فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱، شماره ۲، سال ۱۳۹۱
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۵/۰۴

اثر سویه‌های مختلف سودوموناس بر کارایی جذب، عملکرد و اجزای عملکرد برنج

زهرا امین‌دلدار[۱]، سید محمدرضا احتشامی[۱*]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر سویه‌های مختلف سودوموناس بر کارائی جذب عناصر غذائی و عملکرد برنج، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به اجرا درآمد. عامل رقم در ۲ سطح (هاشمی و خزر) و تلقیح بذر با باکتری*Pesuodomonas fluorescens* در هشت سطح (سویه های ۹۳، ۱۰۳، ۱۳۶، ۴، ۱۶۸، ۱۶۹ و ۱۷۷ به همراه شاهد (بدون باکتری)) در نظر گرفته شدند. صفت‌های مورد مطالعه عبارت بودند از: کارایی مصرف نیتروژن، کارایی مصرف فسفر، کارایی مصرف پتاسیم، شاخص برداشت فسفر، کارایی بازیافت ظاهری نیتروژن و فسفر، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر، کارایی زراعی نیتروژن و فسفر، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزار دانه). در این آزمایش اثر باکتری بر اکثر صفت‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود. نتایج آزمایش نشان‌دهنده تأثیر باکتری‌ها بر روی رقم بود، به طوری‌که در اکثر ویژگی‌های مورد مطالعه، رقم خزر نسبت به رقم هاشمی واکنش بهتری نشان داد. بین سویه‌های مختلف باکتری، تیمار تلقیح بذر با سویه ۱۶۸ نسبت به بقیه سویه‌ها اثر معنی‌داری بر صفت‌های مورد ارزیابی داشت. یافته‌های این تحقیق نشان داد که باکتری‌های محرک رشد به دلیل تأثیر بر افزایش رشد و جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و نیز افزایش حلالیت یون‌ها از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌ها و افزایش تولید هورمون‌های رشد می‌توانند منجر به افزایش عملکرد گیاه شوند.

کلمات کلیدی: اجزای عملکرد، باکتری محرک رشد، برنج، کارایی جذب، عملکرد

مقدمه:

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود که سالیانه تقریباً ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز ۳ میلیارد نفر از جمعیت دنیا را تأمین می‌کند (FAO, 2011). گزارش شده است که برای تأمین نیاز غذایی جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ نیاز به افزایش ۶۰ درصد در تولید برنج است (Yang and Zhang, 2010). فائو، سطح زیر کشت برنج در سال ۲۰۰۹ را ۱۶۱ میلیون هکتار و سهم ایران را حدود ۵۳۶ هزار هکتار گزارش کرده است(FAO, 2009). 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 غیر قابل انکار است. کودهای زیستی عبارتند از مواد نگهدارنده‌ی حاوی یک یا چند نوع موجود مفید خاکزی و یا فرآورده زیستی آنها که به منظور تأمین عناصر غذایی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Smrehteshami@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

مورد نیاز گیاهان استفاده می‌شوند (Sharma, 2002). نیتروژن مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاه می‌باشد که بر اثر آبشویی و نیترات‌زدایی مقدار بسیار زیادی از این عنصر از دسترس گیاه خارج شده و این عامل باعث کاهش کارایی این عنصر در کشورهای در حال توسعه شده است (ضیائیان و کشاورز، ۱۳۸۹). همچنین در مورد فسفر، مقدار کم این کود را می‌توان در اکثر خاک‌ها با اضافه کردن فسفر به خاک برطرف نمود، ولی بالا بردن قابلیت جذب فسفر و کاهش در میزان تثبیت، اثری پیچیده و مهم می‌باشد (مدنی و همکاران، ۱۳۸۷). اگرچه میزان فسفر در خاک زراعی زیاد است، ولی مقدار قابل‌جذب آن برای گیاه کم می‌باشد که با استفاده از باکتری‌های محرک رشد، این مشکل بزرگ تا حد زیادی حل می‌شود، که مهم‌ترین این باکتری‌ها سودوموناس است (Belimov *et al*., 1995). محققان اعلام کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی (Pan *et al*., 1999) سبب افزایش رشد گیاهان به‌واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر می‌شوند (Cakmaci et al., 2005). این باکتری‌ها با کاهش پاتوژن‌ها و تنش‌های موجود در دوره رشد گیاه، سبب رشد بهتر و افزایش عملکرد می‌شوند (Lugtenberg and Kamilova, 2009). در تحقیقی دیگر، پس از تلقیح ریزجانداران با برنج مشاهده شد که میزان اسید اندول استیک در گیاه و متعاقب آن، عملکرد برنج افزایش یافت (Bhromsiri and Bhromsiri, 2010). توانایی این باکتری‌ها در تولید هورمون اکسین و تأثیر آنها بر خصوصیات مرفولوژیکی ریشه گیاه برنج عامل مؤثر افزایش جذب مواد غذایی بیان شده است (Biswas *et al*., 2000). نتایج در مورد تاثیر باکتری سودوموناس و آزوسپیریلوم بر عملکرد برنج طارم نشان داد که بیشترین عملکرد برنج در تلقیح باکتری سودوموناس همراه با کود نیتروژن (در مقایسه با کود نیتروژن به تنهایی) به دست می‌آید (Rahmati khorshidi and Ardakani, 2011). با توجه به ازدیاد روزافزون جمعیت، استفاده صحیح و بهینه از کودها 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. هدف از این تحقیق نیز بررسی تأثیر سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس بر کارایی جذب عناصر غذایی، عملکرد و اجزای عملکرد برنج بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در موسسه تحقیقات برنج کشور، با طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه‌ی شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد، با آب و هوای مدیترانه‌ای و در ۱۰ کیلومتری رشت به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل دو رقم خزر و هاشمی و سویه های مختلف باکتری محرک رشد گیاه بودند. تیمارهای باکتری در ۸ سطح در نظر گرفته شدند که عبارت بودند از:

۱- استفاده از کودهای شیمیائی و بدون تلقیح بذر

۲- تلقیح با *Pseudomonas fluorescents* strain 4

۳- تلقیح با *Pseudomonas fluorescents* strain 93

۴- تلقیح با *Pseudomonas fluorescents* strain 103

۵- تلقیح با *Pseudomonas fluorescents* strain 136

۶- تلقیح با *Pseudomonas fluorescents* strain 168

۷-تلقیح با*Pseudomonas fluorescents* strain 169

۸- تلقیح با *Pseudomonas fluorescents* strain ۱۷۷

باکتری‌های محرک رشد مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب فرموله و تهیه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	اسیدیته گل اشباع	نیتروژن (٪)	پتاسیم (ppm)	مواد آلی (٪)	فسفر (ppm)	هدایت الکتریکی (ds/m)
سیلتی- رسی	۷/۵۷	۰/۱۷	۱۹۱	۱/۸۷	۱۴	۱/۳۳

