نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد 24 شماره 4/ زمستان 1393

اثر تلقیح کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی بر ذرت در حضور گونه‌های بومی خاک

سعیده انصاری[1]، محمدرضا ساریخانی[2*]، نصرت‌اله نجفی[3]

تاریخ دریافت: 93/02/13 تاریخ پذیرش: 93/08/06

1-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه تبریز

2- استادیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم خاک، دانشگاه تبریز

3- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه : rsarikhani@yahoo.com

چکیده

در سال‌های اخیر تولید و استفاده از کودهای زیستی رواج یافته است، بنابراین مقایسه همزمان کودهای زیستی رایج در کشور هدف این آزمایش بوده است. بر همین اساس به منظور بررسی اثرات چهار کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، بیوسوپرفسفات و بارور2 بر وزن تر و خشک اندام هوایی، ریشه و کل، و سایر ویژگی‌های کمی از جمله غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در گیاه ذرت (رقم سینگل کراس 704)، آزمایشی گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای مورد استفاده شامل: شاهد (بدون تلقیح)، نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، بیوسوپرفسفات و بارور2 بود. تلقیح بذور با کودهای زیستی مذکور بر اساس توصیه شرکت سازنده و آبیاری گلدان‌ها نیز در رطوبت FC 0/8 انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در گیاه ذرت، بر شاخص کلروفیل برگ، درصد نیتروژن و پتاسیم بخش هوایی، مقدار جذب نیتروژن و پتاسیم بخش هوایی و همچنین غلظت آهن ریشه معنی‌دار بود و دو کود بیوسوپرفسفات و بارور2 باعث افزایش غلظت و مقدار نیتروژن بخش هوایی شدند. این در حالی است که سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات بیشترین سهم را در افزایش غلظت و مقدار پتاسیم بخش هوایی داشتند. هیچ یک از کودهای زیستی نسبت به شاهد اثر افزایشی معنی‌دار بر شاخص کلروفیل برگ و غلظت آهن ریشه نداشتند.

واژه‌های کلیدی: بارور2، بیوسوپرفسفات، سوپرنیتروپلاس، ذرت، کودزیستی، نیتروکسین

Inoculation Effects of Nitrogen and Phosphate Biofertilizers on Corn in Presence of Indigenous Microflore of Soil

Saeedeh Ansari[1], Mohammad Reza Sarikhani[2*], Nosratollah Najafi[3]

Received: May 3, 2014 Accepted: October 28, 2014
[1]MSc Student of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
[2] Assist. Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
[3]Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: rsarikhani@yahoo.com

Abstract

In recent years, the production and application of biofertilizers have been increased. So the main goal of this experiment was the comparison of the common biofertilizers in Iran. Accordingly, in order to investigate the effects of four biofertilizers including Nitroxin, Super nitro plus, Biosuper phosphate and Barvar2 on shoot fresh and dry weight, fresh and dry weight of root, total fresh and dry weight, and other parameters such as concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium and iron in corn (variety Single Cross 704), a pot experiment in greenhouse condition was conducted in completely randomized design with four replications. Treatments included control (non-inoculation), Nitroxin, Super nitro plus, Biosuper phosphate and Barvar2. Seed inoculation with the biofertilizer was done according to the manufacturer's recommendations. Pots were irrigated with distilled water at 0.8 FC. Results showed that inoculation of corn with biofertilizers had significant effect on chlorophyll index, nitrogen and potassium concentration of shoot, shoot uptake of nitrogen and potassium, and moreover iron concentrations of root, and Biosuper phosphate and Barvar2 caused an increase in shoot nitrogen concentration and content while Super nitro plus and Biosuper phosphate had highest increase in potassium concentration and content of shoot. No one of biofertilizers could significantly increase chlorophyll index and Fe concentration of root in comparison with non-inoculated.

Keywords: Barvar2, Biofertilizer, Biosuper Phosphate, Corn, Nitroxin, Super Nitro Plus

مقدمه

امروزه جنبه‌های کاربردی بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک با هدف استفاده از پتانسیل ریزجانداران مفید خاکزی به منظور تولید حداکثر محصول، علاوه بر تاکید بر بهبود کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست، مورد توجه قرار گرفته است. در سال‌های اخیر کودهای زیستی به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش

حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (وئو و همکاران 2005). رایج‌ترین نوع کودهای زیستی مورد استفاده در حال حاضر شامل دو گروه باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و کودهای حاوی ریزجانداران حل‌کننده فسفات می‌باشد (هوسن و همکاران 2007). باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *Azospirillum*، *Azotobacter* و *Pseudomonas* که از مهمترین ریزوباکتری‌های PGPR[1] هستند، رایج‌ترین جنس‌های باکتریایی استفاده شده در تولید کودهای زیستی می‌باشند (هوسن و همکاران 2007 و وسی 2003). حضور باکتری‌های محرک رشد در ریزوسفر گیاه از نظر تأمین عناصر ضروری گیاه به خصوص نیتروژن و فسفر اهمیت زیادی دارد. نیتروژن به دلیل شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، آمینو اسیدها، کوآنزیم‌ها، فلاووپروتئین‌ها و کلروفیل، مهمترین عنصر ضروری برای رشد گیاه است (بی‌نام 2006). نیاز فراوان گیاهان به این عنصر، بالا بودن مقدار آن را در خاک ایجاب می‌کند تا نیاز گیاه تأمین شود.

تحقیقات گوناگون حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی از جمله ذرت است. نتایج مطالعه شاهرونا و همکاران (2006) نشان داد که استفاده از باکتری‌های جنس *Pseudomonas* سبب افزایش 22/5 درصدی وزن خشک ذرت در شرایط گلخانه‌ای شد. همین پژوهشگران گزارش کردند در شرایط مزرعه‌ای کاربرد تلفیقی باکتری‌های مذکور همراه با کود شیمیایی نیتروژن تأثیر این باکتری‌ها را به طور قابل توجهی افزایش داد و تولید ماده خشک را نسبت به شاهد 58 درصد افزایش داد.

همچنین گزارش شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی داشته است (اسماعیلی و همکاران 2009). هوفلیچ و همکاران (1994) در آزمایشات مزرعه‌ای افزایش معنی‌دار غلظت فسفر و نیتروژن ساقه ذرت، وزن خشک ساقه و همچنین افزایش 7-8 درصدی عملکرد دانه ذرت، گندم بهاره و جوی بهاره را در تلقیح با باکتری *Rhizobium leguminosarum bv. Trifolii* گزارش کرده‌اند.

در سال‌های اخیر استفاده از کودهای زیستی با اقبال بیشتری روبرو بوده و جایگاه خود را در کشاورزی پایدار پیدا کرده‌است. در حال حاضر کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در بخش کشاورزی دارای بیشترین موارد استفاده می‌باشند. از جمله کودهای زیستی نیتروژنی مورد استفاده در کشور می‌توان به کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس اشاره کرد و از کودهای زیستی فسفاتی نیز می‌توان کود زیستی بارور2 و بیوسوپرفسفات را نام برد (انصاری و ساریخانی 1392).

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 به نظر می‌رسد که در این راستا آزمایش‌های گلدانی که همراه با تلقیح این نوع کودها ست، جزئی از موارد کنترل کیفی کودهای مذکور می‌باشد (دیکر و همکاران 2011). اغلب آزمایش‌های 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 اثرات تلقیح کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، بیوسوپرفسفات و بارور2 بر پارامترهای فیزیولوژیک و همچنین غلظت و مقدار عناصر غذایی N، P، K و Fe گیاه ذرت رقم سینگل کراس 704 در شرایط گلخانه‌ای در حضور سویه‌های بومی خاک (خاک غیراستریل) می‌باشد.

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و سایر صفات از قبیل وضعیت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در گیاه ذرت، آزمایشی به صورت گلدانی، با پنج تیمار شامل شاهد بدون تلقیح میکروبی، کودهای زیستی نیتروژنی شامل نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس و کودهای زیستی فسفاتی شامل کودهای بارور2 و بیوسوپرفسفات در 4 تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. قابل ذکر است که کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات به صورت 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 به صورت 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 پذیرفت. لازم به ذکر است که قبل از استفاده کودهای زیستی، شمارش جمعیت میکروبی آنها بعد از تهیه سری‌های رقت در محیط کشت LB انجام گرفت و کودهای زیستی بارور2، سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین و بیوسوپرفسفات به‌ترتیب دارای جمعیت میکروبی $2/9\times10^{8}$، $1/3\times10^{8}$، $3/2\times10^{7}$ و $7/2\times10^{6}$ کلنی در هر میلی‌لیتر کود بودند.

مشخصات خاک 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 گلدان‌هایی با ظرفیت 2 کیلوگرم خاک در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در تابستان سال 1390 به اجرا درآمد. کاشت بذرها و تلقیح سوسپانسیون میکروبی مربوط به هر کود زیستی بر اساس توصیه شرکت‌های سازنده انجام گرفت. قابل ذکر است که در مورد تیمار شاهد، به همان میزان از محیط استریل شده استفاده شد. پس از جوانه-زنی بذرهای ذرت (رقم سینگل‌کراس 704) تعداد 4 بوته هم‌اندازه و یکسان از گیاه در گلدان حفظ و بقیه حذف شدند. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر تا حد رطوبت 0/8FC از طریق توزین انجام شد و در پایان دوره رشد گیاه (بعد از گذشت 4 ماه) پارامترهایی چون وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی، وزن تر و خشک کل گیاه و شاخص کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد و نیز 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 ذرت تعیین شد.

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل، برگ‌های جوان شاداب از هر گیاه انتخاب و میزان کلروفیل آن با دستگاه کلروفیل‌متر (مدل Hansatech CL-01، ساخت انگلستان) در دو طول موج 620 و 640 نانومتر اندازه-گیری شد. برای این مورد از کاتالوگ راهنمای شرکت سازنده بهره برده شد. در نهایت با میانگین گرفتن از داده‌های دستگاه کلروفیل‌متر شاخص کلروفیل برای هر گلدان مشخص شد. برای اندازه‌گیری غلظت فسفر، پتاسیم و آهن بافت‌های گیاهی با توزین یک گرم از ماده خشک از روش هضم با اسیدنیتریک غلیظ 65% استفاده شد (والینگ و همکاران 1989 و 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 470 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل PD-303، ساخت شرکت اپل 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 مدل AA-6300، ساخت شرکت ژاپن در عصاره اصلی تعین شد (والینگ و همکاران 1989). غلظت نیتروژن کل گیاه با دستگاه کجلدال بر اساس هضم 0/5 گرم ماده‌ی خشک گیاهی صورت گرفت (والینگ و همکاران 1989) و در نهایت تأثیر تیمارهای اعمال شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزارهای MSTATC و Excel انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال 1% و 5% انجام شد.

جدول 1- برخی از مشخصات فیزیکی وشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)	کربنات کلسیم معادل (درصد)	کربن آلی (درصد)
لوم‌شنی	7/8	1/2	25/4	372/3	33/71	1/28

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش (جدول 2)، کاربرد کودهای زیستی در گیاه ذرت رقم سینگل‌کراس 704، بر شاخص کلروفیل برگ، درصد نیتروژن و پتاسیم بخش هوایی، مقدار جذب نیتروژن و پتاسیم بخش هوایی و همچنین غلظت آهن ریشه معنی‌دار شد.

جدول2- تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر بعضی پارامترهای گیاهی ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		غلظت نیتروژن بخش هوایی	مقدار نیتروژن بخش هوایی	غلظت پتاسیم بخش هوایی	مقدار پتاسیم بخش هوایی	شاخص کلروفیل	وزن تر هوایی
تیمار کودی	4	0/167**	1342/84**	4/53**	24062/34**	6/97**	144/32ns
خطا	15	0/01	82/81	0/417	2828/41	0/98	41/86
ضریب تغییرات (%)		15/14	19/29	32/86	27/88	24/9	12/5
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک هوایی	غلظت آهن ریشه	مقدار آهن ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر کل	وزن خشک کل
تیمار کودی	4	0/11ns	7901/5**	0/218ns	0/2ns	24/7ns	1/021ns
خطا	15	1/325	1469/17	0/110	0/25	59/58	0/819
ضریب تغییرات (%)		18/26	4/85	20/83	23/21	10/17	10/22

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

شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل گیاه ذرت تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود. مطابق شکل 1 شاخص کلروفیل برای تیمار بارور2 و بیوسوپرفسفات هر دو با میانگین 4/9 بالاترین مقدار بود که از لحاظ آماری، درصد تأثیرگذاری آنها بر شاخص کلروفیل در یک سطح بود. علاوه بر این کود سوپرنیتروپلاس با میانگین 4/2 بعد از این دو کود قرار

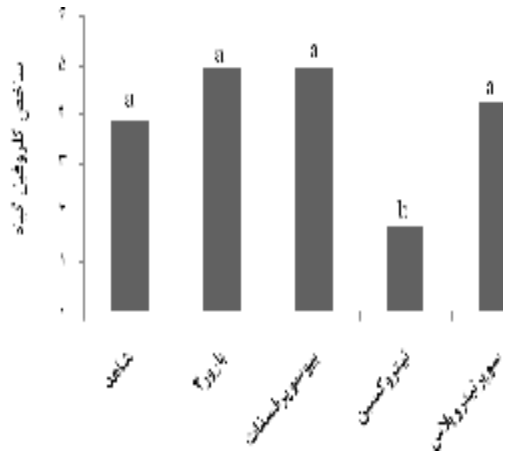
گرفت ولی از لحاظ آماری با شاخص کلروفیل در تیمار شاهد هیچ تفاوت و اختلاف معنی‌داری نداشت.

اگرچه انتظار بر این بود که کود نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تأثیر معنی‌دار بر شاخص کلروفیل برگ داشته باشد اما به دلیل شرایط حاکم بر این آزمایش که خاک غیراستریل برای آن استفاده شد (حضور قارچ‌های همزیست و سویه‌های بومی که احتمال بروز اثر متقابل بین میکروارگانیسم‌های خاک و جنس‌های باکتریایی در کود زیستی را افزایش می‌دهد)، دامنه تأثیرگذاری کودهای زیستی فوق کاهش پیدا کرده است. قابل ذکر است که بر اساس ادعای شرکت سازنده از باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* که از تثبیت‌کنندگان نیتروژن می‌باشند در کود نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس استفاده شده است و انتظار بر آن است که در تأمین و فراهمی نیتروژن برای گیاه میزبان موثر واقع شوند و به دنبال آن شاخص کلروفیل بهبود پیدا کند.

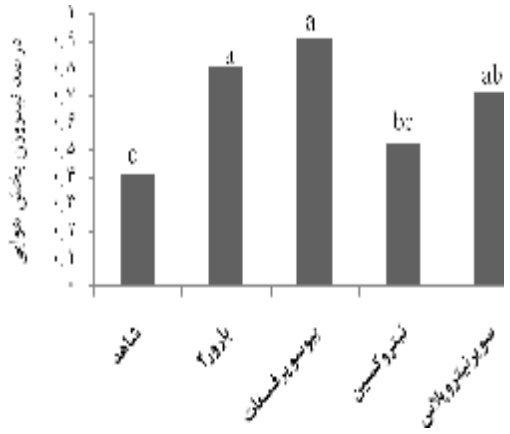
غلظت و مقدار نیتروژن بخش هوایی

غلظت نیتروژن بخش هوایی در گیاه ذرت تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌دار نشان داد. مطابق شکل 2، درصد نیتروژن برای تیمار بیوسوپرفسفات و بارور2 به‌ترتیب با مقادیر 0/91% و 0/81% بیشترین مقدار بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش 121/2 و 97/56 درصدی در مقدار نیتروژن داشتند. کود سوپرنیتروپلاس با افزایش 73/17 درصدی نیتروژن بافت گیاهی، نسبت به شاهد در رده سوم قرار گرفت. مقدار جذب نیتروژن بخش هوایی گیاه ذرت تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 2). مقدار جذب نیتروژن برای تیمار بیوسوپرفسفات بیشترین مقدار (69/59 mg/pot) بود و بعد از آن تیمار بارور2 و سوپرنیتروپلاس به‌ترتیب با مقادیر mg/pot 61/35 و 45/51 در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل 3). سه تیمار مذکور منجر به افزایش مقدار جذب نیتروژن به‌ترتیب با درصدهای 166/3%، 134/7% و 74/1% نسبت به شاهد شدند.

آن‌گونه که در شکل‌های 2 و 3 ملاحظه می‌شود روند مشابه افزایش درصد و مقدار نیتروژن بخش هوایی گیاه با کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با شاهد دیده می‌شود، اما این افزایش در کودهای زیستی بیوسوپرفسفات و بارور2 بیشتر است. بیاری و همکاران (1383) گزارش کردند که تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*) سبب افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن و فسفر در مقایسه با شاهد شد. آنان بیان داشتند که نتایج به دست آمده می‌تواند ناشی از اثر کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن باشد که با تولید مقادیر مناسب مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین ظرفیت ریشه‌زایی گیاه و جذب مواد غذایی از خاک را بهبود بخشیده و در نتیجه میزان نیتروژن و فسفر را افزایش داده است.



شکل 1- اثر تلقیح کودهای زیستی بر شاخص کلروفیل (حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.)



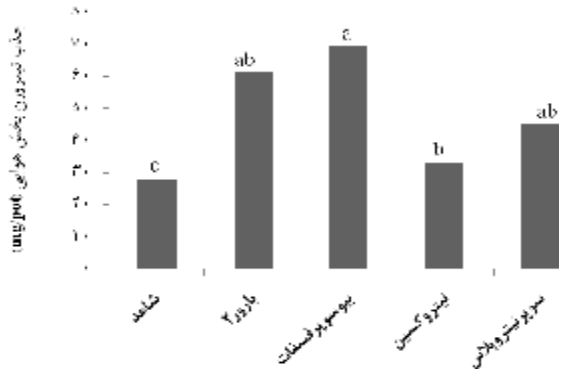
شکل 2- اثر تلقیح کودهای زیستی بر درصد نیتروژن بخش هوایی (حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

به نظر می‌رسد کود زیستی بارور2 و بیوسوپرفسفات با دارا بودن باکتری‌های محرک رشد گیاه از جنس‌های *Pseudomonas* و *Bacillus* از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید هورمون‌های گیاهی، انحلال فسفات و دیگر اثرات مثبت به توسعه و رشد بهتر گیاه و جذب نیتروژن کمک می‌کند (عبدالجلیل و همکاران 2007). به صورتی که انصاری و ساریخانی (1392) در بررسی ویژگی‌های PGPRای این کودها در شرایط آزمایشگاهی مقادیر حل‌کنندگی فسفات از منبع تری‌کلسیم فسفات را برای دو کود بیوسوپرفسفات و بارور2 به‌ترتیب 408/3 و 367/3 میلی‌گرم بر لیتر گزارش نمودند، همچنین کود بارور2 از نظر تولید اکسین دارای بیشترین مقدار اکسین تولیدی در حضور و عدم حضور تریپتوفان (به‌ترتیب با مقادیر 230/6 و 201/9 میلی‌گرم در لیتر) بود. این ویژگی‌ها باعث می‌شود تا کود زیستی نقش بیشتری در توسعه بخش-های هوایی به واسطه افزایش انشعابات ریشه و متعاقب آن افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی داشته باشد.

