



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷
صفحه‌های ۲۳۵-۲۴۷

اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی افزایش‌دهنده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

خدیدجه شهسوارپورلنده^۱، همت‌اله پیردشتی^۲، اسماعیل بخشنده^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳. استادیار، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر باکتری بومی فزاینده رشد *Enterobacter* sp. بر برخی صفات رویشی و عملکرد شلتوک برنج (رقم 'طارم هاشمی') آزمایشی در یکی از مزارع روستای آقاملک شهرستان بابل در سال ۱۳۹۵ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل شش سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)، در کرت اصلی و روش‌های تلقیح در چهار سطح (عدم تلقیح بذر یا نشاء به‌عنوان تیمار شاهد، تلقیح بذر در خزانه، تلقیح ریشه نشاء و تلقیح همزمان بذر در خزانه و ریشه نشاء) در کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که روش‌های مختلف تلقیح موجب افزایش ارتفاع بوته (۱/۲۵-۲/۵۴ درصد)، تعداد پنجه (۱۱/۷-۱۶/۵ درصد)، تعداد برگ در کپه (۱۲/۵-۱۴/۲ درصد)، شاخص سطح برگ (۷/۱۶-۱۷/۹ درصد) و عملکرد شلتوک (۱۴/۶-۱۹/۸ درصد) و تسریع وقوع مرحله‌گرده افشانی حدود یک روز نسبت به شاهد شدند. در این آزمایش، آثار اصلی بر صفات مورد مطالعه معنادار و اثر متقابل تیمارها غیرمعنادار بود. روش تلقیح توأم بذر در خزانه و ریشه نشاء با باکتری بر روش‌های دیگر برتری داشت. همچنین، با مصرف کود پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مقدار تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌ویژه عملکرد شلتوک (۱۸/۲ درصد بیشتر از شاهد) افزایش یافت. در نتیجه، کاربرد باکتری و مصرف کود پتاسیم به‌طور جداگانه از طریق بهبود صفات رویشی به‌ویژه تعداد پنجه و تعداد برگ، به افزایش شاخص سطح برگ منجر شد. که از جمله مؤلفه‌های مهم در جذب نور و تأثیرگذار بر میزان کارایی فتوسنتز است و بدین ترتیب سبب بهبود عملکرد برنج شد.

کلیدواژه‌ها: بذر مال، ریشه‌مال، رشد رویشی، سولفات پتاسیم، عملکرد شلتوک.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) پس از گندم، محصول عمده غذایی برای حدود نیمی از جمعیت دنیا محسوب می شود. سطح زیر کشت این گیاه در ایران معادل ۵۳۰ هزار هکتار با تولید سالانه حدود دو میلیون و ۳۴۷ هزار تن (میانگین عملکرد شلتوک ۴/۴۳ تن در هکتار) است. استان مازنداران نیز حدود ۳۸/۵ درصد از سطح زیر کشت برنج کشور را به خود اختصاص داده است (حدود ۲۰۵ هزار هکتار). تولید سالانه این محصول در این استان حدود یک میلیون تن و با میانگین عملکرد شلتوک ۴/۸ کیلوگرم در هکتار است [۱]. به طور کلی، مصرف کودهای شیمیایی برای رسیدن به حداکثر عملکرد، جزئی انکارناپذیر در کشاورزی مدرن است. اما افزایش قیمت، اتمام منابع اولیه و آلودگی های زیست محیطی ناشی از استفاده بی رویه کودهای شیمیایی در آینده نه چندان دور، کاربرد همیشگی این گونه کودها را غیرقابل پیش بینی نکرده است [۱۷].

پتاسیم (K^+) از مهم ترین عناصر غذایی کاتیونی برای تمامی موجودات زنده به شمار می رود و نقش مهمی در بسیاری از فعالیت های رشد و فیزیولوژیک گیاه از قبیل افزایش تعداد پنجه، تعداد برگ، استحکام ساقه، جذب مواد غذایی و عملکرد دانه ایفا می کند [۱۰]. این عنصر معمولاً در خاک به شکل های محلول (قابل استفاده برای گیاه حدود ۱ تا ۲ درصد)، تثبیت شده و موجود در مواد معدنی خاک (حدود ۹۰-۹۸ درصد) وجود دارد. امروزه در پی مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و آلودگی های زیست محیطی، بسیاری از محققان و کشاورزان به دنبال راه کاری برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات سالم هستند. بهره گیری از موجودات مفید خاکری، جایگزینی کارآمد برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامت گیاه از مهم ترین شیوه های علمی برای کمک به پایداری و

تعادل نظام زنده خاک و جلوگیری از خطر انباشت آلاینده های شیمیایی در محیط زیست پیشنهاد شده است [۲۱ و ۲۴]. در سال های اخیر تأثیر مثبت کاربرد این گونه ریزجانداران بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی نیز به اثبات رسیده است [۱۷، ۲۲ و ۲۵].

در مجموع، ریزجانداران مفید به دو روش مستقیم (از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید برخی از هورمون های گیاهی، انحلال ترکیبات نامحلول و تولید آنزیم ها) و غیرمستقیم (نظیر تولید سیدروفور، سیانید هیدروژن، ویژگی های بیوکنترلی، فعال سازی سیستم القاء مقاومت در گیاه و تسهیل جذب عناصر غذایی) باعث بهبود رشد گیاهان میزبان می شوند [۱۵]. بسیاری از محققان اظهار کردند که باکتری های حل کننده فسفات نه تنها باعث افزایش قابلیت جذب فسفر نامحلول و تثبیت شده در خاک می شوند، بلکه با تولید برخی از هورمون های گیاهی از قبیل ایندول استیک اسید موجب تعدیل و تسهیل جذب عناصر غذایی شدند [۱۷، ۲۲، ۲۴ و ۲۵]. برای مثال، افزایش صفات رویشی، رنگدانه های فتوسنتزی، عملکرد شلتوک و زیست توده گیاه برنج در زمان تلقیح با باکتری های *Pseudomonas putida*، *Pseudomonas fluorescens*، *Enterobacter sp.* *Rahnella aquatilis*، و مزرعه ای [۱۷]، افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، تعداد برگ و پنجه در زمان کاربرد *P. putida* [۲۵] و افزایش جذب عناصر، عملکرد شلتوک و وزن خشک ساقه برنج در زمان کاربرد *P. fluorescens* [۲] در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی به تنهایی گزارش شده است. به طور مشابه، بیشترین عملکرد دانه و زیست توده گندم در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل به همراه باکتری های *Pseudomonas* و *Azetobacter* و کمترین عملکرد دانه در زمان عدم مصرف کود شیمیایی و باکتری مشاهده شد [۱۴]. افزایش عملکرد شلتوک برنج نیز

اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

واقع در روستای آقاملک از توابع شهرستان بابل با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۵ متر از سطح آب‌های آزاد اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل شش سطح کود سولفات پتاسیم ۴۴ درصد تهیه شده از شرکت‌های حمایتی کشاورزی (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)، کرت اصلی و روش‌های تلقیح با باکتری *Enterobacter sp.* در چهار سطح (عدم تلقیح بذر یا نشاء به عنوان تیمار شاهد، تلقیح بذر در خزانه، تلقیح ریشه نشاء و تلقیح توأم بذر در خزانه و ریشه نشاء)، کرت فرعی بودند. باکتری بومی فزاینده رشد *Enterobacter sp.* از پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شد. این باکتری از خاک مزارع برنج استان مازندران جداسازی شد که دارای توانایی حل‌کنندگی فسفات نامحلول (۲۵۴ میکروگرم در میلی‌لیتر از منبع تری‌کلسیم فسفات بعد از پنج روز)، پتاسیم نامحلول (۳۳/۶ میکروگرم در میلی‌لیتر از منبع میکا بعد از بیست و پنج روز) و تولید ایندول استیک اسید (۳ میکروگرم در میلی‌لیتر بعد از سه روز) است. همچنین، دما و اسیدیته مطلوب رشد برای این باکتری به ترتیب ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۷/۵ با آستانه تحمل به شوری ۸/۲۳ درصد حاصل از نمک کلرید سدیم است [۱۶ و ۱۸].

در این آزمایش، از گیاهچه‌های تلقیح شده در مرحله خزانه به عنوان تلقیح بذر در خزانه استفاده شد. بدین صورت که بذرهای جوانه دار با طول ریشه چه حدود ۳ میلی‌متر، به مدت ۵ ساعت در سوسپانسیون حاوی باکتری (با جمعیت حدود 10^7 سلول زنده در هر میلی‌لیتر) غوطه ور شدند. برای تلقیح ریشه در زمان نشاء‌کاری نیز بعد از کندن نشاءها (بدون تلقیح)، ریشه گیاهچه‌های برنج

با مصرف توأم باکتری *Azospirillum* و کود شیمیایی نیتروژنه گزارش شد [۲۰]. در آزمایشی دیگر، افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی با مصرف کود سولفات پتاسیم به همراه سویه‌های مختلف باکتری *Bacillus megaterium* و *Lysinibacillus fusiformis* گزارش شد [۱۲].

تاکنون برای تلقیح گیاه با باکتری‌های فزاینده رشد از روش‌های مختلفی استفاده شده است که از جمله می‌توان به روش بذرمال و محلول‌پاشی *Pseudomonas sp.* و *Azospirillum sp.* در برنج [۱۹]، روش بذرمال *Enterobacter sp.* در گندم [۱۳] و محلول‌پاشی برگ و تلقیح ریشه برنج با باکتری *P. fluorescens* [۳] اشاره کرد. در لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) روش تلقیح بذرمال به همراه محلول دهی پای بوته در مرحله گیاهچه نیز، بهترین روش برای رسیدن به بالاترین عملکرد شلتوک (۱۸۰۷ کیلوگرم در هکتار) گزارش شده است [۷]. از آنجایی که ریزجانداران جداسازی شده از منطقه ریزوسفر ریشه گیاه میزبان به علت سازگاری باکتری‌ها با ریشه گیاه و شرایط محیطی منطقه ممکن است نسبت به ریزجانداران جداسازی شده از منابع یا مناطق دیگر اثر مثبت بیشتری به رشد گیاهان داشته باشد [۱۶]، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر باکتری بومی فزاینده رشد *Enterobacter sp.* بر برخی ویژگی‌های رویشی و عملکرد شلتوک برنج (رقم 'طارم هاشمی') در سطوح مختلف کود پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح در شرایط مزرعه اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد شلتوک برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای

۵۰ درصد گل دهی اندازه گیری شد. برای تعیین حداکثر شاخص سطح برگ (مرحله گرده افشانی)، سطح برگ در بوته مطابق با رابطه (۱) برآورد شد [۴].

(۱)

وزن خشک برگ سبز در بوته $\times 254/63 =$ سطح برگ در بوته عملکرد شلتوک در زمان رسیدگی (۸۲ روز پس از تاریخ کاشت) و با برداشت ۱ متر مربع از هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ای انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۱ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش حداقل تفاوت معنادار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برخی از صفات مطالعه شده به طور معناداری تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم و تمامی صفات تحت تأثیر روش‌های مختلف تلقیح قرار گرفتند. اما، اثر متقابل بین تیمارها بر صفات مطالعه شده معنادار نبود (جدول ۲). دامنه تغییرات ارتفاع بوته از ۱۳۰/۳ تا ۱۵۱/۶ سانتی متر متغیر بود. تلقیح در خزانه، تلقیح ریشه و تلقیح توأم خزانه و ریشه به ترتیب باعث افزایش ۲/۰۵، ۲/۵۴ و ۱/۲۵ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شرایط شاهد شد؛ اما این اختلافات از نظر آماری معنادار نبود (جدول ۳).

