بررسی روند تغییرات برخی صفات رویشی برنج در مقادیر مختلف کود پتاسیم در زمان استفاده از ریزجانداران افزاینده رشد

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.

e.bakhshandeh@sanru.ac.ir و bakhshandehesmail@gmail.com

چکیده

به‌منظور ارزیابی ریزجانداران افزاینده رشد بر برخی صفات رویشی برنج (رقم 'طارم محلی') در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و سطوح مختلف تلقیح شامل (شاهد (بدون تلقیح)، تلقیح با قارچ اندوفیت *Piriformospora indica*، تلقیح با باکتری افزاینده رشد *Pantoea ananatis* و تلقیح توأم قارچ و باکتری) به عنوان کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که در هر سطح از مصرف کود پتاسیم، حضور این ریزجانداران باعث افزایش تمامی صفات مورد مطالعه شد. بین تیمارها، مقادیر صفات در تیمار تلقیح توأم قارچ و باکتری بیشتر از بقیه تیمارها و شاهد بود. به طورکلی، در زمان کاربرد تلقیح توأم باکتری و قارچ با افزایش مقدار کود از صفر (شاهد) تا ۱۳۴/۶، ۱۲۷/۶، ۱۰۶/۵ و ۱۰۶/۵ کیلوگرم در هکتار صفات ارتفاع بوته (۶/۱۸ درصد)، شاخص سطح برگ (۳۵/۷ درصد)، تعداد پنجه در کپه (۲۵/۱ درصد) و تعداد کل برگ در کپه (۴/۶۹ درصد) نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت. علاوه بر این، سرعت افزایش تعداد برگ در ساقه اصلی به ازای هر کیلوگرم مصرف کود ۰/۰۰۰۳۸، ۰/۰۰۶۵، ۰/۰۰۵۶ و ۰/۰۰۵۳ عدد به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، تلقیح باکتری، تلقیح قارچ و تلقیح توأم باکتری و قارچ مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: برنج، سولفات پتاسیم، ریزجانداران افزاینده رشد.

مقدمه

خودکفایی در تولید برنج یکی از اهداف کشور بوده که برای دستیابی به این هدف بر اساس موازین کشاورزی پایدار رعایت نکات به‌زراعی یعنی استفاده مناسب و بهینه از کودهای شیمیایی و یا کودهای زیستی به عنوان جایگزین مناسب ضروری است. استفاده از ریزجانداران افزاینده رشد علاوه بر افزایش رشد گیاه می‌توانند اثرات مخرب عوامل بیماری‌زای گیاهی را کنترل و همچنین از طریق بهبود رشد گیاه باعث افزایش کمّی و کیفی محصولات گردند (پان‌مورگان و گوپی، ۲۰۰۶). حاجی‌نیا و همکاران (۱۳۹۱)

