

اثر کودهای بیولوژیک بایوفرام و پروبیوتیک بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی

سکینه کرامت^۱، بهروز اسماعیل پور^{۱*}، مهدی بهنامیان^۱، حسن ملکی لجایر^۲، مرتضی شیخ علیپور^۱ و
عقیل فولادی گرجان^۱

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر دو رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای در شهرستان نیر اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کودهای بیولوژیک پروبیو ۹۶ (حاوی باکتری‌های *تیوباسیلوس*) و بایوفارم (حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم*) در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد روی دو رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی مینگ و هوآنگ جن‌جو بودند که پس از انتقال نشاء و در ۴ مرحله به صورت کود-آبیاری و خیس کردن خاک استفاده شدند. نتایج نشان داد که ترکیبات تیماری رقم مینگ در غلظت ۰/۵ و یا ۱ درصد بایوفارم بدون اختلاف معنی‌دار با غلظت ۱/۵ درصد پروبیو، بیشترین عملکرد را موجب شدند. غلظت کلروفیل a و کل در رقم مینگ با مصرف بایوفارم ۰/۵ درصد بیشترین مقدار را داشت. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل در ترکیب تیماری کاربرد کود بیولوژیک بایوفارم با غلظت ۱ درصد و رقم مینگ مشاهده شد، در حالی که کم‌ترین آن متعلق به تیمار کودی پروبیو با غلظت ۱/۵ درصد در رقم هوآنگ جن‌جو بود. بیشترین غلظت لیکوپن و ویتامین ث از کاربرد پروبیو با غلظت ۱/۵ درصد به دست آمد، در حالی که بیشترین غلظت فنل متعلق به استفاده از بایوفارم با غلظت ۱/۵ درصد و پروبیو با غلظت یک درصد بود. در این آزمایش رقم مینگ در اکثر صفات به ویژه ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک نسبت به رقم هوآنگ جن‌جو برتر بود. با افزایش غلظت تیمارهای کودی به ویژه کود بیولوژیک بایوفارم، وضعیت کمی و کیفی گوجه‌فرنگی گیلاسی بهبود معنی‌داری یافت، به گونه‌ای که امکان جایگزینی کودهای شیمیایی با این کودهای زیستی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بایوفارم، پروبیوتیک، فنل، کلروفیل، لیکوپن

مقدمه

آنتی‌اکسیدان‌تی به شمار رفته و دارای مقدار قابل توجهی لیکوپن، اسید آسکوربیک، ویتامین‌های A، C و سایر ترکیبات غذایی مفید در سلامت انسان است (۹). گوجه‌فرنگی پس از

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* Mill.) از مهم‌ترین محصولات باغی در جهان است که منبع مهمی برای ترکیبات

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behsmaiel@yahoo.com

میزان خود بودند، درحالی که بیشترین میزان قند میوه در تیمار تلقیح شده با *آزوسپریلیوم هالوپرفرنس* مشاهده شد. شیخ علیپور و همکاران (۳۵) با کاربرد چهار سویه باکتری‌های محرک رشد *سودوموناس* در گوجه‌فرنگی دریافتند که تلقیح باکتری اثر معنی‌دار و مثبت بر تعداد میوه، عملکرد میوه و میزان ویتامین ث میوه داشت. در بررسی مکاریان و شهقلی (۲۶) کاربرد کودهای آلی و زیستی باعث افزایش معنی‌دار صفات رویشی و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی شد. کاربرد کودهای زیستی *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *باسیلوس* و *سودوموناس* در ترکیب با یکدیگر و قارچ میکوریزا به‌طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی را بهبود بخشید (۲۸). نظر به اهمیت سلامت و مصرف زیاد گوجه‌فرنگی در برنامه‌های غذایی خانوارها در کشور، توجه به بهبود کیفیت و بازاریابندی آن را ضروری می‌نماید. در این راستا این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر رشد، فیزیولوژی، عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی گیلاسی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار شامل یک گلدان در شرایط گلخانه‌ای در شهرستان نیر واقع در استان اردبیل با میانگین دمایی ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد دو نوع کود بیولوژیک پروبیوتیک ۹۶ (حاوی باکتری‌های *تیوباسیلوس*) و *بایوفارم* (حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر*، *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم*) در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد روی دو رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی مینگ و هوآنگ جن جو بود. بذور گوجه‌فرنگی گیلاسی از مؤسسه گل و گیاه و آکادمی علوم کشاورزی چین تهیه شده بودند و کودهای بیولوژیک از شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت‌گرا واقع در استان البرز تهیه شد. بذر ارقام گوجه‌فرنگی گیلاسی در عمق یک سانتی‌متری سینی نشاء کشت شدند. نشاءها در مرحله ۴-۳ برگی به گلدان‌هایی با اندازه‌های ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر مربع

سیب‌زمینی دومین سبزی پرمصرف در جهان بوده (۱۲) و این امر موجب شده است که راهبردهای زیادی برای افزایش کیفیت این محصول صورت گیرد (۱۶). در ده سال اخیر مساحت زیر کشت این محصول ۲۵ درصد و میزان تولید آن ۴۰ درصد افزایش یافته است (۱۴).

امروزه کاهش مصرف کودهای شیمیایی، به‌عنوان یک اصل مهم در کشاورزی در تغییر راهبرد برنامه‌های تغذیه‌ای گیاهان مورد توجه ویژه قرار گرفته است (۲۰). به‌کارگیری کودهای بیولوژیک از جمله باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل توانایی تأمین عناصر مغذی گیاه، و کاهش آلودگی زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی (۲۷) به‌عنوان یکی از ابزارهای مهم در مدیریت تغذیه گیاهان برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج یافته است (۲۲). ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، گروهی از باکتری‌های موجود در سطح ریشه هستند که به‌طور مستقیم با مشارکت در تسهیل دستیابی به عناصر ضروری (و افزایش فراهمی فسفر، جذب نیتروژن و سایر عناصر ضروری) و یا از طریق تولید و تعدیل هورمون‌های گیاهی از جمله ایندول-۳-استیک اسید، جیبرلیک اسید، سیتوکینین‌ها و اتیلن (۱۵)، یا به‌طور غیرمستقیم با کاهش آثار بازدارندگی پاتوژن‌های مختلف بر رشد و نمو گیاه کمک می‌کنند (۱۸). این باکتری‌ها منابع اصلی تولید تعداد زیادی از متابولیت‌های میکروبی هستند (۲۱) و به‌دلیل دارا بودن صفات محرک رشدی گفته‌شده (تولید ایندول استیک اسید، آنزیم ACC-deaminase و سیدورفور، توانایی زیاد در حل‌کنندگی فسفات‌های معدنی نامحلول) با افزایش جذب آب و کارایی عناصر غذایی موجب بهبود کمی و کیفی عملکرد گیاه می‌شوند (۳).