(مرحله ۴-۵ برگی) به مدت ۱۲ ساعت در سوسپانسیون باکتری غوطه ور شدند. در روش ترکیبی نیز از گیاهچه‌های تلقیح شده در مرحله خزانه به همراه تلقیح ریشه همان گیاهچه‌ها در زمان نشاءکاری استفاده شد. برای جلوگیری از ایجاد خطا در شرایط شاهد، ریشه گیاهچه‌های برنج تنها با محیط کشت نوترینت برات^۱ بدون باکتری تیمار شدند [۱۷]. پس از اعمال تیمارها، در تاریخ ۱۸ اردیبهشت ماه نشاءها به صورت دستی کشت شدند و هر کپه شامل ۳ گیاهچه برنج بود. هر کرت به طول ۵ متر و عرض ۲ متر شامل ۱۰ ردیف کشت با فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر و روی ردیف ۲۰ سانتی متر بود. براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، کود پایه سوپرفسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمارهای مختلف کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت و کود اوره در ۳ مرحله (۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، ۳۵ کیلوگرم در هکتار ۳ هفته پس از نشاءکاری و ۳۵ کیلوگرم در هکتار در زمان ظهور خوشه) به زمین اضافه شدند.

تمامی عملیات زراعی از قبیل آبیاری، کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها برای همه کرت‌ها در زمان ضروری و به صورت یکنواخت انجام شد. از زمان شروع آزمایش تا دو هفته قبل از برداشت، آبیاری به گونه‌ای انجام شد تا ارتفاع آب در سطح مزرعه حدود ۳ تا ۵ سانتی متر باشد. در نهایت، صفات رویشی مانند تعداد پنجه، برگ در ساقه اصلی، کل برگ در کپه و ارتفاع بوته (با استفاده از خط کش) در مرحله

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری)

| هدایت الکتریکی | pH | فسفر | پتاسیم | ماده آلی | شن | رس | سیلت | بافت خاک |
|--------------------|------|-----------------------|-----------------------|----------|--------|--------|------|----------|
| (دسی‌زیمنس بر متر) | | (میلی‌گرم در کیلوگرم) | (میلی‌گرم در کیلوگرم) | (درصد) | (درصد) | (درصد) | | |
| ۰/۶۳ | ۷/۷۶ | ۳۹ | ۱۲۵ | ۱/۵۹ | ۲۴ | ۳۳ | ۴۳ | رسی لومی |

1. Nutrient broth

اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

خزانه و ریشه بود. با مصرف کود پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار تعداد پنجه در کپه به طور خطی (با سرعت ۰/۰۱۵۴ عدد) و به میزان ۲۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴ و شکل ۱-ب). محققان دیگری گزارش کردند که با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم تعداد پنجه بارور (۱۶/۳ درصد) و عملکرد شلتوک برنج (۸/۴۲ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت [۱۱]. در آزمایش دیگری، تلقیح ریشه گیاهچه برنج با باکتری های *Enterobacter sp.* و *R. aquatilis* به ترتیب موجب افزایش ۲۰ و ۳۹ درصد تعداد پنجه در کپه شد [۱۷]. برخی دیگر، افزایش ۶۴ درصدی تعداد پنجه را با مصرف هم زمان باکتری *P. aurentiaca* به همراه ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سوپرفسفات تریپل گزارش کردند [۲۱].

بین روش های مختلف تلقیح و سطوح مختلف کود پتاسیم از نظر تعداد برگ در ساقه اصلی اختلاف معناداری وجود داشت، ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد برگ در ساقه اصلی معنا دار نبود (جدول ۳). دامنه تغییرات تعداد برگ در ساقه اصلی از ۹/۰۰ تا ۱۱/۶ عدد متغیر بود. بر اساس پراکنش داده های آزمایشی، روند تغییرات تعداد برگ در ساقه اصلی در مقابل کود پتاسیم از معادله ای دوتکه ای تبعیت می کرد. معادله به خوبی و با ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۴ توانست این رابطه را توصیف کند (شکل ۱-ج). در واقع، از شرایط شاهد (عدم مصرف کود، ۹/۰۷ عدد) تا زمان مصرف ۶۳/۷ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود، تعداد برگ در ساقه اصلی ۰/۰۱۶ عدد افزایش یافت، سپس تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مقدارش حداکثر و ثابت (۱۰/۱ عدد) باقی ماند که نشان دهنده عدم تأثیر افزایش بیشتر مقدار کود بر این صفت بود (شکل ۱-ج). تلقیح در خزانه، تلقیح ریشه و تلقیح توأم خزانه و ریشه به ترتیب موجب افزایش ۱/۱۴، ۲/۳۹ و ۳/۳۲ درصدی تعداد برگ در ساقه اصلی نسبت به شاهد شدند (جدول ۳).

علت افزایش ارتفاع بوته در زمان حضور باکتری را می توان به توانایی تولید ایندول استیک اسید نسبت داد. در مطالعه مشابهی نیز دلیل افزایش ارتفاع بوته ارقام مختلف برنج در زمان کاربرد باکتری های فزاینده رشد (*Enterobacter sp.* و *R. aquatilis*) را انحلال فسفر نامحلول و تولید ایندول استیک اسید توسط این باکتری ها گزارش کردند [۱۶]. معادله خطی به خوبی با ضریب تبیین ۰/۹۷ توانست روند تغییرات ارتفاع بوته در مقابل مصرف کود پتاسیم را توصیف کند. به عبارت دیگر، با مصرف کود پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته به میزان ۳/۱۴ درصد و با سرعت ۰/۰۳۲۱ سانتی متر به ازای افزایش هر کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار افزایش یافت (شکل ۱-الف). در گیاه سیب زمینی، بیشترین ارتفاع بوته در زمان مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم نسبت به شاهد گزارش شد [۹]. در آزمایشی دیگر، گزارش شده است که تلقیح ریشه برنج با باکتری *Enterobacter sp.* و *R. aquatilis* باعث افزایش ارتفاع گیاه به ترتیب به میزان ۵/۲ و ۲/۶ درصد نسبت به شاهد شد [۱۷]. همچنین، افزایش ارتفاع بوته (۳۳/۷ درصد) برنج رقم *Jaya* در زمان تلقیح ریشه با باکتری *P. fluorescens* نسبت به شاهد گزارش شد [۲۵]. تلقیح بذر گندم با باکتری *P. aurentiaca* و *Bacillus subtilis* به همراه مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سوپرفسفات تریپل باعث افزایش ارتفاع گیاه به ترتیب به میزان ۳/۵ و ۱/۹ درصد شد [۲۱].

