نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۵۹۹-۵۹۳

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 4, Winter 2010, p. 593-599

تأثیر *Azospirillum lipoferum* و *Azotobacter chrococoum* بر آزادسازی پتاسیم خاک در کشت گلدانی سویا (*Glycine max* var. Williams)

اسماعیل دردی پور[۱*]، اکرم فرشادی راد[۲] و محمد حسین ارزانش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۱

چکیده

پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پر مصرف برای گیاهان است. میکرو ارگانیزم های مختلف شامل برخی باکتری‌ها، قارچ‌ها، مخمرها، جلبک‌ها و نیز گلسنگ‌ها قادرند کانی‌های سیلیکاتی موجود در خاک را تجزیه کرده و عناصری چون پتاسیم، فسفر، آهن، روی و سیلیسیم را آزاد کنند که در این میان باکتری‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر دو باکتری *Azospirillum lipoferum* و *Azotobacter chrococoum* بر قابلیت جذب پتاسیم به وسیله گیاه سویا (*Glycine max var.* Williams) انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل سه فاکتور با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل دو نوع خاک، فاکتور دوم شامل دو جنس باکتری و تیمار بدون باکتری و فاکتور سوم شامل دو سطح کود پتاسه (۰ و ۷۵ میلی گرم بر کیلوگرم از منبع کلرید پتاسیم) بود. به این منظور تأثیر تیمارها بر وزن خشک و مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه سویا در مدت چهار هفته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که خاک سری‌های گرگان و قره سو همراه با ازتوباکتر بیشترین افزایش در وزن خشک گیاه را دارند. میزان جذب پتاسیم توسط گیاه در تیمار خاک سری قره سو همراه با ازتو باکتر بیشترین بود.

واژه‌های کلیدی: باکتری، تلقیح، جذب، وزن خشک

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان می باشد که نقش های بسیار مهمی در فتوسنتز، تقسیم سلولی و رشد، ساختن پروتئین ها، کمیت و کیفیت محصولات و در اقتصاد آب برای گیاه دارد (Saber & Zanaty, 1981). گیاه، پتاسیم مورد نیاز خود را از پتاسیم ناشی از اضافه کردن کودهای شیمیایی و یا پتاسیم موجود در خاک تأمین می نماید. مهمترین منابع پتاسیم در خاک های معدنی آلومینوسیلیکاتهای اولیه شامل فلدسپارها و میکاها می باشند. پتاسیم همچنین در ایلایت و ورمی کولایت نیز وجود دارد (Sparks & Huang, 1985). اغلب خاک ها دارای مقادیر نسبتا زیادی پتاسیم کل هستند، ولی مقدار پتاسیم قابل استفاده آنها نسبتاً کم است. از بین شکل های مختلف پتاسیم، شکل محلول و تبادلی آن قابل استفاده گیاه هستند و بقیه شکل‌ها تقریباً غیر قابل استفاده می‌باشند، لذا به منظور تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه، این عنصر بایستی به طریقی از شکل های تثبیت شده و معدنی به شکل‌های تبادلی و محلول تبدیل شود (Haby et al., 1990). فرآیندهای بیوشیمیایی که در هوادیدگی کانی‌ها دخالت دارند به طور عمده در محیطهای میکروبی خاک رخ می‌دهند و توسط میکروارگانیسم ها تحت تأثیر قرار می گیرند. فرآیندهای شیمیایی خاک در این محیط های کوچک می تواند به علت فرآیندهای بیولوژیکی متنوع به طور چشمگیری متفاوت باشد (Ayers et al, 1947). مطالعات مختلفی اثر فرآیندهای بیولوژیکی و مواد مترشحه از ریشه گیاهان و قارچها را بر روی هوادیدگی کانی ها در ناحیه ریزوسفر گزارش کردند (Norozi, 2006; Shady et al., 1984; Monib et al., 1984; Haby et al., 1990).

