Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 3, Autumn 2019 (621-632)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.255420.1434

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۶۳۲-۶۲۱)

تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد، کیفیت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه گوجه‌فرنگی

مرتضی شیخ علیپور[۱]، صاحبعلی بلند نظر[۲*]، محمدرضا ساریخانی[۳] و جابر پناهنده[۳]
۱. دانشجوی سابق دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲ و ۳. استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۰)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد، کیفیت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه گوجه‌فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به اجرا درآمد. بذرهای گوجه‌فرنگی رقم Super Chief در کشت خزانه با تیمار منفرد و تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم (*Pseudomonas* sp. S19-1, *Pseudomonas* sp. S14-3) و حل‌کننده فسفات (*P. putida* Tabriz, *P. fluorescence* Tabriz) و تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azospirillum* sp. Acu9, *Azotobacter* sp.) تلقیح شدند. علاوه بر این تیمارها، تیمار شاهد بدون تلقیح باکتری و کوددهی (شاهد یک) و تیمار شاهد بدون تلقیح باکتری و با کوددهی (عناصر ماکرو) براساس نتایج آزمون خاک (شاهد دو) به‌منظور انجام مقایسه لحاظ شدند. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد کل، عملکرد اقتصادی و غیراقتصادی، تعداد میوه، وزن متوسط میوه، درصد ماده‌خشک میوه، میزان ویتامین ث، میزان لیکوپن، اسیدیته قابل تیتراسیون میوه و مقدار پتاسیم میوه بودند. نتایج نشان داد که اثر باکتری‌های فوق بر شاخص‌هایی مثل عملکرد، میزان پتاسیم میوه، اسیدیته، درصد ماده خشک میوه، محتوای ویتامین ث و لیکوپن معنی‌دار بود و بالاترین میزان عملکرد، میزان پتاسیم میوه، اسیدیته و درصد ماده خشک میوه در تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و بالاترین میزان ویتامین ث در تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و بالاترین میزان لیکوپن در تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن به‌دست آمد. باتوجه به نتایج فوق می‌توان به مؤثربودن باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن به‌عنوان کود زیستی در بهبود عملکرد و خصوصیات کیفی گوجه‌فرنگی اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، سودوموناس، عناصر غذایی.

Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit

Morteza Sheikhalipour[1], Saheb Ali Bolandndnazar[2*], Mohammad Reza Sarikhani[3] and Jaber Panahandeh[3]
1. Ph. D. Candidate, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2, 3. Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(Received: Apr. 9, 2018 - Accepted: Jul. 11, 2017)

ABSTRACT

In order to study the effect of biofertilizers, on the yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit, an experiment based on randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications was carried out at Khalatpoushan station, Faculty of Agriculture, Tabriz University. seeds of Super Chief tomato variety were inoculated with individual and combined treatments of potassium releasing bacteria (*Pseudomonas* sp. S19-1, *Pseudomonas* sp. S14-3), phosphate solubilizing (*P. putida* Tabriz, *P. fluorescens* Tabriz) and nitrogen fixing (*Azospirillum* sp. Acu9, *Azotobacter* sp.) In the nursery cultivation. In addition, control treatments were performed, without bacterial inoculation and fertilization (control 1) and control treatment without bacterial inoculation and with fertilization (macro elements) based on the soil test analysis (control 2) compare the results. Traits assessed include: total yield, economic yield, non-economic yield, the number of total fruit, average weight of fruit, fruit dry matter, lycopne, vitamin C, total acid and fruit potassium. Results showed that inoculation with bacteria had significant effect on yield, potassium content of fruit, acidity of fruit, dry matter, vitamin C and lycopene content and the highest yield, potassium content of fruit, acidity and fruit dry matter were observed in potassium releasing bacteria treatment. The highest amount of vitamin C was observed in the potassium releasing and phosphate solubilizing bacteria combined treatment while the highest amount of lycopene was obtained in the potassium releasing and phosphate solubilizing and nitrogen fixing bacteria combined treatment. According to the above results, potassium releasing and phosphate solubilizing and nitrogen fixing bacteria as a biofertilizer could be employed to improve yield and quality characteristics of tomato.

Keywords: Azospirillum, Azotobater, nutrients, Pseudomonas.

* Corresponding author E-mail: bolandnazar@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد سریع جمعیت کره زمین و نیاز به تأمین غذا، استفاده هرچه بیشتر از نهاده‌های کشاورزی مانند سموم و کودهای شیمیایی را جهت دستیابی به بالاترین عملکرد گیاهان زراعی در واحد سطح اجتناب‌ناپذیرکرده است. نتیجه این فعالیت‌ها در طی سالیان اخیر، بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان 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؛ بنابراین پس از این‌که مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی اثرات‌شان را بر روی بشر و محیط‌زیست نشان دادند، کاربرد کودهای زیستی برای بهبود تغذیه گیاه و پایداری در تولید محصولات زراعی پیشنهاد و توصیه شد (Han *et al*., 2006). ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) از مهم‌ترین کودهای زیستی بوده و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اثر مستقیم شامل تولید یا رهاسازی متابولیت‌های ثانویه‌ای نظیر تنظیم‌کننده‌ها یا هورمون‌های رشدی و یا تسهیل جذب عناصر غذایی از محیط رشد گیاه است، اما تأثیر غیرمستقیم PGPRها در تحریک رشد گیاه زمانی رخ می‌دهد که از اثرات زیانبار یک یا چندین عامل بیماری‌زا کاسته یا به‌کلی بازداشته می‌شود (Glick, 2012). طبق گزارش (Nehra & Choudhary, 2015) باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند حاصلخیزی خاک، میزان دسترسی و جذب عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش دهند. کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث کاهش میزان کود شیمیایی مصرفی شده و عملکرد را نیز افزایش می‌دهد (Bhardwaj *et al*., 2014). PGPR علاوه بر اکسین، هورمون‌های دیگر نظیر سیتوکینین و جیبرلین را تولید و از تولید اتیلن جلوگیری می‌کنند (Dinesh, 2011). باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول‌کردن فسفر و پتاسیم و کنترل عوامل بیماری‌زا و با تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، به‌ویژه انواع اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها رشدونمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. گزارش شده است که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، باعث افزایش تعداد و طول ریشه‌های فرعی، ارتفاع بوته و میزان جذب عناصر غذایی شده و عملکرد محصول حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد افزایش می‌یابد (Bano, 2008). غلظت بالای عناصر معدنی در تیمارهای باکتریایی ممکن است به‌دلیل تولید هورمون‌های گیاهی باشد (Aslantaş *et al*., 2007). استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات *P. fluorescens* و *Marssenes seratiya* همراه با سنگ فسفات در گلخانه به‌ترتیب باعث افزایش ۴۲ و ۴۷ درصدی فسفر گیاه می‌شود (Hameedaa *et al*., 2008). تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات از قبیل *Bacillus spp.* می‌تواند فسفر تثبیت‌شده در خاک را حل کرده و میزان فسفر در دسترس در خاک را تغییر دهد و از این طریق عملکرد محصولات را افزایش دهد (Puente & Bashan, 2004). تلقیح خاک با باکتری‌های آزادکننده پتاسیم، میزان عناصر غذایی را به‌طور معنی‌داری در گیاهان فلفل و کدو افزایش می‌دهد (Han *et al*., 2006). وزن خشک ریشه، اندام هوایی و مقدار پتاسیم جذب‌شده توسط گیاه در اثر تلقیح با باکتری‌های آزادکننده پتاسیم نسبت به شاهد بدون باکتری، به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (Sugumaran & Janarthanam, 2007).

گوجه‌فرنگی بعد از سیب‌زمینی دومین محصول مهم باغبانی در جهان محسوب می‌شود (Flores *et al*., 2010). در ۱۰ سال اخیر مساحت زیرکشت و میزان تولید این محصول به‌ترتیب ۲۵ و ۴۰ درصد افزایش یافته است. در گوجه‌فرنگی نیز مانند سایر گیاهان، رشد بهینه و عملکرد مطلوب از نظر کمی و کیفی تحت تأثیر شرایط تغذیه‌ای قرار دارد. تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نظیر پتاسیم، فسفر، نیتروژن و عناصر کم‌مصرف در مجموع باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت این محصول خواهد شد. برای رسیدن به‌این مهم توجه به راهکار زیستی و

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از پتانسیل زیستی خاک مورد توجه است. بر-این اساس این پژوهش با هدف بررسی اثر کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد گیاه) بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه گوجه‌فرنگی رقم سوپرچیف درشرایط مزرعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در جاده تبریز-باسمنج به اجرا درآمد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۵۶۷ متر، طول و عرض جغرافیایی آن به‌ترتیب ۴۷/۲۸ درجه شرقی و ۳۸/۰۲ درجه شمالی می‌باشد. میانگین دمای سالیانه این ناحیه ۹/۵۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل و حداکثر دما به‌ترتیب ۲/۲ و ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ آورده شده است. تیمارهای آزمایش به‌صورت زیر بودند: T_1- تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم: *Pseudomonas* sp. S19-1, *Pseudomonas* sp. S14-3 T_2- تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات: *Pseudomonas putida* -*Tabriz, P. fluorescence Tabriz* T_3- تیمار باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن *Azospirillum* sp. Acu9, *Azotobacter* sp. T_4- تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات، T_5- تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تثبیت‌کننده نیتروژن، T_6- تیمار تلفیقی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن، T_7- تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن T_8- تیمار شاهد بدون تلقیح باکتری و کوددهی (شاهد یک) T_9- تیمار شاهد بدون تلقیح باکتری و با کوددهی (عناصر ماکرو) براساس نتایج آزمون خاک (شاهد دو). بذرهای گوجه‌فرنگی رقم سوپرچیف پس از ضدعفونی‌شدن با هیپوکلریت‌سدیم یک درصد به‌مدت ده دقیقه، در تاریخ ۲۰ اسفند سال ۹۲ در گلخانه و در سینی‌های کشت، کاشته شدند. دما، رطوبت و شدت‌نور گلخانه مورد استفاده به‌ترتیب به‌میزان ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد (دمای روز ۵±۲۵ و دمای شب ۳±۱۸ درجه سانتی‌گراد)، ۶۵ و $500 \mu mol^{-2}S^{-1}$ بود. هر سینی کشت محتوی حدود یک کیلوگرم خاک اتوکلاوشده بود. در هر سینی کشت ۳۰ بذر کاشته شد. بذرها در هنگام کاشت با زادمایه باکتریایی تلقیح شدند. ۳۰ بذر گوجه‌فرنگی رقم سوپرچیف، قبل از کشت با ۱۰ گرم مایه تلقیح باکتریایی حاوی CFU/g[1] $2/4\times10^8$ تلقیح شده و سپس کشت گردیدند. باکتری‌ها از گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز تهیه شدند. نشاهای گوجه‌فرنگی پس از رسیدن به‌اندازه لازم (۶ تا ۱۰ سانتی‌متر با حداقل یک مجموعه برگ حقیقی) و نیز با مساعدشدن شرایط آب و هوایی در ۲۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۳ به مزرعه انتقال یافتند. در هنگام کاشت نشاها در مزرعه حدود ۵۰-۴۰ گرم از خاک سینی کشت که حاوی مایه باکتریایی بود، به زیر ریشه نشا ریخته شد. نشاهای تهیه‌شده گوجه‌فرنگی در جوی‌هایی که به طول ۲ متر و عرض ۷۰ سانتی‌متر آماده شده بودند، کاشته شدند. در هر پشته تعداد ۶ بوته و با فاصله ۳۰ سانتی‌متر نسبت به هم کاشته شدند. اولین آبیاری کمی قبل از کاشت نشا انجام گرفت و بلافاصله بعد از کاشت نشا آبیاری دوم انجام گرفت و آبیاری‌های بعدی با توجه به میانگین دمای منطقه مورد نظر در طول آزمایش و طبق عرف محل به فاصله هفت روز یک‌بار تا پایان فصل رشد ادامه پیدا کرد. روش آبیاری به‌صورت جداگانه و با دقت کامل و به‌صورت نواری انجام شد. براساس نتایج آنالیز خاک و جدول توصیه کودی مقدار کود لازم به میزان ۷۲ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود که در سه نوبت استفاده شد و به‌دلیل کافی‌بودن عناصر فسفر و پتاسیم از این کودها استفاده نشد. میوه‌ها با رسیدن تدریجی و به فاصله یک هفته از هم برداشت شدند و وزن میوه‌ها به‌وسیله ترازوی حساس توزین گردید. اولین برداشت در تاریخ ۹۳/۴/۱۱ و آخرین برداشت در تاریخ ۹۳/۷/۲ انجام گرفت. اسیدیته به‌روش تیتراسیون (Tabatabaei, 2009) و مواد جامد محلول

1. Colony-forming units *per* gram

www.SID.ir

Archive of SID

(TSS) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (ATAGO, PAL1, Japan) اندازه‌گیری شد. pH و EC میوه با استفاده از دستگاه pHمتر و ECمتر مشخص شدند. ویتامین ث به روش تیتراسیون (AOAC, 1980) و لیکوپن از روش Fish *et al.* (2002) تعیین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه‌ها، میوه‌ها در ظروف آلومینیومی قرار گرفته و به‌مدت ۷۲ ساعت در آون مدل (Shimaz Co., Iran) با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد از ثابت‌ماندن وزن، وزن خشک میوه‌ها به‌دست آمد. اندازه‌گیری پتاسیم میوه به‌روش نشر شعله‌ای و توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (Flame photometer) انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. جداول با استفاده از نرم‌افزار Excel Microsoft Office 2010 رسم گردید.

نتایج و بحث

میزان عملکرد کل، اقتصادی، غیراقتصادی و وزن تک‌میوه

عملکرد میوه به‌صورت Kg/m^2 محاسبه گردید. اثر تیمارهای مورد آزمایش بر عملکرد کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم است که این تیمار با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین میزان عملکرد نیز مربوط به تیمار شاهد یک است (جدول ۳). تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم سبب افزایش عملکرد به میزان ۲۹/۹۶ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۴۹/۶۳ درصد نسبت به تیمار شاهد یک گردید. در این پژوهش علاوه بر عملکرد کل، عملکرد اقتصادی و غیراقتصادی نیز محاسبه گردید. منظور از عملکرد اقتصادی مجموع وزن میوه‌های بزرگ و متوسط است و منظور از عملکرد غیراقتصادی مجموع وزن میوه‌های کوچک و دارای پوسیدگی گلگاه است. میوه‌هایی با قطر ۴۸ تا ۵۸ میلی‌متر به‌عنوان میوه کوچک و میوه‌هایی با قطر ۵۸ تا ۶۴ میلی‌متر به‌عنوان میوه متوسط و میوه‌هایی با قطر ۶۴ تا ۹۰ میلی‌متر به‌عنوان میوه بزرگ در نظر گرفته شد. اثر تیمارهای مورد آزمایش بر عملکرد اقتصادی و غیراقتصادی نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد اقتصادی و کمترین عملکرد غیراقتصادی مربوط به تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم بود که این تیمار با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین عملکرد اقتصادی و بیشترین عملکرد غیراقتصادی نیز مربوط به تیمار شاهد یک بود (جدول ۳). تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم سبب افزایش عملکرد اقتصادی به‌میزان ۴۶/۹۹ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۷۵/۴۹ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شده است. همچنین اثر تیمارهای مورد آزمایش بر وزن تک‌میوه معنی‌دار نبود.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil

Saturation pressure	Ec ($ds.m^{-1}$)	pH	Organic matter (%)	Nitrogen (mg/kg)	Phosphorus (mg/kg)	Potassium (mg/kg)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
37	2.25	7.8	1.2	5	46	570	18	13	69

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر باکتری‌های تحریک‌کننده رشد بر عملکرد و صفات کیفی گوجه‌فرنگی

Table 2. Analysis of variance effect of growth promoting rhizobacteria on yield and fruit quality of tomato

S. O. V	df	Mean squars												
		Total yeild	Economic yeild	Non-economic yeild	The number of total fruits	Average weight of fruit	Fruit dry matter	Lycopne	Vitamin C	Total acid	Fruit potassium	Total soluble solid	Ec	pH
Block	2	0.039ns	0.091^{**}	0.054 ns	29.16ns	0.039ns	0.093^{ns}	17.27^{**}	0.616^{ns}	1.369^{**}	0.006^{ns}	0.071^{ns}	0.001^{ns}	0.686^{**}
Treatment	8	0.696^{**}	0.569^{**}	0.45^{**}	297.48^{**}	0.696ns	1.251^{**}	136.55^{**}	8.89**	1.188^{**}	0.473^{**}	0.313^{ns}	0.001^{ns}	0.091^{ns}
Eror	16	0.035	2.78	27.903	31.138	48.16	0.046	3.125	0.360	0.152	0.073	0.242	0.001	0.101
CV (%)		8.81	10.28	14.23	10.47	17.22	2.02	5.69	9.80	9.27	6.86	6.92	17.07	7.12

*، **، ns: وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% probability levels, and non-significantly differenc, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

با مقایسه تیمارهای کودهای زیستی و شاهد دو می‌توان نتیجه گرفت که تنها فراوانی عناصر غذایی عاملی برای تولید بیشتر نمی‌باشد، بلکه سایر ویژگی‌های محرک رشدی باکتری‌ها در مجموع توانسته باعث افزایش عملکرد گیاه شود. به نظر اثرات چندگانه این باکتری‌ها اعم از انحلال فسفر، رهاسازی پتاسیم و غیره در بهبود عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی نقش داشته است. باکتری‌های محرک رشد همچنین با افزایش ساخت ترکیبات محرک رشد، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. طبق گزارش (Rongchang & Feniting, 1995) باکتری‌ها در طی فعالیت‌های حیاتی خود می‌توانند مواد محرک رشد گیاه را تولید کنند. به‌طوری که با استفاده از کروماتوگرافی مایع تحت فشار (HPLC) مشخص شده است که در محیط کشت باکتری مقدار زیادی جیبرلین و سایر مواد فعال‌کننده وجود دارد که محرک رشد گیاه می‌باشند. به این ترتیب افزایش عملکرد در خاک‌های تلقیح‌شده با باکتری را می‌توان به تأثیر این مواد محرک رشد که توسط باکتری ترشح می‌شود، نسبت داد. در گندم و سورگوم افزایش عملکرد دانه در اثر باکتری سودوموناس عمدتاً مربوط به تولید مواد محرک رشد توسط این باکتری است (Egamberberdiyeva & Hoflich, 2003). محققان بیان کردند که استفاده از تلقیح باکتریایی گونه‌های *Pseudomonas* و *Bacillus* می‌تواند رشد را تحریک کند و عملکرد را در گوجه‌فرنگی افزایش دهد (Sahin *et al*., 2000). طبق گزارش (Kloepper *et al*., 2004) استفاده از *Pseudomonas* sp. می‌تواند عملکرد گیاهان را حتی ۱۴۴ درصد افزایش دهد.

تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم میزان پتاسیم میوه را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش داد و پتاسیم نیز می‌تواند یکی از دلایل افزایش عملکرد و کیفیت میوه در این تیمار باشد. پتاسیم شدت فتوسنتز کلروپلاست و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی از طریق آوند آبکش به بافت‌های ذخیره‌ای را افزایش می‌دهد که به موجب آن عملکرد و کیفیت میوه بهبود می‌یابد (Tabatabaei, 2009). در گزارش‌های Egamberberdiyeva & Hoflich (2003) ثابت شد که تلقیح با باکتری می‌تواند موجب افزایش رشد و افزایش مقدار پتاسیم در اجزای گیاه گندم شود. افزایش عملکرد میوه به وسیله تغذیه با پتاسیم ممکن است به دلیل بارگذاری مواد در آوند آبکش و تخلیه کارآمد مواد آسیمیلاته نزدیک بافت‌های ذخیره‌ای باشد (Zhao *et al*., 2001). افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری با افزایش کاربرد پتاسیم به‌دست آمده است (Yurtseven *et al*., 2005). پتاسیم به‌عنوان عنصر غذایی کیفیت شناخته می‌شود زیرا پتاسیم تأثیر مهمی روی پارامترهای کیفی میوه دارد (Imas & Bansal, 1999; Lester *et al*., 2006). بیشترین میزان پتاسیم میوه در تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم مشاهده شد. تأمین پتاسیم کافی برای تولید میوه‌های درشت و درجه یک ضروری است (Chapagain & Wiesman, 2004). این نتایج مطابق نتایج به‌دست آمده توسط Bryson & Barker (2002) است و آنها نیز نشان دادند که با افزایش میزان پتاسیم، کیفیت میوه گوجه‌فرنگی افزایش پیدا می‌کند و تعداد میوه‌های غیرقابل‌فروش کاهش پیدا می‌کند. در گیاه فلفل (Fawzy *et al*., 2005)، بادمجان (Fawzy *et al*., 2007) و گوجه‌فرنگی (Al-Karaki, 2000; Gupta & Sengar, 2000) نتایج مشابه با این تحقیق گزارش شد. این محققین گزارش کردند که با افزایش میزان کود پتاسیمی استفاده‌شده عملکرد گیاه و کیفیت میوه افزایش می‌یابد. افزایش کیفیت میوه به علت تغذیه با پتاسیم ممکن است به‌دلیل افزایش ساخت مواد آسیمیلاته در فتوسنتز، ارسال این مواد از برگ‌ها به میوه و افزایش فعالیت آنزیم‌ها باشد (Kanai *et al*., 2007).

تعداد میوه کل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای مورد آزمایش بر تعداد میوه کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد میوه کل مربوط به تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات است. کمترین تعداد میوه کل نیز مربوط به تیمار تلفیقی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن است که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد یک نداشت

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۳). تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات سبب افزایش تعداد میوه کل به میزان ۲۷/۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۴۳/۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شد. تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث تأمین فسفر مورد نیاز گیاه می‌شوند. فسفر تأثیر مثبتی در افزایش تعداد میوه در بوته‌های گوجه‌فرنگی دارد (Oskooei *et al*., 2005).

مقدار درصد ماده خشک میوه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای مورد آزمایش بر مقدار درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار درصد ماده خشک میوه مربوط به تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم است که با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین مقدار درصد ماده خشک میوه نیز مربوط به تیمار شاهد یک است (جدول ۳). تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم سبب افزایش مقدار درصد ماده خشک میوه به میزان ۳/۵۶ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۱۸/۴۴ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شده است.

تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش ماده خشک در میوه‌ها یکی از عوامل بهبود کیفیت می‌باشد (Dorais *et al*., 2001). مصرف باکتری تفاوت معنی‌داری را از طریق ایجاد شرایط تغذیه‌ای بهتر برای رشد رویشی بیشتر و تولید گیاهانی با عملکرد و ماده خشک بیشتر را فراهم نموده است. همچنین گزارش شده است که کودهای بیولوژیک از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد (به‌ویژه اکسین) رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Vessy, 2003). میزان ماده خشک تولیدی شاخصی از میزان تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و توان جذب عناصر توسط گیاه محسوب می‌شود. همانطور که در بخش‌های قبلی اشاره شد تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم بالاترین میزان پتاسیم میوه را داشت و میزان بیشتر پتاسیم در این تیمار می‌تواند دلیل دیگر افزایش میزان ماده خشک میوه در این تیمار باشد. پتاسیم نقش بسیار مهمی را در تنظیم پتانسیل اسمزی آوندها به‌منظور افزایش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی از برگ به محل مصرف دارد. پتاسیم سبب حفظ فعالیت فتوسنتزی و افزایش غلظت کلروفیل و تثبیت کربن می‌شود (Szczerba *et al*., 2008). پتاسیم در افزایش اسیدیته، میزان قند و درصد ماده خشک میوه گوجه‌فرنگی تأثیر بسزایی دارد (Davies & Winsor, 1967). Wuzhong (2002) و Amjad *et al*. (2014) گزارش کردند که با کاربرد پتاسیم مقدار درصد ماده خشک میوه گوجه‌فرنگی نسبت به عدم کاربرد پتاسیم افزایش پیدا می‌کند.

مقدار ویتامین ث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای مورد آزمایش بر مقدار ویتامین ث در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار ویتامین ث مربوط به تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات است که این تیمار با تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تثبیت‌کننده نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی تفاوت آن با بقیه تیمارها معنی‌دار بود. کمترین مقدار ویتامین ث نیز مربوط به تیمار شاهد یک بود (جدول ۳). تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات سبب افزایش مقدار ویتامین ث به میزان ۴۴/۶۸ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۵۵/۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شده است.

بیشترین میزان ویتامین ث در تیمارهای تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات، باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تثبیت‌کننده نیتروژن مشاهده شد. در سه تیمار فوق باکتری‌های آزادکننده پتاسیم، حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن حضور دارند و این باکتری‌ها با افزایش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم دردسترس برای گیاه، باعث افزایش میزان ویتامین ث در سه تیمار فوق شده‌اند. Bagal *et al*. (1989) نشان دادند میزان ویتامین ث با افزایش مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم تا حد معینی افزایش می‌یابد. افزایش جذب فسفر باعث فعال‌شدن آنزیم‌هایی می‌شود که برای سنتز ویتامین ث لازم و ضروری می‌باشند و با افزایش جذب فسفر، فعالیت این آنزیم‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

نیز بیشتر شده و در نتیجه غلظت ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد. چون ویتامین ث یک لاکتون با منشأ اسید-قند است، میزان بالاتر آن در تیمارهای حاوی مقدار بیشتر عناصر غذایی پتاسیم و فسفر دردسترس، به این دلیل است که این عناصر سنتز و ساخت کربوهیدرات‌ها و انتقال قندهای فتوسنتزی را تحریک می‌کنند. دلیل افزایش ویتامین ث در اثر افزایش میزان پتاسیم ممکن است به این دلیل باشد که پتاسیم یک نقش اساسی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها بازی می‌کند و یک رابطه نزدیک بین متابولیسم کربوهیدرات‌ها و شکل‌گیری ویتامین ث وجود دارد (Ananthi *et al*., 2004). Economakis & Daskalaki (2003)، Lester *et al*. (2006) و Kanai *et al*. (2007) نیز گزارش کردند کاربرد پتاسیم باعث افزایش میزان ویتامین ث می‌شود.

میزان لیکوپن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای مورد آزمایش بر میزان لیکوپن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان لیکوپن مربوط به تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن بود که این تیمار با تیمارهای تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تثبیت‌کننده نیتروژن و تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات تفاوت معنی‌داری نداشت ولی تفاوت آن با بقیه تیمارها معنی‌دار بود. کمترین میزان لیکوپن نیز مربوط به تیمار شاهد یک بود (جدول ۳). تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش میزان لیکوپن به میزان ۲۴/۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۴۶/۰۲ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شده است.

لیکوپن یک کاروتنوئید با ظرفیت بالا برای ازبین‌بردن گونه‌های فعال اکسیژنی است و گوجه‌فرنگی یک منبع عمده برای لیکوپن است (Toor & Savage, 2005). مطالعات مختلف نشان داده است که کیفیت گوجه‌فرنگی به‌شدت به مقدار لیکوپن وابسته است (George *et al*., 2004). مطالعات مختلف این حقیقت را نشان داده است که تلقیح ریشه با میکروارگانیسم‌های ریزوسفری برای بهبود پارامترهای کیفی میوه گوجه‌فرنگی مفید است (Mena-Violante *et al*., 2006). در پژوهشی تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و سنتز لیکوپن گوجه‌فرنگی تأیید شده است (Ordookhani *et al*., 2010). همچنین باکتری‌های محرک رشد با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌توانند باعث افزایش میزان لیکوپن محصول تولیدی شوند. به عنوان مثال عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم می‌توانند باعث افزایش میزان لیکوپن محصول گردند. طبق گزارش Kobryń *et al*. (2004) با افزایش میزان کود نیتروژن، میزان لیکوپن گیاه افزایش پیدا می‌کند. در همین زمینه De Pascale *et al*. (2008) گزارش کردند لیکوپن از طریق مسیر Isoprenoid سنتز می‌شود و نیتروژن باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های درگیر در این مسیر و درنهایت افزایش میزان لیکوپن محصول می‌شود. همچنین بین پتاسیم میوه و غلظت لیکوپن میوه ارتباط مثبتی وجود دارد (Taber, 2006). در همین زمینه Fanasca *et al*. (2006) بیان کردند که نسبت بالای پتاسیم در محلول غذایی ویژگی‌های کیفی میوه مانند غلظت لیکوپن را افزایش می‌دهد. تأثیر پتاسیم در محتوای لیکوپن مربوط به اهمیت این عنصر در سنتز پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم استیک‌تیوکیناز است (Trudel & Ozbun, 1971). براساس گزارش Perkins & Roberts (2002) بین رنگ قرمز میوه و اختلالات رسیدن با محتوای پتاسیم میوه همبستگی وجود دارد. رسیدن میوه گوجه‌فرنگی، از مرحله سبز تا مرحله قرمز کامل، شامل تجمع لیکوپن و کاروتنوئیدها و ناپدیدشدن کلروفیل در میوه است که کاروتنوئیدهای پیش‌ساز بی‌رنگ شامل phytoene و phytofluene منجر به سنتز لیکوپن در مرحله رنگ‌گیری می‌شوند (Bar *et al*., 2003). همچنین افزایش مقدار لیکوپن ممکن است به علت نقش اساسی پتاسیم در افزایش فعالیت آنزیم‌هایی باشد که این آنزیم‌ها تولید لیکوپن را در میوه گوجه‌فرنگی افزایش می‌دهند که این نتیجه مطابق با یافته‌های Hartz *et al*. (2000) است.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار پتاسیم میوه

اثر تیمارهای مورد آزمایش بر مقدار پتاسیم میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار پتاسیم میوه مربوط به تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم بود که این تیمار با بقیه تیمارها از لحاظ مقدار پتاسیم میوه تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین مقدار پتاسیم میوه نیز مربوط به تیمار شاهد یک بود (جدول ۳). تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم سبب افزایش مقدار پتاسیم میوه به میزان ۱۷/۸۷ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۲۹/۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شده است.

اغلب خاک‌ها دارای مقادیر نسبتاً زیادی پتاسیم کل هستند، ولی مقدار پتاسیم قابل‌استفاده آنها نسبتاً کم است. از بین شکل‌های مختلف پتاسیم، شکل محلول و تبادلی آن قابل‌استفاده گیاه هستند و بقیه شکل‌ها تقریباً غیرقابل‌استفاده می‌باشند. لذا به منظور تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه، این عنصر بایستی به طریقی از شکل‌های تثبیت‌شده و معدنی به شکل‌های تبادلی و محلول تبدیل شود (Haby *et al*., 1990). افزایش غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی و ریشه در اثر تلقیح با باکتری‌های آزادکننده پتاسیم توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Badr, 2006; Sheng *et al*., 2008). این باکتری‌ها با تخریب کانی‌های پتاسیم‌دار، این عنصر را از کانی آزاد کرده و به شکل قابل‌استفاده در اختیار گیاه قرار می‌دهند. محققین گزارش کردند که این باکتری‌ها قادر به تولید ایندول‌استیک‌اسید (IAA) و سیدروفور می‌باشند که سیدروفور تولیدشده می‌تواند با عناصر موجود در سطح کانی کمپلکس برقرار کند و در آزادسازی عناصری مثل فسفر، پتاسیم و آهن مؤثر واقع شود (Heinrichs *et al*., 2004; Chakraborty *et al*., 2006). بنابراین هوادیدگی کانی‌های پتاسیم‌دار و آزادشدن پتاسیم در اثر این مکانیسم و یا سایر مکانیسم‌ها می‌تواند نقش مؤثری در افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک داشته باشد.

اسیدیته قابل تیتراسیون میوه

اثر تیمارهای مورد آزمایش بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه مربوط به تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم بود که این تیمار با تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و تثبیت‌کننده نیتروژن و تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات تفاوت معنی‌داری نداشت ولی تفاوت آن با بقیه تیمارها معنی‌دار بود. کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه نیز مربوط به تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات بود (جدول۳). تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم سبب افزایش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون به میزان ۱۶/۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد دو و ۲۶/۶۴ درصد نسبت به تیمار شاهد یک شده است.

بیشترین میزان پتاسیم میوه در تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم مشاهده گردید. گزارش شده است که کاربرد پتاسیم اسیدیته قابل تیتراسیون میوه را در فلفل‌شیرین رقم اورلاندو (Orlando) افزایش می‌دهد (Rubio *et al*., 2010)، که احتمالاً یکی از نقش‌های این مقدار بالای اسید قابل تیتراسیون در برخی از میوه‌ها پایداری اسیدآسکوربیک می‌باشد. همچنین Wuzhong (2002) گزارش کرد که کاربرد پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر اسیدیته و طعم میوه گوجه‌فرنگی دارد. گزارش شده است که غلظت بالای پتاسیم در میوه گوجه‌فرنگی تشکیل اسیدهای‌آلی را تحریک می‌کند (Willumsen *et al*., 1996). به‌طور مشابهی در گوجه‌فرنگی افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی موجب افزایش مقدار مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و مقدار اسیدآسکوربیک می‌گردد (Almeslemani *et al*., 2009). غلظت K^+ در میوه به‌طور مثبت با اسیدیته میوه مرتبط بوده و ارتباط آشکاری با متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد (Khayyat *et al*., 2007). در این آزمایش افزایش فاکتورهای بیوشیمیایی کیفیت میوه از قبیل اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث متأثر از غلظت پتاسیم می‌تواند عمدتاً به سبب نقش پتاسیم در متابولیسم گیاه و فعال‌سازی آنزیم‌های مرتبط باشد. این اثرات پتاسیم می‌تواند به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم در گیاه بیان شود. پتاسیم در کنار عناصر تأثیرگذار بر کیفیت محصول مانند نیتروژن و کلسیم، مهمترین نقش را در کیفیت محصولات زراعی و باغی ایفا می‌کند (Gruda, 2005). همچنین اثر تیمارهای مورد آزمایش در این مطالعه بر مقدار pH، TSS وEC معنی‌دار نبود (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیر باکتری‌های تحریک‌کننده رشد بر صفات کیفی گوجه‌فرنگی

Table 3. Comparison of the average effect of growth promoting rhizobacteria on the Fruit quality of tomato

Treatment	Total yeild (Kg/m^2)	Economic yeild (Kg/m^2)	Non-economic yeild (Kg/m^2)	The number of total fruits	Average weight of fruit	Fruit dry matter (%)	Lycopne (mg/kg)	Vitamin C (mg/100gFwt)	Total acid ($meq.g^{-1}$)	Fruit Potassium (mg/g Dwt)
T_1	15.36a	12.76a	2.6bc	51.42b	46.83	11.60a	35.26ab	14.28a	5.09a	4.7a
T_2	10.51b	6.31b	4.2a	66.67a	42.33	10.12d	35.39ab	11.22c	3.34d	4.01bcd
T_3	10.55b	7.25b	3.3b	40.81cd	43.83	10.82bc	25.43c	11.04c	4.04bcd	3.63cde
T_4	9.16bc	5.66bc	3.5b	36.29cd	48.50	10.26d	36.62ab	14.46a	4.69ab	4.18b
T_5	8.52c	4.34c	4.18a	45.06bc	47.83	10.43cd	38.58a	13.56ab	5.04a	3.92bcd
T_6	10.83b	7.83b	3b	31.80d	38.50	11.10b	23.54cd	13.02b	3.54cd	3.61de
T_7	8.22c	5.32c	2.9b	45.20bc	47.33	10.46cd	39.46a	11.04c	4.05bcd	4.41bc
T_8	7.52c	3.12c	4.4a	35.73cd	41.66	9.46e	21.3d	9.78d	3.73cd	3.33e
T_9	10.46b	6.76b	3.7b	41.14cd	43.50	11.18b	33.44b	10.68cd	4.26bc	3.86bcd

حروف مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون دانکن ($p\leq۰/۰۵$) است.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p\leq0.05$ according to the Duncan`s test.

نتیجه‌گیری

با نگاهی به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، اثربخشی مثبت تیمار تلفیقی و منفرد باکتری‌های محرک رشد مشخص می‌شود. بالاترین میزان عملکرد، میزان پتاسیم میوه، اسیدیته، درصد ماده خشک میوه در تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم به‌ترتیب با مقادیر ۱۵/۳۶۲kg/m^2 و۴/۷ mg/g و ۵/۰۹ meq.g^{-1} و ۱۱/۶۰ و بالاترین میزان ویتامین ث در تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات (۱۴/۴۶ mg/100g Fwt) و بالاترین میزان لیکوپن در تیمار تلفیقی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن (۳۹/۴۶ mg/kg) به‌دست آمد. اثربخشی تیمار باکتری‌های آزادکننده پتاسیم در افزایش عملکرد محصول را می‌توان بهترین جنبه در ارزیابی باکتری‌های فوق دانست، زیرا هدف نهایی استفاده از محصولات زیستی، بهبود تغذیه گیاه و افزایش عملکرد آن در کنار کمک به حفظ جنبه‌های زیست‌محیطی است؛ بنابراین کودهای زیستی می‌توانند جایگزین مناسبی برای بخشی از مصرف کودهای شیمیایی در تولید سبزیجات باشند که بهبود تغذیه گیاه و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و اقتصادی را به‌دنبال خواهد داشت.

REFERENCES

1. Al-Karaki, G. N. (2000). Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 23(3), 369-379.
2. Almeslemani, M., Pant, R. & Singh, B. (2009). Potassium level and physiologyical response and fruit quality in hydroponically grown tomato. *International Journal of Vegetable Science*, 16, 86-95.
3. Amjad, M., Akhtar, J., Anwar-ul-haq, M., Iimran, S. & Jacobsen, S. (2014). Soil and foliar application of potassium enhances fruit yield and quality of tomato under salinity. *Turkish Journal of Biology*, 38, 208-218
4. Ananthi, S., Veeraragavathatham, D. & Srinivasan, K. (2004). Influence of sources and levels of potassium on quality attributes of chilli (*Capsicum annuum* L.). *South Indian Horticulture*, 52 (1-6), 152-157.
5. A.O.A.C. (1980). Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C. USA.
6. Aslantaş, R., Çakmakçi, R. & Sahin. F. (2007). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111, 371-377.
7. Badr, M. A. (2006). Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. *Journal of Applied Sciences Research*, 2, 1191-1198.
8. Bagal, S. D., Shaikh, G. A. & Adsule, R. N. (1989). Influence of different levels of N. P and K fertilizers on the protein, sscorbic acid, sugers and mineral contents. Journal of Maharashtra. *Journal of Maharashtra agricultural universities*, 14(2), 153-155.
9. Bano, A. (2008). Altitudinal variation in Azospirillum species collected from the rhizosphere and roots of (*Zea mays* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 5, 1051-1053.
10. Bar, J., White, V., Chen, L., Bae, H. & Rodemel, S. R. (2003). The GHOST terminal axidase is required for carotrnoied biosynthesis, plastid biogenesis, and tissue morphogenesis during tomato fruit ripening. *Plant, Cell & Environment*, 27, 1-13.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K. & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, 13, 66.
12. Bryson, G. M. & Barker, A. V. (2002). Determination of optimal fertilizer concentration range for tomatoes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 759-777.
13. Chakraborty, U., Chakraborty, B. & 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.
14. Chapagain, B. P. & Wiesman, Z. (2004). Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae*, 99, 279-288.
15. Davies, J. N. & Winsor, G. W. (1967). Efecct of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and liming on the composition of tomato fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 18, 459-466.
16. De Pascale, S., Tamburrino, R., Maggio, A., Barbieri, G., Fogliano, V. & Pernice, R. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the nutritional value of organically and conventionally grown tomatoes. *Acta Horticulturae*, 700, 107-110.
17. Dinesh, K. M. (2011). Maheshwari, Dinesh K. (Ed.). *Bacteria in Agrobiology: Crop Ecosystems*. (pp: 189-236). Springer Science.
18. Dorais, M., Papadopulos, A. P. & Gosselin, A. (2001). Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*, 21, 367-383.
19. Economakis, C. & Daskalaki, A. (2003). Effect of potassium nutrition on yield and quality of tomato plants grown with nutrient film technique under sodium chloride saline conditions. *Acta Horticulturae*, 609, 337-339.
20. Egamberberdiyeva, D. & 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.
21. Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Rouphael, Y., Azzini, E. & 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.
22. Fawzy, Z. F., Behairy, A. G. & Shehata, S. A. (2005). Effect of potassium fertilizer on growth and yield of sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 2(2), 599-610.
23. Fawzy, Z. F., El-Nemr, M. A. & Saleh, S. A. (2007). Influence of levels and methods of potassium fertilizer application on growth and yield of eggplant. *Journal of applied sciences Research*, 3(1), 42-49.
24. Fish, W. W., Perkins-Veazie, P. & Collins, J. K. J. (2002). Tomato lycopene measuring by butylate hydroxyl toluene. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 309-317.
25. Flores, F. B., Sanchez-Bel, P., Estan, M. T., Martinez-Rodriguez, M. M., Moyano, E., Morales, B., Compos, J. F., Garcia-Abellan, J. O., Egea, I., Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F. & Bolarin, M. C. C. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125, 211-217.
26. George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S. & Kapoor, H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84, 45-51.
27. Glick, B. R. (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Hindawi Publishing Corporation*, Scientifica.
28. Gruda, N. (2005). Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Review in Plant Science*, 24, 227-274.
29. Gupta, C. R. & Sengar, S. S. (2000). Response of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) to nitrogen and potassium fertilization in acidic soil of Bastar. *Journal of Vegetation Science*, 27(1), 94-95.
30. Haby, V. A., Russelle, M. D. & Skogley, E. O. (1990). In: S. H. Mickelson (ed). *Testing soils for potassium, calcium and magnesium*. (p. 181-227). Madison. WI., USA.
31. Hameedaa, B., Harinib, G. O., Rupelab, P., Wanib, S. P. & Reddya, G. (2008). Growth promotion of maize by phosphate solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna, *Microbiological Research*, 163, 234-242.
32. Han, H. S., Supanjani, K. & Lee, D. (2006). Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*, 52, 130-136.
33. Hartz, T. K., Miyao, E. M., Mullen, R. J. & Cahn, M. D. (2000). Potassium fertilization effects on processing tomato yield and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 542(3), 127-133.
34. Heinrichs, D. E., Rahn, A., Dale, S. E. & Sebulsky, M. T. (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.

www.SID.ir

Archive of SID

35. Imas, P. & Bansal, S. K. (1999). Potassium and integrated nutrient management in potato. In: *Presented at the global conference on potato*, 6-11 December, New Delhi, India.
36. Kanai, S., Ohkura, K., Adu-Gyamfi, J. J., Mohapatra, P. K., Nguyen, N. T., Saneoka, H. & Fujita, K. (2007). Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. *Journal of Experimental Botany*, 58, 2917-2928.
37. Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., Rahemi, M. & Rajaee, S. (2007). Salinity supplementary calcium and potassium effect on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 2(5), 539-544.
38. Kloepper, J. W., Reddy, M. S., Rodríguez-Kabana, R., Kenney, D. S., Kokalis-Burelle, N., Martinez-Ochoa, N. & Vavrina, C. S. (2004). Application for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. *Acta Horticulturae*, 631, 217-229.
39. Kobryń, J. & Hallmann, E. (2004). The effect of nitrogen fertilization on the three tomato types cultivated on rockwool. *Acta Horticulturae*, 691, 341-348.
40. Lester, G. E., Jifon, J. L. & Makus, D. J. (2006). Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. *Horticultural Science*, 41(3), 741-744
41. Mena-Violante, H. G., Ocampo-Jimenez, O., Dendooven, L., Martinez-Soto, G., Gonzalez-Castafieda, J., Davies, Jr. & Olalde-Portugal, V. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L. cv *San Luis*) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*, 16, 261-267.
42. Nehra, V. & Choudhary, M. (2015). A review on plant growth promoting rhizobacteria acting as bioinoculants and their biological approach towards the production of sustainable agriculture. *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), 540-556.
43. Ordookhani, K., Khavazi, K., Moezzi, A. & Rejali, F. (2010). Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (10), 1108-16.
44. Oskooei, A. R., Ali-Asgharzadeh, P. & Baghban, S. (2005). Influence of mycorrhizal fungi on yield and concentration of vitamin C of tomato in different levels of phosphorous. *Journal of Agricultural and Natural Resources Sciences*, 82, 849-857. (in Farsi)
45. Perkins-veazie, P. & Roberts, W. (2002). Can potassium application affect the mineral and antioxidant content of horticultural crops?. In: Proceedings of *the Symposium on Fertilizing Crops for Functional Food*. p.2/1-2/6.
46. Puente, M. & Bashan, Y. (2004). Microbial population and activity in the rhizoplan of rock-weathering desert plants, Growth promotion of cactus sedling. *Plant Biology*, 6, 643-650.
47. Rongchang, L. & Feniting, L. (1995). *International training course on biological fertilizer*. Bodenk, boading cgina. Pp: 11- 68.
48. Rubio, J. S., Garcia-Sanchez, F., Flores, P., Navarro, J. M. & Martinez, V. (2010). Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization with Ca^{2+} and K^{+}. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1), 170-177.
49. Sahin, F., Kotan, R., Demirci, E. & Miller, S. A. (2000). Domates ve biber bakteriyel leke hastaligi ile biyolojik savasta actigard ve bazi antagonistlerin etkinligi. *Ataturk Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi*, 31, 11-16.
50. Sheng, X. F., Zhao, F., He, L. Y., Qiu, G. & Chen, L. (2008). Isolation and characterization of silicate mineral solubilizing Bacillus globisporus Q12 from the surfacees of weathered feldspar. *Canadian Journal of Microbiology*, 54, 1064-1068.
51. Sugumaran, P. & Janarthanam, B. (2007). Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. *World Journal of Agricultural Science*, 3, 350-355.
52. Szczerba, M. W., Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2008). K^{+} transport in plants: *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 166, 447-466.
53. Tabatabaei, S. J. (2009). *Principles of Mineral Nutrition of Plants*. Kharazmi Press. (in Farsi)
54. Taber, H. G. (2006). Potassium application and leaf sufficiency level for fresh-market tomatoes on a Midwestern United States fine-textured soil. *HortTechnology*, 16, 247-252.
55. Toor, R. K. & Savage, G. P. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 38, 487-494.
56. Trudel, M. J. & Ozbun, J. L. (1971). Influence of potassium on carotenoid content fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96, 763-765.
57. Vessy, K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. *Plant and Soil*, 255, 571-586.
58. Willumsen, J., Petersen, K. & Kaack, K. (1996). Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *HortScience*, 71(1), 81-98.
59. Wuzhong, N. (2002). Yield and Quality of Fruits of Solanaceous Crops as Affected by Potassium Fertilization. *Better Crops International*, 16(1), 6-8.

www.SID.ir

Archive of SID

60. Yurtseven, E., Kesmez, G. D. & 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.
61. Zhao, D., Oosterhuis, D. M. & Bednarz, C. W. (2001). Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultra-structure of cotton plants. *International Journal for Photosynthesis Research*, 39, 103-109.

www.SID.ir