تأثیر تلقیح باکتری‌های *باسیلوس*، *سودوموناس*، *انتروباکتر* و *ازتوباکتر* بر رشد و جذب پتاسیم ذرت

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 تأثیر مهم عنصر پتاسیم در رشد گیاه، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تلقیح باکتری‌های *باسیلوس*، *سودوموناس*، *انتروباکتر* و *ازتوباکتر* بر رشد گیاه ذرت و جذب عنصر پتاسیم در خاکی با کمبود پتاسیم انجام گرفت. این تحقیق با در نظر گرفتن ۸ جدایه باکتری متعلق به جنس‌های فوق، تیمارهای کودی پتاسیم (بر اساس آزمون خاک به مقدار ۵۰٪ و ۱۰۰٪ توصیه کودی) و تیمار شاهد منفی (بدون تلقیح و بدون کود) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارها در اکثر پارامترها وجود دارد. بالاترین ارتفاع، وزن خشک و مقدار پتاسیم اندام هوایی در تیمارهای کودی ۵۰٪ و ۱۰۰٪، بیش‌ترین قطر ساقه و وزن خشک کل مربوط به باکتری *Enterobacter* sp. S16-3، بالاترین شاخص کلروفیل در تیمار باکتری‌های *Pseudomonas* S19-1+S14-3 و *Enterobacter* sp. S16-3 و بالاترین هدایت روزنه‌ای متعلق به باکتری *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1 بود.

واژه های کلیدی: پتاسیم، جدایه باکتری، ذرت.

مقدمه

پتاسیم یک عنصر پرنیاز ضروری برای گیاهان و جانوران است و در بین عناصر غذایی اصلی معمولاً فراوان‌ترین عنصر در خاک به شمار می‌رود (Read et al., 2006). اگر چه کمبود پتاسیم مثل کمبود نیتروژن و فسفر گسترده نیست اما بسیاری از خاک‌ها که در ابتدا از نظر این عنصر غنی بودند به علت برداشت متوالی محصول، رواناب، آبشویی و فرسایش خاک با کمبود این عنصر مواجه شده‌اند (Sheng and Huang, 2002). لذا به منظور تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه، پتاسیم محلول و تبادلی باید از طریق اضافه کردن کودهای شیمیایی و یا از طریق آزاد شدن پتاسیم تثبیت‌شده و هوازدگی کانی‌های حاوی پتاسیم (مثل میکا و فلدسپار) تأمین گردد (Sparks and Huang, 1985). فرآیندهای مختلفی بر قابلیت استفاده پتاسیم تأثیرگذارند، اما استفاده از میکروارگانیسم‌های حل‌کننده سیلیکات به دلیل راحتی استفاده و هزینه کم می‌تواند نقش خوبی در تغذیه گیاه داشته باشند (صالح راستین و همکاران، ۱۳۷۸). لذا استفاده از باکتری‌های آزادکننده پتاسیم (Zahra et al., 1984 و Barker et al., 1998)، یک روش امیدبخش برای افزایش پتاسیم قابل استفاده در خاک خواهد بود. با کاربرد کودهای زیستی که حاوی آزادکنندگان پتاسیم هستند، نه تنها باروری خاک افزایش پیدا می‌کند بلکه باعث افزاش عملکرد محصولات، مقاومت در برابر بیماری‌ها و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود (Sheng et al., 2002 و Shindhu et al., 2010). 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 وزن خشک ریشه، اندام هوایی و درصد روغن بر اثر این تلقیح به طور معنی‌داری افزایش یافت. Badr (2006) در یک آزمایش مزرعه‌ای یک سویه از باکتری تجزیه‌کننده سیلیکات به نام *Bacillus cereus* را برای ارزیابی تأثیر تلقیح این سویه بر آزادسازی پتاسیم از فلدسپار در حضور کاه و کلش برنج و تاثیر کمپوست غنی شده با فلدسپار بر عملکرد گیاه گوجه فرنگی استفاده کرد و نتایج نشان داد که پاسخ گیاه گوجه فرنگی به F-compost تلقیح شده با این سویه در یک خاک شنی به طور چشم‌گیری افزایش یافت و حتی تأثیر آن بیش‌تر از سولفات پتاسیم اضافه شده به همین خاک بود. در حالی‌که فلدسپار به تنهایی تأثیر نداشته و یا تأثیر کمی داشت. اثرات مثبت

باکتری‌های آزادکننده پتاسیم در گیاهان پنبه و کلزا (Sheng, 2005)، خیار و فلفل (Han et al., 2006)، سورگوم (Badr et al., 2006)، گندم و ذرت (Shing, 2010) و Sudan grass (Basak and Biswas, 2010) گزارش شده است.