میکروارگانیسم‌های مختلف شامل باکتری‌ها، قارچ ها، مخمر ها، جلبک‌ها و نیز گلسنگ‌ها قادرند سیلیکات ها را تجزیه کرده و عناصری چون پتاسیم، فسفر، آهن، روی و سیلیسیم را آزاد می کنند که در این میان باکتری ها از اهمیت بیشتری برخوردارند (Shady et al., 1984). دانشمندان چینی از سال ۱۹۸۸ تحقیقات گسترده ای را در زمینه جداسازی و بررسی کارآیی این باکتری ها آغاز نموده اند و هم اکنون در چهار میلیون هکتار از اراضی زراعی آن ها مصرف می

۱، ۲ و ۳- بترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
(*- نویسنده مسئول: Email: E.Dordipour@yahoo.com)

شود. کاربرد این کود برای بیش از ۲۰ نوع محصول مختلف نتایج مثبتی را نشان داده است. به طوری که میانگین افزایش محصول در گیاهان دانه ای ۱۰ درصد، گیاهان صنعتی ۲۵-۱۰ درصد و در سبزیجات ۳۰-۲۰ درصد گزارش شده است (Fallah & Khavarzi, 2002). شنگ (Sheng, 2005) با اضافه کردن باکتری *Bacillus edaphicus* به خاک پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) 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 در کلزا ۲۸ تا ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تلقیح با باکتری همچنین موجب افزایش غلظت ازت و فسفر در گیاه شد. آنها جذب بیشتر عناصر غذایی به وسیله گیاهان تلقیح شده با باکتری را به تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه (اکسین) در نزدیک ریشه گیاه توسط باکتری نسبت دادند که این امر باعث توسعه رشد ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و عناصر غذایی از خاک می شود. باکتری های سیلیکاتی بازدهی یا قابلیت دسترسی کودهای پتاسیمی را برای گیاه افزایش می‌دهند. به عنوان مثال، مصرف سولفات پتاسیم در خاک تلقیح شده با باکتری سیلیکاتی، باعث می شود که میزان تثبیت پتاسیم بعد از سه روز ۲۱/۱ درصد و بعد از ده روز ۳۷/۵ درصد از شاهد کمتر باشد (Rongchang & Feniting, 1995). فانگ شنگ و یان هی (Fang sheng & Yan He, 2006) تأثیر باکتری *Bacillus edaphicus* را بر روی کانی ایلایت و فلدسپار بررسی کردند. آنها مشاهده کردند که در نتیجه ترشح پلی‌ساکاریدها و اسیدهای آلی میزان پتاس آزاد شده از هر دو کانی افزایش یافت. آنها در یک آزمایش گلدانی گندم (*Triticum aestivum* L.) را در خاکی که حاوی پتاسیم قابل استفاده کمی بود، کشت و این باکتری را به خاک تلقیح کردند. نتایج آنها افزایش در وزن خشک ریشه و اندام هوایی گندم نسبت به شاهد را نشان داد. توانایی ازتوباکترکروکوکوم (*Azotobacter chrococcum*) نیز برای آزادسازی پتاسیم از ارتوکلاز به اثبات رسیده است، به طوری که این باکتری توانست در مدت دو هفته حدود هفت درصد پتاسیم موجود در ارتوکلاز را آزاد کند (Mishustin et al., 1981). آزمایشات نشان دادند که در اثر تلقیح *Bacillus exlorguen* به محیط های تجدید نشده در مدت ۱۵ روز تا حدود ۱۲ درصد K_2O از ارتوکلاز آزاد می شود، ولی در محلول تجدید شونده حدود ۲۷ درصد K_2O، ۲۳ درصد Al_2O_3 و ۱۳ درصد SiO_2 آزاد می‌گردد (Mishustin et al., 1981). چن و چن (Chen & Chen, 2005) نشان دادند که با کشت باکتری‌های سیلیکاته همراه با کانی های پتاسیم دار خاک غلظت پتاسیم در محیط ریشه ۲۵ تا ۸۷ درصد افزایش یافت. منیب و همکاران (Monib et al., 1984) به بررسی تأثیر باکتری‌های سیلیکاته بر دو کانی ارتوکلاز و میکا پرداختند و نشان دادند که این باکتری ها قادر به آزاد کردن عناصر سیلیسیم و پتاسیم از این کانی‌ها هستند. لیان (Lian, 1998)با کشت باکتری های سیلیکاتی در حضور میکا افزایش ۸ تا ۱۶ درصدی در پتاسیم محلول را گزارش کرد. یوان و همکاران و گلووا (Glowa et al., 2003; Yuan et al., 2000) نشان دادند قارچ ها هم قادر به هوادیده کردن فازهای معدنی و آزادسازی پتاسیم هستند. لیان و همکاران (Lian et al, 2008) آزاد شدن پتاسیم از کانی های پتاسیمی را توسط قارچ *Aspergillus fumigatus* مورد بررسی قرار دادند. نتایج یک همبستگی مثبت بین افزایش آزادشدن پتاسیم از فازهای معدنی و کاهش pH در محیط آزمایش را نشان داد.

مطالعات مختلف نشان می دهد که رشد گیاهان علاوه بر خصوصیات ژنتیکی تحت تأثیر خاک و عوامل اقلیمی می‌باشند. حداکثر عملکرد گیاه و شرایط بهینه رشد باکتری تلقیح شده به خاک تحت تأثیر این عوامل هستند که میزان موفقیت تلقیح را کنترل می کنند (Egamberberdiyeva & Hoflich, 2003). براساس مطالعات انجام شده غالب خاک های استان گلستان دارای منشا لسی[1] می باشند (Khormali & Abtahi, 2003). حضور کانی های میکایی در این خاک ها یک ذخیره مناسب برای پتاسیم گیاه فراهم می‌کند و به دلیل غالب بودن رس ایلیت بیشتر پتاسیم خاک یا کود پتاسیمی افزوده شده به خاک تثبیت می‌گردد (Kukla & An, 1980). فرآیندهای مختلفی بر قابلیت استفاده پتاسیم تاثیر می گذارند، اما استفاده از میکروارگانیسم‌های حل کننده سیلیکات به دلیل راحتی استفاده و هزینه کم می‌تواند نقش تکمیل‌کنندگی خوبی در تغذیه گیاه داشته باشد. بدین ترتیب تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر دو باکتری ازتو باکتر و آزوسپریلوم بر قابلیت جذب پتاسیم در کشت گلدانی سویا با استفاده از دو خاک مختلف انجام شد همچنین با استفاده از تیمار کود پتاسیم به کار رفته تأثیر باکتری در مقادیر مختلف پتاسیم خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در ابتدا نمونه برداری از دو سری از خاک‌های استان گلستان (سری قره سو، Aquic Haploxerepts و سری گرگان، Typic Calcixerolls) به صورت مرکب از سطح خاک (۰ تا ۳۰ سانتی متری) انجام گرفت. نمونه های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی متری به آزمایشگاه منتقل شد. برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک های مورد مطالعه تعیین شد. بافت خاک به روش هیدرومتری، pH به روش گل اشباع (Page, 1982)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم با pH =۸/۲ (Chapman,