جدول ۲- ویژگی‌های سویه‌های مختلف سودوموناس به کار رفته در آزمایش

ایزوله	رنگ	حاشیه	طول (میکرون)	عرض (میکرون)	شکل	Gram reaction	تحرک	اکسین (mg/lit)
سویه ۴	قهوه‌ای روشن	صاف	۲/۵	۱/۵	گرد	گرم منفی	متحرک	۱۳/۴
سویه ۹۳	"	"	۲/۷	۱/۴	"	"	"	۱۱/۷
سویه ۱۰۳	"	"	۲/۶	۱/۵	"	"	"	۱۰/۶
سویه ۱۳۶	"	"	۲/۵	۱/۵	"	"	"	۷/۵
سویه ۱۶۸	"	"	۲/۶	۱/۵	"	"	"	۲۳/۴
سویه ۱۶۹	"	"	۲/۷	۱/۴	"	"	"	۲۲/۹
سویه ۱۷۷	"	"	۲/۵	۱/۵	"	"	"	۲۳

گردیدند. جمعیت باکتری‌های بومی خاک، $۴/۶ \times ۱۰^{۷}$ و جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح، $۹/۸ \times ۱۰^{۷}$ برآورد شد. ماده حامل نیز پرلیت بود. برای کشت باکتری ها از محیط کشت King B استفاده شد. پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، پس از ۴۸ ساعت جمعیت آنها به روش Plate Count و بر روی محیط‌های اختصاصی شمارش گردید و سپس حجم مساوی از آنها با یکدیگر مخلوط شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت شمارش شده و مایه تلقیح آماده شد (جدول ۲). بذور برنج رقم خزر و هاشمی (۳ گرم برای هر کرت) در نیمه اول اردیبهشت ماه برای اولین مرحله تلقیح، در سوسپانسیونی که حاوی ۱۷/۵ گرم باکتری و یک لیتر آب (به طور تجربی) بود، به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند. سپس برای جوانه‌دار کردن، بذور از سوسپانسیون خارج و بر روی کیسه‌های کنفی قرار داده شدند. هنگامی‌که طول جوانه‌ها به اندازه کافی (۲ میلی‌متر) رسید، به داخل خزانه منتقل شدند. عملیات آماده سازی زمین به نحو مطلوب قبل از کاشت صورت گرفت. سپس از عمق ۳۰ سانتی متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه گیری مرکب به عمل آمد. و میزان عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف خاک اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). آماده‌سازی خزانه به روش ایستگاهی صورت گرفت.

برای انجام دومین مرحله تلقیح، محلولی مشابه سوسپانسیون اولین مرحله تلقیح تهیه شد. در این مرحله، نشاهای تهیه شده از خزانه، خارج شده و به مدت ۲۴ ساعت، ریشه‌های آن در داخل سوسپانسیون قرار داده شد تا تلقیح صورت گیرد. در این آزمایش 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. در دهم خرداد ماه، گیاهچه‌های تیمار شده با باکتری‌های سودوموناس فلورسنس به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی متر به تعداد ۳ گیاهچه در هر کپه، نشاکاری شدند. ۱۰۸ روز بعد از نشاکاری و با مشاهده علایم رسیدگی فیزیولوژیک با رعایت اثر حاشیه‌ای اقدام به برداشت محصول شد. برای اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی موجود در اندام هوایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

قبل از ظهور خوشه، 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 خشک شدند. با استفاده از محلول‌های حاصل از عصاره-گیری، عناصر مورد نظر با استفاده از کیت‌های استاندارد در طول موج‌های خاص با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شدند. برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن ابتدا عصاره گیاه با استفاده از روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیک و آب اکسیژنه استخراج شد. سپس از روش هضم با استفاده از دستگاه کجل تک، میزان نیتروژن گیاه اندازه گیری گردید (Hansen, 1989).

در اندازه‌گیری فسفر در گیاه از روش کالریمتری استفاده شد. در این روش ابتدا ۲ میلی‌لیتر از محلول عصارهٔ گیاهی را به بالن ژوژهٔ ۲۵ میلی لیتری منتقل کرده، ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدو وانادات به آن افزوده گردید و به حجم رسانده شد. پس از گذشت نیم ساعت، فسفر نمونه‌ها در طول موج ۶۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۲). در محاسبه مقدار پتاسیم ابتدا عصاره گیاه توسط شعله بوتان و هوای ابری شده به بخار تبدیل شد. ترکیبات پتاسیم در اثر جذب حرارت به صورت اتم در آمده، برانگیخته شدند. تشعشعات نوری حاصل از اتم‌های برانگیخته براساس غلظت و طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر برای پتاسیم قرائت گردید. سپس برای محاسبه کارایی بازیافت ظاهری نیتروژن از رابطه ۱ استفاده شد (ملکوتی و بابا اکبری، ۱۳۸۴).

رابطه(۱) $NRF = [(D - E)/B] \times 100$ .....

در این رابطه D مقدار جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی، E مقدار جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد و B مقدار نیتروژن مصرفی بر حسب کیلوگرم می‌باشند. کارایی مصرف نیتروژن نیز از رابطه ۲ تعیین شد.

رابطه (۲) $NUE = Wg / Nf$ .....

در این رابطه Wg وزن محصول (دانه) بر حسب کیلوگرم و Nf مقدار نیتروژن مصرفی به صورت کود (Fan *et al*., 2004) می‌باشند.

برای تعیین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن از رابطه ۳ استفاده شد (ملکوتی و بابا اکبری، ۱۳۸۴).

رابطه (۳) $NPE = [(Ynx - Yno)/(D - E)]$.....

در این رابطه Y_{nx} عملکرد در تیمار کودی، Y_{no} عملکرد در تیمار شاهد، D مقدار جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی و E مقدار جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد بر حسب کیلوگرم می‌باشند. کارایی زراعی از رابطه ۴ محاسبه شد.

رابطه (۴) $NAE = [(Ynx - Yno)/Nf]$ .....

در این رابطه Y_{nx} عملکرد در تیمار کودی، Y_{no} عملکرد در تیمار شاهد (بدون کود) و Nf مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم) می‌باشد. با توجه به قیمت منابع مختلف کودی و قیمت خرید محصول می‌توان بهترین تیمار کودی از نظر اقتصادی را با استفاده از کارایی زراعی تعیین کرد (ملکوتی و بابا اکبری، ۱۳۸۴). از رابطه‌های مورد استفاده در تعیین کارایی‌های نیتروژن برای تعیین کارایی‌های فسفر و کارایی کود مصرفی پتاسیم نیز استفاده شد. شاخص برداشت فسفر از نسبت فسفر نیز استفاده شد. شاخص برداشت فسفر از نسبت فسفر جذب شده به وسیله دانه به فسفر جذب شده توسط کل بوته (در مرحله رسیدگی) محاسبه و مقدار آن بر حسب درصد بیان شد.

رابطه (۵) $PHI = Pg / Pt$.