تغییرات تعداد پنجه در مقادیر مختلف کود پتاسیم از ۶/۱۰ تا ۱۵/۸۰ عدد در کپه متغیر بود. روش های مختلف تلقیح باعث افزایش معنا دار (میانگین ۱۴/۲ درصدی) این صفت نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). به عبارت دیگر، تعداد پنجه در کپه ۹/۱، ۱۰/۴، ۱۰/۶ و ۱۰/۲ عدد به ترتیب برای شاهد، تلقیح در خزانه، تلقیح ریشه و تلقیح توأم

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج (رقم ظرم هاشمی) تحت تأثیر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی *Enterobacter sp.*

| عملکرد شلنوک (گرم در مترمربع) | شاخص سطح برگ | روز تا گرده‌افشانی | تعداد کل برگ در کیه | تعداد برگ در ساقه اصلی | تعداد پنجه در کیه | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | آماره‌های توصیفی |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|
| ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ | تعداد مشاهده |
| ۳۱۷/۴ | ۲/۱۳ | ۵۴/۰ | ۲۸/۰ | ۹/۰۰ | ۶/۱۰ | ۱۳۰/۳ | حداقل |
| ۵۰۰/۲ | ۴/۶۲ | ۵۹/۰ | ۶۸/۵ | ۱۱/۶ | ۱۵/۸ | ۱۵۱/۶ | حداکثر |
| ۴۵۶/۶ | ۳/۰۸ | ۵۶/۰ | ۴۶/۸ | ۹/۷۹ | ۱۰/۱ | ۱۴۱/۷ | میانگین |
| ۶/۸۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۷ | ۰/۸۶ | ۰/۰۶ | ۰/۳۴ | ۰/۵۴ | انحراف معیار |
| منابع تغییر | | | | | | | |
| ۹۹۱۱/۱ * | ۰/۴۱ * | ۱/۹۳ * | ۶۴/۹۷ ^{NS} | ۲/۲۹ ^{**} | ۷/۸۰ * | ۲۷/۸۰ ^{NS} | کود پتاسیم |
| ۲۳۳۶۹/۳ ^{**} | ۰/۹۴ * | ۲/۱۵ * | ۱۵۱/۴۵ * | ۰/۳۵ * | ۸/۱۴ * | ۴۳/۱۴ * | روش تلقیح |
| ۱۹۰۱/۹ ^{NS} | ۰/۲۷ ^{NS} | ۱/۱۶ ^{NS} | ۶۴/۱۵ ^{NS} | ۰/۱۸ ^{NS} | ۵/۶۵ ^{NS} | ۱۶/۷۰ ^{NS} | کود پتاسیم × روش تلقیح |
| ۸/۴۷ | ۱۶/۴۹ | ۲/۰۹ | ۱۶/۱۱ | ۳/۴۵ | ۱۷/۳۲ | ۳/۰۴ | ضرب تغییرات (درصد) |

*** و ** و NS به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱/۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنادار به روش آزمون LSD است.

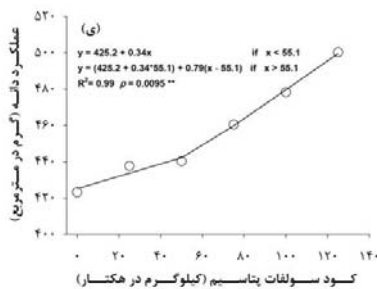
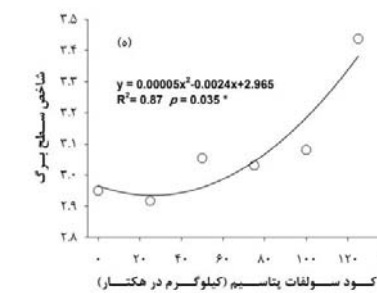
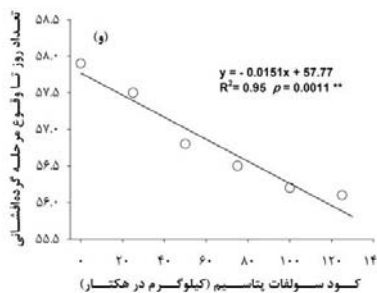
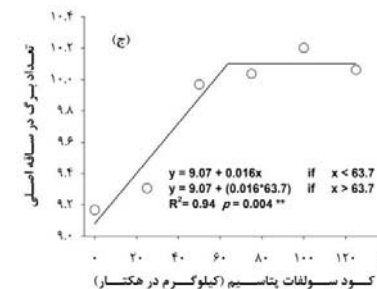
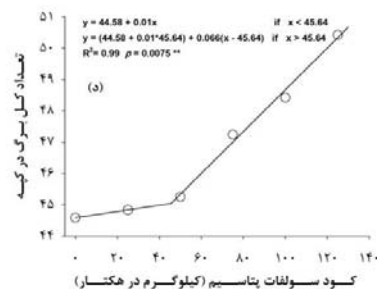
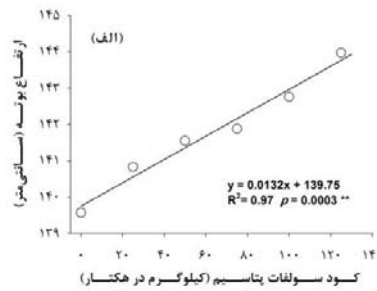
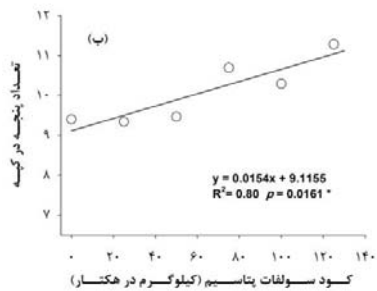
اثر روش های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مطالعه شده در برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و روش های مختلف تلقیح با باکتری بومی *Enterobacter* sp.