با توجه به اهمیت عنصر پتاسیم برای تغذیه گیاهان و تأثیر به‌سزای این عنصر در بهبود کیفیت و کمیت محصولات، این آزمایش گلدانی در خاکی با کمبود پتاسیم، به منظور شناسایی گونه میکروبی موفق و کارآمد از بین گونه‌های میکروبی موجود، در تأمین پتاسیم گیاه ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۸ جدایه باکتریایی استفاده شد که از بانک میکروبی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز تأمین شده بودند. این جدایه‌ها شامل *Enterobacter* sp. S16-3، S11-2، *Bacillus* sp. 44-1، *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1، 36A-2L، *Pseudomonas* sp. 34A-2، S19-1+S14-3، *Enterobacter* sp. Az-48 و *Pseudomonas* sp. Az-8 بودند. در این آزمایش سوسپانسیون باکتریایی پس از تهیه کشت شبانه باکتری‌ها در محیط کشت NB به ۱۰ گرم حامل باگاس و پرلیت (۱:۱) که رطوبت وزنی اولیه ۱۵٪ داشته افزوده شد. خاک مورد استفاده در آزمایش از ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان نمونه‌برداری شد. در این خاک پتاسیم قابل استفاده در حد کفایت نیاز گیاه نیست. خاک پس از الک کردن، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر استریل شد. بذرهای ذرت (رقم سینکل کراس ۷۰۴) مورد استفاده در آزمایش توسط اتانول ۱۰٪ (۳۰ ثانیه) و هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ (۱۰ دقیقه) (Arzanesh et al., 2011) ضدعفونی شدند. بذور به طور کامل با سوسپانسیون باکتری که به حامل باگاس و پرلیت افزوده شده بود، آغشته شدند و در گلدان‌های ۳ کیلوگرمی در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری زیر سطح خاک کشت شدند. تعداد ۵ بذر در هر گلدان کشت شد و پس از جوانه زدن به دو بوته در هر گلدان تقلیل یافت. طی رشد گیاه، رطوبت ۰/۸FC در گلدان‌ها حفظ شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. در این آزمایش تیمارهای باکتریایی، همراه با تیمارهای کودی (بر اساس آزمون خاک به میزان ۵۰٪ و ۱۰۰٪ توصیه کودی) و تیمار شاهد منفی (بدون تقیح باکتری و بدون کود) مورد مقایسه قرار گرفتند. کود پتاسیمی مورد استفاده در تیمارهای کودی ۵۰٪ و ۱۰۰٪ سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان ۰/۱۵۵ و ۰/۲۳ گرم در هر گلدان بود (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶). لازم به ذکر است بقیه عناصر ماکرو و میکرو به طور کامل بر اساس آزمون خاک در گلدان‌ها تأمین شد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶ و صادقی، ۱۳۹۴). آزمایش تا انتهای فاز رویشی و به مدت ۲ ماه به طول انجامید. در طی رشد پارامترهای ارتفاع گیاه، قطر ساقه، شاخص کلروفیل، فلورسانس و هدایت روزنه‌ای مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. ارتفاع گیاه از ابتدای طوقه تا انتهای بلندترین برگ گیاه مد نظر بود. قطر ساقه در بخش تقریباً برابر در همه بوته‌ها و در ارتفاع حدودی ۲ سانتی‌متر از ابتدای طوقه با کولیس مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. شاخص کلروفیل برگ پس از رشد کامل برگ‌ها و در پایان دوره رشد با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج اندازه‌گیری شد. برای این منظور چهار برگ سالم و شاداب از هر گلدان انتخاب شد و پهن-ترین بخش برگ میان انبرک دستگاه قرار گرفت و میانگین این قرائت‌ها در نهایت به عنوان شاخص کلروفیل برگ برای آن گلدان در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری فلورسانس در ابتدا از هر بوته دو برگ سالم و در موقعیت یکسان انتخاب شده و سپس گیره‌های دستگاه به برگ‌های گیاه متصل و پس از ۲۰ دقیقه قرائت با دستگاه انجام گرفت. برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای، ابتدا دستگاه با شرایط رطوبتی گلخانه کالیبره شده و چهار برگ سالم و بالغ از هر گلدان انتخاب و میانگین مقادیر به عنوان شاخص هدایت روزنه‌ای آن گلدان گزارش شد. پس از برداشت گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و وزن تر و خشک کل با ترازوی حساس توزین شد. برای خشک کردن گیاه، اندام هوایی و ریشه به طور جداگانه در پاکت‌های کاغذی به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه‌سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خشک و آسیاب کردن، نمونه‌های اندام هوایی گیاه به روش تر سوزانی هضم و غلظت پتاسیم در عصاره‌ها به روش فلیم‌فتومتری اندازه‌گیری و سپس مقدار پتاسیم بر حسب (mg/plant) محاسبه گردید (Walling et al., 1989).