در این رابطه Pg مقدار فسفر جذب شده توسط دانه و Pt مقدار فسفر جذب شده در کل بوته بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه در هر کرت، تعداد ۱۰ کپه انتخاب و تعداد پنجه‌های کل و تعداد پنجه‌های بارور شمارش شد. برای تعیین تعداد دانه در خوشه، یک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

جدول ۳- تجزیه واریانس کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم و شاخص برداشت فسفر ارقام برنج در سطوح مختلف باکتری

منبع تغییرات	درجه آزادی	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی مصرف فسفر	کارایی مصرف پتاسیم	شاخص برداشت فسفر
تکرار	۳	۴۰/۳۲**	۹۰/۶۵**	۱۴۱/۷۳**	۰/۰۰۰۴^{ns}
باکتری	۷	۶۷/۲۸**	۱۵۱/۴۱**	۲۳۶/۵۹**	۰/۰۰۳*
رقم	۱	۱۵۳/۱۱**	۳۴۴/۶۱**	۵۳۸/۳۵**	۰/۰۱۷**
رقم*باکتری	۷	۱۲/۰۵^{ns}	۲۷/۱۲^{ns}	۴۲/۳۵^{ns}	۰/۰۰۲*
خطا	۴۵	۸/۹۴	۲۰/۱۳	۳۱/۴۶	۰/۰۰۰۹
ضریب تغییرات	-	۱۰/۸۱	۱۰/۸۱	۱۰/۸۱	۵/۸۱

**اختلاف بسیار معنی دار * اختلاف معنی دار ^{ns}عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین بین رقم‌ها در کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، شاخص برداشت فسفر و عملکرد

رقم	کارایی مصرف نیتروژن (kg/kg)	کارایی مصرف فسفر (kg/kg)	کارایی مصرف پتاسیم (kg/kg)	شاخص برداشت فسفر (٪)
هاشمی	۲۶/۱۰^{b}	۳۹/۱۵^{b}	۴۸/۹۴^{b}	۰/۵۲۲^{b}
خزر	۲۹/۱۹^{a}	۴۳/۷۹^{a}	۵۴/۷۴^{a}	۰/۵۵۵^{a}
LSD	۲/۲۴	۳/۵۱	۴/۸۷	۰/۲۶

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

قبل از برداشت ۱۰ خوشه از فضای عملکردی و با رعایت اثر حاشیه‌ای را از ناحیه گردن از ساقه جدا و کل دانه‌های آنها شمارش شد. برای محاسبه عملکرد دانه، دو هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه، بوته های موجود در ۳ متر مربع از هر کرت، کف بر شده و پس از کاهش رطوبت دانه ها خرمن کوبی شدند و سرانجام عملکرد دانه مورد محاسبه قرار گرفت. برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث:

بین ارقام در کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۳). رقم خزر با مقدار ۲۹/۱۹، ۴۳/۷۹ و ۵۴/۷۴ به ترتیب مقدار بالاتری از کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به خود اختصاص داد (جدول ۴). سویه‌های مورد نظر در این آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند (جدول ۳)، به طوری‌که مقایسه بین سویه‌ها حاکی از آن بود که سویه ۱۶۸ به ترتیب با میانگین ۳۱/۶۳، ۴۷/۴۴ و ۵۹/۷۲ بیشترین کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم را داشت و کمترین مقدار، در تیمار شاهد به ترتیب با میانگین ۲۱/۶۵، ۳۲/۴۷ و ۴۰/۵۸ در نیتروژن، فسفر و پتاسیم مشاهده شد (جدول ۵). نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش رشد رویشی و زایشی و در نتیجه باعث بقای تعداد بیشتری از گل‌های بارور شده و در نتیجه، این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. با توجه به اینکه کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم از نسبت مقدار دانه تولید شده به کود مصرفی بدست می‌آید، با افزایش مقدار دانه تولید شده، کارایی مصرف کود نیز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

بالا می‌رود. بنابراین با حصول حداکثر عملکرد در تیمار مربوط به باکتری سویه ۱۶۸، کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشترین مقدار را نشان داد. کارایی مصرف نیتروژن و فسفر دارای رابطه نزدیکی با عملکرد دانه می باشد و مقادیر بالاتر کارایی مصرف نیتروژن و فسفر در عملکرد دانه بالاتر به دست می‌آید. از این نتیجه می‌توان این‌گونه استنباط کرد که باکتری محرک رشد به دلیل افزایش حلالیت یون‌ها از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌ها و افزایش تولید هورمون‌های رشد و بالطبع افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش توان جذب عناصر باعث عملکرد بالا در گیاه شده است. بنابراین با جذب بیشتر و استفاده مناسب گیاه از کود و با توجه به عملکرد بالا با استفاده از این باکتری‌ها، کاربرد این ریزجانداران از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و در راستای جلوگیری از آلودگی محیط زیست می‌تواند احتمالاً جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد. گزارش شده است که تلقیح کودهای بیولوژیک باکتری‌های افزاینده رشد و باکتری‌های حل کننده فسفات سبب افزایش معنی‌دار بازده زراعی، بازده نسبی زراعی، کارایی مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره شده است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین بیان شده است که با مصرف کود دامی و کود سبز و تلقیح باکتری‌ها، کارایی مصرف کود فسفر به ترتیب به میزان ۳۷/۲ و ۸۲/۱ درصد نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش یافته است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۹). شاخص برداشت فسفر، نشان‌دهنده مقدار فسفر جذب‌شده به‌وسیله گیاه به مقدار این عنصر در دانه است. این شاخص، قدرت گیاه را در انتقال فسفر به دانه نشان می‌دهد. در بررسی شاخص برداشت فسفر در این آزمایش مشخص شد که بین ارقام و همچنین بین سطوح باکتری‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳)، به طوری که مقایسه میانگین نشان داد که رقم خزر با مقدار ۰/۵۵ درصد نسبت به رقم هاشمی با میانگین ۰/۵۲ درصد، شاخص برداشت بیشتری را سبب شد (جدول ۴). مقایسه بین سطوح باکتری‌ها بیانگر آن است که باکتری سویه ۱۶۸ با مقدار ۰/۵۶ درصد و سویه ۱۰۳ با میانگین ۰/۵۰ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را از آن خود کردند (جدول ۵). برهمکنش باکتری در رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳)، به طوری که باکتری سویه ۱۶۹ در رقم خزر با میانگین ۰/۵۹ درصد بیشترین شاخص برداشت فسفر را نشان داد (شکل ۱). این نتیجه می‌تواند نشان دهنده رابطه تقویت‌کنندگی باکتری‌ها و اهمیت منبع آلی به دلیل وجود باکتری‌ها، جهت رشد بهتر گیاه و در دسترس قرار دادن منبع غذایی برای گیاه باشد. به خصوص باکتری سویه ۱۶۸ شاخص برداشت فسفر با افزایش اختصاص فسفر به دانه در برنج، از طریق افزایش جذب فسفر به دلیل استفاده از باکتری محرک رشد و جذب بیشتر این عنصر به واسطه گسترش ریشه و تبدیل فسفات‌های نامحلول به فسفر قابل جذب برای گیاه، افزایش یافت. این مطلب نشان می‌دهد که استفاده از باکتری محرک رشد، موجب افزایش شاخص برداشت فسفر شده است. وجود باکتری محرک رشد باعث افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه شده و از این طریق سبب افزایش تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، میزان ماده خشک و در نهایت انتقال کارآمد ماده خشک و فسفر تجمع یافته به دانه‌ها می‌شود. محققین، افزایش جذب فسفر توسط گیاهان همزیست با ریزجانداران حل کننده فسفات را به واسطه تولید دی‌اکسیدکربن به وسیله این ریزجانداران و اثر آن بر افزایش قابلیت جذب فسفر (Rodriguez and Fraga, 1999) گزارش کرده‌اند. ریزجانداران حل کننده فسفات می‌توانند جذب فسفر را در گیاهان از طریق افزایش فعالیت فسفاتاز ارتقاء دهند. در این خصوص گزارش شده است که باکتری سودوموناس بر جذب فسفر در ذرت موثر بود (Egamberdiyeva, 2007). در واقع کارایی زراعی به این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

