نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۸ شماره۳/ پاییز ۱۳۹۷

تاثیر باکتریهای *سینوریزوبیوم* و *سودوموناس* بر صفات رشدی، جذب عناصر، عملکرد بذر و کارایی مصرف آب شنبلیله تحت تنش کمبود آب

علی شرقی[۱]، صاحبعلی بلندنظر*[۲]، حسنعلی نقدی بادی[۳]، علی مهر آفرین[۴]، محمد رضا ساریخانی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/٤/۱۰

۱- دانشجوی سابق دکتری گروه علوم باغبانی، واحد علوم وتحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- دانشیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران
٤- استادیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران
٥- دانشیارگروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: bolandnazar@tabrizu.ac.ir

چکیده

یکی از مهمترین عوامل کاهش تولید محصولات کشاورزی کمبود آب است. باکتریهای محرک رشد در کنترل تنش کمبود آب نقش مهمی ایفا می‌کنند. امروزه در راستای کنترل اثرات تنش و تولید محصول سالم، کاربرد کودهای زیستی از جمله باکتریهای محرک رشد مورد توجه است. تحقیق حاضر به مطالعه اثر تلقیح دو باکتری محرک رشد گیاه (*Sinorhizobium meliloti* و*Pseudomonas fluorescens*) بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی شنبلیله تحت تنش کم آبی می‌پردازد. بدین منظور آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، که فاکتور اول تلقیح باکتریایی در چهار سطح به صورت تلقیح منفرد، تلقیح توأم آنها و شاهد بدون باکتری و فاکتور دوم شامل چهار سطح آبیاری به‌ترتیب ٤٠، ٦٠، ٨٠ و ١٠٠ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری بعد از گلدهی گیاهان تا زمان برداشت اعمال شد. نتایج نشان داد که سطح برگ، وزن تر و خشک قسمت هوایی و وزن تر و خشک ریشه، مقدار فسفر و پتاسیم، و کارآیی مصرف آب با کاربرد باکتریهای محرک رشد بطور معنی‌داری افزایش یافت در حالی‌که عملکرد بذر در کاربرد باکتریهای محرک رشد کاهش یافت.

واژه های کلیدی: باکتریهای محرک رشد گیاه، تنش کمبود آب، شنبلیله، گیاهان دارویی، *سینوریزوبیوم*

The Effects of *Sinorhizobium* and *Pseudomonas* on Growth Characteristics, Nutrient Uptake, Seed Yield and Water Use Efficiency of Fenugreek under Water Deficit Stress

Ali Sharghi[1], Sahebali Bolandnazar[2*], Hassan Ali Naghdi Badi[3], Ali Mehrafarin[4], Mohammad Reza Sarikhani[5]

Received: March 11, 2017 Accepted: July 1, 2018
1-Former PhD Student, Dept. of Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2-Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3-Assoc. Prof., Medicinal Plants Research Centre, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.
4-Assist. Prof., Medicinal Plants Research Centre, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.
5-Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: bolandnazar@tabrizu.ac.ir

Abstract

Water deficit stress limits agriculture crop production. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) play an important role in control of water deficit stress. Today, for improving of plant tolerance to stress and the production of healthy crops, the application of biofertilizers, including growth-promoting bacteria, is interest. The present study investigates the effects of two different PGPRs *(Pseudomonas fluorescens* and *Sinorhizobium meliloti)* on some physiological and morphological characteristics in fenugreek under water deficit stress. For this purpose, a factorial design based on randomized complete block design with four water deficit levels (100%, 80%, 60% and 40% FC) and four PGPR condition as control, *Sinorhizobium meliloti*, *Pseudomonas fluorescens* and combination of *S. meliloti.* and *P. fluorescens* with three replications were carried out. Irrigation treatments were applied after flowering of plants until harvesting. The results showed that leaf area, shoot and root fresh and dry weight, phosphorus and potassium content, and water use efficiency (WUE) were significantly improved by PGPR inoculation and individual use of PGPR was more effective, whereas seed yield was decreased in PGPR treated plants.

Keywords: Fenugreek, Medicinal Plant, PGPR, *Sinorhizobium*, Water Deficit Stress

مقدمه

کمبود آب در گیاهان باعث تنش آبی می‌شود (داد وریان ۲۰۱٦). تنش کمبود آب تاثیرات عمده‌ای روی رشد و توسعه گیاهان و محدود کردن تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان دارد. کمبود آب تاثیرات منفی بر رشد تولیدات گیاهی گذاشته و باعث بهم خوردن کل اعمال گیاه می‌شود (برای ۲۰۰٤، حامل و همکاران ۲۰۱۰). کمبود آب سبب تغییراتی در سلول مثل تغییر غلظت محلولها، افت فشار تورژسانس وتغییر ماهیت پروتئین‌ها می‌شود (بارتلز و سانکار ۲۰۰۵؛ برای ۱۹۹۷). کمبود آب تهدید بزرگی برای محصولات کشاورزی بوده و مقاومت در مقابل شرایط خشکی یک هدف اصلی برای بهبود محصولات کشاورزی می‌باشد (سالکده وهمکاران ۲۰۰۹). باکتریهای محرک رشد گیاه، باکتریهای موجود در ریزوسفر گیاهان بوده که رابطه همزیستی یا همیاری با بسیاری از گیاهان دارند و به‌عنوان کود مورد استفاده

قرار می‌گیرند (شائوکات و همکاران ۲۰۰۶). در مطالعات مختلف اثرات مثبت باکتریهای محرک رشد گیاه همانند القای مقاومت گیاه به تنشهای محیطی و پاتوژنها گزارش شده و به مکانیسم‌های افزایش رشد گیاه اشاره شده است (کمپانت و همکاران ۲۰۰۵، دیمکپا و همکاران ۲۰۰۹، هی و یانگ ۲۰۰۷، کلوپر و همکاران ۲۰۰۴، مایاک و همکاران ۲۰۰۴، یانگ و همکاران ۲۰۰۹). مکانیسم‌های دخیل عبارتند از تثبیت نیتروژن (وان لون ۲۰۰۷)، تولید ۱- آمینوسیکلو پروپان -۱ کربوکسیلات - دآمیناز (گووینداسامی و همکاران ۲۰۰۸)، تولید ترکیبات آلی فرار (ریو و همکاران ۲۰۰۳)، القای مقاومت سیستمیک (چاندلر و همکاران ۲۰۰۸)، تولید فیتوهورمون (وسی ۲۰۰۳)، تولید سیدروفور (ال-ترابیلی و سیواسیتامپارام ۲۰۰۶) و انحلال فسفات (ریو و همکاران ۲۰۰۳).

شنبلیله گیاهی است متعلق به تیره بقولات که در پهنه وسیعی از دنیا به عنوان محصول مناطق نیمه‌خشک کشت می‌شود و بطور سنتی به عنوان گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شنبلیله به عنوان ادویه و سبزی کشت و کار می‌گردد و همچنین در درمان سنتی دیابت مورد استفاده قرار می‌گیرد (فرناندیز- آپریسیوو همکاران ۲۰۰۸، میرالدی و همکاران ۲۰۰۱، اسمیت ۲۰۰۳)، و از آن به عنوان ضد آترواسکلورنیک استفاده شده است (عجب نور و تیلمیسانی ۱۹۸۸، شارما وراگورام ۱۹۹۰)، برگهای شنبلیله غنی از آهن، کلسیم، بتا کاروتن و ویتامین‌های دیگر و بذرهای آن حاوی اسید تانیک، دیوسژنین، تریگوکومارین، آلکالوئیدهای تریگونلین، تریگومتیل ۱- کومارین، ژیتوژنین و ویتامین آ است (وارک و همکاران ۲۰۱۱).

همزیستی بین بقولات و باکتری‌های ریزوبیومی، با افزایش ظرفیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موجب بهبود رشد گیاه و افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. *سینوریزوبیومها* با افزایش غلظت نیتروژن موجب افزایش وزن خشک ریشه واندام هوایی و همچنین تعداد گره های روی ریشه و در نتیجه افزایش جذب عناصر مغذی در گیاه شنبلیله شده‌است (لرکی ۲۰۱۴). ایران خواه و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که تلقیح ریشه شنبلیله با باکتری *سودوموناس پوتیدا* در شرایط تنش خشکی با افزایش جذب عناصر به ویژه فسفر منجر به افزایش بیوماس، مقدار پروتئین محلول و نیز ماده دارویی دیوزژنین در این گیاه شد. این اثرات مثبت زمانی که همراه با تلقیح قارچ میکوریز با ریشه شنلیله بود بیشتر شد. همچنین در تحقیقی توسط شرقی و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد، کاربرد باکتریهای *سینوریزوبیوم* و *سودوموناس* در شرایط کمبود آب، موجب بهبود وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ در شنبلیله گردید.

با اینکه کمبود آب تولید بسیاری از محصولات را در پهنه جهان محدود کرده و اثر منفی روی رشد گیاه و تولیدات آن دارد، گزارشات اخیر منتشر شده اشاره بر این دارد که باکتریهای محرک رشد گیاه تحمل گیاه به تنش‌های غیرزنده را از طریق مکانیسمهای مختلف افزایش می‌دهد (ساندهیا وهمکاران ۲۰۱۰، اسریواستاوا وهمکاران ۲۰۰۸). همچنین اثرات مفید باکتریهای محرک رشد گیاه روی گیاهان دارویی گزارش شده است (جلیل و همکاران ۲۰۰۷). بخاطر اهمیت زیاد شنبلیله به عنوان گیاه دارویی، دراین پژوهش تاثیر باکتریهای محرک رشد گیاه روی برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه شنبلیله تحت شرایط تنش کمبود آب بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش بذر شنبلیله از بانک بذر گروه پژوهشی کشت و توسعه پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در کرج- ایران تهیه شد. باکتریهای مورد استفاده در این تحقیق *Sinorhizobium meliloti* و *Pseudomonas fluorescens* از بانک میکروبی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز تهیه شد. پژوهش حاضر در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۴انجام گردید. از لحاظ هدایت الکتریکی در خاک مورد استفاده هیچگونه خطر شوری

وجود نداشته و مقدار فسفر و پتاسیم آن در حد رضایتبخش بود. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ آورده شده است. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل باکتریهای محرک رشد گیاه در ٤ سطح (۱- *سینوریزوبیوم ملیلوتی* بعنوان تثبیت‌کننده نیتروژن ۲- *سودوموناس فلورسنس* بعنوان حل‌کننده فسفر ۳- تلفیق دو باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و *سودوموناس فلورسنس* ٤-شاهد بدون باکتری). فاکتور دوم شامل سطوح رطوبتی خاک در ٤ سطح (۱۰۰، ۸۰، ٦۰ و٤۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) بود که برای تعیین FC از روش (کسل ونیلسون ۱۹۸٦) استفاده شد. بذور شنبلیله در گلدانهای پلاستیکی با ظرفیت ۵ کیلوگرم خاک کاشته شد. پس از استقرار گیاهان، در هر گلدان ۵ گیاه با فاصله مناسب نگه داشته شد. میزان سطوح رطوبتی خاک با توزین روزانه گلدانها حفظ می‌شد و اعمال تیمارهای رطوبت خاک پس از گلدهی گیاهان صورت گرفت. گیاهان در شرایط گلخانه‌ای ۱۸ الی ۲٤ درجه سانتی‌گراد بترتیب دمای شبانه و روزانه و ٤۰ الی ٦۰ درصد رطوبت نسبی نگهداری می‌شد. در آخر آزمایش سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج اندازه‌گیری شد. وزن خشک هر قسمت پس از خشک کردن در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی گراد توزین گردید. برای وزن کردن از ترازوی دیجیتالی استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت پتاسیم و فسفر در برگ گیاه از روش هضم تر استفاده شد (هاولین و سلطانپور ۱۹۸۰، زاسوسکی و بورائو ۱۹۷۷). فسفر بوسیله روش وانادات – مولیبدات و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومترو پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. همچنین عملکرد بذر در مرحله رسیدن ثبت گردید. در انتهای آزمایش گیاهان از سطح خاک بریده شدند و ریشه‌های آنها پس از جدا سازی از خاک و تمیز کردن آنها با شستشو در آب در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک گردید و همچنین کارآیی مصرف آب از تقسیم میزان وزن خشک قسمت هوایی بر میزان آب مصرفی، محاسبه گردید (کریمی و روستا ۲۰۱٤). برای اندازه‌گیری خصوصیات مهم خاک مورد آزمایش، بافت خاک به روش (گی و بادر ۱۹۸٦)، آهک به روش (بلک وهمکاران ۱۹٦۵)، مقدار پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیم (نود سن وهمکاران ۱۹۸۲)، مقدار فسفر قابل جذب به روش (اولسن وسومرز ۱۹۸۲)، نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنر و مولوانی ۱۹۸۲)، درصد کربن آلی به روش والکی وبلک (نلسون وسومرز ۱۹۸۲)، pH گل اشباع به روش (مکلین ۱۹۸۲)، EC عصاره گل اشباع به روش (رودز ۱۹۸٦) اندازه گیری شد.

تجزیه واریانس داده های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزارSPSS انجام شد و مقایسه میانگین صفات مورد سنجش بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح آماری ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- نتایج آنالیز خاک مزرعه محل آزمایش

رطوبت اشباع(٪)	ECe ($dS.m^{-1}$)	pH گل اشباع	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	آهک(٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
۳۷	۲/۳٦	۷/۳٦	۱/۷۹	۰/۱۲	٤۷/٤	۷۵۵	۳۱/۸۵	۷۳	۱۲	۱۵

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر باکتریهای محرک رشد گیاه و محتوای رطوبت خاک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد روی سطح برگ و وزن تر و خشک قسمتهای هوایی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه مخصوصاً *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باعث افزایش سطح برگ و وزن تر و خشک قسمت هوایی گردید (جدول ۳). با افزایش تنش کمبود آب، وزن تر و خشک قسمت هوایی و سطح برگ کاهش پیدا کرد (جدول ٤). از طرفی با توجه به اثر متقابل بین کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه و تنش کمبود آب، بیشترین سطح برگ و وزن ترو خشک هوایی در سطح رطوبتی ظرفیت زراعی کامل و گیاهان تیمارشده با *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و کمترین آن در سطح رطوبت FC ۰/٤ و بدون اضافه نمودن باکتری مشاهده گردید (جدول ٥). به نظر می‌رسد در حالت طبیعی باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* بهتر از باکتری *سودوموناس فلورسنس* رشد بخش هوایی را افزایش داده است، در حالی که تحت شرایط تنش کم آبی کاربرد *سودوموناس فلورسنس* موثرتر از کاربرد سینوریزوبیوم بود. کاربرد تلفیقی دو باکتری محرک رشد گیاه در افزایش رشد قسمتهای هوایی نسبت به کاربرد جداگانه آنها کم ولی نسبت به شاهد موثر بود (جدول ٥).

در حالیکه تنش کمبود آب تولید بسیاری از محصولات را در سراسر دنیا محدود کرده و اثر منفی روی رشد گیاه می‌گذارد، گزارشات منتشر شده نشان می‌دهد که باکتریهای محرک رشد گیاه تحمل گیاهان به تنشهای غیرزنده را از طریق مکانیسمهای مختلف افزایش می‌دهد (ساندهیا و همکاران ۲۰۱۰، اسریواستاوا و همکاران ۲۰۰۸). در همسویی با نتایج ما میشرا و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که باکتریهای محرک رشد گیاه می‌توانند تاثیرات منفی شرایط تنش خشکی را از طریق افزایش قدرت جوانه‌زنی، افزایش رشد و عملکرد، و افزایش مقاومت به خشکی بهبود بخشند. همچنین گزارش شده است که حتی در حضور بالاترین حد تغذیه نیتروژنی، تلقیح با باکتریهای محرک رشد گیاه دارای آنزیم ACC دآمیناز فعال، می‌تواند رشد و عملکرد را افزایش دهد (شاهارونا و همکاران ۲۰۰٦). طبق نتایج این تحقیق، تلقیح گیاه لوبیا با باکتریهای محرک رشد گیاه بطور قابل توجهی خسارت ناشی از تنش خشکی روی رشد و عملکرد را کاهش داد. همچنین شاهارونا وهمکاران(۲۰۰٦) گزارش کردند که عدم تلقیح گیاه لوبیا با باکتری تحت تنش خشکی در مرحله رویشی بطور معنی‌داری رشد قسمت هوایی را تا ٤۰٪ کاهش داد، درصورتی که در گیاهان تلقیح شده این کاهش ۱۸٪ به دست آمد. همانطوریکه در جدول مقایسه میانگین ها نشان داده شده است (جدول ۳) تلقیح منفرد و تلفیقی باکتریهای محرک رشد گیاه، وزن تر و خشک ریشه را افزایش داد. توسعه ریشه تحت تنش متوسط (٦۰٪ ظرفیت مزرعه) و تنش شدید کمبود آب (٤۰٪ ظرفیت مزرعه) بطور معنی داری کاهش پیدا کرد (جدول ٤). بیشترین و کمترین وزن تر ریشه در تلقیح با باکتری *سودوموناس فلورسنس* به ترتیب در ۸۰٪ و ٤۰٪ ظرفیت مزرعه مشاهده شد (جدول ٥). باکتریهای محرک رشد گیاه مقاومت گیاه را به تنشهای غیرزیستی زیاد می‌کنند و پارامترهای رشد را افزایش می‌دهند (ساندهیا وهمکاران ۲۰۱۰). همچنین نشان داده شده است که باکتریهای محرک رشد گیاه می‌توانند اثرات منفی حاصل از تنش شوری و خشکی را با افزایش وزن تر و خشک ریشه کاهش و در کل رشد گیاه را افزایش دهند (میشرا وهمکاران ۲۰۱۰). در تحقیقی جلیل و همکاران (۲۰۰۷) اثرات تلقیح *سودوموناس فلورسنس* را بر روی پارامترهای رشدی گیاه رزماری در شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند، مطابق با یافته‌های ما در این آزمایش نیز تیمار با *سودوموناس فلورسنس* تحت تنش خشکی نتایج مطلوبی را به دنبال داشت. این یافته ها اشاره بر این دارد که باکتریهای محرک رشد گیاه

می‌توانند در افزایش بیوماس و عملکرد گیاهان مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان ابزاری در مقابله با تنش کم آبی مورد استفاده واقع شوند.

غلظت فسفر وپتاسیم بطور معنی داری تحت اثر باکتریهای محرک رشد وتنش کم آبی موثر واقع شد. با ملاحظه جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) در تاثیر تیمارهای باکتریهای محرک رشد گیاهی بیشترین مقدار فسفر با (۰/۷۱۹ میلی گرم بر گرم) مربوط به گیاهان تلقیح شده با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* بود و بعد از آن باکتری *سودوموناس فلورسنس* با (۰/٦۷٤ میلی گرم بر گرم) و برای تیمار تلفیقی دو باکتری مقدار(۰/٦۳۹ میلی گرم بر گرم) مشاهده شد. با کاهش محتوای رطوبتی خاک، غلظت فسفر با یک استثنا (۸۰٪ ظرفیت مزرعه) بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ٤). چنین استنباط می‌گردد که درسطوح رطوبتی بالا اضافه نمودن باکتری بصورت منفرد تاثیر کمتری بر میزان فسفر دارد و بیشترین فسفر از تیمار تلقیح هر دو باکتری حاصل شده است، در حالیکه در تیمار رطوبتی (تنش شدید) بیشترین میزان فسفر در تیمار شاهد حاصل شده است (جدول ٥). باکتریهای محرک رشد گیاه از جمله سودوموناسها قادر به انحلال ترکیبات معدنی کم محلول عناصر مختلف از جمله فسفر وروی می باشند. این باکتریها با سازوکارهای مختلف از جمله تولید اسیدهای آلی ومعدنی موجب افزایش اسیدیته ریزوسفر شده، درنتیجه موجب فراهمی عناصر غذایی برای گیاه راافزایش می دهند (ساندهیا وهمکاران ۲۰۱۰). در این آزمایش مقدار پتاسیم بطور معنی‌داری تحت تاثیر باکتری های محرک رشد گیاه قرار گرفت و گیاهان شاهد با (۳۳/۹۱ میلی گرم برگرم) بیشترین مقدار پتاسیم نسبت به تیمار باکتریایی داشتند و گیاهان تلقیح شده با *سینوریزوبیوم* کمترین مقدار (۳۰/۰۲ میلی گرم برگرم) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). از لحاظ اثر متقابل باکتری های محرک رشد گیاه و تنش کم آبی بیشترین غلظت پتاسیم در گیاهان شاهد تحت تنش کم آبی شدید (٤۰٪ ظرفیت مزرعه) و گیاهان با تیمار باکتری *سودوموناس فلورسنس* با تنش ملایم (٦۰٪ ظرفیت مزرعه) مشاهده شد (جدول٥). زاک-گولاسکوزکا و همکارن (۲۰۱٤) گزارش کردند که تلقیح *ریزوبیوم* در شنبلیله نتوانست غلظت پتاسیم را افزایش دهد. لازم به ذکر است، مشابه یافته ما تلقیح *سودوموناس فلورسنس* با گیاه گوجه فرنگی غلظت پتاسیم را به ویژه تحت تنش کمبود آب افزایش داد (اردوخانی و همکاران ۲۰۱۰).

گیاهان شاهد بدون تلقیح باکتریایی بطور معنی دار عملکرد بذر بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح شده با باکتری داشتند (جدول ۳). به این نکته باید توجه کرد که دوره آزمایش ما ٥ ماه بود و شنبلیله عادت گلدهی نامحدود دارد بنابراین زمانی که گلدهی آنها تمام نشده بود گیاهان برداشت شدند و گزارش شده است که باکتریهای محرک رشد می‌توانند زمان گلدهی را به تعویق اندازند (جلیل و همکاران ۲۰۰۷). تنش کمبود آب بجز یک مورد استثنا منجر به کاهش عملکرد بذر شد (جدول ٤). بیشترین وزن بذر در گیاهان شاهد مشاهده شد و دلیل آن ممکن است با توجه به این واقعیت باشد که در صورت عدم وجود شرایط تنش بیشتر مواد فتوسنتزی در اندامهایی چون ساقه و برگ ذخیره شده و با انتقال به دانه باعث افزایش وزن دانه گردیده است ودر مقابل، در شرایط تنش، آب و جذب غذا توسط گیاه مختل می‌شود که باعث کاهش رشد گیاه و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی از برگ و سایر اندامها به دانه می‌گردد (جلیل و همکاران ۲۰۰۷). کاربرد توام باکتریهای محرک رشد و تنش کمبود آب یک استراتژی افزایش سازگاری بین باکتریهای محرک رشد و گیاه می‌تواند باشد و می‌تواند عملکرد آلکالوئیدها را در گیاهان دارویی افزایش دهد (لی و همکاران ۲۰۱۳). از آنجایی که شنبلیله بعنوان گیاه دارویی استفاده می‌شود، این استراتژی برای افزایش متابولیتهای ثانویه بکار رود در نتیجه نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هم *سینوریزوبیوم* هم *سودوموناس* توانست بطور موثری رشد رویشی را افزایش دهد همچنین محتوای فسفر و

پتاسیم وکارآیی مصرف آب را ارتقا دهد وعلاوه برآن تحت تنش کمبود آب باکتریهای محرک رشد توانست رشد گیاه را افزایش دهد. اما در پژوهش حاضر عملکرد بذر بخاطر نقش باکتریهای محرک رشد گیاه در تاخیر انداختن زمان گلدهی در گیاه کاهش پیدا کرد. کارآیی مصرف آب بطور معنی داری تحت تاثیر باکتری های محرک رشد گیاه و محتوی رطوبتی خاک قرار گرفت. مقایسه میانگین نشان داد که گیاهان تلقیح شده باکتریایی بیشترین بیوماس هوایی را در واحد آب نسبت به گیاهان شاهد داشتند (جدول ۳). با افزایش تنش کم آبی، کارآیی مصرف آب بطور معنی داری افزایش یافت. از سویی دیگر اثر متقابل باکتریهای محرک رشد وتنش کم آبی نشان داد که کاربرد تلفیقی هر دو باکتری تحت تنش کم آبی شدید (۴۰٪ ظرفیت مزرعه) منجر به بالاترین کارآیی مصرف آب شد و کمترین آن مربوط به گیاهان شاهد در ظرفیت مزرعه ا ی کامل بود (جدول ۵). شبیه یافته حاضر مکشوف و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی نشان دادند که حداقل کارآیی مصرف آب متعلق به عدم تلقیح باکتریایی گیاه و بیشترین آن مربوط به تلقیح ریزوبیوم بود.

همچنین اثرات سودمند باکتری های محرک رشد گیاه روی گیاهان دارویی گزارش شده است (جلیل و همکاران ۲۰۰۷). گزارش شده است که باکتری های محرک رشد گیاه می‌تواند زمان گلدهی را در گیاهان به تاخیر اندازد و عملکرد بیوماس را افزایش داده، همچنین می‌تواند مقاومت به تنش کم آبی را افزایش دهد. در پژوهش حاضر وزن ریشه و قسمت هوایی، فسفر، پتاسیم و کارآیی مصرف آب با تیمار هر دو باکتری محرک رشد بطور معنی داری افزایش یافت. باکتری های محرک رشد با استقرار در سیستم ریشه و تاثیر خود در گیاه با افزایش فراهمی عناصر و محافظت گیاه از پاتوژنها باعث رشد گیاه می‌شوند (لی و همکاران ۲۰۱۳).

این آزمایش نشان داد که در اغلب پارامترهای مورد اندازه‌گیری در تیمارهایی که دو باکتری به صورت منفرد استفاده شدند اثربخشی آنها بیش از زمانی بود که به صورت توام استفاده شدند. به نظر می‌رسد اثرات سینرژیستی یا هم‌افزایی بین دو باکتری دیده نمی‌شود هر چند انتظار می‌رفت که بین دو گونه *سودوموناس* و *سینوریزوبیوم* این رابطه مشاهده شود.

جدول۲-نتایج تجزیه واریانس صفات مورد آزمایش

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ	وزن تر هوایی	وزن خشک هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
بلوک	۲	۲/۸۹**	۷۸۹۵۹/۰۶**	۰/۹۱**	۰/۱۲۰**	۰/۰۶۰**
آبیاری	۳	۲/۸۱**	۶۸۶۸۱/۹۷**	۱۰/۷۳**	۵۵/۲۴**	۰/۵۳۲**
باکتری	۳	۳/۱۶**	۸۸۰۴۳/۴۴**	۳۱/۵۵**	۹/۱۵**	۰/۰۴۶**
آبیاری*باکتری	۹	۲/۸۶**	۷۸۴۱۰/۴۶**	۱/۷۷۸**	۱۷/۵۸**	۰/۲۷۷**
خطای آزمایشی	۳۰	۲/۸۸	۷۸۳۲۴/۷۸	۰/۱۱۰	۰/۱۵۰	۰/۰۲۸
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۶/۳۳	۲۰/۵۲	۱۷/۱۱	۱۸/۵۵	۲۱/۴۴

*، **، ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی دار می باشد.

ادامه جدول۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد آزمایش

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بذر	فسفر	پتاسیم	کارآیی مصرف آب
بلوک	۲	۰/۰۹**	۰/۰۰۰۱**	۱۰/۲۱**	۲/۸۸**
آبیاری	۳	۲۸۶۲/۲۸**	۰/۸٤٦**	۳۵/۸۱**	۰/۰۷۳**
باکتری	۳	۱۵۱۵۷/٤۷**	۰/۰۲٤**	۱۰۵/۲٤**	۰/۱٤**
آبیاری*باکتری	۹	٤۳۷/۱۳**	۰/۰۷۹**	۳۰/۳٦**	۰/۰۲۳**
خطای آزمایشی	۳۰	۲۰/۱٤	۰/۰۰۱	۳/۸۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۲/۲۵	۱۲/٤۵	۱۵/۲٤	۱۹/۱۵

*، **، ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی دار می باشد.

جدول۳-مقایسه میانگین اثر تلقیح باکتریها بر صفات رویشی، غلظت عناصر، عملکرد بذر و کارایی مصرف آب در شنبلیله

باکتری	سطح برگ (cm^2)	وزن تر قسمت هوایی (g)	وزن خشک قسمت هوایی(g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	عملکرد بذر ($g.pot^{-1}$)	فسفر ($mg.g^{-1}$)	پتاسیم ($mg.g^{-1}$)	کارآیی مصرف آب ($g.kg^{-1}$)
شاهد	۷۰۹c	۱۷/٤۱c	۳/۹۹d	۵/۲۱b	۰/۸۸۲c	۲٦/۵۳a	۰/۵٤٦d	۳۳/۹۱a	۰/۱۳۱c
سینوریزوبیوم ملیلوتی (S)	۱۳۰۳a	۱۸/۵۱a	۵/۸۷a	۸/۱٤a	۱/٤۲۲ab	۱٤/۲۳b	۰/۷۱۹a	۳۰/۰۲c	۰/۲۲۰a
سودوموناس فلورسنس (P)	۱۲۷۷ab	۲۸/۱۳a	۵/۵٦b	۸/۱۲a	۱/٤۵۵a	۱۳/۲۵b	۰/٦۷٤b	۳۱/۲۷b	۰/۲٤۱a
P+S	۱۰۰۰b	۲۱/۰۹b	۵/۲۲c	۸/۱۰a	۱/۳۳۰b	۱٤/۱۹b	۰/٦۳۹3c	۳۱/۱۹b	۰/۱۹٦b

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار (آزمون چند دامنه ای دانکن $P\leq 0.01$) می باشد.

جدول ۴-مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات رویشی، غلظت عناصر، عملکرد بذر و کارایی مصرف آب در شنبلیله

آبیاری	سطح برگ (cm^2)	وزن تر قسمت هوایی(g)	وزن خشک قسمت هوایی(g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	عملکرد بذر ($g.pot^{-1}$)	فسفر ($mg.g^{-1}$)	پتاسیم ($mg.g^{-1}$)	کارآیی مصرف آب ($g.kg^{-1}$)
۱۰۰% FC	۱٤٤۸a	۳۳/۵۹a	۷/۰۷a	۸/۹۱a	۱/٤۵۷a	۲۱/٦۸a	۰/٦۳٤c	۲۹/۳۵b	۰/۱۵۲c
۸۰% FC	۱۲٦٤b	۲۹/۹۲b	٦/۳۳b	۹/۳٤a	۱/٤۲۰a	۲۳/۵۲a	۰/۵۹٤d	۳۳/۸۹a	۰/۱۸۱b
٦۰ % FC	۸۸۱c	۱۷/۹۷c	۳/۹٤c	۷/۵۱b	۱/۲۸۹a	۱۲/۰۷b	۰/٦۵٦b	۲۹/۹۸b	۰/۱٦۸bc
٤۰% FC	٦۹٤d	۱۳/٦۵d	۳/۳۲d	۳/۸۲c	۰/۹۳۳c	۱۰/۹۳b	۰/٦۹٤a	۳۳/۱۷a	۰/۲۸۷a

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P\leq ۰/۰۱$) می باشد.

جدول۵- اثر متقابل باکتریهای محرک رشد گیاه و رطوبت خاک روی برخی صفات شنبلیله

تیمار		سطح برگ (cm^2)	وزن تر قسمت هوایی(g)	وزن خشک قسمت هوایی(g)	وزن تر ریشه(g)	وزن خشک ریشه (g)	عملکرد بذر ($g.pot^{-1}$)	فسفر ($mg.g^{-1}$)	پتاسیم ($mg.g^{-1}$)	کارآیی مصرف آب ($g.kg^{-1}$)
I1	B1	۹۸۰de	۲۰/۳٦ d	٤/٤de	٦/۰٥ d	۰/۸۷ f	۳۷/۸۹ a	۰/٥٥ g	۳۲/۸٥ cd	۰/۰۹۸ e
I1	B2	۲۰٥۷a	٤۹/۰۱ a	۹/۷٦ a	۱۱/۱٥ a	۱/۷٤ a	۱۷/۳۷ cd	۰/۳٥ h	۳۰/۱٥ e	۰/۲۰۸ c
I1	B3	۱٥۷۱b	۳۷/۳۳ b	۷/۳۳ b	۸/۸۹ cd	۱/٦٦ ab	۱۱/۸٦ fe	۰/٥۳ g	۲۱/۷۸ f	۰/۱٦۳ cd
I1	B4	۱۱۸٥c	۲۷/۳۳ c	٦/۷۸ bc	۹/٥۳ bc	۱/٥٦ abc	۲۱/۸۳ bcd	۰/۷٤ b	۳۲/٦ cd	۰/۱۳۸ de
I2	B1	۷۱۸f	۲۰/۰۳d	٤/۸۹d	٦/۷٥d	۱/۱۲e	۲٦/٦۸b	۰/٦۷cde	۳٥/۲۲b	۰/۱۳٦de
I2	B2	۱٥۳۳b	۳٥/۷۳b	۷/۱۹b	۱۱/٦۷a	۱/٤۷bc	۲۳/۰۰bcd	۰/٦۸cd	۳٤/٦۲bc	۰/۲۰۰c
I2	B3	۱٥۷۰b	۳٦/٦۳b	٦/٤c	۹/۲۱bc	۱/٥۰bc	۲۳/۷۷bcd	۰/٦۷cde	۳٤/۲۹bc	۰/۱۸٥cd
I2	B4	۱۲۳۷c	۲۷/۳۰c	٦/۸ bc	۹/۷۷bc	۱/٥۹ab	۲۱/۹۸bcd	۰/۸۳a	۳۱/٤۲de	۰/۲۰۱c
I3	B1	٦۰۳gh	۱٥/۷۳f	۳/۸fg	٤/۳۷e	۰/۸۷f	۲٥/۹۹bc	۰/٦۰f	۲۹/٦٤e	۰/۱٤۰de
I3	B2	۹۲۱e	۲۰/٥۱d	۳/٤٤gh	٦/۱۰d	۱/۳٥cd	۱۱/۰۱f	۰/٦۸cde	۲۳/۱٤f	۰/۱٦۰cd
I3	B3	۱۰٦٤d	۱۷/۸۷e	٤/٤٦de	٦/۹٦b	۱/٤۹bc	۱۲/٥fe	۰/۷٤b	۳۷/۷a	۰/۲۰٤c
I3	B4	۹۰٥e	۱۷/۷٦e	٤/۰۷ef	۹/٦۰bc	۱/٤٥bc	٦/۷٥f	۰/٦٦de	۲۹/٦٤e	۰/۱٦۸cd
I4	B1	٥۳٦h	۸/۸۰h	۲/۸۸h	۳/٦۹e	۰/٦۷f	۱۸cde	۰/۷۰c	۳۷/۹٥a	۰/۱٤۹d
I4	B2	٦۷۱fg	۱۱/۹۷g	۳/۱h	۳/٦٦e	۱/۱۳e	۱۱/۳۳fe	۰/٦٤e	۳۲/٥۱cd	۰/۲۷٦b
I4	B3	۹۰۳e	۱۳/٥۰g	٤/۰۷ef	۲/٤۲e	۱/۱۷de	۸f	۰/٦٦cde	۳۱/۱٦de	۰/۳۱٤b
I4	B4	٦۷٥fg	۲۰/۳۳d	۳/۲۲h	۳/٤۸e	۰/۷٦f	۷/٥۷f	۰/٥۳g	۳۱/۰۸de	۰/٤۱۱a

B1= شاهد (بدون تیمار باکتریایی)، B2= سینوریزوبیوم S، B3= سودوموناس P، B4= تلفیق S و P، I1= آبیاری ۱۰۰%، I2= آبیاری۸۰ %، I3= آبیاری ٦۰%، I4= آبیاری ٤۰%. حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار (آزمون چند دامنه ای دانکن$P\leq0.01$) می باشد.

منابع مورد استفاده

Ahmad M, Zahir ZA, Khalid M, Nazli F and Arshad M. 2013. Efficacy of Rhizobium and Pseudomonas strains to improve physiology, ionic balance and quality of mung bean under salt-affected conditions on farmer's fields. Plant Physiology and Biochemistry, 63: 170-176.

Ajabnoor MA and Tilmisany AK. 1988. Effect of(*Trigonella foenum-graceum* L.)on blood glucose levels in normal and alloxan-diabetic mice. Journal of Ethnopharmacology, 22: 45-49.

Arshad M, Shaharoona B and Mahmood T. 2008. Inoculation with (*Pseudomonas spp.)* Containing ACC-Deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.). Pedosphere, 18: 611-620.

Baker WH and Thompson TL. 1997. Determination of total nitrogen inplant samples by kjeldahl. In: Plant analysis reference procedures for the southern region of the united states; Plank, C. O (ed). US, pp:13-16.

Bartels D and Sunkar R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 24: 23-58.

Black CA, Evans DD, WhiteJL, Ensminger LE and Clark FE. 1965. Methods of Soil Analysis: Part 2. Madison, WI: ASA.

Bray EA. 1997. Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science, 2: 48-54.

Bray EA. 2004. Genes commonly regulated by water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*. Journal of Experimental Botany, 55: 2331-2341.

Bremner DC and Mulvaney JM. (1982). Total Nitrogen. *In:*Methods of Soil Analysis. (A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keaney, eds). N: 9 Part 2, American Society of Agronomy.

Cassel DK and Nielsen DR. 1990. Field capacity and available water capacity. Pp: 901-926. *In:* Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Chandler D, Davidson G, Grant W, Greaves J and Tatchell G. 2008. Microbial biopesticides for integrated crop management an assessment of environmental and regulatory sustainability. Trends in Food Science & Technology, 19: 275-283.

Compant S, Duffy B, Nowak J, Clément C and Barka EA. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases, principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology, 71: 4951-4959.

Dimkpa C, Weinand T and Asch F. 2009. Plant–rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. Plant,Cell &Environment, 32: 1682-1694.

Dodd IC and Ryan AC. 2016. Whole-plant physiological responses to water-deficit stress. eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. http://www.els.net.

El-Tarabily KA and Sivasithamparam K. 2006. Non-streptomycete actinomycetes as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. Soil Biology and Biochemistry, 38: 1505-1520.

Fernández-Aparicio M, Emeran AA and Rubiales D. 2008. Control of Orobanche crenata inlegumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*L.). Crop Protection, 27: 653-659.

Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle size analysis. Pp. 383-411. *In:* Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Govindasamy V, Senthilkumar M, Gaikwad K and Annapurna K. 2008. Isolation and characterization of ACC deaminase gene from two plant growth-promoting rhizobacteria. Current microbiology, 57: 312-317.

Havlin JL and Soltanpour P. 1980. A nitric acid plant tissue digest method for use with inductively coupled plasma spectrometry 1. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 11: 969-980.

He Z and Yang X. 2007. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Journal of Zhejiang University Science, B, 8: 192-207.

Heidari M and Golpayegani A. 2012. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 11: 57-61.

Hummel I, Pantin F, Sulpice R, Piques M, Rolland G, Dauzat M, Christophe A, Pervent M, Bouteillé M and Stitt M. 2010. Arabidopsis plants acclimate to water deficit at low cost through changes of carbon usage: an integrated perspective using growth, metabolite, enzyme, and gene expression analysis. Plant Physiology, 154: 357-372.

Irankhah S, Ganjali A, Lahooti M and Moshregi, M. 2017. The effect of *Pseudomonas putida* and *Glomus intraradices* on some morphologiacal and biochemichal traits of *Trigonella foenum-graecum* L. Journal of Horticultural Science, 20(1): 112-121. (In Persian).

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

Karimi HR and Roosta H. 2014. Evatuation of inter-specific hybrid of *P. atlantica* and *P. vera* L. cv.'Badami riz-e-Zarand'as pistachio rootstock to salinity stress according to some growth indicesand eco -physiology and bichemichal parameters. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 10.

Karlidag H, Esitken A, Turan M and Sahin F. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. Scientia Horticulturae, 114: 16-20.

Kloepper J, Reddy M, Rodríguez-Kabana R, Kenney D, Kokalis-Burelle N, Martinez-Ochoa N and Vavrina C. 2004. Application for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. Acta Horticulturae, 61: 217-230.

Knudsen D, Peterson GA and Pratt PF. 1982. Lithium, sodium and potassium. Pp: 225-246. *In:* Page AL, (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Lee KJ, Oh BT and Seralathan KK. 2013. Advances in Plant Growth Promoting Rhizobacteria for biological control of plant diseases, Bacteria in Agrobiology: Disease Management. Springer, pp: 1-13.

Lorki S and Akhgar A. 2014. The effect of *Sinorhizobium sp* on yield, nodulusation and nitrogen fixation in fuengreek. Soil biology, 2(2): 137-148. (In Persian).

Mayak S, Tirosh T and Glick BR. 2004a. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 42: 565-572.

Mayak S, Tirosh T and Glick BR. 2004b. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Science, 166: 525-530.

Mclean EO. 1982. Soil pH lime requirement. Pp. 199-223. *In:* Page AL, (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Miraldi E, Ferri S and Mostaghimi V. 2001. Botanical drugs and preparations in the traditional medicine of West Azerbaijan (Iran). Journal of Ethnopharmacology, 75: 77-87.

Mishra M, Kumar U, Mishra PK and Prakash V. 2010. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. Advances in Biology Research, 4: 92-96.

Nelsons BW and Sommers LE. 1982. Total carbpn, organic carbon, and organic matter, Pp. 539-579. *In:* Page AL, (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Olsen SR and Sommers LE. 1982. Phosphorus. Pp. 403-130. *In:* Page AL, (ed) Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Ordookhani K, Khavazi K, Moezzi A and Rejali F. 2010. Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. African Journal of Agricultural Research, 5: 1108-1116.

Rhoades JD. 1986. Soluble salts. Pp. 167-179. *In:* Page AL, (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of Aemrica, Madison, WI.

Ryu CM, Farag MA, Hu CH, Reddy MS, Wei HX, Paré PW and Kloepper JW. 2003. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 100: 4927-4932.

Salekdeh GH, Reynolds M, Bennett J and Boyer J. 2009. Conceptual framework for drought phenotyping during molecular breeding. Trends in Plant Science, 14: 488-496.

Sandhya V, Ali SZ, Grover M, Reddy G and Venkateswarlu B. 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas spp*. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Regulation, 62: 21-30.

Sharghi A, Bolandnazar S, Naghdi Badi H, Mehrafarin A, and Sarikhani MR. 2017.The effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth characteristics of fenugreek under water deficit stress. Advances in Bioresearch, 8(5):96-101.

Sharma R and Raghuram T. 1990. Hypoglycaemic effect of fenugreek seeds in non-insulin dependent diabetic subjects. Nutrition Research, 10: 731-739.

Shaukat K, Affrasayab S and Hasnain S. 2006. Growth Responses of*Triticum aestivum* to Plant Growth Promoting Rhizobacteria used as a biofertilizer. Research Journal of Microbiology, 1: 330-338.

Smith M. 2003. Therapeutic applications of fenugreek. Alternative Medicine Review, 8: 20-27.

Srivastava S, Yadav A, Seem K, Mishra S, Chaudhary V and Nautiyal C. 2008. Effect of high temperature on *Pseudomonas putida* NBRI0987 biofilm formation and expression of stress sigma factor RpoS. Current Microbiology, 56: 453-457.

Van Loon L. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. European Journal of Plant Pathology, 119: 243-254.

Vessey JK. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255: 571-586.

Warke VB, Deshmukh TA and Patil VR. 2011. Development and validation of RP-HPLC method for estimation of diosgenin in pharmaceutical dosage form. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 4: 126-128.

Yang J, Kloepper JW and Ryu CM. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends in Plant Science, 14: 1-4.

Zasoski R and Burau R. 1977. A rapid nitric-perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 8: 425-436.

Żuk-Gołaszewska K, Wierzbowska J and Bieńkowski T. 2015. Effect of potassium fertilization, rhizobium inoculation and water deficit on the yield and quality of fenugreek seeds. Journal of Elementology, 20(2): 513-524.