نشان دادند که کاربرد قارچ اندوفیت (*Piriformospora indica*) و باکتری (*Azospirillum* sp.) موجب افزایش معنی‌دار زیست‌توده تر و خشک بخش هوایی گیاه گندم گردید. باشان و همکاران (۲۰۰۴) گزارش نمودند که نشاهای تلقیح شده با باکتری *Azospirillum brasiliense* رشد بهتری نسبت به نشاهای بدون تلقیح داشته که علت آن را افزایش سطح ریشه‌ها و در نتیجه افزایش جذب مواد غذایی نسبت دادند. در مجموع، بهره‌گیری از این گونه ریزجانداران باعث کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی محیط‌زیست می‌گردد (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۵). پتاسیم بعد از نیتروژن و فسفر، مهم‌ترین عنصر پرمصرف برای گیاهان محسوب می‌شود که نقش مهمی در رشد، متابولیسم و توسعه گیاهان ایفا می‌کند. پتاسیم در برنج از طریق افزایش اندازه و وزن دانه، افزایش مقاومت به شرایط آب و هوایی نامطلوب، بیماری‌ها، افزایش استحکام ساقه و همچنین کاهش ورس (خوابیدگی) نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و افزایش عملکرد ایفا می‌کند (پارما و سیندهو، ۲۰۱۳). برنج به عنوان یک غله مهم در رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان و از جمله ایران از اهمیت بسزایی برخوردار است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی روند تغییرات برخی صفات رویشی برنج (رقم 'طارم محلی') در مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم در زمان استفاده از ریزجانداران افزاینده رشد اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی بهبود برخی صفات رویشی برنج (رقم 'طارم محلی') تحت تأثیر ریزجانداران افزاینده رشد در مقادیر مختلف کود پتاسیم آزمایشی در روستای لاریم شهرستان جویبار به صورت کرت‌های خردشده 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. براساس نتایج آزمون خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)، قبل از کاشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و تیمارهای مختلف کود سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز در دو مرحله، قبل از نشاءکاری (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مرحله غلاف‌دهی برنج (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به زمین اضافه شد. بافت خاک محل آزمایش لومی‌شنی بود. تلقیح ریشه گیاهچه برنج (۳۰ روز سن و به طور میانگین ۵-۴ برگ) قبل از نشاءکاری انجام شد. برای این کار از سوسپانسیون باکتری و قارچ به‌ترتیب با جمعیت 10^8 و 10^9 سلول زنده در هر میلی‌لیتر به مدت ۱۲ ساعت و به روش غوطه‌وری ریشه استفاده گردید. در تیمار شاهد تنها از محیط کشت بدون باکتری و یا قارچ استفاده شد. هر کرت آزمایشی شش متر طول، دو و نیم متر عرض و شامل ۱۶ خط کشت با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر بود (چهار گیاهچه در هر کپه). آزمایش در شرایط مطلوب مدیریتی اجرا شد. صفات رویشی مانند تعداد بر در ساقه اصلی، کل برگ در کپه و ارتفاع بوته (با استفاده از خط‌کش) در مرحله گرده‌افشانی و تعداد پنجه در مرحله حداکثر پنجه‌زنی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین سطح برگ (مرحله گرده‌افشانی) از معادله پیشنهاد شده توسط بخشنده و همکاران (۱۳۹۵) به شکل زیر استفاده گردید:

سطح برگ = وزن خشک برگ سبز×۲۵۴/۶۳ (۱)

برای توصیف روند تغییرات صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و در زمان کاربرد ریزجانداران مختلف افزاینده رشد از یک معادله دوتکه‌ای به شکل زیر استفاده شد:

$y = a + bx$ اگر $x \leq x_0$

$y = a + bx_0$ اگر $x > x_0$

که در آن a، عرض از مبدأ؛ b، شیب خط (افزایش صفات) به ازای افزایش هر کیلوگرم مصرف کود پتاسیم و x_0، مقدار مصرف کود پتاسیم برای رسیدن به حداکثر مقدار هر یک از صفات می‌باشند. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و شکل‌ها به وسیله نرم‌افزار سیگماپلات نسخه ۱۰ ترسیم شدند.