جدول ۵- مقایسه میانگین بین سطوح باکتری در کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، شاخص برداشت فسفر و عملکرد

سطوح باکتری	کارایی مصرف نیتروژن (kg/kg)	کارایی مصرف فسفر (kg/kg)	کارایی مصرف پتاسیم (kg/kg)	شاخص برداشت فسفر (٪)
شاهد	۲۱/۶۵^{f}	۳۲/۴۷^{f}	۴۰/۵۸^{f}	۰/۵۳۵^{de}
باکتری سویه ۴	۲۸/۱۹^{bcd}	۴۲/۲۹^{bcd}	۵۲/۸۶^{bcd}	۰/۵۴۰^{cd}
باکتری سویه ۹۳	۲۸/۰۰^{cd}	۴۲/۰۱^{cd}	۵۲/۵۱^{cd}	۰/۵۲۸^{e}
باکتری سویه ۱۰۳	۲۷/۸۲^{d}	۴۱/۷۲^{d}	۵۲/۱۶^{d}	۰/۵۰۱^{f}
باکتری سویه ۱۳۶	۲۵/۹۳^{e}	۳۸/۸۹^{e}	۵۹/۳۰^{e}	۰/۵۵۴^{ab}
باکتری سویه ۱۶۸	۳۱/۶۳^{a}	۴۷/۴۴^{a}	۵۹/۴۲^{a}	۰/۵۶۱^{a}
باکتری سویه ۱۶۹	۲۹/۰۲^{b}	۴۳/۵۴^{b}	۵۴/۴۲^{b}	۰/۵۳۶^{de}
باکتری سویه ۱۷۷	۲۸/۹۶^{bc}	۴۳/۴۴^{bc}	۵۴/۳۰^{bc}	۰/۵۵۰^{bc}
LSD	۱/۱۲	۲/۶۷	۳/۰۹	۰/۰۳

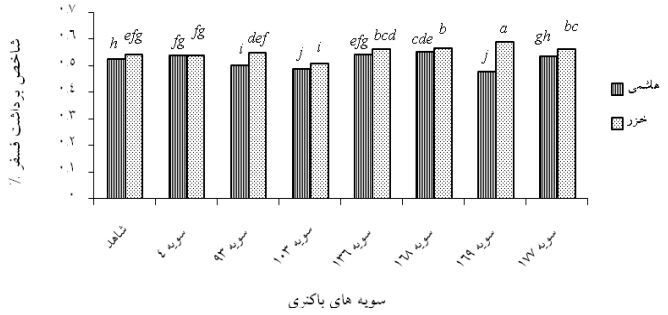
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

سوال پاسخ می‌دهد که به ازای مصرف یک کیلوگرم نیتروژن یا فسفر چه مقدار عملکرد اضافی را می‌توان نسبت به شرایط بدون کود تولید نمود. از آنجایی که کارایی زراعی،

حاصل‌ضرب کارایی بازیافت عناصر غذایی از منبع غذایی مصرف‌شده و کارایی فیزیولوژیک می‌باشد، از این رو هر دو کارایی در آن نقش دارند و می‌توان آن‌ها را از طریق مدیریت زراعی و خاک بهبود بخشید.

بین سطوح باکتری‌ها از نظر کارایی زراعی فسفر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۶). مقایسه بین سویه‌های باکتری نشان داد که باکتری سویه ۱۶۸ با میانگین ۱۸/۹۰ کیلوگرم بر کیلوگرم، بیشترین کارایی زراعی فسفر را از آن خود کرد (جدول ۸). در کارایی زراعی نیتروژن بین سطوح باکتری ها، تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۶)، اما با این حال مقایسه بین داده‌ها نشان داد که باکتری سویه ۱۳۸ با ۱۱/۹۲ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین کارایی زراعی نیتروژن را دارد (جدول ۷). با استفاده از باکتری محرک رشد، عملکرد گیاه افزایش یافت. این موضوع نشان‌دهنده افزایش کارایی گیاه برنج در استفاده از عناصر موجود درخاک در رشد و نمو رویشی و زایشی، افزایش ماده خشک و جلوگیری از خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر عوامل محیطی می‌باشد. به طور کلی افزایش کارایی زراعی نیتروژن و فسفر را می‌توان به افزایش نیتروژن و فسفر موجود در اندام‌های هوایی گیاه، افزایش جذب عناصر و انتقال مناسب از گیاه به دانه، تحریک رشد گیاه توسط باکتری‌ها و افزایش رشد گیاه و در نهایت عملکرد دانه نسبت داد. با افزایش جذب عناصر غذایی به کمک باکتری محرک رشد، مقدار کل عناصر جذب شده توسط گیاه افزایش یافته، بنابراین انتقال مواد به دانه زیادتر می شود که نشان دهنده کارایی انتقال و استفاده فسفر و نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه و افزایش عملکرد می‌باشد. با توجه به بالا بودن عملکرد در سویه ۱۶۸ می توان این استنباط را توجیه کرد. بین تیمارهای مورد آزمایش در بازیافت ظاهری نیتروژن و فسفر بین سویه های باکتری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶)، به طوری‌که باکتری سویه ۱۳۸ با میانگین ۳۶/۹۳ و ۱۵/۵۶ درصد به ترتیب بیشترین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]



شکل ۱- اثر متقابل سویه های مختلف باکتری در ارقام برنج بر شاخص برداشت فسفر.

جدول ۶- تجزیه واریانس کارایی بازیافت ظاهری، فیزیولوژیکی و کارایی زراعی نیتروژن و فسفر سطوح مختلف کودی در ارقام برنج.

منبع تغییرات	درجه آزادی	راندمان بازیافت نیتروژن	راندمان بازیافت فسفر	راندمان مصرف فیزیولوژیکی نیتروژن	راندمان مصرف فیزیولوژیکی فسفر	کارایی زراعی نیتروژن	کارایی زراعی فسفر
تکرار	۳	۲۸/۴۹^{ns}	۱۵/۴۴^{ns}	۱/۹۶*	۲/۴۴*	۱/۱۳**	۰/۴۴^{ns}
باکتری	۱	۴۱/۸۶^{ns}	۷/۸۲^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۲/۵۵^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}
رقم	۶	۲۳۳/۴۶**	۳۳/۵۸**	۰/۴۹^{ns}	۱/۶۸*	۰/۱۵^{ns}	۰/۶۲**
رقم*باکتری	۶	۷۰/۴۵^{ns}	۲/۹۰^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۰۸^{ns}
خطا	۳۹	۶۲/۱۵	۲/۷۲	۰/۵۷	۰/۷۳	۰/۲۱	۰/۱۶
ضریب تغییرات	-	۲۸/۹۸	۲۶/۲۴	۲۲/۹۸	۱۲/۹۸	۲۳/۹۳	۱۸/۰۱

