بررسی تأثیر گونه‌های مختلف باکتری سودوموناس بر عملکرد، اجزای عملکرد و جذب فسفر سه رقم برنج

محمودرضا رمضانپور[1*]، هادی اسدی رحمانی و کاظم خاوازی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری؛ mrramezanpour@yahoo.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج؛ asadi_1999@yahoo.com

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج؛ kkhavazi@yahoo.com

چکیده

استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد از طریق مکانیسم‌های مستقیم و غیر مستقیم می‌تواند باعث افزایش رشد و عملکرد در گیاهان زراعی شود. در این آزمایش تأثیر گونه‌هایی از باکتری سودوموناس با توان حل کنندگی فسفات بر عملکرد، پارامترهای رشد و جذب فسفر در سه رقم برنج مورد مطالعه قرار گرفت. اثر این گونه‌ها از طریق انجام یک آزمایش گلدانی به شکل فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار بررسی شد. در این آزمایش ارقام برنج شامل: طارم، ندا و خزر و شش سویه از باکتری سودوموناس: GO11, GO12, GO15, GU10, MZ3, MZ16 همراه با یک تیمار بدون تلقیح، مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله گلدهی وزن‌تر و خشک اندام هوایی گیاه و جذب فسفر در گیاه، و در مرحله برداشت محصول، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد خوشه، تعداد سنبلچه، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته و جذب فسفر در دانه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از اجرای این تحقیق نشان داد که بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد، در هر سه رقم مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری بین پارامترهای اندازه‌گیری شده وجود داشته و بیشترین عملکرد دانه از رقم ندا حاصل شد. همچنین تلقیح با سویه‌هایی از باکتری سودوموناس، همه پارامترهای رشد را افزایش داد و سویه *Pseudomonas fluorescens* GO15، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه برنج داشت که نسبت به تیمار بدون تلقیح (شاهد)، 24/5% افزایش نشان داد. نتایج حاصل از اثر متقابل ارقام مختلف برنج و سویه‌های باکتری نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و پارامترهای رشد از تلقیح سویه *Pseudomonas fluorescens* GO15 و رقم ندا حاصل شد. جذب فسفر در گیاه و دانه با تلقیح سویه*Pseudomonas fluorescens* GO12 و به ترتیب با رقم ندا و خزر حاصل شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، سویه‌های باکتری سودوموناس بر عملکرد دانه برنج و جذب فسفر در گیاه و دانه مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های افزاینده رشد، حل‌کنندگی فسفات، سودوموناس پوتیدا، سودوموناس فلورسنس و عملکرد دانه

مقدمه

برنج یکی از منابع مهم کربوهیدرات ارزان برای بسیاری از مردم جهان، در کشورهای مختلف است. در ایران بیش از 630 هزار هکتار در سال برنج کشت می‌شود که تولید آن در سال حدود 2/1 میلیون تن می‌باشد. مازندران، گلستان و گیلان از مهم‌ترین مناطق از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است و به شکل کودهای شیمیایی در خاک مصرف می‌شود. با توجه به این سطح کشت برنج اگر فقط در هر هکتار یکصد کیلو از

[1] نویسنده مسئول: آدرس: مازندران، ساری، جاده جویبار کیلومتر 18(به سمت لاریم)، صندوق پستی؛ 556-48175

* دریافت: فروردین 1390 و پذیرش: اردیبهشت 1391

کود فسفاته استفاده شود (ملکوتی و همکاران، 1380)، بیش از 60 هزار تن کود فسفاته در برنج کاری‌های ایران مصرف می‌شود. براساس گزارشات ارایه شده در یک دوره زمانی کوتاه، دو سوم کودهای شیمایی فسفاته مورد استفاده به شکل غیر قابل دسترس در خاک تثبیت می‌شوند (افضل و همکاران[1]، 2005). با توجه به تثبیت فسفر در خاک، افزایش قیمت کودهای شیمایی و آلودگی محیط زیست، ارایه راه کارهایی به منظور آزاد سازی فسفر تثبیت شده در خاک همراه با افزایش محصول و کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفاته دارای اهمیت زیادی می‌باشد. یکی از راهکارهای ارائه شده استفاده از کودهای بیولوژیک بویژه انواع حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات می‌باشد. قدمت مطالعه ریز جانداران[2] حل کننده فسفات به سال 1903 برمی‌گردد (خان[3] و همکاران، 2007) و باکتری‌های حل کننده فسفات به عنوان کودهای بیولوژیک از دهه 1950 مورد استفاده واقع شده‌اند (کوداشیو[4]، 1956 و کراسیلینکوف[5]، 1957). آزاد سازی فسفر توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات از شکل‌های غیر قابل حل و تثبیت شده، با دسترسی فسفر در خاک و انتقال آن به گیاه در ارتباط است (خان و جورگسن[6]، 2009). ریز جانداران، با معدنی کردن فسفر آلی در خاک از طریق حل کردن فسفات‌های رسوب شده باعث افزایش دسترسی فسفر برای گیاه می‌شوند (چن[7] و همکاران، 2006؛ کنگ [8]و همکاران، 2002 و پرادهان و سوکلا[9]، 2005). براساس گزارشات موجود، باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند تا 88% از کل میکرو ارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات را به خود اختصاص دهند (فلاح[10]، 2006). استفاده از ریز جانداران حل‌کننده فسفات تا 70% افزایش محصول را بدنبال داشته است (ورما[11]، 1993). بر اساس مطالعات انجام شده باکتری‌های حل‌کننده فسفات[12] همراه با سایر باکتری‌های محرک رشد گیاه [13]، مصرف کودهای فسفاته را تا 50% کاهش دادند بدون اینکه کاهش معنی‌داری در تولید محصولات مشاهده گردد (جیلانی و همکاران[14]، 2007 و یزدانی و همکاران[15]، 2009). این موضوع چشم‌انداز خوبی برای تولید پایدار محصولات کشاورزی است. تثبیت یا معدنی شدن کودهای شیمیایی فسفاته غیر آلی و محلول در خاک، از عوامل مهم غیر دسترس نمودن آنها برای گیاه می‌باشد (دی[16]، 1988). میکرو ارگانیسم‌ها با آزاد سازی فسفات‌های تثبیت شده، نقش کلیدی در تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان و بهبود رشد آنها دارند (ریچاردسون[17]، 2001؛ چوانگ و همکاران[18]، 2006 و علیخانی و همکاران[19]، 2006).