سلطانی طولارود و همکاران (۳۶) در پژوهشی روی گیاه گوجه‌فرنگی گزارش کردند که بیشترین میزان عملکرد و غلظت کلروفیل a در گیاهان مایه‌زنی شده با باکتری *سودوموناس فلورسنس* مشاهده شد. همچنین میزان کلروفیل b، اسیدیته میوه و سفتی بافت میوه در تیمارهای تلقیح شده با *سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس پوتیدا* ۱۶۸ در بیشینه

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in experiment.

ویژگی	پتاسیم قابل دسترس	فسفر قابل دسترس	pH	شوری	سیلت	شن	رس	بافت خاک
Property	Available potassium (ppm)	Available phosphorous (ppm)		Salinity (dS m ⁻¹)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	Soil texture
مقدار	359	5.08	7.75	1.08	46	40	14	لوم
Quantity								Loam

به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس عصاره رقیق شده با سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال تیترا شد. هنگامی که pH محلول به ۸/۲-۸/۱ رسید، عمل تیتراسیون متوقف شده و میزان سود مصرفی ثبت شد. درصد اسیدیته با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۱۶):

$$[۴] \quad (\text{وزن نمونه بر حسب گرم}) / [۱۰۰ \times ۶۴] \times \text{نرمالیت سود} \times \text{میلی لیتر سود مصرفی} = \text{درصد اسیدیته}$$

برای اندازه‌گیری مواد جامد قابل حل (TSS) از عصاره میوه‌ها استفاده شد. بدین منظور دو قطره از عصاره صاف شده روی شیشه رفراکتومتر دستی قرار گرفت و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در برابر نور قرائت شد. سپس عدد قرائت شده برای هر نمونه تهیه شده نماینده میانگین مواد جامد قابل حل کل در میوه‌های آن واحد آزمایشی به شمار می‌رفت و داده‌ها بر حسب درجه بریکس یادداشت شد (۱۱).

برای تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل به ۰/۵ گرم از بافت میوه پودر و له شده با نیتروژن مایع، ۴ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد افزوده شد. بافت میوه به همراه متانول با دور ۹۵۰۰ در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به ۳۴۰۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ میلی مولار افزوده شد. مخلوط به دست آمده پس از افزودن DPPH در دمای اتاق در تاریکی به مدت یک ساعت نگهداری شدند. نمونه کنترل شامل محلول DPPH و متانول و از متانول خالص به عنوان بلانک استفاده شد. بر پایه روش یاد شده توسط فاطمی و همکاران (۱۵)، فعالیت خشی‌کنندگی محلول رادیکال DPPH توسط عصاره که معیاری از میزان فعالیت آنتی‌رادیکالی عصاره است، بنا بر رابطه (۵) محاسبه شد:

حاوی یک سوم حجمی از خاک، ماسه و کود دامی انتقال یافتند. کوددهی با کودهای بیولوژیک ۱۰ روز پس از انتقال نشاء به صورت کود-آبیاری و خیس کردن خاک و گیاه شروع شده و با فواصل ۲۰ روز در ۴ نوبت انجام شد. ویژگی‌های محیط کشت شامل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در جدول (۱) آورده شده است.

در طی دوره رشد گیاه مراقبت‌های زراعی مانند آبیاری منظم، هرس و وجین علف‌های هرز انجام گرفت. زمانی که نشاءها به ارتفاع ۵۰-۴۵ سانتی متر رسیدند روی داربست هدایت شدند.

برای اندازه‌گیری صفات رویشی و زایشی پس از رسیدن میوه‌ها، تعداد برگ و میوه شمارش شد. برای تعیین عملکرد میوه، وزن میوه‌های هر گلدان توزین شد. کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ در ۱۰ میلی لیتر استون حل شد، محلول در ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شد و پس از جمع‌آوری محلول رویی، جذب نوری در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲ نانومتر قرائت شد و با روابط زیر کلروفیل (Chl a)، کلروفیل (Chl b) و کلروفیل کل (Chl T) محاسبه شد (۷):

$$[۱] \quad \text{Chl a} = (12.25)(A_{663.2}) - (2.798)(A_{646.8})$$

$$[۲] \quad \text{Chl b} = (21.24)(A_{646.8}) - (5.1)(A_{663.2})$$

$$[۳] \quad \text{Chl T} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

که در آن $A_{663.2}$ و $A_{646.8}$ به ترتیب مقادیر عدد جذب در طول موج‌های ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ هستند. برای اندازه‌گیری میزان اسیدیته قابل تیتراسیون ابتدا ۵ میلی لیتر از آب میوه با آب مقطر

کاغذ صافی به درون بالن ژوژه عبور داده شد تا صاف شود. سپس این محلول با آب مقطر به حجم رسانده شد.

برای اندازه‌گیری فسفر از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد، برای این منظور ۵ میلی‌لیتر از محلول خاکستر میوه را به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر منتقل کرده و سپس ۲۵ میلی‌لیتر واکنش‌گر وانادات-مولیبدات افزوده و به حجم رسانده شد. پس از مخلوط کردن کامل به مدت ۱۰ دقیقه به حال خود رها کرده، سپس شدت جذب محلول در طول موج ۴۲۰ نانومتر در برابر محلول بلانک اندازه‌گیری شد. از روی شدت جذب، غلظت به دست آمده و با توجه به گرم نمونه محلول نتیجه نهایی محاسبه شد.

اندازه‌گیری کلسیم به شیوه تیتراسیون با پرمنگنات پتاسیم انجام شد. برای این کار ۲۰ میلی‌لیتر از محلول خاکستر را به بشر منتقل کرده و حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و دو قطره معرف متیل رد افزوده شد. سپس با استفاده از pH متر و محلول هیدروکسید آمونیوم pH محلول به حدود ۵/۶ الی ۷ رسانده شد. در این مرحله رنگ محلول زرد می‌شود، سپس توسط اسید کلریدریک pH را به حدود ۳ رسانده شد و توسط محلول تیترازول پرمنگنات پتاسیم ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ صورتی تیتراژ شد (۴۲).