**اختلاف بسیار معنی‌دار * اختلاف معنی‌دار ^{ns}عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بازیافت ظاهری نیتروژن و فسفر را داشت (جدول ۷). به نظر می‌رسد که با استفاده از باکتری، مقدار نیتروژن جذب شده توسط دانه و گیاه نسبت به نیتروژن مصرفی افزایش پیدا می‌کند. همچنین با توجه عملکرد بالا در تیمار حاوی باکتری سویه ۱۶۸، دارا بودن بیشترین بازیافت ظاهری نیتروژن و فسفر در این تیمار دور از انتظار نیست. با توجه به آزمایش حاضر مشاهده شد با کاربرد باکتری به ویژه در سویه ۱۶۸ در دوره فصل رشد، با حصول بیشترین عملکرد دانه، کارایی زراعی و مصرف نیتروژن و فسفر، منجر به افزایش بازیافت ظاهری نیتروژن فسفر گردید. گزارش شده است که با کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات میزان بازیافت کودهای نیتروژنه و فسفره نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم کود جذب شده را کارایی فیزیولوژیک می‌نامند که توانایی گیاه، در تغییر شکل مقدار معینی از عنصر غذایی کسب شده به عملکرد اقتصادی است. در واقع کارایی فیزیولوژیک توانایی گیاه در استفاده از نیتروژن و فسفر جهت تولید عملکرد اقتصادی را نشان می‌دهد. کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر به کارایی مصرف داخلی عنصر غذایی بستگی دارد که خود به مدیریت اعمال شده در کشت و کار بستگی دارد. نتایج، بیانگر آن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

جدول ۷- مقایسه میانگین کارایی بازیافت ظاهری، کارایی فیزیولوژیکی و زراعی نیتروژن و فسفر سویه‌های مختلف باکتری

سطوح باکتری	راندمان بازیافت نیتروژن (٪)	راندمان بازیافت فسفر (٪)	راندمان مصرف فیزیولوژیکی نیتروژن (kg/kg)	راندمان مصرف فیزیولوژیکی فسفر (kg/kg)	کارایی زراعی نیتروژن (kg/kg)	کارایی زراعی فسفر (kg/kg)
شاهد	۱۶/۷۰^{b}	۴/۸۳^{bc}	۵۲/۸۷^{a}	۲۶۷/۵۲^{b}	۸/۱۹^{ab}	۱۲/۲۲^{bcd}
باکتری سویه ۴	۲۰/۶۹^{b}	۴/۶۸^{bc}	۳۵/۵۱^{a}	۴۳۹/۹۰^{a}	۷/۸۵^{ab}	۱۵/۹۲^{ab}
باکتری سویه ۹۳	۱۹/۸۱^{b}	۳/۷۶^{bc}	۴۳/۰۰^{a}	۲۵۱/۸۷^{b}	۸/۳۸^{ab}	۹/۷۶^{cd}
باکتری سویه ۱۰۳	۱۶/۸۳^{b}	۲/۶۹^{c}	۵۴/۹۵^{a}	۳۴۰/۰۹^{ab}	۶/۳۶^{b}	۸/۳۲^{d}
باکتری سویه ۱۳۶	۳۶/۴۹^{a}	۷/۲۲^{a}	۳۳/۹۶^{a}	۲۶۱/۰۹^{ab}	۱۱/۹۲^{a}	۱۸/۹۰^{a}
باکتری سویه ۱۶۸	۲۲/۵۲^{b}	۳/۶۵^{bc}	۴۰/۲۹^{a}	۲۵۵/۷۷^{b}	۸/۶۳^{ab}	۸/۵۵^{d}
باکتری سویه ۱۶۹	۲۷/۲۶^{b}	۵/۱۰^{ab}	۳۱/۵۰^{a}	۲۹۲/۱۵^{b}	۹/۳۰^{ab}	۱۵/۲۳^{abc}
LSD	۱۳/۴۱	۴/۱۱	۲۷/۸۶	۲۰۰/۵۴	۴/۹۷	۵/۸۷

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۸- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد در سطوح مختلف کودی در ارقام برنج

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	عملکرد اقتصادی
تکرار	۳	۱۳/۱۹^{ns}	۹۳/۰۸^{ns}	۱/۴۸^{ns}	۱۲۷۵۸۱۰/۱۱*
رقم	۱	۱۵۶۴/۶۹**	۱۱۶۲۰۴/۲۹**	۲/۲۴^{ns}	۲۵۳۹۱۱۸/۷۵**
باکتری	۷	۱۷/۵۸**	۳۴۰/۸۹**	۳/۳۳**	۱۰۰۹۲۴۵/۸۹**
رقم*باکتری	۷	۸/۳۷^{ns}	۴۰۹/۸۰**	۲/۲۹*	۲۹۴۲۵۲/۰۴^{ns}
خطا	۴۵	۵/۶۵	۸۱/۵۸	۱/۰۳	۳۱۷۸۴۳/۱۷
ضریب تغییرات	-	۱۲/۷۱	۷/۵۵	۳/۶۶	۱۳/۵۳

**اختلاف بسیار معنی‌دار * اختلاف معنی‌دار ^{ns}عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بود که بین سویه‌های باکتری در صفت کارایی فیزیولوژیک فسفر در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که سویه ۹۳ با میانگین ۴۳۹/۹۰ کیلوگرم در کیلوگرم، بیشترین مقدار را سبب شد. در کارایی فیزیولوژیک نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما با این حال مقایسه میانگین‌ها نشان داد که باکتری سویه ۱۳۶ بیشترین کارایی را داشته است. به نظر می‌رسد با استفاده از باکتری محرک رشد، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر به علت افزایش میزان نیتروژن و فسفر موجود در اندام‌های هوایی گیاه کاهش می‌یابد. در واقع این طور می‌توان اظهار داشت که با استفاده از باکتری محرک رشد، به علت بهبود رشد ریشه، ظرفیت جذب عناصر غذایی بالا می‌رود، ولی در مقابل درصد بالاتری از کل نیتروژن و فسفر در بقایای ساقه و برگ باقی می‌ماند.

از نظر تعداد دانه در خوشه بین رقم‌ها و بین سطوح باکتری‌ها و همچنین برهمکنش باکتری در رقم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت (جدول ۸)، چنان‌که رقم خزر با ۱۶۲/۱۵ نسبت به رقم هاشمی با میانگین ۷۶/۹۳، تعداد دانه در خوشه بیشتری را شامل شد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

جدول ۹- جدول مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد بین دو رقم برنج در سطوح مختلف باکتری

رقم	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد اقتصادی (kg/ha)
خزر	۲۳/۶۶^{a}	۱۶۲/۱۵^{a}	۲۷/۵۰^{a}	۴۳۷۹/۵۱^{a}
هاشمی	۱۳/۷۷^{b}	۷۶/۹۳^{b}	۲۷/۸۸^{a}	۳۹۱۵/۵۴^{b}
LSD	۰/۷۱	۸/۰۹	۰/۷۱	۳۳۴/۴۶

و در سطح ۵ درصد مقایسه شده اند. اعداد هر ستون با یک حرف مشترک، اختلاف معنی داری ندارند.LSDمیانگین ها به روش آزمون

جدول ۱۰- جدول مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد بین سطوح مختلف باکتری