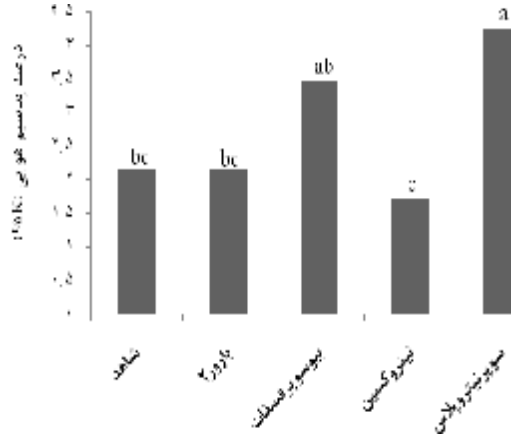
غلظت و مقدار پتاسیم بخش هوایی

غلظت و مقدار پتاسیم موجود در بخش هوایی گیاه ذرت تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 2). مطابق شکل 4 تیمار کود سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات به‌ترتیب با میانگین درصد پتاسیم برابر با 4/26 و 3/46، بیشترین میزان پتاسیم را داشتند و موجب افزایش درصد پتاسیم گیاه ذرت به‌ترتیب به میزان 99/06% و 61/82% نسبت به شاهد شدند. تیمار کود نیتروکسین با میانگین 1/73 درصد برای پتاسیم کمترین مقدار را دارا بود. مقدار جذب پتاسیم نیز مطابق شکل 5 ابتدا در تیمار کودی سوپرنیتروپلاس و سپس بیوسوپرفسفات بیشترین مقدار شد که مقدار جذب هر کدام از این تیمارها نسبت به شاهد 105/87% و 95% افزایش نشان داد. روند تغییرات جذب و مقدار پتاسیم در بخش هوایی گیاه ذرت مشابه هم است و مقدار جذب پتاسیم تیمار کودی بارور2 نیز اگرچه از لحاظ آماری با تیمار شاهد هیچ تفاوتی نداشت اما نسبت به شاهد افزایش جذب نشان داد.

هان و همکاران (2006) بیان کردند که استفاده از مایه تلقیح حاوی سویه‌های رهاکننده پتاسیم (*Bacillus mucilaginosus*) در خاک‌های با عدم وجود فسفر و پتاسیم کافی، فراهمی پتاسیم قابل دسترس را برای سبزی‌ها فلفل و خیار به طور معنی-داری افزایش داد (به میزان 31% نسبت به شاهد).



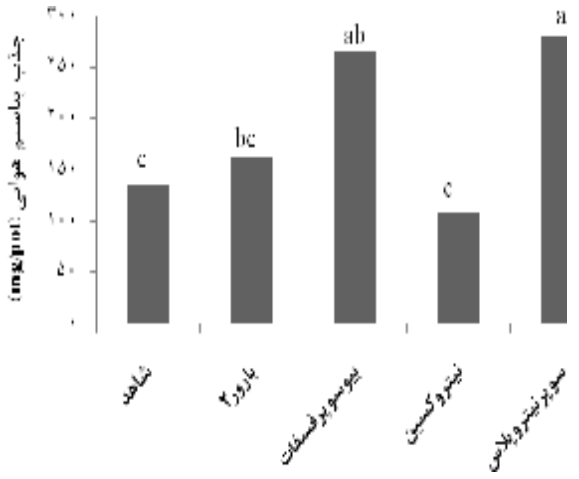
شکل 3- اثر تلقیح کودهای زیستی بر مقدار نیتروژن بخش هوایی