میکرو ارگانیسم‌ها با توان حل‌کنندگی فسفات، با افزایش فراهمی فسفر محلول بر سایر فرآیندهای مهم میکروبی خام مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نیز اثرات مثبتی دارند (کوسی و همکاران[20]، 1989 و پونموروگان و گوپی[21]، 2006). در میان جمعیت باکتری‌ها، ریزوباکترهایی از جنس *Pseudomonas* ، *Bacillus*، *Rhizobium* و *Enterobacter* همراه با قارچ‌های *Penicillium* و *Aspergillus* به عنوان مفیدترین حل-کننده‌های فسفات گزارش شده است (ویتلاو[22]، 2000). باکتری‌های جنس سودوموناس به دلیل توزیع گسترده آنها در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از مهمترین صفات محرک رشد گیاه، توان حل کنندگی فسفات توسط آنها است که توسط محققین گزارش شده است (رشید و همکاران[23]، 2004 و

1. Afzal et al., 2005
2. Microorganisms
3. Khan et al., 2007
4. Kudashev, 1956
5. Krasilinikov, 1957
6. Khan and Joergesen, 2009
7. Chen et al., 2006
8. Kang et al., 2002
9. Pradhan and Sukla, 2005
10. Falah., 2006
11. Verma, 1993
12. Phosphate Solubilizing Bacteria
13. Plant Growth Promoting Rhizobacteria
14. Jilani et al., 2007;
15. Yazdani et al., 2009
16. Dey., 1988
17. Richardson., 2001
18. Chuang et al., 2006
19. Alikhani et al., 2006
20. Kucey et al., 1989
21. Ponmurugan and Gopi, 2006
22. Whitelaw, 2000
23. Rashid et al., 2004

رمضانپور[1]، 2009). تأثیر باکتری‌های مذکور در افزایش عملکرد غلات از جمله برنج مورد تأیید قرار گرفته است (یانی و همکاران[2]، 1997 و بیسواس و همکاران[3]، a,b 2000). براساس تحقیق انجام شده بر روی برنج، گزارش شد که در نتیجه استفاده از ریز جانداران حل کننده فسفات، عملکرد دانه و کاه و کلش به طور معنی‌داری افزایش یافته و جذب فسفر نسبت به تیمار شاهد و بدون مصرف کود فسفر افزایش می‌یابد (کوندو و گاور[4]، 1984). همچنین تلقیح بذر ارقام مختلف برنج با سودوموناس فلورسنت‌های با توان تولید اکسین، عملکرد دانه، اجزاء عملکرد و جذب عناصر غذایی را در گیاه و دانه برنج افزایش می‌دهد (رمضانپور و همکاران[5]، 2010). 2010).

گونه‌های سودوموناس باعث افزایش تعداد گره‌ها، وزن خشک گره‌ها، عملکرد دانه و اجزا عملکرد، در دسترسی و جذب عناصر در محصول سویا می‌گردد (سان و همکاران[6]، 2006). همچنین یزدانی و همکاران (2009) گزارش نمودند که تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات مصرف 50% کود فسفاته را کاهش داد و بر روی عملکرد تأثیر مثبتی داشت. ساندرا و همکاران[7] (2002) گزارش نمودند که تلقیح نیشکر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات 12/6% عملکرد را افزایش داد. میکرو ارگانیسم‌های ریزوسفری توانستند اثر مثبتی در تحریک رشد گیاه و همچنین افزایش جذب نیتروژن و فسفر گردند (زیدی و خان[8]، 2006).

هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد سویه‌های مختلف سودوموناس با توان حل کنندگی فسفات بر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد و جذب فسفر در دانه و گیاه ارقام مختلف گیاه برنج در شرایط کشت گلدانی بود.در این تحقیق در نظر بود تا با فرض مصرف همه کودهای شیمیایی لازم، تلقیح با باکتری‌های سودوموناس به عنوان مکملی برای رشد گیاه مورد ارزیابی قرار گیرد. لذا هدف این تحقیق مقایسه مایه تلقیح‌های سودوموناس‌های حل کننده فسفات با کودهای شیمیایی فسفری نبود.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر باکتری‌های سودوموناس با توان حل کنندگی فسفات بر رشد و عملکرد سه رقم برنج آزمایش گلدانی طراحی و اجرا شد. باکتری‌های مورد استفاده از بین سویه‌های برتر حل کننده فسفر مطالعات قبل انتخاب شدند (رمضانپور و همکاران، 2008 و 2011؛ رمضانپور، 2009). شش سویه مختلف شامل چهار سویه متعلق به گونه *Pseudomonas fluorescens* و دو سویه متعلق به گونه *Pseudomonas* putida در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. خاک شنی لومی با pH معادل 7/9، مورد استفاده برای گلدان‌ها از مزرعه ایستگاه بابع کلا تهیه و بر اساس تجزیه‌های استاندارد آزمایشگاه خاک، دارای ازت کل – 0/05%، مواد آلی 0/97%، فسفر قابل دسترسی برابر با 6/6 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و پتاسیم قابل دسترس معادل 135 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. این آزمایش در خرداد ماه تا پایان شهریور ماه سال 1388 در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران به اجرا در آمد. یک هفته قبل از کاشت گلدان-های پنج کیلوگرمی را از خاک پر کرده و با پنج کیلوگرم خاک تهیه شده پر شد و با آب اشباع شدند. زمانی که رطوبت به 60% ظرفیت زراعی رسید عملیات کاشت بذرهای تلقیح شده با باکتری ها انجام شد. بعد از جوانه زنی، تعداد 3 بوته در هر گلدان نگهداری شد. کودهای اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک به ترتیب 4/5، 1/5 و 4/5 گرم برای هر گلدان بود که 1/3 اوره و سولفات پتاسیم و تمام سوپر فسفات مورد نیاز قبل از کاشت بذر، و بقیه اوره و سولفات پتاسیم را 1/3 در مرحله پایان پنجه‌زنی و 1/3 در مرحله گلدهی مصرف شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی به شکل فاکتوریل، با هفت تیمار باکتریایی و سه رقم برنج در چهار تکرار و در مجموع با 84 واحد آزمایشی اجرا گردید. باکتری‌های مورد آزمایش شامل چهار سویه از *Pseudomonas fluorescens* (MZ3, GO15, MZ16و GO12) و دو سویه از *Pseudomonas putida* (GU10, GO11) و یک تیمار شاهد (بدون