1- Loess

1965)، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با اسید کرومیک و تیتر کردن با فرو آمونیوم سولفات به روش نلسون (Nelson, 1982) و پتاسیم قابل استفاده خاک با استفاده از استات آمونیوم یک نرمال (Knudeson, 1982) اندازه گیری شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل سه فاکتور و در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل دو نوع خاک (S_1: سری گرگان و S_2: سری قره سو)، فاکتور دوم شامل دو نوع باکتری (B_1: *Azospirillum lipoferum* و B_2: *Azotobacter chrococoum*) و تیمار بدون باکتری B_0 و فاکتور سوم شامل دو سطح کود پتاسه (K_0 و K_1) (۱۲ تیمار عبارت بودند از: $S_1B_0K_0$، $S_1B_1K_0$، $S_1B_2K_0$، $S_1B_0K_1$، $S_1B_1K_1$، $S_1B_2K_1$، $S_2B_0K_0$، $S_2B_1K_0$، $S_2B_2K_0$، $S_2B_0K_1$، $S_2B_1K_1$، $S_2B_2K_1$). آزمایش در گلدان های ۵۰۰ گرمی انجام گرفت. بر روی خاک هایی که شامل تیمار کود پتاسه بودند ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم KCl اسپری شد. سپس۵۰ گرم خاک به همراه ۳۵۰ گرم شن مخلوط و در هر گلدان ریخته شد. در نهایت ۱۰ میلی لیتر از سوسپانسیون باکتری مورد نظر به خاک تلقیح شد به طوری که جمعیت میکروبی در سوسپانسیون تلقیح شده به خاک 10^{7} cell.ml^{-1} ×۱ بود. جمعیت میکروبی به روشplate count بر روی محیط RC تعیین شد. رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. سپس تعداد ۵ بذر سویا در هر گلدان کشت شد و ۱۰۰ گرم شن روی بذرها قرار گرفت. پس از جوانه زنی سه گیاه در هر گلدان نگه داشته شد. آزمایش به مدت چهار هفته ادامه یافت و در پایان آزمایش گیاهان کشت شده کف بر شدند. وزن خشک گیاهان برداشت شده تعیین و به روش خاکستر گیری خشک آنالیز شدند (Mc Clean & Watson, 1985) و در نهایت میزان پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر قرائت شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلوم بر آزادسازی و افزایش پتاسیم قابل جذب از خاک می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه اولیه خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. طبق مطالعه انجام شده روی خاک‌های این منطقه حد بحرانی پتاسیم ۲۷۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد (Dordipour & Farshadirad, 2008). بر این اساس خاک شماره ۱ (سری گرگان) در محدوده کمبود و خاک شماره ۲ (سری قره سو) در محدوده کفایت قرار داشت.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی نوع خاک و باکتری بر وزن خشک گیاه، غلظت پتاسیم در گیاه و جذب پتاس توسط گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است.