نتایج و بحث

طبق نتایج مطالعه حاضر، در تمامی سطوح کود پتاسیم حداکثر و حداقل ارتفاع بوته به‌ترتیب در روش تلقیح با قارچ (۱۴۸/۹ سانتی‌متر) و در شرایط عدم تلقیح (۱۴۲/۶ سانتی‌متر) مشاهده گردید (جدول ۱). همچنین، تلقیح تنها با باکتری و یا قارچ در حد واسط بین تیمار شاهد و تلقیح توأم قارچ و باکتری قرار داشتند (شکل ۱-الف). از شرایط شاهد (عدم مصرف کود) تا زمان مصرف ۱۱۰/۷، ۱۳۴/۶، ۱۴۲/۰ و ۱۴۹/۲ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم ارتفاع بوته به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود ۰/۰۲۵۰، ۰/۰۸۰۶، ۰/۰۷۷۸ و ۰/۰۷۹۷ سانتی‌متر به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، تلقیح توأم باکتری و قارچ، تلقیح تنها با باکتری و تلقیح تنها با قارچ افزایش یافت (شکل ۱-الف). به طور مشابه، احتشامی و همکاران (۱۳۸۹) بیان داشتند که محلول‌پاشی برنج (رقم طارم هاشمی) با باکتری *P. flourcense* strain 136 موجب افزایش ارتفاع بوته (۱۴۳/۸۹ سانتی‌متر) نسبت به شرایط عدم تلقیح (۱۰۸/۳سانتی‌متر) شد. حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ در تیمار تلقیح توأم قارچ و باکتری و شاهد به‌ترتیب ۶/۴۶ و ۴/۷۶ مشاهده گردید (جدول ۱). به طور کلی، به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود در تیمارهای تلقیح توأم قارچ و باکتری، تلقیح تنها با باکتری، تلقیح تنها با قارچ و شاهد به‌ترتیب شاخص سطح برگ با سرعت ۰/۰۱۸۳، ۰/۰۱۴۹، ۰/۰۱۲۵ و ۰/۰۰۸۸۱ تا زمان مصرف کود ۱۲۰، ۱۲۱/۶، ۱۲۷/۵ و ۱۲۷/۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۱-د). تغییرات تعداد پنجه در کپه نیز روند مشابهی را نشان داد. از شرایط شاهد تا زمان مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود تعداد پنجه ۰/۰۳۷۰، ۰/۰۲۵۹، ۰/۰۲۹۶ و ۰/۰۱۸۵ عدد به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح توأم قارچ و باکتری، تلقیح تنها با باکتری، تلقیح تنها با قارچ و شاهد افزایش یافت. در همین راستا، ابراهیمی‌چمانی و همکاران (۲۰۱۵) بیشترین تعداد پنجه (۲۶/۳ عدد) را در زمان کاربرد تلفیقی *P. fluorescens* و *P. Putida* به‌همراه مصرف ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل گزارش نمودند. تعداد کل برگ در کپه نیز با مصرف ۱۰۶/۵، ۱۲۰، ۱۲۰ و ۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در تیمارهای تلقیح توأم قارچ و باکتری، تلقیح با باکتری، تلقیح با قارچ و بدون تلقیح نسبت به شرایط شاهد (بدون مصرف کود) به‌ترتیب با سرعت ۰/۰۱۷۲، ۰/۰۱۸۲، ۰/۰۱۳۱ و ۰/۰۲۲ عدد به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود افزایش یافت (جدول ۱ و شکل ۱-ج). شریعتی و همکاران (۱۳۹۳) اظهار داشتند که کاربرد باکتری افزاینده رشد *P. flourcense* به‌ترتیب موجب افزایش ۴۶، ۲۲/۳، ۱۱۴، ۵۳/۶، ۲۲/۱ و ۷۴ درصدی عملکرد دانه، وزن تر گیاه، مقدار آهن، روی، کلروفیل و فسفر در اندام هوایی ذرت گردید. علاوه بر این، سرعت افزایش تعداد برگ در ساقه اصلی به ازای هر کیلوگرم مصرف کود ۰/۰۰۰۳۸، ۰/۰۰۶۵، ۰/۰۰۵۶ و ۰/۰۰۵۳ عدد به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، تلقیح باکتری، تلقیح قارچ و تلقیح توأم باکتری و قارچ مشاهده گردید (جدول ۱ و شکل ۱-و). در مجموع بین تیمارها، تیمار تلقیح توأم قارچ و باکتری را می‌توان به عنوان مناسب‌ترین تیمار جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به کشاورزی پایدار برای این منطقه پیشنهاد نمود.

منابع مورد استفاده

۱. احتشامی س م ر، امین‌دلدار ز و خاوازی ک، ۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی باکتری‌های جنس *Pseudomnas fluorescens* بر صفات کمی و اجزای عملکرد ارقام برنج در شرایط گلخانه. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. سال ۴، جلد۱۴.صفحه ۹۹ تا ۱۰۶.

۲. بخشنده ا، حسینی م، فرزین ن و پیردشتی ه ا، ۱۳۹۵. معرفی یک روش ساده و سریع برای برآورد سطح برگ برنج، هفدهمین همایش ملی برنج کشور، بهمن‌ماه، ساری، ایران. (پذیرش شده)