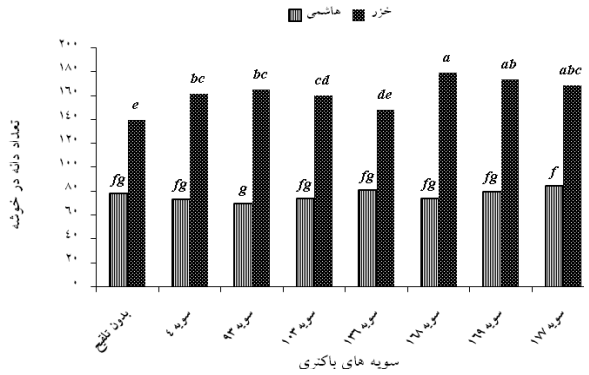
باکتری	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد اقتصادی (kg/ha)
شاهد	۱۶/۰۲c	۱۰۹/۰۱^{c}	۲۸/۸۶^{a}	۳۲۴۶/۶^{d}
باکتری سویه ۴	۱۸/۲۲^{abc}	۱۱۷/۷۵^{bc}	۲۷/۶۲^{bc}	۴۲۲۹/۲^{bc}
باکتری سویه ۹۳	۱۸/۴۲^{ab}	۱۱۷/۷۰^{bc}	۲۷/۸۷^{abc}	۴۲۰۰/۸^{bc}
باکتری سویه ۱۰۳	۱۷/۷۷^{bc}	۱۱۷/۰۷^{bc}	۲۷/۸۳^{bc}	۴۱۷۲/۵^{bc}
باکتری سویه ۱۳۶	۱۸/۵۷^{ab}	۱۱۴/۸۰^{c}	۲۸/۱۶^{ab}	۳۸۸۹/۶^{c}
باکتری سویه ۱۶۸	۲۰/۲۷^{a}	۱۲۶/۹۲^{a}	۲۶/۹۵^{c}	۴۷۴۳/۹^{a}
باکتری سویه ۱۶۹	۲۰/۱۵^{ab}	۱۲۶/۹۱^{a}	۲۷/۰۵^{c}	۴۳۵۳/۸^{ab}
باکتری سویه ۱۷۷	۲۰/۲۶^{a}	۱۲۶/۱۴^{ab}	۲۷/۱۵^{bc}	۴۳۴۳/۷^{ab}
LSD	۱/۴۳	۱۶/۱۸	۱/۴۳	۶۶۸/۹۳

میانگین ها به روش آزمون LSDو در سطح ۵ درصد مقایسه شده اند. اعداد هر ستون با یک حرف مشترک، اختلاف معنی داری ندارند.

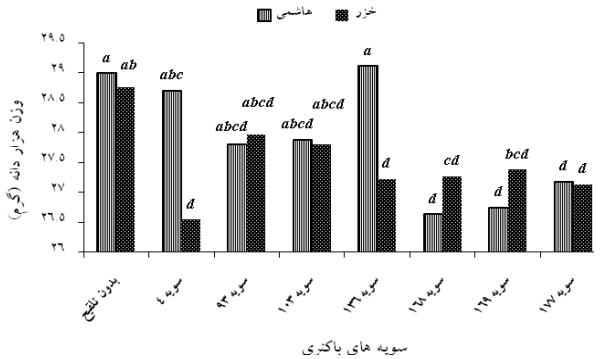
(جدول ۹). همچنین تلقیح بذر با باکتری‌های سویه ۱۶۸ و ۱۷۷ با میانگین ۱۲۶ بیشترین تعداد دانه و تیمار شاهد با میانگین ۱۰۹/۰۱ کمترین تعداد دانه در خوشه را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۰). اثر باکتری در رقم نیز در تعداد دانه در خوشه اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۸)، به طوری‌که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ در رقم خزر با ۱۷۹/۵ بیشترین تعداد دانه در خوشه را از آن خود کرد و کمترین تعداد دانه در خوشه در تلقیح بذر با باکتری ۹۳ در رقم هاشمی به دست آمد (شکل ۲).

گزارش شده است که *P.fluorescens* تعداد دانه را در بادام زمینی افزایش داده است (Day *et al*., 2004). حسن زاده و همکاران (۱۳۸۶) و همچنین احتشامی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب باعث افزایش تعداد دانه در جو و ذرت شوند. در تحقیقی دیگر گزارش شده است که با کاربرد توأم قارچ میکوریزا به همراه باکتری سودوموناس فلورسنس در ذرت، تعداد دانه در خوشه افزایش یافته است (قورچیانی و همکاران، ۱۳۸۹). در این تحقیق، اختلاف معنی‌داری بین دو رقم و همچنین بین سطوح باکتری‌ها در تعداد پنجه بارور مشاهده شد (جدول ۸). رقم خزر با ۲۳/۶۵ عدد، تعداد پنجه بیشتری را نسبت به رقم هاشمی با ۱۳/۷۶ عدد به خود اختصاص داد (جدول ۹). مقایسه بین سطوح باکتری‌ها بیانگر آن بود که بیشترین تعداد پنجه بارور را تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ و ۱۷۷ به ترتیب با مقدار ۲۰/۲۷ و ۲۰/۲۶ عدد سبب شدند، در حالی‌که کمترین تعداد پنجه بارور را تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]



شکل ۲- اثر متقابل سویه های مختلف باکتری در ارقام برنج بر تعداد دانه در خوشه



شکل ۳- اثر متقابل سویه های مختلف باکتری در ارقام برنج بر وزن هزار دانه

شاهد با مقدار ۱۶/۰۲ عدد داشت (جدول ۱۰). نتایج نشان دادند که مصرف باکتری باعث افزایش تعداد پنجه در جو می شود (Pamella and Steven, 1982).

حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) نیز مشاهده کردند که تیمارهای واجد باکتری، تعداد پنجه در بوته بیشتری نسبت به شاهد دارند. از نظر وزن هزار دانه اختلاف بین باکتری‌ها معنی‌دار بود (جدول ۹)، به طوری‌که تیمار شاهد با میانگین ۲۸/۸۶ گرم بیشترین وزن هزاردانه را از آن خود کرد و کمترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های سویه ۱۶۸ با میانگین ۲۶/۹ گرم و همچنین سویه ۱۷۷ با مقدار ۲۷/۰۵ گرم بود (جدول ۱۱)، که با توجه به این‌که تعداد دانه در خوشه تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۶۸ بیشترین بوده است، قابل انتظار می‌باشد. همچنین برهمکنش باکتری بر رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹)، به طوری‌که تیمار تلقیح بذر با باکتری سویه ۱۳۶ و تیمار شاهد با میانگین ۲۹ گرم در رقم هاشمی بیشترین وزن هزاردانه را به خود اختصاص دادند و کمترین وزن هزار دانه در رقم خزر و باکتری سویه ۴ و رقم هاشمی به همراه باکتری سویه ۱۶۸ و ۱۶۹ دیده شد (شکل ۳). بر خلاف این