1. Ramezanpour., 2009
2. Yanni et al., 1997
3. Biswas et al., 2000a, b
4. Kundu and Gaur., 1984
5. Ramezanpour et al., 2010
6. Son et al., 2006
7. Sundara et al., 2002
8. Zaidi and Khan, 2006

تلقیح) بود. برای تهیه نمونه‌های باکتریایی، سویه‌های مورد نظر را به مدت 48 ساعت، روی پلیت حاوی آگار مغذی[1](King's B) کشت داده شد. و در دمای 24 درجه سانتیگراد حرارت دهی شد. و سپس در ارلن های 50 میلی لیتری که حاوی 20 میلی لیتر محیط مغذی (TSB) بود رشد داده شد. پس از 72 ساعت قابلیت انحلال فسفر سویه‌ها را تعیین نمودیم. ارقام مورد مطالعه نیز شامل ارقام طارم، ندا و خزر بود. بذور مورد استفاده بوجاری شده و برای حذف بذور پوک و بذور علف‌های هرز آنها را در آب نمک 10% ریخته تا بذور پوک و علف‌های هرز روی آب آمده و سپس در طی چندین مرحله شستشوی با آب معمولی اثرات نمک از بین برده شد و سپس برای تحریک بذرها به جوانه زدن به مدت 48 ساعت در آب استریل (2 بار به فاصله 24 ساعت و هر بار به مدت 1 ساعت در اتوکلاو) ریخته و در 6 ساعت انتهایی محلول سمی 2/5 در هزار کاربوکسین تیرام به منظور ضدعفونی کردن بذور، اضافه کردیم. بذرها را در پارچه‌ای استریل و رطوبت‌دار شده با آب مقطر استریل، نگهداری کرده تا جوانه‌دار شوند. سپس بذور ارقام مختلف برنج را به طور جداگانه به مدت 24 ساعت در دمای 2±24 درجه سانتیگراد با مایه تلقیح‌های تهیه شده برای هر سویه سودوموناس تلقیح شد و اجازه داده شد تا به مدت 4 ساعت در هوای آزاد خشک شوند. سپس در داخل گلدان‌های مربوط به هر تیمار کشت شدند. جمعیت باکتری‌ها در زمان تلقیح، تقریباً 10^8 در هر میلی لیتر سوسپانسیون بود. برای تلقیح بذرها، به ازای هر یک کیلو بذر، 15 میلی لیتر مایه تلقیح استفاده شد. داده‌های جمع-آوری شده از این آزمایش شامل وزن‌تر و خشک اندام هوایی گیاه و تعیین جذب فسفر در گیاه در مرحله گلدهی و عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلچه، ارتفاع بوته و جذب فسفر دانه در مرحله برداشت محصول بود. برای محاسبه فسفر جذب شده در گیاه و دانه، غلظت فسفر اندازه‌گیری شده را که بر حسب درصد بود به میلی‌گرم در کیلوگرم تبدیل و سپس در وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در هر گلدان بر اساس کیلوگرم ضرب کرده تا میزان جذب فسفر بر اساس میلی‌گرم در گلدان بدست آید. نتایج حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه آماری شد (بریکر[2]، 1991) و میانگین داده‌ها، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (دانکن[3]، (دانکن[3]، 1955) مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

در این آزمایش شش سویه سودوموناس با کارایی متفاوت در حلالیت فسفاتهای نامحلول مورد استفاده قرار گرفتند (جدول1).

عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام مختلف برنج

براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن همه پارامترهای مورد بررسی، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشت. میانگین بیشترین عملکرد دانه (31/74 گرم در گلدان)، وزن هزار دانه (33/89 گرم)، تعداد سنبلچه در خوشه (27/86)، و تعداد دانه در سنبلچه (19/93) از رقم ندا حاصل شد. بیشترین تعداد خوشه (22/32) از رقم خزر بدست آمد و بیشترین میانگین ارتفاع بوته (110 سانتی متر)، در رقم طارم مشاهده شد (جدول2).

تأثیر سویه‌های مختلف سودوموناس بر عملکرد و اجزا عملکرد برنج

تلقیح بذر با سویه‌های مختلف سودوموناس نسبت به تیمار بدون تلقیح باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص‌های رشد برنج شد. جدول 3 نتایج حاصله را نشان می-دهد. بیشترین عملکرد دانه (30/61 گرم در گلدان) و تعداد خوشه (21/17)، با تلقیح *Pseudomonas fluorescens* GO15 حاصل شد که به ترتیب باعث افزایش 24/5% و 25/8% نسبت به تیمار شاهد شد.

اثر متقابل بین ارقام مختلف برنج و سویه‌های مختلف سودوموناس

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد دانه و سایر شاخص‌های رشد نشان داد که بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، اثر متقابل ارقام مختلف برنج و سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین میزان عملکرد دانه (36/28

1. Nutrient agar

2. Bricker, 1991

3. Duncan, 1955

گرم در گلدان)، وزن هزار دانه (35 گرم) و تعداد خوشه (25) ، از تلقیح بذر رقم ندا با *Pseudomonas fluorescens* GO15 حاصل شد (جدول 4).

بر اساس نتایج حاصله، بیشترین میانگین تعداد سنبلچه در خوشه (27/5) از تلقیح دو سویه GO11 و MZ3 با رقم ندا حاصل شد که میانگین آنها در سطح پنج درصد با سایر تیمارها بجز جدایه GO15 اختلاف معنی‌داری داشت نتایج حاصل از این آزمایش نشان از سازگاری بالا و قدرت رقابت بالای این سویه‌ها برای کلونیزه کردن ریزوسفر برنج رقم ندا دارد.

جذب فسفر در گیاه و دانه

نتایج حاصله از اجرای این آزمایش، نشان از جذب بالای فسفر در گیاه برنج رقم ندا داشت. میانگین جذب فسفر در گیاه برنج رقم ندا (112/8 میلی‌گرم در بوته) نسبت به دو رقم دیگر بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشت. اما بیشترین میانگین جذب فسفر در دانه برنج از رقم خزر حاصل شد (55/08 میلی‌گرم در بوته).

