اثر باکتری *Enterobacter* sp. بر برخی خصوصیات رویشی برنج در سطوح مختلف کود پتاسیم و روش تلقیح

خدیجه شهسوارپورلنده[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*- نویسنده مسوول: استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
bakhshandehesmail@gmail.com و e.bakhshandeh@sanru.ac.ir

چکیده

در این پژوهش اثر باکتری افزاینده رشد *Enterobacter* sp. بر برخی خصوصیات رویشی برنج (رقم 'طارم هاشمی') در سطوح مختلف کود پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح در روستای آقاملک شهرستان بابل بررسی شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. شش سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و روش‌های کاربرد باکتری در چهار سطح (شاهد، تلقیح بذر در خزانه، تلقیح نشاء و تلقیح توأم نشاء و خزانه) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم (به جز ارتفاع بوته) و روش‌های مختلف تلقیح (به جز تعداد کل برگ در کپه) قرار گرفتند. با افزایش مصرف پتاسیم تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تمامی صفات مورد مطالعه نسبت به شرایط شاهد برتری داشتند. تلقیح توأم بذر در خزانه و ریشه گیاهچه در زمان نشاءکاری موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد کل برگ در کپه و شاخص سطح برگ به ترتیب ۱/۲۵، ۱۱/۷۵، ۱۲/۵ و ۱۷/۹۲ درصدی و کاهش روز تا گرده‌افشانی ۰/۷۸ درصدی نسبت به شاهد (بدون تلقیح) شد به طوری‌که، از روش‌های تلقیح دیگر بهتر بود. در مجموع، این تیمار (تلقیح توأم) به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم را می‌توان به‌عنوان بهترین تیمار برای این منطقه پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتری افزاینده رشد، برنج، پتاسیم، خصوصیات رویشی.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) پس از گندم مهم‌ترین محصول غذایی در جهان و ایران محسوب می‌شود. از قرن‌های گذشته مصرف کودهای شیمیایی باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی شد، اما اتمام منابع اولیه و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی در آینده نه‌چندان دور، کاربرد همیشگی این گونه کودها را غیرقابل پیش‌بینی نموده است (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۵).