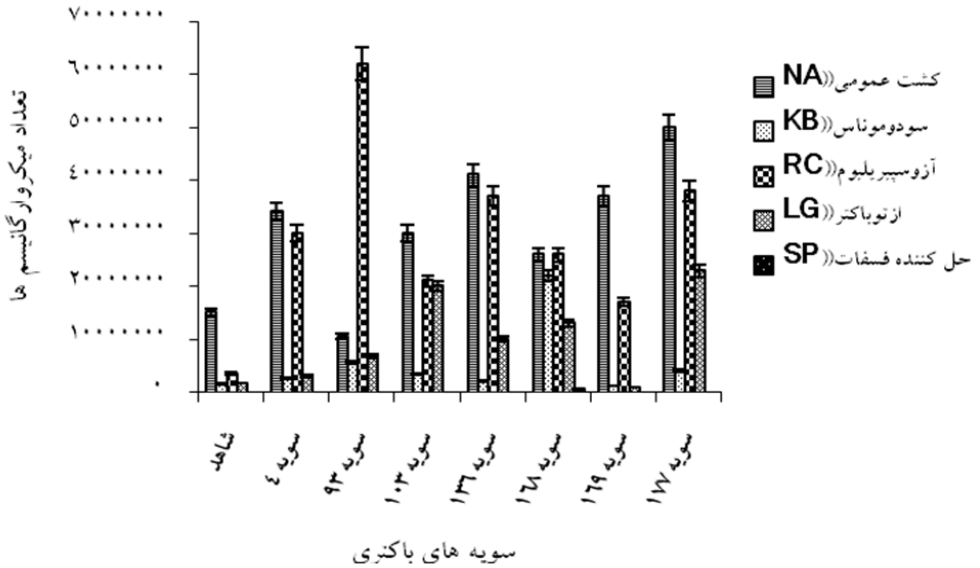
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

آزمایش (Zaidi and Khan, 2005) گزارش کردند که استفاده از ریزجانداران حل‌کننده فسفات وزن دانه در گندم افزایش یافته است. همچنین در تحقیقی دیگر مشخص شد که با کاربرد سودوموناس فلورسنس، وزن هزاردانه جو تحت تأثیر قرار گرفت و از این طریق بر عملکرد و اجزای عملکرد اثر مثبت گذاشت (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۹). به نظر می‌رسد افزایش وزن هزار دانه در نتیجه آزاد شدن فسفر و جذب آن به‌وسیله ریزسازواره‌های حل‌کننده فسفر باشد. استفاده از باکتری های محرک رشد باعث افزایش رشد و در نتیجه افزایش میزان تبادل مواد فتوسنتزی در گیاه شده است. ذخیره مواد فتوسنتزی و میزان مواد قابل انتقال به وسیله گیاهان همزیست با باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابد و در نتیجه کارایی استفاده از فسفر فتوسنتزی را افزایش می دهد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمار شده با ریزسازواره‌ها به‌واسطه تغذیه بیشتر فسفر افزایش می‌یابد که به دلیل انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به محل دانه‌ها، وزن دانه‌ها نیز افزایش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های Koide (۱۹۹۳) مطابقت دارد. ظرفیت دانه برای ذخیره مواد فتوسنتزی تابعی از تعداد سلول‌های آندوسپرم و گرانول‌های نشاسته ایجاد شده طی ۱۰ الی ۱۴ روز پس از گرده‌افشانی است (Hay and Gilbert, 2001). بنابراین کاهش تولید مواد فتوسنتزی به‌واسطه سطح برگ سبز کوچک، کاهش ظرفیت ذخیره مواد فتوسنتزی به‌واسطه میانگره‌های کوتاه یا سطوح بالای اسید آبسیزیک طی دوره بحرانی فوق الذکر، وزن هزار دانه را محدود می‌کند. اختلاف معنی داری بین ارقام و نیز بین سطوح باکتری‌ها در عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۹)، به طوری‌که 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 ۱۰). 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 ۱۱). با توجه به تأثیر مثبت باکتری بر توسعه سیستم و طول ریشه و توانایی کلونیزاسیون آن، 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 سویه های مورد مطالعه، افزایش عملکرد برنج چندان دور از انتظار نیست. نتایج سایر محققین، بیان‌کننده اثر افزایشی کودهای زیستی بر سطح عناصر و عملکرد دانه برنج در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی به تنهایی می‌باشد (Wijebandara *et al*., 2009). در مطالعه‌ای گلدانی مشاهده شد که استفاده از ریزجانداران محرک رشد، عملکرد دانه برنج را ۴۶٪ افزایش نشان داد (Javaid, 2010). ضمن مطالعه‌ای بیان شد که این باکتری ها به تنهایی تاثیری بر عملکرد دانه دو رقم برنج نداشتند، بلکه تلقیح این ریزجانداران به همراه استفاده از کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (Taleshi and Osoli, 2011). طی آزمایشی که بر روی برنج انجام شد، مشاهده گردید که تلقیح زیستی ریزجانداران همراه با کود سبز به طور متوسط باعث افزایش ۲۳ تا ۲۵٪ عملکرد دانه گردید (Senthilkumar *et al*., 2009). افزایش عملکرد برنج به میزان ۲۳٪ در اثر تلقیح ریشه با سودوموناس گزارش شده است (Jha *et al*., 2009).

در این آزمایش تعداد ریزجانداران موجود در خاک مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتیجه آزمایش مشاهده شد که بیشترین باکتری سودوموناس در تیمار مربوط به سویه ۱۶۸ بوده است (شکل ۴). همان‌طور که در بررسی صفت‌های کمی و کیفی ملاحظه شد، ما بیشترین واکنش را نیز در صفت‌های مختلف در این تیمار، که حاوی بیشترین سودوموناس بود، مشاهده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]



شکل ۴- تأثیر سویه های مختلف باکتری محرک رشد بر تعداد ریزجانداران خاک

کردیم. در آزمایش ما با توجه به این‌که سویه‌های ۱۶۸ و ۱۶۹ بیشترین جذب عناصر غذایی را با توجه به باقیمانده این عناصر در خاک داشتند، بیشترین تعداد دانه در خوشه را سبب شدند و این دور از انتظار نبود. همچنین می‌توان استنباط کرد که ریزجانداران از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیوماس گیاه، موجب تسریع در گلدهی و افزایش گلدهی که منجر به افزایش تعداد دانه خواهد شد، را فراهم آورده‌اند.

نتیجه‌گیری:

نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر کارایی کود نیتروژن، فسفر و کارایی مصرف کود پتاسیم تأثیر مثبت دارد. در نهایت با ازدیاد کارایی مصرف کودها، در برنج عملکرد بیشتری به دست آمد. با توجه به نتیجه به دست آمده و با وجود آلودگی حاصل از استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی، می‌توان پیشنهاد داد که برای رسیدن به عملکرد بیشتر و کاهش آلودگی، این ریزجانداران محرک رشد را نیز به کودهای سبز و یا شیمیائی اضافه کنند تا از این طریق علاوه بر افزایش عملکرد گیاهان از میزان مصرف کودهای شیمیائی نیز کاسته شود.

منابع:

احتشامی، س. م. ر.، آقاعلیخانی، م.، چائی‌چی، م. ر. و خاوازی، ک. (۱۳۸۸) تأثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش کم‌آبی، مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۰: ۲۷-۱۵.

افتخاری، س.، اردکانی، م.، رجالی، ف.، پاک‌نژاد، ف. و حسن‌آبادی، ط. (۱۳۸۹) اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس سودوموناس فلورسنس بر روی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

عملکرد و اجزای عملکرد جو تحت سطوح مختلف کود فسفر. یازدهمین کنگره زراعت واصلاح نباتات ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

حسن‌زاده، ا.، مظاهری، د.، چائی‌چی، م. ر. و خاوازی، ک. (۱۳۸۶) کارائی مصرف باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر و کود شیمیائی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو، پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی) ۷۷: ۱۱۸-۱۱۱.

