نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، مهر – آبان 1396، ص. 1170-1159

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1159-1170

اثر تلقیح سودوموناس‌های آزادکننده پتاسیم بر رشد و جذب پتاسیم گوجه‌فرنگی در دو خاک با مقادیر مختلف پتاسیم در دسترس

معصومه دیلمی‌راد[1]- محمدرضا ساریخانی[*2] - شاهین اوستان[3]

تاریخ دریافت: 1395/06/28
تاریخ پذیرش: 1396/03/07

چکیده

پتاسیم یکی از عناصر غذایی اصلی ضروری برای گیاهان است که نقش حیاتی در فرایندهای گیاه دارد. این عنصر غالب‌ترین کاتیون جذبی به وسیله گیاهان می‌باشد و در رشد و توسعه و متابولیسم گیاه نقش اساسی دارد. پتاسیم در خاک به اشکال قابل استفاده، غیرتبادلی و در ساختار کانی‌ها وجود دارد. پتاسیمی که در ساختار کانی‌ها حضور دارد بیش از 90 تا 95 درصد پتاسیم خاک را به خود اختصاص می‌دهد. این شکل پتاسیم (پتاسیم موجود در کانیها) برای گیاهان به این سادگی قابل استفاده نمی‌باشد، بلکه گیاهان قادرند پتاسیم را تنها از فاز محلول خاک جذب و مورد استفاده قرار دهند. برخی از ریزجانداران خاک قادرند با سازوکارهایی، پتاسیم تثبیت شده و غیرتبادلی خاک را به فرم قابل استفاده تبدیل کنند و فراهمی پتاسیم را برای گیاه افزایش دهند. استفاده از باکتریهای محرک رشد به ویژه باکتریهای آزادکننده پتاسیم به عنوان کود زیستی یک شیوه امیدبخش در بهبود تغذیه پتاسیمی گیاهان و تولید آنها بوده و شیوه همسو با کشاورزی پایدار می‌باشد. بر این اساس آزمایش بر روی جداسازی و شناسایی این قبیل از باکتریها و بررسی کارایی آنها در تحقیقات اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش توانایی پنج جدایه میکروبی *Pseudomonas* spp. از باکتری‌های آزادکننده پتاسیم شامل S6-6، S10-3، S14-3، S19-1 و S21-1 بر بهبود رشد و افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه گوجه‌فرنگی در دو خاک با پتاسیم قابل استفاده کمتر از 200 mg/kg و خاک با پتاسیم قابل استفاده بیشتر از 400 mg/kg در حضور ریزجانداران بومی خاک بررسی شد. در این تحقیق دو خاک مختلف با میزان پتاسیم قابل استفاده کمتر از 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم (خاک خلعت‌پوشان) و بیش از 400 میلی‌گرم بر کیلوگرم (خاک کندوان) مورد استفاده قرار گرفت. همه جدایه‌های باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش (S6-6، S10-3، S14-3، S19-1 و S21-1) متعلق به جنس *سودوموناس* بودند و توانایی آنها به عنوان باکتریهای آزادکننده پتاسیم مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت استفاده باکتریها به عنوان زادمایه باکتریایی، ابتدا کشت تازه‌ای از آنها در محیط نوترینت براث تهیه شد و برای تلقیح کشت گیاه مورد استفاده قرار گرفت. برای تلقیح هر گلدان از 10 میلی‌لیتر زادمایه باکتریایی استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو خاک با مشخصات فوق با حضور 5 جدایه باکتری و یک تیمار شاهد (بدون تلقیح میکروبی) با در نظر گرفتن سه تکرار به انجام رسید. بذرهای گوجه‌فرنگی با زادمایه باکتریایی آغشته شد و کشت در خاک غیراستریل در حضور ریزجانداران بومی خاک انجام پذیرفت. آزمایش تا ابتدای فاز زایشی پیش رفت و پارامترهای رشدی و تغذیه‌ای گیاه (نظیر شاخص کلروفیل، وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، مقادیر عناصر فسفر و پتاسیم) اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت و مقایسات میانگین به روش دانکن انجام شد. نتایج در خاک با پتاسیم قابل استفاده کمتر از 200 mg/kg نشان داد که شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و ریشه،جذب پتاسیم و فسفر در اندام هوایی و ریشه متأثر از جدایه‌های باکتریایی بوده است. مقایسه میانگین نشان داد جدایه S21-1 بیشترین شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی، جذب پتاسیم و فسفر اندام هوایی را داشت که به ترتیب باعث افزایش 23/7، 12، 22/20 و 41 درصد نسبت به شاهد شد. جدایه S14-3 بیشترین وزن خشک ریشه، جذب پتاسیم و فسفر ریشه را داشت و به ترتیب باعث افزایش 36/6، 24/88 و 32/7 درصد نسبت به شاهد شد. اثرات باکتری بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک با پتاسیم قابل استفاده بیشتر از 400 mg/kg معنی‌دار نشد. اما مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار شاخص کلروفیل متعلق به جدایه S21-1 بود که نسبت به شاهد 14/11 درصد افزایش نشان داد و دو جدایه S14-3 و S21-1 بیشترین جذب پتاسیم و فسفر اندام هوایی را داشتند که به طور متوسط نسبت به شاهد 7 درصد افزایش نشان دادند، هر چند این اختلافات معنی‌دار نبود. در این آزمایشات، جدایه‌های S21-1 و S14-3 نسبت به سایر جدایه‌ها برتر شناخته شدند. این آزمایش مشخص ساخت که اثربخشی باکتریهای آزادکننده پتاسیم متاثر از پتاسیم قابل استفاده خاک می‌باشد و هر چه میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک کمتر باشد می‌توان انتظار داشت که اثربخشی این باکتریها افزایش یابد. تحقیقات در زمینه جداسازی باکتریهای آزادکننده پتاسیم بایستی ادامه داشته باشد و بایستی جدایه‌های باکتری در شرایط مختلف محیطی و در خاک‌های متفاوت مورد آزمایش قرار گیرند، تا با آزمایشاتی از این دست بتوان سویه‌های کارآمد را برای استفاده در عرضه کشاورزی معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های آزادکننده پتاسیم، پتاسیم، *سودوموناس*، گوجه‌فرنگی

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشدو دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، استاد شیمی و آلودگی خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: (Email: rsarikhani@yahoo.com

