخرب کمبود فسفر از طریق بهبود وضعیت رشد گیاه و کاهش تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد. احتشامی و همکاران (۱۳۸۹) نیز افزایش عملکرد دانه برنج را از طریق افزایش تعداد پنجه بارور در زمان تلقیح بذر با باکتری *Psuedomonas* گزارش نمودند. آن‌ها اظهار داشتند که این باکتری از طریق افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر می‌تواند منجر به افزایش وزن خشک و عملکرد دانه برنج گردد. در پژوهشی مشابه، حضور باکتری *Pantoea ananatis* موجب افزایش وزن خشک ریشه، برگ و ساقه برنج شد (Bakhshandeh "et al.," 2015). از سوی دیگر، کاربرد قارچ *Pi. indica* باعث تسریع در ظهور سنبله، افزایش تعداد پنجه، سنبله و در نهایت افزایش عملکرد گیاه جو گردید (Achatz "et al.," 2010). به طورکلی، مصرف ترکیبات زیستی نه‌تنها باعث افزایش سود به کشاورز خواهد شد بلکه پیامدهای منفی مصرف مفرط نهاده‌های شیمیایی بر محیط را کاهش خواهد داد (عیدی‌زاده "و همکاران" ۱۳۹۰). بنابراین، این مطالعه به منظور کمّی‌سازی عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم 'طارم محلی') در زمان حضور ریزجانداران افزاینده رشد تحت تأثیر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در روستای لاریم شهرستان جویبار با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه شرقی با ارتفاع ۲۵/۷ متر از سطح آب‌های آزاد به منظور بررسی اثر ریزجانداران افزاینده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم 'طارم محلی') تحت سطوح مختلف کود پتاسیم به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح تلقیح (شاهد، تلقیح نشاء تنها با باکتری *Pantoea ananatis*، تلقیح نشاء تنها با قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* و تلقیح نشاء با باکتری و قارچ به صورت توأم) به عنوان کرت فرعی بودند. ریزجانداران مورد مطالعه از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شدند. برای کشت *Pa. ananatis* از محیط‌کشت نیترینت‌براث به روش پیشنهادی توسط (Bakhshandeh "et al.," 2015) و برای کشت *Pi. indica* از محیط‌کشت کفر (Sherameti "et al.," 2005) استفاده گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)، قبل از کاشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و تیمارهای مختلف کود سولفات پتاسیم مصرف گردید. کود اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله، قبل از نشاءکاری (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مرحله غلاف‌دهی برنج (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به زمین اضافه شد. منطقه مورد آزمایش دارای خاکی با بافت لومی‌شنی بود. تلقیح ریشه گیاهچه برنج (به طور میانگین ۵-۴ برگ) بعد از کندن نشاءها و قبل از نشاءکاری انجام شد. برای تلقیح ریشه‌های گیاهچه برنج از سوسپانسیون باکتری و قارچ به‌ترتیب با جمعیت 10^7 و 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر به مدت ۱۲ ساعت و به روش غوطه‌وری ریشه استفاده شد. بعد از تلقیح، نشاءها از محلول خارج و نشاءکاری در زمین اصلی انجام شد. در تیمار شاهد تنها از محیط کشت بدون باکتری و یا قارچ استفاده گردید. هر کرت آزمایشی دارای شش متر طول، ۲/۵ متر عرض و شامل ۱۶ خط کشت بود. جهت تسهیل در آبیاری فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از اعمال تیمارها، نشاءها به صورت چهار گیاهچه در هر کپه و با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر کشت گردید. آزمایش در شرایط مطلوب مدیریتی اجرا شد. بنابراین، کلیه مدیریت‌های زراعی از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی برای همه کرت‌ها به‌صورت یکنواخت اجرا شد. در مرحله رسیدگی برداشت (۸۵ روز پس از کاشت) جهت اندازه‌گیری عملکرد واقعی یک مترمربع از هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ایی برداشت شد. همچنین، صفات اجزای عملکرد مانند تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه در خوشه (پر و خالی به تفکیک) و طول خوشه روی ده بوته انتخاب شده به صورت تصادفی اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای توصیف روند تغییرات عملکرد شلتوک در مقابل سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم از یک معادله دوتکه‌ای به شکل زیر استفاده شد:

$y = a + bx$ اگر $x \leq x_0$ (رابطه ۱)

$y = a + bx_0$ اگر $x > x_0$

که در آن a، عرض از مبدأ؛ b، شیب خط (افزایش عملکرد شلتوک) به ازای افزایش هر کیلوگرم مصرف کود پتاسیم و x_0، مقدار مصرف کود پتاسیم برای رسیدن به حداکثر عملکرد شلتوک می‌باشند. در بقیه صفات (تعداد خوشه در کپه، طول خوشه، تعداد کل دانه و تعداد دانه پر در خوشه) از یک معادله ساده خطی ($y=a+bx$) استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و شکل‌ها به وسیله نرم‌افزار سیگماپلات نسخه ۱۱ ترسیم شدند.

نتایج و بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود پتاسیم، کاربرد روش‌های مختلف تلقیح باعث افزایش تمامی صفات مورد مطالعه شد. به عبارت دیگر، حضور ریزجانداران افزاینده رشد موجب افزایش ۳/۹۸، ۳/۰۵ و ۱/۹۵ درصدی تعداد خوشه در کپه، ۳/۰۶، ۳/۹۲ و ۵/۴۷ درصدی طول خوشه، ۳/۲۲، ۳/۴۰ و ۴/۶۱ درصدی تعداد دانه کل در خوشه، ۱۱/۳۶، ۱۱/۱۲ و ۱۲/۴۷ درصدی تعداد دانه پر در خوشه و ۲/۹۳، ۶/۸۴ و ۱۱/۸۴ درصدی عملکرد شلتوک به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح تنها با باکتری، تلقیح تنها با قارچ و تلقیح توأم باکتری و قارچ گردید (جدول ۱). علاوه بر این، سرعت افزایش تعداد خوشه در کپه به ازای هر کیلوگرم مصرف کود پتاسیم برابر ۰/۰۰۴۱، ۰/۰۰۶۰، ۰/۰۰۵۳ و ۰/۰۰۷۶ واحد به‌ترتیب برای تیمارهای شاهد، تلقیح تنها با باکتری، تلقیح تنها با قارچ و تلقیح توأم باکتری و قارچ برآورد گردید. در صفت تعداد کل دانه در خوشه نیز روند مشابهی مشاهده شد، یعنی به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود مقدار این صفت با سرعتی معادل ۰/۱۲۶۸، ۰/۰۹۳۳، ۰/۱۰۸۳ و ۰/۰۵۵۰ عدد به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح توأم باکتری و قارچ، تلقیح تنها با باکتری، تلقیح تنها با قارچ و شاهد افزایش یافت. علاوه بر این، سرعت افزایش تعداد دانه پر در خوشه ۰/۰۹۲۲، ۰/۰۹۵۰، ۰/۱۱۳۳ ، ۰/۱۴۰۰ عدد و سرعت افزایش طول خوشه ۰/۰۰۵۲، ۰/۰۰۴۶، ۰/۰۰۴۱ و ۰/۰۰۳۰ سانتی‌متر به ازای مصرف هر کیلوگرم کود پتاسیم به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، تلقیح تنها با باکتری، تلقیح تنها با قارچ و تلقیح توأم باکتری و قارچ بود (جدول ۱ و شکل ۱- الف تا د). با افزایش پتاسیم از شاهد (عدم مصرف کود) تا زمان مصرف ۸۳/۸، ۱۰۳/۷، ۱۲۱/۵ و ۱۳۹/۳ کیلوگرم در هکتار کود، عملکرد شلتوک نیز به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح توأم باکتری و قارچ، تلقیح با قارچ، تلقیح با باکتری و شاهد به حداکثر مقدار خود رسید، به طوری که، سرعت افزایش شلتوک در فاز خطی برابر ۱/۴۶، ۱/۱۴، ۱/۰۸ و ۰/۶۰ گرم در مترمربع بود. البته پس از آن مقدار عملکرد شلتوک ثابت باقی ماند (شکل ۱-و). در مجموع، در هر یک از سطوح کود پتاسیم حداکثر و حداقل عملکرد شلتوک به‌ترتیب در تیمار تلقیح توأم باکتری و قارچ و شاهد مشاهده شد (شکل۱-و). کاربرد تلقیح توأم باکتری و قارچ علاوه بر کاهش مصرف کود پتاسیم به مقدار ۵۵/۵ کیلوگرم در هکتار (۴۰ درصد)، عملکرد شلتوک را به میزان ۷۹ گرم در مترمربع (۱۸/۶ درصد) نسبت به شاهد افزایش داد.