| عملکرد شلتوک (گرم در مترمربع) | شاخص سطح برگ | روز تا گرده افشانی | تعداد کل برگ | | تعداد برگ در ساقه اصلی | تعداد پنجه در کبه | ارتفاع بوته (سانتی متر) | تیمارها | کود پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) |
|----------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | | تعداد کل برگ | در کبه | | | | | |
| ۴۲۲.۲ c | ۷.۹۲ b | ۵۷.۹ b | ۲۴.۵ a | ۹.۱۶ c | ۹.۴۰ b | ۱۳۹.۵ a | * | ۰ | |
| ۴۳۷.۶ (+۳۴.۰) c | ۷.۹۱ (۰.۷۰) b | ۵۷.۵ (-۰.۷۰) ab | ۲۴.۸ (+۰.۵۶) a | ۹.۳۰ (+۱.۵۲) c | ۹.۴۰ (۰.۰۰۰) b | ۱۴۰.۸ (+۰.۸۰) a | ۲۵ | ۲۵ | |
| ۴۴۰.۲ (+۴۰.۲) bc | ۳.۰۵ (+۳.۷۴) ab | ۵۶.۸ (-۱.۸۶) ab | ۲۵.۲ (+۱.۵۰) a | ۹.۹۶ (+۸.۷۳) b | ۹.۴۶ (+۰.۶۳۳) b | ۱۴۱.۵ (+۱.۴۱) a | ۵۰ | ۵۰ | |
| ۴۶۰.۲ (+۸۷.۸) bc | ۳.۸۳ (+۳.۰۶) ab | ۵۶.۵ (-۲.۲۹) ab | ۲۷.۲ (+۵.۹۶) a | ۱۰.۸۳ (+۹.۴۹) ab | ۱۰.۶۹ (+۱.۳۷) ab | ۱۴۱.۸ (+۱.۶۵) a | ۷۵ | ۷۵ | |
| ۴۷۸.۲ (+۱۳۰.۰) ab | ۳.۰۸ (+۴.۷۶) ab | ۵۶.۲ (-۲.۸۶) a | ۲۸.۴ (+۸.۵۹) a | ۱۰.۲۰ (+۱.۱۳) a | ۱۰.۷۹ (+۹.۴۶) ab | ۱۴۲.۷ (+۲.۲۷) a | ۱۰۰ | ۱۰۰ | |
| ۵۰۰.۲ (+۱۸۳.۰) a | ۳.۲۳ (+۱.۶۶۶) a | ۵۶.۱ (-۳.۰۲) a | ۵۰.۴ (+۱۳.۱) a | ۱۰.۰۶ (+۹.۸۲) ab | ۱۱.۲۸ (+۲.۰۰) a | ۱۴۳.۹ (+۳.۱۴) a | ۱۲۵ | ۱۲۵ | |
| ۴۰۵.۴ b | ۷.۷۹ b | ۵۷.۲ b | ۲۲.۴ b | ۹.۶۲ b | ۹.۱۰ b | ۱۳۹.۷ b | شاهد | شاهد | |
| ۳۷۰.۷ (+۱۶.۱) a | ۷.۹۹ (+۷.۱۶) ab | ۵۶.۳ (-۱.۵۵) a | ۲۸.۳ (+۱۳.۹) a | ۹.۸۵ (+۲.۳۹) a | ۱۰.۶۹ (+۱.۶۵) a | ۱۴۳.۲ (+۲.۵۴) a | تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری | تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری | |
| ۴۶۴.۹ (+۱۴.۶) a | ۳.۲۲ (+۱۳.۴۱) a | ۵۷.۱ (-۰.۱۰) b | ۲۸.۵ (+۱۴.۲) a | ۹.۷۳ (+۱.۱۴) ab | ۱۰.۴۲ (+۱.۴۵) a | ۱۴۲.۸ (+۷.۰۵) ab | تلقیح بذر در مرحله خزانه | تلقیح بذر در مرحله خزانه | |
| ۴۸۵.۷ (+۱۹.۸) a | ۳.۷۹ (+۱۷.۹۲) a | ۵۶.۷ (-۰.۷۸) ab | ۲۷.۷ (+۱۷.۵) a | ۹.۹۲ (+۳.۳۲) a | ۱۰.۱۷ (+۱.۱۷) ab | ۱۴۱.۵ (+۱.۲۵) ab | تلقیح بذر و ریشه به صورت ترکیبی | تلقیح بذر و ریشه به صورت ترکیبی | |

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنادار از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد است. اعداد داخل پرانتز بیانگر درصد افزایش (+) یا کاهش (-) هر یک از تیمارها نسبت به تیمار شاهد است.

خدیجه شهسوارپورلنده و همکاران



شکل ۱. رابطه بین ارتفاع بوته (الف)، تعداد پنجه در کپه (ب)، تعداد برگ در ساقه اصلی (ج)، تعداد کل برگ در کپه (د)، تعداد روز تا وقوع ۵۰ درصد گل دهی (و)، شاخص سطح برگ (ه) و عملکرد شلتوک (ی) با مقدار کود سولفات پتاسیم در برنج (رقم طارم هاشمی)“. هر نقطه حاصل از میانگین روش‌های مختلف تلقیح با باکتری *Enterobacter sp.* می‌باشد.

به‌زراعی کشاورزی

اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

افزایش یافت (جدول ۴). این افزایش نشان‌دهنده اثر مثبت حضور این باکتری بر صفت تعداد کل برگ در کپه است. محققان دیگری گزارش کردند که تلقیح بذرمال ذرت با باکتری *Azospirillum* sp. و *P. fluorescens*, *A. lipoferum* موجب افزایش ۱۱ درصدی تعداد برگ در بوته نسبت به تیمار شاهد شد [۶]. برخی دیگر افزایش تعداد برگ جو را در زمان کاربرد باکتری *Azospirillum* و *Azetobacter* به همراه ۸۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره و سوپرفسفات تریپل گزارش کردند [۵].

حضور باکتری در روش‌های مختلف تلقیح به طور میانگین باعث وقوع مرحله گرده‌افشانی حدود یک روز زودتر نسبت به تیمار شاهد شد که علت آن را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر و در نتیجه افزایش سرعت رشد گیاه نسبت داد (جدول ۳). محدوده تغییرات تعداد روز تا گرده افشانی از ۵۴ تا ۵۹ روز متغیر بود (با میانگین ۵۶/۸ روز). نتایج حاکی از وجود رابطه ای منفی خطی و معنادار بین تعداد روز تا گرده‌افشانی و مصرف کود پتاسیم بود. به طوری که، به ازای هر واحد افزایش مصرف کود، تعداد روز تا گرده‌افشانی ۰/۱۵۱ واحد کاهش یافت (شکل ۱-۳). در حقیقت، مصرف کود پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش ۳/۰۲ درصدی تعداد روز تا گرده‌افشانی شد (جدول ۳).

واکنش شاخص سطح برگ به مقادیر مختلف کود پتاسیم نیز از رابطه درجه دوم تبعیت می‌کرد (شکل ۱-۵). مقدار این صفت از ۲/۱۳ تا ۴/۶۲ متغیر و میانگین آن براساس کل داده های آزمایشی برابر ۳/۰۸ بود (جدول ۳). بین روش‌های مختلف تلقیح از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معناداری وجود داشت. تلقیح در خزانه، تلقیح ریشه و تلقیح توأم خزانه و ریشه به ترتیب ۷/۱۶، ۱۳/۴۱ و ۱۷/۹ درصد شاخص سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳). علت این افزایش در زمان کاربرد باکتری

علت تغییرات در تعداد برگ در ساقه اصلی را می‌توان به زمان نمونه‌برداری نسبت داد. زیرا، نمونه‌برداری از تمامی کرت‌ها در زمانی ثابت (۶۰ روز پس از نشاءکاری) انجام شد. در نتیجه، مصرف کود پتاسیم (از طریق افزایش قابلیت دسترسی و جذب بهتر این عنصر) و یا کاربرد روش‌های مختلف تلقیح (از طریق ترشح برخی ترکیبات فزاینده رشد، گسترش بیشتر ریشه، تسهیل در جذب عناصر غذایی، بهبود رشد و نمو گیاه) باعث تسریع رشد و سرعت ظهور برگ در ساقه اصلی شدند. همچنین، وقوع زودتر مرحله گرده‌افشانی در زمان مصرف کود پتاسیم و یا کاربرد روش‌های مختلف تلقیح نسبت به شاهد مؤید این مطلب است (جدول ۳).

دامنه تغییرات تعداد کل برگ در کپه از ۲۸/۰ تا ۶۸/۵ عدد متغیر بود. بیشترین تعداد کل برگ در کپه در تیمار تلقیح در خزانه (۴۸/۵ عدد) و کمترین آن نیز در تیمار شاهد (عدم تلقیح، ۴۲/۴ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). برای توصیف روند تغییرات تعداد کل برگ در کپه در مقابل کود پتاسیم از معادله‌ای دو تکه‌ای استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۹ نشان‌دهنده توصیف خوب این رابطه توسط معادله بود (شکل ۱-۵). در واقع با افزایش مصرف کود پتاسیم از صفر تا ۴۵/۶ کیلوگرم در هکتار تعداد کل برگ در کپه به طور خطی و با سرعتی معادل ۰/۰۱ عدد به ازای هر کیلوگرم مصرف کود افزایش یافت و سپس تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، مقدار این صفت با سرعت حدود ۶ برابر سرعت اولیه (۰/۰۶ عدد) به ازای مصرف هر کیلوگرم کود پتاسیم افزایش نشان داد (شکل ۱-۵). علت آن را می‌توان به دسترسی آسان‌تر و به دنبال آن جذب بیشتر این عنصر توسط گیاه در مرحله دوم به دلیل گسترش بهتر شبکه ریشه ای نسبت داد. تعداد کل برگ در کپه ۱۴/۲، ۱۳/۹ و ۱۲/۵ درصد نسبت به شاهد به ترتیب در تیمارهای تلقیح در خزانه، تلقیح ریشه و تلقیح توأم خزانه و ریشه

کیلوگرم کود افزایش نشان داد (شکل ۱-ی). به عبارت دیگر، سرعت افزایش عملکرد شلتوک به ازای مصرف هر کیلوگرم کود در زمان مصرف کود پتاسیم کمتر از ۵۵ کیلوگرم در هکتار پایین تر و بعد از آن بیشتر بود که علت آن را می توان به دسترسی آسان تر و به دنبال آن جذب بیشتر عناصر غذایی به ویژه پتاسیم توسط گیاه در مرحله دوم به دلیل گسترش بهتر شبکه ریشه ای نسبت داد. به طور کلی، افزایش مقدار پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۱۸/۲ درصدی عملکرد شلتوک نسبت به تیمار شاهد شد. در پژوهش مشابهی، تلقیح بذرمال گندم (رقم 'میلان') با باکتری *Enterobacter* sp. عملکرد شلتوک را ۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد [۱۳]. همچنین، علت افزایش ۹۰ درصدی عملکرد شلتوک برنج نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری) در زمان کاربرد باکتری های *B. cereus* و *Bacillus* sp. به قابلیت دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی توسط گیاه گزارش شده است [۲۴]. در آزمایش گلخانه ای، تلقیح ریشه گیاهچه برنج با باکتری های (*P. aeruginosa* و *P. fluorescens*) به همراه مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل، باعث افزایش تعداد پنجه (۵۹/۲ درصد)، ارتفاع بوته (۱۶/۳ درصد)، عملکرد شلتوک (۴۳/۰ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد [۲۳]. در پژوهش دیگری، کاربرد تلقیحی کود زیستی به همراه کود شیمیایی ضمن افزایش عملکرد دانه ذرت نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از تیمارها، مصرف کودهای شیمیایی را نیز کاهش داد [۸].

