

تأثیر تلقیح بذر با سویه‌های باکتری سودوموناس *Pseudomonas fluorescens* بر صفات کمی و کیفی دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.)^۱

Effect of seed inoculation with *Pseudomonas fluorescens* strains on quantitative and qualitative indices of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.)

سیدمحمد رضا احتشامی^{۱*}، زهرا امین‌دلدار^۲، عباس شهدی‌کومله^۳، حسن رضانی^۴

۱- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳- رئیس موسسه تحقیقات برنج کشور

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه بوعلی سیناای همدان

*نویسنده مسئول: smrehteshami@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۱۷

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر باکتری‌های محرک رشد بر صفات کمی و کیفی دو رقم برنج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به اجرا درآمد. عامل رقم در دو سطح (هاشمی و خزر) و سویه‌های باکتری سودوموناس *Pseudomonas fluorescens* در هشت سطح (سویه ۹۳، ۱۰۳، ۱۳۶، ۴، ۱۶۸، ۱۶۹ و ۱۷۷ به‌همراه تیمار با مصرف کود شیمیایی (بدون باکتری)) در نظر گرفته شدند. در این آزمایش، اثر رقم و اثر باکتری بر اکثر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بوده و رقم خزر در مقایسه با رقم هاشمی واکنش بهتری به باکتری‌ها نشان داد و عملکرد بالاتری را نسبت به رقم هاشمی به خود اختصاص داد، در ضمن این ریزجانداران تمام ویژگی‌های مورد ارزیابی برنج را در مقایسه با شاهد بهبود بخشیدند. در بین سطوح مختلف باکتری، تیمار تلقیح بذر با سویه‌های ۱۶۸، ۱۷۷ و ۹۳ نسبت به بقیه سویه‌ها اثر مثبتی بر صفات مورد ارزیابی داشتند. نتایج نشان داد که این باکتری‌ها به دلیل تأثیر بر افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌توانند منجر به افزایش وزن خشک و عملکرد گیاه گردند.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک، فسفر، وزن خشک.

۱. این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت می‌باشد.

مقدمه

به طور مؤثر با شرایط محیطی جدید سازگار شوند (Misko & Germida, 2002).

محققان نشان دادند که در اثر استفاده از سودوموناس جذب نیتروژن و پتاسیم در گیاهچه برنج افزایش یافت. توانایی این باکتری‌ها در تولید اکسین و تأثیر آن‌ها بر خصوصیات مرفولوژیکی ریشه برنج عامل مؤثر افزایش جذب مواد غذایی بیان شده است (Biswas *et al.*, 2000). در آزمایشی، بیشترین عملکرد برنج طارم در تلقیح باکتری سودوموناس و آزوسپیریولوم همراه با کود نیتروژن به دست آمد (Rahmati khorshidi & Ardakani, 2011). در تحقیقی، کاربرد کود زیستی به تنهایی، باعث افزایش عملکرد دانه برنج شد (Cong *et al.*, 2011). همچنین، پس از تلقیح ریزجانداران با برنج مشاهده شد که میزان اسید اندول استیک در گیاه و متعاقب آن، عملکرد برنج افزایش یافت (Bhromsiri & Bhromsiri, 2010). با توجه به استفاده نامناسب کودهای شیمیایی و اثر سوء زیست محیطی این کودها، کاربرد کودهای زیستی و حفاظت از محیط زیست، امری ضروری است. به همین دلیل این آزمایش به منظور بررسی کارایی سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس در میزان جذب عناصر غذایی و اثر آن بر رشد دو رقم برنج اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ در موسسه تحقیقات برنج کشور، با طول جغرافیایی ۴۱° و ۳۶° شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷° و ۷۶° شمالی و با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد، با آب و هوای مدیترانه‌ای و در ۱۰ کیلومتری رشت به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی در این تحقیق شامل دو رقم خزر (اصلاح شده) و هاشمی (بومی) و سویه‌های مختلف سودوموناس شامل ۸ سطح استفاده از کود شیمیایی و بدون تلقیح، تلقیح با *Pseudomonas fluorescens* strain 4 با *P. fluorescens* strain 93، تلقیح

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان محسوب می‌شود که سالانه تقریباً ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز ۳ میلیارد نفر از جمعیت دنیا را تأمین می‌کند (FAO, 2009). گزارش شده است که برای تأمین نیاز غذایی جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ نیاز به افزایش ۶۰ درصد در تولید برنج است (Yang & Zhng). سطح زیر کشت برنج در سال ۲۰۰۹، ۱۶۱ میلیون هکتار و سهم ایران حدود ۵۳۶ هزار هکتار گزارش شده است (FAO, 2009).

با توجه به ازدیاد روزافزون جمعیت، استفاده صحیح و بهینه از کودها (شیمیایی و آلی) برای تأمین مواد غذایی و افزایش تولید در واحد سطح ضروری است. گیاه برای تولید حداکثر، نیاز به عناصر غذایی کافی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارد. نقش کودهای زیستی در تأمین مواد غذایی برای گیاهان غیرقابل انکار است. کودهای زیستی عبارتند از مواد نگهدارنده حاوی یک یا چند نوع موجود مفید خاکزی و یا فرآورده زیستی آن‌ها که به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان استفاده می‌شوند (Sharma, 2002).

باکتری‌های محرک رشد از جمله باکتری‌های حل کننده فسفات نوعی کود زیستی محسوب می‌شوند که در بین آن‌ها سودوموناس به دلیل توزیع گسترده آن‌ها در خاک و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Khavazi *et al.*, 2005). در این راستا گزارش شده است که تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد، سبب بهبود رشد گیاه می‌شود (Kaymak *et al.*, 2009). همچنین وجود باکتری‌های محرک رشد بر جمعیت باکتریایی در خاک مؤثر می‌باشد (De-Bashan *et al.*, 2010). این باکتری‌ها با کاهش خسارت عوامل بیماری‌زا و تنش‌های موجود، سبب رشد بهتر گیاه و افزایش عملکرد می‌شوند (Lugtenberg & Kamilova, 2009). ثابت شده است که این باکتری‌ها می‌توانند

باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح، $10^7 \times 9/8$ برآورد گردید. عملیات آماده‌سازی زمین به نحو مطلوب قبل از کاشت صورت گرفت. سپس از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌گیری مرکب به عمل آمد و میزان عناصر پرمصرف و کم مصرف اندازه‌گیری شدند (Olsen et al., 1954) (جدول ۱).

با *P. fluorescens* strain 103 تلقیح با *P. fluorescens* strain 136 با *P. fluorescens* strain 168 با *P. fluorescens* strain 169 با *P. fluorescens* strain 177 باکتری‌های محرک رشد مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب فرموله و تهیه گردیدند. جمعیت

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table1- Some of soil physical and chemical properties of experimental site.

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته (pH)	مواد آلی (درصد)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
Soil texture	EC (dS/m)	Organic matter (%)	K available (mg/kg)	P available (mg/kg)	%T. N	
سیلتی-رسی Silty-clay	1.33	7.57	1.87	191	0/17	14

سانتی متر نشاکاری شدند. ۱۰۸ روز بعد از نشاکاری و با مشاهده علائم رسیدگی فیزیولوژیک با رعایت اثر حاشیه‌ای اقدام به برداشت محصول شد. برای اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی موجود در اندام هوایی قبل از ظهور خوشه (Hanway, 1989)، چون حداکثر جذب فسفر و عناصر غذایی در گیاه در طول رشد در این مرحله می‌باشد و از مرحله گلدهی به بعد عناصر غذایی جذب شده به دانه‌ها منتقل می‌شوند، از ردیف‌های دوم و هشتم هر کرت آزمایشی، پس از حذف تأثیر حاشیه‌ای، ۴ بوته انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. با استفاده از محلول‌های حاصل از عصاره‌گیری، عناصر مورد نظر در طول موج‌های خاص با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شدند.

برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن از دستگاه کج‌دال، استفاده شد (Hansen, 1989). برای اندازه‌گیری فسفر گیاه از روش کالریمتری استفاده شد (Malakoti & Homaei, 1993). برای اندازه‌گیری پتاسیم نیز از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید. برای محاسبه عناصر منیزیم، آهن و کلسیم، با استفاده از محلول‌های حاصل از عصاره‌گیری از بافت گیاهی آسیاب شده از کیت‌های زیست‌شیمی تهیه شده از شرکت آریا ارتو استفاده شد. برای اندازه‌گیری

رقم خزر دارای ارتفاع ۱۱۹ سانتی متر، وزن هزاردانه ۲۵ گرم و عملکرد ۴/۲ تن در هکتار و رقم هاشمی با ارتفاع ۱۳۹ سانتی متر، وزن هزاردانه ۲۶ گرم و عملکرد ۳/۵ تن در هکتار هستند. بذور در نیمه اول اردیبهشت ماه برای اولین مرحله تلقیح، در سوسپانسیون که حاوی ۱۷/۵ گرم باکتری و یک لیتر آب بود، به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند. سپس بذور برای جوانه‌دار کردن از سوسپانسیون خارج و روی کیسه‌های کنفی قرار داده شدند. هنگامی که طول جوانه‌ها به اندازه کافی رسید، به داخل خزانه منتقل گردیدند.

آماده‌سازی خزانه به‌روش ایستگاهی صورت گرفت. برای انجام دومین مرحله تلقیح، محلولی مشابه سوسپانسیون اولین مرحله تلقیح تهیه شد. در این مرحله، ریشه نشاهای خارج شده از خزانه به مدت ۲۴ ساعت در داخل سوسپانسیون قرار داده شد تا تلقیح صورت گیرد. در این آزمایش در همه تیمارها برای کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، سوپرفسفات تریپل (۱۹/۸ درصد فسفر) و سولفات پتاسیم (۵۰ درصد پتاسیم) استفاده شد (برای هر کرت به ترتیب ۳۲۰-۱۶۰-۸۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد). در هر کپه، تعداد ۳ گیاهچه تیمار شده با باکتری‌ها به فاصله ۲۰×۲۰

کرت ۱۰ بوته انتخاب و طول آن‌ها از ناحیه گره گردن تا نوک بالاترین دانه بدون احتساب ریشک با استفاده از خطکش اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه عملکرد دانه، دو هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه، بوته‌های موجود در ۳ مترمربع از هر کرت، کفبر شده و پس از کاهش رطوبت دانه‌ها خرمن‌کوبی شدند و سرانجام عملکرد دانه مورد محاسبه قرار گرفت. در محاسبه عملکرد بیولوژیک وزن کل بوته‌ها در فضای ۳ متر مربع ذکر شده پس از برداشت توزین گردید. برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD از نرم افزار SAS 9.2 استفاده شد. برای اندازه‌گیری اثرات متقابل نیز از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از نظر ارتفاع بوته بین رقم‌ها و نیز بین سطوح باکتری‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که مقایسه میانگین بین سطوح باکتری‌ها بیانگر آن بود که بیشترین ارتفاع بوته را تیمار تلقیح با باکتری سویه ۱۷۷ با مقدار ۱۵۲/۵۴ سانتی‌متر دارا بود و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد با میانگین ۱۴۲/۰۲ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه بین ارقام نشان داد که رقم هاشمی با ارتفاع ۱۵۶/۲۶ سانتی‌متر بلندتر از رقم خزر با ارتفاع ۱۳۶/۵۱ سانتی‌متر بود (جدول ۴).

استفاده بیشتر از منابع و شرایط رشدی مناسب - به دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش ارتفاع گیاه محسوب شود. نتایج نشان داد که اثر رقم و سطوح باکتری‌ها بر قطر ساقه، معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که تیمار حاوی باکتری سویه ۱۶۸ با میانگین ۵/۳۵ میلی‌متر، قطورترین ساقه را دارا بود و باریک‌ترین ساقه با میانگین ۴/۲۶ میلی‌متر در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳). رقم خزر با قطری معادل ۵/۹۴ میلی‌متر نسبت به رقم هاشمی با میانگین ۴/۰۱ میلی‌متر، از قطر ساقه بیشتری برخوردار بود (جدول ۴).

کلسیم، پس از قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک معرف و در طول موج ۵۷۰ نانومتر با استفاده از رابطه (۱) میزان کلسیم بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر (Asghari *et al.*, 2013) محاسبه شد. مقدار منیزیم نیز پس از قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک معرف و در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از رابطه (۲) تعیین شد. همچنین پس از قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل معرف بلانک و در طول موج ۵۹۳ نانومتر با استفاده از رابطه (۳) میزان آهن محاسبه گردید.

رابطه (۱): کلسیم (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) = (قرائت توسط اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک معرف) / (قرائت استاندارد) $\times 10$

رابطه (۲): کلسیم (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) = (قرائت توسط اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک معرف) / (قرائت استاندارد) $\times 2/5$

رابطه (۳): آهن (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) = (قرائت توسط اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک معرف) / (قرائت استاندارد) $\times 200$ میزان فسفر دانه با استفاده از روش کالریمتری مولیدانات اسکوربیک تعیین گردید (Hanson, 1950).

در مرحله دانه بستن، طول برگ پرچم با خطکش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه در هر کرت، تعداد ۱۰ کپه انتخاب و تعداد پنجه‌های کل و تعداد پنجه‌های بارور شمارش شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، در هر کرت به طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و ارتفاع از ناحیه طوقه تا نوک بلندترین خوشه (بدون احتساب ریشک) محاسبه شد و از میانگین‌گیری این اعداد، متوسط ارتفاع بوته به دست آمد. قطر ساقه در میانگین دوم به تعداد ۱۰ بوته در هر تیمار و در هر بوته ۳ ساقه به وسیله کولیس اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن خشک، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و پس از رسیدن به وزن ثابت، با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. طول دوره رشد برنج از زمان نشاکاری تا مرحله برداشت، روزشماری شد. برای اندازه‌گیری طول خوشه، در هر

جدول ۲- تجزیه واریانس صفتهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو رقم برنج در سطوح مختلف باکتری.

Table 2- Analysis of variance for morphological and physiological characteristics of two rice cultivars in bacterial different levels.

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	طول برگ پرچم Flag leaf length	طول خوشه Panicle length	تعداد پنجه بارور Tiller number	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
تکرار (Replication)	3	40.31 ^{ns}	0.08 ^{ns}	24.06 ^{ns}	2.85 ^{ns}	13.19 ^{ns}	4.141 [*]	0.019 ^{ns}	1275810.11 [*]
رقم (Cultivar)	1	6241.79 ^{**}	59.62 ^{**}	1608.41 ^{**}	31.46 ^{**}	1564.69 ^{**}	16.39 ^{**}	0.004 ^{ns}	2539118.75 ^{**}
باکتری (Bacterial)	7	81.79 ^{**}	1.02 ^{**}	13.26 ^{ns}	5.02 ^{**}	17.58 ^{**}	12.69 ^{**}	0.048 ^{**}	1009245.89 ^{**}
باکتری × رقم (Cultivar × Bacterial)	7	15.28 ^{ns}	50.25 ^{ns}	4.37 ^{ns}	1.53 ^{ns}	8.37 ^{ns}	1.49 ^{ns}	0.0067 ^{ns}	294252.04 ^{ns}
خطا (Error)	45	26.47	0.2	11.27	1.57	5.56	1.12	0.015	317843.17
ضریب تغییرات (CV %)	-	3.51	9.10	8.87	4.45	12.71	11.09	19.18	13.53

n.s. و * ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

n.s., *: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگینهای صفتهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک در سطوح مختلف باکتری.

Table 3- Means comparison of morphological and physiological characteristics in bacterial different levels.

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی متر) Stem diameter (mm)	طول برگ پرچم (سانتی متر) Flag leaf length (cm)	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد پنجه بارور Tiller number	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار) Biological yield (ton/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
شاهد (Control)	142.02 ^c	4.26 ^d	36.5 ^{ab}	27.18 ^c	16.02 ^c	6.74 ^{ab}	3546.7 ^c
سویه ۴ (Strains 4)	144.34 ^{bc}	4.72 ^c	36.02 ^b	27.97 ^{abc}	18.22 ^{bc}	9.83 ^{ab}	4229.2 ^{ab}
سویه ۹۳ (Strains 93)	144.58 ^{bc}	5.05 ^{abc}	37.34 ^{ab}	28.19 ^{abc}	18.42 ^{ab}	9.77 ^{ab}	4200.8 ^{ab}
سویه ۱۰۳ (Strains 103)	148.36 ^{ab}	5.15 ^{abc}	38.31 ^{ab}	27.56 ^{bc}	17.77 ^{bc}	9.57 ^b	4035.0 ^{bc}
سویه ۱۳۶ (Strains 136)	145.20 ^{bc}	4.82 ^{bc}	37.65 ^{ab}	27.25 ^c	18.57 ^{ab}	9.04 ^{ab}	3889.6 ^{bc}
سویه ۱۶۸ (Strains 168)	146.33 ^{bc}	5.35 ^a	39.54 ^a	29.22 ^a	20.27 ^a	11.03 ^a	4743.9 ^a
سویه ۱۶۹ (Strains 169)	147.74 ^{ab}	5.17 ^{abc}	38.30 ^{ab}	28.71 ^{ab}	20.15 ^{ab}	10.12 ^{ab}	4353.8 ^{ab}
سویه ۱۷۷ (Strains 177)	152.54 ^a	5.25 ^{ab}	39.31 ^{ab}	29.05 ^a	20.26 ^a	10.1 ^{ab}	4343.7 ^{ab}

در هر ستون، میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5 % probability level, using LSD Test

نتایج نشان داد که اثر رقم‌ها و سطوح باکتری‌ها بر طول خوشه، معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که رقم هاشمی با مقدار ۲۸/۸۴ سانتی‌متر نسبت به رقم خزر با میانگین ۲۷/۴۴ سانتی‌متر طول خوشه بیشتری داشت (جدول ۴). بین سطوح باکتری‌ها، تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ و ۱۷۷ با میانگین ۲۹ سانتی‌متر طول‌ترین طول خوشه را داشتند. گزارش شده است که اثر باکتری بر اختلاف معنی‌داری بین دو رقم و همچنین بین سطوح باکتری‌ها از نظر تعداد پنجه بارور مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم خزر با ۲۳/۶۵ عدد، تعداد پنجه بیشتری را نسبت به رقم هاشمی با ۱۳/۷۶ عدد به خود اختصاص داد (جدول ۴). مقایسه بین سطوح باکتری‌ها بیانگر آن بود که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ و ۱۷۷ به ترتیب بیشترین تعداد پنجه بارور را (۲۰/۲۷ و ۲۰/۲۶ عدد) به خود اختصاص دادند، در حالی که کمترین تعداد پنجه بارور به تیمار شاهد با مقدار ۱۶/۰۲ عدد تعلق داشت (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که دلیل این افزایش ناشی از جذب بیشتر عناصر ماکرو و میکرو و تولید بیشتر هورمون در گیاه می‌باشد. همچنین گزارش گردید که تیمارهای حاوی باکتری، تعداد پنجه در بوته بیشتری را در گیاه جو نسبت به شاهد دارند (Hassanzadeh *et al.*, 2008). از نظر عملکرد بیولوژیک، بین ارقام و همچنین بین سطوح باکتری‌ها در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه بین سطوح باکتری‌ها نشان داد تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با ۱۱/۰۳ تن در هکتار بیشترین عملکرد را دارا بود.

به نظر می‌رسد با افزایش قطر ساقه مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد و بنابراین دانه‌های سالم و بیشتری تولید می‌شود و در نهایت عملکرد نیز افزایش پیدا می‌کند. دلیل افزایش قطر ساقه در تیمار حاوی باکتری سویه ۱۶۸ را می‌توان به تجمع مواد زیست‌توده بالاتر گیاه نسبت داد. توانایی زیاد این باکتری‌ها در افزایش تولید ماده تنظیم‌کننده رشد سیتوکینین که در تقسیم سلولی نقش دارد، به افزایش قطر ساقه گیاه اثر مثبتی داشت. در تحقیقی افزایش قطر ساقه ذرت در اثر کاربرد ریزجانداران حل‌کننده فسفات گزارش شد (Ehteshami *et al.*, 2009).

نتایج نشان داد که بین دو رقم، اختلاف معنی‌داری از نظر طول برگ پرچم وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که رقم خزر (۴۲/۸۵ سانتی‌متر) نسبت به رقم هاشمی (۳۲/۸۳ سانتی‌متر) دارای طول برگ پرچم بیشتری بود (جدول ۴). سویه ۱۳۶ با ۱۱/۶ میلی‌متر اختصاص داشت (جدول ۳). این نتیجه را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که باکتری‌های محرک رشد با کمک به جذب بیشتر مواد غذایی در گیاه باعث رشد بهتر گیاه شده و به این طریق بر سطح فتوسنتزی گیاه، تأثیر مثبت می‌گذارند.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین رقم‌ها از نظر تعداد روز تا رسیدگی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که رقم خزر با میانگین ۱۰۵ روز نسبت به رقم هاشمی با ۹۵/۲۱ روز، دیررس‌تر بود (جدول ۴)، اما بین سطوح باکتری‌ها و اثر رقم در باکتری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). با این وصف، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۷۷ کمترین روز تا رسیدگی را داشت و با نتایج دیگر محققان مشابه بود (Chang & Yang, 2009).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفتهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین دو رقم برنج.

Table 4- Means comparison of morphological and physiological characteristics between two rice cultivars.

رقم Cultivar	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر) Flag leaf length (cm)	طول خوشه (سانتی‌متر) Panicle length (cm)	تعداد پنجه بارور Tiller number	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار) Biological yield	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
خزر (Khazar)	136.52 ^b	5.54 ^a	42.86 ^a	27.44 ^b	23.66 ^a	10.03 ^a	3915.54 ^b
هاشمی (Hashemi)	156.27 ^a	4.01 ^b	32.83 ^b	28.85 ^a	13.77 ^b	9.02 ^b	4379.51 ^a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5 % probability level, using LSD Test

جدول ۵- تجزیه واریانس عناصر غذایی و عملکرد دانه دو رقم برنج در سطوح مختلف باکتری.

Table 5- Analysis of variance for nutrients and grain yield of two rice cultivars in bacterial different levels.

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	نیتروژن بافت گیاه Nitrogen plant tissue	فسفر بافت گیاه Phosphorus plant tissue	پتاسیم بافت گیاه Potassium plant tissue	کلسیم بافت گیاه Calcium plant tissue	منیزیم بافت گیاه Magnesium plant tissue	آهن بافت گیاه Iron tissue	فسفر دانه Seed phosphorus
تکرار (Replication)	3	0.45 ^{ns}	0.07 [*]	2.31 [*]	0.54 ^{ns}	0.02 ^{ns}	13620.97 ^{**}	0.17 ^{ns}
رقم (Cultivar)	1	0.14 ^{ns}	0.01 ^{ns}	2.24 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.12 ^{**}	7156.97 ^{ns}	5.20 ^{**}
باکتری (Bacterial)	7	0.70 [*]	0.13 ^{**}	3.82 ^{**}	2.14 ^{**}	0.06 ^{**}	7900.86 [*]	0.63 [*]
باکتری × رقم (Cultivar×Bacterial)	7	0.14 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.02 ^{ns}	5882.16 ^{ns}	0.52 ^{ns}
خطا (Error)	45	0.30	0.26	0.78	0.45	0.01	3057.77	0.25
ضریب تغییرات (%) CV	-	6.36	4.74	10.26	15.52	5.07	22.91	12.49

n.s و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, *, **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات کیفی و عملکرد دانه بین دو رقم برنج.

Table 6- Means comparison of qualitative characteristics and grain yield between two rice cultivars.

Cultivar	رقم	منیزیم بافت گیاه (میلی گرم در دسی لیتر) Magnesium plant tissue (mg/dlit)	فسفر دانه (درصد) Seed phosphorus (%)
(Hashemi)	هاشمی	2.44 ^a	3.70 ^b
(Khazar)	خزر	2.36 ^b	4.27 ^a

در هر ستون، میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5 %probability level, using LSD Test

جدول ۷-مقایسه میانگین عناصر غذایی و عملکرد دانه بین سطوح مختلف باکتری.

Table 7- Means comparison of nutrients and grain yield between bacterial different levels.

تیمار Treatment	نیترژن بافت گیاه (درصد) Nitrogen plant tissue (%)	فسفر بافت گیاه Phosphorus plant tissue (%)	پتاسیم بافت گیاه (میلی گرم در دسی لیتر) Potassium plant tissue (mg/dlit)	کلسیم بافت گیاه (میلی گرم در دسی لیتر) Calcium plant tissue (mg/dlit)	منیزیم بافت گیاه (میلی گرم در دسی لیتر) Magnesium plant tissue (mg/dlit)	آهن بافت گیاه (میلی گرم در دسی لیتر) Iron plant tissue (mg/dlit)	فسفر دانه Phosphorus of seed (%)
(Control) شاهد	8.08 ^c	3.14 ^c	8.55 ^{ab}	3.41 ^e	2.49 ^a	1.97 ^b	3.85 ^{ab}
(Strains 4) سویه ۴	8.39 ^{bc}	3.39 ^{ab}	7.89 ^{bc}	4.22 ^{bcd}	2.45 ^{ab}	1.97 ^b	3.99 ^a
(Strains 93) سویه ۹۳	8.64 ^{ab}	3.46 ^a	9.23 ^a	3.94 ^{de}	2.45 ^{ab}	2.29 ^{ab}	3.89 ^{ab}
(Strains 103) سویه ۱۰۳	8.55 ^{abc}	3.39 ^{ab}	9.11 ^a	4.40 ^{abcd}	2.42 ^{ab}	2.45 ^{ab}	3.42 ^b
(Strains 136) سویه ۱۳۶	8.70 ^{ab}	3.23 ^{bc}	7.63 ^c	4.05 ^{cde}	2.44 ^{ab}	2.31 ^{ab}	4.05 ^a
(Strains 168) سویه ۱۶۸	8.98 ^a	3.51 ^a	9.26 ^a	4.75 ^{ab}	2.35 ^b	2.87 ^a	4.26 ^a
(Strains 169) سویه ۱۶۹	8.79 ^{ab}	3.48 ^a	9.41 ^a	5.03 ^a	2.21 ^c	2.64 ^a	4.21 ^a
(Strains 177) سویه ۱۷۷	8.94 ^{ab}	3.45 ^a	9.27 ^a	4.66 ^{abc}	2.37 ^{ab}	2.63 ^a	4.25 ^a

در هر ستون، میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5 %probability level, using LSD Test

باکتری سودوموناس بر جذب فسفر در ذرت موثر بود (Egamberdiyeva, 2007).

بین سطوح باکتری‌ها در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری از حیث میزان پتاسیم بافت گیاهی مشاهده شد (جدول ۵)، به طوری که مقایسه بین سطوح باکتری‌ها بیانگر آن بود که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با میانگین ۹/۴۱ درصد بیشترین مقدار را داشت و با تیمارهای تلقیح بذر با باکتری‌های سویه ۹۳، ۱۰۳، ۱۶۹ و ۱۷۷ با سویه ۱۶۸ در یک سطح آماری قرار داشت. کمترین مقدار پتاسیم در تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۳۶ با میانگین ۷/۶۳ درصد مشاهده شد (جدول ۷).

محققان نشان دادند که استفاده از دو گونه باکتری سودوموناس فلورسنس سبب افزایش عناصری نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ گیاه موز در مقایسه با تیمار بدون تلقیح با باکتری شد (Kavino *et al.*, 2010). افزایش جذب عناصر به وسیله گیاهان با باکتری محرک رشد را به تولید مواد تنظیم کننده رشد نسبت دادند که به وسیله باکتری‌ها در سطح ریشه تحریک می‌شوند (Hoflich *et al.*, 1997). از دلایل دیگر قابلیت دسترسی بیشتر عناصر در تیمارهای تلقیح شده را تولید اسیدهای آلی در محیط ریشه گیاهان گزارش شده است (Shen *et al.*, 2004).

میزان کلسیم گیاهی تحت تأثیر سطوح باکتری‌ها در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵)، بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۹ با میانگین ۵/۰۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بیشترین مقدار کلسیم را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار کلسیم در تیمار شاهد با میزان ۳/۴۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر مشاهده شد (جدول ۷).

افزایش کلسیم می‌تواند ناشی از تأثیر باکتری در توسعه سیستم ریشه و متعاقب آن، جذب بهتر کلسیم باشد. گزارش شده است که باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منگنز و روی در گیاه شده‌اند (Karlidag *et al.*,

بیشترین عملکرد بیولوژیک را با مقدار ۱۱/۰۳ تن در هکتار سویه ۱۶۸ و کمترین مقدار را تیمار شاهد با میانگین ۶/۷۴ تن در هکتار به خود اختصاص دادند. (جدول ۳). مقایسه بین ارقام حاکی از آن بود که رقم خزر با ۱۰/۰۳ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک بیشتری را نسبت به رقم هاشمی با ۹/۰۲ تن در هکتار داشت (جدول ۴).

اثر رقم در باکتری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). این افزایش تولید ماده خشک را می‌توان به رشد بهتر و در نتیجه جذب عناصر ضروری نظیر نیتروژن و فسفر به دلیل افزایش توسعه ریشه نسبت داد. در تحقیق دیگر مشخص شد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات همراه با سنگ فسفات، توانایی ذرت را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش داده و بر رشد گیاه تأثیر مثبت گذاشته است (Goenadi *et al.*, 2000).

بین سطوح باکتری‌ها در سطح احتمال ۵ درصد از نظر مقدار نیتروژن بافت گیاهی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵)، به طوری که باکتری سویه ۱۶۸ با میانگین ۸/۹۸ درصد و تیمار شاهد با میانگین ۸/۰۸ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن را نشان دادند (جدول ۷). بین سطوح باکتری‌ها از لحاظ میزان فسفر گیاه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۵)، به طوری که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با میانگین ۳/۵۱ درصد بیشترین میزان فسفر گیاه را داشت؛ ولی با تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سویه ۹۳، ۱۶۹ و ۱۷۷ در یک سطح قرار گرفتند و کمترین مقدار فسفر در تیمار شاهد با میانگین ۴۳/۱ درصد مشاهده شد (جدول ۷). محققان، افزایش جذب فسفر توسط گیاهان همزیست با ریزجانداران حل‌کننده فسفات را به واسطه تولید دی‌اکسیدکربن به وسیله این ریزجانداران و اثر آن بر افزایش قابلیت جذب فسفر گزارش کرده‌اند (Rodriguez & Fraga, 1999).

ریزجانداران حل‌کننده فسفات می‌توانند جذب فسفر را در گیاهان از طریق افزایش فعالیت فسفاتاز ارتقاء دهند. در این خصوص گزارش شده است که

باکتری‌های محرک رشد قادر به تولید سیدروفور در پاسخ به کمبود عنصر آهن، برای جذب بهتر می‌باشد. همچنین اثر افزایشی باکتری‌های محرک رشد بر سطح سیدروفور در گندم گزارش شده که در رشد گیاه موثر می‌باشد (Akhtar *et al.*, 2009).

به نظر می‌رسد که سودوموناس، جذب عناصر معدنی بخصوص عناصر کم مصرف را از طریق تحریک پمپ پروتونی ATPase افزایش می‌دهد (Yang *et al.*, 2009). بنا به گزارش برخی مققان باکتری‌های سودوموناس باعث افزایش تولید سیدروفورها و قابل دسترس بودن آهن برای غلات شده‌اند (Lalande *et al.*, 1989). محققان دیگری نیز گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش تولید سیدروفورها و قابلیت دسترسی آهن برای گیاهان می‌شوند (Chang & Yang, 2009).

با محلول‌پاشی سودوموناس و باسیلوس مشخص شد که جذب فسفر، آهن و روی به‌طور معنی‌داری در توت فرنگی افزایش پیدا کرده است (Esitken *et al.*, 2010). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از لحاظ میزان فسفر دانه بین رقم‌های برنج در سطح احتمال ۱ درصد و بین سطوح باکتری‌ها در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان فسفر دانه وجود داشت (جدول ۵). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با ۴/۲۶ درصد بیشترین فسفر دانه را دارا بود و با تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سویه ۴، ۱۳۶، ۱۶۹ و ۱۷۷ در یک سطح آماری قرار گرفتند و کمترین مقدار فسفر در تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۰۳ با میانگین ۳/۴۲ درصد مشاهده شد (جدول ۷).

مقایسه میانگین بین ارقام برنج نشان داد که رقم خزر با میانگین ۴/۲۷ درصد نسبت به رقم هاشمی با ۳/۷۰ درصد فسفر بیشتری را در دانه خود ذخیره کرد (جدول ۶). گزارش شده است که در تیمارهای تلقیح شده با ریزموکودات حل‌کننده فسفات، میزان و کیفیت دانه تحت تأثیر عناصر غذایی قابل دسترس برای گیاهان از جمله فسفر قرار می‌گیرد (Hanway,

2007). در یک تحقیق دیگر مشخص شد که عناصری از قبیل منگنز، فسفر و کلسیم با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات در گیاه توت فرنگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. (Esitken *et al.*, 2010). میزان کلسیم بافت گیاهی در غلات تلقیح شده با سودوموناس افزایش یافته است (Baset & Shamsuddin, 2010).

تجزیه داده‌ها نشان داد که از لحاظ منیزیم تفاوت معنی‌داری بین سطوح باکتری‌ها وجود دارد (جدول ۵). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، تیمار شاهد با میانگین ۲/۴۹ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بیشترین مقدار منیزیم و تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۹ با میانگین ۲/۲۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر کمترین مقدار منیزیم را دارا بود (جدول ۷). همچنین بین رقم‌ها تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد و رقم هاشمی با میزان ۲/۴۴ میلی‌گرم در دسی‌لیتر نسبت به رقم خزر با میانگین ۲/۳۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر برتری داشت (جدول ۶).

بر خلاف نتایج این آزمایش، گزارش شده است که با کاربرد باکتری‌های محرک رشد مثل سودوموناس میزان عناصری چون آهن و منیزیم افزایش پیدا می‌کند که یکی از دلایل این افزایش را زیاد شدن هدایت الکتریکی در تیمارهای تلقیح شده با باکتری نسبت به تیمارهای شاهد بیان کرده‌اند (Esitken *et al.*, 2010). نتایج این تحقیق نشان داد که از لحاظ میزان آهن در بافت گیاهی بین سطوح باکتری‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

در این آزمایش تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با میانگین ۲/۸۷ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بیشترین مقدار آهن را داشت، ولی تیمار تلقیح با باکتری سویه ۱۶۹ و ۱۷۷ در یک سطح قرار گرفتند؛ اما کمترین مقدار آهن، مربوط به تیمار شاهد با میزان ۱/۹۸ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود (جدول ۷). این نتایج دور از انتظار نیست، زیرا باکتری‌های محرک رشد توانایی تولید سیدروفور و افزایش سطح آهن را در گیاه دارند. این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (Prashan *et al.*, 2009). آن‌ها بیان کردند که

شد، مشاهده گردید که تلقیح زیستی ریزجانداران همراه با کود سبز به طور متوسط باعث افزایش ۲۳ تا ۲۵ درصد عملکرد دانه گردید (Senthilkumar *et al.*, 2009). افزایش عملکرد برنج به میزان ۲۳ درصد در اثر تلقیح ریشه با سودوموناس توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Jha *et al.*, 2009).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هیچ یک از اثرات متقابل در صفات مورد مطالعه، معنی‌دار نشد (جدول ۲ و ۵). بین سطوح باکتری‌ها از لحاظ شاخص برداشت، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲)، تا جایی که مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با ۰/۷۶ درصد بیشترین شاخص برداشت را داشت و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). بین ارقام و همچنین اثر رقم در باکتری، اختلاف معنی‌داری مشخص نشد (جدول ۲).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش رشد و میزان تجمع عناصر غذایی در گیاه برنج شد. به نظر می‌رسد این افزایش عمدتاً به دلیل تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط باکتری و اثر آنها بر رشد ریشه بود که جذب آب و مواد غذایی را از خاک بهبود بخشید. افزایش در میزان تجمع عناصر غذایی توسط گیاه باعث افزایش ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه شد. تنوع عملکرد سویه‌های سودوموناس به صورت تفاوت در جذب عناصر غذایی و تأثیر بر عملکرد دانه نمود یافت. در بین سطوح مختلف باکتری، تیمار تلقیح بذر با سویه‌های ۱۶۸، ۱۷۷ و ۹۳ نسبت به بقیه سویه‌ها اثر بارزتری بر تمامی صفات مورد ارزیابی داشتند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که باکتری‌های محرک رشد به دلیل تأثیر بر افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر می‌توانند منجر به افزایش وزن خشک و عملکرد برنج گردند.

(1989). بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش، غلظت فسفر در بافت گیاهی تیمارهای تلقیح شده با ریزموجودات حل‌کننده فسفات بالاتر از تیمار شاهد بود که می‌تواند دلیلی بر افزایش کیفیت دانه باشد. در تحقیقات مشابهی گزارش شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات میزان فسفر را در گیاهان افزایش می‌دهند (Chang & Yang, 2009) و کاربرد باکتری‌های محرک رشد از نوع سودوموناس و باسیلوس سبب افزایش معنی‌دار فسفر برگ و فسفر قابل دسترس در خاک می‌شود (Esitken *et al.*, 2010).

اختلاف معنی‌داری بین ارقام و نیز بین سطوح باکتری‌ها در عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۵)، به طوری که رقم خزر با ۴۳۷۹/۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیشتری در مقابل رقم هاشمی با میانگین ۳۹۱۵/۵ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص داد (جدول ۶). همچنین در مقایسه میانگین باکتری‌ها مشاهده شد که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ با مقدار ۴۷۴۳/۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را سبب شد و کمترین عملکرد با میزان ۳۲۴۶/۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد دیده شد (جدول ۷).

با توجه به تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر توسعه سیستم و طول ریشه و توانایی ایجاد ارتباط با ریشه، گیاه سطح تماس ریشه خود را با خاک افزایش می‌دهد و در نتیجه، آب و عناصر غذایی را بهتر و بیشتر جذب می‌کند. با توجه به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه تلقیح شده با سویه‌های مورد مطالعه، افزایش عملکرد برنج چندان دور از انتظار نیست. نتایج سایر محققان، بیان‌کننده اثر افزایشی کودهای زیستی بر سطح عناصر غذایی و عملکرد دانه برنج در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی به تنهایی می‌باشد (Wijebandara *et al.*, 2009). در مطالعه-ای گلدانی مشاهده شد که استفاده از ریزجانداران محرک رشد، عملکرد دانه برنج را تا ۴۶ درصد افزایش داد (Javaid, 2010). طی آزمایشی که در برنج انجام

References

- Akhtar, M. J., Asghar, H. N., Shahzad, K. and Arshad, M. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria applied in combination with compost and mineral fertilizers to improve growth and yield of wheat. **Pak. J. Bot.** 41(1): 381-390.
- Asghari, J., Ehteshami, S. M. R., Rajabi Darvishan, Z. and Khavazi, K. 2013. Investigation of spraying or root inoculation by Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) and their metabolites on morphophysiological indices, qualitative indices and yield in Hashemi cultivar of rice. **J. Plant Proce. Func.** 2 (4): 25-40. (In Farsi with English Abstract)
- Baset, M. A. and Shamsuddin, Z. H. 2010. Rhizobium as a crop enhancer and biofertilizer for increased cereal production. **Afric. J. of biotech.** 9(37): 6001-6009.
- Biswas, J. C., Ladha, J. K., Dazzo, F. B., Yanni, Y. G. and Rolfe, B. G. 2000. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agron. J.** 92: 880-886.
- Bhromsiri, C. and Bhromsiri, A. 2010. Isolation, screening of growth-promoting activity and diversity of rhizobacteria from vetiver grass and rice plants. **Thailand J. Agric. Sci.** 43(4): 217-230.
- Chang, C. H. and Yang, S. S. 2009. Thermo-tolerant phosphate-solubilizing microbes for multi-functional biofertilizer preparation. **Bio. Technol.** 100: 1648-1658.
- Cong, P. T., Dung, T. D., Hien, N. T., Choudhury, A., Rose, M. T., Kecskes, M. L., Deaker, R. and Kennedy, I. R. 2011. Effects of a multistrain biofertilizer and phosphorus rates on nutrition and grain yield of paddy rice on a sandy soil in southern Vietnam. **J. Plant Nut.** 34: 1058-1069.
- De-Bashan, L. E., Hernandez, J. P., Bashan, Y. and Maier, R. 2010. *Bacillus pumilus* S4: Candidate plant growth-promoting bacterium to enhance establishment of plants in mine tailings. **J. Environ. Exp. Bot.** 32(4): 343-352.
- Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. **Appl. Soil Ecol.** 36: 184-189.
- Ehteshami, S. M. R., Aghaalkhani, M., Chaichi, M. R. and Khavazi, K. 2009. Effect of Phosphate biofertilizers on quantitative and qualitative characteristics of maize under water deficit stress. **J. Iranian Crop Sci.** 40 (1): 15-27. (In Farsi with English Abstract)
- Esitken, A., Yildiz, H. E., Ercisli, S., Donmez, M. F., Turan, M. and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. **Sci. Hort.** 124: 62-66.
- FAO. 2009. <http://www.faostat.fao.org>
- Goenadi, D. H., Siswanto, Y. and Sugiarto, Y. 2000. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. **Soil Sci. Soc. America J.** 64: 927-932.
- Hansen, B. 1989. Determination of nitrogen as elementary N: An alternative to Kjeldahl. **Acta Agric. Scan.** 39: 113-118.
- Hanson, W. C. 1950. The photometric determination of phosphorus in fertilizers using the phosphor vanadomolybdate complex. **J. Sci. Food Agric.** 1: 172-173.
- Hanway, J. J. 1989. Maize. In: Plucknett, D. L. and Sprague, H.B. (eds). **Detecting mineral deficiencies in tropical and temperate crops.** Westview Press, Boulder San Francisco, pp. 201-245.
- Hassan zadeh, E., Mazaheri, D., Chaichi, M. R. and Khavazi, K. 2008. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley cultivar (Karoon Dar Kavir). **Pajouhesh and Sazandegi**, 77: 111-118. (In Farsi with English Abstract)
- Hoflich, G., Tappe, E., Khun, G. and Wiehe, W. 1997. Einfluss associative Rhizosphärenbakterien auf die Nährstoffaufnahme und den Ertrag von Mais. **Archiv fuer Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde** 1: 323-333.
- Javid, A. 2010. Effect of biofertilizer combined with different amendments on potted rice plants. University of the Punjab, Institute of Plant Pathology, Quid-e- Azam Campus, Lahore, Pakistan.