نتایج تأثیر سویه‌های مختلف سودوموناس بر جذب فسفر در گیاه و دانه برنج

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد بیشترین میانگین فسفر جذب شده در گیاه (76/06 میلی گرم در بوته) از تلقیح *Pseudomonas fluorescens* GO12 بدست آمد اگرچه اثر سویه‌های مختلف بر میانگین جذب فسفر توسط گیاه در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان جذب فسفر در دانه برنج (45/36 میلی‌گرم در بوته) از تلقیح *Pseudomonas fluorescens* MZ3 اندازه‌گیری شد. همان‌طوری‌که در نتایج قبلی ارایه شد این دو سویه بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه و اجزا عملکرد داشت.

نتایج تأثیر متقابل تلقیح ارقام مختلف برنج با سویه‌های مختلف سودوموناس بر جذب فسفر در گیاه و دانه برنج

بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تأثیر متقابل تلقیح ارقام مختلف برنج با سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول5). بیشترین میانگین فسفر جذب شده از تلقیح بذور برنج رقم طارم با سویه *Pseudomonas fluorescens* GO12 که افزایش فوق العاده‌ای نسبت به تیمار شاهد را باعث شد بدست آمد. میانگین فسفر جذب شده در دانه از تلقیح بذور رقم خزر با همین سویه حاصل شد. بر اساس نتایج قبلی نیز همین سویه بیشترین اثر، بر عملکرد و اجزا عملکرد را نشان داد و این نشان دهنده توان بالای این سویه برای کلونیزه کردن ارقام مختلف برنج می‌باشد.

بحث

فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد مناسب گیاه محسوب می‌شود اما کارایی آن به علت حضور کاتیون‌های کلسیم در خاک‌های قلیایی و آهن و آلومینیم در خاک‌های اسیدی کاهش می‌یابد. از اینرو بهره‌گیری از فرآیندهای زیستی که به افزایش انحلال این عنصر بویژه در خاک‌های قلیایی می‌انجامد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد کاربرد باکتری‌های با توان حل‌کنندگی فسفات باعث افزایش جذب فسفر در گیاه و نهایتاً بهبود عملکرد دانه برنج شدند.

در این آزمایش شش سویه باکتری با توان حل کنندگی فسفات‌های نامحلول مورد استفاده قرار گرفتند. توان باکتری‌های خاکزی بویژه سودوموناسهاس فلورسنت در افزایش حلالیت فسفات‌های نامحلول به کرات گزارش شده است (رودریگیوز و فراگا[1]، 1999؛ تاو و همکاران[2]، 2008؛ قادری و همکاران[3]، 2008 ؛ هنری و همکاران[4]، 2008). نتایج نشان داد کاربرد باکتری‌های با کارایی حل کنندگی فسفر، بر عملکرد دانه برنج و جذب فسفر مؤثر بود. تأثیر مثبت باکتری‌های حل کننده فسفات بر عملکرد محصولات مختلف توسط محققین مختلف گزارش شده است (دوبی[5]1998؛ ریچاردسون و همکاران، 2001؛ پال[6] ، 1998؛ رودریگیوز و فراگا، 1999؛ ساراگی و همکاران[7]، 1999؛ سوباراو[8]، 1999؛ تومار و همکاران[9]، 1996؛ خالید و و همکاران[10] ، 1997؛ بیسواس و همکاران، 2000 و هیلالی

1. Rodriguez and Fraga., 1999
2. Tao et al., 2008
3. Ghaderi et al., 2008
4. Henri et al., 2008
5. Dubey., 1998
6. Pal., 1998
7. Sarawgi et al., 1999
8. Subba Rao., 1993
9. Tomar et al., 1996
10. Khalid et al., 1997

و همکاران[1]، 2000 و 2001). همچنین تأثیر این باکتری‌ها در بهبود شاخص‌های رشد گیاه از قبیل ارتفاع بوته و تعداد سنبلچه در خوشه و نیز بهبود راندمان تولید و کاهش مصرف کودهای شیمیایی به اثبات رسیده است (عابد و همکاران[2] ،2002؛ راگوتاما[3] ،1999؛ راوش و بوچر،[4] 2002 و ونس و همکاران[5]، 2003).

نتایج این آزمایش نشان داد که رقم ندا، پتانسیل بالایی در افزایش عملکرد دانه و سایر پارامترهای رشد دارد . این رقم از ارقام پر محصول است که در سال‌های اخیر و بر اساس سیاست دولت مبنی بر خودکفایی محصولات کشاورزی مورد توجه کشاورزان واقع شده است. تفاوت ارقام برنج در مشخصه‌های رشد و عملکرد دانه در سایر تحقیقات نیز مشاهده شده است (پیردشتی، 1377؛ عرفانی و نصیری، 1379؛ حاتمی، 1379؛ مهدوی و همکاران، 1384؛ عباس زاده، 1388؛ رجب زاده، 1388؛ بنی هاشم، 1388 و یاموموتو و همکاران[6] 1991).

سویه‌های مختلف سودوموناس مورد استفاده در این آزمایش سبب افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد شدند. تأثیرات مثبت این باکتری‌ها را می‌توان با افزایش انحلال فسفات‌های نامحلول و در نتیجه بهبود جذب فسفر در گیاه و یا سایر خصوصیات محرک رشدی این باکتری‌ها نسبت داد.

گزارشات زیادی در خصوص تأثیر مثبت باکتری‌های حل کننده فسفر در بهبود جذب فسفر و تعادل عناصر غذایی گیاهان بویژه برنج وجود دارد (بلیموف، 1995؛ بیسواس، 2000a؛ کوسی، 1987؛ مهانا و وحید، 2002؛ زیدی و همکاران 2004 و رمضانپور و همکاران، 2010). همچنین در تحقیقات مختلف افزایش مقدار فسفر دانه ناشی از تلقیح محصولات مختلف با میکرو ارگانیسم-های حل کننده فسفات گزارش شده است (الاگاوادی و گوور[7] ، 1999؛ افضل و بانو[8] ، 2008؛ سلواراج و همکاران[9] همکاران[9] ،2008 و کولاوینه و همکاران[10] ، 2010).

