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

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

خدیجه 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، پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳. استادیار، پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر باکتری بومی فزآینده 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 بلوک های 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 مرحلهٔ گرده 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: : بذرمال، ریشه‌مال، رشد رویشی، سولفات پتاسیم، عملکرد شلتوک.

* نویسنده مسئول
Email: e.bakhshandeh@sanru.ac.ir

www.SID.ir

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) پس از گندم، محصول عمدهٔ غذایی برای حدود نیمی از جمعیت دنیا محسوب می‌شود. 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 مازندران 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 آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از استفادهٔ بی‌رویه کودهای شیمیایی در آینده نه چندان دور، کاربرد همیشگی این گونه کودها را غیرقابل پیش‌بینی نکرده است [۱۷].

پتاسیم (K^+) از مهم‌ترین عناصر غذایی کاتیونی برای تمامی موجودات زنده به‌شمار می‌رود 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 می‌کند [۱۰]. این عنصر معمولاً در خاک به شکل‌های محلول (قابل استفاده برای گیاه حدود ۱تا ۲درصد)، تثبیت شده و موجود در مواد معدنی خاک (حدود ۹۰–۹۸ درصد) وجود دارد. امروزه در پی مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست محیطی، بسیاری از محققان و کشاورزان به دنبال راه‌کاری برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات سالم هستند. بهره گیری از موجودات مفید خاکزی، جایگزینی کارآمد برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامت گیاه از مهم ترین شیوه‌های علمی برای کمک به پایداری و تعادل نظام زندهٔ خاک و جلوگیری از خطر انباشت آلاینده‌های شیمیایی در محیط‌زیست 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 هورمون‌های 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 کنندهٔ فسفات نه تنها باعث افزایش قابلیت جذب فسفر نامحلول و تثبیت‌شده در خاک می‌شوند، بلکه با تولید برخی از هورمون‌های 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 تودهٔ گیاه برنج در زمان تلقیح با باکتری‌های *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter* sp. *Rahnella aquatitlis*, در کشت گلدانی و مزرعه‌ای [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 ساقهٔ برنج در زمان کاربرد *P. fluorescens* [۲] در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی به تنهایی گزارش شده است. به‌طور مشابه، بیشترین عملکرد دانه و زیست‌تودهٔ گندم در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل به‌همراه باکتری‌های *Azetobacter* و *Pseudomonas* و کمترین عملکرد دانه در زمان عدم مصرف کود شیمیایی و باکتری مشاهده شد [۱۴]. افزایش عملکرد شلتوک برنج نیز

Archive of SID
www.SID.ir

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

تاکنون برای تلقیح گیاه با باکتری های فزایندهٔ 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 مرحلهٔ گیاهچه نیز، بهترین روش برای رسیدن به بالاترین عملکرد شلتوک (۱۸۰۷ کیلوگرم در هکتار) گزارش شده است [۷]. از آنجایی که ریزجانداران جداسازی‌شده از منطقهٔ ریزوسفر ریشهٔ گیاه میزبان به‌علت سازگاری باکتری‌ها با ریشهٔ 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 فزایندهٔ رشد *Enterobacter* sp. بر برخی ویژگی های 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 به‌منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی فزایندهٔ رشد بر صفات رویشی و عملکرد شلتوک برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در روستای آقاملک از توابع شهرستان بابل با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۶ دقیقهٔ شمالی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقهٔ شرقی با ارتفاع ۲۵ متر از سطح آب‌های آزاد اجرا شد. آزمایش به‌صورت 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 فزایندهٔ رشد *Enterobacter* sp. از پژوهشکدهٔ 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 بیست‌وپنج 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 درجهٔ 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 تلقیح‌شده در مرحلهٔ خزانه به عنوان تلقیح بذر در خزانه استفاده شد. بدین صورت که بذرهای جوانه‌دار با طول ریشه‌چه حدود ۳میلی‌متر، به‌مدت ۵ساعت در سوسپانسیون حاوی باکتری (با جمعیت حدود 10^7 سلول زنده در هر میلی‌لیتر) غوطه‌ور شدند. برای تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری نیز بعد از کندن نشاءها (بدون تلقیح)، ریشهٔ گیاهچه‌های برنج

Archive of SID
www.SID.ir

(مرحلهٔ ۴-۵ برگی) به مدت ۱۲ساعت در سوسپانسیون باکتری غوطه‌ور شدند. در روش ترکیبی نیز از گیاهچه های تلقیح‌شده در مرحلهٔ خزانه به‌همراه تلقیح ریشهٔ همان گیاهچه‌ها در زمان نشاءکاری استفاده شد. برای جلوگیری از ایجاد خطا در شرایط شاهد، ریشهٔ گیاهچه های برنج تنها با محیط کشت نوترینت براث[1] 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 گیاهچهٔ برنج بود. هر کرت به‌طول ۵متر و عرض ۲ متر شامل ۱۰ ردیف کشت با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، کود پایهٔ سوپرفسفات‌تریپل (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 علف های هرز، آفات و بیماری‌ها برای همهٔ کرت‌ها در زمان ضروری و به صورت یکنواخت انجام شد. از زمان شروع آزمایش تا دو هفته قبل از برداشت، آبیاری به‌گونه‌ای انجام شد تا ارتفاع آب در سطح مزرعه حدود ۳ تا ۵ سانتی متر باشد. در نهایت، صفات رویشی مانند تعداد پنجه، برگ در ساقهٔ اصلی، کل برگ در کپه و ارتفاع بوته (با استفاده از خط کش) در مرحلهٔ ۵۰ درصد گل دهی اندازه‌گیری شد. برای تعیین حداکثر شاخص سطح برگ (مرحلهٔ گرده افشانی)، سطح برگ در بوته مطابق با رابطهٔ (۱) برآورد شد [۴].

(۱)

وزن خشک برگ سبز در بوته × ۲۵۴/۶۳ = سطح برگ در بوته

عملکرد شلتوک در زمان رسیدگی (۸۲ روز پس از تاریخ کاشت) و با برداشت ۱متر مربع از هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ای انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری *SAS* نسخه ۹/۴ و برای ترسیم شکل ها از نرم‌افزار *SigmaPlot* نسخه ۱۱ استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها نیز به‌روش حداقل تفاوت معنادار (*LSD*) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که برخی از صفات مطالعه‌شده به‌طور معناداری تحت تأثیر سطوح مختلف کود پتاسیم و تمامی صفات تحت تأثیر روش‌های مختلف تلقیح قرار گرفتند. اما، اثر متقابل بین تیمارها بر صفات مطالعه‌شده معنادار نبود (جدول ۲). دامنهٔ 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).

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

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

1. Nutrient broth

www.SID.ir
Archive of SID

علت افزایش ارتفاع بوته در زمان حضور باکتری را می‌توان به توانایی تولید ایندول استیک اسید نسبت داد. در مطالعهٔ مشابهی نیز دلیل افزایش ارتفاع بوتهٔ ارقام مختلف برنج در زمان کاربرد باکتری‌های فزایندهٔ رشد (*Enterobacter* sp. و *R. aquatilis*) را انحلال فسفر نامحلول و تولید ایندول استیک اسید توسط این باکتری ها گزارش کردند [۱۶]. معادلهٔ خطی به خوبی با ضریب تبیین ۰/۹۷ توانست روند تغییرات ارتفاع بوته در مقابل مصرف کود پتاسیم را توصیف کند. به‌عبارت دیگر، با مصرف کود پتاسیم از صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته به‌میزان ۳/۱۴ درصد و با سرعت ۰/۰۳۲۱ سانتی‌متر به ازای افزایش هر کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار افزایش یافت (شکل ۱- الف). در گیاه سیب‌زمینی، 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 به‌ترتیب به‌میزان 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* به‌همراه مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سوپرفسفات تریپل باعث افزایش ارتفاع گیاه به‌ترتیب 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). به‌عبارت 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 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 به‌میزان 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 پنجهٔ بارور (۱۶/۳ درصد) و عملکرد شلتوک برنج (۸/۴۲ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت [۱۱]. در آزمایش دیگری، تلقیح ریشهٔ گیاهچه برنج با باکتری های *Enterobacter* sp. و *R. aquatilis* به‌ترتیب 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* به‌همراه 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 ساقهٔ اصلی اختلاف معناداری وجود داشت، ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد برگ در ساقهٔ اصلی معنا دار نبود (جدول ۳). دامنهٔ تغییرات تعداد برگ در ساقهٔ اصلی از ۹/۰۰ تا ۱۱/۶ عدد متغیر بود. بر اساس پراکنش داده های آزمایشی، روند تغییرات تعداد برگ در ساقهٔ اصلی در مقابل کود پتاسیم از معادله‌ای دوتکه‌ای تبعیت می‌کرد. معادله به‌خوبی 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 ساقهٔ اصلی ۰/۰۱۶ عدد افزایش یافت، سپس تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مقدارش حداکثر و ثابت (۱۰/۱ عدد) باقی ماند که نشان دهندهٔ 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).

Archive of SID
www.SID.ir

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

آماره‌های توصیفی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه در کپه	تعداد برگ در ساقه اصلی	تعداد کل برگ در کپه	روز تا گرده‌افشانی	شاخص سطح برگ	عملکرد شلتوک (گرم در مترمربع)
تعداد مشاهده	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲
حداقل	۱۳۰/۳	۶/۱۰	۹/۰۰	۲۸/۰	۵۴/۰	۲/۱۳	۳۱۷/۴
حداکثر	۱۵۱/۶	۱۵/۸	۱۱/۶	۶۸/۵	۵۹/۰	۴/۶۲	۵۰۰/۲
میانگین	۱۴۱/۷	۱۰/۱	۹/۷۹	۴۶/۸	۵۶/۰	۳/۰۸	۴۵۶/۶
انحراف معیار	۰/۵۴	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۹۶	۰/۱۷	۰/۰۷	۶/۸۳
منابع تغییر	درجه‌آزادی						
کود پتاسیم	۵	$۲۷/۸۰^{ns}$	$۷/۸۰^{*}$	$۲/۲۹^{**}$	$۱/۹۳^{*}$	$۰/۴۱^{*}$	$۹۹۱۱/۱^{*}$
روش تلقیح	۳	$۴۳/۱۲^{*}$	$۸/۱۲^{*}$	$۰/۳۵^{*}$	$۲/۱۵^{*}$	$۰/۹۴^{*}$	$۲۲۳۶۹/۳^{**}$
کود پتاسیم × روش تلقیح	۱۵	$۱۶۷/۰^{ns}$	$۵/۲۵^{ns}$	$۰/۱۸^{ns}$	$۱/۱۶^{ns}$	$۰/۲۷^{ns}$	$۱۹۰۱/۹^{ns}$
ضریب تغییرات (درصد)	۳/۰۴	۱۷/۳۲	۳/۴۵	۱۶/۱۱	۲/۰۹	۱۶/۴۹	۸/۴۷

**، * و ns به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱/۵ درصد و ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنادار به روش آزمون LSD است.

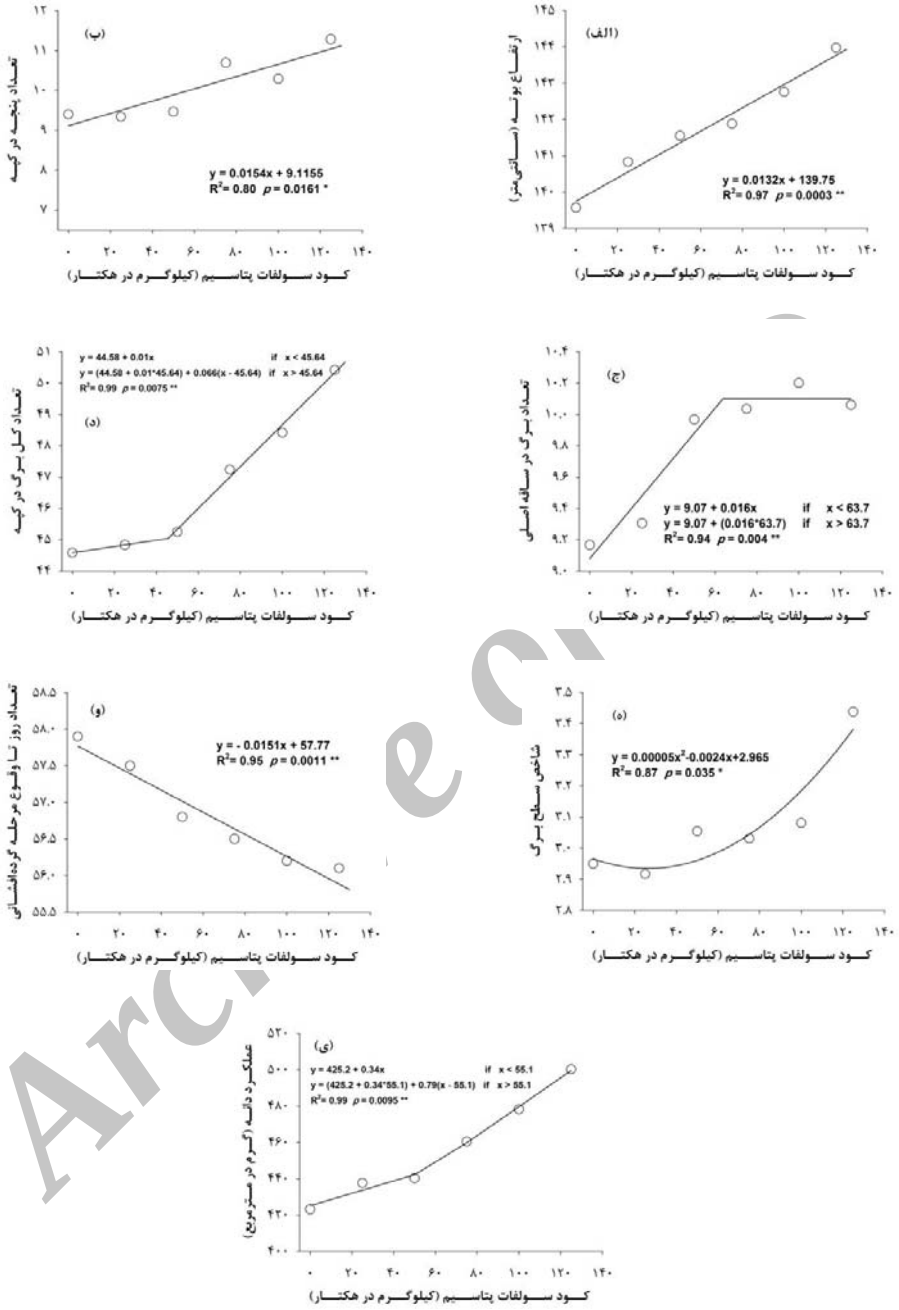
www.SID.ir

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین صفات مطالعه‌شده در برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت تأثیر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح با باکتری بومی *Enterobacter* sp.

تیمارها	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه در گپه	تعداد برگ در ساقهٔ اصلی	تعداد کل برگ در گپه	روز تا گرده‌افشانی	شاخص سطح برگ	عملکرد شلتوک (گرم در مترمربع)
کود پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)							
۰	۱۳۹/۵ a	۹/۴۰ b	۹/۱۶ c	۴۴/۵ a	۵۷/۹ b	۲/۹۴ b	۴۲۳/۲ c
۲۵	۱۴۰/۸ (+۰/۹۰) a	۹/۴۰ (۰/۰۰۰) b	۹/۳۰ (+۱/۵۲) c	۴۴/۸ (+۰/۵۶) a	۵۷/۵ (−۰/۷۰) ab	۲/۹۱ (۰/۰۰) b	۴۳۷/۶ (+۳/۴۰) c
۵۰	۱۴۱/۵ (+۱/۴۱) a	۹/۴۶ (+۰/۶۳۳) b	۹/۹۶ (+۸/۷۳) b	۴۵/۲ (+۱/۵۰) a	۵۶/۸ (−۱/۸۶) ab	۳/۰۵ (+۳/۷۴) ab	۴۴۰/۲ (+۴/۰۲) bc
۷۵	۱۴۱/۸ (+۱/۶۵) a	۱۰/۶۹ (+۱۳/۷) ab	۱۰/۰۳ (+۹/۴۹) ab	۴۷/۲ (+۵/۹۶) a	۵۶/۵ (−۲/۲۹) ab	۳/۰۳ (+۳/۰۶) ab	۴۶۰/۲ (+۸/۷۸) bc
۱۰۰	۱۴۲/۷ (+۲/۷۷) a	۱۰/۲۹ (+۹/۴۶) ab	۱۰/۲۰ (+۱۱/۳) a	۴۸/۴ (+۸/۵۹) a	۵۶/۲ (−۲/۸۶) a	۳/۰۸ (+۴/۷۶) ab	۴۷۸/۲ (+۱۳/۰) ab
۱۲۵	۱۴۳/۹ (+۳/۱۴) a	۱۱/۲۸ (+۲۰/۰) a	۱۰/۰۶ (+۹/۸۲) ab	۵۰/۴ (+۱۳/۱) a	۵۶/۱ (−۳/۰۲) a	۳/۴۳ (+۱۶/۶۶) a	۵۰۰/۲ (+۱۸/۲) a
روش تلقیح							
شاهد	۱۳۹/۷ b	۹/۱۰ b	۹/۶۲ b	۴۲/۴ b	۵۷/۲ b	۲/۷۹ b	۴۰۵/۴ b
تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری	۱۴۳/۲ (+۲/۵۴) a	۱۰/۶۱ (+۱۶/۵) a	۹/۸۵ (+۲/۳۹) a	۴۸/۳ (+۱۳/۹) a	۵۶/۳ (−۱/۵۵) a	۲/۹۹ (+۷/۱۶) ab	۴۷۰/۷(+۱۶/۱) a
تلقیح بذر در مرحله خوانه	۱۴۲/۸ (+۲/۰۵) ab	۱۰/۴۲ (+۱۴/۵) a	۹/۷۳ (+۱/۱۴) ab	۴۸/۵ (+۱۴/۲) a	۵۷/۱ (−۰/۱۰) b	۳/۲۲ (+۱۳/۴۱) a	۴۶۴/۹ (+۱۴/۶) a
تلقیح بذر و ریشه به‌صورت ترکیبی	۱۴۱/۵ (+۱/۲۵) ab	۱۰/۱۷ (+۱۱/۷) ab	۹/۹۴ (+۳/۳۲) a	۴۷/۷ (+۱۲/۵) a	۵۶/۷ (−۰/۷۸) ab	۳/۲۹ (+۱۷/۹۲) a	۴۸۵/۷ (+۱۹/۸) a

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

www.SID.ir



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 گل‌دهی (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.

www.SID.ir

علت تغییرات در تعداد برگ در ساقهٔ اصلی را می توان به زمان نمونه‌برداری نسبت داد. زیرا، نمونه‌برداری از تمامی کرت ها 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 روش های مختلف تلقیح (از طریق ترشح برخی ترکیبات فزایندهٔ رشد، گسترش بیشتر ریشه، تسهیل در جذب عناصر غذایی، بهبود رشد و نمو گیاه) باعث تسریع رشد و سرعت ظهور برگ در ساقهٔ اصلی شدند. همچنین، وقوع زودتر مرحلهٔ گرده‌افشانی در زمان مصرف کود پتاسیم و یا کاربرد روش های مختلف تلقیح نسبت به شاهد مؤید این مطلب است (جدول ۳).

دامنهٔ 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 دوتکه‌ای استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۹ نشان دهندهٔ توصیف خوب این رابطه توسط معادله بود (شکل ۱– د). 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– د). علت آن را می‌توان به دسترسی آسان‌تر و به‌دنبال آن جذب بیشتر این عنصر توسط گیاه در مرحلهٔ دوم به‌دلیل 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 افزایش یافت (جدول ۴). این افزایش نشان‌دهندهٔ اثر مثبت حضور این باکتری بر صفت تعداد کل برگ در کپه است. محققان دیگری گزارش کردند که تلقیح بذرمال ذرت با باکتری *P. fluorescens, A. lipoferum* و *Azospirillum* sp. 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* به‌همراه ۸۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره و سوپرفسفات تریپل گزارش کردند [۵].

حضور باکتری در روش های مختلف تلقیح به‌طور میانگین باعث وقوع مرحلهٔ گرده‌افشانی حدود یک روز زودتر نسبت به تیمار شاهد شد که علت آن را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و در نتیجه افزایش سرعت رشد گیاه نسبت داد (جدول ۳). محدودهٔ 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. به‌طوری‌که، به ازای هر واحد افزایش مصرف کود، تعداد روز تا گرده‌افشانی ۰/۰۱۵۱ واحد کاهش یافت (شکل ۱–و). 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 رابطهٔ درجه دوم تبعیت می‌کرد (شکل ۱– ه). 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 روش های مختلف تلقیح از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنا داری وجود داشت. تلقیح در خزانه، تلقیح ریشه و تلقیح توأم خزانه و ریشه به‌ترتیب 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

Archive of SID
www.SID.ir

را می توان به گسترش شبکه ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه نسبت داد. در مطالعهٔ مشابهی گزارش کردند که حضور باکتری‌های *P. putida*، *P. fluorescens* و *R. aquatilis* باعث افزایش شاخص سطح برگ به‌ترتیب ۱۳/۲، ۱۷/۵ و ۱۸/۹ درصد در زمان مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل شد [۱۷]. آن‌ها 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* به‌همراه مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل، شاخص سطح برگ به‌ترتیب ۳۵ و ۵۱ درصد افزایش یافت [۲۱].

