بهبود تغذیه پتاسیمی گیاه ذرت در نتیجه مایه‌زنی با باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر*

مهدیه لیلاسی مرند[۱]، محمدرضا ساریخانی[۲*]، علی طلوعی داراب[۱]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
rsarikhani@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت عنصر پتاسیم و نیاز فراوان گیاهان به این عنصر، پرداختن به راهکار زیستی و تأمین آن به وسیله میکروارگانیسم‌های خاک ضروری است. بر این اساس این آزمایش به منظور مشخص کردن توان تعدادی از جدایه‌های میکروبی متعلق به جنس‌های *باسیلوس*، *سودوموناس*، *انتروباکتر و ازتوباکتر* در تأمین پتاسیم گیاه ذرت انجام گرفت. این آزمایش با ۸ جدایه باکتری، تیمارهای کودی (بر اساس آزمون خاک برابر با ۵۰٪ و ۱۰۰٪ توصیه کودی) و تیمار شاهد منفی (بدون تلقیح و بدون کود) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایش در سطح احتمال ۱٪ تفاوت وجود دارد و برخی از تیمارهای باکتری برتری نسبی به تیمار کنترل کودی دارند. بیش‌ترین مقدار پتاسیم کل (۱۵۸۲ mg/plant) در تیمار باکتری *Pseudomonas* sp. Az-48 به دست آمد. حتی با وجود تأمین بهینه سایر عناصر در آزمایش، تیمارها از نظر غلظت و مقدار نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌دار داشته و باکتری‌ها در جذب این عناصر موثر واقع شدند.

واژه های کلیدی: پتاسیم، جدایه باکتری، ذرت

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر غذایی ضروری پرمصرف گیاهان می‌باشد، مهم‌ترین منابع پتاسیم در خاک‌های معدنی آلومینوسیلیکات‌های اولیه شامل فلدسپارها و میکاها می‌باشند. پتاسیم هم‌چنین در ایلایت و ورمی‌کولایت نیز وجود دارد (Surapaneni et al., 2002). میکرواورگانیسم‌ها نقش مهمی را در تغییر و تبدیل مواد از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس برای گیاهان ایفا می‌کنند. به طوری‌که به واسطه فعالیت آن‌ها مقدار مواد در دسترس و مغذی در خاک افزایش یافته و سبب افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود (Keshavarz et al., 2013). در تحقیقات سال‌های اخیر توجه به باکتری‌ها و قارچ‌های آزادکننده پتاسیم به دلیل اهمیت تأمین پتاسیم برای گیاهان به شیوه زیستی بیشتر به چشم می‌خورد. به صورتی که Hu et al. (2006) دو سویه (KNP414 و KNP413) از باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم را از خاک جداسازی کردند. این دو سویه به طور معنی‌داری قادر به آزادسازی پتاسیم از کانی پتاسیم‌دار موجود در محیط کشت الکساندروف بودند. این سویه‌ها متعلق به باکتری *B. mucilaginosus* بودند و سویه KNP414 در آزادسازی پتاسیم مؤثرتر بود. Sugumaran and Janarthanam (2007) باکتری‌های آزادکننده پتاسیم را از خاک جدا کرده و تأثیر آن‌ها بر آزادسازی پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار موجود در خاک و هم‌چنین رشد گیاه بادام زمینی مورد مطالعه قرار دادند و مقدار فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک به طور چشم‌گیری افزایش یافت. Sheng (2005) با اضافه کردن باکتری *Bacillus edaficus* به خاک پنبه و کلزا در یک آزمایش گلدانی به ترتیب افزایش ۱۹ تا ۲۴ درصد و ۱۹ تا ۲۱ درصد در وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده کرد. هم‌چنین غلظت پتاسیم در پنبه ۳۱ تا ۳۴ درصد و کلزا ۲۸ تا ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. کشاورز زرجانی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که اثر تلقیح شش سویه (یک سویه *Lysinibacillus fusiformis* و ۵ سویه از *Bacillus megaterium*) مد نظر بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. بیش‌ترین غلظت و مقدار پتاسیم بخش هوایی و ریشه مربوط به تیمار کود پتاسیم بود که با بقیه تیمارها دارای تفاوت معنی‌دار بود و نسبت به شاهد به ترتیب ۶۹/۸۸ و ۸۸/۰۶ درصد افزایش نشان داد.