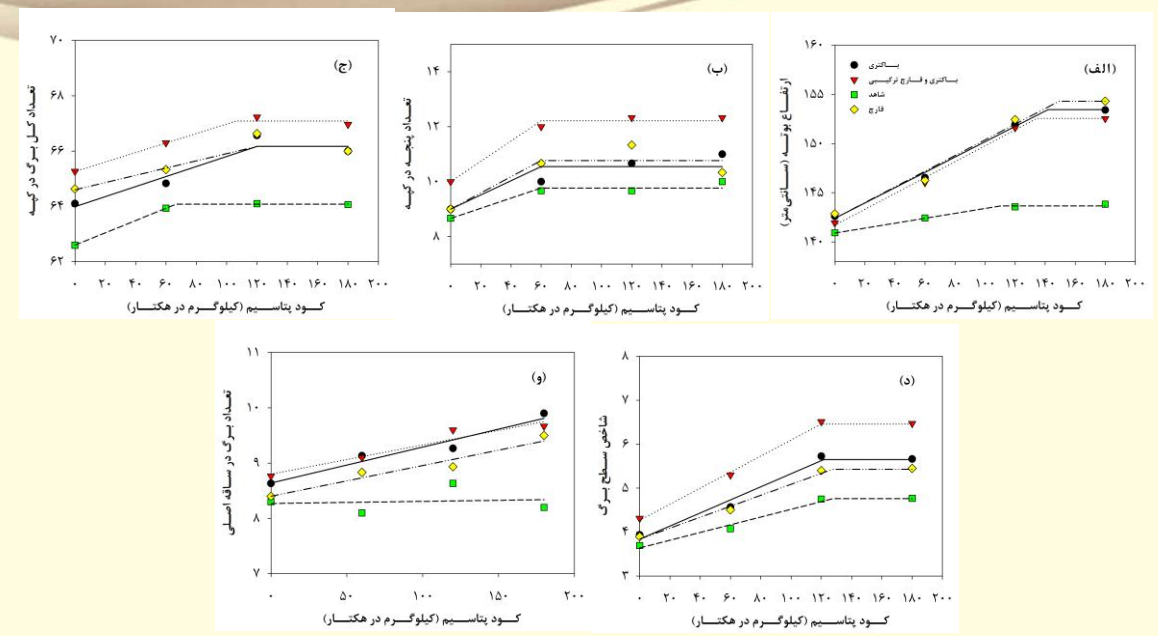
۳. حاجی‌نیا س، زارع م ج، محمدی‌گل‌تپه ا و رجالی ف، ۱۳۸۹. بررسی سودمندی قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* و باکتری *Azospirillum* sp. در افزایش تحمل گندم رقم سرداری (*Triticum aestivum* L.) به تنش شوری. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی جلد،۴ شماره ۱. صفحه ۲۱ تا ۳۱.

۴. شریعتی ش، علیخانی ح ع، پوربابائی ا ع و شریعتی ف، ۱۳۹۳. تاثیر مایه‌زنی به بذر و خاک زادمایه باکتری افزاینده رشد گیاه *Pseudomonas fluorescens* بر عملکرد و جذب برخی عناصر در ذرت. مجله علمی کشاورزی. جلد۳۷، شماره ۱. صفحه ۹۳تا ۱۰۶.

5. 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.
6. Bashan Y, Holguin G, De-Bashan, LE. 2004. *Azospirillum*-plantrelationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). Canidian Journal Microbiology 50:521–577
7. Ebrahimi Chamani H.,Yasari E., Pirdashti H.2015. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L. cv. Shiroodi) to different phosphate solubilizingmicroorganisms and mineral phosphorous.International Journal of Biosciences. 6(3):70-75.
8. Ponmurugan P. and Gopi C. 2006. Invitor production of growth regulators and phosphates activity by phosphate solubilizing bacteria. African Journal of Biotecnology. 5(4):348-350.
9. Parmar P and Sindhu S.S. 2013. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria influence of nutritional and environmental conditions. Journal of Microbiology. 3(1): 25-31.