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه و قطر ساقه: ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و بالاترین ارتفاع در تیمار کودی ۵۰٪ برابر ۱۰۰/۸ سانتی‌متر و افزایش ۳/۵٪ نسبت به شاهد و سپس تیمار کودی ۱۰۰٪ دیده شد. در بین تیمارهای باکتریایی تیمار *Bacillus* sp. 44-1 بیش‌ترین ارتفاع را داشت. قطر ساقه غیرمعنی‌دار بود اما بالاترین قطر ساقه در باکتری *Enterobacter* sp. S16-3 بوده است (جدول ۱).

جدول ۱– مقایسه میانگین نتایج ارتفاع گیاه و قطر ساقه

تیمار	S16-3	S11-2	44-1	14SP2-1	36A-2L	34A-2	S19-1+ S14-3	Az-48	Az-8	Control-	K50%	K100%
ارتفاع (cm)	۸۶/۶۷^{CD}	۹۵/۲^{ABC}	۹۷/۶^{AB}	۹۳/۷$^{A-D}$	۹۳/۷$^{A-D}$	۹۲/۱$^{A-D}$	۹۴/۸^{ABC}	۸۵/۵^{D}	۸۹/۶^{BCD}	۹۷/۳^{AB}	۱۰۰/۸^{A}	۹۸^{AB}
قطر (mm)	۲۱/۱	۱۸/۹	۱۷/۵	۱۸/۵	۱۸	۱۷/۴	۱۸/۸	۱۸/۱	۱۸	۱۵/۹	۱۹/۵	۱۸/۶

ارتفاع گیاه و قطر ساقه شاخص‌هایی از رشد رویشی گیاه هستند که افزایش هرکدام از این شاخص‌ها در اثر تلقیح با باکتری نشان از مؤثر بودن تلقیح می‌باشد و در تیمارهایی از آزمایش که تأمین عناصر غذایی در حد مطلوب بوده، با افزایش نسبی شاخص‌های رشد رویشی مواجه بودیم. در این آزمایش مشخص شد تیمارهای کودی با تغذیه بهتر گیاه توانسته‌اند شاخص‌های ظاهری گیاه را بهبود بخشند. اما نتایج نشان داد تیمار *Enterobacter* sp. S16-3 که بیش‌ترین قطر ساقه را داشته، دارای کمترین ارتفاع بوده است و این می‌تواند به علت کمتر بودن تغذیه پتاسیمی باشد که با کاهش انتقال عناصر از ریشه به اندام هوایی (که در این مطالعه بررسی شد غلظت پتاسیم اندام هوایی در این تیمار به شدت کاهش پیدا کرده است)، صدور هورمون‌هایی مانند جیبرلین و اکسین نیز کاهش پیدا کند. دلیل افزایش ارتفاع در تیمار تلقیح شده می‌تواند تولید جیبرلین و به دنبال آن افزایش رشد طولی سلول‌ها و تقسیمات سلولی توسط باکتری‌ها باشد. با توجه به اینکه جیبرلین سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میان‌گره‌های ساقه شده و اکسین‌ها موجب افزایش تقسیمات سلولی می‌شوند می‌توان افزایش ارتفاع را توجیه کرد (حمیدی، ۱۳۸۵).

شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای: شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده و بالاترین میزان کلروفیل در تیمار باکتری 14SP2-1 به دست آمد که برابر با ۹/۶ بود و با افزایش ۸۰٪ نسبت به شاهد، دارای اختلاف آماری معنی‌دار با آن است. هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده و بالاترین هدایت روزنه‌ای نیز در تیمار باکتری *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1 برابر با ۰/۰۹۷ بوده است (جدول ۲).

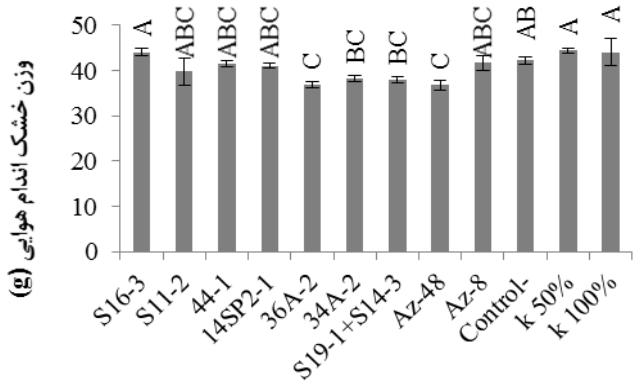
جدول ۲- مقایسه میانگین نتایج شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای

تیمارها	S16-3	S11-2	44-1	14SP2-1	36A-2L	34A-2	S19-1+ S14-3	Az-48	Az-8	Control-	K50%	K100%
کلروفیل	۸/۶^{AB}	۷/۶^{ABC}	۷/۴^{BC}	۹/۶^{A}	۷/۵^{BC}	۸/۷^{AB}	۹^{AB}	۷/۵^{BC}	۸/۹^{AB}	۵/۲^{D}	۷/۹^{ABC}	۶/۲^{CD}
هدایت روزنه‌ای	۰/۰۵^{I}	۰/۰۵۹^{H}	۰/۰۴۲^{L}	۰/۰۹۷^{A}	۰/۰۸۵^{C}	۰/۰۸۸^{B}	۰/۰۷۳^{E}	۰/۰۸۲^{D}	۰/۰۴۴^{K}	۰/۰۶۶^{F}	۰/۰۶۲^{G}	۰/۰۴۷^{J}

همانطور که مشاهده شد نتایج کلروفیل و هدایت روزنه‌ای مشابه بوده و نشان از برتری *ازتوباکتر کروکوکوم* سویه 14SP2-1 دارد و ایجاد شرایط بهتر فتوسنتزی برای گیاه را به دنبال داشت. همین نتیجه در مطالعه حاجی‌بلند و همکاران (۱۳۸۳) نیز دیده شد و گزارش شد که افزایش مقدار کلروفیل و انتقال بیش‌تر پتاسیم به اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با *ازتوباکتر* را

به اثر احتمالی هورمونی مانند سیتوکنین نسبت دادند که ضمن تحریک رشد ریشه، پس از انتقال به اندام هوایی عامل افزایش کلروفیل و نیز هدایت یون‌های ضروری به اندام هوایی است. احتمالاً همین علت در آزمایش حاضر نیز صادق است.

وزن تر و خشک اندام هوایی: تجزیه واریانس نتایج نشان داد وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵٪ و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ متأثر از تیمارهای آزمایش بودند. مقایسه میانگین نتایج نشان داد در هر دو مورد بالاترین وزن در تیمار کودی ۵۰٪ و سپس در تیمار کودی ۱۰۰٪ بوده است. بالاترین وزن تر اندام هوایی در تیمار کودی ۵۰٪ (۲۶۵/۶ گرم) اندازه‌گیری شد و افزایش ۴٪ نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳) و در وزن خشک اندام هوایی نیز همین تیمار (با ۴۴/۴ گرم) با افزایش ۵٪ نسبت به شاهد بهترین بود (شکل ۱). نتیجه حاصل از وزن تر و خشک اندام هوایی نشان می‌دهد در تیمارهای کودی که احتمالاً پتاسیم در دسترس برای گیاه بیش‌تر بوده، این امر سبب افزایش رشد اندام هوایی شده است.

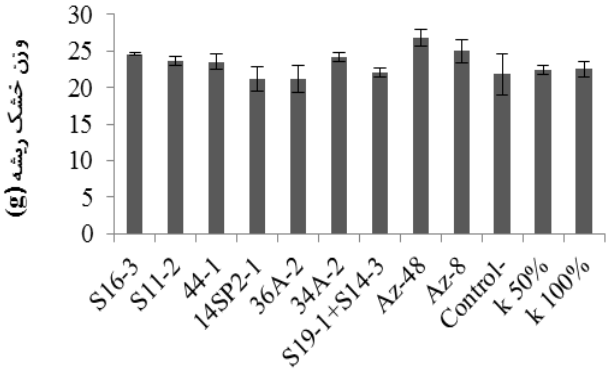


شکل ۱- تأثیر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک اندام هوایی

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن تر اندام هوایی (SWW)، وزن تر ریشه (RWW)

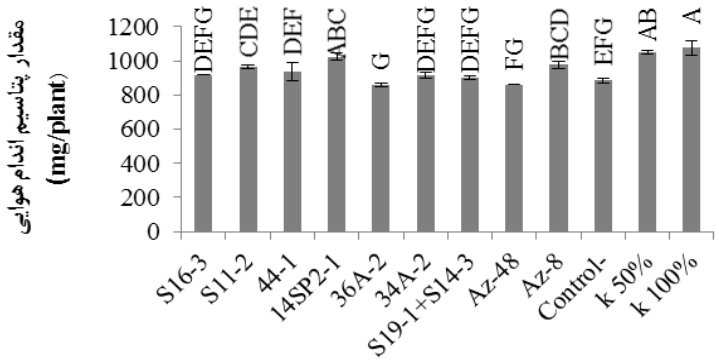
تیمار	S16-3	S11-2	44-1	14SP2-1	36A-2L	34A-2	S19-1+S14-3	Az-48	Az-8	Control-	K50%	K100%
SWW	۲۴۲/۵^{AB}	۲۴۵/۵^{AB}	۲۴۵/۵^{AB}	۲۴۲/۸^{AB}	۲۲۰/۲^{BC}	۲۴۴/۶^{AB}	۲۲۰/۵^{BC}	۱۹۶/۷^{C}	۲۲۵^{BC}	۲۴۶/۲^{AB}	۲۶۵^{A}	۲۵۶/۴^{AB}
RWW	۱۶۹/۹^{A}	۱۶۴/۹^{A}	۱۶۴/۷^{A}	۱۵۹/۷^{AB}	۱۶۷/۵^{A}	۱۶۸/۶^{A}	۱۶۰^{AB}	۱۸۷/۲^{A}	۱۶۸^{A}	۱۲۴/۴^{C}	۱۲۴^{C}	۱۲۸/۷^{BC}

وزن تر و خشک ریشه: اثر تیمارهای آزمایش بر پارامتر وزن تر ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده و بالاترین میانگین وزن ریشه در تیمار باکتری *Pseudomonas* sp. Az-48 و برابر با ۱۸۷/۲ گرم بوده که با افزایش ۵۰٪ نسبت به شاهد با آن دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). اما با وجود اینکه وزن خشک ریشه متأثر از تیمارهای آزمایش قرار نگرفت باز هم این تیمار باکتری بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داد (شکل ۲). وزن بالاتر ریشه هر چند نشان از بهتر بودن شرایط لنگرگاهی گیاه است اما دلیل قطعی بر تغذیه بهتر گیاه نخواهد بود. چون ریشه‌های مویی‌تر در عین جذب بهتر، وزن کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. در این تحقیق هم مشخص شد در تیمارهایی مانند باکتری *Pseudomonas* Az-48 با وزن ریشه بالا، کم‌ترین وزن اندام هوایی را داشته و تیماری مانند تیمار کودی ۵۰٪، با دارا بودن بیش‌ترین وزن اندام هوایی که از نظر تغذیه‌ای نیز در وضعیت خوبی است، کم‌ترین وزن ریشه را دارد و تمام این اختلافات به دلیل نوع و شرایط توسعه ریشه‌ای متفاوت در گیاهان می‌باشد. احتمالاً هورمون‌های رشد، تراکم ریشه و ریشه های مویین را زیاد کرده و از این طریق بر جذب بیش‌تر عناصر غذایی به‌خصوص عناصر ماکرو مانند فسفر و پتاسیم اثر می‌گذارد (Broughton and Ouler, 1986).



شکل ۲- تأثیر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک ریشه

مقدار پتاسیم اندام هوایی: این صفت نیز در سطح احتمال ۱٪ متأثر از تیمارهای آزمایش بوده و 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. در بین تیمارهای باکتریایی نیز *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1 با مقدار ۱۰۲۵/۲ میلی‌گرم بر وزن اندام هوایی بهتر از بقیه عمل کرده و با افزایش ۱۶٪ نسبت به شاهد دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای آزمایش بر مقدار پتاسیم اندام هوایی

منابع

حاجی‌بلند، ر.، علی‌اصغرزاد، ن. و مهرفر، ز. ۱۳۸۳. بررسی اکولوژیکی *ازتوباکتر* در دو منطقه مرتعی آذربایجان و اثر تلقیح آن روی رشد و تغذیه معدنی گیاه گندم. نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۸. شماره ۲. صفحه‌های ۷۵-۸۹.

حمیدی، آ. ۱۳۸۵. جنبه‌های اگرواکولوژیک کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد دانه و علوفه سیلویی دورگه‌ای دیررس ذرت. رساله دکتری رشته علوم خاک. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

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.

صالح راستین، ن.، خاورزی، ک. و فلاح ع.ر. ۱۳۷۸. بررسی باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات در افزایش پتاسیم قابل جذب گیاه ذرت. مجله علوم آب و خاک، جلد سوم. شماره ۲. صفحه‌های ۱۲۰-۱۳۰.

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

Badr, M.A., Shafei, A.M., El-Deen, S.H.S. 2006. The Dissolution of K and P-bearing Minerals by Silicate Dissolving Bacteria and Their Effect on Sorghum Growth. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2(1): 5-11.

Barker, W.W., Welch, S.A., Chu, S. and Banfield, J.F. 1998. Experimental observations of the effects of bacteria on aluminosilicate weathering. American Minerals, 83:1551–1563.

Basak, B.B. and Biswas, D.R. 2010, Coinoculation of potassium solubilizing and nitrogen fixing bacteria on solubilization of waste mica and their effect on growth promotion and nutrient acquisition by a forage crop. Biology and Fertility of Soils, 46: 641-648.

Broughton, W.J. and Ouler, S. 1986. Nitrogen fixation. volume 4: Mollecular biology. Clarendon press. Oxford

Han, S., Jung, H.S., Lee, K.D. 2006. Rock phosphate potassium and rock solubilizing bacteria as alternative sustainable fertilizers. Agronomy and Sustainable Development. 26:233-240.

Read, J.J., Reddy, K.R., and Jenkins, H.N. 2006. Yield and quality of upland cotton as influenced by nitrogen and phosphorus. European Journal of Agronomy. 24: 282-290.

Sheng, X.F. and Huang, W.Y. 2002. Study on the conditions of potassium release by strain NBT of silicate bacteria scientia. Agricultura Sinica, 35: 673-677.

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

Sindhu, S.S., Dua, S., Verma, M.K., Khandelwal, A. 2010. Growth promotion of legumes by inoculation of rhizosphere bacteria. Microbes for legume improvement.CCS Haryana Agricultural University, India.

Singh, G., Biswas, D.R. and Marwah, T.S. 2010, Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Nutrition, 33: 1236-1251.

Sparks, D.L., and P.M. Huang. 1985. Physical chemistry of soil potassium. p. 201–276. In Munson, R.D. (ed.), Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.

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(3): 350-355.

Zahra, M.K., Monib, M., Abdel, A. and Heggo, A. 1984. Significance of soil inoculation with silicate bacteria. Control of Microbial Growth, 139: 349–357.

Inoculation Effect of *Bacillus, Pseudomonas, Enterobacter* and *Azotobacter* on Maize Growth and Potassium Uptake

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 important of potassium on plant growth, this study was done to determine the inoculation effect of some bacterial isolates on maize growth and K uptake in a soil with potassium deficiency. This study consisted of 8 bacterial isolates (belonged to *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* and *Azotobacter*), positive control (fertilizer treatments based on soil test equal to 50% and 100% of fertilizer recommendation) and negative control (without inoculation and fertilizer), and the experiment carried out based on completely randomized design with three replications. Results revealed that most measured parameters are significantly different ($P< 0.05$). The highest height, shoot dry weight and shoot potassium content were in 50% and 100% fertilizer treatments, the largest stem diameter and total biomass was related to *Enterobacter* sp. S16-3, the highest chlorophyll was observed in S19-1+S14-3 and *Enterobacter* sp. S16-3 and the most stomatal conductance was measured in *Azotobacter chroococcum* 14SP2-1.

Keywords: Potassium, Maize, Bacterial Isolate