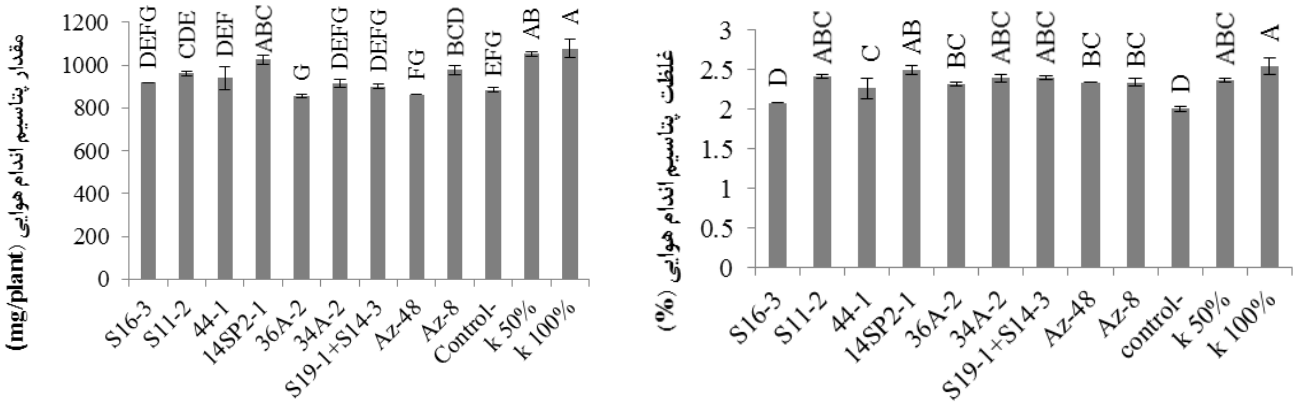
با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و لزوم استفاده از روش‌های زیستی در تأمین نیازهای غذایی گیاهان این مطالعه به علت وجود پتاسیم در خاک و به علت غیرقابل دسترس بودن بخش اعظم پتاسیم موجود برای گیاه انجام گرفت تا اثر چند گونه میکروبی را بر آزادسازی پتاسیم و به عبارتی تأمین این عنصر حیاتی برای گیاه ذرت بررسی کرده و مقایسه‌ای بین کودهای شیمیایی با باکتری‌ها باشد. جدایه‌های باکتریایی مورد استفاده قبلاً از نظر تأمین‌کنندگی پتاسیم مورد آزمون قرار نگرفته بودند. پس در صورت موفقیت جدایه‌ای از آزمایش می‌توان آن را برای انجام آزمایشات بعدی پیشنهاد نمود و گامی در جهت توسعه روش‌های تغذیه زیستی برداشت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۸ جدایه باکتریایی مختلف مورد استفاده قرار گرفت که شامل *Enterobacter* sp. S16-3، *Bacillus* S11-2، sp. 44-1، *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1، 36A-2L، *Pseudomonas* sp. 34A-2، S19-1+S14-3 *Pseudomonas* Az-48 و *Enterobacter* sp. Az-8 می‌باشد. باکتری‌های فوق طی مطالعات متفاوت جداسازی شده‌اند و شامل جنس‌ها و گونه‌های متفاوتی می‌باشند. لازم به ذکر است جدایه‌های S19-1+S14-3 باکتری‌های متعلق به جنس *سودوموناس* مورد استفاده در کود زیستی پتابارور (محصول شرکت زیست‌فناور سبز)، جدایه 1-44 از بانک میکروبی دانشگاه گرگان و بقیه جدایه‌ها متعلق به بانک میکروبی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز می‌باشند. سوسپانسیون میکروبی از کشت شبانه جدایه‌ها در ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت NB تهیه و به ۱۰ گرم حامل باگاس و پرلیت (۱:۱)که رطوبت اولیه ۱۵٪ داشته و قبلاً استریل شده بود، اضافه شد. جهت کشت بذور ذرت، ابتدا بذرها به حامل باکتری‌ها آغشته شدند و کشت گلدانی انجام شد. در این آزمایش از گلدان‌های ۳ کیلوگرمی استفاده شد و خاک پس از استریل شدن مورد استفاده قرار گرفت. تعداد ۵ بذر ذرت رقم سینکل کراس ۷۰۴ پس از ضدعفونی با اتانول ۱۰٪ (۳۰ ثانیه) و هیپوکلریت سدیم ۵٪ (۱۰ دقیقه) (Arzanesh et al., 2011) در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری سطح هر گلدان کشت و پس از سبز شدن تعداد ۲ گیاه سالم تا پایان آزمایش حفظ شد. خاک مورد استفاده در فشار ۱/۲ اتمسفر و دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد با بخار آب استریل و در گلدان‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق تیمارهای باکتریایی به همراه تیمار شاهد (بدون کود و بدون باکتری) و تیمارهای کودی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۵۰٪ و ۱۰۰٪ توصیه شده (معادل ۰/۱۱۵ و ۰/۲۳ گرم سولفات پتاسیم در هر گلدان) (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶) استفاده شد. گلدان‌های آزمایش از نظر بقیه نیازهای عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶) و عناصر میکرو (صادقی، ۱۳۹۴) بر اساس آزمون خاک از طریق دادن کود شیمیایی تأمین شد. پس از برداشت گیاه و آون خشک کردن نمونه‌های گیاهی، نمونه‌ها هضم شده و غلظت و مقدار عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن اندام هوایی و ریشه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری عناصر پتاسیم و فسفر هضم نمونه‌ها به روش (Walling et al., 1989) انجام و فسفر به روش رنگ زرد (Olsen and Summers, 1982) و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری (Walling et al., 1989) و نیتروژن نیز از روش تقطیر و تیتراسیون (کجلدال) اندازه‌گیری شد (Rowell, 1994; Walling et al., 1989).