۴. نتیجه گیری

طبق نتایج این مطالعه، به ترتیب روش ترکیبی (تلقیح توأم بذر در خزانه و ریشه همان گیاهچه ها در زمان نشاءکاری)، تلقیح در زمان نشاءکاری و تلقیح بذر در خزانه موجب

را می توان به گسترش شبکه ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه نسبت داد. در مطالعه مشابهی گزارش کردند که حضور باکتری های *P. putida*، *P. fluorescens* و *R. aquatilis* باعث افزایش شاخص سطح برگ به ترتیب ۱۳/۲، ۱۷/۵ و ۱۸/۹ درصد در زمان مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل شد [۱۷]. آن ها علت افزایش این صفت را بهبود رشد ریشه و جذب بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه قلمداد کردند. در آزمایش دیگری، با تلقیح بذر گندم با باکتری *P. aurentiaca* و *Bacillus subtilis* به همراه مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل، شاخص سطح برگ به ترتیب ۳۵ و ۵۱ درصد افزایش یافت [۲۱].

محدوده عملکرد شلتوک از ۳۱۷/۴ تا ۵۰۰/۲ گرم در مترمربع متغیر بود (جدول ۳). روش های مختلف تلقیح با باکتری نیز باعث افزایش معنادار این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۴). از نظر عملکرد شلتوک به ترتیب روش تلقیح توأم نشاء و خزانه (۴۸۵/۷ گرم در متر مربع)، تلقیح در زمان نشاءکاری (۴۷۰/۷ گرم در متر مربع) و تلقیح بذر در خزانه (۴۶۴/۹ گرم در متر مربع) قرار داشتند که موجب افزایش ۱۹/۸، ۱۶/۱ و ۱۴/۶ درصدی عملکرد شلتوک نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) شدند. برای توصیف روند تغییرات عملکرد شلتوک در مقابل کود پتاسیم از معادله ای دو تکه ای استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۹ نشان دهنده توصیف خوب رابطه، توسط معادله بود (شکل ۱-ی). براساس ضرایب معادله، از شرایط شاهد (عدم مصرف کود) تا زمان مصرف ۵۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود، عملکرد شلتوک ۰/۳۴ گرم در مترمربع (معادل ۳/۴ کیلوگرم در هکتار) افزایش یافت، سپس تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد شلتوک با سرعت حدود ۲/۳ برابر سرعت اولیه (۰/۷۹ گرم در متر مربع، معادل ۷/۹ کیلوگرم در هکتار) به ازای مصرف هر

اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

افزایش ۱۹/۸، ۱۶/۱ و ۱۴/۶ درصدی عملکرد شلتوک برنج نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) شدند. افزایش مقدار پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش تمامی صفات مطالعه شده از قبیل ارتفاع بوته، تعداد پنجه و برگ در بوته، شاخص سطح برگ و عملکرد شلتوک (۱۸/۲ درصد بیشتر از شاهد) شد. به طور کلی، کاربرد باکتری و مصرف کود پتاسیم به طور جداگانه از طریق بهبود صفات رویشی به ویژه تعداد پنجه و برگ به افزایش شاخص سطح برگ منجر شد که از جمله مؤلفه های مهم در جذب نور و تأثیرگذار بر میزان کارایی فتوسنتز است و بدین ترتیب سبب بهبود عملکرد شلتوک برنج در واحد سطح شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان و دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری بابت حمایت‌های مالی این آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱. آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۵) آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (محصولات زراعی). دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
۲. اصغری ج، احتشامی س م ر، رجبی درویشان ز و خاوازی ک (۱۳۹۲) مقایسه محلول پاشی با تلقیح ریشه‌ای باکتری‌های محرک رشد و متابولیت‌های آنها بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیک، صفات کیفی و عملکرد برنج رقم هاشمی. فرایند و کارکرد گیاهی. ۴۰-۲۵: (۲)۲.
۳. اصغری ج، احتشامی س م ر، رجبی درویشان ز و
۴. بخشنده ا، حسینی م، فرزین ن و پیردشتی ه ا (۱۳۹۵) معرفی روشی ساده و سریع برای برآورد سطح برگ برنج. هفدهمین همایش ملی برنج کشور، بهمن ماه، ساری ایران.
۵. حکم علی پور س، میرشکاری ب، سید شریفی ر، فرح وش و عبادی خزینه قدیم ع (۱۳۹۱) تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های فزاینده رشد گیاه (PGPR) در مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر بر زمان ظهور و رشد برگ جو (*Hordeum vulgare L.*). مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). الف ۴۱۳-۴۰۳: (۴)۲۶.
۶. حمیدی آ، قلاوند ا، دهقان شعار م، ملکوتی م ج، اصغرزاده ا و چوکان ر (۱۳۸۵) اثرات کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه‌ای. پژوهش و سازندگی. ۷۰: ۱۶-۲۵.
۷. دقیقیان ن، حبیبی د، مدنی ح و ساجدی ن (۱۳۹۰) بررسی تأثیر بهترین روش و زمان مصرف باکتری‌های محرک رشد روی جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عملکرد دانه در لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*). فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۳): ۹۵-۱۰۰.
۸. عیسی‌زاده خ، مهدوی دامغانی ع ا، صباحی ح و صوفی‌زاده س (۱۳۸۹) اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی بر رشد ذرت (*Zea mays L.*) در شوشتر. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۲): ۲۹۲-۳۰۱.

