

اثر کودهای زیستی و آلی بر غلظت عناصر غذایی و برخی شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی

علی اشرف سلطانی طولارود^{۱*}، سید رسول ضیاتبار^۲، بهروز اسماعیل‌پور^۳، پیمان عباس‌زاده دهجی^۴،
کاظم‌خاوازی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۲)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه و کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی رقم ارگون (*Lycopersicon esculentum* L.)، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: تلقیح بذور گوجه‌فرنگی با سوسپانسیون باکتری‌های محرک رشد جنس سودوموناس (گونه فلورسنس و پوتیدا سویه ۱۶۸ و ۴۱) و آزوسپریلیوم (گونه لیپوفروم، SP و هالوپرفرنس) و افزودن کمپوست مصرف شده قارچ در نسبت‌های حجمی (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰) درصد به‌صورت جایگزینی در بسترهای کاشت بود. نتایج نشان داد که میزان فسفر، پتاسیم، کلسیم در برگ و میوه تحت اثر تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. بیشترین میزان این عناصر در برگ و میوه در تیمار تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنس و کشت شده در بستر حاوی ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ مشاهده گردید. بیشترین میزان عملکرد و کلروفیل a در گیاهان مایه‌زنی شده با سودوموناس فلورسنس و بستر کشت حاوی ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ مشاهده گردید. شاخص‌های کلروفیل b، مجموع کلروفیل، اسیدیته میوه و سفتی بافت میوه در تیمارهای تلقیح شده با سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ و تیمار ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ حداکثر بود. بیشترین میزان قند میوه در تیمار تلقیح شده با آزوسپریلیوم هالوپرفرنس و تیمار ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ مشاهده گردید. در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از کمپوست باقی‌مانده قارچ و همچنین باکتری‌های محرک رشد نقش موثری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، تغذیه و همچنین عملکرد گوجه دارد. همچنین در شاخص‌های میزان کلروفیل، عملکرد کل و تغذیه گیاه اثر متقابل کمپوست با باکتری معنی‌دار بود که بیان‌گر نقش موثر و افزایش‌دهنده کاربرد همزمان کمپوست و قارچ به‌عنوان یک کود آلی-میکروبی در بهبود رشد گیاه می‌باشد.

کلمات کلیدی: گوجه‌فرنگی، باکتری‌های محرک رشد گیاه، کمپوست، عناصر غذایی

۱ و ۲ - ۳- بترتیب استادیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی

۴- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۵- دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

* پست الکترونیک: ali_soltani_t@yahoo.com

مقدمه

رشد سریع جمعیت کره زمین و نیاز به تامین غذا، استفاده هر چه بیشتر از نهاده‌های کشاورزی مانند سموم و کودهای شیمیایی را جهت دستیابی به بالاترین عملکرد گیاهان زراعی در واحد سطح اجتناب‌ناپذیر کرده است. نتیجه این فعالیت‌ها در طی سالیان اخیر بحران آلودگی-های زیست‌محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. یکی از راهکارهای مهم برای تعدیل این اثرات مخرب، جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و آلی است. کودهای زیستی، مواد نگه‌دارنده‌ای با انبوه متراکم یک یا چند موجود زنده مفید خاکزی و یا فرآورده‌های متابولیک این جانداران می‌باشند که به‌منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، تولید می‌شود. مایه تلقیح‌های میکروبی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه^۱ از انواع رایج و پر مصرف کودهای زیستی در بخش کشاورزی هستند. باکتری‌های PGPR، جانداران آزادی هستند که به‌طور طبیعی در ریزوسفر وجود دارند. در حالت طبیعی معمولاً جمعیت این باکتری‌ها در ریزوسفر پایین بوده، چنان‌که نمی‌توانند به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان شوند. بنابراین، تلقیح بذر گیاهان با جمعیت‌های بالای باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌تواند تعداد این باکتری‌ها را در ریزوسفر به‌حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثرات مفید آن‌ها در خاک گردد (Cakmakci et al., 2007). گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که باکتری‌های PGPR از طریق مکانیسم‌های مختلفی از قبیل تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان (Shaharoon et al., 2006)، خنثی یا تعدیل نمودن اثرات مضر عوامل بیماری‌زای گیاهی از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها، قارچ‌کش‌ها (Bharathi et al., 2004) حلالیت ترکیبات معدنی نامحلول و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان مانند فسفر و گوگرد (Cattelan et al., 1999)، تولید سیدروفورها (Arshad et al., 2007) تولید آنزیم ACC^۲-دآمیناز و کاهش اثرات سوء اتیلن تنشی (Arshad et al., 2007) بر روی رشد گیاه و میزان

تولید در واحد سطح تأثیر گذارند. نتایج پژوهش‌های مختلف حاکی از آن است که کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی در گیاهان مختلفی نظیر گوجه‌فرنگی و آرابیدوپسیس (Belimov et al., 2001)، گندم (Salantu et al., 2006)، ذرت (Cassán et al., 2009) و کلزا (Cheng et al., 2007؛ Yasari & Patwardhan, 2007) موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه گردید. کود آلی یا ارگانیک به کودی گفته می‌شود که منشا طبیعی دارد. در کشاورزی پایدار یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها استفاده از این مواد طبیعی می‌باشد. از مزایای کود آلی در مقایسه با کود شیمیایی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: افزایش سطح حاصلخیزی خاک بدون داشتن اثر آلاینده‌ای، افزایش میزان ماده آلی خاک، افزایش فعالیت ریز جانداران خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک و هزینه پایین تولید و غیر آلاینده بودن آن‌ها. کود آلی انواع مختلفی دارد که یکی از انواع رایج آن کود آلی SMC^۳ یا کمپوست قارچ مصرف شده است. کمپوست مصرف شده قارچ به بقایای بستر پرورش قارچ اطلاق می‌شود و یکی از فرآورده‌های جانبی صنعت تولید قارچ‌های خوراکی می‌باشد. این کود آلی به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از عناصر غذایی معدنی، نداشتن فلزات سنگین، علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زای گیاهی و زهکشی مناسب می‌تواند به‌منظور افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی در مدیریت کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار گیرد (Vahabi Mashak et al., 2007). اثرات مثبت ناشی از مصرف کمپوست مصرف شده قارچ در بهبود رشد و عملکرد محصولات کشاورزی توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است. وباستر و باکرفیلد (Webster & Buckerfield, 2007) نشان دادند که استفاده از کود آلی SMC به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک در کشت انگور به استقرار گیاه جوان انگور کمک نموده و باعث کاهش مصرف آب گردید. افزایش عملکرد گیاه انگور در نتیجه مصرف کمپوست مصرف شده قارچ توسط پرگرینا و همکاران (Peregrina et al., 2009) نیز نشان داده شد. نتایج پژوهش گلخانه‌ای بررسی اثر پسماند کمپوست قارچ بر رشد، عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی خیار نشان داد که افزودن ۴۰

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR

2- 1- Aminocyclopropane-1-Carboxylate

3 spent mushroom compost

این تحقیق تعداد یک باکتری سودوموناس فلورسنس، دو باکتری سودوموناس پوتیدا (سویه ۱۶۸ و ۴۱)، یک باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم و یک باکتری آزوسپریلیوم sp بر اساس صفات محرک رشدی (تولید ایندول استیک اسید، آنزیم ACC-deaminase و سیدروفور، توانایی بالا در حل کنندگی فسفات‌های معدنی نامحلول) (جدول ۱) از کلکسیون میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. کمپوست مصرف شده قارچ از شرکت قارچ کیمیا فراهم شد.