محدودهٔ 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 به‌ترتیب 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 معادله‌ای دوتکه‌ای استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۹ نشان دهندهٔ 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) به‌ازای مصرف هر کیلوگرم کود افزایش نشان داد (شکل ۱- ی). به‌عبارت دیگر، سرعت افزایش عملکرد شلتوک به ازای مصرف هر کیلوگرم کود در زمان مصرف کود پتاسیم کمتر از ۵۵ کیلوگرم در هکتار پایین‌تر و بعد از آن بیشتر بود که علت آن را می‌توان به دسترسی آسان‌تر و به‌دنبال آن جذب بیشتر عناصر غذایی به‌ویژه پتاسیم توسط گیاه در مرحلهٔ دوم به‌دلیل گسترش بهتر شبکهٔ ریشه‌ای نسبت داد. به‌طور 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 باکتری‌های *B. cereus* و *Bacillus* sp. به قابلیت دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی توسط گیاه گزارش شده است [۲۴]. در آزمایش گلخانه‌ای، تلقیح ریشهٔ گیاهچهٔ برنج با باکتری‌های (*P. aeruginosa* و *P. fluorescens* (*P. putida*, به‌همراه 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 تلفیقی کود زیستی به‌همراه کود شیمیایی ضمن افزایش عملکرد دانهٔ ذرت نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از تیمارها، مصرف کودهای شیمیایی را نیز کاهش داد [۸].

۴. نتیجه‌گیری

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

Archive of SID
www.SID.ir

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

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

منابع

۱. آمارنامهٔ وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۵) آمارنامهٔ 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) مقایسهٔ 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. ۲(۲):۲۵-۴۰.

۳. اصغری ج، احتشامی س م ر، رجبی درویشان ز و خاوازی ک (۱۳۹۳) اثر محلول پاشی و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و متابولیت‌های آن‌ها بر میزان کلروفیل، جذب عناصر معدنی و عملکرد برنج رقم هاشمی. نشریهٔ زیست‌شناسی خاک. ۲(۱): ۲۱-۳۱.

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 افزایندهٔ رشد گیاه (PGPR) در مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر بر زمان ظهور و رشد برگ جو (*Hordeum vulgar* L.). مجلهٔ پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). الف ۲۶(۴):۴۰۳-۴۱۳.

۶. حمیدی آ، قلاوند ا، دهقان شعار م، ملکوتی م ج، اصغرزاده ا و چوکان ر (۱۳۸۵) اثرات کاربرد باکتری های 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.). فصلنامهٔ اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۳): ۹۵-۱۰۰.

۸. عیدی‌زاده 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. نشریهٔ بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۲): ۲۹۲-۳۰۱.

Archive of SID
www.SID.ir

۹. قاسمی ا، توکلو م ر و ذبیحی ح ر (۱۳۹۱) تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی‌تیوبر سیب‌زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای. مجلهٔ زراعت و اصلاخ نباتات. ۸(۱): ۳۹-۵۶.

۱۰. قاسمی م، مبصر ح ر، اسدی‌منش ح و قلی‌زاده ع ا (۱۳۹۳) بررسی اثرات پتاسیم، روی و سیلیسیم بر عملکرد اجزای عملکرد و جذب آن ها در دانهٔ برنج (*Oryza sativa* L.). نشریهٔ مدیریت خاک و تولید پایدار. ۴(۲): ۱-۲۴.

۱۱. قاسمی‌میانایی 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. یافته‌های نوین کشاورزی. ۵(۴): ۴۲۱-۴۳۵.

۱۲. کشاورز زرجانی ج، علی‌اصغرزاد ن و اوستان ش (۱۳۹۲) تأثیر شش سویه از باکتری های آزادکنندهٔ پتاسیم بر رشد و افزایش جذب پتاسیم در گیاه گوجه فرنگی. نشریهٔ دانش آب و خاک. ۲۳(۲): ۲۴۵-۲۵۵.

۱۳. محمدی‌کشکا ف (۱۳۹۵) اثر قارچ *Trichoderma hamatum* به همراه باکتری حل‌کنندهٔ فسفات *Enterobacter* sp. بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم میلان) در سطوح مختلف کود فسفر. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد. ۱۲۵ ص.

۱۴. مرادی م، سیادت س ع ا، خاوازی ک، ناصری ر، ملکی ع و میرزایی امیر (۱۳۹۰) اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر صفات کمی و کیفی گندم بهاره. مجلهٔ اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف های هرز. ۵(۱۸): ۵۱-۶۶.

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-soulbilizing bactera 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 phophorus 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 Lendeh[1], Hemmatollah Pirdashti[2], Esmaeil 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.

Corresponding Author: e.bakhshandeh@sanru.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir