اثر تلقیح کودهای زیستی رایج کشور بر رشد و جذب برخی عناصر غذایی لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در حضور میکروفلور بومی خاک

سعیده انصاری[1]، محمدرضا ساریخانی[2*]، نصرت‌اله نجفی[2]

تاریخ دریافت: 93/8/10 تاریخ پذیرش: 93/12/18

1-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
2- به‌ترتیب استادیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک و دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: rsarikhani@yahoo.com :Email

چکیده

در سال‌های اخیر تولید و استفاده از کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در کشور به‌دلیل اثرهای زیانبار مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره رواج یافته است. بنابراین، مقایسه همزمان کودهای زیستی رایج در کشور با هدف بررسی پاسخ گیاه لوبیا به تلقیح آنها انجام شد. بر همین اساس به منظور بررسی اثرهای چهار کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، بیوسوپرفسفات (هر سه کود محصول شرکت فناوری زیستی مهرآسیا) و فسفاته بارور2 (محصول شرکت زیست‌فناور سبز) بر وزن تر و خشک هوایی، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک کل و سایر پارامترهای کیفی از جمله غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در گیاه لوبیا (رقم محلی)، آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در تابستان سال 1390 انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (بدون تلقیح)، نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، بیوسوپرفسفات و فسفاته بارور2 بود که در چهار تکرار اعمال شد. تلقیح بذور با کودهای زیستی مذکور بر اساس توصیه شرکت سازنده و آبیاری گلدان‌ها نیز به‌صورت یک روز در میان تا رطوبت FC 0/8 انجام شد. نتایج نشان داد که تلقیح گیاه لوبیا با کودهای زیستی فوق، بر وزن تر بخش هوایی، وزن تر کل، وزن خشک ریشه، غلظت نیتروژن بخش هوایی، مقدار پتاسیم بخش هوایی، مقدار جذب فسفر ریشه و همچنین غلظت و مقدار آهن ریشه معنی‌دار بود. کود نیتروکسین باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن بخش هوایی شد (80/76%) و کود فسفاته بارور2 سهم بیشتری در افزایش بیوماس بخش هوایی گیاه داشت (24/5%). این در حالی بود که تیمار کودهای زیستی نیتروژنی (نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس) به لحاظ وزن خشک ریشه، مقدار پتاسیم بخش هوایی و همچنین مقدار جذب فسفر و آهن ریشه تفاوت آماری معنی‌دار با شاهد نداشتند. بر اساس نتایج به دست آمده، وضعیت کود زیستی نیتروکسین نسبت به بقیه کودهای زیستی از نظر تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه مطلوب‌تر بود هر چند از نظر غلظت آهن ریشه دارای میانگین پایین‌تری نسبت به شاهد و سایر کودهای زیستی بود. این در حالی است که بیشترین عملکرد تر در تیمار کود زیستی فسفاته بارور2 به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بیوسوپرفسفات، سوپرنیتروپلاس، فسفاته بارور2، کود زیستی، لوبیا، نیتروکسین

Archive of SID

www.SID.ir

Inoculation Effect of Common Biofertilizers on Growth and Uptake of Some Elements by Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Presence of Soil Indigenous Microflora

Saeedeh Ansari[1], Mohammad Reza Sarikhani[2*], Nosratollah Najafi[2]

Received: November 1, 2014 Accepted: March 9, 2015
1MSc Student of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2Assist. Prof. of Soil Biology and Biotechnology and Assoc. Prof. of Soil Science, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: rsarikhani@yahoo.com

Abstract

In recent years due to the detrimental effects of high application of chemical fertilizers, the production and usage of nitrogen (N) and phosphate (P) biofertilizers have been increased in Iran. Thus, the aim of this study was simultaneously comparing bean plant response to inoculation with common biofertilizers produced in Iran. In order to investigate the effects of four biofertilizers such as Nitroxin, Supernitroplus, Biosuperphosphate (biofertilizers which produced by MehrAsia Biotechnology Company) Barvar2 (products of Green Biotechnology) on shoot fresh and dry weight, fresh and dry weight of root, total fresh and dry weight, and other quality parameters such as nutrient concentrations of N, P, potassium (K) and iron (Fe) in bean (native variety of Azarbayjan), a greenhouse pot experiment in a completely randomized design was conducted in Faculty of Agriculture, University of Tabriz in the summer of 2011.Treatments included control (without inoculation), Nitroxin, Supernitroplus, Biosuperphosphate and Barvar2 were applied in four replications. Seed inoculation with the biofertilizers was done according to the manufacturer's recommendations. Pots were irrigated with distilled water at 0.8 FC. The results showed that inoculation of bean with biofertilizers had significant effect on fresh weight of shoot, total fresh weight, dry weight of root, shoot N concentration, shoot K uptake, root P uptake and moreover root Fe concentration and content. Nitroxin significantly increased N concentration of shoot (80.76%) and the highest mean of biomass was belonged to Barvar2 (24.5%) while, Nitroxin and Supernitroplus from the point of mean value of root dry weight, the amount of K in shoot and the amount of P and Fe uptake by roots were the same as control (without inoculation treatment). According to the results among biofertilizers best N nutrition of bean was with Nitroxin while lowest root Fe concentration was observed in this treatment. Highest fresh yield was gained with Barvar2.

Keywords: Barvar2, Bean, Biofertilizer, Biosuperphosphate, Nitroxin, Supernitroplus

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

امروزه با توجه به درک اهمیت استفاده از کودهای زیستی در بهبود حاصلخیزی خاک و تولید پایدار محصولات کشاورزی تولید و کاربرد این کودها رواج بیشتری پیدا کرده و بسیاری از کشورهای توسعه یافته اقدام به تولید و مصرف کودهای زیستی نموده‌اند (کنایان 2002). کودهای زیستی، متشکل از باکتری‌ها یا قارچ‌های مفیدی هستند که از طریق روش‌هایی همانند تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات، رهاسازی یون پتاسیم، تأمین آهن و دیگر عناصر به بهبود تغذیه گیاه کمک نموده و علاوه‌بر آن با کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و سایر اثرهای مفید، تحریک رشد گیاه را به دنبال دارند (بی‌نام 2006).

نیتروژن یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و نیاز گیاه به این عنصر بیش از سایر عناصر است. به همین دلیل رایج‌ترین ریزجانداران در تولید کودهای زیستی میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی هوا هستند. همچنین به‌دلیل عدم کارآمدی کودهای شیمیایی فسفری در اثر رسوب به شکل کانی‌های فسفاتی و غیر قابل استفاده بودن آن برای گیاه، میل عموم کشاورزان به استفاده از کودهای زیستی فسفاتی نیز افزایش یافته است. جنس‌های باکتریایی غالب برای تهیه کودهای زیستی نیتروژنی در کشور، جنس‌های *Azospirillum* و *Azotobacter* هستند (ساریخانی و ابراهیمی 1389). این باکتری‌ها در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مقادیری از مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد ریشه نقش مفید و مؤثری دارند (کادر و همکاران 2002). از طرف دیگر، برخی از سویه‌های متعلق به جنس *Azotobacter* قادر به تولید ترکیبات ضد قارچی علیه بیماری‌های گیاهی بوده و همچنین سبب تقویت بنیه جوانه‌زنی گیاهچه شده که در نهایت بهبود رشد پایه گیاهی را به دنبال دارد (چن 2006).

نمونه‌های متنوعی از میکروارگانیسم‌ها قادر به رهاسازی فسفر از منابع رسوب یافته می‌باشند. باکتری‌ها در مقایسه با قارچ‌ها در انحلال فسفات مؤثرترند و جمعیت بالایی را به خود اختصاص می‌دهند (آلام و همکاران 2002). جنس‌ها و گونه‌های متعلق به *Pseudomonas*،*Bacillus*، *Aspergillus* و *Penicillium* در امر انحلال فسفات توانمند محسوب می‌شوند که از میان آن‌ها اکثراً دو جنس *Pseudomonas* و *Bacillus* برای تهیه کودهای زیستی فسفاتی در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازوکارهای عمده‌ای که برای انحلال فسفات معدنی و آلی توسط این گونه باکتری‌ها اعمال می‌شود، شامل تولید و ترشح اسیدهای آلی و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی می‌باشد (ساریخانی و ابراهیمی 1389). از میان دو سازوکار مذکور، سازوکار اول به عنوان مهمترین روش در انحلال و معدنی شدن فسفات‌های خاک توسط میکروارگانیسم‌های خاک محسوب می‌شود. ترشح اسیدهای آلی، اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری و ریزوسفر گیاه را موجب می‌شود. از میان اسیدهای آلی ترشح شده توسط میکروارگانیسم‌ها اسیدگلوکونیک مهمترین عامل در انحلال فسفات‌های معدنی نامحلول می‌باشد (ایلمر و اسکینر 1995).

در پژوهشی که برای بررسی اثربخشی کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) انجام شد، بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی برای گیاه زوفا در تیمار با کود سوپرنیتروپلاس به دست آمد. همچنین در این تحقیق مشخص شد که کود نیتروکسین منجربه افزایش وزن تر اندام هوایی گیاه مذکور به میزان101/4% نسبت به تیمار شاهد شد (کوچکی و همکاران 1387). کاربرد کود زیستی نیتروکسین، *Pseudomonas fluorescence* و تیمار ترکیبی کود نیتروکسین، قارچ میکوریز و

Archive of SID

www.SID.ir

Pseudomonas fluorescence موجب افزایش معنی-دار وزن تر و وزن خشک اندام هوایی گیاه دارویی زوفا طی دو سال آزمایش شد به‌طوری که در سال دوم 160/1% و 169/5% افزایش به ترتیب در وزن تر و وزن خشک اندام هوایی مشاهده گردید (کوچکی و همکاران 1387). کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی (نیتروکسین حاوی گونه‌های *Azospirillum*، *Azotobacter* و بیوفسفات شامل گونه‌های*Bacillus*) در گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) علاوه برتأثیر معنی‌دار بر صفات کمی و کیفی گیاه، با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش کم‌آبیاری نقش مفیدی در کاهش خسارات شرایط تنش‌زا داشت (کرمی و همکاران 1390). محمدورزی و همکاران (1389) اظهار داشتند که استفاده تلفیقی از باکتری‌های محرک رشد (نیتروکسین و بیوفسفر) به همراه کودهای نیتروژنی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی منجربه افزایش نیتروژن و فسفر دانه آفتابگردان نسبت به تیمار بدون تلقیح باکتری شد.

استفاده از این نوع کودها نیازمند داشتن کارایی و کیفیت بالای محصولات زیستی تولید شده توسط شرکت‌ها و کارخانجات سازنده می‌باشد. بر این اساس کنترل کیفی این نوع کودها امری ضروری به‌نظر می-رسد که در این راستا آزمایشات گلدانی که همراه با تلقیح این نوع کودها است، جزئی از موارد کنترل کیفی کودهای مذکور می‌باشد (دیکر و همکاران 2011). اغلب آزمایشات گلخانه‌ای در شرایط بستر استریل به انجام می‌رسد که در این حالت از رقابت گونه‌های بومی خاک صرف‌نظر می‌شود. بر این اساس هدف این پژوهش، مطالعه اثرهای تلقیح کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس،بیوسوپرفسفات و بارور2 بر گیاه لوبیا قرمز (پارامترهای فیزیولوژیک و همچنین غلظت و مقدار عناصر غذایی N، P، K و Fe) در شرایط گلخانه‌ای در حضور سویه‌های بومی خاک (خاک غیر استریل) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و سایر صفات از قبیل وضعیت عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در گیاه لوبیا، آزمایشی به‌صورت کشت گلدانی، با پنج تیمار (شاهد بدون تلقیح میکروبی، کودهای زیستی نیتروژنی شامل نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس و کودهای زیستی فسفاتی شامل کودهای فسفاته بارور2 و بیوسوپرفسفات) در 4 تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. قابل ذکر است که کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات به‌صورت مایع بوده و از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه شدند و بر اساس توصیه شرکت سازنده یک لیتر از آن برای یک هکتار زمین زراعی قابل استفاده است. بر اساس وزن خاک مورد استفاده در هر گلدان و تعداد بذرهای کشت شده، از هر کود به میزان 10 میلی‌لیتر برای تلقیح بذور در هر گلدان استفاده شد. کود زیستی بارور2 که به‌صورت جامد می‌باشد از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد و هر بسته 100 گرمی آن برای یک هکتار توصیه می‌شود، برای یکنواختی آزمایش با فرض چگالی 1 گرم بر سانتی‌متر مکعب، ابتدا رقت 10^{-1} از این کود تهیه شد و به میزان 10 میلی‌لیتر برای هر گلدان استفاده شد. جهت تعمیم نتایج به شرایط واقعی، آزمایش در شرایط خاک غیراستریل و با استفاده از بذر ضدعفونی نشده انجام شد.

مشخصات خاک استفاده شده در جدول 1 آورده شده است. بعد از آماده‌سازی بستر کشت گیاه، که از خاک‌های منطقه برای آزمایش استفاده شد و پس از انجام تجزیه خاک، آزمایش گلدانی با استفاده از گلدان-هایی با ظرفیت 2 کیلوگرم خاک انجام شد. کاشت بذرها و تلقیح سوسپانسیون میکروبی مربوط به هر کود

Archive of SID

www.SID.ir

زیستی بر اساس توصیه شرکت‌های سازنده انجام شد. قابل ذکر است که در مورد تیمار شاهد، به همان میزان از محیط استریل شده استفاده شد. پس از جوانه‌زنی بذرهای لوبیا (رقم محلی) تعداد 4 بوته مناسب و یکسان از گیاه در گلدان حفظ و بقیه حذف شدند، آبیاری گلدان-ها با آب مقطر تا حد رطوبت FC 0/8 انجام شد و در پایان دوره رشد پارامترهایی چون وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی، وزن تر و خشک کل گیاه، شاخص کلروفیل برگ، تعداد و وزن گره، غلظت فسفر و پتاسیم در ریشه و بخش هوایی، غلظت نیتروژن بخش هوایی، غلظت آهن و مقدار جذب هر یک از این عناصر توسط گیاه لوبیا سنجیده شد.

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ، برگ‌های بالغ و شاداب از هر گیاه انتخاب و میزان کلروفیل آن با دستگاه کلروفیل‌مترمدل Hansatech CL-01 ساخت کشور انگلستان در دو طول موج 620 و 640 نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت با میانگین گرفتن از داده‌های دستگاه کلروفیل‌متر شاخص کلروفیل برای هر گلدان مشخص شد. برای اندازه‌گیری درصد فسفر، پتاسیم و آهن بافت‌های گیاهی با توزین یک گرم از ماده خشک از روش هضم با اسید نیتریک غلیظ 65% استفاده شد (والینگ و همکاران 1989؛ راوول 1994). برای تعیین غلظت فسفر پس از رقیق ساختن عصاره اصلی از روش اولسن و سامرز (1982) استفاده شد و در نهایت درصد فسفر بافت‌های گیاهی در طول موج 882 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومترمدلPD-303 ساخت شرکتApel ژاپن تعیین شد. برای تعیین پتاسیم بافت‌های گیاهی پس از انجام عمل رقیق‌سازی برای نمونه‌های هضم شده، غلظت این عنصر با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل 410 ساخت شرکت Corning انگلستان قرائت شد (جونز 2001). غلظت عنصر آهن نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدلAA-6300 ساخت شرکت Shimadzu ژاپن در عصاره اصلی تعیین شد (والینگ و همکاران 1989). درصد نیتروژن کل گیاه با دستگاه کجلدال با هضم 0/5 گرم ماده خشک گیاهی تعیین شد (والینگ و همکاران 1989) و در نهایت تأثیر تیمارهای اعمال شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال 1% و 5% انجام شد.

جدول1- برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	pH	EC (dS/m)	P- available (mg/kg)	K- available (mg/kg)	کربنات کلسیم معادل (%)	کربن آلی (%)
لوم‌شنی	7/8	1/2	25/4	372/3	33/71	1/28

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش، کاربرد کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی بر وزن تر بخش هوایی، وزن تر کل، وزن خشک ریشه، درصد نیتروژن و مقدار جذب پتاسیم در بخش هوایی، جذب فسفر ریشه، غلظت و مقدار جذب آهن در ریشه گیاه لوبیا تأثیر معنی‌دار داشت (جدول 2).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی بر بعضی پارامترهای اندازه‌گیری شده در لوبیا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر هوایی	وزن تر کل	وزن خشک ریشه	درصد نیتروژن بخش هوایی	مقدار پتاسیم بخش هوایی	درصد فسفر بخش هوایی	مقدار فسفر بخش هوایی
تیمار کودی	4	201/26 **	215/61*	0/197 **	0/24*	8827/9*	0/02^{ns}	10/33 ^{ns}
خطا	15	26/54	51/75	0/027	0/079	2001/83	0/002	6/96
ضریب تغییرات (%)		10/09	12/42	31/85	38/66	20/78	18/29	19/91

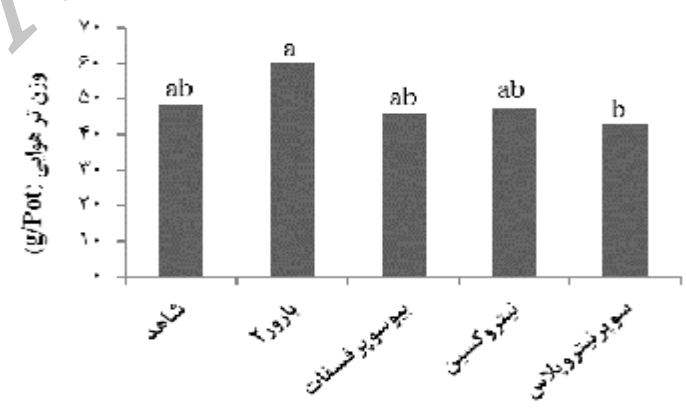
ادامه جدول 2

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار فسفر ریشه	مقدار پتاسیم ریشه	غلظت آهن ریشه	مقدار آهن ریشه	وزن تر گره
تیمار کودی	4	0/07 **	34/12^{ns}	4166/0**	6/66**	0/106^{ns}
خطا	15	0/002	15/21	682/54	0/094	0/219
ضریب تغییرات (%)		18/41	79/9	5/25	28/37	66/73

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5% و 1% می‌باشد.

وزن تر هوایی

وزن تر هوایی گیاه لوبیا تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 2). مطابق شکل 1 وزن تر هوایی برای تیمار کودی فسفاته بارور2 با میانگین 60/21 گرم بیش‌ترین مقدار بود که نسبت به شاهد افزایش 24/52% داشت، گرچه این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. تیمارهای نیتروکسین، بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس به‌ترتیب با میانگین 47/7، 45/5 و 42/9 گرم برای وزن تر هوایی بعد از تیمار شاهد در درجات بعدی قرار داشتند. در بین تیمارهای موجود در آزمایش تنها تیمار کودی سوپرنیتروپلاس کاهش معنی‌داری با تیمار شاهد داشت.



شکل 1- اثر تلقیح کودهای زیستی بر وزن تر اندام هوایی لوبیا

Archive of SID

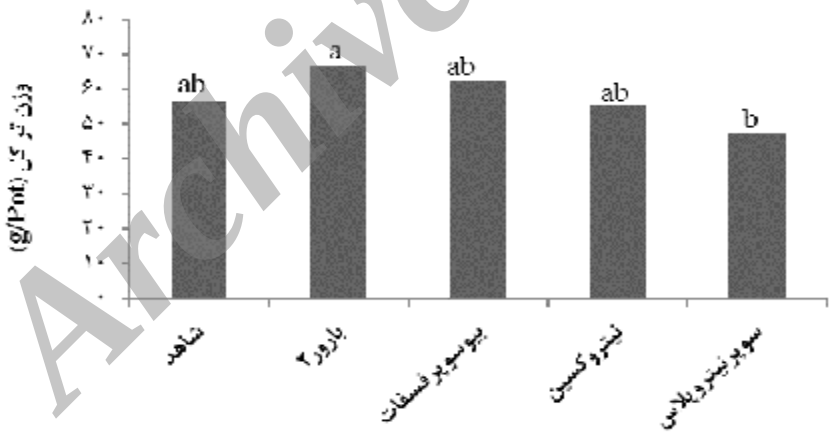
www.SID.ir

توسعه بخش‌های هوایی در گیاه می‌تواند به واسطه برخی ویژگی‌های محرک رشدی کودهای زیستی باشد از جمله افزایش انحلال فسفات نامحلول، افزایش تثبیت نیتروژن و تولید اکسین و متعاقب آن افزایش جذب در ریشه و انتقال به بخش هوایی به واسطه افزایش انشعابات ریشه صورت می‌گیرد (شارما 2002؛ کادر و همکاران 2002).

انصاری و ساریخانی (1392) در بررسی برخی از ویژگی‌های کیفی 4 کود زیستی فوق عنوان داشتند که کود بارور2 دارای قدرت سنتز اکسین و انحلال فسفات معدنی بالاتری نسبت به کودهای دیگر است و این مقادیر به ترتیب (202-230 میلی‌گرم بر لیتر اکسین) و (367/3 میلی‌گرم بر لیتر فسفر) گزارش شد. علاوه‌بر این، نتایج حاصل از شمارش جمعیت میکروبی نشان داد که کود بارور2 با داشتن جمعیت (حدود 10^8 باکتری در هر گرم) می‌تواند کلنیزاسیون موفقی در ریزوسفر گیاه به دنبال داشته باشد و متعاقب آن افزایش ویژگی-های محرک رشد گیاه از آن‌ها مورد انتظار است.

وزن تر کل

وزن تر کل در گیاه لوبیا تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود (جدول 2). وزن تر کل برای تیمار کودی فسفاته بارور2 با میانگین 67/1 گرم، بیش‌ترین مقدار بود و این کود باعث افزایش وزن تر کل این گیاه به میزان 18/3% نسبت به شاهد شد (شکل 2). از نظر وزن تر کل، همه تیمارهای کودی با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف آماری با هم نداشتند و تنها اختلاف معنی‌دار بین تیمار کودی فسفاته بارور2 و سوپرنیتروپلاس مشاهده شد.



شکل 2- اثر تلقیح کودهای زیستی بر وزن تر کل لوبیا

می‌توان این‌طور عنوان نمود که کودهای زیستی فسفاته بارور2 و بیوسوپرفسفات شاید از طریق تولید و سنتز هورمون هایی چون اکسین، جیبرلین و همچنین تولید سیدروفور، تولید و ترشح اسیدهای آلی و افزایش جذب فسفر به واسطه انحلال بیشتر فسفات نامحلول خاک و همچنین افزایش جذب نیتروژن به واسطه اثرهای هم‌افزایی، رشد گیاه را افزایش داده‌اند (کادر و همکاران 2002؛ شارما 2002؛ هان و همکاران 2006).

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه در گیاه لوبیا تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی ازته و فسفاته در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 2). مطابق شکل 3، وزن خشک ریشه برای تیمار شاهد و تیمار نیتروکسین به ترتیب با

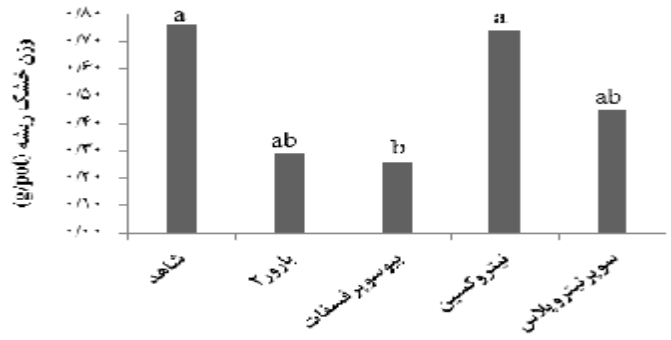
Archive of SID
www.SID.ir

مقادیر میانگین 0/76 و 0/75 گرم بیشترین مقدار بود و از نظر درجه معنی‌داری در یک گروه آماری قرار گرفتند. تیمار بارور2 و تیمار سوپرنیتروپلاس نیز با میانگین وزن خشک 0/29 و 0/45 گرم در یک گروه آماری قرار گرفتند و هیچ اختلاف آماری معنی‌دار با همدیگر نداشتند. تیمار بیوسوپرفسفات با میانگین 0/26 گرم کمترین وزن خشک ریشه را باعث گردید. در یک آزمایش گلخانه‌ای (کشت خیار و فلفل) با استفاده از خاک استریل و فقیر از نظر پتاسیم و فسفر قابل دسترس برای گیاه، با تلقیح همزمان سویه‌های رهاکننده فسفر و پتاسیم، افزایش معنی‌دار در وزن خشک ریشه و وزن خشک بخش هوایی تیمارها نسبت به شاهد حاصل شد (هان و همکاران 2006).

در مطالعات مختلف به نقش هورمون اکسین در ریشه‌زایی اشاره شده است و تولید این نوع هورمون‌ها یکی از ویژگی‌های محرک رشدی گیاه باکتری‌های به کار رفته در کودهای زیستی می‌تواند باشد (دیکر و همکاران 2011). در ارزیابی تولید هورمون IAA توسط کودهای زیستی مذکور مشخص شد که کود نیتروکسین و بارور2 بیشترین میزان تولید اکسین را داشتند (ساریخانی و انصاری 1392). در مورد کود نیتروکسین افزایش بیوماس خشک ریشه را شاید بتوان به این موضوع مربوط دانست اما چرا در مورد کود فسفاته بارور2 چنین نتیجه‌ای حاصل نشده جای تأمل است. شاید یکی از علل عدم موفقیت کودهای زیستی فسفاته بر وزن خشک ریشه در این گیاه، حضور سویه‌های بومی خاک در تیمار شاهد باشد. چرا که به دلیل عدم استریل نمودن خاک حضور میکروفلور بومی خاک را خواهیم داشت.

غلظت نیتروژن بخش هوایی

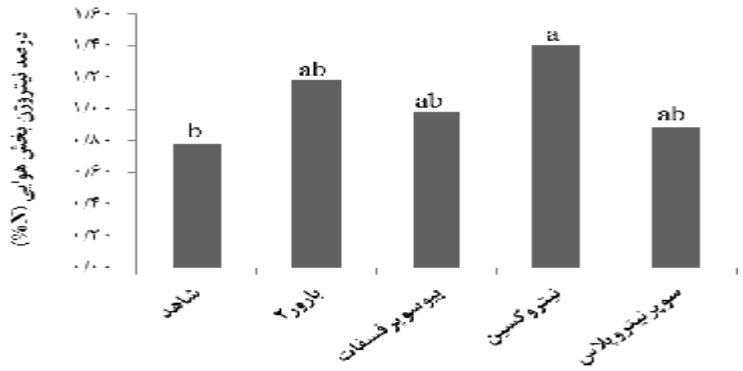
غلظت نیتروژن بخش هوایی لوبیا تحت تاثیر تلقیح کودهای زیستی، در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود. با مقایسات میانگین صورت پذیرفته، مشاهده شد که درصد نیتروژن موجود در گیاهان تحت تیمار کود نیتروکسین (1/405%) نسبت به تیمار شاهد (0/78%) دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد و موجب افزایش درصد نیتروژن بافت‌های گیاهی به میزان 80/76% نسبت به تیمار شاهد شد (شکل 4). تیمار کودی فسفاته بارور2 با میانگین درصد نیتروژن برابر با 1/18 موجب افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی به میزان 51/6% شد، اما این تیمار با شاهد هر دو در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار کودی بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس نیز اگرچه با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار داشتند اما موجب افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی شدند (شکل4).



شکل 3- اثر تلقیح کودهای زیستی بر وزن خشک ریشه لوبیا

Archive of SID

www.SID.ir

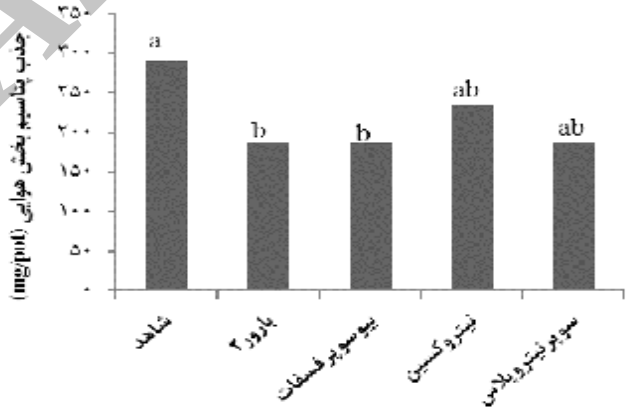


شکل 4- اثر تلقیح کودهای زیستی بر غلظت نیتروژن بخش هوایی لوبیا

دلیل بالا بودن این پارامتر را شاید بتوان به ماهیت سویه‌های مورد استفاده در کود نیتروکسین نسبت داد. این کود دارای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* می‌باشد و تثبیت ازت به شیوه آزادزی و همیار به کمک آنها ممکن است بر درصد نیتروژن بافت گیاهی اثر مثبت گذاشته باشد (رودریگرز و همکاران 2004). همچنین اثر متقابل سینرژیستی بین باکتری های تلقیح شده با باکتریهای بومی خاک به ویژه باکتری های ریزوبیوم همزیست لوبیا که نقش موثری در تثبیت ازت و تغذیه نیتروژنی گیاه میزبان خود دارند، دلیل دیگری بر این افزایش بوده است.

مقدار پتاسیم بخش هوایی

مقدار پتاسیم بخش هوایی در سطح احتمال 5% تحت تأثیر تلقیح 4 کود زیستی قرار گرفت (جدول 2). مقایسه میانگین میزان جذب پتاسیم در بخش هوایی گیاه لوبیا نشان داد که تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای کاربردی با میانگین 289/5 میلی‌گرم در هر گلدان دارای میانگین جذب بالاتری بوده است و با تیمارهای کودی فسفاته بارور2 و بیوسوپرفسفات دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (شکل 5).



شکل 5- اثر تلقیح کودهای زیستی بر مقدار پتاسیم بخش هوایی لوبیا

Archive of SID
www.SID.ir

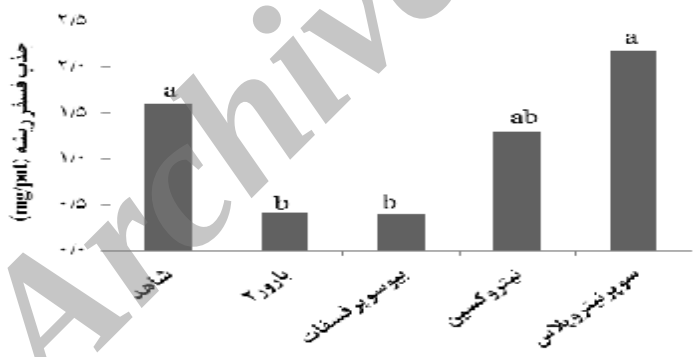
شاید یکی از دلایل عدم اثر بخشی کودهای زیستی مذکور در افزایش غلظت پتاسیم گیاه، بالا بودن حد بحرانی پتاسیم در خاک مذکور و همچنین حضور سویه‌ها و جنس‌های باکتریایی توانمند در امر جذب پتاسیم از مکان‌های تبادلی خاک می‌باشد.

قبادی و همکاران (1390) عنوان کردند کودهای بیولوژیک فسفاته با تامین فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه موجب بهبود شرایط تغذیه در غده‌های سیب‌زمینی شدند که با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مغایرت دارد. همچنین گزارش شده است که تلقیح ذرت با باکتری *Azospirillum* افزایش معنی‌دار مقدار پتاسیم گیاه را در مقایسه با شاهد سبب شده است (بیاری و همکاران 1386).

با در نظر گرفتن همه عوامل و شرایط، زمانی که 4 کود زیستی در شرایط درون شیشه‌ای از نظر آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکا (موسکوویت و بیوتیت) مورد آزمایش قرار گرفتند، فاقد ویژگی رهاسازی پتاسیم از کانی‌های میکا تشخیص داده شدند (انصاری و ساریخانی 1392).

جذب فسفر در ریشه

میزان جذب فسفر ریشه به طور معنی داری در سطح احتمال 1% تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی قرار گرفت. گیاهان تحت تیمار کود سوپرنیتروپلاس دارای بیشترین مقدار جذب فسفر توسط ریشه با میانگین 2/18 میلی‌گرم در هر گلدان بوده و کاربرد این کود موجب افزایش میزان جذب فسفر به میزان 36/25% نسبت به شاهد شد و از این لحاظ دارای اختلاف آماری معنی‌دار با تیمار فسفاته بارور2 و بیوسوپرفسفات بود اما این تیمار با تیمار شاهد و کود نیتروکسین در یک سطح آماری قرار گرفتند (شکل 6).



شکل 6- اثر تلقیح کودهای زیستی بر جذب فسفر ریشه لوبیا

با توجه به حضور باکتری‌های حل‌کننده فسفات در کودهای زیستی فسفاته بارور2 و بیوسوپرفسفات انتظار می‌رفت که تغذیه فسفری مطلوبتری در گیاهان تیمار شده با این کودها مشاهده شود اما شاید شرایط حاکم بر این آزمایش (فسفر قابل دسترس زیاد در خاک مورد استفاده) این انتظار را برآورده نساخته است. اما زمانی‌که همین کودهای زیستی در شرایط آزمایشگاهی در شرایط عدم حضور فسفر محلول و در حضور منبع تری‌کلسیم فسفات نامحلول مورد آزمایش قرار گرفتند بیشترین آزادسازی فسفربرای کودهای بیوسوپرفسفات، بارور2 و سوپرنیتروپلاس به‌ترتیب با مقادیر 408/3، 367/3 و 250 میلی‌گرم فسفر بر لیتر به دست آمد (انصاری و ساریخانی 1392).

نتایجی که از تأثیر کود زیستی فسفاته بارور2 بر محتوای فسفر بخش هوایی در گیاه مریم‌گلی به دست آمد، حاکی از آن بود که افزایش میزان جذب

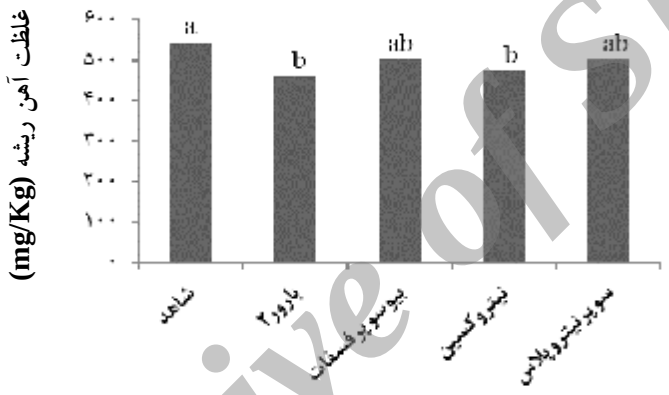
Archive of SID

www.SID.ir

فسفر توسط ریشه گیاهان تیمار شده با کودهای بیولوژیکی فسفاتی به علت افزایش قابلیت دسترسی به فسفر و متعاقب آن بهبود ظرفیت ریشه برای جذب فسفر و انتقال آن به بخش هوایی گیاه می‌باشد (هاشم-آبادی و همکاران 2012).

غلظت آهن ریشه

بین گیاهان لوبیای تحت تیمارهای کود زیستی از نظر غلظت آهن ریشه در سطح احتمال 1% اختلاف معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت آهن موجود در ریشه گیاه لوبیا در تیمار شاهد (543mg/kg) بیشترین مقدار بوده و بین این تیمار با تیمار فسفاته بارور2 (458/9mg/kg) و تیمار کود نیتروکسین اختلاف معنی‌دار از نظر آماری مشاهده شد ولی بین تیمار شاهد با سایر تیمارهای کودی از لحاظ غلظت آهن ریشه گیاه اختلاف آماری معنی‌دار دیده نشد و سه تیمار کودی بیوسوپرفسفات، نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل 7).



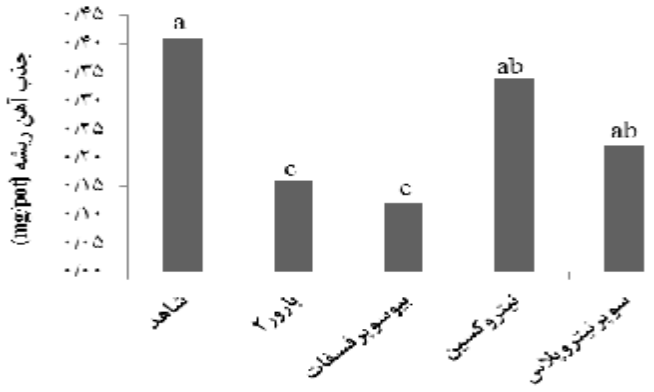
شکل 7- اثر تلقیح کودهای زیستی بر غلظت آهن ریشه لوبیا.

تولید سایدروفورهای گیاهی و میکروبیبه عنوان یکی از سازوکارهای بهبود تغذیه آهن گیاه شناخته شده است. به‌نظر آهن آزاد شده توسط سایدروفور تولیدی در کودهای زیستی برای جذب گیاه در مقایسه با آهن جذب سطحی شده و همچنین آهن موجود در محلول خاک آنقدر ناچیز بوده که تأثیری بر غلظت آهن در گیاه نداشته است.

مقدار آهن ریشه

مقدار جذب آهن ریشه به طور معنی‌داری در سطح احتمال 1% تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی قرار گرفت (جدول 2) میزان جذب آهن ریشه برای تیمار شاهد با میانگین 0/41 میلی‌گرم در هر گلدان بیشترین مقدار بود و گیاهان تحت تیمار کود نیتروکسین با میانگین جذب 0/34 میلی‌گرم در هر گلدان در درجه بعدی قرار داشتند. بین تیمارهای کودی، کود فسفاته باور2 و بیوسوپرفسفات دارای مقدار آهن ریشه کمتری نسبت به شاهد بودند و تفاوت معنی‌داری داشتند (شکل 8). در پژوهشی که توسط رجایی و همکاران (1386) درباره اثرهای محرک رشدی سویه‌های بومی *Azotobacter chroococcum* بر رشد، عملکرد و جذب عناصرغذایی در گندم با جداسازی 14 ایزوله ریزوسفری کارآمد به لحاظ ویژگی‌های محرک رشدی گیاه انجام شد، مشخص شد که کاربرد این سویه‌ها بر غلظت عنصر آهن و همچنین میزان جذب آنها در سطح احتمال 1% معنی‌دار بوده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل 8- اثر تلقیح کودهای زیستی بر مقدار آهن ریشه لوبیا

شاید یکی از دلایل عدم تأثیرگذاری کودهای زیستی مذکور بر میزان آهن گیاه، بالا بودن میزان آهن قابل جذب در خاک مورد استفاده و همچنین حضور جنس‌های ریزوبیومی همزیست و دیگر گونه‌های بومی موجود در ریزوسفر گیاهان شاهد بدون تلقیح میکروبی باشد، که در مقایسه با جنس‌های استفاده شده در کود زیستی مورد استفاده به لحاظ نوع رابطه‌ای که با گیاه دارند در امر تغذیه آهن توسط گیاه توانمندتر بوده‌اند.

نتایجی که از توزین وزن خشک برای ریشه گیاه لوبیا در تلقیح با 4 کود زیستی مذکور به دست آمد، نشان داد که میزان جذب آهن توسط ریشه برای شاهد و تیمار کود نیتروکسین بیشترین است که این خود علتی برای افزایش میزان جذب آهن توسط گیاهان تحت تیمارهای مذکور می‌تواند باشد.

نتیجه‌گیری کلی

جمع‌بندی نتایج آزمایش کودهای زیستی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده گیاه لوبیا را می‌توان به این شکل عنوان نمود که شاید به دلیل حضور سویه‌های بومی خاک و به‌ویژه باکتری ریزوبیوم همزیست با این گیاه، تفاوت محسوسی بین تیمارهای کودی و شاهد مشاهده نشد و به جز غلظت نیتروژن بخش هوایی در سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، تیمار شاهد با کودهای زیستی مورد استفاده در یگ گروه آماری قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، وضعیت کود زیستی نیتروکسین نسبت به بقیه کودهای زیستی از نظر تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه مطلوب‌تر بود هر چند از نظر غلظت آهن ریشه دارای میانگین پایین‌تری نسبت به شاهد و سایر کودهای زیستی بود. این در حالی بود که بیشترین عملکرد تر در تیمار کود زیستی فسفاته بارور2 به دست آمد.

منابع مورد استفاده

انصاری س و ساریخانی م ر، 1392. بررسی برخی از ویژگیهای کیفی کودهای زیستی رایج در کشور. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. 10-8 بهمن، اهواز، ایران.

بیاری آ، غلامی آ و اسدی رحمانی ه، 1386. تولید پایدار و بهبود جذب عناصر غذایی ذرت در عکس‌العمل به تلقیح بذر توسط باکتری‌های محرک رشد. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، 25 و 26 مهرماه 1386، گرگان. صفحه 8.

Archive of SID
www.SID.ir

رجایی س، علیخانی ح و رئیسی ف، 1386. اثر پتانسیل‌های محرک رشد سویه‌های بومی ازتوباکتر کروکوکوم روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 11 (41): 296-285.

کوچکی ع ر، تبریزی ل و قربانی ر، 1387. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، 6 (1): 137-127.

قبادی م، جهان‌بین ش، مطلبی‌فرد ر و پرویزی خ، 1390. تأثیر کودهای زیستی فسفاتی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب-زمینی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 21 (2): 130-118.

ساریخانی م ر و ابراهیمی م، 1389. کودهای زیستی فسفاتی (باکتری‌های حل‌کننده فسفات-قارچهای میکوریز). اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود. 12-10 اسفند، تهران، ایران.

کرمی ا، سپهری ع، حمزه‌ای ج و سلیمی ق، 1390. تأثیر کودهای زیستی فسفر و نیتروژن برصفات کمی و کیفی گیاه دارویی گاو زبان (*Borago officinalis* L.) تحت تنش کمبود آب.مجله فنآوری تولیدات گیاهی، 11 (1): 130-117.

محمدورزی ر، حبیبی د، وزان س و پازکی ع، 1389.بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشدو کود نیتروزن بر کیفیت دانه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، 2 (3): 160-156.

Alam S, Khalil S, Ayub N and Rashid M, 2002. In vitro solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganism (PSM) from maize rhizosphere. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 454-458.

Anonymous. 2006. Biofertilizer Manual, FNCA Biofertilizer Project Group. Japan Atomic Industrial Forum.

Chen J, 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October, 16 – 20. Thailand. Pp 11.

Deaker R, LászlóKecskés M, Timothy Rose M, Amprayn K, Krishnen G, Thi Kim Cuc T, ThuyNga V, Thi Cong P, ThanhHien N and Robert Kennedy I, 2011. Practical methods for the quality control of inoculant biofertilisers. Australian Center for International Agricultur Resaerch.

Han HS, Supanjani E and Lee KD, 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber, Plant Soil Environment, 52 (3): 130–136.

Hashemabadi D, Zaredost F, Barari Ziyabari M, Kaviani B, Jadid Solimandarabi M, Mohammadi Torkashvand A and Zarchini S, 2012. Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features of marigold (*Tagetes erecta* L.). Australian Journal of Crop Science, 6(6): 1101-1109.

Illmer P and Schinner F, 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates solubilization mechanisms. Soil Biology and Biochemistry, 27: 257–263.

Archive of SID

www.SID.ir

Kader MA, 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences, 2: 259-261.

Kannayan S, 2002. Biofertilizers for sustainable crop production in: Biotechnology of Biofertilizers. Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India, 9-49

Jones BJJ, 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.

Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phsphorus. P. 403-430. In: Page et al. (eds.) Methods of soil Analysis. Part Π. 2ed. ASA, SSSA, Madison .WI .USA.

Rodriguez H, Gonzalez T, Goire I and Bashan Y. 2004. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum spp*. Naturwissenschaften. 91: 552-555.

Rowell DL, 1994. Soil Science: Method and Application. Longman Scientific and Technical, Wiley, UK. P. 350.

Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, P. 407.

Waling I, Vark WV, Houba VJG and Van der lee JJ, 1989. Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland.

Archive of SID

www.SID.ir