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷

15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. Bakhshandeh E, Pirdashti H and Shahsavarpour Lendeh KH (2017) Phosphate and potassium-solubilizing bacteria effect on the growth of rice. Ecological Engineering. 103:164-169.
19. Duy MV, Hoi NT, Ve NB, Thuc LV and Trang NQ (2016) Influence of *Cellulomonas Flavigena*, *Azospirillum* sp. and *Pseudomonas* sp. on rice growth and yield grown in submerged soil amended with rice straw. Recent Trends in PGPR Research for Sustainable Crop Productivity. p.238
20. Hahn L, Saccol Sa, Filho BD, Machado RG, Damasceno RG and Giongo A (2016) Rhizobial inoculation, alone or coinoculated with (*Azospirillum brasilense*) promotes growth of wetland rice. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 40:1-15.
۹. قاسمی ا، توکلوم ر و ذیحی ح ر (۱۳۹۱) تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی تیوبر سیب زمینی تحت شرایط گلخانه ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۱): ۳۹-۵۶.
۱۰. قاسمی م، مبصر ح ر، اسدی منش ح و قلی زاده ع ا (۱۳۹۳) بررسی اثرات پتاسیم، روی و سیلیسیم بر عملکرد اجزای عملکرد و جذب آن ها در دانه برنج (*Oryza sativa* L.). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۴(۲): ۱-۲۴.
۱۱. قاسمی میانایی آ، مبصر ح ر، مدنی ح و دستان س (۱۳۹۰) نتایج کاربرد سیلیس و پتاسیم بر خصوصیات مورفولوژیکی وابسته به ورس عملکرد کمی برنج رقم طارم هاشمی. یافته های نوین کشاورزی. ۵(۴): ۴۲۱-۴۳۵.
۱۲. کشاورز زرجمانی ج، علی اصغرزاد ن و اوستان ش (۱۳۹۲) تأثیر شش سویه از باکتری های آزادکننده پتاسیم بر رشد و افزایش جذب پتاسیم در گیاه گوجه فرنگی. نشریه دانش آب و خاک. ۲۳(۲): ۲۴۵-۲۵۵.
۱۳. محمدی کشکاف (۱۳۹۵) اثر قارچ *Trichoderma hamatum* به همراه باکتری حل کننده فسفات *Enterobacter* sp. بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم میلان) در سطوح مختلف کود فسفر. پایان نامه کارشناسی ارشد. ۱۲۵ ص.
۱۴. مرادی م، سیادت س ع ا، خواوازی ک، ناصری ر، ملکی ع و میرزایی امیر (۱۳۹۰) اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر صفات کمی و کیفی گندم بهاره. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف های هرز. ۵(۱۸): ۵۱-۶۶.

اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزاینده رشد بر صفات رویشی و عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم

21. 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.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences 53(3): 633-645.
22. Kannapiran E and Sri Ramkumar V (2011) Inoculation effect of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria to promote growth of black gram (*Phaseolus mungo* Roxb; Eng). Annals of Biological Research. 2:615-621.
23. Lavakush Yadava J, Verma JP, Jaiswal DK and Kumar A (2014) Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa* L.). Ecological Engineering. 62:123-128.
24. Shakeel MA, Rais MN, Hassan F and Hafeez Y (2015) Root associated Bacillus sp. improves growth, yield and zinc translocation for Basmati rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Frontiers in Microbiology. 6:1-12.
25. 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.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 1 ■ Spring 2018

Effect of different methods of inoculations with a native plant growth promoting bacteria on some vegetative characteristics and yield of rice (cv. 'Tarom Hashemi') under different levels of potassium fertilizer

Khadijeh Shahsavarpour Lendeh¹, Hemmatollah Pirdashti², Esmail Bakhshandeh^{3*}

1. M.Sc. Student, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Associate Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Assistant Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Received: April 11, 2017

Accepted: June 19, 2017

Abstract

In order to investigate the effect of a native plant growth promoting bacteria (*Enterobacter* sp.) on some vegetative characteristics and paddy yield of rice (cv. 'Tarom Hashemi'), a field experiment was carried out in Babol (Aghamalek village) at 2016. This experiment was arranged in split plots based on a randomized complete block design with three replications. Six levels of potassium sulfate fertilizer (PSF: 0, 25, 50, 75, 100 and 125 kg ha⁻¹) were used as the main plots and four levels of inoculations (non-inoculation as control, seed inoculation in the seedbed condition, seedling root inoculation before transplanting time and combined both previously methods) served as the sub-plots. The results indicated that various methods of inoculation increased plant height (1.25-2.54%), tillers number per hill (TNH; 11.7-16.5%), total leaves number per hill (TLN; 12.5-14.2%), leaf area index (LAI; 7.16-17.9%) and paddy yield (PY; 14.6-19.8%) of rice and the occurring of anthesis stage were about one day sooner as compared to the control condition. In this experiment, the studied traits significantly influenced by PSF and various methods of inoculation, but the interaction effect between them were not significant. Among inoculation methods, the combined method was better than others. In addition, the values of all studied traits such as PH, TNH, TLN, LAI and PY (18.2% more than the control) increased as PSF increased from zero to 125 kg ha⁻¹. Consequently, the application of *Enterobacter* sp. and PSF through improved the vegetative characteristics, particularly in LAI, TNH and TLN, resulted to increase in the radiation interception capacity, photosynthetic efficiency and improved PY of rice.

Keywords: paddy yield, potassium sulfate, root inoculation, seed inoculation, vegetative characteristics.