

اثر مایه کوبی برخی جدایه‌های سودوموناس بر رشد و جذب عناصر غذایی گوجه فرنگی در شرایط مزرعه

پیمان شیخ علیپور^۱ صاحبعلی بلند نظر^۲، محمدرضا ساریخانی^۳، فرامرز ایرانی^۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: peyman.sh.alipour@gmail.com

چکیده

شناسایی باکتریهای محرک رشد گیاه و بکارگیری آنها یکی از گام‌های اساسی در کشاورزی پایدار است. بر این اساس در این آزمایش برخی از جدایه‌های متعلق به جنس *Sudomonas* که به تازگی جداسازی و شناسایی شده‌اند برای اولین بار در شرایط مزرعه در کشت گیاه گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش نشاءهای گوجه فرنگی رقم super chief در کشت خزانه با تیمار تلفیقی جدایه‌های *Pseudomonas* sp. شامل (S19-1+S10-3، S19-1+S14-3 و S19-1+S21-1) تلقیح شدند، علاوه بر آن تیمار شاهد بدون تلقیح باکتری و تیمار کود کامل (براساس نتایج آزمون خاک) به منظور انجام مقایسه لحاظ شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که اثر باکتری‌های فوق بر شاخص‌هایی مثل عملکرد، اندازه میوه، محتوای ویتامین ث، لیکوپن، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بخش هوایی و سطح برگ معنی‌دار است و بالاترین عملکرد در تیمار S19-1+S14-3 ($4830/9g.m^{-2}$) و بالاترین میزان ویتامین ث، لیکوپن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سطح برگ در تیمار S19-1+S21-1 به ترتیب با مقادیر $7/02 mg.100g^{-1}$ Fwt، $46/01 mg.kg^{-1}$ ، $30/09 mg.g^{-1}$ ، $7/3$ ، $15/6 mg.g^{-1}$ و $60/6 cm^2$ بدست آمد. این در حالی بود که سایر ویژگیهای اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل تعداد میوه کل و اسیدیته، مواد جامد محلول (TSS)، pH و EC میوه، سفتی گوشت، سفتی پوست، قطر ساقه، تعداد گره، ارتفاع ساقه، تعداد ساقه جانبی و کلروفیل متأثر از تیمارهای مورد استفاده نبود. باتوجه به نتایج فوق می‌توان به مؤثر بودن باکتریهای مورد استفاده در این آزمایش به عنوان کود زیستی در بهبود عملکرد و جذب بهتر عناصر و افزایش سطح برگ و کیفیت میوه گوجه فرنگی اشاره کرد.

واژه های کلیدی: باکتریهای محرک رشد، سودوموناس، پتاسیم، فسفر، عملکرد گوجه فرنگی

Effect of Some Isolates of *Pseudomonas* Vaccination on Growth and Nutrient Uptake of Tomato Under Field Condition

Peyman sh Alipour^{1*}, Sahebali Bolandnazar², Mohammad Reza Sarikhani³, Faramarz Irani¹

Received: July 5, 2015 Accepted: February 22, 2016

1-Graduate Student of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

3-Assist. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

*Corresponding Author: peyman.sh.alipour@gmail.com

Abstract

Identifying of plant growth promoting bacteria and utilizing them is one of the basic stages in sustainable agriculture. In this experiment some newly isolated and identified strains of *Pseudomonads*, were used for the first time in inoculation of tomato in the field circumstances. Experiment was done based on randomized block design with 5 treatments and 3 replications. In this experiment tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Super Chief) seedlings were inoculated with integrated treatment of *Pseudomonas* ssp. strains including (S19-1+S10-3, S14-3+S19-1 and S19-1+S21-1), moreover, the control treatment without bacteria inoculation and fertilizer treatment (according to soil test) in order to comparison were considered. The result showed that the effects of bacteria on characters such as yield, fruit size, vitamin C, lycopene, percentage of N, P, K in foliage of plant and leaf area index is meaningful and the best output is in S19-1+S14-3 (4830.9 g.m⁻²) and the highest amount of vitamin C, lycopene, N, P, K, LAI was in S19-1+S21-1 treatment respectively and amounts of 7.02 mg.100g⁻¹ Fwt, 46.01mg.kg⁻¹, 30.09 mg.g⁻¹, 7.30 mg.g⁻¹, 15.60 mg.g⁻¹, 6.60 cm². However the other measured traits in this experiment including number of fruits, acidity, TSS, pH, EC, firmness, diameter of stem, number of lateral shoot and chlorophyll index were not affected by bacteria. According to this result we can mention the efficiency of used bacteria as a biofertilizer in improvement of yield, nutrient uptake, LAI and fruit quality.

Keywords: Plant Growth Promoting Bacteria, *Pseudomonas*, Potassium, Phosphorus, Tomato Yield

مقدمه

عناصر غذایی نظیر فسفر، نیتروژن و عناصر کم مصرف در مجموع باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت این محصول خواهد شد. برای رسیدن به این مهم توجه به راهکار زیستی و استفاده از پتانسیل زیستی خاک مورد توجه است.

امروزه بکارگیری جانداران مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی به عنوان طبیعی ترین و مطلوبترین راه حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک

گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) از سبزی های مهمی است که به لحاظ داشتن ویتامین های C، A و سایر ترکیبات معدنی نقش مهمی را در سلامت جامعه ایفا می کند. در گوجه فرنگی نیز مانند سایر گیاهان، رشد بهینه و عملکرد مطلوب از نظر کمی و کیفی تحت تاثیر شرایط تغذیه ای قرار دارد و از میان عناصر غذایی نقش پتاسیم قابل توجه است. تامین سایر

آزوسپیریوم در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین های B، اسیدنیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین ها، جیبرلین ها و غیره دارند که در افزایش جذب ریشه نقش مفید و موثری دارند (کادر ۲۰۰۲). گونه های مختلف جنس سودوموناس در کنترل قارچ های بیماری زا مؤثر بوده که از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک ها، تولید هورمون های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می کنند، سبب تحریک رشد گیاه می گردد (عبدوالجلیل ۲۰۰۷). نجف وند و همکاران (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که کار بردن کود بیولوژیک نیتروکسین در گیاه گوجه فرنگی باعث افزایش عملکرد تا ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. توحیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۵) دریافتند که در حضور باکتری های حل کننده فسفات شامل سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس، عملکرد دانه سویا افزایش معنی داری پیدا کرد. استمفورد و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی کودهای زیستی روی تشکیل گره و جذب مواد غذایی در لوبیا چشم بلبلی، بیشترین مقدار عنصر فسفر و پتاسیم در گیاه را در حضور کودهای زیستی، گزارش کردند. حمیدی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقات خود گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح بذر با سه باکتری ازتوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس مشاهده شد. آن ها همچنین بیان داشتند که ترشح مواد تنظیم کننده رشد گیاه مانند اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها به وسیله ازتوباکتر و آزوسپیریوم را می توان مهمترین سازو کار افزایش عملکرد دانه دانست. زهیر و همکاران (۲۰۰۵) نیز به افزایش ۴۰ درصدی جذب نیتروژن در ذرت در تیمارهای حاوی ازتوباکتر، اشاره کردند. توانایی ازتوباکتر کروکوکوم نیز برای آزادسازی پتاسیم از ارتوکلاز به اثبات رسیده است، به طوری که این باکتری

در اراضی کشاورزی، مطرح می باشد. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهمترین مزایای کودهای بیولوژیک محسوب می شوند (صالح راستین ۱۳۸۰). کودهای زیستی با بهره گیری از باکتریهای مفید خاک در جهت نیل به اهداف فوق در کشاورزی پایدار در کانون توجهات هستند. شناسایی گونه های مفید میکروبی و ارزیابی اثرات آنها در حضور گیاهان مختلف در شرایط گلخانه و مزرعه راه را برای معرفی این گونه های مفید در مقیاس بزرگتر و در قالب کودهای زیستی هموار می سازد.