پاسخ ارقام برنج به تلقیح با سویه‌های مختلف مورد استفاده در این تحقیق متفاوت بود. سویهGO15 *Pseudomonas fluorescens* دارای بالاترین تأثیر در افزایش عملکرد دانه در ارقام بود. تحقیقات سایر محققین نیز در تفاوت کارایی باکتری‌های حل کننده فسفر در افزایش عملکرد گیاهان دلالت دارد (عباس زاده، 1388؛ جعفرزاده، 1388؛ ساندرام[11] ، 1994 و هایله و همکاران[12] 1999،). با اینحال بنظر می‌رسد بر همکنش های سویه-رقم عامل نهایی مقدار تأثیر هر سویه بر هر رقم می‌باشد. موارد مشابهی از این بر همکنش‌ها در تحقیقات سایر محققین نیز مورد اشاره قرار گرفته است (عباس زاده، 1388؛ رجب زاده، 1388؛ بنی هاشم، 1388 و کننی و همکاران[13]، 2010).

باکتری‌های مورد استفاده در این تحقیق سبب افزایش محتوای فسفر اندام هوایی و نیز دانه شدند. هر چند تأثیر باکتری‌ها بر فسفر اندام هوایی و دانه از الگوی متفاوتی برخوردار بود. گزارشاتی مبنی بر تأثیر باکتری‌های حل کننده فسفر بر میزان جذب عناصر غذایی در گیاهان بویژه برنج وجود دارد (رودریگیوز و فراگا، 1997؛ ورما و همکاران[14] ، 2001؛ گولاتی و همکاران[15]، 2007 و اشرف الزمان[16] ،2009،).

بر اساس این آزمایش سویه‌های سودوموناس مورد استفاده در این آزمایش باعث افزایش عملکرد دانه برنج و اجزای عملکرد و همچنین بهبود جذب فسفر شده‌اند از اینرو می‌توان نتیجه گرفت که این باکتری‌ها توانایی کلونیزه شدن با ریزوسفر ارقام برنج را داشته که باعث بهبود پارامترهای اندازه‌گیری شده‌اند. و با انجام آزمایشاتی

1. Hilali et al., 2000, 2001
2. Abel et al., 2002
3. Raghothama., 1999
4. Rausch and Bucher., 2002
5. Vance et al., 2003
6. Yamamoto et al., 1991
7. Alagawadi and Gaur., 1999
8. Afzal and Bano., 2008
9. Selvaraj et al., 2008
10. Collavine et al., 2010
11. Sundram., 1994
12. Haile et al., 1999
13. Keneni et al., 2010
14. Verma et al., 2001
15. Gulati et al., 2007
16. Ashrafuzzaman et al., 2009

مزرعه‌ای می‌توان زمینه استفاده از این باکتری‌ها را به عنوان کودهای بیولوژیکی فراهم نمود.

جدول 1- کارایی انحلال فسفات توسط سویه های مختلف باکتری سودوموناس مورد مطالعه

سویه	گونه	محل جداسازی	قابلیت انحلال فسفر در محیط مایع اسپربرگ (میلی گرم بر لیتر) پس از 72 ساعت (حاوی $Ca_3(PO_4)_2$)
MZ16	*P. fluorescens*	مازندران	207/20
GO15	*P. fluorescens*	گلستان	255/10
MZ16	*P. fluorescens*	مازندران	237/40
GO12	*P. fluorescens*	گلستان	213/60
GO11	*P. putida*	گلستان	272/00
GU10	*P. putida*	گیلان	220/00

جدول 2- اثر ارقام مختلف برنج بر عملکرد دانه و پارامترهای رشد

ارقام	عملکرد (گرم در گلدان)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	تعداد خوشه	تعداد سنبلچه در خوشه	تعداد دانه در سنبلچه	ارتفاع بوته (سانتی متر)
طارم	25/58 c*	31/25 c	24/16 c	16/52 b	14/54 b	12/46 c	14/54 c	110/00 a
ندا	31/74 a	33/89 a	43/07 b	26/00 a	22/14 a	26/86 a	19/93 a	68/64 c
خزر	29/45 b	32/36 b	57/66 a	27/09 a	22/32 a	20/43 b	17/39 b	104/00b

*میانگین مقادیر با حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن است.

جدول 3- اثر سویه های مختلف باکتری سودوموناس بر عملکرد و پارامترهای رشد گیاه برنج

سویه باکتری	عملکرد دانه (گرم در گلدان)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	تعداد خوشه	تعداد سنبلچه در خوشه	تعداد دانه در سنبلچه	ارتفاع بوته (سانتی متر)
GU10	29/71 a *	32/25 b	41/26 ab	22/97 a	19/17 d	20/58 a	16/92 b	93/33 ab
MZ3	29/92a	32/58 ab	39/82 ab	22/58 a	19/67 bcd	20/00 a	17/75 ab	94/67 a
GO11	30/06a	32/00 b	46/52 a	25/46 a	20/75 ab	19/83 a	18/25 a	95/08 a
GO15	30/61 a	33/17 ab	43/55 ab	24/01 a	21/17 a	20/08 a	17/67 ab	96/00 a
MZ16	28/03 b	33/58 a	39/54 ab	21/99 a	19/50 cd	20/42 a	17/17 b	97/08 a
GO12	29/54 a	33/67 a	44/39 ab	24/68 a	20/58 abc	20/42 a	17/50 ab	94/08 a
شاهد	24/58 c	30/25 c	36/34 b	20/73 a	16/83 e	18/08b	15/75 c	89/25 b

*میانگین مقادیر با حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن است.