پتاسیم (K^+) از مهم‌ترین مواد مغذی کاتیونی برای تمامی موجودات زنده بوده، و نقش مهمی در بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژیکی گیاه از قبیل افزایش تعداد پنجه، تعداد برگ، مقاومت و استحکام ساقه و جذب مواد غذایی و عملکرد در گیاه ایفا می‌کند و به طور عمده در خاک به سه شکل محلول (قابل استفاده برای گیاه حدود یک تا دو درصد)، تثبیت شده و موجود در مواد معدنی خاک (حدود ۹۸-۹۰ درصد) وجود دارد. در همین زمینه در پژوهشی افزایش تعداد پنجه و عدم تاثیر ارتفاع برنج به مصرف کود پتاسیم گزارش شد (اکبرلو ۱۳۹۲). امروزه در پی مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی، بسیاری از محققین و کشاورزان به دنبال راه‌کاری جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات سالم می‌باشند، بهره‌گیری از موجودات مفید خاکزی به منظور بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامت گیاه از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای کمک به پایداری و تعادل سیستم زنده خاک و جلوگیری از خطر انباشت آلاینده‌های شیمیایی در محیط زیست پیشنهاد گردید (هاساین و همکاران ۲۰۱۶). به طور کلی، ریزجانداران مفید به دو روش مستقیم (ترشح مواد آلی و تولید برخی از هورمون‌های گیاهی، انحلال ترکیبات نامحلول و تولید آنزیم‌ها) و غیرمستقیم (تولید سیدروفور، سیانید هیدروژن، خصوصیات بیوکنترلی) باعث بهبود رشد گیاهان خواهند شد (احمد و کبرات، ۲۰۱۴). بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر باکتری افزاینده رشد (*Enterobacter* sp.) بر برخی خصوصیات رویشی برنج (رقم طارم هاشمی) در سطوح مختلف کود پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در روستای آقاملک شهرستان بابل با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۵ متر از سطح آب‌های آزاد به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. باکتری افزاینده رشد *Enterobacter* sp. از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شد (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۴). شش سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و روش‌های مختلف تلقیح با باکتری در چهار سطح (شاهد، تلقیح بذر در مرحله خزانه، تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری و تلقیح بذر در مرحله خزانه به همراه تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری) به عنوان کرت فرعی بودند. بر اساس نتایج آزمون خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)، کود سوپر فسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمارهای مختلف کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت و کود اوره در سه مرحله (۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، ۳۵ کیلوگرم در هکتار سه هفته بعد از نشاءکاری و ۳۵ کیلوگرم در هکتار در زمان ظهور خوشه) به زمین اضافه شدند. جهت تلقیح بذر در خزانه، بذرهای جوانه‌دار برنج (با طول ریشه‌چه حدود سه میلی‌متر) به مدت پنج ساعت در چهار لیتر از سوسپانسیون حاوی باکتری (۱۰۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری کشت‌شده در محیط کشت نیترنت‌براث با جمعیت حدود 10^7 سلول زنده در میلی‌لیتر به ازای هر لیتر آب) غوطه‌ور شدند. سپس بذرها به کمک آبکش از سوسپانسیون خارج و در کرت‌هایی به ابعاد ۱/۵ × ۰/۹ متر پخش گردید. جهت تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری نیز بعد از کندن نشاءها (بدون تلقیح)، تلقیح ریشه گیاهچه‌های برنج (۳۰ روزه و به طور میانگین ۵-۴ برگی) با سوسپانسیون باکتری با جمعیت حدود 10^7 سلول زنده در میلی‌لیتر به مدت ۱۲ ساعت و به روش غوطه‌وری ریشه انجام گردید. سپس نشاءها از محلول خارج و نشاءکاری در زمین اصلی انجام شد. در روش ترکیبی، از هر دو روش تلقیح بذر در مرحله خزانه و تلقیح ریشه گیاهچه‌های برنج استفاده شد. در تیمار شاهد تنها از محیط‌کشت نیترنت‌براث بدون حضور باکتری استفاده گردید. پس از اعمال تیمارها، نشاءها به صورت سه گیاهچه در هر کپه و با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. آزمایش در خزانه و زمین اصلی

در شرایط مطلوب مدیریتی اجرا شد. بنابراین، کلیه عملیات زراعی از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌ها برای همه کرت‌ها به‌صورت یکنواخت انجام گردید. برای تعیین روز تا گرده‌افشانی بازدید روزانه از هر کرت انجام شد و زمانی که ظهور خوشه در هر کرت به ۵۰ درصد رسید، آن تاریخ به عنوان مرحله گرده‌افشانی ثبت گردید. صفات رویشی مانند تعداد برگ در ساقه اصلی، کل برگ در بوته و ارتفاع بوته (با استفاده از خط‌کش) در مرحله گرده‌افشانی و تعداد پنجه در مرحله حداکثر پنجه‌زنی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین حداکثر سطح برگ (مرحله گرده‌افشانی) از معادله پیشنهاد شده توسط بخشنده و همکاران (۱۳۹۵) به شکل زیر استفاده گردید:

[۱] وزن خشک برگ سبز×۲۵۴/۶۳ = سطح برگ

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و میانگین‌ها نیز به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برخی از صفات مورد مطالعه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح قرار گرفتند، اما اثرات متقابل بین تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۱). با مصرف کود سولفات پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد برگ در ساقه اصلی، تعداد کل برگ در کپه و شاخص سطح برگ به ترتیب ۳/۱۴، ۲۰/۰، ۹/۸۲، ۱۳/۰ و ۱۶/۶۶ درصد نسبت به شرایط شاهد (بدون مصرف کود) افزایش یافت و روز تا گرده‌افشانی ۳/۰۲ درصد نسبت به شرایط شاهد کاهش نشان داد (جدول ۱). در کلیه صفات مورد بررسی بین تیمار ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مصرف کود پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اکبرلو (۱۳۹۲) گزارش کرد که تعداد پنجه برنج در زمان مصرف ۱۸۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به ترتیب ۳۰۵/۴ و ۲۸۲/۲ عدد در مترمربع بود. کاربرد باکتری *Enterobacter* sp. همراه با کود پتاسیم، تعداد پنجه، تعداد برگ در ساقه اصلی، تعداد کل برگ در کپه و شاخص سطح برگ برنج را نسبت به شاهد افزایش داد. شارما و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، تعداد برگ و تعداد پنجه برنج رقم Jaya را با کاربرد باکتری *Pseudomonas putida* به‌ترتیب ۳۲، ۱۵، ۱۱۰ و ۴۸ درصد افزایش یافت. بخشنده و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که تلقیح ریشه برنج با باکتری *Enterobacter* sp. و *Rahnella aquatilis* باعث افزایش ارتفاع گیاه به‌ترتیب به میزان ۵/۲ و ۲/۶ درصد نسبت به شاهد شد. هاساین و همکاران (۲۰۱۶) با کاربرد باکتری *P. aurentiaca* و *B. subtilis* همراه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل گزارش کردند که تعداد پنجه به ترتیب ۶۴ و ۱۴ درصد، ارتفاع گیاه ۳/۵ و ۱/۹ درصد و شاخص سطح برگ بعد از ۹۰ روز پس از کاشت ۳۵ و ۵۱ درصد نسبت به شاهد (بدون باکتری) افزایش یافت. بر اساس نتایج این مطالعه، به‌ترتیب روش ترکیبی (تلقیح توأم بذر در خزانه و ریشه گیاهچه در زمان نشاءکاری)، تلقیح بذر در خزانه و تلقیح نشاء به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم را می‌توان به عنوان بهترین تیمارها برای این منطقه پیشنهاد نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان و دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری به‌خاطر حمایت‌های مالی تشکر و قدردانی می‌گردد.

جدول (۱) نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در رقم برنج طارم هاشمی تحت تأثیر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح با باکتری *Enterobacter* sp.

پارامترهای توصیفی		روز تا گرده‌افشانی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	تعداد برگ در ساقه اصلی	تعداد کل برگ در کپه	شاخص سطح برگ
منابع تغییر	درجه‌آزادی						
کود پتاسیم	۵	۱/۹۳ *	۲۷/۸۰ ns	۷/۸۰ *	۲/۲۹ **	۶۴/۹۷ ns	۰/۴۱ *
روش تلقیح	۳	۲/۱۵ *	۴۳/۱۲ *	۸/۱۴ *	۰/۳۵ *	۱۵۱/۴۵ ns	۰/۹۴ *
کود پتاسیم × روش تلقیح	۱۵	۱/۱۶ ns	۱۶/۷۰ ns	۵/۲۵ ns	۰/۱۸ ns	۶۴/۱۵ ns	۰/۲۷ ns
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۰۹	۳/۰۴	۱۷/۳۲	۳/۴۵	۱۶/۱۱	۱۶/۴۹
تیمار		مقایسه میانگین‌ها†					
کود پتاسیم							
۰		۵۷/۹ b	۱۳۹/۵ a	۹/۴۰ b	۹/۱۶ c	۴۴/۵ a	۲/۹۴ b
۲۵		۵۷/۵ (-۰/۷۰) ab	۱۴۰/۸ (+۰/۹۰) a	۹/۳۴ (۰/۰۰۰) b	۹/۳۰ (+۱/۵۲) c	۴۴/۸ (+۰/۵۶) a	۲/۹۱ (۰/۰۰) b
۵۰		۵۶/۸ (-۱/۸۶) ab	۱۴۱/۵ (+۱/۴۱) a	۹/۴۶ (+۰/۶۳۳) b	۹/۹۶ (+۸/۷۳) b	۴۵/۲ (+۱/۵۰) a	۳/۰۵ (+۳/۷۴) ab
۷۵		۵۶/۵ (-۲/۲۹) ab	۱۴۱/۸ (+۱/۶۵) a	۱۰/۶۹ (+۱۳/۷) ab	۱۰/۰۳ (+۹/۴۹) ab	۴۷/۲ (+۵/۹۶) a	۳/۰۳ (+۳/۰۶) ab
۱۰۰		۵۶/۲ (-۲/۸۶) a	۱۴۲/۷ (+۲/۲۷) a	۱۰/۲۹ (+۹/۴۶) ab	۱۰/۲۰ (+۱۱/۳) a	۴۸/۴ (+۸/۵۹) a	۳/۰۸ (+۴/۷۶) ab
۱۲۵		۵۶/۱ (-۳/۰۲) a	۱۴۳/۹ (+۳/۱۴) a	۱۱/۲۸ (+۲۰/۰) a	۱۰/۰۶ (+۹/۸۲) ab	۵۰/۴ (+۱۳/۱) a	۳/۴۳ (+۱۶/۶۶) a
روش تلقیح							
شاهد		۵۷/۲ b	۱۳۹/۷ b	۹/۱۰ b	۹/۶۲ b	۴۲/۴ b	۲/۷۹ b
تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری		۵۶/۳ (-۱/۵۵) a	۱۴۳/۲ (+۲/۵۴) a	۱۰/۶۱ (+۱۶/۵) a	۹/۸۵ (+۲/۳۹) a	۴۸/۳ (+۱۳/۹) a	۲/۹۹ (+۷/۱۶) ab
تلقیح بذر در مرحله خزانه		۵۷/۱ (-۰/۱۰) b	۱۴۲/۸ (+۲/۰۵) ab	۱۰/۴۲ (+۱۴/۵) a	۹/۷۳ (+۱/۱۴) ab	۴۸/۵ (+۱۴/۲) a	۳/۲۲ (+۱۳/۴۱) a
تلقیح بذر و ریشه به صورت ترکیبی		۵۶/۷ (-۰/۷۸) ab	۱۴۱/۵ (+۱/۲۵) ab	۱۰/۱۷ (+۱۱/۷) ab	۹/۹۴ (+۳/۳۲) a	۴۷/۷ (+۱۲/۵) a	۳/۲۹ (+۱۷/۹۲) a

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم معنی‌دار به روش آزمون LSD می‌باشد.

† حروف مشترک در هر ستون و هر تیمار نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. اعداد داخل پرانتز بیانگر درصد افزایش (+) یا کاهش (-) هر یک از تیمارها نسبت به شرایط شاهد می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. 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).

۲. اکبرلو ر، ۱۳۹۲. تأثیر پتاسیم و روش کشت بر عملکرد و برخی صفات زراعی برنج (*Oryza sativa* L.) گرده محلی خوی. مجله پژوهش در علوم زراعی. جلد پنجم، شماره ۱۴. صفحه‌های ۱ تا ۹.

3. Ahemad M and Kibret M, 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. Journal of King Saud University- Science. 26(1):1–20.
4. Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti H and Nematzadeh GA, 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.
5. Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti H and Nematzadeh GA, 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. Sharma A, Shankhdhar D, Sharma A and Shankhdhar SC. 2014. Growth promotion of the rice genotypes by PGPR's isolated from rice rhizosphere. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 14 (2): 505-517.
7. Hussain M, Asgher Z, Tahir M, Ijaz M, Shahid M, Ali H, and Sattar A, 2016. Bacteria in combination with fertilizers improve growth, productivity and net returns of wheat (*Triticum aestivum* L.). 53(3): 633-645.