باکتری های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس از مهمترین باکتری های محرک رشد گیاه هستند که علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و کنترل عوامل بیماریزا، با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، به ویژه انواع اکسین، جیبرلین ها و سیتوکینین ها رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند (زهیر و همکاران ۲۰۰۴ و استورز چرستی ۲۰۰۳). نتایج آزمایش ورمین و همکاران (۱۹۹۷) نشان داد که کار بردن ازتوباکتر با نیتروژن در حد متوسط باعث افزایش رشد و عملکرد در آفتابگردان می شود. یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند کاربرد میکروارگانیسم های حل کننده فسفات و باکتری های افزایش دهنده رشد گیاه همراه با کاربرد کود (NPK) در ذرت باعث بهبود صفات وزن بلال، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف شده است. رخصزادی (۱۳۸۷) اظهار داشت وجود باکتری سودوموناس فلورسنس در ترکیب مایه های تلقیح، نقش موثری در افزایش جذب نیتروژن در مرحله گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد عناصر دانه در واحد سطح در گیاه نخود داشته است. باکتری های جنس ازتوباکتر و

کمیت و کیفیت محصولات مختلف کشاورزی به ویژه گیاه گوجه فرنگی است (زهرا و همکاران ۱۹۸۴ و بارکر و همکاران ۱۹۸۸). بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی اثر تلفیقی چهار سویه S10-3، S14-3، S19-1 و S21-1 متعلق به جنس *سودوموناس* بر رشد، عملکرد و برخی خصوصیات کیفی گوجه فرنگی در شرایط مزرعه‌ای می‌باشد. قابل ذکر است که این باکتریها به تازگی در آزمایشگاه بیولوژی خاک گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز جداسازی و شناسایی شده‌اند و ویژگی انحلال فسفات و آزاد کنندگی پتاسیم آنها در شرایط آزمایشگاهی (*in-vitro*) مشخص شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش بررسی جدایه‌های *سودوموناس* محرک رشد گیاه بر خصوصیات رشدی و تغذیه گوجه فرنگی در سال زراعی ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در جاده تبریز-باسمنج به اجرا درآمد. از لحاظ هدایت الکتریکی در خاک مذکور هیچ گونه خطر شوری وجود نداشته و مقدار فسفر و پتاسیم آن در حد رضایت بخش بود. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به صورت مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش شامل ۱- باکتریهای *Pseudomonas* + *Pseudomonas* sp.S10-1
2- باکتریهای *Pseudomonas* sp.S14-3
3- *Pseudomonas* sp.S19-1 + *Pseudomonas* sp.S21-1
4- شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی و ۵- تیمار کود کامل بود. کاشت نشاها در ۳ کرت و هر قطعه شامل ۵ جوی، با ابعاد ۲ متر طول و عرض ۷۰ سانتی متر انجام گرفت. در هر پشته تعداد ۶ بوته کاشته شد و فاصله هر بوته ۳۰ سانتی متر بر روی پشته‌ها در نظر گرفته شد. بذور

توانست در مدت دو هفته حدود هفت درصد پتاسیم موجود در ارتوکلاز را آزاد کند (میشوستین و همکاران ۱۹۸۱). محسن و همکاران (۲۰۰۵) نیز در بررسی تأثیر کاربرد باکتری *آزوسپیریوم* و *ازتوباکتر* در گندم، دریافتند که بالاترین غلظت فسفر در حضور هر دو باکتری مشاهده شد. گونه‌های *سودوموناس* باعث افزایش تعداد گره‌ها، وزن خشک گره‌ها، عملکرد دانه و اجزا عملکرد، در دسترسی و جذب عناصر در محصول سویا شدند (سان و همکاران ۲۰۰۶). نتایج رحمتی خورشیدی و اردکانی (۲۰۱۱) در مورد تاثیر باکتری *سودوموناس* و *آزوسپیریوم* بر عملکرد برنج طارم نشان داد که بیشترین عملکرد برنج در تلقیح باکتری *سودوموناس* همراه با کود نیتروژن (در مقایسه با کود نیتروژن به تنهایی) به دست می‌آید. شنگ (۲۰۰۵) با اضافه کردن باکتری *باسیلوس ادافیکوس* به خاک در کشت گلدانی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) به ترتیب افزایش ۱۹ تا ۲۴ درصد و ۱۹ تا ۲۱ درصد در وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده کرد. همچنین غلظت پتاسیم در پنبه ۳۱ تا ۳۴ درصد و در کلزا ۲۸ تا ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تلقیح با باکتری همچنین موجب افزایش غلظت نیتروژن و فسفر در گیاه شد. آنها جذب بیشتر عناصر غذایی به وسیله گیاهان تلقیح شده با باکتری را به تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه (اکسین) در نزدیک ریشه گیاه توسط باکتری نسبت دادند که این امر باعث توسعه رشد ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و عناصر غذایی از خاک می‌شود.

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که رشد گیاهان علاوه بر خصوصیات ژنتیکی تحت تأثیر خاک و عوامل اقلیمی می‌باشند. حداکثر عملکرد گیاه و شرایط بهینه رشد باکتری تلقیح شده به خاک تحت تأثیر این عوامل هستند که میزان موفقیت تلقیح را کنترل می‌کنند (اگمبردیووا و هوفلیچ ۲۰۰۳) لذا، استفاده از باکتریهای محرک رشد گیاه یک روش امیدبخش برای افزایش

تیتراسیون (تیگچیلار ۱۹۸۶) و مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (ATAGO, PAL1, Japan) (تیگچیلار ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد. pH و EC میوه با استفاده از دستگاه pH متر و EC متر (تیگچیلار ۱۹۸۶) مشخص شدند. سفتی گوشت و سفتی پوست بوسیله سفتی‌سنج اندازه‌گیری شد. ویتامین ث به روش تیتراسیون (آ او آ سی ۱۹۸۰) و لیکوپن از روش آدسول دن (۱۹۷۹) تعیین گردید. برای تعیین شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل سنج مدل SPAD-502 استفاده شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح سنج مدل LI-3100 اندازه‌گیری شد. قطر گیاه به وسیله کولیس و ارتفاع بوته‌ها و طول میانگره‌ها با خط‌کش تعیین شد. همچنین میوه‌ها با رسیدن تدریجی و به فاصله ۱ هفته از هم برداشت شدند و وزن میوه‌ها به وسیله ترازوی حساس توزین گردید. اندازه‌گیری نیتروژن در بخش هوایی گیاه بوسیله هضم میکرو - کجلدال (والینگ و همکاران ۱۹۸۹)، اندازه‌گیری فسفر به روش رنگ‌سنجی (وانادات - مولیبدات زرد) (اولسن و سامرز ۱۹۸۲) و اندازه‌گیری پتاسیم به روش نشر شعله ای (Flame photometer) (والینگ و همکاران ۱۹۸۹) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

گوجه‌فرنگی رقم سوپرچیف پس از ضدعفونی شدن با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ده دقیقه، در اواخر اسفند ماه در خزانه و در سینی‌های کشت، کاشته شدند. بذور در هنگام کاشت با زادمایه باکتریایی تلقیح شدند، برای هر سینی کشت ۱۰ گرم مایه تلقیح باکتریایی حاوی $2/4 \times 10^8$ CFU/g استفاده شد. باکتری‌ها از گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز تهیه شدند. نشاهای گوجه‌فرنگی پس از رسیدن به اندازه لازم و نیز با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و در اواسط اردیبهشت سال ۱۳۹۳ به مزرعه انتقال یافتند. آبیاری هفته‌ای یک بار انجام پذیرفت، روش آبیاری به صورت جداگانه و با دقت کامل و به صورت نواری انجام شد. بر اساس نتایج آنالیز خاک و جدول توصیه کودی مقدار کود لازم به میزان ۷۲ کیلوگرم در هکتار کود اوره است که در سه نوبت استفاده شد و به دلیل کافی بودن عناصر فسفر و پتاسیم از این کودها استفاده نشد. زمان کاشت ۹۳/۲/۲۱ خواهد بود. خاکدومی پای بوته در حدود یک ماه بعد از کشت در مزرعه انجام شد. در اوایل تیر اولین برداشت انجام شد و بعد از اولین برداشت میوه‌ها با رسیدن تدریجی و به فاصله ۱ هفته از هم برداشت می‌شدند. برداشت تا اواخر شهریور ادامه یافت.

برخی از پارامترها همانند شاخص کلروفیل، سطح برگ، ارتفاع، قطر ساقه در طول رشد گیاه و برخی از پارامترها نظیر غلظت عناصر غذایی در پایان دوره و بعد از برداشت گیاه اندازه‌گیری شد. اسیدیته به روش

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

درصد اشباع	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	pH	کربن آلی (%)	نیتروژن (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۳۷	۲/۲۵	۸/۵	۱/۶۵	۰/۱۶۵	۴۶	۰/۱۶۵	۱/۶۵	۸/۵	۲/۲۵

نتایج و بحث

عملکرد در متر مربع

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر جدایه‌های باکتری مورد آزمایش بر عملکرد میوه گوجه فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. با انجام مقایسه میانگین مشخص شد که بیشترین مقدار عملکرد میوه گوجه فرنگی مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S14-3 بود که این تیمار اختلاف معنی داری با بقیه تیمارها داشت (شکل ۱). تیمار شاهد کم ترین مقدار عملکرد را دارا بود. تیمار S19-1+S14-3 سبب افزایش میزان عملکرد به میزان ۶۷/۸۳ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۱۰۴/۱۹ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است. با توجه به افزایش عملکرد گوجه فرنگی با کاربرد باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح باکتری، ظاهراً باکتری‌های محرک رشد با افزایش زیستی عناصر معدنی، محلول کردن فسفر و پتاسیم، مهار زیستی عوامل بیماری زا با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه به ویژه اکسین‌ها و جیبرلین‌ها در جهت افزایش رشد و عملکرد گوجه فرنگی نقش بسزایی داشته است، که در این بین به نظر میرسد سویه S19-1 + S14-3 نسبت به دو سویه دیگر از قابلیت بیشتری در افزایش عملکرد گوجه فرنگی برخوردار بوده است.

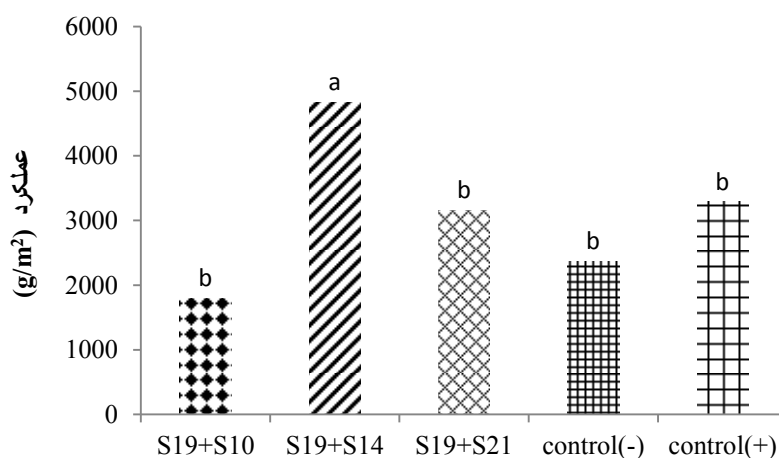
با مقایسه تیمار زیستی S19-1+S14-3 و کودشیمیایی می توان نتیجه گرفت که تنها فراوانی عناصر غذایی عاملی برای تولید بیشتر نمی باشد، بلکه سایر ویژگیهای محرک رشدی باکتریها در مجموع توانسته اثر افزایشده نسبت به تیمار کود کامل داشته باشد. به نظر اثرات چندگانه این باکتریها اعم از انحلال فسفر، رهاسازی پتاسیم و غیره در بهبود عملکرد گیاه گوجه فرنگی نقش داشته است. با نگاهی به نتایج سایر محققین به نوعی این موضوع تایید می‌گردد. ایگال و همکاران (۲۰۰۲) طی آزمایشی گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات موجب افزایش انحلال فسفر و افزایش معنی دار عملکرد دانه در جو و نخود شد. سوبارائو (۱۹۹۸) گزارش کرد که تغذیه کافی گیاه

با فسفر باعث استحکام بافتهای گیاهی و برگ‌ها شده و در نتیجه ریزش برگها به تعویق می‌افتد و بقای بیشتر برگ‌ها و حفظ شادابی آنها در این مرحله از رشد که مصادف با دوره پرشدن دانه‌ها نیز می باشد، باعث تداوم عمل فتوسنتز شده و نقش بسزایی را در افزایش عملکرد خواهد داشت. توحیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۵) دریافته‌اند که در حضور باکتری‌های حل کننده فسفات شامل *سودوموناس پوتیدا* و *باسیلیوس لنتوس*، عملکرد دانه سویا افزایش معنی داری پیدا کرد. ورسوگلو و منکس (۲۰۱۰) در طی تحقیقات خود نشان دادند که در تیمارهای تلقیح شده با *آزوسپیریوم* در گندم، عملکرد دانه به میزان ۹/۸ درصد افزایش پیدا کرد. باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *ازتوباکتر* باعث بهبود رشد گیاه از طریق تثبیت نیتروژن و تولید مواد محرک رشد می شوند (براون ۱۹۷۴). یاساری و پتواردهان (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های *آزوسپیریوم* و *ازتوباکتر* در کلزا باعث رشد و عملکرد محصول شده است. این باکتری‌ها با افزایش قابلیت جذب عناصر و تأمین نیتروژن باعث افزایش رشد گیاه می شوند. یورت سون و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که افزایش عملکرد گوجه فرنگی به طور معنی داری با افزایش کاربرد پتاسیم به دست آمده است. آدامس و هولدر (۱۹۹۲) مشاهده کردند که عملکرد گوجه فرنگی در غلظت کم پتاسیم کاهش یافته است. طباطبایی (۱۳۸۹) بیان نمود که پتاسیم شدت فتوسنتز کلروپلاست و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی را از طریق آوند آبکش به بافت‌های ذخیره‌ای افزایش می دهد که به موجب آن عملکرد و کیفیت میوه بهبود می یابد. اگامبردیوا و هوفلیخ (۲۰۰۳) نشان دادند که تلقیح با نشان دادند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه میتواند موجب افزایش رشد و افزایش مقدار پتاسیم در اجزای گیاه گندم شود.

باکتریهای محرک رشد همچنین با افزایش ساخت ترکیبات محرک رشد، رشد گیاهان را تحت تأثیر خود قرار میدهند. رانگ چانگ و فنتینگ (۱۹۹۵) عنوان کردند که باکتری‌ها در طی فعالیت‌های حیاتی خود می توانند

پاتیدار (۲۰۰۱) و اگامبردیوا و همکاران (۲۰۰۳) افزایش عملکرد دانه در گندم و سورگوم بعد از تلقیح با باکتری سودوموناس را عمدتاً مربوط به تولید مواد محرک رشد توسط این باکتری دانسته‌اند. عرب و همکاران (۱۳۸۷) تولید فیتوهورمونها از جمله اکسین توسط باکتری آزوسپیریوم را یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح شده با باکتری آزوسپیریوم عنوان کرده‌اند.

مواد محرک رشد گیاه تولید کنند به طوری که با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) مشخص شده است که در محیط کشت باکتری مقدار زیادی جیبرلین و سایر مواد فعال کننده وجود دارد که محرک رشد گیاه می باشند. به این ترتیب افزایش عملکرد در خاکهای تلقیح شده با باکتری را می توان به تأثیر این مواد محرک رشد که توسط باکتری ترشح میشود نسبت داد.



شکل ۱- اثر جدایه های سودوموناس بر عملکرد میوه گوجه فرنگی

مثبت (کود کامل) و ۹۸/۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است. شاید انتظار اینگونه بود که با توجه به عملکرد بهتر در تیمار تلفیقی S19-1 + S14-3 مقدار عناصر در این تیمار نیز بیشتر باشد اما رخداده این مساله را می‌توان به این صورت توضیح داد. در مطالعات تغذیه‌ای اثر رقت (Dilution effect) مشاهده می‌شود و مربوط به حالتی است که سرعت رشد بیوماس گیاه از سرعت جذب عناصر پیشی می‌گیرد، استفاده از باکتریهای S19-1 + S14-3 به نظر با تحریک بیشتر رشد گیاه منجر به بروز این موضوع شده‌اند. بعلاوه انتقال عناصر غذایی از بخش برگ و ساقه به بخش میوه دلیل دیگری است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. به نظرمی رسد به دلیل افزایش محصول میوه در گوجه‌فرنگی تیمار شده با این باکتریها انتقال بیشتری از این عناصر از بافت گیاهی به بخش

مقدار پتاسیم اندام هوایی

اثر کاربرد تیمارهای باکتریایی بر مقدار پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین تیمارها در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین مقدار پتاسیم مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S21-1 بود که این سویه با تیمار باکتریایی S19-1+S10-1 اختلاف معنی داری از لحاظ مقدار پتاسیم نداشت اما اختلاف بین این دو سویه با بقیه تیمارها معنی دار بود. در بین تیمارها، تیمار شاهد منفی (بدون کود) کمترین مقدار پتاسیم را دارا بود. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش مقدار پتاسیم به میزان ۱۰۶/۰۷ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۱۱۰/۸۱ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است. تیمار S19-1+S10-1 نیز سبب افزایش مقدار پتاسیم به میزان ۱۰۲/۷۰ درصد نسبت به تیمار شاهد

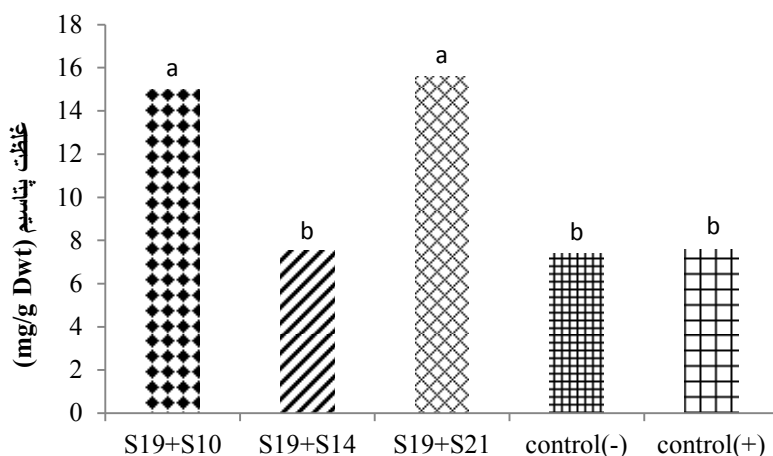
در خاک باشد، همچنین IAA تولید شده توسط این باکتری میتواند به عنوان یک ترکیب آلی محرک رشد گیاه عمل کند. بدر (۲۰۰۶) در یک آزمایش مزرعه ای یک سویه از باکتری تجزیه کننده سیلیکات به نام *باسیلوس سرئوس* را برای ارزیابی تأثیر تلقیح این سویه بر آزادسازی پتاسیم از فلدسپار در حضور گاه و کلس برنج و تأثیر کمپوست غنی شده با فلدسپار (F-compost) بر عملکرد گیاه گوجه فرنگی استفاده کرد. 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 حالی که فلدسپار به تنهایی تأثیر نداشته و یا تأثیر کمی داشت. همچنین بسیاری از محققین گزارش کردند که وزن خشک ریشه، اندام هوایی و مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه در اثر تلقیح با باکتریهای آزاد کننده پتاسیم نسبت به شاهد بدون باکتری، به طور معنی داری افزایش نشان داد (چاکرا بورتی و همکاران ۲۰۰۶، ساگمارن و جنارتانم ۲۰۰۷).

مقدار فسفر اندام هوایی

مقایسه میانگین مقدار فسفر در بخش هوایی گوجه فرنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. بیشترین مقدار فسفر مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S21 است که این سویه با تیمار باکتریایی S19-1+S10-1 اختلاف معنی داری از لحاظ مقدار فسفر ندارد اما اختلاف آنها با بقیه تیمارها معنی دار است. تیمار شاهد منفی (بدون کود) کم ترین مقدار فسفر را دارد. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش مقدار فسفر به میزان ۳۹/۸۴ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۶۲/۵۸ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است. تیمار S19-1+S10-1 نیز سبب افزایش فسفر به میزان ۳۱/۰۳ درصد

میوه که نیاز بیشتری به این عناصر دارد رخ داده و دلیلی بر کاهش غلظت عناصر در این تیمار باکتریایی در مقایسه با دیگر تیمارهای باکتری بوده است.

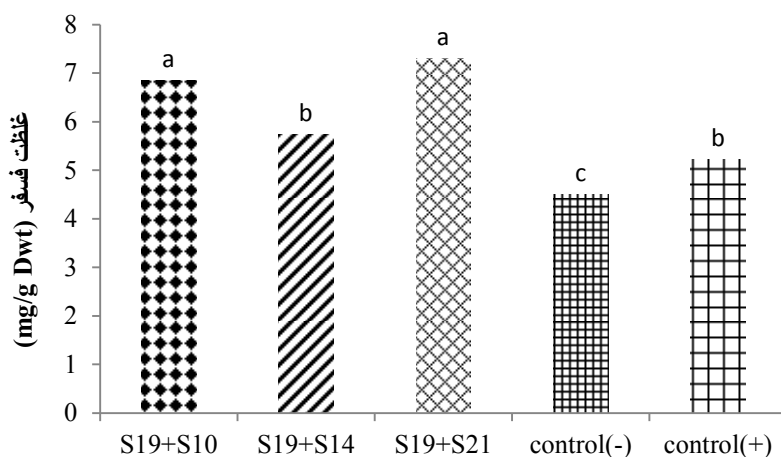
افزایش غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی و ریشه در اثر تلقیح با باکتریهای آزاد کننده پتاسیم توسط محققین مختلفی گزارش شده است (بدر ۲۰۰۶؛ شنگ و همکاران ۲۰۰۸). این باکتریها با تخریب کانیهای پتاسیم دار، این عنصر را از کانی آزاد کرده و به شکل قابل استفاده برای گیاه در می آورند. مکانیسم تجزیه سیلیکاتها بر حسب نوع باکتری تجزیه کننده متفاوت خواهد بود. ولی اساساً این فرایند در نتیجه تأثیر فرایندهای متابولیک این باکتریها روی کانیها انجام می شود. حضور پلی ساکاریدهای باکتریایی به عنوان عوامل موثر در رهاسازی پتاسیم از کانیهای خاک گزارش شده است. پلی ساکاریدها (مثل اسیدهای اورنیک) مواد لعابی و لزجی هستند که دارای عوامل کربوکسیلی (COOH) و فنلی (C₆H₆O) می باشند که فنل و کربوکسیل موجود در پلی ساکاریدها با عناصر موجود در سیلیکاتها واکنش داده و تشکیل پیوندهای پیچیده ای می دهند که منجر به آزاد شدن عناصر از شبکه کریستالی شده و باعث انتقال آنها به داخل محلول خاک می شوند (ولچ و همکاران ۱۹۹۹). شاید این مواد لزج تولید شده توسط سویه های نام برده، مواد پلی ساکاریدی باشند که توسط این سویه ها تولید و ترشح شده و در آزادسازی پتاسیم مؤثر واقع شده است. محققین گزارش کردند که این باکتریها قادر به تولید ایندول استیک اسید (IAA) و سیدروفور می باشد که سیدروفور تولید شده میتواند با عناصر موجود در سطح کانی کمپلکس برقرار کند و در آزادسازی عناصری مثل فسفر، پتاسیم و آهن مؤثر واقع شود (هنریچ و همکاران ۲۰۰۴، چاکرا بورتی و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین تجزیه کانیهای پتاسیم دار و آزاد شدن پتاسیم در اثر این مکانیسم و یا سایر مکانیسمها می تواند نقش مؤثری در افزایش پتاسیم قابل استفاده



شکل ۲- اثر جدایه های سودوموناس بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی گوجه فرنگی

تولید اسیدهای آلی توسط باکتریهای حل کننده فسفاتهای معدنی کاملاً ثابت شده می باشد و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفاتهای معدنی توسط باکتری های خاک تشخیص داده شده است (رودریگوئز و فراگا ۱۹۹۹). تولید و ترشح اسیدهای آلی و پروتون موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلولهای باکتری شده و در نتیجه فسفات میتواند در اثر جایگزینی یون H^+ با یونهای کلسیم در محیط آزاد گردد (ایلمر و اسپینر ۱۹۹۵). آنتون (۲۰۰۲) نیز در تحقیقی روی ریزجانداران حل کننده فسفات گزارش نمود که این ریزجانداران با تولید اسید، قابلیت حل فسفر را از منابع فسفات غیر محلول نظیر سنگ فسفات افزایش میدهند.

نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۵۲/۳۳ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است. هان و لی (۲۰۰۵) به بررسی اثر دو باکتری حل کننده فسفات (*باسیلوس مگاتریوم*) و حل کننده پتاسیم (*باسیلوس موسیلاقیوس*) بر جذب عناصر فسفر و پتاسیم و رشد گیاه بادنجان پرداختند. آزمایش آنها به این نتیجه گیری منجر شد که استفاده همزمان منابع معدنی فسفات و پتاسیم با تلقیح باکتریهای فوق باعث افزایش فراهمی این دو عنصر شده و میزان جذب آنها در گیاه افزایش یافته و رشد گیاه را افزایش می دهد. چنین نتیجه ای در مطالعه شنگ (۲۰۰۵) نیز مشاهده می شود.



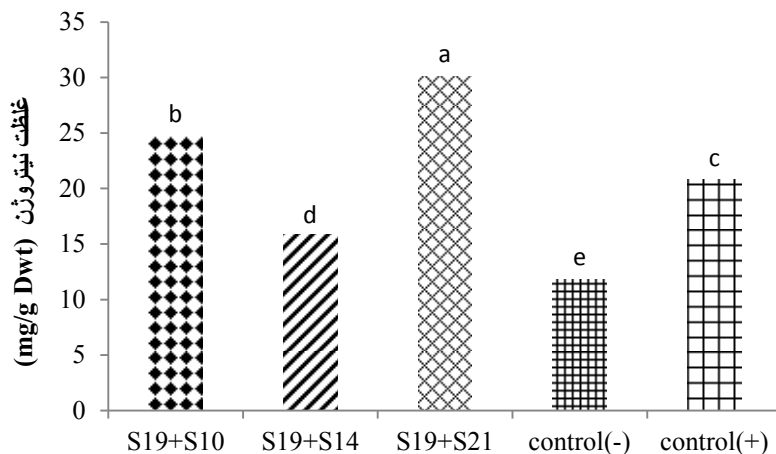
شکل ۳- اثر جدایه های سودوموناس بر میزان فسفر در اندام هوایی گوجه فرنگی

مقدار نیتروژن اندام هوایی

تجزیه واریانس مقدار نیتروژن موجود در بخش هوایی حاکی از اثر معنی‌دار استفاده از تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در آزمایش بود به صورتی که اثر آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها بر درصد نیتروژن بافت هوایی گیاه در شکل ۴ نشان داده شده است. بیشترین مقدار نیتروژن مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S21-1 است که این سویه با همه تیمارهای دیگر از لحاظ مقدار نیتروژن اختلاف معنی‌داری دارد. کم‌ترین مقدار نیتروژن مربوط به تیمار شاهد منفی (بدون کود) بود. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش مقدار نیتروژن به میزان ۴۴/۸۷ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۱۵۳/۹۲ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است.

گرچه باکتریهای سودوموناس به عنوان

تثبیت‌کنندگان نیتروژن شناخته نمی‌شوند اما تثبیت نیتروژن به صورت همزیستی، همیاری و آزدازی در باکتریهای ریزوبیومی، آروسپیریوم و ازتوباکتریهای خاک شناخته شده است (پائول، ۲۰۰۷). با نگاهی به شکل ۵ مشخص می‌شود که تیمارهای باکتریایی از نظر غلظت نیتروژن در برگ گیاه دارای میانگین بالاتری نسبت به شاهد منفی و در برخی موارد کنترل مثبت (تیمار کودی) هستند، شاید تامین سایر عناصر غذایی به ویژه فسفر و پتاسیم سبب هم‌افزایی تامین این عنصر شده باشد همچنانکه در مورد باکتریهای ریزوبیوم تحقیقات نشان داده که تامین فسفر باعث افزایش میزان جذب نیتروژن می‌گردد (حیدری شریف آباد و ترک نژاد، ۱۳۷۹ اکاز و همکاران، ۱۹۹۴).



شکل ۴- اثر جدایه های سودوموناس بر غلظت نیتروژن در اندام هوایی گوجه فرنگی

(بدون کود) کم‌ترین مقدار سطح برگ را دارد. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش میزان سطح برگ به میزان ۶۲/۷۷ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۱۱۰/۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است.

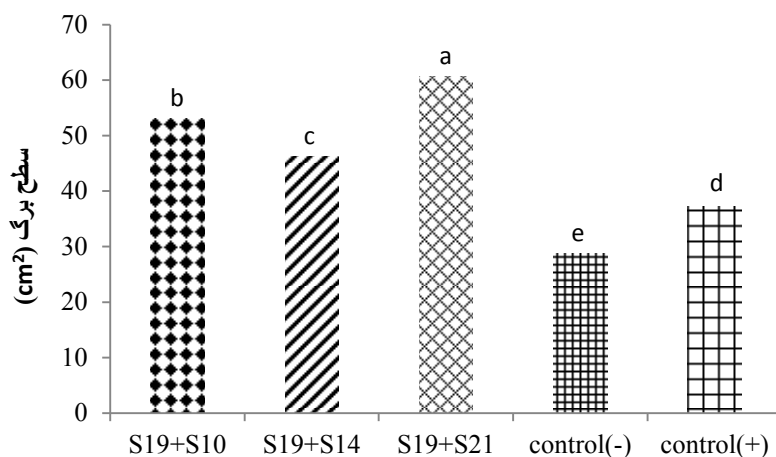
به نظر می‌رسد که سیگنالهای شیمیائی در گیاهان تلقیح شده، رشد برگ را کنترل می‌نمایند. البته در

سطح برگ

تجزیه واریانس سطح برگ نشان داد که اثر سویه های مورد آزمایش بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین سطح برگ در شکل ۵ آورده شده است. بیشترین مقدار سطح برگ مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S21-1 است که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. تیمار شاهد منفی

ماتیوس و ساندراس (۱۹۹۶) و فیلیپر و همکاران (۱۹۹۹) اظهار داشتند که پتاسیم باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها و افزایش فشار تورژسانس می‌شود که این باعث افزایش سطح برگ می‌شود. الیومالی و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که فشار اسمزی با تجمع پتاسیم در سلول، باعث توسعه سلول و برگ می‌شود. سطح برگ از خصوصیات مهم در رشد گیاه می‌باشد، به طوری که هرچه سطح برگ افزایش یابد مقدار فتوسنتز افزایش یافته و به دنبال آن میزان ماده خشک گیاهی نیز افزایش می‌یابد (تایز و زایگر ۲۰۰۲). پوسینگام (۱۹۸۰) گزارش کرد که افزایش غلظت پتاسیم در منطقه ریشه می‌تواند کارایی فتوسنتزی برگ را افزایش دهد که این ممکن است باعث افزایش کلروپلاست هر سلول، تعداد سلول‌های هر برگ و نهایتاً افزایش سطح برگ شود.

گیاهان تلقیحی به دلیل ترشحات خارجی این باکتریها که سبب افزایش حجم ریشه و بالطبع افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌شوند، برگ رشد خود را انجام می‌دهد و محرز شده است که این ریزجانداران باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شوند (وو و ژیا، ۲۰۰۶؛ وو و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیقی مشخص شد که وزن خشک ساقه، سطح برگ و عملکرد دانه در بوته‌های کلزای تلقیح یافته با سویه‌های *ازتوباکتر* به طور معنی داری افزایش یافت. این اثرات می‌تواند بواسطه تأثیر *ازتوباکتر* بر افزایش میزان نیتروژن قابل استفاده برای گیاه، هورمونهای گیاهی و همچنین محافظت گیاه در برابر بیماریها باشد که منجر به افزایش سطح برگ و عملکرد گیاه می‌شود (زاید و همکاران ۲۰۰۷).



شکل ۵- اثر جدایه‌های سودوموناس بر میزان سطح برگ در گوجه فرنگی

مقدار ویتامین ث را دارد. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش میزان ویتامین ث به میزان ۵۰ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۸۵/۷۱ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است.

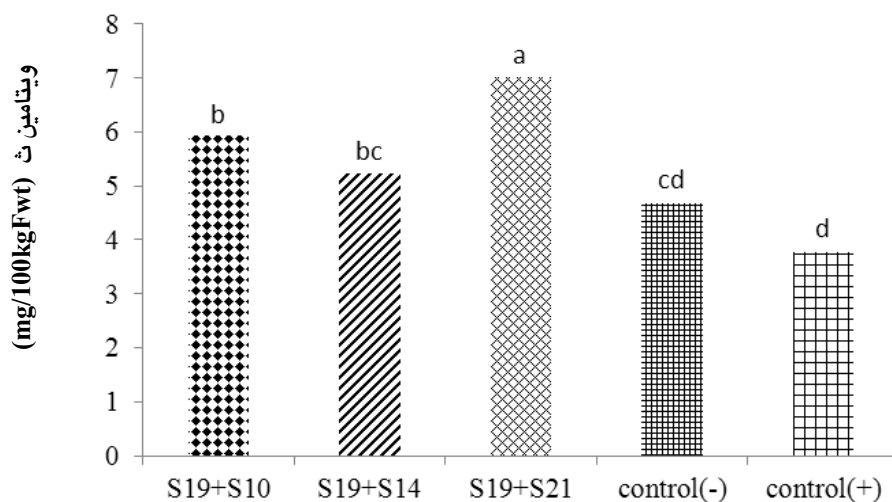
تأثیر پتاسیم بر افزایش میزان ویتامین ث در خربزه (لستر و جیفون ۲۰۰۷) و پرتغال والنسیا (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۵) گزارش شده است که در تایید نتیجه این پژوهش می‌باشد. اینکه چگونه پتاسیم میزان اسید

ویتامین ث

تجزیه واریانس میزان ویتامین ث در بخش میوه نشان داد که اثر هر سه تیمار باکتریایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است. مقایسه میانگین میزان ویتامین ث در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S21-1 است که با بقیه تیمارها اختلاف معنی دار دارد. تیمار شاهد منفی (بدون کود) کمترین

در نتیجه غلظت ویتامین ث میوه گوجه فرنگی را بهبود می بخشد. علیزاده اسکویی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که ظاهراً قارچ های میکوریز آربوسکولار با جذب فسفر در فعال ساختن آنزیم هایی که برای سنتز ویتامین ث لازم و ضروری می باشند نقش اساسی دارند و با افزایش فسفر جذب شده، فعالیت این آنزیم ها نیز بیشتر شده و در نتیجه غلظت ویتامین ث میوه گوجه فرنگی بالا رفته است.

آسکوربیک را افزایش می دهد، هنوز مشخص نیست، اما افزایش سنتز به واسطه فعال سازی آنزیم ممکن است یک مکانیسم باشد (لستر و همکاران ۲۰۰۵). باگل و همکاران (۱۹۸۹) نشان دادند که میزان ویتامین ث، قند، پروتئین و مواد معدنی با افزایش مصرف فسفر، نیتروژن و پتاسیم تا حد معینی افزایش می یابد. لینکن و ادوارد (۱۹۹۸) معتقدند وجود فسفر کافی در محیط ریشه نیز سبب توسعه سریع ریشه و استفاده بهتر گیاه از آب و دیگر عناصر غذایی ضروری گیاه می شود که



شکل ۶- اثر جدایه های سودوموناس بر میزان ویتامین ث در گوجه فرنگی

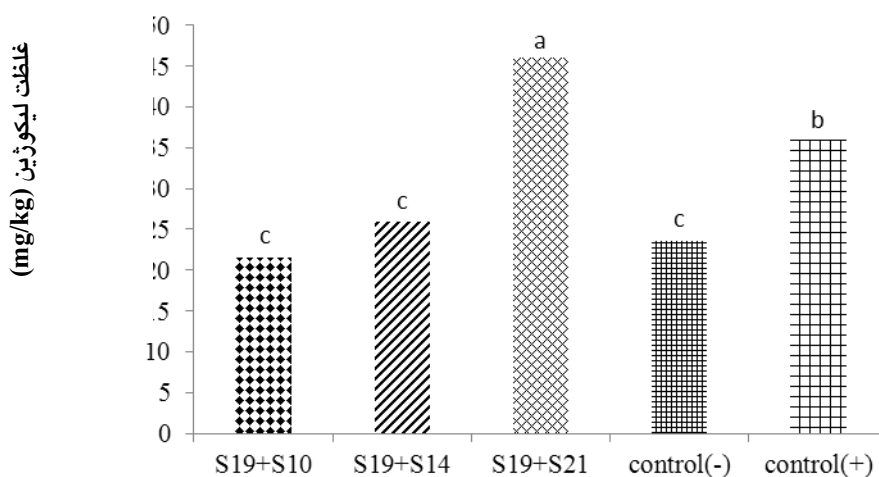
لیکوپن یک کاروتنوئید با ظرفیت بالا برای از بین بردن گونه های فعال اکسیژنی است و گوجه فرنگی یک منبع عمده برای لیکوپن است (راو و همکاران ۱۹۹۸، تور و ساواج ۲۰۰۵). مطالعات مختلف نشان داده است که کیفیت گوجه فرنگی به شدت با مقدار لیکوپن همبسته است (گیورگ ۲۰۰۴). هارت و اسکات (۱۹۹۵) بیان کردند که غلظت آنتی اکسیدان ها در گوجه فرنگی بیشتر به ژنتیک، فاکتورهای محیطی و مرحله رسیدن بستگی دارد. غلظت لیکوپن به موجودات ذره بینی خاک های زراعی، مرحله بلوغ و شرایط رشد بستگی دارد (سحلین، ۲۰۰۴). لیکوپن نقش مهمی در سلامتی انسان دارد به همین خاطر مصرف غذاهای غنی از لیکوپن

لیکوپن

اثر جدایه های مورد آزمایش بر مقدار لیکوپن در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است. مقایسه میانگین مقدار لیکوپن در شکل ۷ نشان داده شده است. بیشترین مقدار لیکوپن مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S21-1 است که با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری دارد. تیمار شاهد منفی (بدون کود) کم ترین مقدار لیکوپن را دارد. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش میزان لیکوپن به میزان ۲۷/۹۱ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۹۵/۳۷ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است.

و اوزبون (۱۹۷۱) گزارش کردند که تاثیر پتاسیم در محتوای لیکوپن مربوط به اهمیت این عنصر در سنتز پروتئین و فعالیت آنزیم استیک تیوکیناز است. پرکینس (۲۰۰۳) بیان کردند که بین رنگ قرمز میوه و اختلالات رسیدن با محتوای پتاسیم میوه همبستگی وجود دارد. رسیدن میوه گوجه فرنگی، از مرحله سبز تا مرحله قرمز کامل، شامل تجمع لیکوپن و کاروتنوئیدها و ناپدید شدن کلروفیل در میوه، که کاروتنوئیدهای پیش ساز بی رنگ شامل phytoene و phytofluene منجر به سنتز لیکوپن در مرحله رنگ گیری می شوند. سیرو (۲۰۰۷) مشخص کرد که میزان لیکوپن به طور خطی با افزایش پتاسیم در محلول غذایی، افزایش می یابد. زدراوکویک (۲۰۰۷) مشخص کرد که با افزایش میزان پتاسیم، میزان لیکوپن ۶۸/۹۵ درصد نسبت به حالت شاهد افزایش یافت.

مانند گوجه فرنگی توصیه می شود. این افزایش نیاز، باعث افزایش تحقیقات در مورد پیدا کردن راه‌هایی برای افزایش مقدار لیکوپن در میوه تولیدی گوجه فرنگی شده است (مینرسکی ۲۰۰۲). در پژوهشی تاثیر مثبت باکتری های محرک رشد بر فعالیت آنتی اکسیدانی و سنتز لیکوپن گوجه فرنگی تایید شده است (اردوخانی و همکاران ۲۰۱۰). مطالعات نشان داده است که پتاسیم نقش مهمی در رشد گوجه فرنگی و کیفیت میوه دارد (ویدرس و لرنس ۱۹۷۹). مطالعات دیگر نیز نشان می دهد که پتاسیم بیشتر از بقیه عناصر، مقدار لیکوپن گیاه گوجه فرنگی را تحت تاثیر قرار می دهد. تابر (۲۰۰۶) نشان داد که بین پتاسیم میوه و غلظت لیکوپن میوه ارتباط مثبتی وجود دارد. فاناسکا (۲۰۰۶) بیان کرده است که نسبت بالای پتاسیم در محلول غذایی ویژگی های کیفی مانند غلظت لیکوپن را افزایش می دهد. ترودل



شکل ۷- اثر جدایه های سودوموناس بر میزان لیکوپین در گوجه فرنگی

کود) کم ترین مقدار میوه بزرگ را دارا بود. تیمار S19-3+S14-1 سبب افزایش میزان میوه بزرگ به میزان ۱۲۷/۹۳ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۶۹/۸۴ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی (بدون کود) شده است. بیشترین تعداد میوه متوسط مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S14-3 و S19-1+S21-1 بود که این دو تیمار اختلاف معنی داری با هم نداشتند اما

میوه کل و اندازه میوه

تجزیه واریانس اندازه میوه نشان داد که اثر سویی های مورد آزمایش بر اندازه میوه (میوه متوسط و بزرگ) در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است. بیشترین تعداد میوه بزرگ مربوط به تیمار باکتریایی S19-1+S14-3 بود که این تیمار اختلاف معنی داری با بقیه تیمارها داشت. تیمار شاهد منفی (بدون

این نتیجه گیری را داشت که تیمار باکتریایی S19-1+S14-3 باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول شده است. مقایسه میانگین مقدار میوه بزرگ، متوسط، کوچک و سالم در جدول ۲ نشان داده شده است.

عملکرد در گوجه فرنگی تحت تاثیر دو عامل است که شامل وزن تک میوه و تعداد آن هاست (دوریاس و همکاران، ۲۰۰۱). بسفورد و ماو (۱۹۷۵) گزارش کردند که سطح پتاسیم قابل دسترس زیاد در منطقه ریشه باعث افزایش برگ، گل، تشکیل میوه و تعداد میوه در گوجه فرنگی شده است.

اثر سویه های مورد مطالعه در این آزمایش بر مقدار اسیدیته، TSS، pH و EC میوه، سفتی گوشت، سفتی پوست، قطر ساقه، ارتفاع ساقه، تعداد گره، طول میانگره، تعداد ساقه جانبی و مقدار کلروفیل معنی دار نبود.

اختلاف بین این دو با بقیه تیمارها معنی دار بود. تیمار S19-1+S14-3 سبب افزایش تعداد میوه متوسط به میزان ۹۸/۳۴ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۱۴۹/۹۲ درصد نسبت به تیمار منفی (بدون کود) شده است. تیمار S19-1+S21-1 سبب افزایش میزان میوه متوسط به میزان ۵۶/۷۲ درصد نسبت به تیمار شاهد مثبت (کود کامل) و ۹۷/۴۷ درصد نسبت به تیمار منفی (بدون کود) شده است. از لحاظ میوه کوچک اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود نداشت.

از لحاظ تعداد میوه کل بین تیمارها هیچ اختلاف معنی داری وجود نداشت اما از لحاظ عددی تیمار باکتریایی S19-1+S14-3 در بالاترین سطح بود. تیمار S19-1+S14-3 سبب افزایش میزان میوه کل به میزان ۱۷/۹۶ درصد نسبت به تیمار مثبت (کود کامل) و ۳۹/۱۴ درصد نسبت به تیمار منفی (بدون کود) شده است. با توجه به این نکته که بیشترین میزان میوه بزرگ و متوسط در تیمار باکتریایی S19-1+S14-3 بود، می توان

جدول ۲. مقایسه تعداد میوه بزرگ، کوچک، متوسط، سالم، پوسیده و تعداد کل میوه

تیمار	میوه بزرگ	میوه متوسط	میوه کوچک	میوه سالم	میوه پوسیده	میوه کل
S19, S10	3.95b	7.44c	42.08a	53.48a	7.48c	57.96a
S19, S14	14.36a	16.82a	20.24a	51.42a	8.80b	60.22a
S19, S21	5.94b	13.29ab	17.11a	36.34a	10.98a	51.29a
control(-)	2.52b	6.73c	26.80a	36.06a	7.21bc	43.28a
control(+)	6.3b	8.48bc	26.36a	41.14a	9.91b	51.05a

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد میباشد (آزمون چند دامنه ای دانکن).

نتیجه گیری

معنی دار متعلق به تیمارهای باکتریایی بود به صورتیکه بیشترین عملکرد میوه یا برداشت گوجه فرنگی در فصل برداشت متعلق به تیمار S19-1+ S14-3 بود. اثربخشی تیمار فوق در افزایش عملکرد محصول را می توان بهترین جنبه در ارزیابی عملکرد باکتریهای فوق دانست زیرا که هدف نهایی استفاده از محصولات زیستی بهبود تغذیه گیاه و افزایش عملکرد آن در کنار کمک به حفظ

با نگاهی به نتایج به دست آمده در این آزمایش اثربخشی مثبت تیمار تلیفیکی جدایه های (S19-1، S21-1، S10-3 و S14-3) که متعلق به جنس *سودوموناس* هستند مشخص می شود. هرچند که در این آزمایش تیمار کود کامل نیز استفاده شده بود ولیکن بیشترین میانگین پارامترهای اندازه گیری شده با اختلاف

و بهبود خواص کیفی این محصول موثر واقع شده اند و در مطالعات آتی تداوم اثربخشی آنها در خاکهای دیگر و با محصولات دیگر بایستی مورد آزمون قرار گیرد. همچنین با توجه به اینکه جدایه ۱۹ در هر دو تیمار تلفیقی که سبب افزایش عملکرد و صفات کیفی شده اند، حضور دارد شاید بتوان پیشنهاد نمود که در تحقیقات آینده با تلفیق جدایه های ۱۹ و ۲۱ و ۱۴ خواهیم توانست هم عملکرد و هم صفات کیفی میوه را افزایش دهیم.

جنبه های محیط زیستی است. در مورد غلظت عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن در بافت هوایی گیاه برخلاف تیمار تلفیقی S14-3 + S19-1 بیشترین میانگین‌ها به ترتیب برای S21-1 + S19-1 و همچنین تیمار تلفیقی S19-1 + S10-3 مشاهده شد. از نظر ویژگیهای کیفی بهترین ترکیب تیماری S21-1 + S19-1 بود که در بین تیمارهای دیگر باعث افزایش چشمگیر مقادیر ویتامین ث و لیکوپن در گوجه فرنگی شد. این آزمایش مشخص ساخت که باکتریهای مورد استفاده در افزایش عملکرد

منابع مورد استفاده

- توحیدی مقدم ح ر، حمیدی آ، قوشچی ف و موسوی ا، ۱۳۸۵. کاربرد کودهای بیولوژیک به منظور بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی در زراعت سویا. نهمین کنگره علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.
- حمیدی ا، چوگان ر، اصغرزاده ا، دهقان شعار م، قلاوند ا و ملکوتی م ج، ۱۳۸۸. بررسی اثر کاربرد باکتری های افزایشنده رشد گیاه بر ظهور و استتار گیاهیچه و عملکرد دانه دو رگ های دیر رس ذرت در مزرعه. مجله به زراعی نهال و بذر. ۲(۲۵): ۲۰۶-۱۸۳.
- حیدری شریف آباد ح و ترک نژاد ا، ۱۳۷۹. یونجه های یکساله. چاپ اول. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
- رخزادی الف، ۱۳۸۷. بررسی اثرات مایه های تلقیح آزوسپیریوم، ازتوباکتر، سودوموناس و مزوریزوبیوم بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietium* L.). رساله دکتری رشته زراعت - فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.
- صالح راستین ن، ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. ۱- ۵۴.
- طباطبایی س ج، ۱۳۸۹. اصول تغذیه معدنی گیاهان(تالیف). انتشارات مولف.
- عرب س م، اکبری غ ع، علیخانی ح ع، ارزانش ح م و دادی ا، ۱۳۸۷. بررسی توانایی تولید اکسین توسط باکتری های جداسازی شده بومی جنس آزوسپیریوم و ارزیابی اثرات محرک رشدی جدایه برتر بر گیاه ذرت شیرین. مجله پژوهشهای زراعی ایران. ۶(۲): ۲۲۵-۲۱۷.
- علیزاده اسکویی پ، علی اصغرزاده ن و باغبان سیروس ش، ۱۳۸۴. تاثیر قارچ های میکوریز و زیکولار آربوسکولار بر عملکرد و غلظت ویتامین ث میوه گوجه فرنگی در سطوح مختلف فسفر. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۶): ۲۲۸-۲۱۸.
- Abdul-Jaleel C, Manivannan P, Sankar B, Kishorekumar A, Gopi R and Panneerselvam R, 2007. Pseudomonas fluorescens enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surface B: Biointerfaces, 60: 7-11.
- Adams P and Holder R, 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry Agricultural Science, 5: 37-44.
- Antoun H, 2002. Field and green house trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi. pp: 235-237. Proceedings of the 15th International meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July 2002. Salamanca, Spain.

- Badr MA, 2006. Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. *Journal of Applied Sciences Research*, 2: 1191-1198.
- Bagal SD, Shaikh GA and Adsule RN, 1989. Influence of different levels of N, P and K fertilizers on the protein, ascorbic acid, sugars and mineral contents. *Journal of Maharashtra. Agricultural Universities*, 14: 2, 153-155.
- Barker WW, Welch SA, Chu S and Banfield JF, 1998. Experimental observations of the effects of bacteria on aluminosilicate weathering. *American Minerals*, 83:1551-1563.
- Besford RT and Maw GA, 1975. Effects of potassium nutrition of tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil*, 42: 395- 412.
- Brown M E, 1974. Seed and root bacterization. *Annual Review of Phytopathology*, 12: 181-197.
- Chakraborty U, Chakraborty B and Basnet M, 2006. Plant growth promotion and induction of resistance in *Camellia sinensis* by *Bacillus megaterium*. *Journal of Basic Microbiology (JBM) cyclic nucleotids. Journal of Plant Physiology*, 127: 1617-1625.
- Dorais M, Papadopoulos AP and Gosselin A, 2001, Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*, 21: 367-383.
- Elumalai RP, Nagpal P and Reed JW, 2002. A mutation in the Arabidopsis KT2/KUP2 fruit sizes of 'Valencia' orange. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(1): 132-1.
- Egamberberdiyeva D and Hoflich G, 2003. Influence of growth- promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 973-978.
- Fanasca S, Colla G, Maiani G, Venneria E, Roupael Y, Azzini E and Saccard F, 2006. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4319-4325.
- George B, Kaur C, Khurdiya DS and Kapoor HC, 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84: 45-51.
- Han HS and Lee KD, 2005. Phosphate and Potassium Solubilizing Bacteria Effect on Mineral Uptake, Soil Availability and Growth of Eggplant. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(2): 176-180.
- Hart DJ and Scott KJ, 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54: 101-111.
- Heinrichs DE, Rahn A, Dale SE and Sebelsky MT, 2004. Iron transport systems in pathogenic bacteria: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, and *Bacillus*. Pp. 387-401. In: Crosa JH, Mey AR and Payne SM, (eds.) *Iron Transport in Bacteria*. American Society of Agronomy. Wisconsin, DC. Hort. 731: 115-120.
- Igual JM and Rodriguez-Barrueco C, 2002. Phosphate solubilizing bacteria as inoculants for agriculture. In: *The proceeding of the First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilizing*, 16-19 July, Salamanca, Spain.
- Illmer P and Schinner F, 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates. *Soil Biology and Biochemistry*, 46: 257-263.
- Kader MA, 2002. Effects of Azotobacter inoculants on the yield nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences*, 2: 259-261.
- Lester E G, Jifon J L and Rogers G, 2005. Supplemental foliar potassium application to muskmelon (*Cucumis melo* L.) during fruit growth improves quality and content of human wellness components. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 130(4):649-653.
- Lester GE and Jifon JL, 2007. Foliar applied potassium: Effects on cantaloupe quality. *Acta Horticulture*, 731: 115-120.

- Lincoln T and Edvardo Z, 1998. Plant Physiology. Second Edition. Sinauer Associates. Inc publishers, PP. 792.
- Maathuis FJM and Sanders D, 1996. Sodium uptake in Arabidopsis roots is regulated by management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*, 21: 367-383.
- Minorsky PV, 2002. Lycopene And prevention of prostate cancer. The love apple lives up to its name. *Plant Physiology*, 130: 1077-1078.
- Mishustin EN, Smirnova GA and Lokhmachea RA, 1981. The decomposition of silicates by microorganisms and the use of silicate bacteria fertilizers. *Biological Bulletin of Academic Science* 8: 400-409.
- Mohsen KHE and Magda MA, 2005. Physiological response of wheat to foliar application of zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10):1859–1874.
- Njafvand SN, Alemzadeh and Ansari F, 2008. Effect of different level of nitrogen fertilizer with two types of bio-fertilizer on growth and yield of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Plant Science*, 7(8): 757-761.
- Okaz AMA, El-Ghareib EA, Kadry W, Negm AY and Zahran FAF, 1994. Response of lentil plants to potassium and phosphorus application in newly reclaimed sandy soils. *Proc. 6th Conf. Agron., Al-Azhar Univ., Cairo, Egypt, Sept. II*: 753-771.
- Ordookhani K, Khavazi K, Moezzi A and Rejali F. Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. *African Journal of Agricultural Research*, 2010; 5 (10): 1108 - 16.
- Patidar M, 2001; Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its residue effect on wheat (*Triticum aestivum*) *Indian Journal of agricultural Sciences*, 71 (9): 587 – 590.
- Paul EA, 2007. Soil microbiology, ecology and biochemistry. 3ed edition. Academic press is anim print of (Elsevier), 2007.
- Perkins-Veazie P and Roberts W, 2003. Can potassium application affect the mineral and antioxidant content of horticultural crops. *American Society of Agronomy. Proc. Symposium in Fertilizer Crops for Functional Food*, p.2/1-2/6.
- Philippar K, Fuchs I, Luthen H, Hoth S, Bauer CS and Haga K, 1999. Auxin induced Plant Physiology, 19: 671-678.
- Possingham JV, 1980. Plastid replication and development in the life cycle of higher plants. potassium transporter gene affacta shoot cell expansion. *Journal of Plant Cell*. 14: 119-31.
- Rahmati khorshidi Y and Ardakani MR, 2011. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa*) to *Pseudomonas flouresence* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. *Amer. Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 10: 387-395. (In Persian)
- Rao AV, Waseen Z and Agarwal S, 1998. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Research International*, 31: 737-741.
- Rodrigues VA, Mazza SM, Martinez GC and Ferrero AR, 2005. Zn and K influence in fruit sizes of 'Valencia' orange. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 27(1): 132-135.
- Rodriguez H and Frage R, 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17: 319-339.
- Rongchang L and Feniting L, 1995. International training course on biological fertilizer. *Bodenk, boading cgina*, Pp: 11- 68.
- Sahlin E, Savage GP and Lister CE, 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17: 635-647.
- Serio F, Leo L, Parente A and Santamaria P, 2007. Potassium nutrition increases the lycopene content of tomato fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82(6): 941–945.

- Sheng XF, Zhao F, He LY, Qiu G and Chen L, 2008. Isolation and characterization of silicate mineral solubilizing *Bacillus globisporus Q12* from the surfaces of weathered feldspar. *Canadian Journal of Microbiology*, 54: 1064-1068.
- Sheng XF, 2005. Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of *Bacillus edaphicus*. *Soil Biology & Biochemistry*, 37: 1918-1922.
- Son TTN, Diep CN and Giang TTM, 2006. Effect of bradyrhizobia and phosphate solubilizing bacteria application on Soybean in rotational system in the Mekong delta. *Omonrice*, 14:48-57.
- Stamford NP, Santos CERS, Silva Junior S, Lira Junior MA and Figueiredo MVB, 2008. Effect of rhizobia and rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on cowpea nodulation and nutrients uptake in a tableland soil. *World Journal of microbial biotechnology*, 24:1857_1865.
- Sturz AV and Christie B R, 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*, 72: 107-123.
- Subbarao N S, 1988. Phosphate solubilizing micro-organism. In: *Biofertilizer in agriculture and forestry*. Regional Biofertiliser Development Centre, Hissar, India. Pp. 133-142.
- Sugumaran P and Janarthnam B, 2007. Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. *World Journal of Agricultural Science* 3: 350-355.
- Taber HG, 2006. Potassium application and leaf sufficiency level for fresh-market tomatoes on a Midwestern United States fine-textured soil. *HortTechnology*, 16: 247-252.
- Taiz L and Zeiger E, 2002. *Plant physiology*, 3rd edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.
- Trudel MJ and Ozbun JL, 1971. Influence of potassium on carotenoid content fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96: 763-765.
- Toor RK and Savage GP, 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 38: 487-494.
- Veresoglou SD and Menexes G, 2010. Impact of inoculation with *Azospirillum Spp.* On growth properties and seed yield of wheat: a meta-analysis in ISI web of science from 1981 to 2008. *Plant soil*. DOI 10.1007/s1104-010-0543-7.
- Vermani MV, Kelkar S M and Kamat MY, 1997. Studies in polysaccharide production and growth of *Azotobacter vinelandii* MTCC 2459, a Plant Rhizosphere Isolate. *Letters in Applied Microbial*. 24: 379-384.
- Welch SA, Barker WW and Banfield JF, 1999. Microbial extra cellular polysaccharides and plagioclase dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 63: 1405-1419.
- Widders JE and Lorenz OA (1979). Tomato root development as related to potassium nutrition. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104: 216-220.
- Wu QS and Xia RX, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology* 163: 417-425.
- Wu QS, Xia RX and Zou YN, 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. *European Journal of Soil Biology* 44: 122-128.
- Yasari E and Patwardhan AM, 2007. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(1): 77-82.
- Yazdani M, Bahmanyar MA, Pirdashti H and Esmaili M A, 2009. Effect of Phosphate solubilization Microorganisms (PSM) and plant Growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.). *International journal of Biological and Life Science*, 1(2): 90-92.

- Yurtseven E, Kesmez GD and Unlukara A, 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species (*Lycopersicon esculentum*). *Agricultural Water Management*, 78: 128-135.
- Zahir AZ, Asghar HN, Akhtar MJ, Arshad M, 2005. Precursor(L-tryptophan)-Inoculum (Azotobacter) Interaction for Improving Yield and nitrogen uptake of maize. *Journal of plant nutrition*,28(5): 805-817.
- Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF, 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81: 97-168.
- Zaied KA, Abd El-Hady AH, Sharief AE, Ashour EH and Nassef MA, 2007. Effect of Horizontal DNA Transfer in Azospirillum and Azotobacter Strains on Biological and Biochemical Traits of Non-legume Plants. *Journal of applied sciences research*, 3(1): 73-86.
- Zahra MK, Monib M, Abdel A and Heggo A, 1984. Significance of soil inoculation with silicate bacteria. *Control of Microbial Growth*, 139: 349–357.
- Zdravković J, Marković Z, Zdravković M, Damjanović M and Pavlović N, 2007. Proceeding of “III Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes”, *Acta Horticulturae*, 729:177-182.