جدول4- اثر متقابل تلقیح ارقام مختلف برنج با سویه های مختلف سودوموناس بر عملکرد دانه و پارامترهای رشد در گیاه برنج

ارقام	سویه های باکتری	عملکرد (گرم در گلدان)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	تعداد خوشه	تعداد سنبلچه در خوشه	تعداد دانه در سنبلچه	ارتفاع بوته (سانتی متر)
طارم	GU10	28/38def*	30/75 de	23/05fg	16/90 abc	14/75ef	13/75e	14/75hij	108/50abc
	MZ3	25/67g	31/75 cde	24/17fg	15/07 c	14/00ef	12/75ef	14/75hij	111/30ab
	GO11	25/27g	30/00 ef	26/10fg	17/76 abc	15/00e	12/00ef	15/50ghi	108/30abc
	GO15	24/80g	32/00 cde	23/80fg	18/90 abc	15/50e	12/75ef	15/00hij	112/80a
	MZ16	25/45g	32/75 abcd	26/42fg	16/20 bc	14/50ef	13/00e	14/25hij	112/80a
	GO12	27/15efg	33/00 abcd	23/70fg	17/33 abc	15/25e	12/00ef	14/00ij	110/50ab
	شاهد	22/30h	28/50 f	21/90g	13/42 c	12/75f	11/00f	13/50j	106/00abc
ندا	GU10	30/83cd	34/00 abc	42/70cde	26/85 abc	20/50cd	27/00a	20/00abc	68/75d
	MZ3	33/80b	33/50 abc	40/72cde	24/25 abc	22/50bc	27/50a	19/75abc	68/75d
	GO11	33/90b	33/50 abc	42/47cde	26/17 abc	23/00b	27/50a	20/25ab	72/75d
	GO15	36/28a	35/00 a	47/47bcde	25/52 abc	25/50a	26/50a	20/25ab	69/00d
	MZ16	39/25de	34/50 ab	39/83de	25/23 abc	22/00bc	27/25a	20/25ab	69/50d
	GO12	31/93bc	34/50 ab	51/88bcd	32/20 ab	23/00b	28/00a	20/75a	70/75d

	شاهد	26/17fg	32/25 bcde	36/40ef	21/80 abc	18/50d	24/25b	18/25cde	61/00e
	GU10	29/92cd	32/00 cde	58/03ab	25/15 abc	22/25bc	21/00c	16/00fgh	102/80bc
	MZ3	30/29cd	32/50 bcd	54/56bc	28/42 abc	22/50bc	19/75cd	18/75bcde	104/00bc
	GO11	30/99cd	32/50 bcd	70/99a	32/45 a	24/25ab	20/00cd	19/00abcd	104/30abc
خزر	GO15	30/76cd	32/50 bcd	59/39ab	27/60 abc	22/50bc	21/00c	17/75def	106/30abc
	MZ16	29/40cde	33/50 abc	52/36bcd	24/52 abc	22/00bc	21/00c	17/00efg	109/00abc
	GO12	29/55cde	33/50 abc	57/58ab	24/52 abc	23/50ab	21/25c	17/75def	101/00c
	شاهد	25/25g	30/00ef	50/72bcd	26/95 abc	19/25d	19/00d	15/50ghi	100/80c

*میانگین مقادیر با حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن است.

جدول 5- اثر متقابل تلقیح ارقام مختلف برنج با سویه های مختلف سودوموناس فلورسنت بر جذب فسفر در گیاه و دانه برنج (جذب فسفر بر اساس میلی گرم در گلدان)

ارقام	سویه ها	فسفر در گیاه	فسفر در دانه
طارم	GU10	46/35 d	35/71 ef
	MZ3	40/42 d	35/48 ef
	GO11	48/82 cd	36/43 ef
	GO15	47/03 cd	27/22 fg
	MZ16	42/56 d	28/85 fg
	GO12	46/21 d	23/83 fg
	شاهد	35/49 d	16/62 g
ندا	GU10	122/80 a	38/15 def
	MZ3	104/20 ab	46/27 bcde
	GO11	114/50 a	34/22 ef
	GO15	106/50 ab	32/45 efg
	MZ16	113/70 a	32/51 efg
	GO12	130/90 a	30/50 efg
	شاهد	97/10 abc	22/37 fg
خزر	GU10	53/92 cd	59/56 ab
	MZ3	60/86 bcd	54/35 abc
	GO11	64/84 bcd	52/84 abcd
	GO15	56/39 cd	62/09 ab
	MZ16	47/54 cd	52/54 abcd
	GO12	50/13 cd	65/53 a
	شاهد	56/18 cd	38/64 cdef

*میانگین مقادیر با حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن است.

فهرست منابع:

1. بنی هاشم، ف. 1388. بررسی تأثیر باکتری‌های سودوموناسه با توانایی تولید اکسین بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برنج رقم ندا (*Oryza sativa* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی. دانشگاه آزاد اسلامی – واحد گرگان. 141 صفحه.
2. بی نام. 1388. آمار نامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی و باغی (86- 1385). نشریه شماره 88/09 دفتر آمار و فن آوری اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
3. پیردشتی، ه. 1377 . بررسی تاریخ کاشت بر نقل و انتقال مجدد نیتروژن و شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی. 158 صفحه.

4. جعفرزاده، ح. 1388. بررسی بررسی تأثیر ایزوله های سودوموناس بر جذب عناصر غذایی و عملکرد برنج در شرایط گلخانه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشگاه آزاد اسلامی – واحد کرج. 116 صفحه.
5. حاتمی، ح. 1381. بررسی تأثیر تاریخ کاشت، فاصله کاشت و کود ازته بر شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی – واحد کرج. 104 صفحه.
6. رجب زاده، ز. 1388. بررسی تأثیر باکتری‌های سودوموناسه با توانایی تولید سیدروفور بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برنج رقم خزر (Oryza sativa L.). پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی. دانشگاه آزاد اسلامی – واحد گرگان. 154 صفحه.
7. عباس زاده، م. 1388. بررسی تأثیر باکتری‌های سودوموناسه با توانایی حلالیت فسفات بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برنج رقم طارم (Oryza sativa L.). پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی. دانشگاه آزاد اسلامی – واحد گرگان. 166 صفحه.
8. عرفانی، ع.، و م. نصیری. 1379. بررسی بعضی از خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ارقام برنج. انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران. 43 صفحه.
9. Abel, S., C.A. Ticconi., C.A. Delatorre. 2002. Phosphate sensing in higher plants. Physiologia Plantarum. 115: 1-8.
10. Afzal, A., A, Bano. 2008. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphate uptake in wheat (*Triticum aestivum*). Int J Agric boil. 10:85–88
11. Afzal, A., M. Ashraf., S.A. Asad., and M. Farooq. 2005. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on phosphorus uptake, yield and yield traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rainfed area. Int. J. Agric. Biol. 7: 207–209.
12. Alagawadi, A.R., A.C. Gaur. 1992. Inoculation of Azospirillum brasilense and phosphate-solubilizing bacteria on yield of sorghum [*Sorghum bicolor* L.) Moench in dry land. Trop Agric. 69:347–350.
13. Alikhani, H.A., N. Saleh-Rastin., and H. Antoun. 2006. Phosphate solubilization of Rhizobia native to Iranian Soils. Plant Soil. 287: 35-41.
14. Ashrafuzzaman, M., H. Farid Akhtar., M. Razi Ismail., M.D. Anamul Hoque., M. Zahurul Islam., S.M. Shahidullah., and M. Sariah. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth, African Journal of Biotechnology. 8 (7): 1247-1252.
15. Belimov, A.A., P.A. Kojemiakov., and C.V. Chuvarliyeva. 1995. Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphate-solubilizing bacteria. Plant Soil Journal. 17: 29–37.
16. Biswas, J. C., J.K. Ladha., F.B. Dazzo., Y.G. Yanni., B.G. Rolfe. 2000b. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agron. J. 92: 880–886.
17. Biswas, J.C., J.K. Ladha and F.B. Dazzo, 2000a. *Rhizobia* inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. Soil Sci. Soc. America J., l 64: 1644–50.
18. Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B., Yanni, Y.G., and Rolfe, B.G. 2000b. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agron. J. 92: 880-886.
19. Bricker, B.A. 1991. Micro Computer Programme for the Design, Manage and Analysis of Agronomic Research Expt. Crop and Science Department, AUS, Lansin USA.
20. Chapman, H.D., Pratt, P. F. 1961. Methods of analysis for soil, plant and waters. University of California. Division of Agricultural Sciences.
21. Chen, Y.P., P.D. Rekha., A.B. Arunshen., W.A. Lai., and C.C. Young. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. Appl. Soil Ecol. 34:33-41.