برای آماده سازی مایه تلقیح ابتدا هشت فلاسک ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی ۵۰ میلی‌لیتر محیط نوترینت برات^۴ (پپتون، ۵ گرم در لیتر؛ عصاره گوشت یا مخمر ۳ گرم در لیتر؛ NaCl، ۵ گرم در لیتر با pH خنثی) تهیه گردید. این فلاسک‌ها پس از استریل شدن در اتوکلاو، به‌منظور اطمینان از عدم آلودگی به مدت ۴۸ ساعت روی شیکر با دوران ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۲۸ درجه سلسیوس قرار داده شد. همزمان با این کار سویه‌های باکتریایی مورد مطالعه از نظر خالص بودن بررسی گردید. برای تهیه مایه تلقیح، یک کلنی خالص از هر سویه برداشته و در شرایط استریل به یکی از فلاسک‌های تهیه شده اضافه گردید. فلاسک‌های تلقیح شده با باکتری همراه با دو فلاسک تلقیح نشده به‌عنوان شاهد، روی شیکر با دور دوران ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۲۸ درجه سلسیوس قرار داده شد. در خصوص باکتری‌های جنس سودوموناس پس از ۴۸ ساعت و باکتری‌های جنس آزوسپریلیوم پس از ۷۲ ساعت رشد باکتری‌ها در این محیط نوترینت برات، مایه تلقیح سویه‌ها آماده مصرف بودند. جمعیت باکتری‌ها در مایه

تلقیح باکتری‌های جنس سودوموناس و آزوسپریلیوم مصرفی $10^7 \times 7$ در هر میلی‌لیتر سوسپانسیون مصرفی بود (جمعیت به روش رسم منحنی OD-CFU تنظیم شد (Ebadi et al., 2012). بذر گوجه‌فرنگی رقم ارگون تهیه شده از بانک ژن مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با استفاده از الکل ۹۶ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه و هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به مدت دو دقیقه استریل سطحی گردید. سپس به‌منظور حذف هیپوکلریت، بذرها با استفاده از آب مقطر استریل ۱۰ بار شستشو و به مدت ۲۴ ساعت در زیر هود بیولوژیک قرار داده شد. بذرها استریل سطحی شده به ارلن‌های حاوی مایه تلقیح باکتری

تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ به بستر کشت باعث افزایش عملکرد کل میوه می‌شود (Polat et al., 2009).

گوجه‌فرنگی بعد از سیب‌زمینی دومین محصول مهم باغبانی در جهان محسوب می‌شود (Flores et al., 2010). در ۱۰ سال اخیر مساحت زیر کشت و میزان تولید این محصول به ترتیب ۲۵ و ۴۰ درصد افزایش یافته است. ایران نیز در سال ۲۰۱۱ با سطح زیر کشت ۱۴۷ هزار هکتار و تولید برابر با ۶۸۲۴ هزار تن از نظر تولید در رتبه هفتم جهان قرار دارد (FAO, 2011). حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار در بخش کشاورزی یکی از مباحث اصلی است که در سرلوحه برنامه کشورهای مختلف جهان از جمله ایران قرار گرفته است. با توجه به اثرات نامطلوب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی که سبب بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و آلودگی منابع خاک و آب گردیده است، پیدا کردن روشی که به‌تواند از مصرف این کودها بکاهد ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا لزوم توجه به سیستم‌های زیستی خصوصاً کودهای زیستی به‌منظور تامین بخشی از نیازهای کودی گیاهان و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، بیش از پیش احساس می‌شود. بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی اثر کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد گیاه) و آلی (کمپوست مصرف شده قارچ) بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه گوجه‌فرنگی رقم ارگون در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه و کمپوست مصرف شده قارچ بر رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)، رقم ارگون، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه آموزشی گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: باکتری‌های جنس سودوموناس (گونه‌های فلورسنس، پوتیدا، سویه ۱۶۸ و ۴۱) و آزوسپریلیوم (گونه لیپوفروم، sp و هالوپرفرنس) و تیمارهای ترکیبی باکتری‌ها و کمپوست مصرف شده قارچ در نسبت‌های حجمی ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد در بسترهای کاشت به صورت جایگزینی بودند. برای انجام

4- Nutrient Broth

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده به روش‌های استاندارد (Carter & Gregorich, 2008) بسترهای مختلف مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. این گیاهان به مدت ۱۲۰ روز در شرایط گلخانه با دمای روزانه ۲۲-۲۴ و شبانه ۱۸-۱۶ درجه سلسیوس نگهداری و مراقبت‌های داشت شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و هرس بر روی آن‌ها صورت گرفت. سفتی بافت میوه در مرحله رسیدگی با دستگاه سفتی‌سنج مدل GY2 با دقت ۰/۰۲ برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب و میزان قند میوه با استفاده از دستگاه رفاکتومتر قندسنج رومی‌زی مدل AR10 اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان اسیدیته میوه از روش برکات و همکاران (Barakat *et al.*, 1973) استفاده گردید. میزان کلروفیل a و b نمونه‌های مورد مطالعه با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1975) تعیین شد. میزان فسفر، پتاسیم و کلسیم بخش هوایی و میوه به روش‌های معمول خاکستر کردن خشک (Emami, 1996) اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