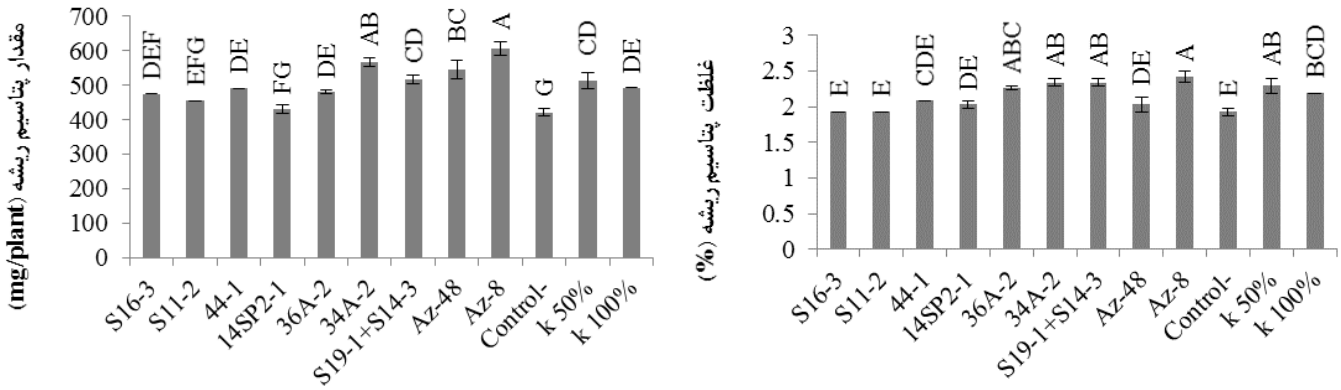
نتایج و بحث

غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی: تجزیه واریانس نتایج غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی نشان داد این پارامترها در سطح احتمال ۱٪ متأثر از تیمارهای آزمایش هستند. مقایسه میانگین غلظت پتاسیم اندام هوایی نشان داد بالاترین غلظت در تیمار کودی ۱۰۰٪ برابر با ۲/۶ درصد بوده که با افزایش ۲۷٪ نسبت به شاهد، دارای اختلاف آماری معنی‌دار با آن است. پس از آن تیمار باکتری 14SP2-1 بهتر از بقیه می‌باشد (شکل ۱). در مورد مقدار پتاسیم اندام هوایی بالاترین میانگین مربوط به تیمار کودی ۱۰۰٪ و سپس ۵۰٪ به ترتیب برابر با ۱۰۷۷/۳ و ۱۰۵۲/۳ میلی‌گرم بر وزن اندام هوایی بوده که با اختلاف آماری معنی‌دار، افزایش نسبی ۲۰/۴٪ نسبت به شاهد داشت (شکل ۱).



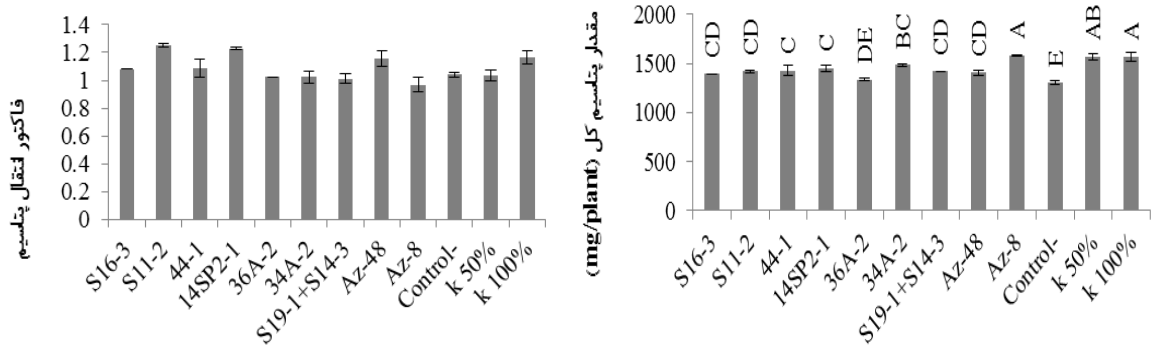
شکل۱- تاثیر تیمارهای ازمایش بر غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی

غلظت و مقدار پتاسیم ریشه: غلظت و مقدار پتاسیم ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده و بالاترین غلظت و مقدار در تیمار باکتری Az-8 بود (شکل ۲) و کمترین غلظت و مقدار پتاسیم در تیمار شاهد به دست آمد. غلظت پتاسیم ریشه در تیمار باکتری Az-8 برابر با ۲/۴ درصد بوده و افزایش ۲۵/۴٪ داشته است. مقدار پتاسیم نیز در این تیمار باکتری با افزایش ۴۳/۵٪ نسبت به شاهد برابر با ۶۰۵/۱ میلی‌گرم بر وزن ریشه بوده است.



شکل ۲- تأثیر تیمارهای آزمایش بر غلظت و مقدار پتاسیم ریشه

مقدار پتاسیم کل و فاکتور انتقال پتاسیم: مقدار پتاسیم کل در سطح احتمال ۱٪ متأثر از تیمارهای آزمایشی بود. مقایسه میانگین نتایج (شکل ۳) نشان داد بالاترین مقدار آن متعلق به تیمار باکتری Az-8 و تیمار کودی ۱۰۰٪ به ترتیب برابر با ۱۵۸۲ و ۱۵۷۰ میلی‌گرم بر وزن گیاه بوده است. این تیمارها افزایش نسبی ۲۰/۷٪ نسبت به شاهد داشته و اختلاف آماری معنی‌دار با آن داشت. کمترین مقدار پتاسیم کل در تیمار بدون تلقیح یا همان شاهد مشاهده شد. بالاترین فاکتور انتقال پتاسیم (نسبت غلظت پتاسیم اندام هوایی به ریشه) با وجود غیر معنی‌دار بودن در تیمار باکتری S11-2 و 14SP2-1 به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای آزمایش بر مقدار کل پتاسیم گیاه و فاکتور انتقال آن

پس از تیمار کودی ۱۰۰٪ که میزان پتاسیم اندام هوایی گیاه در آن بالاترین بود، تیمار باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* 14SP2-1 و S11-2 قرار داشت (شکل ۱) که در شرایط بسیار مناسبی قرار گرفته و توانسته‌اند میزان بسیار بالایی از پتاسیم را به اندام هوایی انتقال دهند (شکل ۳). جدایه‌ای مانند Az-8 که *سودوموناس* می‌باشد نیز جذب بالایی از پتاسیم را داشته اما توان انتقال آن به اندام هوایی را نداشته و بیش‌تر پتاسیم جذب شده در ریشه گیاه قرار گرفته است. *ازتوباکتر کروکوکوم* و *سودوموناس* به عنوان باکتری‌های محرک رشد شناخته شده‌اند و در آزمایشات مختلف به اثرات مثبت آنها بر رشد گیاه اشاره شده است. افزایش غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی و ریشه در اثر تلقیح با باکتری‌های آزادکننده پتاسیم توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Badr, 2006 و Sheng et al., 2008). در تحقیق Egamberberdiva and Hoflich (2003) هم ثابت شد که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌تواند موجب افزایش رشد و افزایش مقدار پتاسیم در اجزای گیاه گندم شود. این باکتری‌ها با تخریب کانی‌های پتاسیم‌دار، این عنصر را از کانی آزاد کرده و به شکل قابل استفاده برای گیاه درمی‌آورند. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات و گیاه کلزا را در استفاده از پتاسیم ساختاری کانی میکای گلوکونیت بررسی کردند. نتایج نشان داد در تیمارهای بدون پتاسیم مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه در سطح ۱٪ معنی‌داری تحت تأثیر باکتری حل‌کننده سیلیکات قرار داشت. کشاورز زرجانی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر ۶ سویه باکتری آزادکننده پتاسیم را بر افزایش جذب پتاسیم در گیاه گوجه فرنگی بررسی نموده و نتایج آن‌ها نشان داد که تلقیح هر ۶ سویه به ریشه گیاه در خاک لوم شنی با پتاسیم قابل جذب پایین، منجر به جذب بیش‌تر پتاسیم شده و حتی بیش‌تر از تیمار کود پتاسیم بوده است.

مقدار فسفر اندام هوایی و ریشه: تجزیه واریانس نتایج نشان داد مقدار فسفر اندام هوایی در سطح احتمال ۵٪ متأثر از تیمارهای آزمایش بود. تیمار کودی ۱۰۰٪ بهتر از بقیه تیمارها عمل کرده که این مقدار برابر با ۲۹/۱ میلی‌گرم بر وزن اندام هوایی بوده است که افزایش ۱۰/۸٪ نسبت به شاهد داشته است. در مورد مقدار فسفر ریشه که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، بیش‌ترین مقدار در تیمارهای باکتری‌های Az-48 و Az-8 به ترتیب ۲۵/۸۸ و ۲۵/۶۱ میلی‌گرم بر وزن ریشه بوده است که با افزایش ۱۶/۸٪ نسبت به شاهد با آن در گروه‌های آماری مختلف قرار گرفت (جدول ۱). هر چند عنصر فسفر از طریق کود شیمیایی به میزان برابر در اختیار تمام تیمارهای آزمایشی قرار گرفت اما بین نتایج به دست آمده اختلاف معنی‌دار وجود دارد که نشان از برتری نسبی تیمارها در تأمین و در اختیار گیاه قرار دادن عنصر مدنظر است. نتایج به دست آمده از فسفر و پتاسیم جذب شده در گیاهان بسیار شبیه به هم بوده و تیمار کودی ۱۰۰٪ و پس از آن تیمارهای باکتریایی Az-8 و 14SP2-1 موفق‌تر از بقیه عمل کرده و توانسته‌اند جذب بالایی داشته باشند. همین نتیجه در آزمایش Stamford et al., (2008) نیز گزارش شد به صورتی‌که در بررسی کودهای زیستی روی تشکیل گره و جذب مواد غذایی در لوبیا چشم بلبلی، بیش‌ترین مقدار عنصر فسفر و پتاسیم در گیاه را در حضور کودهای زیستی، عنوان کردند. Gabos et al., (2009) بیان کردند سویه‌ای که بیش‌ترین تأثیر را در انتقال فسفر از ریشه به اندام هوایی دارد با حل کردن فسفر نامحلول خاک اطراف ریشه و برخی اثرات جانبی دیگر، سبب انتقال بهتر فسفر به بخش هوایی خواهد شد. در این آزمایش هم احتمالاً فیتوهورمون‌ها با افزایش سطح

ریشه و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز دارای اثر مثبت بر جذب مواد غذایی توسط گیاه هستند (Hoflich et al., 1994).

مقدار نیتروژن اندام هوایی و ریشه: بالاترین مقدار نیتروژن اندام هوایی متعلق به تیمار باکتری Az-8 و برابر با ۱۸۵/۱ میلی‌گرم بر وزن اندام هوایی بوده است که با اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به شاهد، به ترتیب افزایش ۱۵/۳۸٪ و ۲۱/۹۳٪ را نشان دادند. در مورد مقدار نیتروژن ریشه بالاترین مقدار نیتروژن ریشه در تیمار باکتری S16-3 و برابر با ۱۱۰/۱ میلی‌گرم بر وزن ریشه به دست آمد که با اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به شاهد، افزایش ۳۸/۴۹٪ داشت. تیمار باکتری Az-8 در تأمین نیتروژن و همینطور فسفر و پتاسیم عملکرد خوبی داشته است (جدول ۱). این تیمار باکتری *سودوموناس* احتمالاً به اثر هورمونی نظیر سیتوکینین و نیز اثر سیدرفور به عنوان عوامل محرک رشد گیاه نسبت داده شود که ضمن تحریک رشد، سبب هدایت یون‌های ضروری به بخش‌های هوایی می‌شود. پتاسیم خود تأثیر به‌سزایی در متابولیسم و جذب نیتروژن و انتقال مواد غذایی در گیاهان دارد (Saber and Zanaty, 1981)، که در مورد نتیجه این آزمایش هم می‌توان گفت وقتی گیاه پتاسیم کافی از خاک دریافت کرده (از طریق باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات) توانسته باعث افزایش جذب نیتروژن شده و در انتقال این عنصر ضروری نیز موثر واقع شود.

جدول ۱- مقایسه میانگین نتایج مقدار فسفر و نیتروژن ریشه و اندام هوایی

تیمارها	مقدار فسفر اندام هوایی	مقدار فسفر ریشه	مقدار نیتروژن اندام هوایی	مقدار نیتروژن ریشه
	(mg/tissue)			
S16-3	۲۷/۷^{ABC}	۲۲/۲^{BC}	۱۴۸^{B}	۱۱۰/۱^{A}
S11-2	۲۴/۳^{CDE}	۲۲/۳^{B}	۱۴۴/۸^{BC}	۱۰۲/۵^{AB}
44-1	۲۸/۱^{AB}	۲۱/۲^{CD}	۱۵۰/۹^{B}	۸۵/۸$^{B-E}$
14SP2-1	۲۷/۵^{ABC}	۲۰^{E}	۱۴۹/۴^{B}	۸۵/۹$^{B-E}$
36A-2L	۲۳/۶^{DE}	۱۹/۸^{E}	۱۱۹^{D}	۹۴/۸$^{A-D}$
34A-2	۲۵/۳$^{B-E}$	۲۲/۵^{B}	۱۱۷/۷^{D}	۷۴/۷^{DEF}
S19-1+S14-3	۲۳/۸^{DE}	۲۰/۹^{DE}	۱۴۳/۷^{BC}	۹۸/۹^{ABC}
Az-48	۲۲/۹^{E}	۲۵/۹^{A}	۱۳۴^{C}	۹۳/۸$^{A-D}$
Az-8	۲۵/۳$^{B-E}$	۲۵/۶^{A}	۱۵۱/۸^{B}	۸۰/۵$^{C-F}$
Control-	۲۶/۳$^{A-E}$	۲۲^{BC}	۱۸۵/۱^{A}	۷۹/۵$^{C-F}$
K50%	۲۶/۷$^{A-D}$	۲۱/۶^{BCD}	۱۱۸/۲^{D}	۶۸/۹^{EF}
K100%	۲۹/۱^{A}	۲۲/۳^{B}	۱۵۳/۸^{B}	۶۳/۱^{F}

منابع

رحیم زاده، ن.، علمائی، م.، خرمالی، ف.، دردی پور، ا. و امینی، آ. ۱۳۹۲. اثر باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات بر آزادسازی پتاسیم از کانی میکایی گلوکونیت در ریزوسفر گیاه کلزا (*Brassica napus*). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد سوم. شماره ۲. صفحه‌های ۱۸۵-۱۶۹.

صادقی، س. ۱۳۹۴. اثر متقابل کادمیوم و روی بر برخی ویژگی‌های رشد، فعالیت آنزیمی و سطح بحرانی سمیت در کلزا و ذرت. رساله دکتری رشته علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

کشاورز زرجانی، ج.، علی اصغر زاد، ن. و اوستان، ش.۱۳۹۲. تأثیر شش سویه از باکتری‌های آزادکننده پتاسیم بر رشد و افزایش جذب پتاسیم در گیاه گوجه فرنگی. نشریه دانش آب و خاک، جلد بیست و سوم. شماره‌ی ۲. صفحه‌های ۲۴۵-۲۵۵.