ضیائیان، ع. و کشاورز، پ. (۱۳۸۹) افزایش کارایی نیتروژن در سیب‌زمینی با استفاده از کودهای نیتروژنه کندرها، مجله پژوهش‌های خاک ۲۴: ۱۰۷-۱۱۵.

قورچیانی، م.، اکبری، غ.، علیخانی، ح.، زارعی، م. و الله دادی. ا. (۱۳۸۹) بررسی اثرات قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری سودوموناس فلورسنس بر خصوصیات رویشی و زایشی گیاه ذرت در رژیم‌های مختلف آبیاری. یازدهمین کنگره زراعت واصلاح نباتات ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

مدنی، ح.، ملبوبی، م. ع. و پیله‌وری، ر. (۱۳۸۷) مقایسه کارایی فسفر بیولوژیک و شیمیایی در زراعت آفتابگردان روغنی در شرایط آب و هوایی اراک، یافته های نوین کشاورزی ۲: ۱۶۸-۱۷۸.

ملکوتی، م. ج. و بابا اکبری، م. (۱۳۸۴) ضرورت افزایش کارایی کودهای نیتروژنه در کشور. قسمت اول: تعاریف و مثال‌های کاربردی. نشریه فنی وزارت جهاد کشاورزی ۴۲۵، انتشارات سنا، تهران، ایران.

ملکوتی، م. ج. و همایی، م. (۱۳۷۲) حاصلخیزی خاک های مناطق خشک «مشکلات و راه‌حل‌ها». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

یزدانی، م.، پیردشتی، ه.، اسماعیلی، م. ع. و بهمنیار، م. ع. (۱۳۸۹) اثر تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محرک رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره در کشت ذرت سینگل کراس ۶۰۴، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۳: ۶۵-۸۰.

Belimov, A. A., Kojemiakov, A. P. and Chuvarliyeva, C. V. (1995) Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria. Plant and Soil 173: 29-37.

Bhromsiri, C. and Bhromsiri, A. (2010) Isolation, screening of growth- promoting activity and diversity of rhizobacteria from vetiver grass and rice plants. Thailand Journal of Agricultural Science 43: 217-230.

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. Agronomy Journal 92: 880-886.

Cakmaci, R., Akmakc, I. A., Figen, B., Adil, A., Fikrettin, S. and Ahin, B. C. (2005) Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Biochemistry 38: 1482-1487.

Dey, R., Pal, K. K., Bhatt, D. M. and Chauhan, S. M. (2004) Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. Microbiology Research 159: 371–394.

Egamberdiyeva, D. (2007) The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil Ecology 36: 184–189.

Fan, X., Lin, F. and Kumar, D. (2004) Fertilization with a new type of coated urea. Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition 25: 853-865.

FAO. 2009. FAO Food and Agricultural commodities production. Available online at: http://www.faostat.fao.org/site/339/default/aspex/. Accessed 19 May 2008.

FAO. 2011. FAO Food and Agricultural commodities production. Available online at: http://www.faostat.fao.org/site/339/default/aspex/. Accessed 14 April 2011.

Hansen, B. (1989) Determination of nitrogen as elementary N: An alternative to Kjeldahl. Acta Agricultural Scandinavy 39: 113-118.

Hay, R. K. M. and Gilbert, R. A. (2001) Variation in the harvest index of tropical maize: evaluation of recent evidence from Mexico to Malawi. Annals of Applied Biology 138: 103–109.

Javaid, A. (2010) Effect of biofertilizer combined with different amendments on potted rice plants.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

growth promotion (review paper). Biotechnology Advances 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.). Microbial Research 164: 92-104.

Sharma, A. K. (2002) Biofertilizers for sustainable agriculture. 1st edition. Jodhpur: Agrobios, India, 456p.

Taleshi, K. and Osoli, N. (2011) Effective of phosphate biofertilizer on reducing use of chemical phosphate fertilizer and rice yield in Amol, Iran. World Applied Science Journal 12(8): 1314-1320.

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 Journal of Agricultural Science 22: 741-750.

Yang, J. and Zhang, J. (2010) Crop management technique to enhance harvest index in rice. Journal of Experimental Botany 61: 3177-3189.

Zaidi, A. and Khan, M. S. (2005) Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of wheat. Journal of Plant Nutrition 28: 2079–2092.

University of the Punjab, Institute of Plant Patology, 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 Journal of Soil Biology 45: 62-72.

Koide, R. (1993) Physiology of the mycorrhizal plant. Advances in Plant Pathology 9: 33-54.

Lugtenberg, B., and Kamilova, F. (2009) Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology 63: 541-556.

Pamella, A. C. S. and Steven, H. (1982) Inorganic phosphate solubilization by rhizosphere in a zostera marin community. Canadian Journal of Microbiology 28: 605–610.

Pan, B., Bai, Y. M., Leibovitch, S. and Smith, D. L. (1999) Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short growing season area. Agronomy Journal 11: 179-186.

Rahmati khorshidi, Y. and Ardakani, M. R. (2011) Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa*) to *Pseudomonas flouresence* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 10: 387-395. (In Persian)

Rodriguez, H. and Fraga, R. (1999) Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]

The effects of different strains of *Pseuodomonas* on uptake efficiency, yield and yield components of rice

***Seyed Mohammad Reza Ehteshami[1] and Zahra Amin Deldar[1]**
[1] Department of agronomy and plant breeding, College of Agricultur, University of Guilan, Guilan, Iran
***Corresponding Author: smrehteshami@yahoo.com**

Abstract:

In order to evaluate the effects of different strains of *Pseuodomonas* on nutrients uptake efficacy and rice yield, an experiment was carried out in Rice Researches Institute of Guilan Province (Rasht) in 2009. The experiment design consisted of four randomized complete blocks in a factorial arrangement. In this research, two factors were evaluated: first, two cultivars (Khazar and Hashemi) and second, eight levels of seed inoculation with PGPB strains (168, 93, 177, 136, 103, 169, 4 and the control (without inoculation)). Investigated characteristics consisted of: nitrogen consumption efficacy, phosphorus consumption efficacy, potassium consumption efficacy, phosphorus harvest index, apparent recovery efficacy of nitrogen and phosphorus, physiological efficacy of nitrogen and phosphorus, agronomic efficacy of nitrogen and phosphorus, yield and yield components (number of seed per panicle, number of panicle per panicle and 1000-seed weight). In this experiment, effects of bacteria were significant in the most of studied characteristics. The results of experiment showed that inoculation with bacterial strains had a significant effect on rice cultivars, so Khazar had better response on the most of studied characteristics in comparison with Hashemi. Between bacterial different strains, seed inoculation with 168 strain in comparison with other strains increased evaluated characteristics significantly. The findings of this research showed that PGPB could positively interact in promoting plant growth. As nutrients uptake of rice plants in soil especially P increased the solubility of ions through increased enzymes activities and production of growth hormones that consequently, led to improved yield.

Key Words: Efficiency of Fertilizer, Growth Promoting Bacteria, Rice, Yield, Yield components.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.7.6]