اضافه و به مدت ۴۵ دقیقه بر روی شیکر با دور ۱۲۰ و دمای ۲۸ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از طی زمان مذکور، بذرها در شرایط استریل از داخل ارلن خارج و به‌منظور حذف رطوبت اضافی بر روی آلومینیم فویل استریل قرار داده شدند. بعد از تلقیح بذر با باکتری‌ها، تعداد دو عدد بذر در هر گلدان کوچک کاغذی حاوی نسبت ۲:۱ از خاک (با بافت لومی شنی) و ماسه استریل در عمق ۰/۵ سانتی‌متر کشت گردید. در این پژوهش، به‌منظور جلوگیری از آیشویی مایه تلقیح همراه بذر، گلدان‌ها قبلاً تا حد رطوبت ظرفیت مزرعه (با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در مکش‌های ۰/۳۳ بار اندازه‌گیری شد) آبیاری گردیدند. پس از کاشت بذر، گلدان‌ها به مدت ۸ هفته و تا زمان تولید ۴-۶ برگ حقیقی در گلخانه با میانگین دمایی ۲۰ تا ۲۲ درجه سلسیوس و روشنایی ۱۲ ساعت قرار داده شد. در مرحله بعد نشاهای تلقیح شده با باکتری به گلدان‌های پلاستیکی ۲۰ کیلوگرمی منتقل گردید. محیط کشت پایه در گلدان‌های اصلی در این پژوهش شامل ۷۰ درصد خاک زراعی با بافت لومی شنی و ۳۰ درصد ماسه بود و کمپوست مصرف شده قارچ در نسبت‌های حجمی صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد به‌صورت جایگزینی به بستر کاشت اضافه شد. جدول ۲

جدول ۱- صفات محرک رشد گیاهی سویه‌های باکتری استفاده شده در این پژوهش

Table 1- Characteristics of plant growth promoting bacterial strains used in this study

ACC-دآمیناز Acc-deaminase	سیدروفور Siderophore	انحلال فسفات‌های نامحلول Phosphate solubilization	تولید اکسین Auxin production	صفات محرک رشدی Plant growth promoting factors
*	نسبت هاله به کلونی Halo colony ratio	میلی گرم در لیتر (mg.L ⁻¹)		
+	2.22	465	12.3	سویه‌ها (Strains) سودوموناس فلورسنس (<i>P. fluorescens</i>)
+	1.82	385	6.32	سودوموناس پوتیدا (<i>P. putida</i> 41) ۴۱
-	2.50	520	4.50	سودوموناس پوتیدا (<i>P. putida</i> 168) ۱۶۸
+	1.87	360	6.50	آزوسپریلیوم sp (<i>Azospirillum</i> sp)
+	1.22	385	7.45	آزوسپریلیوم لیپوفروم (<i>A. lipoferum</i>)
-	1.80	355	3.20	آزوسپریلیوم هالوپرافرنس (<i>Azospirillum halopraeferens</i>)

Indicates the ability of bacteria to produce the ACC-deaminase enzyme+

*+ بیان گر توانایی باکتری در تولید آنزیم ACC- دآمیناز می‌باشد

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای مختلف مورد استفاده در این پژوهش

Table 2- Some physical and chemical properties of different substrates used in the study

K	Ca	Mg	P	N	EC	pH	نوع بستر کشت
(mg.kg ⁻¹)				(%)	(dS. m ⁻¹)		
400	2200	800	30.0	0.36	7.20	7.42	شاهد (فقط خاک) Blank (just soil)
700	2500	900	3000	1.00	10.3	7.86	خاک+کمپوست ۲۰٪ Soil+ 20% compost
1000	2700	1000	6300	1.21	12.3	8.13	خاک+کمپوست ۴۰٪ Soil+ 40% compost
1300	2850	1150	9000	1.51	14.6	8.71	خاک+کمپوست ۶۰٪ Soil+ 60% compost

نتایج و بحث

پتاسیم برگ و میوه و کلسیم برگ و میوه معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل باکتری و کمپوست مصرف شده قارچ بر صفات مورد مطالعه کلروفیل a، مجموع عملکرد، فسفر برگ و میوه، کلسیم برگ و میوه و پتاسیم میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴).

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی تلقیح با باکتری و مصرف کمپوست مصرف شده قارچ بر صفات کلروفیل a، b، مجموع کلروفیل، اسیدیته میوه، قند میوه، سفتی میوه، مجموع عملکرد، فسفر برگ و میوه،

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر باکتری‌های محرک رشد و پسماند کمپوست قارچ بر شاخص‌های رشدی گوجه فرنگی

Table 3 - Analysis of variance for the effects of plant growth promoting bacteria and spent mushroom compost on tomato growth parameters

منابع تغییرات Source of (variation)	درجه آزادی Degree of (freedom)	میانگین مربعات (Mean Square)						کلروفیل (Chlorophyll)	
		مجموع عملکرد Total yield	سفتی میوه Fruit hardness	قند میوه Fruit Sugar	اسیدیته میوه Fruit acid	مجموع کلروفیل Total chlorophyll			
							b	a	
باکتری (Bacterium)	6	41.6**	248021**	21.4**	3.46**	576**	267**	67.2**	
کمپوست (Compost)	3	119**	102324**	1.82**	0.79**	33.5**	6.98**	11.1**	
باکتری × کمپوست ×Bacterium Compost	18	1.19**	2588 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.03 ^{ns}	۱/۶۳ ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.60**	
اشتباه آزمایشی Error	81	0.30	3013	0.09	0.077	1.85	0.20	0.57	
ضریب تغییرات (CV)		5.37	12.9	4.45	4.41	8.80	4.54	14.6	

ns, * and **: non significant, significant at 5 and 1% درصد ۱ و ۵ احتمال در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد (ns, * and **: non significant, significant at 5 and 1%)

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر باکتری‌های محرک رشد و پسماند کمپوست قارچ بر غلظت عناصر غذایی گوجه فرنگی
Table 4- Analysis of variance for the effect of plant growth promoting bacteria and spent mushroom compost on nutrient concentration in tomato

منابع تغییرات (Source of variation)	درجه آزادی (Degree of freedom)	میانگین مربعات (Mean Square)					
		کلسیم calcium		پتاسیم potasium		فسفر phosphorous	
		میوه Fruit	برگ leaf	میوه Fruit	برگ leaf	میوه Fruit	برگ Leaf
باکتری (Bacteria)	6	685**	5.96**	651**	9.26**	میوه Fruit	برگ Leaf
کمپوست (Compost)	3	354**	13.5**	380**	18.0**	5457**	1292**
باکتری × کمپوست Compost × Bacteria	18	31.5**	1.40**	22.3**	0.72 ns	242**	87.0**
اشتباه آزمایشی Error	81	0.26	0.17	0.09	0.36	9.81**	3.06**
ضریب تغییرات (CV)	6	3.64	10.1	2.06	17.0	0.34	0.31
باکتری (Bacteria)		میوه Fruit	برگ leaf	میوه Fruit	برگ leaf	1.27	3.07

ns, * and **: non significant, significant at 5 and 1% درصد (ns, * and **: non significant, significant at 5 and 1% درصد)

سولانی شد. باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق مکانیسم‌هایی از قبیل ایجاد مقاومت در برابر پاتوژن‌ها، افزایش مقاومت در برابر خشکی و شوری، افزایش جذب نیتروژن، سنتز هورمون‌های گیاهی و افزایش تولید سیدروفورها موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شوند (Kloepper & Beauchamp, 1991). باکتری‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز به دلیل دارا بودن صفات محرک رشدی بالا (تولید ایندول استیک اسید، آنزیم ACC-deaminase و سیدروفور، توانایی بالا در حل کنندگی فسفات‌های معدنی نامحلول) احتمالاً با کمک به افزایش جذب آب و عناصر غذایی و به دنبال آن افزایش رشد توانسته‌اند باعث افزایش عملکرد گیاه گردند.

میزان کلروفیل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشخص نمود که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش میزان کلروفیل a در برگ گوجه‌فرنگی رقم ارگون شد؛ به طوری- که، بیشترین مقدار برای این صفت ۹/۰۰ میلی‌گرم بر گرم در تیمار تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس در گیاهان پرورش یافته در بسترهای دارای ۲۰ درصد کمپوست حاصل شده است که با گیاهان تلقیح شده با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ با میزان کلروفیل

عملکرد میوه

در این پژوهش اثر متقابل تلقیح با باکتری و اضافه نمودن کمپوست به بستر کاشت نشان داد که بالاترین مجموع عملکرد میوه (۱۶ گرم در هر گلدان) در ترکیب تیماری بذر تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنس در بستر کاشت حاوی ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ به- دست آمد، که پس از آن گیاهان گوجه فرنگی حاصل از بذرهای تلقیح شده با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ در بستر حاوی ۲۰ درصد کمپوست و سودوموناس فلورسنس در بستر حاوی ۴۰ درصد کمپوست، به ترتیب با تولید ۱۵ و ۱۶ گرم در هر گلدان بیشترین عملکرد میوه را داشتند و کمترین میزان میانگین مجموع عملکرد میوه در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۵). با افزایش مقدار کمپوست اضافه شده به بستر کشت (۶۰ درصد کمپوست) میانگین وزن میوه در حضور باکتری در تمام تیمارها کاهش یافت (جدول ۵). گارسیا و همکاران (Garcia et al., 2003) دریافتند که جدایه‌های باکتری- های محرک رشد باعث افزایش رشد گیاهچه‌های گوجه- فرنگی در شرایط استریل و غیر استریل شدند. ارناپالی (Earnapalli, 2005) دریافت که جدایه‌های باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش عملکرد (وزن) گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش زیستی ناشی از بیماری آلترناری

گردیدند (جدول ۵). همچنین باکتری‌های مورد استفاده توانایی بالایی در تولید IAA داشتند. لذا می‌توان انتظار داشت که احتمالاً این ریزجانداران با افزایش مقدار جذب فسفر و تولید فیتوهورمون گیاهی روی کلروفیل a، b و کل آن اثر مثبتی را منجر شده‌اند.

اسیدیتیه میوه

یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که تلقیح بذریه گیاه گوجه‌فرنگی با باکتری محرک رشد موجب افزایش اسیدیتیه میوه شد (جدول ۶). بیشترین میانگین اسیدیتیه (۱/۱۳ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس فلورسنس به‌دست آمد که با تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ با میانگین اسیدیتیه ۱/۰۲ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میانگین اسیدیتیه مربوط به تیمار شاهد به میزان ۰/۵۶ درصد بود. واورینا (Vavrina, 1999) نشان دادند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند با حمایت از رشد گیاه باعث افزایش کیفیت میوه گوجه‌فرنگی، درجه بازار پسندی و عملکرد میوه شوند. باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش اندازه میوه‌ها و وزن میوه‌ها (تا ۱۸ درصد)، عملکرد (تا ۲۱ درصد) و میزان اسیدیتیه (تا ۶ درصد) گردید. در این پژوهش اضافه نمودن کمپوست به بستر کاشت باعث افزایش اسیدیتیه میوه شد. بیشترین میانگین اسیدیتیه به ترتیب در بسترهای حاوی ۲۰ و ۴۰ درصد کمپوست قارچ با میانگین ۰/۸۶ و ۰/۷۵ درصد به‌دست آمد که در سطح ۲۰ درصد با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. علت این امر می‌تواند بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در این مقادیر از کمپوست مصرف شده باشد، به‌طوری‌که ماهر و همکاران (Maher et al., 2000) نیز افزایش قابل توجه فاکتورهای کیفی و کمی میوه مانند اندازه، عملکرد و میزان پتاسیم را با افزایش پسماند کمپوست قارچ گزارش کردند. این محققان افزایش میزان پتاسیم خاک را اصلی‌ترین عامل بهبود کیفیت و کمیت میوه‌ها معرفی کردند.

۸/۵۰ میلی‌گرم بر گرم تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میانگین کلروفیل a به میزان ۲/۳۳ میلی‌گرم بر گرم در گیاهان حاصل از تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه ۴۱ کشت شده در بستر کاشت حاوی ۶۰ درصد حجمی کمپوست به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج حاصل با یافته‌های هایمن (Hayman, 1983) و فالیک و همکاران (Fallik et al., 1994) مطابقت دارد. هایمن (Hayman, 1983) نشان داد که افزایش محتویات کلروفیل ممکن است به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تعرق باشد. ساریگ و همکاران (Sarig et al., 1988) نشان دادند که تلقیح ریشه‌های سورگوم با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش در میزان جذب عناصر غذایی، افزایش نیترژن در برگ‌ها و در نتیجه افزایش سنتز کلرو فیل در برگ‌ها گردید. با توجه به جدول ۶ حداکثر مقدار برای شاخص‌های فیزیولوژیک کلروفیل b و مجموع کلروفیل a و b در گیاهان گوجه‌فرنگی حاصل از بذرهای تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ حاصل شده است که تفاوت معنی‌داری با یک-دیگر نداشته ولی با شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان دادند و کمترین مقدار برای صفات مذکور نیز در گیاهان تلقیح شده با سودوموناس پوتیدا سویه ۴۱ به دست آمد. اضافه کردن کمپوست قارچ به بستر کشت سبب اثر معنی‌دار بر محتوای کلروفیل b و مجموع کلروفیل a و b در گیاهان گوجه‌فرنگی شد و بیشترین مقدار برای این صفات در گیاهان پرورش یافته در بسترهای کاشت حاوی ۲۰ درصد پسماند کمپوست قارچ حاصل شد و کمترین مقدار نیز در گیاهان رشد یافته با نسبت حجمی ۶۰ درصد کمپوست در بستر کاشت بدست آمد. این کاهش احتمالاً به دلیل افزایش سطح شوری بستر ناشی از اضافه کردن کمپوست به خاک باشد (جدول ۲).

فسفر به‌عنوان یک حامل انرژی نقش مهمی در گیاه ایفا نموده و می‌تواند در طی فرآیند فتوسنتز منجر به بالا رفتن سطح کلروفیل گیاهی گردد. از طرف دیگر افزایش میزان فیتوهورمون‌های گیاهی به‌ویژه سیتوکینین با انتقال یون-های موثر در تنظیم سطح کلروفیل می‌تواند موثر واقع شود (Demir, 2004). در پژوهش حاضر باکتری‌های مورد استفاده به دلیل دارا بودن توانایی بالا در حلالیت ترکیبات نامحلول فسفر منجر به افزایش جذب فسفر در گیاه

جدول ۵- اثر متقابل باکتری و کمپوست بر شاخص‌های رشدی گوجه فرنگی

Table 5- Interaction effect of bacteria and compost on growth parameters of tomato

کلسیم Calcium	پتاسیم Potasium	فسفر Phosphorous	کلسیم Calcium	فسفر Phosphorous	کلروفیل a Chlorophyll a	مجموع عملکرد (Yield)			
میوه (Fruit)			برگ (Leaf)						
(/)						(mg.g ⁻¹)	(g.pot ⁻¹)	کمپوست Compost	باکتری Bacteria
0.11jk	1.05r	0.30f	0.25ef	0.11c	3.25jk	7.75no	0		
0.17e	1.32o	0.38cd	0.42b-e	0.16bc	4.00ij	10.7e-h	20%	بدون باکتری	
0.14gh	1.12p	0.40c	0.32c-g	0.16bc	3.00jk	9.75i-k	40%	No bacteria	
0.07m	1.10q	0.30f	0.22fg	0.11c	2.50k	6.75f	60%		
0.26c	3.42d	0.43b	0.42b-e	0.26bc	7.75bc	11.5de	0	سودوموناس	
0.36a	3.90a	0.45ab	0.62a	0.36ab	9.00a	16.0a	20%	فلورسنس	
0.28b	3.75b	0.50a	0.42b-e	0.31a-c	7.50b-d	14.0c	40%	<i>P. fluorescens</i>	
0.17e	3.60c	0.40c	0.32c-g	0.21bc	6.50d-g	9.00k-m	60%		
0.05n	1.70m	0.40c	0.40b-f	0.11c	3.00jk	8.75lm	0	سودوموناس	
0.09l	1.90k	0.40c	0.40b-f	0.21bc	3.50jk	11.0d-g	20%	پوتیدا ۴۱	
0.07m	1.75l	0.40c	0.30d-g	0.16bc	3.00jk	10.0h-j	40%	<i>P. putida 41</i>	
0.06m	1.53n	0.30f	0.20g	0.16bc	2.33k	7.33op	60%		
0.15fg	3.20e	0.40c	0.32c-g	0.16bc	7.75bc	11.3d-f	0	سودوموناس	
0.21d	3.40d	0.50a	0.52ab	0.26bc	8.50ab	15.0b	20%	پوتیدا ۱۶۸	
0.16ef	3.15e	0.45ab	0.42b-e	0.18bc	7.00b	13.5c	40%	<i>P. putida 168</i>	
0.12ij	3.05f	0.35e	0.30d-g	0.14bc	5.75gh	9.75i-k	60%		
0.15fg	2.60h	0.27g	0.40b-f	0.17bc	5.75gh	9.50j-l	0	آزوسپریلوم	
0.21d	2.75g	0.40c	0.50a-c	0.22bc	6.00f-h	11.7d	20%	سویه sp	
0.16ef	2.70g	0.37de	0.45b-d	0.17bc	5.75gh	10.2g-i	40%	<i>Azospirillum</i> sp	
0.14gh	2.55h	0.25gh	0.40b-f	0.15bc	5.00hi	6.75p	60%		
0.13hi	1.85k	0.30ef	0.30d-g	0.18bc	6.00f-h	8.50mn	0	آزوسپریلوم	
0.21d	2.22i	0.50a	0.42b-e	0.22bc	7.25c-e	11.3p	20%	لیپوفروم	
0.14gh	2.12j	0.40c	0.30d-g	0.14bc	6.50d-g	10.5f-i	40%	<i>A. lipoferum</i>	
0.11jk	1.92k	0.27g	0.22fg	0.11c	7.25e-g	7.00op	60%		
0.09l	1.70m	0.32ef	0.22fg	0.16bc	3.25jk	8.75lm	0	آزوسپریلوم	
0.12ij	1.90k	0.42b	0.32c-g	0.21bc	3.75jk	11.3d-f	20%	هالوپرفرنس	
0.10kl	1.75l	0.35e	0.22fg	0.40a	3.00jk	10.0h-j	40%	<i>A. halopraeferens</i>	
0.09l	1.65m	0.25gh	0.20g	0.12c	2.50k	7.25op	60%		

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
With in columns averages with the same letters are not significantly different at 5%

قند میوه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشخص نمود که مایه‌زنی گیاه گوجه‌فرنگی با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه موجب افزایش قند میوه در گیاه گوجه فرنگی گردید. بیشترین میانگین قند میوه در تیمار تلقیح شده با باکتری آزوسپریلیوم هالوپرفرنس به میزان ۶/۸۹ درصد حاصل شد که با قند میوه گیاهان تیمار شده با سودوموناس فلورسنس به میزان ۶/۸۸ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۶). کمترین میانگین قند میوه مربوط به تیمار تلقیح شده با آزوسپریلیوم لیپوفروم با داشتن قند میوه به میزان ۵/۶ درصد بود. اضافه نمودن کمپوست به بستر

کاشت نیز باعث افزایش قند میوه شد. بیشترین میانگین قند میوه به ترتیب در بسترهای حاوی ۲۰ و ۴۰ درصد کمپوست قارچ با میانگین ۶/۴۷ و ۶/۴۱ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. کمترین میانگین قند میوه به میزان ۶/۱۴ در میوه گیاهان پرورش یافته در بستر بدون کمپوست مشاهده شد (جدول ۶). اثر مایه‌زنی گیاهان با باکتری‌های محرک رشد روی میزان قند میوه ثابت نمی‌باشد. افزایش این صفت در گیاهان در نتیجه مایه‌زنی با باکتری‌های محرک رشد (Karakurt et al., 2011) و همچنین معنی‌دار نبودن مایه‌زنی با این باکتری‌ها بر روی قند میوه گزارش شده است (Karakurt

اثر باکتری‌های محرک رشد روی این صفت بسته به نوع باکتری می‌تواند معنی‌دار یا غیر معنی‌دار باشد.

فسفر برگ و میوه

در این تحقیق نتایج حاصل از اندازه‌گیری فسفر نشان داد که فسفر برگ (۰/۴۰ درصد) و میوه (۰/۵۰ درصد) به ترتیب در گیاهان حاصل از بذور تلقیح شده با باکتری‌های آزوسپریلیوم هالوپرفرنس و سودوموناس فلورسنس که در بسترهای کاشت حاوی ۴۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ حاصل شد (جدول ۵). ارناپالی (Earnapalli, 2005) در یک پژوهش نشان داد که جدایه‌های باکتری سودوموناس به‌ویژه سویه b-25 میزان جذب فسفر را در گوجه‌فرنگی افزایش دادند. آسلانتاس و همکاران (Aslantas et al., 2007) در یک تحقیق نشان دادند که تلقیح باکتری محرک رشد سودوموناس فلورسنس سویه BA-8 به یک رقم سیب باعث افزایش میزان جذب فسفر در مقایسه با تیمار شاهد شد. گونس و همکاران (Gunes et al., 2009) افزایش میزان جذب فسفر در گیاه توت-فرنگی را در نتیجه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد حل‌کننده فسفات‌های معدنی نامحلول گزارش کردند. گزارش‌های متعددی در خصوص انحلال ترکیبات معدنی نامحلول فسفر توسط باکتری‌های محرک رشد و افزایش جذب آن توسط گیاه وجود دارد. باکتری‌های محرک رشد مورد استفاده در این تحقیق توانایی خوبی در انحلال ترکیبات معدنی نامحلول داشته (جدول ۱) در نتیجه می‌توانند باعث افزایش جذب فسفر توسط گیاه گردند. تولید اسیدهای آلی توسط باکتری‌های محرک رشد و کاهش pH محیط اصلی‌ترین عامل افزایش انحلال ترکیبات معدنی نامحلول فسفر بود (Halder et al., 1990). به عقیده گلداستین و همکاران (Goldstein et al., 1993) ترشح اسید گلوکونیک رایج‌ترین عامل انحلال این ترکیبات می‌باشد. شایان ذکر است که باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه از طریق تولید آنزیم فسفاتاز و آزاد سازی فسفر از منابع آلی نیز می‌توانند در تامین فسفر مورد نیاز گیاه نقش داشته باشند (Earnapalli, 2005; Jagadish, 2006).

(Aslantas, 2010). در این پژوهش ارتباط مثبت و معنی‌داری بین شاخص میزان کلروفیل، عملکرد میوه و قنده میوه وجود داشت، در تیمارهایی که شاخص کلروفیل بیشتر بود بالاترین عملکرد به‌دست آمد و مقدار شاخص قند میوه نیز بالا بود (جداول ۵ و ۶). هر چه میزان رشد گیاه بیشتر باشد، مقدار فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان تولید قند و دیگر متابولیت‌ها بیشتر خواهد بود (Karakurt et al., 2011).

سفتی بافت میوه

با توجه به جدول مقایسه میانگین مشخص گردید که تلقیح با باکتری محرک رشد باعث افزایش سفتی بافت میوه گوجه‌فرنگی رقم ارگون شد. بیشترین میانگین سفتی بافت میوه در تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس فلورسنس به خود اختصاص داد و میانگین سفتی بافت میوه ۳/۲۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود و بعد از آن تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ با میانگین سفتی بافت میوه به میزان ۳/۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین میانگین سفتی بافت را به خود اختصاص داد که با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶). اضافه کردن ۲۰ درصد کمپوست به بستر کاشت باعث افزایش سفتی بافت میوه شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میانگین سفتی بافت میوه در بستر کشت حاوی کمپوست ۶۰ درصد وجود داشت که به میزان ۳/۰۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد میزان سفتی بافت با افزایش میزان جذب کلسیم در بافت میوه در ارتباط باشد. در این تحقیق نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در گیاهان تلقیح شده با باکتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده و همچنین گیاهان رشد کرده در بستر کشت حاوی ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ سطح کلسیم بالاتر و در نتیجه از سفتی بیشتری برخوردار می‌باشند (جداول ۵ و ۶). در یک پژوهش سیمن و همکاران (Seymen et al., 2010) نشان دادند که بعضی از باکتری‌های رشد مورد استفاده اثر معنی‌دار روی سفتی میوه داشتند. با توجه به نتایج این پژوهش (جدول ۶) و یافته‌های محققان می‌توان گفت که

جدول ۶- اثرات باکتری و کمپوست بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی
Table 6- Effects of bacteria and compost on growth parameters of tomato

پتاسیم برگ Leaf potassium	قند میوه Fruit sugar	سفتی میوه Fruit hardness	اسیدیته میوه Fruit acid	مجموع کلروفیل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	تیمار
(%)	(%)	(g.cm ⁻³)	(%)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	
0.70g	6.01c	3.06b	0.56b	9.37d	3.18d	بدون تلقیح No inoculation
2.40a	6.88a	3.21a	1.13a	21.5a	7.68a	سودوموناس فلورسنس <i>P.fluorescens</i>
1.11f	6.13c	3.08b	0.58b	9.18d	3.06d	سودوموناس پوتیدا ۴۱ <i>P.putida 41</i>
2.15b	6.35b	3.16a	1.02a	21.7a	7.25a	سودوموناس پوتیدا ۱۶۸ <i>P.putida 168</i>
2.08c	6.21bc	3.11a	0.68b	16.8c	5.62c	آزوسپریلوم sp <i>Azospirillum sp</i>
1.71d	5.60d	3.09b	0.63b	20.4b	6.50b	آزوسپریلیوم لیپوفرورم <i>A.lipoferum</i>
1.59e	6.89a	3.12b	0.66b	9.31d	3.12d	آزوسپریلیوم هالوپرافرنس <i>A.halopraeferens</i>
1.80c	6.14b	3.05b	0.73ab	15.9b	5.25b	0
2.06a	6.47a	3.28a	0.86a	16.7a	6.00a	20%
1.85b	6.41a	3.13b	0.75ab	15.1c	5.10b	40%
1.63d	6.16b	3.02b	0.77b	14.2d	4.46c	60%

باکتری
(bacteria)

کمپوست
(compost)

پتاسیم و کلسیم برگ و میوه

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تلقیح باکتری محرک رشد موجب افزایش پتاسیم برگ گردید. سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا (۱۶۸) به ترتیب با ۲/۴۰ و ۲/۱۵ درصد پتاسیم بهترین تیمارها بودند که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند (جدول ۶). کمترین میانگین پتاسیم برگ مربوط به تیمار شاهد به میزان ۰/۷۰ درصد بود. بیشترین میزان پتاسیم میوه در گیاهان تیمار شده با سودوموناس فلورسنس و بستر کشت حاوی ۲۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ مشاهده گردید (جدول ۵). بدر (2006) افزایش پتاسیم در گیاه گوجه‌فرنگی را در نتیجه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی دارای توانایی انحلال کانی‌های سیلیکاته گزارش نمود. اردوخانی و همکاران (Ordoorkhani *et al.*, 2010) اثر سه نوع باکتری ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودوموناس و قارچ گلوبوس بر میزان پتاسیم شاخه و میوه گوجه‌فرنگی هیبرید g15f2 بررسی نمودند. نتایج این محققان نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم زمانی به دست آمد که مخلوط سه باکتری با هم استفاده شوند. همچنین در تمام تیمارها پتاسیم میوه و شاخه افزایش

یافت. در یک پژوهش جاگادیش (Jagadish, 2006) نشان داد که مایه‌زنی با جدایه‌های باکتری سودوموناس فلورسنس به ویژه سویه b-25 میزان جذب پتاسیم را در گوجه‌فرنگی افزایش داد. بررسی گزارشات حاکی از آن است که باکتری‌های محرک رشد گیاهی با تولید اسیدهای آلی مانند اسید تارتاریک، سیتریک، سوکسینیک، آلفاکتوگلو تارتاریک و اگزالیک، باعث افزایش رهاسازی و افزایش غلظت پتاسیم محلول از منابع غیر محلول مانند کانی‌های آلومینوسیلیکاته و در نتیجه افزایش جذب آن می‌شوند (Prajapati & Modi, 2012). Liu *et al.*, 2006 اضافه نمودن کمپوست مصرف شده قارچ به بستر کاشت موجب افزایش پتاسیم برگ در سطح ۲۰ درصد کمپوست شد. بیشترین میانگین پتاسیم برگ به ترتیب در بسترهای حاوی ۲۰ و ۴۰ درصد کمپوست قارچ به دست آمد. کمترین میانگین پتاسیم برگ در بستر کشت حاوی ۶۰٪ کمپوست حاصل گردید (جدول ۶). اثر متقابل تلقیح با باکتری و اضافه نمودن کمپوست به بستر کشت نشان داد بذره‌های تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنس در بسترهای کاشت حاوی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد کمپوست به ترتیب با ۳/۹۰، ۳/۷۵ و ۳/۶۰ درصد پتاسیم

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه و همچنین کاربرد کمپوست باقی‌مانده قارچ نقش موثری بر شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و تغذیه گیاه داشت. همچنین نتایج اثرات متقابل نشان داد که کاربرد هم‌زمان باکتری و کمپوست نقش بسیار موثری بر بیشتر شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشت. با توجه به اینکه جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی و بیولوژیک یکی از اصول کشاورزی پایدار در جهت تولید محصول سالم می‌باشد، به نظر می‌رسد که با توجه به نتایج این تحقیق غنی‌سازی کمپوست باقی‌مانده قارچ با باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌تواند راهکار مناسبی در جهت استفاده در کشاورزی ارگانیک باشد. همچنین لازم به ذکر است که برای اطمینان کامل از کاربردی بودن استفاده از کمپوست غنی شده با باکتری، یک تحقیق مزرعه‌ای لازم می‌باشد.

بیشترین میانگین پتاسیم میوه را به خود اختصاص دادند. کمترین مقدار پتاسیم میوه در تیمار شاهد بدون کمپوست به میزان ۱/۰۵ درصد مشاهده شد (جدول ۵). در این پژوهش با افزودن کمپوست مصرف شده قارچ به بستر کشت مقدار پتاسیم در گیاه گوجه‌فرنگی در مقایسه با شاهد افزایش یافت که دلیل آن می‌تواند غلظت بالای این عنصر در پسماند کمپوست قارچ باشد. نتایج تحقیقات انجام شده بر روی پسماند کمپوست قارچ به عنوان بستری برای جوانه زنی و رشد گیاهان حاکی از آن است که بین غلظت پتاسیم بخش هوایی گیاهان فلفل و کدو با حجم پسماند کمپوست قارچ رابطه مثبتی وجود دارد (Medina *et al.*, 2009). در یک پژوهش ماهر و همکاران (Maher *et al.*, 2000) نیز افزایش پسماند کمپوست قارچ را عامل بهبود پتاسیم خاک و در نتیجه پتاسیم گیاه و میوه معرفی کردند.

Reference

- Arnon DI. 1975. Physiological principles of dry land crop production. In: Gupta US. (eds). Physiological aspects of dry land farming. Oxford Press, pp: 3-14.
- Arshad M, Saleem M and Hussain S. 2007. Perspectives of bacterial ACC deaminase in phytoremediation. Trends in Biotechnology, 25: 356-362.
- Aslantas R, Cakmakci R and Sahin F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apples trees growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulture, 111(4): 371-377.
- Badr MA. 2006. Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. Journal and Applied Sciences Research, 2: 1191-1198.
- Barakat MZ, Shehab SK, Darwish N and El-Zoheiry A. 1973. A new titrimetric method for the determination of vitamin C. Analytical Biochemistry, 53: 245-251.
- Belimov AA, Safronova VI, Sergeyeva TA, Egorova TN, Matveyeva VA, Tsyganov VE, Borisov AY, Tikhonovich IA, Kluge C, Preisfeld A, Dietz KJ and Stepanok VV. 2001. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. Canadian Journal of Microbiology, 47: 642-652.
- Bharathi R, Vivekananthan R, Harish S, Ramanathan A and Samiyappan R. 2004. Rhizobacteria-based bio-formulations for the management of fruit rot infection in hillies. Journal of Crop Protection, 23: 835-843.
- Cakmakci R, Donmez MF and Erdogan U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31: 189-199.
- Carter MR and Gregorich EG. 2008. Soil sampling and methods of analysis. Canadian society of soil science. Boca Raton, FL, USA, CRC Press. pp: 25-38.
- Cassán F, Perrig D, Sgroy V, Masciarelli O, Penna C and Luna V. 2009. *Azospirillum brasilense* AZ39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). European Journal of Soil Biology, 45(1): 28-35.
- Cattelan AJ, Hartel PG and Fuhrmann JJ. 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Science Society of America Journal, 63: 1670-1680.

- Cheng Z, Park E and Glick BR. 2007. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase from *Pseudomonas putida* UW4 facilitates the growth of canola in the presence of salt. *Canadian Journal of Microbiology*, 53: 912-918.
- Demir S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiology growth parameters of peppers. *Turkish Journal of Biology*, 28: 85-95.
- Earnapalli VN. 2005. Screening of antagonistic microorganisms for biological control of early blight of tomato caused by *Alternaria solani*. MSc Thesis, University Agriculture Science Dharwad (India).
- Ebadi A, Alikhani HA and Rashtbari M. 2012. Effect of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPR) on the Morphophysiological Properties of Button Mushroom *Agaricus bisporus* in Culturing Beds Two Different. *International Research Journal and Applied of Basic Sciences*, 3(1): 203-212.
- Edwards SG, Young JPW and Fitter AF. 1998. Interactions between *Pseudomonas fluorescens* biocontrol agents and *Glomus mosseae* an arbuscular mycorrhizal fungus, within the rhizosphere. *FEMS Microbiology Letters*, 166: 297-303.
- Emami A. 1996. The methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute, Publication No. 982, 128p.
- Fallik E, Sarig S and Okon Y. 1994. Morphology and physiology of plant roots associated with *Azospirillum*. In: *Azospirillum Plant Associations*. (ed.): Okon Y, CRC Press, Florida, pp: 77-85.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2013. FAO State, core production. 2011. Available online: <http://Faostat.Fao.org>
- Flores FB, Sanchez-Bel P, Estan MT, Martinez-Rodriguez MM, Moyano E, Morales B, Compos JF, Garcia-Abellan JO, Egea I, Fernandez-Garcia N, Romojaro F and Bolarin MC. C. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125: 211-217.
- Garcia JAL, Probanza A, Ramos B and Manero FJG. 2003. Effects of three plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of seedlings of tomato and pepper in two different sterilized and nonsterilized peats. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 49: 119-127.
- Goldstein ES, Treadway S and Lafferty C. 1993. Further studies on the drosophila homolog of the jun oncogene. Report of the 34th Annual Drosophila Conference, 301p.
- Gunes A, Ataoğlu N, Turan M, Esitken A and Ketterings QM. 2009. Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172: 385-392.
- Halder AK, Mishra AK, Bhattacharya P and Chakrabarty PK. 1990. Solubilization of inorganic phosphate by Rhizobium. *Indian Journal of Microbiology*, 30: 311-314.
- Hayman DS. 1983. The physiology of vesicular arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Botany*, 61: 944-963
- Jagadish DR. 2006. Evaluation of different methods of application of *Pseudomonas* B-25 strain for biological control of early blight of tomato caused by *Alternaria solani* Mill. MSc Thesis, University of Agriculture Science, Dharwad (India).
- Karakurt H and Aslantas R. 2010. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria treated twice on flower thinning, fruit set and fruit properties on apple. *African Journal of Agricultural Research*, 5: 384-388.
- Karakurt H, Kotan R, Dadaşoğlu F, Aslantaş R and Şahin F. 2011. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on fruit set, pomological and chemical characteristics, color values, and vegetative growth of sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Kütahya). *Turkish Journal of Biology*, 35: 283-291.
- Kloepper JW and Beauchamp CJ. 1991. A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 38: 1219-1232.
- Liu W, Xu X, Wu X, 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.
- Maher MJ, Smyth S, Dodd VA, McCabe T, Magette WL, Duggan J and Hennerty MJ. 2000. Managing Spent Mushroom Compost. Teagasc, Dublin, pp:1-40.
- Medina E, Paredes C, Pérez-Murcia MD, Bustamante MA and Moral R. 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology*, 100: 4227-4232.

- Naiman AD, Alejandra Latrónico IE and de Salamone G. 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. *European Journal of Soil Biology*, 45: 44-5.
- 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(10): 1108-1116.
- Peregrina F, Larrieta C, Martin I, Martinez-Vidaurre JM and Garcia-Escudero E. 2009. Effect of application spent mushroom compost as organic amendment in vineyard soil of the origin denomination Rioja (Spain). *Gheophysical Research Abstract*, 11: 368-375
- Polat E, Ibrahim Uzun H, Topçuoğlu B, Önal K, Naci Onus A and Karaca M. 2009. Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal of Biotechnology*, 8: 176-180.
- Prajapati KB and Modi HA. 2012. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. *Journal of Microbiology*, 1 (2-3): 8-14.
- Salantur A, Ozturk A and Akten S. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. *Plant, Soil and Environment*, 52: 111-118.
- Sarig S, Blum A and Okon Y. 1988. Improvement of water status and yield of field-grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Journal of Agricultural Science*, 110: 271-278.
- Seymen M, Turkmen O, Dursun A, Donmez MF and Paksoy M. 2010. Effects of bacterium inoculation on yield and yield components of cucumber (*Cucumis sativus*). *Bulletin UASVM Horticulture*, 67: 274-277.
- Shaharoon B, Arshad M, Zahir ZA and Khalid A. 2006. Performance of *Pseudomonas spp.* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 297-2975.
- Vahabi Mashak F, Mirseyed Hosseini S, Shorafa MH and Hatami S. 2007. Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on some chemical properties of soil and leachate. *Soil and Water Journal (Agricultural Science and Technology)*, 22(2): 394-406 (in Persian).
- Vavrina CS. 1999. Plant Growth promoting rhizobacteria via a transplant plug delivery system in the production of drip irrigated pepper. Swfrec Station Report-VEG99.6. University of Florida, FL.
- Webster AW and Buckerfield JC. 2007. Spent Mushroom Compost for Viticulture. *Ecoresearch*, 7 blackburn, 22: 323-336.
- Yasari E and Patwardhan AM. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6: 77-82.

The effect of bio-fertilizer and organic fertilizer application on some nutrients concentration and growth characteristics of tomato

Ali-Ashraf Soltani Toolarood^{1*}, Saye Rasoul Ziatabar², Behrooz Esmaelpoor³, Payman Abbaszadeh Dehaji⁴, Kazem Khavazi⁵

(Received: February 2015

Accepted: June 2014)

Abstract

In order to investigate the effect of bio-fertilizer and organic fertilizer application on some nutrients concentration and some growth characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), a greenhouse experiment was conducted in a factorial in randomized completely design with four replications. Treatments were involved: inoculation of tomato Seeds with *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* strains 168 and 41, *Azospirillum* sp, *A. lipoferum*, *A. halopraeferens* and replacement of culture substrate with the spent mushroom compost in volume ratios of 0, 20, 40 and 60%. Results indicated that the concentration of P, Ca and K in leaf and fruit significantly increased by different treatments. The greatest amount of phosphorus, calcium and potassium was observed in treatment inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and cultured in culture substrate containing 20% of spent mushroom compost. The results also showed that the effect of plant growth promoting bacteria and the spent mushroom compost on growth characteristic of tomato, was significant. The highest chlorophyll a content and yield was apperceived in plants inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and cultured in culture substrate containing 20% of spent mushroom compost. Growth characteristic included chlorophyll a, total chlorophyll, fruit firmness and acidity was maximum in treatments inoculated with *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* strain 168 and in culture substrate teatment containing 20% of spent mushroom compost. The greatest amount of fruit suger was observed in treatment inoculated with *A. halopraeferens* in culture substrate teatment containing 20% the spent mushroom compost. Overall the results showed that the use of the spent mushroom compost and plant growth promoting rhizobacteria played a significant role in the tomato's physiological characteristics, nutrition and yield. Also regarding the parameters of chlorophyll, total yield and plant nutrition, the interaction between spent mushroom compost and bacteria was significant, representing effective and increasing role of concurrent use of compost and bacteria as an organic-microbial fertilizer to improve plant growth.

Keywords: Tomato, Plant growth promoting rhizobacteria, Compost, nutrients

1, 2, 3- Assistant professor, MSc graduate student, Associate professor Department of soil science, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili

4- Assistant professor department of Soil Science, Vali-e-Asr University

5- Associate professor of soil biology department, soil and water research institute of Iran

*: Corresponding autor: Email: ali_soltani_t@yahoo.com