ملکوتی، م.ج. و غیبی، م.ن. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. انتشارات آموزش کشاورزی. کرج.

Arzanesh, M.H., Alikhani, H.A., Khavazi, K., Rahimian, H.A. and Miransari, M. 2011.Wheat growth enhancement by *Azospirillum sp*. under drought stress. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 27: 197-205.

Badr, M.A. 2006. Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. Journal of Applied Sciences Research, 2(12): 1191-1198.

Egamberberdiyeva, D., Hoflich, G., 2003. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat indifferent soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry. 35: 973-978.

Gabos, M.B., Abreu, C.A. and Coscione, A.R. 2009. EDTA assisted phytoremediation of a Pb contaminated soil: Metal leaching and uptake by jack beans. Science Agriculture, 66: 506-514.

Hoflich, G., Wichc, W. and Kuhn, G. 1994. Plant growth stimulation by inoculation with symbiotic and associative rhizosphere microorganisms. Experimental. 50: 897-905.

Hu, X.F., Chen, J. and Guo, J.F. 2006. Two phosphate and potassium solubilizing bacteria isolated from Tiannumountain, Zhejiang, China. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 22: 983-990.

Keshavarz, J., Aliasgharzad, N., Oustan, S., Emadi, M., Ahmadi, A. 2013. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria in some Iranian soils. Agronomy and soil science, 59 (12): 1713-1723.

Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 1, chemical and biological properties. Soil Science Society of America, 403–427.

Rowell, D.L. 1994. Soil Science: Method and Application. Longman Scientific and Technical. Wageningen Agriculture University, The Netherland.

Saber, M.S.M., Zanaty, M.R. 1981. Effectiveness of inoculation white silicate bacteria in relation to the potassium content of plants using the intensive cropping technique. Journal of agriculture research, 59(4): 280-289.

Sheng, X.F. 2005. Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of Bacillus edaphicus. Soil Biology and Biochemistry, 37: 1918-1922.

Sheng, X.F., Zhao, F., He, L.Y., Qiu, G. and Chen, L. 2008. Isolation and characterization of silicate mineral solubilizing *Bacillus globisporus* Q12 from the surfaces of weathered feldspar. Canadian Journal of Microbiology. 54: 1064-1068.

Stamford, N.P., Santos, C.E.R.S., Silva Junior, S., Lira Junior, M.A. and Figueiredo, M.V.B. 2008. Effect of rhizobia and rock biofertilizers with Acidithiobacillus on cowpea nodulation and nutrients uptake in a tableland soil. World Jornal of microbial biotechnology, 24:1857-1865.

Sugumaran, P., and Janarthanam, B. 2007. Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. World Journal of Agricultural Sciences, 3: 350-355.

Surapaneni, A., Palmer, A.S., Tillman, R.W., Kirkman, J.H., and Geregg, P.E.H. 2002. The mineralogy and potassium supplying power of some loessial and related soils of New Zealand. Geoderma, 110: 191-204.

Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G. and Van der lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, The Netherland.

Improvement of Maize K nutrition with Inoculation of *Pseudomonas* and *Azotobacter* Isolates

M. Leylasi Marand[1], M. R. Sarikhani[2*]and A. Tolouei Darab[1]

1-Former MSc Student of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2-Assoc. Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
rsarikhani@yahoo.com

Abstract

According to the importance of potassium in plant nutrition and high requirement of plant to this macroelement, attention to biological approach and its supplying by soil microorganisms is vital. Hence, in this study the ability of some bacterial isolates belonged to *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* and *Azotobacter* in supplying K to corn (single cross 704) were assessed. This experiment was done with 8 bacterial isolates, fertilizer treatments (based on soil test equal to 50% and 100% of fertilizer recommendation) and negative control treatment (without inoculation and fertilizer), in format of completely randomized design with three replications. Results showed that there are significant differences ($P < 0.01$) among treatments and in some cases bacterial isolates are better than fertilizer treatments. The highest total potassium content (1582 mg/plant) was observed in *Pseudomonas* sp. Az-8 and potassium translocation factor equal to 2.1, related to *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1. Even with providing other nutrients, significant differences were observed in nitrogen and phosphorus concentration and content between treatments, and bacteria were efficient in uptake of P and N.

Keywords: Potassium, Maize, Bacterial Isolate