برای تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9/1 استفاده شد و میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شده و نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر محلول‌پاشی کود بیولوژیک بر تعداد برگ گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ (۵۵/۸) مربوط به کاربرد بایوفارم در غلظت ۱ درصد بود و کم‌ترین تعداد برگ (۴۲/۰) در تیمار شاهد به دست آمد که با

(جذب کنترل-جذب نمونه اصلی) = ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

$$[5] \quad \text{جذب کنترل} / 100 \times$$

برای اندازه‌گیری ویتامین ث عصاره میوه از روش تیتراسیون با (N-bromosuccinamide (NBS) محلول آن-بروموسوکسینامید استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر عصاره میوه، به همراه ۵ میلی‌لیتر محلول پایدارکننده اسید ترکلرواستیک و ۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۴ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱ درصد به وسیله محلول NBS با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر تا رسیدن به رنگ آبی تیتراژ شد و ویتامین ث عصاره برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد (۴۱).

برای تعیین لیکوپن، مقدار ۰/۶ گرم از بافت میوه در فالکن ۴۰ میلی‌لیتری حاوی ۵ میلی‌لیتر بوتیلید هیدروکسی تولوئن افزوده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول و ۱۰ میلی‌لیتر هگزان نیز به آن افزوده شد. نمونه‌ها ۱۵ دقیقه درون یخ با ۱۸۰ دور در دقیقه تکان داده شد، سپس ۳ میلی‌لیتر آب دیونیزه افزوده شد و ۵ دقیقه دیگر نیز تکان داده شد. نمونه‌ها به مدت پنج دقیقه در دمای اتاق نگهداری شده و میزان جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان لیکوپن به صورت میکروگرم بر گرم وزن میوه و از طریق معادله (۶) محاسبه شد (۲۹):

$$\text{Lycopene: } \frac{A \times 537 \times 20}{0.6 \times 172} =$$

$$[6] \quad \frac{\text{حجم محلول} \times \text{جذب در } 537}{\text{ضریب خاموشی لیکوپن در هگزان} \times \text{وزن نمونه}}$$

برای اندازه‌گیری عناصر غذایی موجود در میوه گوجه‌فرنگی ابتدا میوه‌های برش خورده به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سلسیوس خشک شده و سپس آسیاب شدند. برای تجزیه میوه یک گرم از آن را در بوتله چینی قرار داده و به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از سرد شدن روی هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال ریخته و روی هیتر در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از چند لحظه که محلول به رنگ لیمویی در آمد از روی هیتر برداشته شد، این محلول از قیف و

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر رقم و کودهای بیولوژیک بر عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک گوجه‌فرنگی گیلاسی.

Table 2. Analysis of variance of cultivar and biofertilizers effects on yield and physiological characteristics of cherry tomato.

ضریب تغییرات CV (%)	اشتباه Error	B × C	کود زیستی Biofertilizer (B)	رقم Cultivar (C)	منابع تغییرات Source of variation
	28	6	6	1	df
16.1	0.63	0.28 ^{ns}	1.47*	1.17 ^{ns}	وزن خشک گیاه Plant dry weight
13.9	47.14	54.85 ^{ns}	117.5*	20.02 ^{ns}	تعداد برگ Leaf number
13.2	20.47	26.42 ^{ns}	47.52 ^{ns}	2883.4**	تعداد میوه Fruit number
12.6	341.3	1845.6*	4620.6**	239164.4**	عملکرد میوه Fruit yield
29.5	0.6	2.39*	1.65*	64.48**	کلروفیل a کلروفیل A Chlorophyll a
14.1	0.05	0.12 ^{ns}	0.11 ^{ns}	8.64**	کلروفیل b کلروفیل B Chlorophyll b
23.1	1.4	4.89*	3.76*	223.9**	کلروفیل کل Total chlorophyll
29.3	0.01	0.01 ^{ns}	0.11**	0.13*	لیکوپن Lycopene
9.4	0.01	0.008 ^{ns}	0.065**	0.002 ^{ns}	ویتامین ث Vitamin C
18.9	135.9	459.6*	253.1 ^{ns}	126.5 ^{ns}	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity
17.9	0.89	5.39**	11.56**	0.4 ^{ns}	فسفر میوه Phosphorus of fruit
15.0	0.93	7.32**	14.89**	0.74 ^{ns}	کلسیم میوه Calcium of fruit
10.1	2.28	30.82**	15.49**	35.73*	پتاسیم میوه Potassium of fruit

ns, * و ** به ترتیب بیانگر اثر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, *, ** represent non-significant and significant effect at 5 and 1% probability levels, respectively.

برهم‌کنش رقم و کود بیولوژیک بر شاخص‌های فیزیولوژیک کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). درباره کلروفیل b تنها اثر رقم معنی‌دار بود. براساس مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین غلظت کلروفیل a (۵/۱۸ میلی‌گرم در گرم) با کاربرد ۵/۵ درصد بایوفارم در رقم مینگ مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل نیز در رقم مینگ تیمار شده با بایوفارم ۵/۵ درصد مشاهده شد (جدول ۲). در مورد کلروفیل b، رقم مینگ با اختلاف معنی‌دار نسبت به رقم هوانگ جن جو به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت (۰/۹ و ۰/۷۸ میلی‌گرم در گرم) را دارا بود. از نظر کلروفیل کل نیز کاربرد ۵/۵ درصد بایوفارم در رقم مینگ بیش‌ترین غلظت (۸/۰۹ میلی‌گرم بر گرم) را موجب شد. با وجود اینکه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ولی در رقم هوانگ جن جو

تیمار ۵/۵ درصد پروبیوتیک معنی‌دار نداشت. مصرف غلظت-های ۱ و ۵/۵ درصد کود بیولوژیک پروبیوتیک نیز نسبت به شاهد نتیجه بهتری نشان داد (جدول ۳). در بررسی مکاربان و شهقلی (۲۶) کاربرد کودهای آلی و زیستی باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ گوجه‌فرنگی شد. علت افزایش در سطح برگ گیاهان مختلف تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد به توانایی این باکتری‌ها در تولید هورمون اکسین نسبت داده می‌شود (۲۲). علاوه بر این غلامی و همکاران (۱۷) گزارش کردند که سطح برگ بیش‌تر در گیاهان تلقیح شده با باکتری محرک رشد را با افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه مرتبط دانستند.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

مشابه نتایج تجزیه واریانس، اثر رقم و کاربرد کود بیولوژیک و

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر برخی صفات گوجه‌فرنگی گیلاسی.

Table 3. Mean comparisons of the effect of biofertilizer foliar spraying on some traits of cherry tomato.

ویتامین C (درصد) Vitamin C (%)	لیکوپن (میکروگرم بر گرم) Lycopene ($\mu\text{g g}^{-1}$)	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	غلظت کود زیستی Biofertilizer concentration
1.04 ^c	0.13 ^c	42 ^c	شاهد Control
1.08 ^c	0.32 ^b	51.8 ^{ab}	بایوفارم ۰/۵ درصد Biofarm 0.5%
1.12 ^{bc}	0.44 ^{ab}	55.8 ^a	بایوفارم ۱ درصد Biofarm 1%
1.14 ^{bc}	0.48 ^{ab}	48.3 ^{bc}	بایوفارم ۱/۵ درصد Biofarm 1.5%
1.14 ^{bc}	0.39 ^b	46.3 ^{bc}	پروبیوتیک ۰/۵ درصد Probiotic 0.5%
1.27 ^{ab}	0.48 ^{ab}	50.5 ^{abc}	پروبیوتیک ۱ درصد Probiotic 1%
1.34 ^a	0.72 ^a	51.3 ^{ab}	پروبیوتیک ۱/۵ درصد Probiotic 1.5%

حروف مشابه در هر ستون به مفهوم غیرمعنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

In each column, means with similar letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

بهبود فتوسنتز گیاه می‌شود (۴۰). همچنین سلطانی طولارود و همکاران (۳۶) نیز گزارش کردند کاربرد باکتری سودوموناس فلورسنس باعث افزایش غلظت کلروفیل a و b در گوجه‌فرنگی می‌شود.

تعداد میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر تعداد میوه گوجه‌فرنگی به لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که بیش‌ترین تعداد میوه (۴۲) از رقم مینگ به‌دست آمد، درحالی که کم‌ترین تعداد میوه (۲۵) متعلق به رقم هوآنگ جن جو بود (جدول ۵).

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم و کود بیولوژیک هر دو بر عملکرد گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر برهمکنش دو فاکتور نیز بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین آثار برهمکنش تیمارها نشان داد که ترکیب تیماری رقم مینگ با غلظت ۰/۵ درصد بایوفارم بیش‌ترین عملکرد را موجب شد (۲۵۳ گرم در گلدان)، هر چند به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با ترکیبات

پروبیوتیک ۱/۵ درصد بیش‌ترین کلروفیل را داشت که با شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد که اختلاف در میزان کلروفیل در این تیمار رقم و ژنوتیپ اثر بیش‌تری نسبت به کودها بر میزان کلروفیل داشتند. کاربرد کود بیولوژیک بجز سطح یک و ۰/۵ درصد پروبیو نتوانست اثر معنی‌دار در مقایسه با شاهد بر کلروفیل کل در رقم هوآنگ جن جو داشته باشد (جدول ۴). پژوهش‌های مختلفی در زمینه اثر کودها و ژنوتیپ بر کلروفیل برگ انجام شده است. آبو-آلی و گوما (۱) اظهار داشتند که کودهای زیستی محتوای عناصر غذایی و غلظت کلروفیل برگ را نسبت به حالت شاهد افزایش می‌دهند. لیو و همکاران (۲۵) بیان داشتند که کودهای حاوی باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل توانایی در جذب آهن می‌توانند در افزایش محتوی کلروفیل گیاه مؤثر باشند. پراشان و همکاران (۳۲) بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد گیاه قادر به تولید سیدروفور در پاسخ به کمبود عنصر آهن، برای جذب بهتر است. همچنین اثر باکتری بر توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان به‌عنوان عاملی در توانایی باکتری در افزایش جذب آهن است. کاربرد باکتری‌های محرک رشد با تحریک ترشح هورمون‌های رشد ایندول استیک اسید و سیتوکینین باعث افزایش تقسیم سلولی و توسعه ریشه شده و با افزایش محتوی کلروفیل، باعث

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش رقم و کاربرد کودهای بیولوژیک بر برخی صفات گوجه‌فرنگی گیلاسی.

Table 4. Mean comparisons of the interactive effect of cultivar and foliar spraying of biofertilizers on some traits of cherry tomato.

پتاسیم میوه Fruit potassium	کلسیم میوه Fruit calcium (mg kg ⁻¹)	فسفر میوه Phosphorus fruit	ظرفیت آنتی-اکسیدانی Antioxidant activity (%)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ fresh weight)	کلروفیل آ Chlorophyll a	عملکرد (گرم در گلدان) Yield (g pot ⁻¹)	Biofertilizer کود زیستی	Cultivar رقم
15.2 ^f	5.8 ^j	3.5 ^g	14.02 ^{cd}	1.24 ^d	0.75 ^d	48.24 ^e	شاهد Control	
16.5 ^e	7 ^g	4.3 ^e	15.05 ^{bcd}	1.12 ^d	0.81 ^d	57.25 ^{de}	بایوفارم ۰/۵ درصد Biofarm 0.5%	
17.4 ^c	7.2 ^f	5.1 ^{cd}	23.54 ^{abc}	1.97 ^d	1.12 ^{cd}	59.42 ^{de}	بایوفارم ۱ درصد Biofarm 1%	
17.8 ^b	7.5 ^e	6.6 ^{ab}	16.32 ^{cd}	1.85 ^d	1.21 ^{cd}	61.02 ^d	بایوفارم ۱/۵ درصد Biofarm 1.5%	Huang-jen-jou هوانگ جن جو
16.2 ^e	8.7 ^a	4.3 ^e	26.32 ^{bc}	1.31 ^d	1.01 ^d	58.21 ^{de}	پروبیوتیک ۰/۵ درصد Probiotic 0.5%	
16.6 ^d	8.6 ^{ab}	5 ^{cd}	16.08 ^{cd}	1.83 ^d	۱/۲۴ ^{de}	60.45 ^d	پروبیوتیک ۱ درصد Probiotic 1%	
17.2 ^c	8.1 ^d	6.5 ^b	10.1 ^d	4.86 ^c	3.01 ^b	62.14 ^d	پروبیوتیک ۱/۵ درصد Probiotic 1.5%	
15.8 ^f	6 ⁱ	3.8 ^f	10.24 ^{cd}	7.12 ^{ab}	4.09 ^{ab}	140.25 ^c	شاهد Control	
16.9 ^d	6.8 ^h	4.5 ^{de}	32.58 ^{abc}	8.09 ^a	5.18 ^a	253.54 ^a	بایوفارم ۰/۵ درصد Biofarm 0.5%	
18.1 ^{ab}	7.4 ^e	5.4 ^c	40.54 ^a	4.11 ^c	2.24 ^{cd}	249.54 ^a	بایوفارم ۱ درصد Biofarm 1%	
18.6 ^a	7.8 ^d	6.9 ^a	16.84 ^{bcd}	5.94 ^{bc}	3.11 ^{cd}	251.4 ^a	بایوفارم ۱/۵ درصد Biofarm 1.5%	Meeing میینگ
17.5 ^{bc}	8.6 ^{ab}	4.2 ^e	20.38 ^{bcd}	6.82 ^{bc}	4.08 ^b	208.45 ^b	پروبیوتیک ۰/۵ درصد Probiotic 0.5%	
18.4 ^a	8/8 ^a	5.3 ^c	34.84 ^{ab}	5.72 ^d	3.08 ^{cd}	203.41 ^b	پروبیوتیک ۱ درصد Probiotic 1%	
18.5 ^a	8.3 ^c	6.7 ^{ab}	37.89 ^{ab}	5.79 ^c	4.04 ^b	204.54 ^b	پروبیوتیک ۱/۵ درصد Probiotic 1.5%	

حروف مشابه در هر ستون به مفهوم غیرمعنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

In each column, means with similar letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

۴). نتایج نشان داد که عملکرد میوه رقم مینگ در مقایسه با هوانگ جن جو در کلیه ترکیبات تیماری به‌طور معنی‌دار بیشتر بود و به حدود سه برابر می‌رسید. باکتری‌های محرک رشد از طریق ترشح مواد محرک باعث بهبود رشد و نمو ریشه و در

تیماری رقم مینگ با غلظت ۱ درصد بایوفارم و ۱/۵ درصد پروبیو نداشت (جدول ۴). کم‌ترین عملکرد گوجه‌فرنگی (۴۸/۲۴ گرم در گلدان) نیز از ترکیب تیماری رقم هوانگ جن جو بدون کاربرد کود بیولوژیک (شاهد) حاصل شد (جدول

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر رقم بر صفات گوجه‌فرنگی گیلاسی.

Table 5. Mean comparisons of the effect of cultivar on some traits of cherry tomato.

Lycopene لیکوپن (میکروگرم بر گرم) ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Fruit number per plant تعداد میوه در بوته	Chlorophyll b کلروفیل ب (mg g^{-1} fresh weight)	Cultivar رقم
0.45 ^a	42 ^a	0.9 ^a	میینگ Meeing
0.35 ^b	25 ^b	0.78 ^b	هوانگ جن جو Huang jean jou

حروف متفاوت در هر ستون به مفهوم معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

In each column, means with different letters are significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

با غلظت کم و به‌ویژه عدم کاربرد داشت. در بین تیمارهای کود بیولوژیک نیز بیش‌ترین غلظت لیکوپن (۵۷۲/۰ میکروگرم بر گرم) از کاربرد پروبیو با غلظت ۱/۵ درصد به‌دست آمد، درحالی‌که کم‌ترین میزان این صفت (۱۳۵/۰ میکروگرم بر گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). لیکوپن یک کاروتنوئید با ظرفیت زیاد برای از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژنی است (۳۷). غلظت لیکوپن به ژنتیک، فاکتورهای محیطی، اثر تغذیه‌ای ریزجانداران خاک‌های زراعی، مرحله بلوغ و شرایط رشد بستگی دارد (۳۴). پژوهش‌های مختلف نشان داده است که تلقیح ریشه با ریزجانداران ریزوسفر برای بهبود پارامترهای کیفی میوه گوجه‌فرنگی مفید است (۱۰). در پژوهشی اثر مثبت کودهای حاوی باکتری‌های محرک رشد بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و سنتز لیکوپن گوجه‌فرنگی تأیید شده است (۳۰). کودهای حاوی باکتری‌های محرک رشد احتمالاً با افزایش میزان جذب عناصر غذایی باعث افزایش غلظت لیکوپن در گیاه می‌شوند. شیخ علیپور و همکاران (۳۵) گزارش کردند کاربرد باکتری‌های محرک رشد در گوجه‌فرنگی باعث افزایش جذب پتاسیم و در نتیجه افزایش میزان لیکوپن گیاه می‌شود. افزایش مقدار لیکوپن ممکن است به‌علت نقش اساسی پتاسیم در افزایش فعالیت آنزیم‌هایی باشد که تولید لیکوپن را در میوه گوجه‌فرنگی افزایش می‌دهند که این مشابه با یافته‌های هارتز و همکاران (۱۹) است.

نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌شود. عرب و همکاران (۶) تولید فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین توسط باکتری *آزوسپیریلوم* را یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح شده با باکتری *آزوسپیریلوم* عنوان کرده‌اند. امیری و همکاران (۵) گزارش کردند که کاربرد کود بیولوژیک بیوسفر به‌تنهایی و در ترکیب با نیتروکسین باعث بهبود عملکرد میوه به میزان ۱۰ و ۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. اثر مثبت و معنی‌دار کودهای بیولوژیک در بهبود عملکرد میوه گوجه‌فرنگی توسط شیخ علیپور و همکاران (۳۵) نیز گزارش شده است. نتایج این آزمایش نشان داد اگرچه کاربرد این کودها در هر دو رقم عملکرد میوه را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد، اما ویژگی‌های ژنتیکی رقم در استفاده از کود مصرفی و افزایش کارایی اهمیت زیادی دارد.

غلظت لیکوپن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار هر دو فاکتور آزمایش یعنی رقم و کود بیولوژیک بر غلظت لیکوپن میوه به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد بود (جدول ۲). مشابه مقایسه میانگین آثار اصلی فاکتورها، بیش‌ترین غلظت لیکوپن (۴۵/۰ میکروگرم بر گرم) متعلق به رقم هوانگ جن جو بود و کم‌ترین غلظت (۳۵/۰ میکروگرم بر گرم) از رقم میینگ به‌دست آمد (جدول ۵). به‌طور کلی استفاده از غلظت‌های زیاد از هر دو کود بیولوژیک اثر معنی‌دار و مثبت بر میزان لیکوپن در مقایسه

غلظت ویتامین ث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت ویتامین ث میوه داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین مشخص کرد که بیش‌ترین غلظت ویتامین ث (۱/۳۳۸ درصد) با کاربرد پروبیو در غلظت ۱/۵ درصد حاصل شد (جدول ۳). کم‌ترین میزان این صفت (۱/۰۴۰ درصد) نیز به ترتیب در تیمار شاهد و کاربرد کود بیولوژیک بایوفارم با غلظت ۰/۵ درصد به دست آمد (جدول ۳) که نسبت به تیمار برتر به ترتیب از کاهش ۲۲/۳ و ۱۸/۹ درصدی برخوردار بودند. در این آزمایش، غلظت‌های بیش‌تر از هر دو کود بیولوژیک اثر مثبت و معنی‌دار بر غلظت ویتامین ث نسبت به غلظت کم و یا عدم کاربرد کود بیولوژیک داشت. نتایج مشابهی توسط امیری و همکاران (۵) و شیخ‌علیپور و همکاران (۳۵) گزارش شده است. همچنین علیزاده اسکویی و همکاران (۴) گزارش کردند که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با جذب فسفر در فعال‌ساختن آنزیم‌هایی که برای سنتز ویتامین ث لازم و ضروری هستند، نقش اساسی دارند و با افزایش فسفر جذب شده، فعالیت این آنزیم‌ها نیز بیش‌تر شده و در نتیجه غلظت ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی افزایش یافته است. تأمین فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه باعث فعال‌سازی و ساخت آنزیم‌های دخیل در سنتز ویتامین ث می‌شود (۲۴). از آنجایی که باکتری‌های محرک رشد نقش مهمی در جذب عناصری همچون فسفر و پتاسیم دارند، بنابراین زیاد بودن ویتامین ث در تیمارهای کودی حاوی این باکتری‌ها را می‌توان به این موضوع نسبت داد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر برهم‌کنش رقم و کود بیولوژیک بر ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل (۴۰/۶ درصد) متعلق به ترکیب تیماری کاربرد کود بیولوژیک پروبیوتیک با

غلظت ۱ درصد در رقم مینگ بود (جدول ۴). کم‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل (۱۰/۴ درصد) نیز در تیمار کودی پروبیو با غلظت ۱/۵ درصد در رقم هوانگ جن جو به دست آمد، اگرچه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد و بایوفارم با غلظت ۱/۵ درصد در رقم مینگ نشان نداد (جدول ۴). بتونی و همکاران (۸) گزارش کردند کاربرد کودهای بیولوژیک و میکوریزا باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه پیاز می‌شود. احتمالاً باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی باعث تخریب الکترون‌های تولید شده فتوسنتز و کاهش آسیب اکسیداتیو می‌شود. در کل باکتری‌های محرک رشد با اثر بر جذب عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز شرایط بهتری برای گیاه فراهم کرده و موجب افزایش توان دفاعی گیاه می‌شود.

فسفر و کلسیم میوه

نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای بیولوژیک بر محتوای فسفر در میوه گوجه‌فرنگی (جدول ۲) نشان داد که اثر کود بیولوژیک و برهم‌کنش کاربرد کودهای بیولوژیک و رقم بر غلظت عنصر فسفر میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که بیش‌ترین غلظت فسفر میوه (۶/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به گیاهان تحت تیمار پروبیوتیک ۱/۵ درصد در رقم مینگ بود. کم‌ترین غلظت فسفر هم در بوته‌های تیمار شده با بایوفارم ۱ درصد در رقم هوانگ جن جو به مقدار ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۴). نتایج همچنین نشان داد که اثر کود بیولوژیک و برهم‌کنش کودهای بیولوژیک و رقم بر غلظت کلسیم میوه، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین اثر تیمارها بر میزان کلسیم میوه نیز نشان داد که گیاهان گوجه‌فرنگی رقم مینگ که با کود بیولوژیک بایوفارم ۱ درصد تیمار شده بودند دارای بیش‌ترین غلظت کلسیم میوه (۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بودند و کم‌ترین غلظت کلسیم میوه مربوط به تیمار شاهد در رقم هوانگ جن جو با مقدار ۵/۷

بیولوژیک پروبیوتیک ۱/۵ درصد دارای بیشترین غلظت عنصر پتاسیم به مقدار ۱۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و کمترین غلظت عنصر پتاسیم در گیاهان تیمار نشده در رقم هوانگ جو مین (۱۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های ژنتیکی ارقام گوجه‌فرنگی می‌تواند اثر معنی‌دار در میزان عملکرد به لحاظ کمی و کیفی داشته باشد. در این آزمایش رقم مینگ در اکثر صفات بالاخص ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک نسبت به رقم هوانگ جن‌جو برتر بود، با این حال رقم هوانگ جن‌جو از نظر میزان کاروتنوئید و لیکوپین نسبت به رقم مینگ برتر بود. با کاربرد تیمارهای کودی به ویژه کود بیولوژیک بایوفارم، وضعیت کمی و کیفی گوجه‌فرنگی گیلاسی بهبود معنی‌دار یافت، به گونه‌ای که امکان جایگزینی کودهای شیمیایی با این کودها وجود دارد.

میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. پژوهش‌های زیادی در زمینه بهبود کارایی جذب و افزایش محتوی عناصر معدنی گیاهان با کاربرد کودهای بیولوژیک انجام شده است و نشان می‌دهند که این کودها اثر به‌سزایی در افزایش جذب عناصر از خاک توسط ریشه گیاهان دارند؛ برای مثال کاربرد کودهای حاوی مایکوریزای آربوسکولار در گیاهان سیب، آلبالو و هلو باعث بهبود محتوی عناصر معدنی گیاهان شده است.

پتاسیم میوه

تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان پتاسیم میوه گوجه‌فرنگی (جدول ۲) نشان داد که اثر استفاده از کودهای بیولوژیک و اثر برهمکنش این دو فاکتور بر محتوی پتاسیم میوه در سطح احتمال ۱ درصد و اثر رقم گوجه‌فرنگی بر غلظت این عنصر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها (جدول ۴) نشان داد که گیاهان رقم مینگ تیمار شده با کود

منابع مورد استفاده

1. Abou-Aly, H.E., Gomaa A.O., 2002. Influence of combined inoculation with diazotrophs and phosphate solubilizers on growth, yield and volatile oil content of coriander plants (*Coriandrum sativum* L.). *Bull. Faculty of Agriculture of Cairo University* 53: 93–114.
2. Ahmadi, N., Fatemi, H., Esmailpour, B., Soltani-Tolarood, A., 2020. Effect of bio-priming with plant growth promoting bacteria on growth and biochemical characteristics, phenol, flavonoid, vitamin C and nitrate in lettuce (*Lactuca sativa* L.) Rabicon cultivar in different growth substrates. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 11 (2): 41–59. (in Persian with English abstract)
3. Alami Milani, M., Amini, R., Bandehagh, A., 2015. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture Science and Sustainable Production* 24(4): 15–29. (in Persian with English abstract)
4. Alizadeh Uoskoei, P., Aliasgharzad, N., Bagheban Siroos, Sh., 2006. The effect of VA mycorrhizal fungi on yield and vitamin C content of tomato under different level of phosphorous. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 12(6): 60–70. (in Persian with English abstract)
5. Amiri, M.B., Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Jahan, M., 2016. Effects of different sources of nutrition on quantitative and qualitative characteristics of *Lycopersicon esculentum* under ecological cropping system. *Journal of Horticultural Science* 29(2): 216–231. (in Persian with English abstract)
6. Arab, A., Akbari, Gh., Ali Khani, H.A., Arzanesh, M.H., Allah-Dadi, E., 2009. The evaluation of IAA-production ability in indigenous *Azospirillum* isolates and their growth promoting effects on sweet corn. *Iranian Journal of Field Crop Research* 6(2): 217–226. (in Persian with English abstract)
7. Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in beta vulgaris. *Plant Physiology* 24: 1–15.
8. Bettoni, M.M., Mogor, A.F., Pauletti, V., Goicoechea, N., 2014. Growth and metabolism of onion seedlings as affected by the application of humic substances, mycorrhizal inoculation and elevated CO₂. *Scientia Horticulturae* 180: 227–235.
9. Borguini, R.G., Turres, E.A.F.S., 2009. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Reviews International* 25: 313–325.

10. Charron, G., Furlan, V., Bernier-Cardou, M., Doyon, G., 2001. Response of onion plants to *arbuscular* mycorrhizae. 1. Effects of inoculation method and phosphorus fertilization on biomass and bulb firmness. *Mycorrhiza* 11: 187–197.
11. Dehghani Tafti, M., Esmailpour, B., Chamani, S., Fathi Achacheloei, B., 2017. Effect of different rates of spent mushroom compost and rootstock type on growth and yield of greenhouse tomato cv. Synda. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 8(2): 119–132. (in Persian with English abstract)
12. Dorais, M., Ehret, D.L., Papadopoulos, A.P., 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews* 7: 231–250.
13. 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.
14. Fan, M., Bie, Z., Krumbein, A., Schwarz, D., 2011. Salinity stress in tomatoes can be alleviated by grafting and potassium depending on the rootstock and K-concentration employed. *Scientia Horticulturae* 130: 615–623.
15. Fatemi, H., Esmailpour, H., Sefidkon, F., Soltani, A.A., Nematollahzadeh, A., 2020. How mycorrhiza symbiosis help coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants grow better under contaminated soil? *Journal of Plant Nutrition* 43(13): 2040–2053.
16. 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, M.I., Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F., Bolarin, M.C. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125: 211–217.
17. Gholami, S., Shahsavani, A., Nezarat, S., 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, England Technology* 49: 19–24.
18. Glick, B.R., 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research* 169(1): 30–39.
19. Hartz, T.K., Miyao, E.M., Mullen, R.J., Cahn, M.D., 2000. Potassium fertilization effects on processing tomato yield and fruit quality. *Acta Horticulture* 542 (3):127–133.
20. Izan, T., Javanmard, A., Shekari, F., Sabaghnia, N., Abbasi, A., 2020. Evaluation of yield, yield components and some physiological traits of sunflower with integrative application of biological, chemical, and organic fertilizers under different irrigation levels. *Agriculture Science and Sustainable Production* 30(3): 87–111. (in Persian with English abstract)
21. Jog, R., Pandya, M., Nareshkumar, G., Rajkumar, S., 2014. Mechanism of phosphate solubilization and antifungal activity of *Streptomyces spp.* isolated from wheat roots and rhizosphere and their application in improving plant growth. *Microbiology* 160(4): 778–788.
22. Karami, R., Mohsenabadi, G., Majidian, M., Moshtaghi, M., 2020. Integrated application of biofertilizers and chemical N and P on quantitative and qualitative characteristics of male-sterile tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. PVH19). *Agriculture Science and Sustainable Production* 30(3): 13–131. (in Persian with English abstract)
23. Khalil, M.Y., Moustafa, A.A., Naguib, N.Y., 2007. Growth, phenolic compounds and antioxidant activity of some medicinal plants grown under organic farming condition. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(4): 451–457.
24. Lester, E.G., Jifon, J.L., Rogers, G., 2005. Supplemental foliar potassium application to muskmelon (*Cucumis melo* L.) during fruit growth improves quality and content of human wellness components. *Journal of American Society of Horticultural Science* 130(4): 649–653.
25. Liu, D., Yang, Q., Ge, K., Hu, X., Qi, G., Du, B., Liu, K., Ding, Y., 2017. Promotion of iron nutrition and growth on peanut by *Paenibacillus illinoisensis* and *Bacillus sp.* strains in calcareous soil. *Brazilian Journal of Microbiology* 8: 1–15.
26. Makarian, H., Shahgholi, H., 2016. Effect of organic and biological fertilizers on growth and yield of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and bacterial colonization. *Journal of Horticulture Science* 29(2): 185–195. (in Persian with English abstract)
27. 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.
28. Nemati, A., Golchin, A., 2015. Effects of biological fertilizers on yield and concentrations of micronutrients in organs of tomato under cadmium stress. *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 5(3): 45–64. (in Persian with English abstract)
29. Ojochogu, G., Adejo, F., Akumabi, A., Orinya, S., 2015. Antioxidant, total lycopene, ascorbic acid and microbial load estimation in powdered tomato varieties sold in Dutsin-Ma market. *Open Access Library Journal* 2(8): 1–7.
30. 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): 1108–1116.
31. Patidar, M., 2001. Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its residual effect on wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 71(9): 587–590.
32. Prashan, S.D., Makarand, R., Bhushan, C. Sudhir, C.B., 2009. Sidrophor *Egeniacinetobacter calcoaceticus* isolated from wheat rhizosphere with strong PGP prospect. International Rice Research Institute, Manila Philippines.

33. Rahbari, A., Fatemi, H., Esmailpour, B., Rizwan, M., Soltani, A.A., 2020. Lead (Pb)-resistant bacteria inhibit Pb accumulation in dill (*Anethum graveolens* L.) by improving biochemical, physiological, and antioxidant enzyme response of plants. *Environmental Science and Pollution Research* 28(3): 25–39.
34. Sahlin, E., Savage, G.P., Lister, C.E., 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 635–647.
35. Sheikhalipour, P., Bolandnazar, S.A., Sarikhani, M.R., Panahandeh, J., 2019. Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science* 50(3): 621–632. (in Persian with English abstract)
36. Soltani Toolarood, A.A., Ziatabar, S.R., Esmailpour, B., Khavazi, K., Fathololomi, S., 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and spent mushroom compost on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Iranian Journal of Soil Research* 29(3): 285–296. (in Persian with English abstract)
37. Toor, R.K., Savage, G.P., 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38: 487–494.
38. Upadhyaya, S., Mahanta, J.J., Saikia, L.R., 2011. Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of a medicinal herb *Andrographis paniculate* needs grown using different organic manures. *Journal of Pharmacy Research* 4(3): 614–616.
39. Velicković, J.M., Dimitrijević, D.S., Mitić, S.S., Mitić, M.N., Kostić, D.A., 2014. The determination of the phenolic composition, antioxidative activity and heavy metals in the extracts of *Calendula officinalis* L. *Advanced Technologies* 3(2): 46–51.
40. Vikram A., Hamzehzarghani H., Al-Mughrabi K.I., Krishnaraj P.U., Jagadeesh K.S., 2007. Interaction between *Pseudomonas fluorescens* FPD-15 and *Bradyrhizobium* spp. in peanut. *Biotechnology* 6: 292–298.
41. Amidi, F., Dezyani, M., Ezati, R., Eyvani, M.J., 2013. Evaluation of human body needed mineral content in fruits. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 5: 212–218.
42. Aghajani, N., Daraei Garmakhany, A., Hedayati Dezfouli, O., 2021. Response surface modeling of the pomegranate arils (Shahsavari Yazdi cultivar) weight loss, vitamin C and color characteristics variation during the infrared drying process. *Iranian Journal of Food Science and Technology* 114: 234–250.



Effect of Biofarm and Probiotic Biofertilizers on Growth, Yield and Quality of Cherry Tomato

S. Keramat¹, B. Esmailpour^{1*}, M. Bhnami¹, H. Maleki-Lajayer², M. Shiekhalipour¹ and A. Fooladi-Garjan¹

(Received: 9 April 2021; Accepted: 9 August 2021)

Abstract

To investigate the effect of biofertilizers application on cherry tomato, a factorial experiment based on a completely randomized design with four replications was carried out under greenhouse conditions. Experimental factors included different concentrations (0, 0.5, 1.0 and 1.5%) of Probiotic biofertilizers (containing *Thiobacillus* bacteria) and Biofarm (containing *Azotobacter* and *Azosperillum* bacteria), and two cherry tomato cultivars (Meeing and Jean ho). Results indicated that combined treatments of Biofarm at both 0.5 or 1% concentrations with Probiotic at 1.5% concentration, caused the highest yield in Meeing cultivar. The highest chlorophyll a and total chlorophyll were observed in Ming cultivar treated with 0.5% of Biofarm. The highest total antioxidant capacity was observed in Ming cultivar by using 1% concentration of Biofarm while the lowest amount was obtained in the application of 1.5% concentration of Probiotic fertilizer in Huang Jinju cultivar. The highest concentrations of lycopene and vitamin C were measured in the plants treated with 1.5% of Probiotic biofertilizer. The highest phenol content of fruits was produced by using 1.5% of Biofarm and 1% Probiotic biofertilizer. In this experiment, Ming cultivar was superior to Huang Jinju for most of the measured traits, especially growth and physiological characteristics. Increasing the concentration of fertilizers, especially Biofarm, the measured quantitative and qualitative traits of cherry tomatoes were improved significantly. Therefore, these biofertilizers could serve as suitable alternatives for chemical fertilizers in cherry tomato production.

Keywords: Biofarm, Chlorophyll, Lycopene, Probiotic, Quality.

Background and Objective: Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) is one of the most important horticultural plants in the world. Tomato serves as a major source for providing antioxidant compounds in the human diet. Thus, applying eco-friendly agents such as biofertilizers, especially plant growth-promoting rhizobacteria for the sustainable agriculture production reduces the harmful and undesirable effects of chemical fertilizers (1, 2).

Methods: In this experiment, initially the seeds of two cherry tomato cultivars (Meeing and Jean ho) were

1- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Department of Plant and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture (Meshgin-shahr Campus), University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

* Corresponding Author, Email: behsmail@yahoo.com

sown and seedlings at 3–4 leaf stage were transplanted into plastic pots containing soil, sand and manure at 1:1:1 volume ratio. Then, biofertilizers were applied four times with 20 days intervals during different growth stages. Finally, vegetative growth parameters, fruit number and yield were measured. Photosynthetic pigments were assessed spectrophotometrically by acetone solvent. Titratable acidity of fruit was measured in the fruit juice using NaOH. The antioxidant activity of fruit was determined by 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Vitamin C content of the fruit was measured by titration with N-bromosuccinamide (NBS) and trichloroacetic acid. Lycopene content of tomato fruits was measured using hydroxyl-tuleune reagent. Nutritional elements of tomato fruits such as phosphorus, calcium and potassium contents were measured by spectrophotometer and flame photometer, respectively.

Results: Data analysis indicated that the effect of tomato cultivar and biofertilizer applications and their interaction effects were significant for traits such as photosynthetic pigments including chlorophyll a, total chlorophyll, fruit yield, calcium, phosphorus, potassium contents of fruits and antioxidant capacity of fruits. The highest yield was achieved in plants treated with 0.5% of Probiotic fertilizer. Plants treated with 1.5% of Probiotic fertilizer showed the highest vitamin C, calcium and phosphorus content. Moreover, higher levels of both fertilizers showed a higher antioxidant activity and lycopene content.

Conclusions: In summary, the results showed that using plant growth promoting rhizobacteria had a significant effect on most of the quantitative and qualitative characteristics of cherry tomato. Therefore, the application of Probiotic and Biofarm biofertilizers is recommended for cherry tomato production with respect to the quality and yield traits.

References:

1. Alami Milani, M., Amini, R., Bandehagh, A., 2015. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture Science and Sustainable Production* 24(4): 15–29. (in Persian with English abstract)
2. Izan, T., Javanmard, A., Shekari, F., Sabaghnia, N., Abbasi, A., 2020. Evaluation of yield, yield components and some physiological traits of sunflower with integrative application of biological, chemical, and organic fertilizers under different irrigation levels. *Agriculture Science and Sustainable Production* 30(3): 87–111. (in Persian with English abstract)