به طور مشابه سایر محققین اظهار داشتند که کمترین عملکرد شلتوک برنج در شرایط بدون مصرف کود پتاسیم مشاهده شد (۳۱۴/۳ گرم در مترمربع) و با افزایش مقدار پتاسیم تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد شلتوک ۱۲/۵۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (رضایی ۱۳۸۹). تلقیح گیاه جو با قارچ *Pi. indica* موجب افزایش ۱۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (Waller "et al.," 2005). همچنین، تلقیح بذر گندم با قارچ میکوریزا و گونه‌های مختلف باکتری *Pseudomonas* به صورت توأم باعث افزایش ۴۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (Mader "et al.," 2011). در آزمایشی دیگر، وزن ساقه، تعداد پنجه و تعداد دانه در خوشه برنج با کاربرد *Pi. indica* به‌ترتیب به میزان ۱۰/۹۶، ۱۹/۱۶و ۷/۲۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (عبدالهی و زارع، ۱۳۹۳). قاسمی‌لمراسکی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نشان دادند که مصرف کود پتاسیم موجب افزایش طول خوشه (از ۲۵/۳۱سانتی‌متر در تیمار شاهد تا ۲۸/۴۰ سانتی‌متر در زمان مصرف ۸۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار) گردید. همچنین، حداقل تعداد کل خوشه‌چه در شرایط شاهد (۱۱۴/۸ خوشه‌چه) مشاهده شد که با افزایش مصرف پتاسیم تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار به مقدار ۱۳/۷۴ درصد افزایش یافت. بهاری‌ساروی وپیردشتی (۱۳۹۱) نیز بیان نمودند که کاربرد کودهای زیستی بر صفاتی همچون وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم (لاین N80) تأثیر

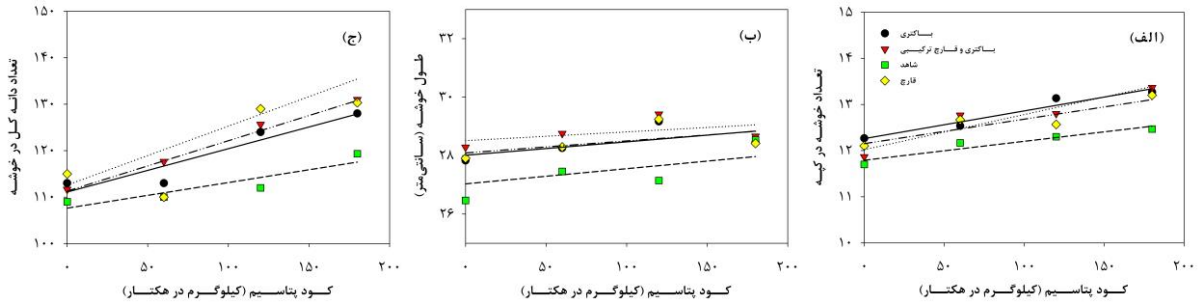
معنی‌داری داشته و بیشترین عملکرد دانه در زمان مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به همراه کاربرد کود زیستی نیتروکسین مشاهده شد. در شرایط عدم مصرف کود فسفر تلقیح بذر گندم با قارچ *P. indica* سبب افزایش ۳۶/۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (Ebrahimi Chamani "et al.," 2015). در مجموع، برای دستیابی به کشاورزی پایدار به خوبی می‌توان از این ریزجانداران در مقادیر کمتر کود سولفات پتاسیم برای بهبود عملکرد برنج (رقم 'طارم محلی') استفاده نمود.

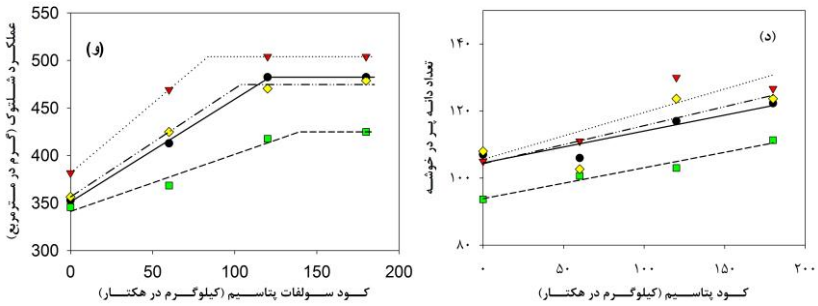
جدول ۱- پارامترهای تخمین‌زده شده توسط مدل دوتکه‌ای و خطی برازش داده شده به صفات مورد مطالعه در سطوح کود سولفات پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح.

صفات	روش تلقیح	†	$a \pm se$	$b \pm se$	$x_0 \pm se$	حداکثر مقدار*	R^2
تعداد خوشه در کپه	شاهد		۱۱/۷۹ ± ۰/۱۰	۰/۰۰۴۱ ± ۰/۰۰۰۹	–	–	۰/۹۱
	باکتری	(+۳/۹۸)	۱۲/۲۶ ± ۰/۱۱	۰/۰۰۶۰ ± ۰/۰۱۰۰	–	–	۰/۹۴
	قارچ	(+۳/۰۵)	۱۲/۱۵ ± ۰/۱۸	۰/۰۰۵۳ ± ۰/۰۰۱۶	–	–	۰/۸۳
	باکتری + قارچ	(+۱/۹۵)	۱۲/۰۲ ± ۰/۲۰	۰/۰۰۷۶ ± ۰/۰۰۱۸	–	–	۰/۸۹
طول خوشه	شاهد		۲۷/۰۳ ±۰ /۷۹	۰/۰۰۵۲ ± ۰/۰۰۷۱	–	–	۰/۲۰
	باکتری	(+۳/۶۲)	۲۸/۰۱ ± ۰/۴۴	۰/۰۰۴۶ ± ۰/۰۰۳۹	–	–	۰/۴۰
	قارچ	(+۳/۹۲)	۲۸/۰۹ ± ۰/۴۷	۰/۰۰۴۱ ± ۰/۰۰۴۲	–	–	۰/۳۲
	باکتری + قارچ	(+۵/۴۷)	۲۸/۵۱ ± ۰/۴۱	۰/۰۰۳۰ ± ۰/۰۰۳۷	–	–	۰/۲۴
تعداد دانه کل در خوشه	شاهد		۱۰۷/۶۳ ± ۱/۹۵	۰/۰۵۵ ± ۰/۰۱۷	–	–	۰/۸۳
	باکتری	(+۳/۲۲)	۱۱۱/۱۰ ± ۲/۶۵	۰/۰۹۳۳ ± ۰/۰۲۳	–	–	۰/۸۸
	قارچ	(+۳/۴۰)	۱۱۱/۳۰ ± ۵/۸۲	۰/۱۰۸۳ ± ۰/۰۵۱	–	–	۰/۶۸
	باکتری + قارچ	(+۴/۶۱)	۱۱۲/۶۰ ± ۵/۵۶	۰/۱۲۶۸ ± ۰/۰۴۹	–	–	۰/۷۶
تعداددانه پر در خوشه	شاهد		۹۳/۸۶ ± ۱/۴۶	۰/۰۹۲۲ ± ۰/۰۱۳	–	–	۰/۹۶
	باکتری	(+۱۱/۳۶)	۱۰۴/۵۳ ± ۲/۹۹	۰/۰۹۵ ± ۰/۰۲۶	–	–	۰/۸۶
	قارچ	(+۱۱/۱۲)	۱۰۴/۳۰ ± ۶/۴۵	۰/۱۱۳۳ ± ۰/۰۵۷	–	–	۰/۶۵
	باکتری + قارچ	(+۱۲/۴۷)	۱۰۵/۵۷ ± ۵/۴۲	۰/۱۴۰۰ ± ۰/۰۴۸	–	–	۰/۸۰
عملکرد شلتوک	شاهد		۴۲۶/۵ ± ۱۲/۲	۰/۷۵ ± ۰/۱۵۸۸	۱۳۹/۳ ± ۲۶/۷۰	۴۲۴/۷	۰/۹۷
	باکتری	(+۲/۹۳)	۴۳۹/۰ ± ۴/۴۷	۱/۳۵ ± ۰/۰۵۷۷	۱۲۱/۵ ± ۴/۹۴	۴۸۲/۴ (+۱۳/۵۸)	۰/۹۹
	قارچ	(+۶/۴۸)	۴۵۵/۷± ۷/۴۲	۱/۲۵ ± ۰/۰۱۷۵	۱۱۷/۴ ± ۱۳/۵	۴۷۴/۶ (+۱۱/۷۵)	۰/۹۹
	باکتری + قارچ	(+۱۱/۸)	۴۷۷/۰± ۵/۲۱	۱/۴۹ ± ۰/۰۰۱۲	۱۰۲/۶ ± ۸/۳۴	۵۰۳/۹ (+۱۸/۶۵)	۰/۹۹

† اعداد داخل پرانتز بیانگر درصد افزایش (+) هر یک از تیمارها نسبت به شرایط شاهد می‌باشد.

* حداکثر مقدار؛ نشان‌دهنده مقادیر برآورد شده توسط رابطه شماره ۱ می‌باشد.





شکل ۱- روند تغییرات صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح با ریزجانداران افزاینده رشد

منابع

احتشامی، س. م.ر.، ز. امین‌دلدار و. خاوازی، ک. ۱۳۸۹. اثر محلولپاشی باکتری‌های جنس سودوموناس بر صفات کمی و اجزای عملکرد ارقام برنج. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. صفحه‌های ۹۹ تا ۱۰۶.

اشرف‌عبدالهی، ع و زارع، م ج. ۱۳۹۳.تأثیر قارچ‌های میکوریز و اندوفیت ریشه در شرایط خزانه مرطوب و نیمه‌مرطوب بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد برنج. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد هشتم، شماره ۱، صفحه‌های ۲۲۳ تا ۲۳۰.

بهاری‌ساروی، س. ح و پیردشتی، ه ا. ۱۳۹۱. ارزیابی کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و حل‌کننده فسفات (PSM) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم N80) در سطوح مختلف نیتروژن و فسفر در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد دهم، شماره ۴، صفحه‌های ۶۸۱ تا ۶۸۹.

رحمانی‌ایرانشاهی، د.، سپهری ،م.، خوشگفتارمنش، ا ح. ،ا عشقی‌زاده، ح ر. وجهاندیده مهجن آبادی، و ا.۱۳۹۴. اثر تلقیح قارچ اندوفیت (*Piriformospora indica*) بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تحمل گندم در شرایط کمبود فسفر در سیستم هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای، جلد ششم، شماره ۲۴، صفحه‌های ۷۵ تا ۸۵.

رضایی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثرات مقادیر سیلیس و پتاسیم در دو آرایش کاشت بر خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی وابسته به ورس در برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم محلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر.۱۰۲ صفحه.

عیدی‌زاده، خ.، مهدوی‌دامغانی، ع ا.، ابراهیم‌پور، ف و. صباحی، ح. ۱۳۹۰. اثرات مقدار و روش کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، سال چهارم، شماره ۳، صفحه‌های ۲۱ تا ۳۵.

قاسمی‌لمراسکی، م.، نورمحمدی، ق.، مدنی.، ح.، حیدری‌شریف‌آبادی، ح و مبصر، ح ر. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و پتاسیم و کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج ایرانی طارم هاشمی و طارم محلی (*Oryza sativa* L.) یافته‌های نوین کشاورزی، سال نهم، شماره ۱، صفحه‌های ۴۷تا۶۷.

Ansari MW., Bains G., Shukla A., Pant RC and Tuteja N (2013) A critical review on fungi mediated plant responses with special emphasis to *Piriformospora indica* on improved production and protection of crops Plant Physiol Biochem, 70 403-410.

Achatz B. S., vonRuden D., Andrade E., Neumman J., Pons-Kuhnemann K.H., Kogel P., Franken and Waller F. 2010. Root colonization by *Piriformospora indica* enhances grain yield in barley under diverse nutrient regimes by accelerating plant development. Plant and Soil, 333: 59-70.

Bahmanyar M.A. and Soodaee Mashaee S. 2010. Influences of nitrogen and potassium top dressing on yield and yield components as well as their accumulation in rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology, 9: 18. 2648-2653.

Bakhshandeh E., Rahimian H., Pirdashti H. and Nematzadeh G. A. 2015. Evaluation of phosphate solubilizing bacteria on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in northern Iran. Journal of Applied Microbiology, 119:1371-1382.

Bakhshandeh E., Rahimian H., Pirdashti H. and Nematzadeh G. A. 2014. Phosphate solubilization potential and modeling of stress tolerance of rhizobacteria from rice paddy soil in northern Iran. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30:2437-2447.

EbrahimiChamani H. E., Yasari E. and Pirdashti H. 2015. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L. cv. Shiroodi) to different phosphate solubilizing microorganisms and mineral phosphorous. International Journal of Biosciences (IJB). 6:70-75.

FAO (2014) FAOSTAT/ Productionstat/ Crops [Online]. Available at http://Faostat.Fao.Org/Site/567/Default.aspx. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

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

Kizilkaya R. 2008.Yield response and nitrogen concentration of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering, 33:150-156.

Mader P., Kaiser F., Adholeya A., Sing R., Upal H.S., Sharma A.K., Srivastava R., Sahai V., Aragno M., Wiemken A., Johri B.N. and Friend P.M. 2011. Inoculation of root microorganism for Sustainable wheat rice and wheat bhack gram rotations in India.soil Biology and Biochemistry, 43:609-619.

Roberts T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32:177-182.

Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H. and Gobi T.A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. Review. Journal Springer Plus, 2:587. 1-14.

Sherameti I., Shahollari B., Venus Y., Altschmied L., Varma A., and Oelmüller, R. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* stimulates the expression of nitrate reductase and the starch-degrading enzyme glucan-water dikinase in tobacco and Arabidopsis roots through a homeodomain transcription factor which binds to a conserved motif in their promoters. Journal of Biological Chemistry, 280: 2641-7.

Waller 2010. Root colonization by *Piriformospora indica* enhances grain yield in barley under diverse nutrient regimes by accelerating plant development. Plant and Soil, 333: 59-70.

Evaluation of *Piriformospora indica* and *Pantoea ananatis* on yield and yield components of rice at different levels of potassium

Z. Gilani[1], H. Pirdashti[2], E. Bakhshandeh[3*]

1- MSc Student of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

2, 3- Associate and Assistant Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan & Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Abstract

A field experiment was carried out in a split plot based on a randomized complete block design to evaluate the effect of plant growth promoting microorganism (PGPM) on yield and yield components of rice (cv. 'Tarom Mahalli') at different levels of potassium sulfate fertilizer (PSF; zero, 60, 120 and 180 kg ha^{-1} as the main plot) and four levels of inoculations (control (without microorganism), single inoculations with *Piriformospora indica*, *Pantoea ananatis* and co-inoculation as the sub-plot) with three replications in 2016. Based on our findings, co-inoculation treatment as the best method increased the number of panicles in $hill^{-1}$, total number of grain in panicle, the number of filled grain in panicle, panicle length and grain yield by 1.95, 4.61, 12.47, 5.47 and 11.84%, respectively, when applied this treatment at zero PSF compared to the control. Consequently, these PGPM can be used for achieving a sustainable agriculture without a decline in rice grain yield.

Keywords: Entophytic fungal, plant growth promoting microorganism, potassium sulfate, yield.