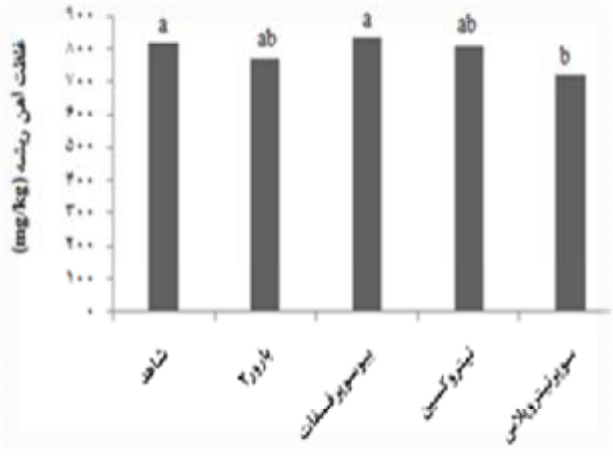
شکل 4- اثر تلقیح کودهای زیستی بر درصد پتاسیم بخش هوایی

انصاری و ساریخانی (1392) در بررسی قدرت رهاکنندگی پتاسیم از کانی‌های مسکوویت و بیوتیت در شرایط درون شیشه‌ای، عنوان داشتند که هر چهار کود زیستی مورد استفاده در این تحقیق فاقد اثر معنی‌دار بر رهاسازی پتاسیم بودند. این در حالی است که وقتی سویه P13 بکاربرده شده در کود زیستی بارور2 به تنهایی مورد ارزیابی قرار گرفت قادر به آزادسازی پتاسیم به مقدار 6/5 mg/g بود و در مقایسه با شاهد باعث افزایش 27/24% شد، اما سویه P5 با نمونه شاهد تفاوتی را نشان نداد (ساریخانی و همکاران 2013).

به نظر می‌رسد نوع پاسخ دریافتی از تلقیح میکروبی متأثر از شرایط انجام آزمایش است و استفاده از بارور2 و نیتروکسین در تأمین پتاسیم گیاه موثر واقع نشده‌اند.



شکل 5- اثر تلقیح کودهای زیستی بر مقدار جذب پتاسیم بخش



شکل 6- اثر تلقیح کودهای زیستی بر غلظت آهن ریشه هوایی

ساندرا و همکاران (2002) گزارش کرده‌اند که کودهای زیستی به ویژه باکتری‌های حل‌کننده فسفات، از طریق تولید انواع اسیدهای آلی از قبیل اسیدهای سیتریک، گلوتامیک، لاکتیک وغیره pH خاک را کاهش می‌دهند. کاهش pH خاک در اثر کاربرد کودهای زیستی بیانگر این واقعیت است که اسیدی شدن خاک توسط اسیدهای آلی ممکن است علت اصلی دسترسی بیشتر به عناصری از قبیل فسفر و پتاسیم تثبیت شده باشد. در نتیجه می‌توان افزایش دسترسی فسفر و پتاسیم برای گیاه را به کاهش pH خاک نسبت داد.

غلظت آهن ریشه

غلظت آهن ریشه ذرت تحت تأثیر تلقیح کودهای زیستی در سطح احتمال 1% اختلاف معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت آهن در ریشه گیاه ذرت در تیمار بیوسوپرفسفات (832/7 mg/kg) بیشترین مقدار بوده و تیمارهای بارور2 و نیتروکسین با وجود غلظت آهن ریشه کمتر نسبت به شاهد هیچ تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند (شکل 6).

شاید یکی از دلایل عدم تأثیر گذاری کودهای زیستی مذکور بر میزان آهن گیاه، بالا بودن میزان آهن قابل جذب در خاک مورد استفاده و ناکارا بودن کودهای زیستی و سویه‌های مورد استفاده برای افزایش فراهمی آهن و بالا بردن کیفیت تغذیه این عنصر در گیاه باشد. این در حالی است که رجایی و همکاران (1386) اثر سویه‌های مختلف *Azotobacter chroococcum* را بر غلظت و مقدار عنصر آهن در گندم معنی‌دار گزارش کرده‌اند. در برخی از منابع تولید سایدروفور توسط میکروارگانیسم‌ها را در تأمین آهن برای گیاه میزبان موثر می‌دانند، بررسی تولید سایدروفور در 4 کود زیستی مورد آزمایش نشان داد که به جز کود زیستی بارور2 بقیه کودها قادر به ایجاد هاله نارنجی/زرد در محیط CAS-Agar بودند (انصاری و ساریخانی 1392).

نتیجه‌گیری کلی

جمع‌بندی نتایج آزمایش اثر کودهای زیستی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده گیاه ذرت نشان داد که با توجه به اینکه ذرت یک گیاه غیرلگوم و غیربهره‌مند از همزیستی ریزوبیومی است، کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری از نظر برخی خصوصیات مورد اندازه‌گیری به همراه داشته است. تلقیح کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه، کلنیزاسیون این باکتری‌ها را در ریزوسفر گیاه به دنبال داشته و سبب افزایش برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شد. به عنوان نمونه در تأمین نیتروژن گیاه کودهای زیستی بیوسوپرفسفات و بارور2 یا در تأمین پتاسیم کودهای بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس موثر بوده‌اند. البته بایستی عنوان نمود که در شاخص کلروفیل برگ و غلظت آهن ریشه، کودهای زیستی با نمونه شاهد در یک گروه آماری قرار داشتند. در مطالعاتی که انجام می‌گیرد رسیدن به یک تیمار خاص یا ترکیب تیماری برای استفاده در شرایط مختلف، مطلوب محققان می‌باشد اما همانطور که در این تحقیق ملاحظه شد شرایط انجام آزمایش اعم از نوع خاک، گیاه و سایر عوامل جواب‌های متفاوتی را به‌دنبال دارند به‌صورتی‌که در برخی مواقع توصیه یک تیمار خاص را در شرایط متنوع سخت می‌نماید .

منابع مورد استفاده

انصاری س، 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.

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.

Abdul-Jaleel C, Manivannan P, Sankar B, Kishorekumar A, Gopi R, Somasundaram R and Panneerselvam R, 2007. *Pseudomonas fluorescence* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces, Biointerfaces, 60: 7- 11.

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

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

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

Höflich G, Wiehe W, Kühn G, 1994. Plant growth stimulation with symbiotic and associative rhizoshpere microorganisms. Experientia, 50: 897-90.

Esmaeili MA, Ahmadinia H, Ranjbar GA and Yasari E, 2009. A consideration of optimum method for application of phosphorous bacterial in potato (*Solanum tuberosum* L.) culture in Isfahan region of Iran. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(3): 2914-2918.

Husen E, Simanungkalit RD, Saraswati R and Irawan, 2007. Characterization and quality assessment of Indonesian commercial biofertilizers. Indonesian Journal of Agriculture Science, 8(1): 31-38.

Jones B, 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis, CRC Press, USA.

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

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

Sandra B, Natarajan V and Hari K, 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane sugar yields. Field Crops Research, 77: 43-49.

Sarikhani MR, Ebrahimi M, Oustan Sh, Aliasgharzad N. 2013. Application of potassium solubilizing bacteria a promising approach in sustainable agriculture - Increasing of potassium releasing from k-containing minerals in presence of insoluble phosphate. The 1st International Conference on Environmental Crises and its Solutions. 13-14 Ferruary. Islamic Azad University, Khozestan, Kish, Iran.

Shaharoona B, Arshad M, Zahir AZ, and Khalid A, 2006. Performance *of Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry, 38: 2971–2975.

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

Wu SC, Caob ZH , Lib ZG, Cheunga KC and Wong MH, 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125: 155–166.

Vessy K, 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. Plant and Soil, 255: 571-586.