گیاهان رشد کرده در خاک سری قره سو (شماره ۲) دارای وزن خشک و غلظت پتاسیم بیشتری نسبت به خاک سری گرگان (شماره ۱) می باشند (شکل ۱–الف). وزن خشک گیاه و غلظت پتاسیم در گیاهان تلقیح شده با ازتو باکتر بیشتر از گیاهان تلقیح شده با آزوسپریلوم و تیمار بدون باکتری می باشد. وزن خشک گیاهان تلقیح شده با آزسپریلوم با تیمار بدون باکتری تفاوت معنی داری نداشت ولی غلظت پتاسیم در تیمار آزسپریلوم بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار بدون باکتری بود (شکل ۱– ب). در نتیجه می توان گفت تلقیح باکتری به خاک موجب افزایش جذب پتاس و افزایش وزن خشک گیاه گردیده است و *Azotobacter chrococoum* نسبت به *Azospirillum lipoferum* تأثیر بیشتری در بهبود عملکرد گیاه داشته است. تأثیر کوددهی بر وزن خشک گیاه معنی دار نشده است اما بر غلظت و جذب پتاسیم در گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشد (جدول ۲). اثر متقابل خاک و باکتری بر روی وزن خشک گیاه (جدول ۳) نشان می‌دهد که در خاک سری قره سو تیمار های ازوتوباکتر و آزوسپریلوم با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند درحالیکه در خاک سری گرگان باکتری ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم و همچنین آزوسپریلوم نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش وزن خشک شد. همچنین گیاهان رشد کرده در خاک سری قره سو همراه با باکتری ازتوباکتر بیشترین غلظت و جذب پتاسیم را نشان دادند و پس از آن تیمار خاک سری قره سو و ازوسپریلوم و تیمار شاهد قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع خاک و باکتری (جدول ۳) نشان می دهد که غلظت پتاسیم در گیاهان رشد کرده در خاک شماره ۲ (سری قره سو) همراه با ازتو باکتر بیشترین مقدار است، در حالیکه وزن خشک گیاهانی که در خاک سری قره سو همراه با ازتو باکتر (S_2B_2) کشت شدند با گیاهان رشد کرده در خاک شماره ۱ (سری گرگان) همراه ازتوباکتر (S_1B_2) اختلاف معنی داری نداشتند. دلیل آن را می توان به تأثیر بیشتر حضور باکتری نسبت به مقدار پتاسیم در وزن خشک و تولید مواد محرک رشد گیاه توسط باکتری نسبت داد که این امر باعث توسعه رشد ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و عناصر غذایی از خاک می‌شود. اگامبربردیوا و هوفلیخ (Egamberberdiyeva & Hoflich, 2003) نشان دادند که تلقیح با باکتری می‌تواند موجب افزایش رشد و افزایش مقدار پتاسیم در اجزای گیاه گندم شود. تلقیح با باکتری همچنین مقدار ازت و فسفر را در گیاه افزایش می‌دهد که آن را می‌توان به تولید تنظیم کننده های رشد گیاه در تماس با ریشه نسبت داد. نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل کود پتاس و خاک (جدول ۳) نشان می‌دهد میزان پتاسیم در گیاهان رشد کرده در خاک سری قره سو به اضافه کود پتاسه بیشترین مقدار است در حالی که اثر متقابل آنها بر وزن خشک گیاه معنی دار نشده است. بنابراین، می‌توان گفت گیاه در خاکی که پتاس بیشتری وجود دارد پتاس بیشتری جذب می کند. این در حالی است

که میزان افزایش در وزن خشک لزوماً از این قاعده تبعیت نمی کند (Surapaneni et al., 2002). اثرات متقابل کود پتاسیم و باکتری نشان می دهد تیمار بدون باکتری و بدون کود پتاسه کمترین وزن خشک و غلظت پتاسیم در گیاه را داشت و گیاهان رشد کرده در خاک تلقیح شده با ازتو باکتر بدون کود دارای بیشترین وزن خشک و غلظت پتاسیم بود. میزان افزایش وزن خشک گیاه در خاک تلقیح شده با باکتری نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۶ و ۱۴ درصد برای خاک سری گرگان و قره سو بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به شاهد در خاک سری گرگان که حاوی پتاسیم کمتری است بیشتر از خاک سری قره سو می باشد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Soil physical and chemical properties

نمونه خاک Soil sample	سری خاک Soil Series	بافت Texture	اسیدیته pH	پتاسیم قابل استفاده Available K ($mg.kg^{-1}$)	ماده آلی OM (٪)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC ($Cmol (+) kg^{-1}$)
1	گرگان Gorgan (Typic Calcixerolls)	لوم رس سیلتی Silty clay loam	7.9	180	2.2	22.4
2	قره سو Ghare Sou (Aquic Haploxerepts)	رسی Clay	7.8	310	3.2	26.7

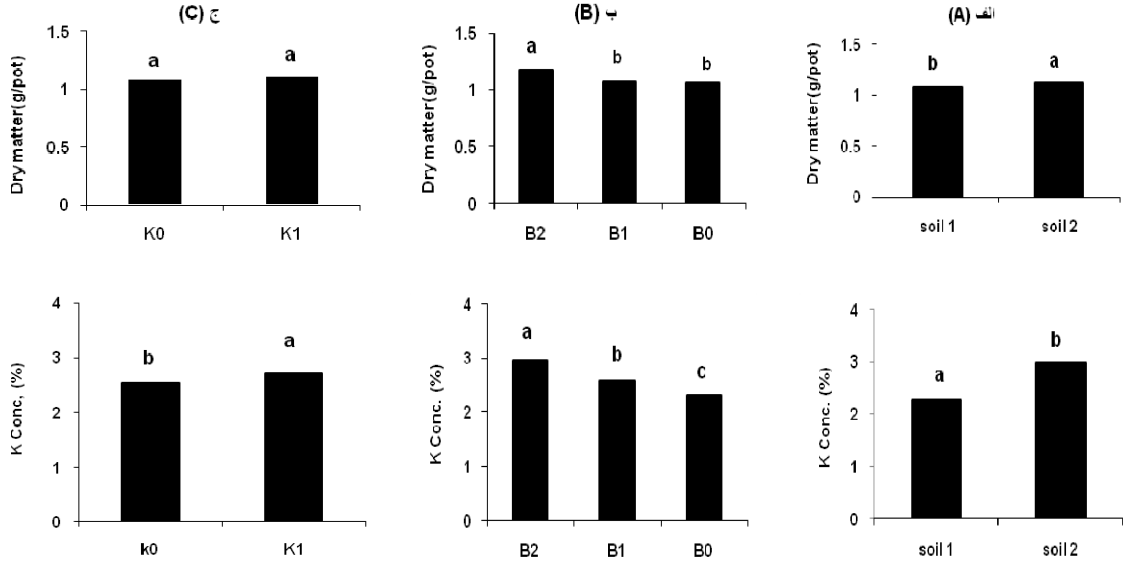
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک گیاه، غلظت و جذب پتاسیم توسط گیاه

Table 2- ANOVA results of dry matter, K concentration and K uptake by plant

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک گیاه Plant dry weight	غلظت پتاسیم در گیاه K Conc. in Plant	جذب پتاسیم توسط گیاه K uptake by plant
تیمار Treatment	11	0.023^{**}	0.75^{**}	1.43^{**}
خاک Soil	1	$^{**}0.015$	4.64^{**}	7.14^{**}
باکتری Bacterium	2	0.035^{**}	1.27^{**}	2.89^{**}
کود پتاسیم K fertilizer	1	0.004^{ns}	0.31^{**}	0.45^{**}
خاک* باکتری Soil* Bacterium	2	0.009^{**}	0.02^{*}	0.05^{*}
خاک *کود پتاسیم Soil*K fertilizer	1	0.004^{ns}	0.06^{**}	0.02^{ns}
باکتری* کود پتاسیم Bacterium* K fertilizer	2	0.066^{**}	0.34^{**}	1.11^{**}
خاک* باکتری* کود پتاسیم Soil*Bacterium*K fertilizer	2	0.001^{ns}	0.0004^{ns}	0.007^{ns}
خطا Error	24	0.0016	0.007	0.01
کل Total	35			

*، ** و ns بترتیب یعنی در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار و بدون معنی می باشد

*, ** and ns are statistical significant at *p values* 0.05 and 0.01 and non significant, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای (الف) نوع خاک، (ب) نوع باکتری و (ج) کود پتاسیم بر وزن خشک سویا و غلظت پتاسیم در گیاه

Fig. 1- Mean comparison of treatments effect (A) soil type, (B) bacteria and (C) K fertilizer on the dry matter of soybean and K concentration in plant

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly difference based on LSD at α=5%.

جدول ۳- مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمار های اعمال شده بر وزن خشک گیاه، غلظت پتاس در گیاه و جذب پتاسیم

Table 3- Mean comparisons of interaction effects of treatments on the plant dry matter, K concentration and uptaked K by removal plants

جذب پتاسیم توسط گیاه K uptake by plant ($gpot^{-1}$)		غلظت پتاسیم در گیاه K Conc. in Plant (%)		وزن خشک Dry weight ($g.pot^{-1}$)			تیمار Treatment
0.203	e	1.98		1.020	d	*	S1B0
0.330	d	2.19		1.075	c		S1B1
0.311	c	2.65		1.173	a		S1B2
0.302	c	2.67		1.125	a	b	S2B0
0.330	b	3.01		1.095	b	c	S2B1
0.386	a	3.29		1.172	a		S2B2
0.241	d	2.22		1.060	b		S1K0
0.258	c	2.32		1.110	a		S1K1
0.325	b	2.86		1.130	a		S2K0
0.353	a	3.13		1.130	a		S2K1

0.211	e	2.15	0.970 e	B0K0
0.293	c	2.40	1.170 a b	B0K1
0.270	d	2.40	1.120 c	B1K0
0.295	c	2.81	1.050 d	B1K1
0.368	a	3.08	1.200 a	B2K0
0.329	b	2.87	1.170 a b	B2K1

* حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نمی باشد (S: نوع خاک، B: نوع باکتری و K: کود پتاسیم)
*Means followed by the same letters are not significantly difference at α=5%
(S: Soil, B: Bactery and K: K fertilizer)

بنابراین هر چه میزان پتاسیم در خاک کمتر باشد، میزان تأثیر میکروارگانیسم‌ها بیشتر می‌باشد. این نتیجه با نتایج اگامبربردیوا و هوفلیخ (Egamberberdiyeva & Hoflich, 2003) مطابقت دارد.

رانگ چانگ و فنتینگ (Rongchang & Feniting ,1995) عنوان کردند که باکتری ها در طی فعالیت های حیاتی خود می توانند مواد محرک رشد گیاه تولید کنند به طوری که با استفاده از کروماتوگرافی مایع تحت فشار[1] (HPLC) مشخص شده است که در محیط کشت باکتری مقدار زیادی جیبرلین و سایر مواد فعال کننده وجود دارد که محرک رشد گیاه می‌باشند. به این ترتیب افزایش عملکرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری را می توان به تأثیر این مواد محرک رشد که توسط باکتری ترشح می شود نسبت داد. اگامبربردیوا و هوفلیخ (Egamberberdiyeva & Hoflich, 2003) نشان دادند که تلقیح با باکتری می‌تواند موجب افزایش رشد و افزایش مقدار پتاسیم در اجزا گیاه شود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد در اثر تلقیح خاک با باکتری وزن خشک گیاه، میزان پتاس در گیاه و میزان جذب پتاس توسط گیاه در مقایسه با تیمار بدون باکتری افزایش می یابد. در طول سال های اخیر در دنیا، به دلیل رشد روز افزون جمعیت، تولید مواد غذایی و مصرف کودهای شیمیایی به تدریج افزایش یافته است. با توجه به هزینه هنگفت تولید کود های شیمیایی و اثرات زیانبار زیست محیطی آنها استفاده از کودهای بیولوژیک در جهت افزایش سطح حاصلخیزی خاک توصیه می‌شود.

منابع

1- Ayers, A.S., Takashi, M., and Kanechiro, P. 1947. Conversion of nonexchangeable potassium to exchangeable forms in Hawaii. Soil Science Society of America Proceeding 11: 175-181.
2- Chapman, H. D. 1965. Cation Exchange Capacity. In: Method of Soil Analysis, Part 2, (ed). Black, C. A., 891-901. American Society of Agronomy: Madison, WI. USA.
3- Chen, H., and Chen, T. 1960. Characteristics of morphology and physiology and ability to wheather to wheather mineral baring phosphorus and potassium of silicate bacteria. Microorganism 3: 104-112.
4- Dordipour, E., and Farshadirad, A. 2009. Determination of Potassium critical level for wheat and investigation of its response to K_2SO_4 in some selected soils of Golestan province. 11th Iranian Soil Scince Congress. 227 p. (In Persian)
5- Egamberberdiyeva, D., Hoflich, G., 2003. Influence of growth- promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry. 35: 973-978.
6- Fallah, A. R., and Khavarzi, K. 2002. Biological potassium fertilizer and its effects on crop yields. Iranian Journal of Soil and Water, Special Issue: Soil Biology 12(7): 115-127. (In Persian eith English Summary)
7- Fang sheng, X., and Yan He, L. 2006. Solubilization of potassium-bearing minerals by wild-type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Canadian Journal of Microbiology 52: 66-72.
8- Feigenbaum, S., and Shainberg, I. 1975. Dissolution of illite a possible mechanism os potassium rlease. Soil

1- High-performance liquid chromatography

Science Society American Proceeding 39: 985- 990.
9- Glowa, K.R., Arocena, J.M., and Massicote, H.B. 2003. Extraction of potassium and/ or magnesium from selected soil minerals by Piloderma. Acta Biotechnolgica 7: 299- 306.
10- Haby, V.A., Russelle, M.D., and Skogley, E.O. 1990. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. In: S. H. Mickelson (ed). Soil Testing and plant analysis. Madison. WI., USA. p. 181-227.
11- Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, Sodium and potassium. Pages 225-246 in A. L. Page et al., eds. Methods of soil analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison. WI.
12- Khormali, F., and Abtahi, A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semiarid soils of fars province, southern Iran. Clay Minerals 38: 511-527.
13- Kukla, G., and An, Z.S. 1980. Loess stratigraphy in central china Palaeogeogr. Palaeclimatology Palaeocology 72: 203-225.
14- Lian, B. 1998. Astudy on how silicate bacteria GY92 dissolves potassium from illite. Acta Mineral Sin. 18:234-238.
15- Lian, B., Wang, B., Pan, M., Liu, C., and Teng, H. 2008. Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus Aspergillus fumigates. Geochimica e t Cosmochimica Acta 72:87-98.
16- Mc Clean, E.O., and Watson, M. E. 1985. Soil measorments of plant-available potassium. In: Manson (ed). Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI., USA.
17- Mishustin, E.N., Smirnova, G.A., and Lokhmachea, R.A. 1981. The decomposition of silicates by microorganisms and the use of silicate bacteria fertilizers. Biological Bulletin of Academic Science 8: 400-409.
18- Monib, M., Zahra, M. K., Abdel, E. A., and Heggo, A. 1984. Role of silicate bacteria in releasing K and Si from biolite and orthoclase. Soil Biology and Conservation of the Biosphere 2: 173-233.
19- Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: "Methods of soil Analysis", Part 2, ed. Page, A.L., 539-579. American Society of Agronomy: Madison. WI.
20- Norozi, S. 2006. Release of Potassium from some mica minerals through some organic acid in rhizospher of barley. M. Sc. Thesis in Soil Science. Soil Science Department. Isfahan University of technology, Isfahan, Iran. 158 p. (In Persian eith English Summary)
21- Page, A.L. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI., USA. Pp. 181–199.
22- Rongchang, L., and Feniting, L., 1995. International training course on biological fertilizer Bodenk, boading cgina. Pp. 11-68.
23- Saber, M.S.M., Zanaty, and M.R. 1981. Effectivness of inoculation whit silicate bacteria in relation to the potassium content of plants using the intensive cropping technique. Research Journal of Agriculture and Biological Science 59(4): 280-289.
24- Shady, M. A., Ibrahim. I., and Afify, A.H. 1984. Mobilization of elements and their effects on certain plant growth characteristics as influenced by some silicate bacteria. Egyptian Journal of Botany 27(1-7): 17-30.
25- 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.
26- Sparks, D.L., and Huang, M. 1985. Physical Chemistry of Soil Potassium. In: R.D. Munson.(ed). P in Agriculture. ASA. CSSA. SSSA. Madison. WI., USA. Pp. 201-276.
27- 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.
28- Yuan, L., Fang, D. H., Wnag, Z. H., Shun, H., and Huang, J.G. 2000. Bio-mobilization of potassium from clay minerals: I. By ectomycorhizas. Pedosphere 10: 339- 346.