22. Chuang, C.Y., C. Kuo., and W. Chao. 2006. Solubilisation of inorganic phosphates and plant growth promotion by *Aspergillus niger*. Biologi Fertili Soils. 43 (5): 579 -584.
23. Collavino, M.M., P.A. Sansberro., L.A. Mroginski., and O. Mario Aguilar. 2010. Comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native to acid soil and their ability to promote Phaseolus vulgaris growth. Biol Fertil Soils. 46:727–738
24. Dey, K.B., 1988. Phosphate solubilizing organisms in improving fertility status Biofertilizers, potentialities and problems. P. 237- 248.In. Sen et al. (ed). Plant physiology Forum. Calcutta.
25. Dubey, S.K. 1998. Response of soybean (*Glycine max*) to biofertilizers with and without nitrogen, phosphorus and potassium on swell-shrink soil. Indian J. Agron. 43: 546–549.
26. Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges a. multiple F- test. Biometrics. 11: 1-42.
27. Fallah, A. 2006. Abundance and distribution of phosphate solubilizing bacteria and fungi in some soil samples from north of Iran. 18th World Congress of Soil Science, July 9-15, 2006, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
28. Ghaderi, A., N. Aliasgharzad., S. Oustan., and P.A. Olsson. 2008. Efficiency of three Pseudomonas isolates in releasing phosphate from an artificial variable-charge mineral (iron III hydroxide). Soil Environ. 27:71-76.
29. Gulati, A., P. Rahi., and P. Vyas. 2007. Characterization of phosphate solubilizing florescent Pseudomonas from the rhizosphere of sea buckthorn growing in the cold desert of Himalayas. Curr. Microbiol. 56: 73–79.
30. Haile, W., Fassil, A. and Asfaw, H. 1999. Studies on Phosphate Solubilizing Ability of Bacteria Isolated from Some Ethiopia Soils. Proc. of the 9th Annual Conference of the Biological Society of Ethiopia, Awassa, Ethiopia, PP. 31.
31. Henri, F., N. N. Laurette., D. Annette., Q. John., M. Wolfgang., E. Francois-Xavier., and N. Dieudonne. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of Pseudomonas fluorescens isolated from acidic soils of Cameroon. African J. Microbiol. Res. 2:171-178.
32. Hilali, A., D. Przvost., W.J. Broughton., H. Antoun. 2000. Potential use of Rhizobium leguminosarum bv. trifolii as plant growth promoting rhizobacteria with wheat. Abstract, 17th North American Conference on Symbiotic Nitrogen Fixation, Laval University,Quebec, Canada.
33. Jakson, M. L. 1967. Soil chemical analysis, Prentice – Hall of India private Limited, New Delhi.
34. Jilani, G., A. Akram., R.M. Ali., F.Y. Hafeez., I.H. Shamsi., A.N. Chaudhry., and A.G. Chaudhry. 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizosphere microflora through organic and biofertilizers. Ann. Microbiol. 57:177-183.
35. Kang, S.C., C.G. Hat., T.G. Lee., and D.K. Maheshwari. 2002. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soil-inhabiting fungus *Fomitopsis sp*. PS 102. Curr. Sci. 82:439- 442.
36. Keneni, A., F. Assefa., and P.C. Prabu. 2010. Isolation of Phosphate Solubilizing Bacteria from the. Rhizosphere of Faba Bean of Ethiopia and Their Abilities on Solubilizing Insoluble Phosphates. J. Agr. Sci. Tech. 12: 79-89.
37. Khalid, A., M. Arshad., Z.A. Zahir., and A. Khaliq. 1997. Potential of plant growth promoting rhizobacteria for enhancing wheat yield. J. Anim. PlantSci. 7: 53–56.
38. Khan, K.S., and R.G. Joergensen. 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. Bioresour, Technol. 100:303-309.
39. Khan, M.S., A. Zaidi., and P.A. Wani. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - A review. Agron. Sustain. Dev. 27:29-43.