- Jha, B., Thakur, M. C., Gontia, I., Albrecht, V., Stoffels, M., Schmid, M. and Hartmann, A. 2009. Isolation, partial identification and application of diazotrophic rhizobacteria from traditional Indian rice cultivars. **European J. Soil Biol.** 45: 62-72.
- Kaymak, H. A., Guvenc, I., Yarali, F. and Denmez, M. F. 2009. The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. **Turkish J. Agric.** 33: 173-179.
- Karlıdag, H., Estiken, A., Turan, M. and Sahin, F. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. **Sci. Hort.** 114: 16-20.
- Kavino, M., Harish, S., Kumar, N., Saravanakumar, D. and Samiyappan, R. 2010. Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (*Musa* spp.) under field conditions. **Appl. Soil Ecol.** 45: 71-77.
- Khavazi, K., Asadi Rahmani, H. and Malakouti, J. 2005. **Necessary of industrial production of biofertilizer in Iran** (Proceedings of papers-2nd Edition). Research Institute of Soil and Water, 439p. (In Farsi)
- Lalande, R., Bissonnette, N., Coutlee, D. and Antoun, H. 1989. Identification of rhizobacteria from maize and determination of their plant-growth promoting potential. **Plant Soil.** 115: 7-11.
- Lugtenberg, B. and Kamilova, F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Ann. Rev. Microb.** 63: 541-556.
- Malakoti, M. J. and Homaei, M. 1993. **Soil fertility in drylands "problems and solutions"**. Tarbiat Modarres University Press. 494p. (in Farsi)
- Misko, A. and Germida, J. J. 2002. Taxonomic and functional diversity of *Pseudomonas* isolated from the roots of field-grown canola. **FEMS Microb. Ecol.** 42: 399-407.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. 1954. **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate**. United States Department of Agriculture Circular, 939: 1-19.
- Prashan, S. D., Bhushan, R. C. and Sudhir, C. 2009. Sidrophor *geniacinetobacter calcoaceticus* isolated from wheat rhizosphere with strong PGPR activity. **Malaysian J. Microb.** 5(1): 6-12.
- Rahmati khorshidi, Y. and Ardakani, M.R. 2011. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa*) to *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. **American- Eurasian J. Agric. Environ. Sci.** 10 (3): 387-395.
- Rodriguez, H. and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion (review paper). **Biotech. Adv.** 17: 319-339.
- Senthilkumar, M., Madhaiyan, M., Sundaram, S.P. and Kannaiyan, S. 2009. Intercellular colonization and growth promoting effects of *Methylobacterium* sp. With plant-growth regulators on rice (*Oryza sativa* L.). **Microb. Res.** 164: 92-104.
- Sharma, A. K. 2002. **Biofertilizers for sustainable agriculture**. 1st edition. Jodhpur: Agrobios, India, 456p.
- Shen, J., Li, R., Zhang, F., Fan, J., Tang, C. and Rengel, Z. 2004. Crop yields, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under rice monoculture system on a calcareous soil. **Field Crop Res.** 86: 225-238.
- Wijebandara, D. M. D. I., Dasog, G. S., Patti, P. L. and Manjuna, M. 2009. Response of rice to nutrients and biofertilizers under conventional rice intensification methods of cultivation in tungabhadra command of Karnataka. **Karnataka J. Agric. Sci.** 22(4): 741-750.
- Yang, J., Kloepper, J. W. and Ryu, C. M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. **Trends Plant Sci.** 14: 1-4.
- Yang, J. and Zhang, J. 2010. Crop management technique to enhance harvest index in rice. **J. Exp. Bot.** 61 (12): 3177-3189.
- Yousefi rad, M. 2007. Effects of mycorrhizal fungi and Phosphate solubilizing bacteria on tolerance to salinity of barley Cultivars. Ph.D thesis, Islamic Azad University, Science and Researches Branch. (In Farsi).

Effect of seed inoculation with *Pseudomonas fluorescens* strains on quantitative and qualitative indices of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.)¹

Seyed Mohammadreza Ehteshami^{1*}, Zahra Amindeldar², Abbas Shahdi Kumleh³, Hassan Ramezani⁴

1- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Guilan University, Iran.

2- M.Sc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Guilan University, Iran.

3-Chief of Rice Researches Institute

4- M. Sc. of Biology, Department of Biology, University of Abu-Ali Sina, Hamedan, Iran.

*Corresponding author: smrehteshami@yahoo.com

Received: 2013.02.13

Accepted: 2014.07.08

Abstract

To evaluate the effect of growth promoting bacteria on quantitative and qualitative indices of two rice cultivars, an experiment was performed in 2009-2010 cropping season in Rice Researches Institute of Iran, Rasht. The experiment design consisted of four randomized complete blocks in a factorial arrangement having 16 treatments. In this research, two factors were evaluated: rice cultivars (Khazar and Hashemi) and eight levels of seed inoculation with *P.fluorescens* [strains of 168, 93, 177, 136, 103, 169, 4 and without seed inoculation. In this experiment, effect of both cultivar and effect of bacteria were significant for the most of studied characteristics, but effect of cultivar in bacteria wasn't significant. The results of experiment showed that inoculation with bacterial strains had a stimulating effect on growth of rice cultivars. In this experiment, Khazar had positive effect on the most of studied characteristics in comparison with Hashemi. Application of these microorganisms increased the content of N, P, K, Ca and Fe in plant, but didn't influence Mg adsorption. Between bacterial different strains, seed inoculation with 168, 177 and 93 strains increased evaluated characteristics significantly, compared with other strains. Results showed that these microorganisms can interact positively in plant growth promoting, As well as nutrients uptake of rice plants in soil especially P that consequently, leading to improved plant yield and dry weight.

Key Words: PGPR, Quantitative and qualitative characteristics, Phosphorus, weight dry

1. This paper is exploited of M.Sc. Thesis in Agronomy.