DOI: 10.22067/jsw.v31i4.58456

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

پتاسیم کاتیونی است که بیشترین جذب را در گیاهان عالی دارد. پتاسیم سبب فعال شدن آنزیم‌های گیاهی، حفظ آماس سلولی، افزایش فتوسنتز، کاهش تنفس سلولی، کمک به انتقال قند و نشاسته، کمک به جذب نیتروژن و همچنین برای ساخت پروتئین ضروری است (33). علاوه بر فرایندهای گیاهی باعث بهبود کیفیت محصول از طریق کمک به پرشدن دانه و وزن دانه، تقویت ساقه، افزایش مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها و همچنین افزایش مقاومت در برابر تنش می‌شود (33). پتاسیم به سه شکل قابل دسترس (1 تا 2 درصد)، غیرتبادلی یا تثبیت شده (1 تا 10 درصد) و پتاسیم ساختمانی (90 تا 98 درصد) در خاک وجود دارد (35). پتاسیم قابل دسترس به‌صورت محلول و یا کاتیون بخش تبادلی می‌باشد که توسط بار منفی کانی‌های رسی و مواد آلی نگهداری می‌شود. که شکل قابل جذب برای گیاهان و ریزجانداران است و سهم کمی از پتاسیم کل خاک را به خود اختصاص می‌دهد (33). پتاسیم غیرتبادلی یا تثبیت شده در اکثر موارد به میزان متوسط تا ضعیف، قابل جذب برای گیاه است (38). بخش عمده پتاسیم در خاک در ساختمان کانی‌های پتاسیم‌دار مثل میکا، مسکوویت، بیوتیت و فلدسپارها وجود دارد. پتاسیم ساختمانی به کندی آزاد می‌شود. با این حال آزادسازی پتاسیم ساختمانی وابسته به مقدار پتاسیم در شکل‌های دیگر و درجه هوازدگی میکاها و فلدسپارهای دارای پتاسیم می‌باشد (35). عوامل مختلف محیطی از جمله pH، دما، اکسیژن، تنش و نوع سنگ‌های معدنی در انحلال پتاسیم مؤثرند (33). در کشور ما به دلیل برداشت‌های متوالی، استفاده از ارقام پرمحصول و نیاز فراوان برخی گیاهان زراعی به پتاسیم باعث شده تا کمبود پتاسیم در برخی از خاک‌ها و محصولات مشاهده شود (1). کمبود پتاسیم مدت‌ها پیش از بروز علایم ظاهری کمبود، سبب کاهش رشد و میزان عملکرد می‌شود (17). بنابراین برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه، پتاسیم محلول و تبادلی باید از طریق اضافه کردن کودهای شیمیایی و یا از طریق آزاد شدن پتاسیم تثبیت شده و هوازدگی کانی‌های پتاسیم‌دار تأمین گردد (36).

ریزجانداران نقش مهمی در چرخه‌های بیوشیمیایی مختلف دارند و مسئول چرخه‌های تبدیل عناصر به شکل قابل استفاده گیاهان هستند (42). جمعیت قابل توجهی از باکتری‌های آزادکننده یا حل‌کننده پتاسیم در ریزوسفر خاک وجود دارند (37). که از طریق تولید اسید آلی، پلی‌ساکاریدها (28) و تغییر pH و پتانسیل رداکس باعث انحلال سنگ‌ها و کانی‌های معدنی می‌شوند و به فراهمی پتاسیم، فسفر و سیلیسیم و همچنین رشد گیاه کمک می‌کنند (8 و 19). علاوه بر این باکتری‌های ریزوسفری باعث سرکوب بیماری‌های مختلف گیاهان می‌شوند (32). اثرات مفید تلقیح باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم برمحصولات متعددی نظیر سورگوم (44)، سیب‌زمینی شیرین و تاپیوکا (9)، پنبه (29)، فلفل و خیار (13)، بادام زمینی (39)، ذرت (31)، گندم (26 و 31) ، بامیه (27) و تنباکو (45) گزارش شده است. برای اولین بار الکساندروف افزایش عملکرد گندم و ذرت را با استفاده از کانی‌های معدنی و تلقیح با باکتری‌های سیلیکاتی گزارش کرد (6). تلقیح باکتری آزادکننده پتاسیم به خاک با فرسایش شدید در مقایسه با خاک دارای فرسایش متوسط، باعث افزایش عملکرد گندم به میزان 1/04 تن در هکتار شد (23) این در حالی بود که در خاک با فرسایش متوسط تلقیح باکتری صورت نگرفته بود. شنگ (29) در یک آزمایش گلدانی گزارش کرد که تلقیح باکتری آزاد کننده پتاسیم *B. edaphicus* NBT به گیاه پنبه در خاکی با پتاسیم پایین باعث افزایش 30 درصدی وزن خشک اندام هوایی و ریشه و افزایش جذب 26 درصدی پتاسیم در گیاه شد. در یک آزمایش مزرعه‌ای تلقیح باکتری حل‌کننده سیلیکات *B.cereus* به همراه فلدسپار و کاه برنج باعث افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی شد (7). پارمار (26) گزارش کرد تلقیح جدایه HWP47 به گندم واریته WH711 باعث افزایش 51/46 درصدی وزن خشک ریشه و 44/28 درصدی وزن خشک ساقه نسبت به شاهد در مدت شصت روز کشت در داخل گلدان شد. جدایه HWP47 همچنین باعث افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم در بافت هوایی گندم شد. پراجاپاتی و همکاران (27) در یک آزمایش گلدانی با تلقیح باکتری آزادکننده پتاسیم *Enterobacter hormaechei* و قارچ *Aspergillus terreus* به گیاه بامیه (*Ablemoscus esculantus*) در خاکی با مقدار پتاسیم کم و در حضور فلدسپار گزارش کردند رشد ریشه و اندام هوایی و مقدار پتاسیم در گیاه بامیه افزایش پیدا کرد. ژانگ و همکاران (45) گزارش کردند که تیمار تنباکو با چهار جدایه GL7، GM3، XF4 و XF11 از باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک و جذب پتاسیم و نیتروژن در گیاه شد. از میان جدایه‌ها، جدایه XF11 بیشترین تأثیر را بر رشد و جذب عناصر غذایی تنباکو داشت.

به نظر اثربخشی باکتریهای آزادکننده پتاسیم به نوع باکتری، نوع محصول، حضور سایر ریزجانداران خاک، شرایط خاک (از جمله وضعیت عناصر غذایی خاک به ویژه سطح عنصر پتاسیم خاک) و سایر عوامل وابسته است. با توجه به تثبیت شدن مواد مغذی و کودهای شیمیایی در خاک بهره‌گیری از باکتری‌های محرک رشد مانند حل‌کنندگان پتاسیم باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست محیطی ناشی از کاربرد آن‌ها می‌شود (31). و همچنین یک راه حل پایدار در جهت تغذیه بهتر گیاه و تولید خواهد بود (40). با این توضیح در این آزمایش به ارزیابی توان جدایه‌ها بر رشد و تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه در دو خاک با میزان پتاسیم کمتر از 200

Archive of SID

www.SID.ir

میلی‌گرم در کیلوگرم و بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

جهت انجام آزمایش دو خاک به ترتیب از ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، با پتاسیم قابل استفاده کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم (لوم شنی) و خاک دوم از منطقه کندوان با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم (لوم رسی شنی) انتخاب شدند. آزمایش در فاز گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مشخصات دو خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

جدایه‌های باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از S6-6، S10-3، S14-3، S19-1، S21-1 که همگی متعلق به جنس *Pseudomonas* بوده و به عنوان باکتری‌های آزادکننده پتاسیم جداسازی و شناسایی شده‌اند و از بانک میکروبی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز دریافت شد (4). کشت شبانه باکتریها برای رسیدن به (OD= 0/8) در محیط نوترینت براث انجام شد و از آن برای تلقیح گلدانها استفاده شد. کشت گیاه در خاک ضدعفونی نشده در گلدان‌های 2 کیلوگرمی با 10 بذر گوجه‌فرنگی انجام شد. و بر اساس آزمون خاک، مقادیر کافی P (سوپر فسفات تریپل به مقدار 200 کیلوگرم در هکتار) و N (از منبع اوره به مقدار 400 کیلوگرم در هکتار) به ترتیب به مقدار 114 و 354 میلی‌گرم به ازاء هر گلدان در دو خاک افزوده شد (5). هر گلدان با 10 میلی‌لیتر مایه تلقیح باکتریایی با OD= 0/8 (1 میلی‌لیتر به ازای هر بذر) بر اساس طرح آزمایشی تلقیح شد. برای حصول اطمینان از کلنیزاسیون باکتری در ریزوسفر گیاه، بعد از حدود یک ماه مجدداً تلقیح میکروبی انجام شد. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر برای تامین رطوبت FC 0/8 از طریق توزین انجام شد. بعد از جوانه‌زنی بذور تعداد چهار گیاه سالم و یکدست در هر گلدان نگه‌داشته شد و بقیه از گلدان خارج شدند. در پایان دوره رشد (3 ماه، زمان گلدهی) پارامترهای رشدی گیاه نظیر شاخص کلروفیل برگ، وزن خشک، غلظت پتاسیم و فسفر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ، برگ‌های بالغ و شاداب از هر گیاه انتخاب و میزان کلروفیل آن با دستگاه کلروفیل سنج (مدلHansatech CL-01، ساخت کشور انگلستان) در دو طول موج 620 و 640 نانومتر اندازه‌گیری شد. میانگین داده‌های دستگاه کلروفیل‌سنج به عنوان شاخص کلروفیل هر گلدان در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری غلظت پتاسیم و فسفر بافت‌های گیاهی با توزین نیم گرم ماده خشک از روش هضم با اسید نیتریک غلیظ 65 درصد انجام شد (41). غلظت پتاسیم پس از رقیق ساختن عصاره اصلی نمونه‌های هضم شده، از روش جونز (15) با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر (مدل 410، ساخت شرکت Corning انگلستان) و فسفر بافت‌های گیاهی از روش اولسن و سامرز (24) در طول موج 470 نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (PD- 303، ساخت شرکت اپل ژاپن) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 22 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام گردید. همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه دو خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول 1 و همچنین برخی از ویژگی‌های محرک رشدی اندازه‌گیری شده جدایه‌های نام برده در جدول 2 آمده است.

جدول 1- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکهای مورد استفاده

Table 1- Some of physicochemical properties of soils

Soil sample نمونه خاک	Soil texture بافت خاک	pH اسیدیته	EC هدایت الکتریکی (dS/m)	OC کربن آلی (%)	K پتاسیم	P فسفر	Fe آهن	Zn روی	Mn منگنز	Cu مس
					(mg/kg)					
خلعت پوشان Khalat pushan	SL	7.56	0.29	0.16	198.07	3	1.31	1.72	1.78	0.90
کندوان Kandovan	SCL	7.50	0.36	0.41	432	3	8.05	1.80	7.74	2.31

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- برخی از ویژگی‌های محرک رشدی جدایه‌های مورد استفاده

Table 2- Some PGPR properties of isolates.

جدایه Isolate	حل‌کننده‌گی فسفات معدنی نامحلول Insoluble inorganic phosphate solubility (mg/L)	تولید اکسین Auxin production (mg/L)	تولید سیدروفور در محیط CAS-Agar (قطر هاله به کنی) Siderophore production on CAS-Agar (halo diameter/colony diameter)
S6-6	367.25	5.16	1.7
S10-3	343.65	5.63	1.8
S14-3	347.93	14.81	2.1
S19-1	343.51	3.06	1.8
S21-1	338.93	15.01	1.9

با توجه به نتایج این آزمایش اثر تیمار باکتری در خاک با پتاسیم کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم بر شاخص کلروفیل، وزن خشک، جذب پتاسیم و فسفر معنی‌دار بود. درحالیکه اثر تیمار باکتری در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم غیر معنی‌دار شد (جدول 2 و 3).

جدول 2- میانگین مربعات شاخص کلروفیل، وزن خشک و جذب پتاسیم و فسفر بافت گیاهی در خاک لوم شنی

Table 2- Sum of square of chlorophyll index, dry weight, uptake of K and P in tissue of plant in sandy loam soil.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g/pot)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/pot)	جذب پتاسیم اندام هوایی Uptake of shoot K (mg/pot)	جذب پتاسیم ریشه Uptake of root K (mg/pot)	جذب فسفراندام هوایی Uptake of shoot P (mg/pot)	جذب فسفر ریشه Uptake of root P (mg/pot)
تیمار Treatment	5	3.539**	0.652*	0.127**	497.53*	25.89**	21.59**	8.29**
خطای آزمایشی Error	12	0.316	0.183	0.02	137.63	4.84	1.15	1.406
ضریب تغییرات (درصد) CV%		13.41	8	19.13	10.46	17.27	13.4	19.47

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال 1 درصد، * معنی‌دار بودن در سطح احتمال 5 درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at the 1% level, * significant at the 5% level, ns non-significant

جدول 3- میانگین مربعات وزن خشک و غلظت پتاسیم هوایی و ریشه در خاک لوم رسی شنی

Table 3- Sum of square of chlorophyll index, dry weight, uptake of K and P in tissue of plant in sandy clay loam soil.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g/pot)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/pot)	جذب پتاسیم اندام هوایی Uptake of shoot K (mg/pot)	جذب پتاسیم ریشه Uptake of root K (mg/pot)	جذب فسفراندام هوایی Uptake of shoot P (mg/pot)	جذب فسفر ریشه Uptake of root P (mg/pot)
تیمار Treatment	5	1.212ns	8.21ns	0.058ns	1467.05ns	19.329ns	20.31*	1.465ns
خطای آزمایشی Error	12	0.604	0.932	0.039	633.35	14.9	5.74	2.22
ضریب تغییرات (درصد) CV%		7	8.94	20	11.64	21.6	15.11	25

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال 1 درصد، * معنی‌دار بودن در سطح احتمال 5 درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at the 1% level, * significant at the 5% level, ns non-significant

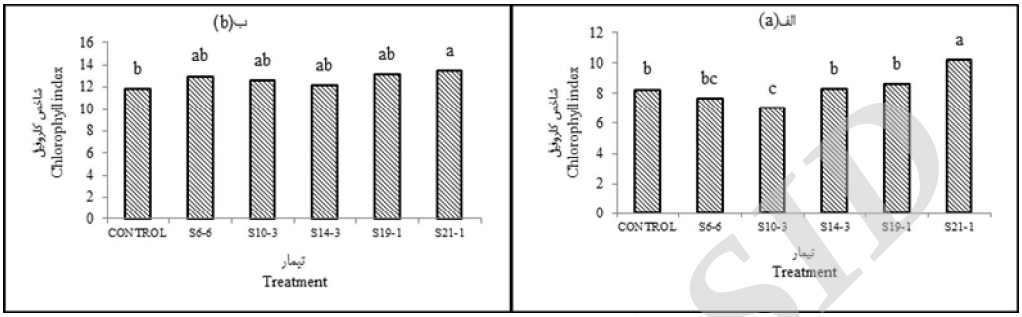
Archive of SID

www.SID.ir

شاخص کلروفیل

اثر تیمار باکتری در خاک با پتاسیم کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم بر شاخص کلروفیل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). جدایه S21-1 (10/21) بیشترین مقدار کلروفیل را دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و نسبت به شاهد 23/7 درصد افزایش نشان داد. جدایه S10-3 کمترین مقدار کلروفیل را داشت که با بقیه تیمارها اختلاف آماری معنی‌دار داشت و با جدایه S6-6 در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل 1-الف).

در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم اثر تیمار باکتری معنی‌دار نبود (جدول 3). ولی جدایه S21-1 (13/5) بیشترین مقدار کلروفیل را داشت که نسبت به شاهد 14/11 درصد افزایش نشان داد (شکل 1-ب).



شکل 1- اثر تیمار باکتری بر شاخص کلروفیل در خاک لوم شنی (الف) و خاک لوم رسی شنی (ب)
اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Figure 1- Effect of bacteria on chlorophyll index in sandy loam soil (a) and sandy clay loam soil (b)
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

نتایج این آزمایش نشان داد که جدایه S21-1 در هر دو خاک باعث افزایش شاخص کلروفیل نسبت به شاهد بدون باکتری شد. به نظر می‌رسد جدایه ذکر شده از طریق فراهم آوردن شرایط تغذیه‌ای مناسب و افزایش دسترسی گیاه به عناصر قابل استفاده باعث افزایش شاخص کلروفیل شده است. باکتری‌های حل کننده پتاسیم و فسفر و دیگر ریزوباکتری‌های مفید باعث آزادسازی مواد مغذی به فرم قابل استفاده گیاه می‌شوند و اثرات مفیدی بر روی رشد گیاه دارند (20). اگامبردیوا (10) گزارش کرد تلقیح بذر ذرت با *سودوموناس* و قارچ میکوریز باعث افزایش شاخص کلروفیل در گیاه ذرت شد. کاوینو و همکاران (25) نیز نتایج مشابهی از افزایش شاخص کلروفیل در نتیجه تلقیح گیاه ذرت با *سودوموناس* گزارش کردند.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

اثر تیمار باکتری در خاک با پتاسیم کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم بر وزن خشک هوایی و ریشه به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین نشان داد که جدایه S21-1 (7/87 g/pot) بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را داشت که نسبت به شاهد 12 درصد افزایش نشان داد و با بقیه تیمارها به جز جدایه S6-6 اختلاف آماری معنی‌دار داشت. و جدایه S14-3 (1/5 g/pot) بیشترین وزن خشک ریشه را دارا بود که نسبت به شاهد 33/6 درصد افزایش نشان داد و با بقیه تیمارها به جز جدایه S19-1 (1/27 g/pot) اختلاف آماری معنی‌دار داشت (شکل 2-الف).

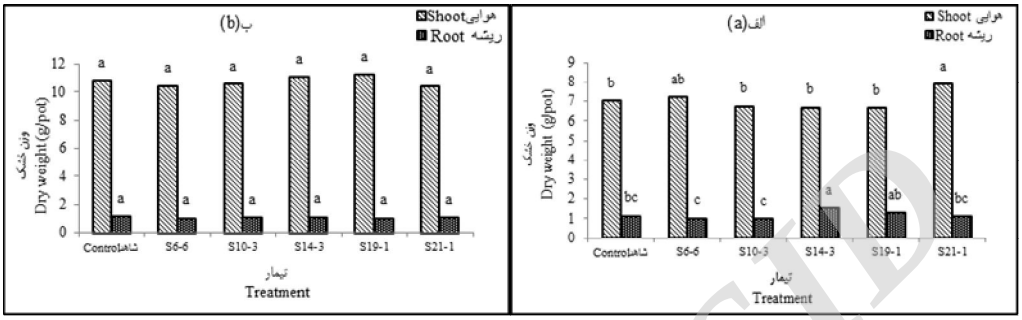
در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم اثر باکتری بر وزن خشک هوایی و ریشه غیر معنی‌دار شد (جدول 3). مقایسه میانگین وزن خشک نشان داد که جدایه‌های S19-1 (11/22g) و S14-3 (11/02g) بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشتند که به ترتیب نسبت به شاهد 4 و 2 درصد افزایش داشتند و هیچ یک از تیمارهای باکتری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. مقایسه میانگین وزن خشک ریشه نشان داد که شاهد (1/32 g/pot) بیشترین وزن خشک ریشه را داشت ولی با سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل 2-الف).

جدایه S21-1 و S14-3 به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به سایر تیمارها در مقایسه با شاهد بدون باکتری در خاک با میزان پتاسیم کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم (لوم شنی) شدند. باتوجه به اینکه جدایه‌های مورد استفاده در این آزمایش توانایی تولید اکسین و سیدروفور را دارند (2). می‌توان افزایش در وزن خشک ریشه توسط جدایه‌های باکتری را به تولید مواد محرک رشد گیاه از جمله تولید اکسین توسط باکتری نسبت داد. در اوایل رشد گیاه تلقیح باکتری از طریق تولید تنظیم کننده‌های رشد باعث تحریک رشد ریشه و به سبب آن جذب بهتر آب و مواد غذایی در گیاه می‌شود (43) و افزایش زیست توده گیاه در ارتباط با تغذیه بهتر گیاه خواهد بود. باکتری‌های محرک رشد که در ارتباط با ریشه

Archive of SID

www.SID.ir

گیاه هستند از طریق تولید هورمون‌های گیاهی، سیدروفور و متحرک کردن پتاسیم، فسفر و آهن همزمان با بذر یا تلقیح به خاک باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند (14 و 31). باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم از طریق سرکوب عوامل بیماریزا و تخریب کانی‌های سیلیکاتی و آزاد سازی پتاسیم، سیلیس وآلومینیوم و همچنین ترشح مواد زیستی فعال سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند (18). تلقیح گوجه‌فرنگی با باکتری آزاد کننده پتاسیم *B. mucilaginosus* RCBC13 باعث افزایش 125 درصد زیست توده در مقایسه با شاهد بدون باکتری شد (20). گلیک و همکاران (12) نتایج مشابهی از افزایش رشد و توسعه ریشه و بخش هوایی در گیاه گوجه‌فرنگی و کاهو توسط جدایه‌های *سودوموناس* گزارش کردند.



شکل 2- اثر تیمار باکتری بر وزن خشک گوجه‌فرنگی در خاک لوم شنی (الف) و لوم رسی شنی (ب)
اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Figure 2- Effect of bacteria on dry weight tomato in sandy loam soil(a) and sandy clay loam (b)
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

اما در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم (لوم رسی شنی) جدایه‌های S19-1 و S14-3 باعث افزایش ناچیز وزن خشک اندام هوایی گیاه در مقایسه با شاهد بدون باکتری شدند، که معنی دار نبوده است. اگامبردیوا (10) گزارش کرد تلقیح ذرت با *سودوموناس* و قارچ میکوریز در خاک فقیر وزن خشک هوایی 30-17 درصد و وزن خشک ریشه 52-19 درصد در مقایسه با شاهد افزایش داشته است اما در خاک غنی از پتاسیم با بافت لوم شنی افزایش چشمگیری مشاهده نشد. بنابراین هر چه میزان پتاسیم در خاک کمتر باشد میزان تاثیر ریز جانداران بیشتر می‌باشد. این نتیجه با نتایج اگامبردیوا و هوفلیخ (11) مطابقت دارد. با توجه به توضیحات بالا می‌توان افزایش رشد و توسعه بخش هوایی و ریشه را به تولید و ترشح تنظیم کننده‌های رشد مانند اکسین و جیبرلین نسبت داد.

جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه

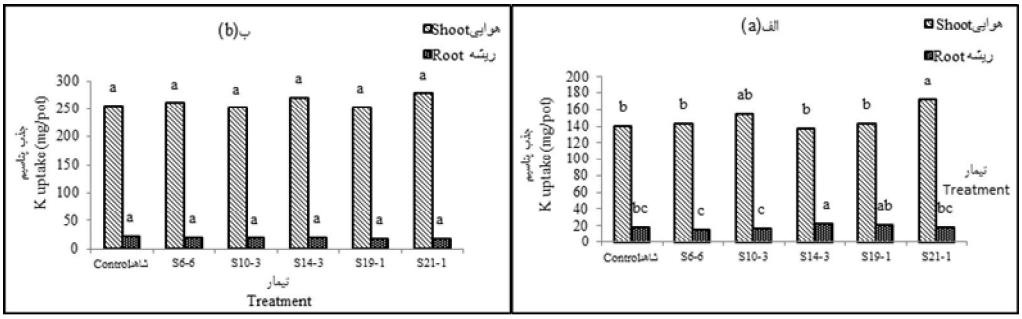
اثر تیمار باکتری در خاک با پتاسیم کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم بر جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین نشان داد جدایه S21-1 (172/45 mg/pot) و S14-3 (23/49 mg/pot) به ترتیب بیشترین جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه را داشتند و نسبت به شاهد 22/20 و 24/88 درصد افزایش نشان دادند (شکل 3-الف).

در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم اثر تیمار باکتری برجذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه غیر معنی‌دار شد (جدول 3). مقایسه میانگین نشان داد جدایه S21-1 (278/61 mg/pot) و S14-3 (270/73 mg/pot) بیشترین جذب پتاسیم اندام هوایی را داشتند که به طور متوسط نسبت به شاهد 7/6 درصد افزایش نشان دادند ولی اختلاف آماری معنی‌داری بین هیچ کدام از تیمارها مشاهده نشد. بیشترین جذب پتاسم ریشه متعلق به شاهد (22/17 mg/pot) بود که با سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل 3-ب).

همانگونه که از شکل 3 پیداست در خاکی با مقادیر پتاسیم در دسترس بالا، میزان جذب پتاسیم در تمام تیمارها نسبت به خاک با کمبود پتاسیم، بیشتر است اما این امر در خاکی با کمبود پتاسیم متاثر از تیمارهای باکتریایی بوده است به صورتی که در مقایسه با شاهد بدون تلقیح میکروبی افزایش جذب پتاسیم را به دنبال داشته است. دو جدایه S21-1 و S14-3 به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه نسبت به شاهد بدون باکتری شدند. این نشان‌دهنده قابلیت فراهمی پتاسیم دو جدایه ذکر شده در حضور ریزجانداران بومی خاک است. هر چند در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم (لوم رسی شنی) این افزایش قابل توجه نبود. نتایج اگامبردیوا (10) نشان داد در خاک با عناصر غذایی پایین مقدار جذب عناصر غذایی بیشتر از خاک غنی بوده است. ریزجانداران از طریق تولید اسید آلی و کپسول‌های پلی‌ساکاریدی باعث انحلال کانی‌ها و آزادسازی پتاسیم می‌شوند (21 و 30). تولید کربوکسیلیک اسید مانند سیتریک و اگزالیک اسید از مکانیسم‌های غالب در آزادسازی پتاسیم گزارش شده است (30).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- اثر تیمار باکتری بر جذب پتاسیم گوجه‌فرنگی در خاک لوم شنی (الف) و لوم رسی شنی (ب)
اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

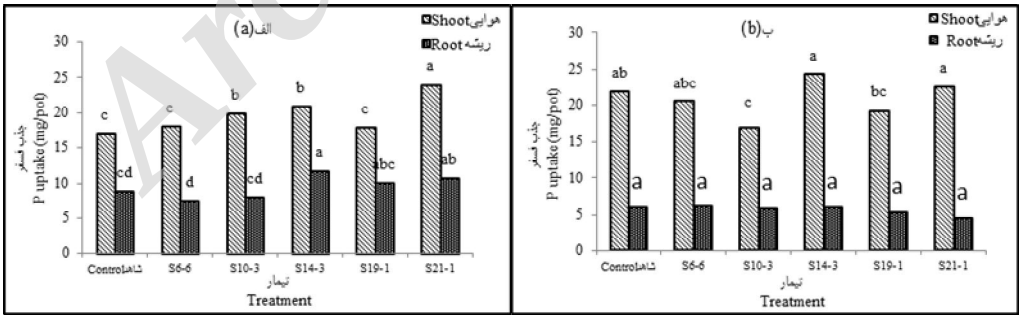
Figure 3- Effect of bacteria on K uptake tomato in sandy loam soil (a) and clay sandy loam soil (b)
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

لیو و همکاران (20) گزارش کردند که پلی‌ساکاریدها به شدت اسیدهای آلی را جذب می‌کند و به سطح کانی‌ها متصل می‌شود و در نتیجه تجمع اسید آلی در نزدیکی کانی‌ها افزایش می‌یابد و به انحلال آن کمک می‌کند. همچنین پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی قادر به جذب سطحی SiO_2 هستند و این باعث به هم خوردن تعادل فاز جامد و مایع شده و منجر به انحلال بیشتر SiO_2 و K^+ می‌شود. تلقیح باکتری *B. mucilaginosus* MCRCp1 به بادام‌زمینی سبب رشد گیاه و همچنین افزایش میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک از 86/57 به 99/60 میلی‌گرم در کیلوگرم شد (39). شنگ (29) در یک آزمایش گلدانی گزارش کرد که تلقیح باکتری آزادکننده پتاسیم *B. edaphicus* NBT به گیاه پنبه در خاکی با پتاسیم پایین باعث افزایش 26 درصد مقدار پتاسیم در گیاه شد. صدقیانی و همکاران (3) گزارش کردند که تلقیح 5 جدایه از باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم (متعلق به جنس *Bacillus* و *Pseudomonas*) به ریزوسفر گیاه ذرت منجر به جذب بیشتر پتاسیم در حضور کانی‌های (بیوتیت، فلوگوپیت و مسکویت) مورد استفاده، در مقایسه با شاهد شد.

جذب فسفر اندام هوایی و ریشه

اثر تیمار باکتری در خاک با پتاسیم کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم بر جذب فسفر اندام هوایی و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین نشان داد که جدایه S21-1 (24/63 mg/pot) و S14-3 (11/81 mg/pot) به ترتیب بیشترین جذب فسفر اندام هوایی و ریشه را داشتند که نسبت به شاهد 41 و 32/7 درصد افزایش نشان دادند (شکل 4-الف).

در خاک لوم با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم اثر تیمار باکتری بر جذب فسفر اندام هوایی و ریشه غیر معنی‌دار شد (جدول 3).



شکل 4- اثر تیمار باکتری برجذب فسفر گوجه‌فرنگی در خاک لوم شنی (الف) و خاک لوم رسی شنی (ب)
اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Figure 4- Effect of bacteria on P uptake tomato in sandy loam soil (a) and clay sandy loam soil (b)
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین جذب فسفر اندام هوایی متعلق جدایه S21-1 (24/31 mg/pot) و S14-3 (22/66 mg/pot)

Archive of SID

www.SID.ir

بود که به طور متوسط نسبت به شاهد 7 درصد افزایش داشتند و اختلاف آماری معنی‌داری با جدایه S19-1 و S10-3 داشتند. بیشترین جذب فسفر ریشه مربوط به جدایه S6-6 (6/14 mg/pot) بود که نسبت به شاهد 1/65 درصد افزایش نشان داد (شکل 4-ب).

دو جدایه S21-1 و S14-3 باعث افزایش جذب فسفر در هر دو خاک شدند هرچند این افزایش در خاک با پتاسیم بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم معنی‌دار نبود. این نشان دهنده توانایی جدایه‌های فوق در آزادسازی و فراهمی فسفر برای گوجه‌فرنگی در حضور جدایه‌های بومی خاک است. پارک و همکاران (26) گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های سیلیکاتی یا آزادکننده پتاسیم می‌توانند فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک را از طریق تولید اسیدهای آلی و سیدروفور و دیگر مواد محرک رشد گیاه افزایش داده و منجر به جذب بیشتر این دو عنصر توسط گیاه شود. تلقیح گوجه‌فرنگی با باکتری آزاد کننده پتاسیم *B. mucilaginosus* RCBC13 باعث جذب بیش از 150 درصد فسفر و پتاسیم در گیاه گردید (20). شنگ و هی (30) گزارش کردند در خاکی با میزان پتاسیم قابل استفاده کم تلقیح باکتری آزادکننده پتاسیم *B. edaphicus* به گندم باعث افزایش قابل توجه مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اجزای گندم تلقیح شده با این باکتری شد.

نتیجه‌گیری کلی

جدایه‌های مورد استفاده در این آزمایش سبب بهبود رشد و شرایط تغذیه‌ای در گیاه گوجه‌فرنگی در حضور ریزجانداران بومی خاک شدند. که این نشاندهنده توان آزادسازی پتاسیم توسط جدایه‌ها و تولید مواد محرک رشد و اثر بخشی آن بر روی گیاه گوجه‌فرنگی بود. در این میان دو جدایه S21-1 و S14-3 نسبت به سایر جدایه‌ها مؤثرتر بودند. هر چند نتایج در خاک کندوان (پتاسیم قابل دسترس بیشتر از 400 میلی‌گرم در کیلوگرم) چشم‌گیر نبود. نتایج به دست آمده نشاندهنده آن است که هر چه سطح پتاسیم قابل دسترس در خاک کمتر باشد اثر بخشی جدایه‌ها بیشتر خواهد بود.

منابع

1- Bahraini M., Dordipour E., and. Khormali F. 2006. Importance of potassium fertilizers application in agriculture of Iran. Proceedings of the 2th congress of the iran nationalon ecological gricultur, 28 Sep. 2006. Gorgan, Iran. (in Persian with English abstract).

2- Deilamirad M. 2015. Effect of potassium releasing *Pseudomonads* on K uptake and Tomato growth in two different soils. M.Sc. Thesis, Department of soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. (in Persian with English abstract).

3- Rasouli Sadaghiani M.H., Sadeghi S., Barin M., Sepehr E., and Dovlati B. 2017. The effect of silicate solubilizing bacteria on potassium release from mica minerals and its uptake by corn plants. JWSS-Isfahan University of Technology, 20:89-102.

4- Sarikhani M.R., Oustan S., Aliasgharzad N., and Ebrahimi M. 2015. Screening of silicate bacteria (Potassium releasing bacteria) and assessment of high efficient isolates on growth and potassium uptake by tomato. Project at University of Tabriz.

5- Malakuti M.J., and Gheibi M.N. 2001. Determine the critical level of soil nutrient elements, plant and fruit. Research organization, Agricultural Extension and Education, Published by Amozesh, pp 56. (in Persian).

6- Aleksandrov V.G. 1958. Organo-mineral fertilizers and silicate bacteria. Dokl Akad Nauk, 7:43–48.

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

8- Buss H.L., Luttge A., Brantley S.L. 2007 Etch pit formation on iron silicate surfaces during siderophore-promoted dissolution. Chemical Geology, 240:326–342.

9- Clarson D. 2004. Potash biofertilizer for ecofriendly agriculture. Agro-clinic and Research Centre, Poovanthuruthu, Kottayam (Kerala), pp 98–110.

10- Egamberdiyeva D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil Ecology, 36(2):184-189.

11- Egamberdiyeva D., and Höflich G. 2003. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry, 35(7):973-978.

12- Glick B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 41:109–117.

13- Han H.S., Supanjani E., Lee K.D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment, 52:130–136.

14- Herridge D.F., Peoples M.B., Boddey R.M. 2008. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. Plant and Soil, 311:1–18.

15- Jones J. B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.

Archive of SID

www.SID.ir

16- Kavino M., Harish S., Kumar N., Saravanakumar D., and Samiyappan R. 2010. Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (Musa spp.) under field conditions. Applied Soil Ecology, 45:71–77.
17- Khanwilkar S.A., Ramteke J.R. 1993. Response of applied K in cereals in Maharashtra. In: Agriculture, pp 84–96.
18- Kumar A., Bahadur I., Maurya B.R., Raghuwanshi R., Meena V.S., Singh D.K. and Dixit J. 2015. Does a plant growth promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability. Journal of Pure Applied Microbiology, 9:715-724.
19- Lian B., Chen Y., Zhu L.J., and Yang R.D. 2008. Progress in the study of weathering of carbonate rock by microbes. Earth Science Frontiers, 15:90–99.
20- Lin Q.M., Rao Z.H., Sun Y.X., Yao J., and Xing L.J. 2002. Identification and practical application of silicate-dissolving bacteria. Agricultur Science China, 1:81–85.
21- Liu W., Xu X., Wu S., Yang Q., Luo Y., and Christie P. 2006. Decomposition of silicate minerals by *Bacillus mucilaginosus* in liquid culture. Environmental Geochemistry and Health, 28:133–140.
22- Marques A.P., Pires C., Moreira H., Rangel A.O., and Castro M.L. 2010. Assessment of the plant growth promotion abilities of six bacterial isolates using *Zea mays* as indicator plant. Soil Biology and Biochemistry, 42:1229–1235.
23- Mikhailouskaya N., and Tcherhysh A. 2005. K-mobilizing bacteria and their effect on wheat yield. Agronomijas Vestis (Latvia), 8:154–157.
24- Olsen S.R., and Sommers L.E, 1982. Phosphorus. P. 403-430. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil Analysis. Part 2. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
25- Park M., Singvilay O., Seok Y., Chung J., Ahn K., and Sa T. 2003. Effect of phosphate solubilizing fungi on P uptake and growth to tobacco in rock phosphate applied soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 36:233–238.
26- Parmar P. 2010. Isolation of potassium solubilizing bacteria and their inoculation effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). M.Sc. Thesis submitted to CCS Haryana Agricultural University, Hisar.
27- Prajapati K., Sharma M.C., and Modi H.A., 2013.Growth promoting effect of potassium solubilizing microorganisms on *Abelmoscus esculantus*. International Journal of Agriculture Sciences, 3(1):181-188.
28- Rogers J.R., Bennett P.C., and Choi W.J. 1998. Feldspars as a source of nutrients for microorganisms. American Mineralogist, 83:1532–1540.
29- 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.
30- Sheng X.F., and He L.Y. 2006. Solubilization of potassium bearing minerals by a wild type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Canadian Journal of Microbiology, 52:66–72.
31- Sindhu S.S., Dua S., Verma M.K., and Khandelwal A. 2010. Growth promotion of legumes by inoculation of rhizosphere bacteria. In Khan MS, Zaidi A, Musarrat J. (eds) Microbes for legume improvement. Springer, New York, pp 195–235.
32- Sindhu S.S., Seema Dua., and Sahu G. 2011. Biological control of plant diseases. In Rana MK. (ed) Modern concepts of vegetable production. Biotechnology Books, Daryaganj, New Delhi, pp 470–517.
33- Sindhu, S.S., Parmar, P. and Phour, M., 2014. Nutrient cycling: potassium solubilization by microorganisms and improvement of crop growth. In Geomicrobiology and Biogeochemistry (pp. 175-198). Springer Berlin Heidelberg.
34- 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.
35- Sparks D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. Advances in Soil Science, 6:1- 63.
36- Sparks D.L., and Huang P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. In Munson RD. (ed) Potassium in agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 201–276.
37- Sperberg J.I. 1958. The incidence of apatite solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Crop and Pasture Science; 9(6):778-81.
38- Srinivasa Rao C., Rupa T.R., Subba Rao A., Ramesh G., and Bansal S.K. 2000. Release kinetics of non-exchangeable potassium by different extractants from soils of varying mineralogy and depth. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37:473-491.
39- Sugumaran P., and Janarthanam B. 2007. Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. World Journal of Agricultur Science, 3(3):350–355.
40- Vessey K.J 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 25:557–586.
41- 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, Netherland.
42- Wall D.H., and Virginia R.A. 1999. Control of soil biodiversity: in sight from extreme environments. Applied Soil Ecology, 13:137–150.
43- Wu S.C., Caob Z.H., Lib Z.G., Cheunga K.C., and Wonga, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125:155–166.

Archive of SID

www.SID.ir

44- Zhang C.J., Tu G.Q., and Cheng C.J. 2004. Study on potassium dissolving ability of silicate bacteria. Journal of Shaoguan University (Social Science), 26:1209–1216.
45- Zhang C,. and Kong F. 2014. Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. Applied Soil Ecology, 82:18-25.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1159-1170

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، مهر – آبان 1396، ص. 1170-1159

Effect of Potassium Releasing Pseudomonads on Growth and K Uptake of Tomato in Two Soils with Different Amount of Available K

M. Deilamirad[1]- M.R. Sarikhani[2*] - Sh. Oustan[3]

Received: 18-09-2016
Accepted: 28-05-2017

Introduction: Potassium is a major and essential plant macronutrient and the most abundant absorbed cation in higher plants. Potassium (K) plays an important role in the growth, metabolism, and development of plants. There are three forms of potassium found in the soil *viz.*, soil minerals, nonexchangeable and available form. Soil minerals make up more than 90 to 98 percent of soil potassium. It is tightly bound and most of it is unavailable for plant uptake. Plants can uptake potassium only from the soil solution. Many indigenous soil microorganisms have the potential to absorb and mobilize the fixed form of nutrients from trace mineral sources. The use of plant growth promoting rhizobacteria including potassium-solubilizing bacteria as a biofertilizer could work as a sustainable solution to improve plant nutrient uptake and production. In this study the effect of five isolates of *Pseudomonas* were assessed on the growth and K uptake of tomato in two different soils with less than 200 mg/kg and more than 400 mg/kg available potassium.

Materials and Methods In this study, two different soil, Khalat pushan (K <200 mg/kg) and Kandovan (K >400 mg/kg) were used. All the isolates including S6-6, S10-3, S14-3, S19-1 and S21-1 used in this study belonged to *Pseudomonas* genus and their potential were examined as a potassium releasing bacteria (KRB). Bacterial isolates were cultured in NB medium and were used in pot experiments. Experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in two different soils by application of five bacterial isolates and the control without inoculum. Tomato seeds were inoculated with bacterial isolates in non-sterile soil and in the presence of indigenous soil microflora and the experiment continued until the beginning of the reproductive phase. The rate of inoculation was 10 ml of bacteria per pot. Growth and nutritional parameters such as dry weight of shoot and root, chlorophyll index, content of K and P in plant tissue were measured. Data analysis was performed by SPSS software, and the means were compared at α=5% by Duncan test.

Results and Discussion: The results of statistical analysis in the soil with less than 200 mg/kg available potassium (Khalatpoushan) showed the significant effect of bacterial inoculation on chlorophyll index, shoot and root dry weight and potassium and phosphorus content in shoot and root in bacterial treatments compared to the control. The highest amount of chlorophyll index, shoot dry weight and shoot absorption of potassium and phosphorus was accounted for S21-1. The highest amount of root dry weight and root absorption of potassium and phosphorus was accounted for S14-3.The results of second experiment in soil with more than 400 mg/kg available potassium (soil collected from Kandovan) showed that the measured properties were not affected by bacterial treatments. The highest amount of chlorophyll index was achieved by S14-3. The highest uptake of shoot potassium and phosphorus were recorded in plants which were inoculated by S14-3 and S21-1; however, the differences were not significant. While in this study we did not measure released K by bacteria in in-vitro condition but in the previous studies, their ability in K releasing from mica minerals such as muscovite and biotite had been measured and reported. Production of organic acid is one mechanism which proposed to explain potassium releasing ability of potassium releasing bacteria. It seems that this mechanism has the role in P solubilization, K releasing and solubilizing other nutients by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR).

Conclusions: These results suggested that plant growth stimulating efficiency of bacterial inoculants affected by soil nutritional condition. The bacterial inoculation had a much better stimulatory effect on plant growth in soils with low available potassium. In this experiment, two isolates, S21-1 and S14-3 were better than the other isolates. Study in this area should be done especially in isolation and identification of potassium releasing bacteria from different soil samples. In the next step, these isolates should be tested in different soils under different climate conditions of the country, to choose robust and efficient isolate and intorduce them as KSB

1, 2 and 3- Former M.Sc Student and Associate Professor of Soil Biology and Biotechnology and Professor of Soil Cehmistry, Deptartment of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
(*-Corresponding Author Email: rsarikhani@yahoo.com)

Archive of SID

www.SID.ir

biofertilizer in counntry. It was the first report in Iran to test *Pseudomonas* isolates as KSB, while in the previous studies other genera especially bacteria belonged to *Bacillus* was reported in Iran.

Keywords: Potassium, Potassium releasing bacteria, *Pseudomonas* spp., Tomato

Archive of SID

www.SID.ir