40. Krasilinikov, N.A. 1957. On the role of soil micro-organism in plant nutrition. Microbiologiya. 26:659-72.
41. Kucey, R.M.N., 1987. Increased phosphorus uptake by wheat and field beans inoculated with a phosphorus-solubilizing Penicillium bilaji strain and with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Appl. Environ. Microbiol. 53: 2699–703
42. Kucey, R.M.N., H.H. Janzen., and M.E. Legget. 1989. Microbial mediated increases in plant available phosphorus. Adv. Agron. 42:199 - 228.
43. Kudashev, I.S. 1956. The effect of phosphobacterin on the yield and protein content in grains of Autumm wheat, maize and soybean. Doki. Akad. Skh. Nauk. 8:20-23.
44. Kundu, B.S., and A.C. Gaur. 1984. Rice response to inoculation with N2 fixing and P solubilizing microorganisms. Plant and Soil Journal. 79: 227–34.
45. Mehana, T.A., and O.A. Wahid. 2002. Associative effect of phosphate dissolving fungi, Rhizobium and phosphate fertilizer on some soil properties, yield components and the phosphorus and nitrogen concentration and uptake by Vicia faba L. under field conditions. Pakistan J. Biol. Sci. 5: 1226–31
46. Pal, S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant and Soil. 198: 169–177.
47. Ponmurugan, P., and C. Gopi. 2006. Distribution pattern and screening of phosphate solubilizing bacteria isolated from different food and forage crops. J. Agron. 5:600-604.
48. Pradhan, N., and L.B. Sukla. 2005. Solubilization of inorganic phosphate by fungi isolated from agriculture soil. African J. Biotechnol. 5:850-854.
49. Raghothama, K.G. 1999. Phosphate acquisition. Ann. Rev. of Plant Physiol. 50: 665-693.
50. Ramezanpour, M. 2009. Identification of phosphate solubilizing Pseudomonas sp. of rice rhizosphere based on 16S rDNA genotyping. Middele – East J. Sci. Res., 4 (4): 348-353.
51. Ramezanpour, M., Popov, Y., Khavazi, K., Asadi Rahmani, H. 2011. Molecular genosystematic and hysiological characteristics of fluorescent pseudomonads isolated from the rice rhizosphere of Iranian paddy fields. African J. Agr Res. 6(1), pp. 145-151.
52. Ramezanpour, M., Popov,Y., Khavazi, K., and Asadi Rahmani, H. 2010. Genetic Diversity and Efficiency of Indole Acetic Acid Production by the Isolates of Fluorescent Pseudomonads from Rhizosphere of Rice (Oryza sativa L.). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 7 (1): 103-109.
53. Ramezanpour, M.R., Popov, Y., Khavazi, K. 2008. Isolation and characterization of fluorescent pseudomonads species of paddy fields in the North of Iran. Biol. J. Armenia. 1: 141-146.
54. Rashid, M., S. Khalil., N. Ayub., S. Alam., and F. Latif. 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. Pak J Biol Sci. 7:187–196
55. Rausch, C., M. Bucher. 2002. Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. Planta. 216: 23-37.
56. Richardson, A.E. 2001. Prospect for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. Aust J Plant Physiol. 28: 897-906.
57. Richardson, A.E., P.A. Hadobas., J.E. Hayes., C.P. O'Hara., R.J. Simpson. 2001. Utilization of phosphorus by pasture plants supplied with myo-inositol hexaphosphate is enhanced by the presence of soil micro-organisms. Plant and Soil. 229: 47–56.
58. Rodriguez, H., and R. Fraga, 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotech. Adv., 17: 319–339.
59. Rodriguez, H., and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol. Adv. 17:319-339.

60. Rodriguez, H., R. Fraga., T. Gonzalez., Y. Bashan. 2006. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. Plant and Soil. 287: 15-21.
61. Sarawgi, S.K., P.K. Tiwari., R.S. Tripathi. 1999. Uptake and balance sheet of nitrogen and phosphorus in gram (*Cicer arietinum*) as influenced by phosphorus, biofertilizers and micronutrients under rainfed condition. Indian J. Agron. 44: 768–772.
62. Selvaraj, P., M. Madhaiyan., and T. Sa. 2008. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria from Chinese cabbage and their effect on growth and phosphorus utilization of plants. J Microbiol Biotechnol 18:773–777
63. Son, T.T.N., C.N. Diep., and T.T.M. Giang. 2006. Effect of bradyrhizobia and phosphate solubilizing bacteria application on Soybean in rotational system in the Mekong delta. Omonrice. 14:48-57.
64. Subba Rao, N.S. 1982. Advances in Agricultural Microbiology . in: Subba Rao, N.S. (ed.), Oxford and IBH Publ. Co.
65. Sundara, B., V. Natarajan., and K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane yields. Field Crops Res. 77:43-49.
66. Sundram, K. P. 1994. Fertilizers News, Fertilizer Association of India. New Delhi.
67. Tao, G., S. Tian., M. Cai., and G. Xie. 2008. Phosphate solubilizing and mineralizing abilities of bacteria isolated from soils. Pedosphere. 18:515-523.
68. Tomar, R.K.S., K.N. Namdeo., J.S. Ranghu. 1996. Efficacy of phosphate solubilizing bacteria biofertilizers with phosphorus on growth and yield of gram (*Cicer arietinum*). Indian J. Agron. 41: 412–415.
69. Vance, C.P., C. Uhde-Stone., D.L. Allan. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. New Phytologist. 157: 423-447.
70. Verma, L.N. 1993. Biofertiliser in agriculture. p. 152-183.In: P.K. Thampan (ed.). Organics in soil health and crop production. Peekay Tree Crops Development Foundation, Cochin, India.
71. Verma, S.C., Ladha, J.K., Tripathi, A.K. 2001. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. J. Biotechnol. 91: 127-141.
72. Whitelaw, M.A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi Adv. Agron. 69:99-151.
73. Yamamoto, Y., T. Yoshida., T. Enomoto., and G. Yoshikawa. 1991. Characteristics for the efficiency of spikelet production and the ripening in high-yielding japonica-indica hybrids and semi-dwarf indica rice varieties. Jpn. J. Crop Sci. 60: 365-372.
74. Yanni, Y.G., Rizk, R.Y., Corich, V., Squartini, A., Ninke, K., Philip-Hollingsworth, S., Orgambide, G., de Bruijn, F., Stoltzfus, J., Buckley, D., Schmidt, T.M., Mateos, P.F., Ladha, J.K., Dazzo, F.B. 1997. Natural endophytic association between *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii and rice roots and assessment of its potential to promote rice growth. Plant Soil. 194: 99-114.
75. Yazdani M., M.A. Bahmanyar., H. Pirdashti., and M.A. Esmaili. 2009. Effect of Phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (*Zea mays L.)*. Proc. World Acad. Science, Eng. Technol. 37:90-92.
76. Zaidi, A., and M.S. Khan. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatumon* on green gram - *Bradyrhizobium* symbiosis. Turk. J. Agric. 30:223-230.
77. Zaidi, A., M.S. Khan., and M. Aamil. 2004. Bioassociative effect of rhizospheric microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of greengram. J. Plant Nut. 27: 601–612.