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
ارتفاع بوته	شاهد	۱۴۰/۹ ± ۰/۱۸۸	۰/۰۲۵۰ ± ۰/۰۰۴۴	۱۱۰/۷ ± ۱۶/۲۰	۱۴۳/۶۶	۰/۹۹
	باکتری	۱۴۲/۴ ± ۰/۵۴۶	۰/۰۷۷۸ ± ۰/۰۰۷۰	۱۴۲/۰ ± ۱۱/۵۹	۱۵۳/۴۴ (+۶/۸۰)	۰/۹۹
	قارچ	۱۴۲/۴± ۱/۰۳۱	۰/۰۷۹۷ ± ۰/۰۱۳۳	۱۴۹/۲ ± ۲۲/۱۲	۱۵۴/۲۹ (+۷/۳۹)	۰/۹۸
	باکتری + قارچ	۱۴۱/۷± ۰/۵۴۶	۰/۰۸۰۶ ± ۰/۰۰۷۰	۱۳۴/۶ ± ۱۰/۷۸	۱۵۲/۵۴ (+۶/۱۸)	۰/۹۹
شاخص سطح برگ	شاهد	۳/۶۴ ± ۰/۱۰۷	۰/۰۰۸۸۱ ± ۰/۰۰۱۳	۱۲۷/۶ ± ۱۸/۷۲	۴/۷۶	۰/۹۸
	باکتری	۳/۹۸ ± ۰/۱۹۵	۰/۰۱۴۹ ± ۰/۰۰۲۵	۱۲۱/۶ ± ۱۹/۵۳	۵/۶۵ (+۱۸/۶۹)	۰/۹۸
	قارچ	۳/۸۴ ± ۰/۱۰۵	۰/۰۱۲۵ ± ۰/۰۰۱۳	۱۲۷/۵ ±۱۲/۹۰	۵/۴۳ (+۱۴/۰۷)	۰/۹۹
	باکتری + قارچ	۴/۲۷ ± ۰/۰۸۴	۰/۰۱۸۳ ± ۰/۰۰۱۰	۱۲۰/۰ ± ۶/۸۱	۶/۴۶ (+۳۵/۷۱)	۰/۹۹
تعداد پنجه در کپه	شاهد	۸/۶۶ ±۰ /۱۹۲	۰/۰۱۸۵ ± ۰/۰۰۳۷	۶۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۹/۷۷	۰/۹۲
	باکتری	۹/۰۰ ± ۰/۵۰۹	۰/۰۲۵۹ ± ۰/۰۰۹۸	۶۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۱۰/۵۵ (+۷/۹۸)	۰/۷۷
	قارچ	۹/۰۰ ± ۰/۵۰۹	۰/۰۲۹۶ ± ۰/۰۰۹۸	۶۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۱۰/۷۷ (+۱۰/۲۳)	۰/۸۲
	باکتری + قارچ	۱۰/۰ ± ۰/۱۹۲	۰/۰۳۷۰ ± ۰/۰۰۳۷	۶۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۱۲/۲۲ (+۲۵/۰۷)	۰/۹۸
تعداد کل برگ در کپه	شاهد	۶۲/۶۰ ± ۰/۰۲۳	۰/۰۲۲۲ ± ۰/۰۰۰۵۵	۱۲۰/۰ ± ۵/۲۵	۶۴/۰۸	۰/۹۹
	باکتری	۶۳/۹۹ ± ۰/۴۶۳	۰/۰۱۸۲ ± ۰/۰۰۵۹	۱۲۰/۰ ± ۳۷/۸۱	۶۶/۱۷ (+۳/۲۶)	۰/۹۳
	قارچ	۶۴/۶۰ ± ۰/۴۹۴	۰/۰۱۳۱ ± ۰/۰۱۱	۱۲۰/۰ ± ۸۸/۵۷	۶۶/۱۷ (+۳/۲۶)	۰/۹۰
	باکتری + قارچ	۶۵/۲۶ ± ۰/۱۸۸	۰/۰۱۷۲ ± ۰/۰۰۴۴	۱۰۶/۵ ± ۲۲/۵۶	۶۷/۰۹ (+۴/۶۹)	۰/۹۸
تعداد برگ در ساقه اصلی	شاهد	۸/۲۷ ± ۰/۲۳	۰/۰۰۳۸ ± ۰/۰۰۲۱	-	-	۰/۰۱
	باکتری	۸/۶۴ ± ۰/۱۲	۰/۰۰۶۵ ± ۰/۰۰۱۰	-	-	۰/۹۴
	قارچ	۸/۴۰ ± ۰/۱۱	۰/۰۰۵۶ ± ۰/۰۰۱۰	-	-	۰/۹۴
	باکتری + قارچ	۸/۸۰ ± ۰/۱۱	۰/۰۰۵۳ ± ۰/۰۰۰۹۹	-	-	۰/۹۳



شکل ۱- اثر روش‌های مختلف تلقیح بر صفات رویشی برنج (رقم طارم محلی) در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم.