

آماده انتشار

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰

شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

نشریه پژوهش های تولید گیاهی



ارزیابی واکنش دو رقم توت فرنگی به کاربردهای زیستی

امیر علی محمدی^۱ مهدی علیزاده^{۲*}، فریال وارسته^۳، مهدی حدادی نژاد^۴، نگار باقری^۵

۱. دانشجوی دکترای فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغبانی، گروه باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: Amiralimohammadi72@yahoo.com
۲. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: maldializadeh@gau.ac.ir
۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: feryalvarasteh@gmail.com
۴. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mehdihadadi@gmail.com
۵. مدیر عامل شرکت دانش بنیان دانا زیست لوتوس، گرگان، گلستان، ایران. رایانامه: negarbagheri68@gmail.com

Evaluation of the response of two Strawberry cultivars to biological fertilizers

Amirali Mohammadi¹, Mahdi Alizadeh^{2*}, Feryal Varasteh³, Mehdi Hadadinejad⁴, Negar Bagheri⁵

1. Ph.D. student in the physiology of production and post-harvest of horticultural plants, Department of Horticulture Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: Amiralmohammadi72@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mahdializadeh@gau.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: feryalvarasteh@gmail.com

4. Assistant Professor, Department Horticultural Sciences, Crop sciences college, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran. Email: mehdihadadi@gmail.com

5. Managing Director of Science Based Company (Danaziat Lotus), Gorgan, Golestan, Iran. Email: negarbagheri68@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: توت‌فرنگی گیاهی است که در تولید آن از کودهای شیمیایی و سموم مختلف استفاده می‌شود. استفاده از کودهای زیستی، علاوه بر حل مشکلات استفاده از کودهای شیمیایی، بهبود سلامت بوته‌ها و کاهش به کارگیری سموم را نیز به همراه دارد. این پژوهش، با هدف بررسی واکنش دو رقم توت‌فرنگی به استفاده از کودهای زیستی انجام شده است.

مواد و روش‌ها: نشاهای توت‌فرنگی در اسفندماه در گلدان کشت شدند و مراقبت‌های لازم انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد و تیمارها شامل دو رقم (کاماروسا و پاروس)، سه سطح کودی (شاهد، لارما ۲۲۲ و لارما ۴۴۴) و سه روش کاربرد (تلقیح ریشه قبل از کاشت، محلول‌پاشی و کود آبیاری) بودند. کودهای زیستی مورد استفاده، تولید شده در شرکت دانش‌بنیان دانا زیست لوتوس استان گلستان، بودند که بر پایه دو باکتری *Bacillus pumilus* NB4 و *Pseudomonas fildesensis* NB5 تولید و تجاری‌سازی شده‌اند. کوددهی به سه روش خیساندن ریشه قبل از کشت (پرایمینگ ریشه)، محلول‌پاشی و کود-آبیاری انجام شد. صفات مورفولوژیکی از جمله، وزن، طول، قطر و عملکرد میوه، و همچنین تعداد برگ، وزن‌تر و خشک برگ و صفات بیوشیمیایی از جمله اسیدیته میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص کلروفیل، آنتیاکسیدان و آنتوسیانین مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد رقم پاروس از نظر صفات رویشی برتر بود و رشد قوی‌تر و شاخ و برگ بیشتری تولید کرد. اما رقم کاماروسا به لحاظ زایشی و خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتر، مورد توجه قرار گرفت. تیمار شاهد با توجه به عدم دریافت تغذیه مناسب از لحاظ صفات رویشی، زایشی و کیفی در پایین‌ترین سطح قرار داشت، این در حالی است که استفاده از کود لارما ۲۲۲ به صورت کودآبیاری و در برخی موارد محلول‌پاشی، منجر به بیشترین مقادیر وزن میوه، طول میوه، تعداد برگ، وزن‌تر و خشک برگ، تعداد خوشه گل و عملکرد شد. به طوری که استفاده از این تیمار بیشترین مقدار عملکرد را به میزان ۳۰۶ گرم در بوته در رقم کاماروسا به همراه داشت. در رقم کاماروسا، تیمار لارما ۴۴۴ منجر به بیشترین قطر میوه، طول دمبرگ، تعداد روندک، سطح برگ، طول و وزن‌تر و خشک ریشه شد. همچنین استفاده از این کودهای زیستی مبتنی بر باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس، منجر به افزایش قند و اسیدیته میوه، آنتوسیانین و فعالیت

آنتی اکسیدانی عصاره میوه شد. به طوری که بیشترین قند میوه و شاخص طعم در تیمار لارما ۴۴۴ که به صورت کودآبیاری اعمال شد به ترتیب به میزان ۱۳/۲۸ درصد و ۱۱/۳۷ مشاهده گردید. همچنین بیشترین میزان آنتوسیانین نیز در همین تیمار به مقدار ۲۹/۰۷ میلی گرم بر لیتر در رقم کاماروسا به دست آمد.

نتیجه گیری: در کل، نتایج نشان می دهد که استفاده از کود لارما ۲۲۲ می تواند منجر به بهبود عملکرد بوته گردد و استفاده از کود لارما ۴۴۴ به روش کودآبیاری منجر به بهبود خواص میوه می شود. با کاربرد این کودها می توان مقدار مصرف کودهای شیمیایی و تاثیر منفی آن بر تولید محصول سالم توت فرنگی، که در کشت های مرسوم توت فرنگی بسیار بحث برانگیز است، را کاهش داد.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، باکتری باسیلوس، باکتری سودوموناس، تغذیه زیستی، وزن حبه

Evaluation of the response of two Strawberry cultivars to bacterial based biological fertilizers

Abstract

Background and objectives: Strawberry is a crop that depends on chemical fertilizers and various pesticides during its cultivation. Utilizing biological fertilizers not only mitigates the problems linked to chemical fertilizers but also improves plant health and decreases the need for chemicals. This study aimed to explore how two strawberry cultivars respond to the application of biological fertilizers.

Materials and methods: In March, strawberry transplants were placed in pots and received the necessary care. The study was structured as a factorial experiment based on a completely randomized design with five replications. It included two cultivars (Camarosa and Paros), three fertilizer levels (Control, Larma 222, and Larma 444), and three application methods (root priming before planting, foliar spraying, and fertigation). The biofertilizers utilized were developed by Dana Zist-Lotus, incorporating two strains of bacteria: *Pseudomonas fildesensis* NB5 and *Bacillus pumilus* NB4. The evaluation focused on morphological traits such as weight, length, diameter, fruit yield, number of leaves, and both fresh and dry leaf weights, as well as biochemical traits including fruit acidity, soluble solids, titratable acidity, chlorophyll index, antioxidant levels, and anthocyanin content.

Results: The results showed that the Paros variety exhibited stronger vegetative growth and greater foliage, while the Camarosa cultivar was distinguished by its reproductive characteristics and higher fruit antioxidant content. The control treatment, due to inadequate nutrition, was the least effective across vegetative, reproductive, and quality traits. In contrast, the application of Larma 222 fertilizer via fertigation, and occasionally through foliar spraying, resulted in the highest values for fruit weight, fruit length, leaf count, fresh and dry leaf weight, number of flower clusters, and overall fruit yield. This treatment yielded the highest yield of 306 g per plant for the Camarosa cultivar. Furthermore, in this cultivar, the Larma 444 treatment resulted in the largest fruit diameter, petiole length, number of pedicles, leaf area, root length, and both fresh and dry weights. Additionally, the use of biological fertilizers derived from *Pseudomonas* and *Bacillus* bacteria improved fruit total soluble solids (TSS), acidity, anthocyanin levels, and antioxidant activity in the fruit extract. Consequently, the highest fruit sugar and taste index were recorded in the Larma 444 treatment at 13.28% and 11.37, respectively. Furthermore, the highest anthocyanin content was also observed in this treatment, measuring 29.07 mg/l in the Camarosa cultivar.

Conclusion: Overall, the results suggest that the use of Larma 222 fertilizer can enhance plant yield. Additionally, applying Larma 444 through fertigation improves fruit characteristics. The use of these biofertilizers may facilitate a reduction in the application of chemical fertilizers typically used in conventional strawberry production systems, ultimately leading to healthier fruit production.

Keywords: Anthocyanin, *Bacillus*, Berry weight, Biological nutrition, *Pseudomonas*

مقدمه

در دهه گذشته، جمعیت جهان به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است و تا سال ۲۰۵۰ تخمین زده می‌شود که بیش از ۴.۲ میلیارد نفر به جمعیت جهان اضافه شود. اما در عین حال، رشد و بهره‌وری از گیاهان در سراسر جهان محدودتر خواهد شد و دسترسی به مواد غذایی نیز به دلیل تنش‌های محیطی مانند خشک‌سالی، شوری، سرما و گرما محدود خواهد شد. در نتیجه، اهمیت بیشتری به کشاورزی و تولید محصولات غذایی با ارزش افزوده اعطا می‌شود (۱). توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* L.) یکی از میوه‌های مهم با ارزش غذایی بالا است و به دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ترکیبات پلی‌فنولی، آنتوسیانین و تانن، ارزش غذایی بالایی دارد. توت‌فرنگی به دلیل شکل، رنگ، عطر و طعم منحصر به فرد خود در سراسر جهان کشت و کار می‌شود (۲؛ ۳). به دلیل مشکلات جدی در تغذیه سالم انسان و بروز بیماری‌های سرطانی، استفاده از روش‌های کشاورزی ارگانیک که باعث تولید غذاهای سالم و حفاظت از محیط زیست می‌شود، بسیار مهم است. کشاورزی ارگانیک به عنوان یک نوع کشاورزی تعریف می‌شود که به منظور ایجاد سیستم‌های تولید کشاورزی یکپارچه و انسانی، از منابع تجدیدپذیر بهره می‌برد و مقادیر قابل قبولی از محصولات زراعی و دامی و مواد غذایی را تولید می‌کند. این روش همچنین با حفظ تعادل عناصر مورد نیاز در خاک، از کودهای طبیعی مانند خاک‌برگ، جلبک و کودهای حیوانی و زیستی به جای کودهای شیمیایی بهره می‌گیرد (۴؛ ۵).

کودهای زیستی به دلیل تأثیر مؤثرشان در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، جایگاه ویژه‌ای در دسته‌بندی انواع کودها دارند (۶). تحقیقات بیشتر بر روی استفاده از این کودها در گلخانه‌ها متمرکز شده و آن‌ها به عنوان محرک‌های رشد سریع‌تر، مزایای بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی، از جمله عدم رسوب فلزات سنگین و کاهش علف‌های هرز دارند (۷؛ ۸). مصرف کودهای آلی باعث افزایش کربن، نیتروژن و حاصلخیزی خاک می‌شود که این ناشی از فعالیت‌های میکروبی است و منجر به آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود (۹؛ ۱۰). با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان، تمایل آنها به استفاده از

محصولات ارگانیک روز به روز افزایش می‌یابد و استفاده از روش‌های جایگزین به جای روش‌های شیمیایی بیشتر می‌شود. این کودها به دلیل دارا بودن عناصر غذایی ضروری، کیفیت خاک را بهبود داده و عملکرد گیاهی را افزایش می‌دهند (۱۱، ۱۲). میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی با تأمین عناصر غذایی در ناحیه اطراف ریشه، به رشد و نمو گیاه کمک می‌کنند (۱۳). همچنین، استفاده از کودهای زیستی، پایداری اکوسیستم را افزایش داده و عوارض جانبی کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (۱۴؛ ۱۵).

در پژوهشی به بررسی تأثیر باکتری‌های مفید بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی و کاهش نیاز به کود شیمیایی پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از باکتری‌های مفید مانند *Bacillus megaterium*، *Azospirillum brasilense* و *Brevibacillus fluminis* می‌تواند بهبود قابل توجهی در رشد و عملکرد توت‌فرنگی داشته باشد. نتایج نشان می‌دهند که این باکتری‌ها می‌توانند صفات مختلفی مانند میزان کلروفیل، قطر طوقه، تعداد برگ و مساحت برگ را بهبود بخشند. این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از باکتری‌های مفید می‌تواند به جای استفاده از کود شیمیایی، بهبود قابل توجهی در رشد و عملکرد گیاهان داشته باشد (۱۶).

در مطالعه دیگری، تأثیر یک کود زیستی مبتنی بر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر بهبود کارایی کود نیتروژن در کشت توت‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از این کود زیستی باعث کاهش محدودیت‌های کربنی و بیوشیمیایی در فتوسنتز بوته‌های توت‌فرنگی شد. همچنین، این کود زیستی نسبت C/N برگ‌ها را افزایش داد و مقادیر نیتروژن قابل جذب نزدیک به گیاهان را حفظ کرد. با این حال این پژوهشگران اظهار داشتند که، استفاده از این کود زیستی به تنهایی کافی نیست و نیاز به کود شیمیایی برای تغذیه توت‌فرنگی وجود دارد. اما استفاده تکمیلی از این کود زیستی می‌تواند بهبودی در کارایی زیست محیطی و اقتصادی این محصول را به همراه داشته باشد (۱۷).

همچنین در پژوهشی اثر کود آلی و سایر تیمارها بر عملکرد، کیفیت و رشد گیاه توت‌فرنگی (رقم مونتری) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد (۲۵۰.۱۷ گرم در بوته)، بیشترین وزن میوه (۱۸.۱۳ گرم)، بالاترین نسبت مواد جامد محلول به اسید (۱۸.۰۵)، و بیشترین محتوای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ‌ها در زمان کاربرد کودهای باکتریایی نسبت به شاهد، به دست آمد. به طور مشابه، تیمار مشابه طولانی‌ترین ریشه، ضخیم‌ترین ساقه و حداکثر سطح برگ را ایجاد کرد. در نتیجه این مطالعه، استفاده از کودهای زیستی همراه با کودهای آلی برای اطمینان از تولید میوه با بالاترین کیفیت توصیه شده است (۱۸). هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تأثیر کودهای زیستی حاوی باکتری بر دو رقم تجاری توت‌فرنگی است. این تحقیق به دنبال شناخت اثرات مثبت این کودها نه تنها در حفظ کیفیت و سلامت محصول، بلکه همچنین در کاهش مصرف کودهای شیمیایی و ترویج روش‌های کشاورزی پایدار است. در شرایطی که کشاورزی مدرن با چالش‌های زیادی مواجه است، نتایج این مطالعه می‌تواند راهکارهای مؤثری برای بهبود عملکرد زراعی و حفاظت از محیط زیست ارائه دهد.

مواد و روش‌ها:

پژوهش در بستر خاکی با مشخصات جدول (۱)، در شرایط گلدانی انجام شد. نشا رقم کاماروسا و پاروس از شرکت تعاونی چهار فصل بهمنیر تهیه و در اسفندماه ۱۴۰۱ در گلدان‌هایی به ابعاد ۳۵×۲۰ سانتی‌متر و با ترکیب خاکی شامل خاک باغچه و کود دامی کاملاً پوسیده (۱:۳) کشت شد. آزمایش حاضر در یک باغ شخصی در شهرستان قائم‌شهر، روستای بالالموک با مختصات جغرافیایی 36° 29' 38" N, 52° 53' 47" E انجام شد.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده در کشت گلدانی توت فرنگی ارقام کاماروسا و پاروس در شهرستان قائم‌شهر

Table 1 - Soil properties utilized for pot cultivation of Camarosa and Paros strawberry cultivars in Qaemshahr city.

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	مواد خثی شونده	هدایت الکتریکی	اسیدی ته	مواد آلی	کربن آلی	بافت خاک
K	P	N	TNV	EC	pH	Organic Matter	Organic Carbon	Soil Texture
(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	ds/m	-	(%)	(%)	-
450	43	1.93	1.5	0.83	7.51	33.02	19.03	Sa.loam

در این پژوهش، از دو نوع کود زیستی با نام تجاری، لارما ۲۲۲ و لارما ۴۴۴ استفاده گردید. این کودها در شرکت دانش بنیان دانا زیست لوتوس، تولید شده‌است که پایه این کودهای زیستی، باکتری‌های گیاهی است. نام کامل باکتری‌ها و شماره دسترسی آنها در پایگاه NCBI به شرح زیر است (جدول ۲):

جدول ۲- مشخصات کودهای زیستی.

Table 2- Specifications of the biofertilizers.

Biofertilizer commercial name	Bacterial name	Accession number
Larma 222	<i>Pseudomonas fildesensis</i> NB5	OQ130703
Larma 444	<i>Bacillus pumilus</i> NB4	OQ119638

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم، نوع کود زیستی و نحوه کاربرد بود. ارقام شامل کاماروسا و پاروس بوده که در اسفند ماه در گلدان‌ها نشا شدند و مراقبت‌هایی مانند مبارزه با علف‌های هرز و حلزون انجام گرفت. تیمارهای آزمایش به روش‌های زیر اعمال شد. دو نوع کود زیستی و آب (شاهد) به سه روش خیساندن ریشه قبل از کاشت، محلول‌پاشی و کود آبیاری استفاده گردید.

در روش خیساندن ریشه بر اساس نظر شرکت سازنده، ۲۵۰ میلی‌لیتر از هر یک از کودها را با یک لیتر آب مخلوط نموده و نشاها به مدت ۳۰ دقیقه در آن غوطه‌ور گردید و سپس در بستر، کشت قرار گرفت. همچنین جهت انجام محلول‌پاشی و کود آبیاری از هر دو نوع کود به صورت پنج درصد و طی دو مرحله و به شکل هم‌زمان استفاده شد. بدین صورت که نوبت اول، یک هفته پس از کاشت نشا در بستر و نوبت دوم سه هفته پس از تیمار اولیه در زمان آغاز گل‌دهی انجام شد. انجام تیمار شاهد در هر مرحله، با استفاده از آب به روش‌های ذکر شده نیز صورت پذیرفت. برای هر تیمار، پنج گلدان به عنوان تکرار در نظر گرفته شد که به صورت کاملاً تصادفی در فضای باز چیده شدند. پس از اتمام آزمایش و برداشت محصول، سپس

گلدان‌ها به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل و ارزیابی صفات کمی و کیفی انجام شد.

صفات مورفولوژیکی

پس از برداشت محصول، تعداد پنج حبه توت‌فرنگی با ترازوی دیجیتال توزین و میانگین آن یادداشت شد. همچنین همین میوه‌ها، برای اندازه‌گیری ابعاد طول و قطر حبه نیز استفاده شدند. همچنین برای ارزیابی میزان عملکرد هر بوته، مجموع میوه های تولید شده را وزن نموده و از تجمیع وزن میوه‌ها، عملکرد کل یک بوته محاسبه شد.

تعداد برگ در هر بوته شمارش و یادداشت شد. طول دمبرگ در هر تیمار با استفاده از خط‌کش برآورد و یادداشت گردید. جهت بررسی وزن‌تر برگ، وزن پنج‌برگ با استفاده از ترازوی دیجیتال محاسبه و میانگین آن‌ها یادداشت گردید. سپس نمونه ها را در پاکت قرار داده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد آون خشک شدند. پس از خروج از آون وزن خشک آن‌ها به‌طور میانگین محاسبه شد. برای بررسی سطح برگ از هر بوته سه عدد برگ اسکن شد و با استفاده از نرم‌افزار Digimizer سطح کل آن اندازه‌گیری شد.

صفات بیوشیمیایی

اسیدیته (pH) میوه:

برای اندازه‌گیری pH میوه‌های توت‌فرنگی، از دستگاه pH متر دیجیتال مدل PHS-3E استفاده شد. برای این منظور pH مقدار مشخصی آب‌میوه با دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد.

مواد جامد محلول کل

مواد جامد محلول کل با رفرکتومتر چشمی (مدل ATC-20E Atogo) در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اندازه‌گیری شد. برای تعیین TSS یک قطره از عصاره توت‌فرنگی روی لنز رفرکتومتر ریخته شد و عدد نمایش داده‌شده بر مبنای درجه بریکس یادداشت گردید.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA):

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب‌میوه با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس عمل تیتراسیون انجام گرفت تا pH عصاره به ۸/۲ برسد و رنگ آن تیره شود. مقدار سود مصرفی را ثبت نموده و سپس میزان اسید برحسب گرم اسید سیتریک (اکی والان برابر ۰/۰۶۴۰۴) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه بیان شد (۱۹).

شاخص کلروفیل

برای اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی از دستگاه اسپد مدل (SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter) استفاده شد. جهت این کار در هر گلدان سه شاخه رویشی مورد بررسی قرار گرفت و میانگین اعداد یادداشت گردید.

آنتوسیانین

آنتوسیانین کل با روش Wrolstad و همکاران (۲۰)، با استفاده از روش اختلاف جذب در pH های مختلف اسپکتوفوتومتری اندازه‌گیری شد. در این روش از دو بافر استفاده شد. برای ساخت بافر یک، نخست محلول (الف = کلرید پتاسیم ۰/۲ مولار) و (ب = اسید کلریدریک ۰/۲ مولار) به صورت جداگانه تهیه شد. برای ساخت بافر دو، نخست محلول (ج = اسید استیک ۰/۲ مولار) و (د = استات سدیم ۰/۲ مولار) به طور جداگانه‌ای تهیه شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها را برداشته و با دو میلی‌لیتر بافر مخلوط نموده و ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده، سپس در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت انجام شد. با استفاده از رابطه زیر محاسبات انجام گرفت (رابطه ۱).

$$A = (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 1.0 - (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 4.5$$

رابطه ۱:

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل از رادیکال پایدار دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید. (۲۱). به دو میلی‌لیتر از آب‌میوه رقیق‌شده، DPPH (۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) اضافه کرده و بعد از آماده‌شدن لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در محیط تاریک قرار داده و در نهایت جذب ترکیب فوق‌الذکر به همراه یک لوله حاوی DPPH خالص به عنوان شاهد، در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800PC ساخت چین) قرائت شد. اعداد جذب در نهایت با رابطه زیر به درصد مهار تبدیل شده و به صورت درصد مهار آب‌میوه گزارش شد (رابطه ۲).

$$\text{DPPH}\% = \frac{(A_c - A_s)}{A_c} \times 100$$

رابطه ۲:

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به شکل سه روش کوددهی (خیساندن ریشه قبل از کاشت، محلول‌پاشی و کودآبیاری) در دو رقم توت‌فرنگی و با دو نوع کود زیستی در ۵ تکرار انجام گرفت. آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد و سپس آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی نشان داد که اثر متقابل نوع کود، نحوه کاربرد کود و نوع رقم بر همه صفات مورد بررسی معنی دار شد. همچنین ارقام کاماروسا و پاروس در صفات وزن میوه، تعداد برگ، طول دم برگ، سطح برگ تفاوت معناداری با یکدیگر نشان ندادند ((جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ارقام توت فرنگی تحت تأثیر کود زیستی

Table 3 - Analysis of Variance for Morphological Traits of Strawberry Cultivars Affected by Biofertilizers										
mean square										
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	عملکرد	تعداد برگ	طول دم برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	سطح برگ
S.O.V	df	Fruit weight	Fruit length	Fruit diameter	Yield	Number of Leaves	Petiole Length	Leaf Fresh Weight	Leaf Dry Weight	Leaf Area
نوع کود	2	137.3**	3.5**	0.2**	4815.5**	1.6 ^{ns}	60.5**	4.0**	0.4**	1479.6**
Fertilizer (F)										
کاربرد	2	5.7*	0.4**	0.2**	5206.7**	14.5 ^{ns}	7.7**	0.6**	0.05**	231.1**
Application (A)										
رقم	1	0.05 ^{ns}	0.8**	0.06*	906630.4**	9.6 ^{ns}	0.4 ^{ns}	1.8**	0.12**	0.0008 ^{ns}
Cultivar (C)										
اثر متقابل	12	9.3**	0.5**	0.3**	6465.3**	16.0**	11.8**	0.8**	0.05**	13.4**
F×A×C										
خطا	72	1.6	0.02	0.01	294.2	7.5	1.3	0.1	0.008	4.9
Error										
ضریب تغییرات		7.1	4.2	3.7	12.5	7.2	12.5	6.5	10.6	5.38
C.V										

ns, *, **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد

ns, *, **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

وزن میوه

نتایج مقایسه میانگین وزن میوه حاکی از آن بود که کاربرد کودهای زیستی لارما به صورت محلول پاشی در هر دو رقم کاماروسا و پاروس موجب افزایش معنی دار وزن تک میوه گردید، به طوری که بیشترین وزن میوه در رقم کاماروسا در همین تیمار و به میزان ۲۱/۸۹ گرم به دست آمد. همچنین کاربرد کود لارما ۴۴ به صورت خیساندن ریشه در رقم کاماروسا، وزن میوه را به بالاترین سطح رسانده و با بیشترین مقدار تفاوت معنی داری ندارد؛ این در حالی است که در رقم پاروس کاربرد این کود به صورت کود آبیاری بیشترین افزایش وزن میوه را به میزان ۲۱/۱۳ گرم به دنبال داشت (جدول ۴).

اندازه میوه

در بررسی طول میوه نتایج نشان داد که کاربرد هر دو نوع کود زیستی موجب افزایش معنی دار طول میوه نسبت به شاهد شده است. بیشترین طول میوه در رقم کاماروسا و در تیمار کودآبیاری لارما ۲۲۲ به میزان ۴/۹ سانتی متر حاصل گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین قطر میوه نشان داد که بیشترین قطر میوه در رقم پاروس و در تیمار کودآبیاری لارما ۴۴۴ به دست آمد. این در حالی است که کاربرد لارما ۲۲۲ به صورت محلول پاشی بیشترین قطر میوه در رقم کاماروسا را به دنبال داشت (جدول ۴).

عملکرد

در بررسی عملکرد، نتایج حاکی از آن بود که رقم کاماروسا در همه تیمارها عملکرد بیشتری نسبت به رقم پاروس نشان داد. بیشترین عملکرد در هر دو رقم کاماروسا و پاروس در محلول پاشی کود لارما ۲۲۲ به ترتیب به میزان ۳۰۶/۵۴ گرم و ۲۵۶/۷۳ گرم به دست آمد. اگرچه در رقم کاماروسا در همین تیمار به روش کودآبیاری و کود لارما ۴۴۴ به روش خیساندن ریشه، تفاوت معنی داری مشاهده نگردید (جدول ۴).

جدول ۴- جدول مقایسه میانگین صفات مرتبط با میوه توت فرنگی تحت تأثیر کودهای زیستی

Table 4 - Mean data of Strawberry Fruit Traits as Affected by Biofertilizers

نوع کود Fertilizer	نحوه کاربرد Fertilizer Application	وزن حبه Berry weight		طول حبه Berry length		عرض حبه Berry width		عملکرد Yield	
		g- گرم		cm- سانتی متر		cm- سانتی متر		g.plant ⁻¹ - گرم در بوته	
		کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros
شاهد Control	پرایمینگ Priming	15.2f	15.2f	3.7g	3.7g	3.43c	3.1fg	222.1fg	167.2i
	محلول پاشی Spraying	15f	15.9ef	3.18h	3.8g	2.74i	3.2e-g	261.8d	197.0h
	کودآبیاری Fertigation	15.8ef	16.1ef	3.7g	3.1h	3.1fg	3.3c-e	264.9cd	225.7fg
لارما ۲۲۲ Lama 222	پرایمینگ Priming	18.1cd	17.2de	4.3bc	4.4b	3.2d-g	3.1h	284.2bc	152.9i
	محلول پاشی Spraying	21.8a	20.5ab	4.0ef	4.3b-d	3.6b	3.4cd	306.5a	256.7d
	کودآبیاری Fertigation	18.0cd	18.0cd	4.9a	4.1d-e	3.3c-f	3.3c-e	291.3ab	199.0h
لارما ۴۴۴ Lama 444	پرایمینگ Priming	21.1a	18.9bc	4.1de	3.8fg	3.2c-g	3.3c-f	295.9ab	208.3gh
	محلول پاشی Spraying	18.9bc	18.7cd	4.1c-e	3.8g	3.2c-g	2.9h	264.6cd	165i
	کودآبیاری Fertigation	18.1cd	21.1a	4.2b-e	4.2b-e	3.2c-g	3.8a	253.4de	232.4ef

تعداد برگ

تعداد برگ با استفاده از کودهای لارما ۲۲۲ و لارما ۴۴۴ در هر دو رقم نسبت به شاهد، با افزایش همراه بود. در زمان کاربرد لارما ۲۲۲ در هر دو رقم بالاترین تعداد برگ به دست آمد؛ اگرچه در زمان کاربرد این کود به صورت کودآبیاری بیشترین

مقادیر در هر دو رقم حاصل گردید. همچنین در زمان کاربرد کود لارما ۴۴۴ نیز افزایش در تعداد برگ مشاهده شد (جدول ۵).

طول دمبرگ

طول دمبرگ در زمان کاربرد کود لارما ۴۴۴ به صورت کود آبیاری بیشترین مقدار بود؛ به طوری که در این تیمار رقم پاروس با طول دمبرگ ۲۱/۲۸ سانتی متر و رقم کاماروسا با طول دمبرگ ۲۰/۶ سانتی متر بیشترین مقادیر را نشان دادند. این در حالی است که کاربرد لارما ۲۲۲ مقادیر کمتری از طول دمبرگ را نشان داد (جدول ۵).

وزن تر و خشک برگ

نتایج مقایسه میانگین وزن تر برگ نشان داد، زمانی که از کود لارما ۲۲۲ استفاده گردید، در هر دو رقم افزایش معنی داری در این پارامتر دیده شد؛ به طوری که بیشترین وزن تر برگ در هر دو رقم کاماروسا و پاروس به ترتیب ۳/۸۳ گرم و ۳/۴ گرم در تیمار کودآبیاری به دست آمد. این در حالی است که کاربرد کود لارما ۴۴۴ موجب شده تا کاهشی بعضاً معنی دار نسبت به کاربرد لارما ۲۲۲ در وزن تر برگ ملاحظه شود (جدول ۴). وزن خشک برگ نیز همانند وزن تر برگ در تیمار کودآبیاری لارما ۲۲۲ بیشترین مقادیر هر دو رقم را نشان داد. با کاربرد لارما ۴۴۴ اگرچه رقم پاروس تفاوت معنی داری را با تیمار لارما ۲۲۲ نشان نمی دهد، اما در رقم کاماروسا کاهش معنی داری مشاهده گردید (جدول ۵).

سطح برگ

میزان سطح برگ در زمان کاربرد کود لارما ۲۲۲ نسبت به شاهد افزایش خطی و معنی داری را نشان داد؛ بیشترین مقادیر در این تیمار، زمان کاربرد آن به صورت کود آبیاری در هر دو رقم بوده است. همچنین کاربرد کود لارما ۴۴۴ به صورت محلول پاشی و کودآبیاری توانسته اختلاف معنی داری نسبت به تلقیح ریشه ایجاد کند و بیشترین مقادیر سطح برگ در هر دو رقم را به دنبال داشته باشد (جدول ۵).

جدول ۵-جدول مقایسه میانگین صفات مرتبط با رشد رویشی توت فرنگی تحت تأثیر کودهای زیستی

Table 5 - Mean data of Strawberry vegetative traits as Affected by Biofertilizers

Fertilizer کود	نحوه کاربرد Fertilizer Application		تعداد برگ		طول دمبرگ		وزن تر برگ		وزن خشک برگ		سطح برگ	
			Berry weight		Berry length		Berry width		Yield		Leaf area	
			-		-cm سانتی متر		-cm سانتی متر		-g گرم		-cm ² سانتی مترمربع	
		کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	
شاهد Control	پرایمینگ	Priming	18.6d	20.4cd	17.2d-h	19.2bc	2.308h	2.43f-h	0.67h	0.70gh	33.59f	29.21g
	محلولپاشی	Spraying	21.8a-d	18.6d	18c-e	20ab	1.846i	2.51f-h	0.54i	0.69h	32.84f	34.15f
	کودآبیاری	Fertigation	20.4cd	21b-d	17.5d-g	18.18cd	2.45f-h	2.4gh	0.91b-e	0.81e-g	35.14f	35.03f
لارما ۲۲۲ Larma 222	پرایمینگ	Priming	23.4a-c	23.4a-c	16.56e-i	17.74d-f	2.72e-g	3.35bc	0.83d-f	0.97bc	39.13e	42.45d
	محلولپاشی	Spraying	22.6a-c	21.8a-d	18c-e	16.06g-j	3.15b-d	3.34bc	0.91b-e	0.97bc	42.69d	44.02cd
	کودآبیاری	Fertigation	24.6a	24.4ab	16.4g-j	14.8j	3.83a	3.4b	1.11a	0.98b	46.28bc	46.91b
لارما ۴۴۴ Larma 444	پرایمینگ	Priming	21.6a-d	23.4a-c	17.2d-h	15.8h-j	3.13b-d	3.20b-d	0.71gh	0.93b-d	42.51d	42.15d
	محلولپاشی	Spraying	21.6a-d	21.6a-d	15.8h-j	15.4ij	2.99c-e	2.80d-f	0.86e-d	0.92b-e	49.05ab	48.63ab
	کودآبیاری	Fertigation	21b-d	22.2a-c	20.6a-b	21.28a	3.32bc	3.29bc	0.72f-h	0.95bc	49.79a	48.45ab

در مجموع نتایج صفات مورفولوژیکی نشان داد که کاربرد کودهای زیستی لارما ۲۲۲ و لارما ۴۴۴ در اکثر صفات موجب افزایش معنی دار نسبت به تیمار شاهد شده است. در صفات وزن میوه، طول میوه، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، عملکرد، کاربرد کود لارما ۲۲۲ به صورت کودآبیاری و همچنین در برخی موارد محللولپاشی موجب شده بیشترین مقادیر حاصل شود. همچنین کاربرد لارما ۴۴۴ موجب شد بیشترین مقادیر قطر میوه، طول دمبرگ، تعداد روندها، سطح برگ، طول و وزن تر و خشک ریشه در هر دو رقم حاصل شود. اگرچه برخی از پارامترها در ارقام مختلف تفاوت معنی داری نشان ندادند. کود لارما ۲۲۲ بر پایه جنس سودوموناس بوده که این کود به عنوان یک کود زیستی می تواند تأثیرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاهان داشته باشد. در همین راستا نتایج پژوهشی نشان داد که عملکرد توت فرنگی در بوته تحت تأثیر کودهای زیستی با افزایش همراه بود (۲۲). همچنین بیان گردید کودهای زیستی به همراه کودهای آلی به طور قابل توجهی بر عملکرد میوه و اجزای آن تأثیر گذاشتند، که این می تواند به دلیل افزایش در تعداد برگ باشد (۲۳). همچنین مشخص گردید، کود زیستی سودوموناس قادر به تحریک رشد ریشه و بهبود جذب مواد مغذی از خاک است که می تواند به طور غیرمستقیم بر افزایش اندازه توت فرنگی مؤثر واقع شود (۲۳). همچنین، در مطالعه مشابه دیگری بر روی گیاهان گوجه فرنگی، کاربرد سودوموناس موجب بهبود ویژگی های فیزیولوژیکی و افزایش طول میوه ها شده بود (۲۴). در این تحقیق، بیشترین قطر میوه در رقم پاروس و در تیمار کودآبیاری باسیلوس مشاهده شد. طبق مطالعات انجام شده، باسیلوس به عنوان یک کود زیستی قادر به افزایش فعالیت های بیولوژیکی در خاک و بهبود ساختار ریشه است که می تواند باعث بهبود دریافت مواد مغذی و در نتیجه افزایش اندازه میوه ها گردد (۲۵). همچنین در تحقیقی دیگر، نشان داده شد که استفاده از باسیلوس در فرآورده های فتوستتزی گیاه تأثیر مثبت دارد و موجب افزایش تولید ماده خشک و اندازه میوه ها می شود (۲۶).

بررسی تاثیر کودهای زیستی لارما ۲۲۲ و لارما ۴۴۴ بر عملکرد دو رقم توت فرنگی کاماروسا و پاروس نشان داد که رقم کاماروسا در بیشتر تیمارها عملکرد بهتری نسبت به رقم پاروس داشت. این یافته با نتایج مطالعات مشابه همخوانی دارد که نشان داده‌اند انتخاب رقم مناسب می‌تواند تاثیر مهمی در افزایش عملکرد داشته باشد. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای دیگر بر روی توت فرنگی، رقم‌های مختلف با کودهای زیستی متفاوت، تفاوت‌های قابل توجهی در عملکرد نشان دادند (۲۷). این تفاوت‌ها معمولاً به توانایی رقم در جذب و استفاده از مواد مغذی و همچنین مقاومت به بیماری‌ها و شرایط محیطی مربوط می‌شود. از نظر اثر کودهای زیستی، بیشترین عملکرد در هر دو رقم در تیمار محلول‌پاشی کود لارما ۲۲۲ مشاهده شد. این نتیجه می‌تواند به دلیل تاثیر مثبت کود لارما ۲۲۲ بر رشد و توسعه گیاه از طریق فعالیت‌های مفید میکروبی باشد. سودوموناس ممکن است باعث تقویت سیستم ایمنی گیاه و بهبود جذب عناصر غذایی شود که به افزایش عملکرد منجر می‌شود (۲۸). مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که استفاده از کودهای زیستی مبتنی بر سودوموناس می‌تواند به ویژه در خاک‌های فقیر از نظر مواد مغذی به افزایش عملکرد گیاهان کمک کند (۲۹).

تحقیقاتی نشان داده‌اند که باسیلوس‌ها می‌توانند تعداد برگ‌ها را افزایش دهند و رشد کلی گیاه را بهبود بخشند (۳۰). به‌ویژه در این تحقیق، مشاهده شد که استفاده از کودهای مبتنی بر باسیلوس به‌طور چشمگیری تعداد برگ‌ها را نسبت به شاهد افزایش داد، که این امر ممکن است به دلیل تاثیرات این باکتری‌ها بر روی بهبود کارایی فتوسنتز و افزایش سطح هورمون‌های رشد گیاهی باشد. روش کودآبیاری مؤثرتر از سایر روش‌ها بود، ممکن است به دلیل این باشد که رطوبت خاک باعث تسهیل در انتقال و جذب بهتر مواد مغذی و محرک‌های رشد از طریق ریشه‌ها می‌شود. این یافته مشابه نتایج تحقیقات دیگر است که نشان می‌دهند روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی برای بهبود تاثیر کودهای زیستی بر گیاهان مناسب‌تر از روش تلقیح ریشه هستند (۳۱).

مطالعات نشان داده‌اند که سودوموناس قادر به تحریک رشد گیاه از طریق تولید ترکیبات رشد گیاهی مانند انواع هورمون‌های گیاهی، به ویژه اکسین‌ها و سایتوکینین‌ها است (۳۲). این اثر در وزن خشک برگ نیز مشاهده گردید، به طوری که تیمار کودآبیاری سودوموناس موجب افزایش وزن خشک برگ در هر دو رقم کاماروسا و پاروس گردید. این یافته‌ها با پژوهش‌های قبلی که نشان داده‌اند کودهای زیستی به ویژه سودوموناس می‌توانند بر افزایش کیفیت و کمیت رشد برگ و اندام‌های هوایی گیاهان تاثیر گذارند، مطابقت دارد (۳۳). باکتری جنس سودوموناس قادر به تسهیل جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاه است. این باعث افزایش تامین مواد غذایی برای گیاه می‌شود و در نتیجه رشد آن بهبود می‌یابد (۳۴). از آنجایی که سودوموناس‌ها قادر به تثبیت نیتروژن جوی هستند و این نیتروژن را در دسترس گیاهان قرار می‌دهند. این امر نیز باعث افزایش ماده خشک و رشد گیاهان می‌شود (۳۵). همچنین این نوع باکتری قادر به تولید هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین‌ها می‌باشد که این هورمون‌ها می‌توانند رشد اندام‌های هوایی از جمله شاخه و برگ‌ها را تحت‌تاثیر قرار دهد (۳۵). گزارش شده سودوموناس می‌تواند بهبود ساختار خاک را تسهیل کند. این باعث افزایش تهویه و نفوذپذیری خاک شده و جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان بهبود می‌یابد؛ در نتیجه موجب افزایش پارامترهای رشدی می‌شود (۳۶). مشابه با نتایج این پژوهش بیان گردید کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش صفات رویشی از جمله ارتفاع بوته، گسترش بوته، تعداد

برگ در بوته و قطر طوقه نسبت به شاهد شد که دلیل آن را تثبیت بیشتر نیتروژن و آزادسازی سریع آن همراه با جذب بهتر مواد غذایی توسط گیاهان باشد (۳۷).

در این تحقیق، مشاهده شد که کاربرد کود لارما ۴۴۴ به‌ویژه در روش‌های محلول‌پاشی و کود آبیاری منجر به افزایش معنی‌دار سطح برگ نسبت به روش تلقیح ریشه شد. این امر ممکن است به دلیل تأثیر مثبت باسیلوس بر تحریک رشد ریشه و بهبود جذب مواد مغذی از خاک باشد (۳۸). کاربرد کود لارما ۴۴۴ که مبتنی بر جنس باسیلوس بوده بر برخی صفات رشدی و ریشه‌ای گیاه مؤثر بوده است. تحقیقات نشان داده است که باکتری باسیلوس می‌تواند به افزایش طول ریشه گیاه کمک کند. این باکتری با تولید هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین، رشد ریشه را تحریک می‌کند (۳۹). گزارش شده استفاده از باکتری باسیلوس می‌تواند منجر به افزایش سطح برگ گیاه شود. این باکتری با افزایش فعالیت کلروفیل و تسهیل در جذب نیتروژن و عناصر غذایی دیگر، سبب افزایش سطح برگ می‌شود. همچنین باکتری باسیلوس می‌تواند به تقویت ساقه گیاه کمک کند. این باکتری با تولید هورمون‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین، رشد ساقه را تحریک می‌کند و باعث افزایش طول دمبرگ می‌شود (۴۰)؛ این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

صفات بیوشیمیایی

نتایج بررسی جدول تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی نشان داد که اثر متقابل کود، نحوه کاربرد و رقم بر همه‌ی صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۶).

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی ارقام توت‌فرنگی تحت تأثیر کود زیستی

Table 6 - Analysis of Variance for Biochemical Traits of Strawberry Cultivars Influenced by Biofertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	mean square						
		مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتر TA	شاخص طعم TSS/TA	اسیدیته pH	شاخص کلروفیل SPAD	آنتوسیانین Anthocyanin	فعالیت آنتی‌اکسیدانی DPPH%
نوع کود Fertilizer (F)	2	18.8**	0.2*	0.8**	1.1**	57.5**	50.1**	556.2**
کاربرد Application (A)	2	8.3**	0.06**	0.06 ^{ns}	0.1**	13.4**	4.6**	51.2**
رقم Cultivar (C)	1	10.6**	0.1**	0.08 ^{ns}	0.5**	24.2**	1361.3**	5652.3**
اثر متقابل F×A×C	12	0.7**	0.005**	0.6**	0.05**	21.9**	2.2**	24.5**
خطا Error	72	0.06	0.001	0.18	0.008	1.6	0.4	4.5
ضریب تغییرات C.V		2.4	3.8	4.0	2.42	3.3	2.8	2.64

بررسی مواد جامد محلول نشان داد زمانی که کود لارما ۲۲۲ به صورت کودآبیاری در هر دو رقم به کار برده شده، نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری مشاهده گردید؛ اما بیشترین مقدار این پارامتر در تیمار کود آبیاری لارما ۴۴۴ و در رقم کاماروسا به میزان ۱۳/۲۸ به دست آمد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول در رقم پاروس نیز به میزان ۱۱/۶۶ در همین تیمار ملاحظه گردید (جدول ۷).

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در رقم کاماروسا و در تیمار کودآبیاری لارما ۲۲۲ و محلول پاشی و کود آبیاری لارما ۴۴۴ بیشترین مقادیر را به دنبال داشت. البته کاربرد همین تیمارها در رقم پاروس نیز موجب شد بیشترین مقادیر این پارامتر در این رقم مشاهده شود (جدول ۷). بررسی نتایج شاخص طعم نشان داد کاربرد کود لارما ۲۲۲ در رقم کاماروسا موجب کاهش این پارامتر نسبت به شاهد شد و کمترین مقدار در روش کودآبیاری به دست آمد. این در حالی است که بیشترین مقدار در تیمار کودآبیاری لارما ۴۴۴ در رقم کاماروسا به دست آمد. همچنین در رقم پاروس نیز کاربرد کود لارما ۲۲۲ موجب کاهش نسبت به تیمار شاهد شده است؛ ولیکن کمترین مقدار در این رقم در تیمار تلقیح ریشه لارما ۴۴۴ به دست آمد (جدول ۷).

نتایج بررسی میزان pH نشان داد رقم کاماروسا نسبت به پاروس اسیدیته بالاتری دارد. بیشترین مقدار این پارامتر در تیمار کودآبیاری لارما ۴۴۴ و در رقم کاماروسا به میزان ۴/۱۳ به دست آمد. در مجموع نتایج نشان داد در هر دو رقم کاربرد کودهای زیستی لارما ۲۲۲ و لارما ۴۴۴ مؤثر بوده و موجب افزایش نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول ۷).

بررسی میزان شاخص کلروفیل نشان داد کاربرد کودهای زیستی موجب افزایش این صفت در هر دو رقم شده است. بیشترین مقدار در رقم پاروس و در تیمار محلول پاشی لارما ۲۲۲ به میزان ۴۱/۳۲ به دست آمد. در رقم کاماروسا نیز بیشترین مقدار به میزان ۴۰/۵۸ در تیمار کودآبیاری لارما ۲۲۲ حاصل شد که با رقم پاروس تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد (جدول ۷).

میزان آنتوسیانین در رقم کاماروسا در همه تیمارها نسبت به رقم پاروس بیشتر بوده و تحت تأثیر کودهای زیستی قرار گرفت، به طوری که کاربرد لارما ۲۲۲ موجب افزایش معنی داری نسبت به شاهد شد و سپس کاربرد لارما ۴۴۴ افزایش معنی داری نسبت به کود لارما ۲۲۲ نشان داد و بیشترین مقدار در همین تیمار و در روش کودآبیاری به میزان ۲۹/۰۷ (میلی گرم بر لیتر) حاصل شد. در رقم پاروس نیز بیشترین مقادیر در هر دو نوع کود زیستی و در روش کودآبیاری به دست آمد (جدول ۷). بررسی میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نشان داد که رقم کاماروسا مقادیر بیشتری داشته و کاربرد کود زیستی نیز بر مقدار آن مؤثر بوده است. بیشترین درصد فعالیت آنتی اکسیدانی در تیمار کودآبیاری لارما ۴۴۴ به میزان ۹۶/۶۶ درصد به دست آمد. همچنین در رقم پاروس نیز بیشترین مقادیر در هر دو نوع کود زیستی و در روش کودآبیاری به دست آمد (جدول ۷).

در مجموع نتایج صفات بیوشیمیایی نشان داد که کاربرد کودهای زیستی مبتنی بر سودوموناس و باسیلوس توانسته موجب افزایش معنی دار در پارامترهایی همچون مواد جامد محلول، اسیدیته میوه، شاخص طعم (TSS / TA)، pH، شاخص کلروفیل آنتوسیانین و فعالیت آنتی اکسیدانی شود. اگرچه اثرگذاری کود زیستی مبتنی بر جنس باسیلوس بیشتر و معنی دار تر بوده است. به طوریکه نتایج گواه آن بود کاربرد کود لارما ۴۴۴ باعث شده بیشترین مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون،

شاخص طعم و pH در رقم کاماروسا و در روش کودآبیاری مشاهده شود. افزایش مشاهده شده در جامدات محلول را می توان به توانایی کود زیستی باسیلوس در افزایش جذب عناصر غذایی در گیاهان نسبت داد. کودهای زیستی حاوی باکتری های مفید مانند گونه های باسیلوس برای بهبود در دسترس بودن و جذب مواد مغذی در ناحیه ریشه، منجر به افزایش تجمع قند و محتوای جامدات محلول بالاتر در میوه ها می شوند. همچنین این افزایش می تواند به دلیل توانایی باسیلوس برای حل کردن فسفر و در دسترس قرار دادن آن برای جذب مواد مغذی و در نهایت افزایش پارامترهای کیفیت میوه مانند جامدات محلول کل باشد (۴۱). گزارش گردید که بیشترین مقدار pH به میزان ۴/۲۳ در رقم توت فرنگی چندلر هنگام استفاده از تیمار کود زیستی به دست آمد. علاوه بر این، مقادیر pH ممکن است با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقه، رقم و تیمارها متفاوت باشد (۴۲). همچنین بیان گردید بیشترین مقدار SSC در هنگام استفاده از تیمار کود زیستی ۱۰/۱۸ بود (۴۳)، این در حالی است که در تیمار ترکیبی کود آلی و کود زیستی بیشترین مقدار مواد جامد محلول به میزان ۸/۴۶ مشاهده شد و همچنین مقادیر اسیدیته بین ۰/۵۹ تا ۰/۶۵ بدست آمد (۴۴). در پژوهشی دیگر مقدار اسیدیته در محدوده ۰/۶۱ تا ۰/۷۴ حاصل شد که نشان از تفاوت مقادیر در تیمارهای مختلف دارد (۴۵). همچنین مقادیر شاخص طعم (TSS/TA) در محدوده ۱۲/۸۴ تا ۱۷/۰۵ برای توت فرنگی Sweet Charlie (۴۵) و ۱۱/۳ تا ۱۴ برای توت فرنگی رقم چندلر (۴۲) بود.

بررسی شاخص کلروفیل نشان داد که بیشترین مقدار این پارامتر در کاربرد لارما ۲۲۲ به صورت محلول پاشی در رقم پاروس به دست آمد؛ اگرچه با روش کاربرد کودآبیاری در رقم کاماروسا تفاوت معنی داری نداشت. کلروفیل متر (SPAD) غلظت نسبی کلروفیل برگ را بر اساس مقدار نور عبور کرده از برگ در دو طول موج که جذب کلروفیل در آنها تفاوت دارد نشان می دهد. بنابراین، شاخص های SPAD معیاری از مقدار کلروفیل موجود در برگ است (۴۶). در مطالعات قبلی مشخص شد که محتوای کلروفیل در اندام هوایی گیاه هنگام تلقیح با سودوموناس دارای فعالیت ACC -دآمیناز افزایش می یابد (۴۷). این افزایش در محتوای کلروفیل همچنین ممکن است به دلیل افزایش سطح برگ فتوسنتزی گیاه با تلقیح، در مقایسه با شاهد تلقیح نشده باشد که در آن سطح برگ افزایش یافته است. به طور کلی، هر چه شرایط تغذیه ای و محیطی از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری ها برای رشد گیاه مناسب تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل برگ ها و تولید انرژی بیشتر می شود. از این رو، عواملی که سبب بهبود شرایط می شوند احتمالاً بر میزان کلروفیل نیز اثر دارند (۴۸). در پژوهشی دیگر بیان گردید که باکتری های محرک رشد اثر مثبت معنی داری را بر محتوای کلروفیل نشان دادند. ایشان دلیل افزایش در محتوای کلروفیل گیاهان تلقیح شده با کود بیولوژیک را افزایش سطح برگ و متعادل شدن عناصر غذایی در خاک دانستند (۴۹).

مقادیر آنتوسیانین و آنتی اکسیدان در رقم کاماروسا به طور معنی داری بیشتر از رقم پاروس بود و بیشترین مقادیر در زمان کاربرد لارما ۴۴۴ به صورت کودآبیاری به دست آمد. در پژوهشی تأثیر باکتری باسیلوس بر رشد و عملکرد توت فرنگی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که استفاده از باکتری باسیلوس منجر به بهبود رشد و عملکرد توت فرنگی می شود. گزارش شده حداکثر میزان مواد جامد محلول، اسید آسکوربیک و آنتوسیانین در میوه گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به دست آمد و کمترین مقدار آن در میوه گیاهان تلقیح نشده ثبت شد (۳۷). یافته های مشابهی نیز توسط بیر و همکاران (۵۰) در مورد توت فرنگی گزارش شده است. این باکتری ها با افزایش جذب عناصر غذایی و تسهیل فرایند هضم و جذب مواد مغذی، بهبودی در رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی ایجاد می کنند. منجر به افزایش محتوای آنتی اکسیدان ها در میوه

توت‌فرنگی می‌شود. آنتی‌اکسیدان‌ها موادی هستند که در مقابل اکسیداسیون سلول‌ها و جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند. افزایش محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها در توت‌فرنگی بهبودی در کیفیت و ارزش غذایی آن ایجاد می‌کند (۵۱). برخی تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از باکتری‌های جنس باسیلوس می‌تواند منجر به افزایش محتوای فنولیک و آنتی‌اکسیدانی در توت‌فرنگی شود، که این مواد می‌توانند به بهبود خواص غذایی و سلامتی توت‌فرنگی کمک کنند (۵۲). باکتری‌های جنس باسیلوس می‌توانند به‌عنوان عوامل زیستی کنترل زیستی بر علیه بیماری‌های توت‌فرنگی استفاده شوند. این باکتری‌ها می‌توانند بهبود مقاومت گیاه به بیماری‌ها را ایجاد کرده و از آسیب‌های ناشی از عفونت‌های قارچی محافظت کنند (۵۳). استفاده از باکتری‌های جنس باسیلوس می‌تواند به بهبود کیفیت محصول توت‌فرنگی کمک کند. این باکتری‌ها می‌توانند بهبود ویژگی‌های ماندگاری، طعم، رنگ و قابلیت فروش محصول را ایجاد کنند (۵۲).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، استفاده از کودهای زیستی در بهبود عملکرد و کیفیت میوه‌های توت‌فرنگی به‌ویژه در دو رقم کاماروسا و پاروس تأثیر مثبت و معناداری دارد. نتایج نشان داد که رقم پاروس با رشد رویشی بهتری نسبت به رقم کاماروسا، توانست به شاخ و برگ بیشتری دست یابد؛ در حالی که کاماروسا از نظر ویژگی‌های زایشی و خواص آنتی‌اکسیدانی مورد توجه قرار گرفت. استفاده از تیمار کود لارما ۲۲۲ به‌روش کودآبیاری، موجب افزایش وزن میوه، طول میوه و تعداد تولید گل خوشه‌ای گردید، که افزایش عملکرد به میزان ۳۰۶ گرم در بوته رقم کاماروسا را به‌همراه داشت. از سوی دیگر، کود لارما ۴۴۴ نیز به‌عنوان یک گزینه مؤثر در افزایش کیفیت میوه‌ها عمل کرد، به‌خصوص که منجر به افزایش قند، اسیدیته و محتوای آنتوسیانین در میوه‌ها شد. این نتایج بیانگر اهمیت ارتباط بین استفاده از کودهای زیستی و بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی‌ها است. لذا، نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای ترویج استفاده از کودهای زیستی در کشت توت‌فرنگی مطرح شود و به کشاورزان و تولیدکنندگان کمک کند تا با کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، به بهبود کیفیت محصولات خود و همچنین حفظ محیط زیست اقدام نمایند.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی تحت تأثیر کودهای زیستی

Table 7-Comparison of Mean biochemical traits under the influence of biofertilizers																
کود Fertilizer	نحوه کاربرد Fertilizer Application	مواد جامد محلول TSS		اسیدیته قابل تیتراژ TA		شاخص طعم TSS/TA		اسیدیته pH		شاخص کلروفیل SPAD		آنتوسیانین Anthocyanin		آنتی اکسیدان Antioxidant		
		Brix- بریکس		%- درصد		-		-		-		mg.l ⁻¹ میلی گرم بر لیتر		%- درصد		
		کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	کاماروسا Camarosa	پاروس Paros	
شاهد Control	پرایمینگ	10.2hi	9.1k	0.94g-i	0.85k	10.85a-c	10.72b-d	3.54g-i	3.48hi	34e	34.66e	24.69d	17.97gh	82.08d	69.77gh	
	محلولپاشی	10.5f-h	9.7j	0.95gh	0.88jk	11.06ab	10.95a-c	3.55f-h	3.44hi	38.22d	35.44e	24.76d	17.78h	82.33d	69.14h	
	کودآبیاری	10.3hi	9.9ij	0.97f-h	0.90i-k	10.55b-e	11.08ab	3.54g-i	3.43i	35.28e	35.28e	24.69d	17.74h	82.09d	68.98h	
لازما ۲۲۲ Larma 222	پرایمینگ	10.7ef	10.3hi	1.04b-d	0.93h-j	10.28de	11.08ab	3.87c	3.74de	38.08d	40.14ab	27.03c	19.47ef	89.87c	74.73ef	
	محلولپاشی	10.8ef	10.6e-g	1.03c-e	0.99e-g	10.48c-e	10.75b-d	3.88c	3.66ef	38.08d	41.32a	27.06c	18.89f	89.98c	72.83f	
	کودآبیاری	11.7b	11.1cd	1.15a	1.07bc	10.14e	10.44c-e	4.00b	3.81cd	40.58ab	39.36b-d	27.88b	19.87e	92.71b	76.09e	
لازما ۴۴۴ Larma 444	پرایمینگ	10.9de	10.3gh	1.01d-f	1.02c-f	10.76b-d	10.14e	3.62fg	3.63e-g	39.22b-d	40.58ab	26.46c	18.76fg	87.98c	72.42fg	
	محلولپاشی	11.8b	11.3c	1.14a	1.06b-d	10.46c-e	10.61b-e	4.04ab	3.78cd	39b-d	40a-c	28.18b	19.52ef	93.70b	74.93ef	
	کودآبیاری	13.2a	11.6b	1.16a	1.08b	11.38a	10.72b-d	4.13a	3.83cd	38.52cd	38.26d	29.07a	19.79e	96.66a	75.88e	

1. Basu, S., Rabara, R., & Negi, S. (2017). Towards a better greener future-an alternative strategy using biofertilizers. I: Plant growth promoting bacteria. *Plant Gene*, 12, 43-49.
2. Garriga, M., Muñoz, C. A., Caligari, P. D., & Retamales, J. B. (2015). Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria x ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae*, 195, 37-47.
3. Gaston, A., Osorio, S., Denoyes, B., & Rothan, C. (2020). Applying the Solanaceae strategies to strawberry crop improvement. *Trends in plant science*, 25(2), 130-140.
4. Yavarpanah, Z., Alizadeh, M., & Seifi, E. (2015). Effects of foliar and root applications of hydro-alcoholic solutions on physiological and biochemical attributes and fruit yield and weight of strawberry. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 5(1), 47-54.
5. Pandey, K. B., & Suttajit, M. (Eds.). (2022). *Plant bioactives as natural panacea against age-induced diseases: Nutraceuticals and functional lead compounds for drug development*. Elsevier.
6. Khan, K., Pankaj, U., Verma, S. K., Gupta, A. K., Singh, R. P., & Verma, R. K. (2015). Bio-inoculants and vermicompost influence on yield, quality of *Andrographis paniculata*, and soil properties. *Industrial Crops and Products*, 70, 404-409.
7. Khosravi, H. (2013). Biofertilizers Containing Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Strengths and weaknesses. *Land Management Journal*, 1(1): 33-46. (In Persian).
8. Liu, L., Du, W., Luo, W., Su, Y., Hui, J., & Ma, S. (2015). Development of an engineered soil bacterium enabling to convert both insoluble inorganic and organic phosphate into plant available phosphate and its use as a biofertilizer. *Molecular Biotechnology*, 57, 419-429.
9. Zhang, X., Li, J., & Pan, X. (2023). Effects of organic fertilizers on yield, soil physico-chemical property, soil microbial community diversity and structure of *Brassica rapa* var. *Chinensis*. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1132853.
10. Li, C., Aluko, O. O., Yuan, G., Li, J., & Liu, H. (2022). The responses of soil organic carbon and total nitrogen to chemical nitrogen fertilizers reduction base on a meta-analysis. *Scientific Reports*, 12(1), 16326.
11. Faraji, S., Rafieiolhossaini, M., & Abasi Soorki, A. (2015). The effect of solitary and combined application of organic and biological manure and chemical fertilizer on some of the qualitative and quantitative properties of sugar beet. *Journal of Crops Improvement*, 17(3), 789-800. (In Persian)
12. Hitha, S., Vinaya, C., & Linu, M. (2021). Chapter 13—Organic Fertilizers as a Route to Controlled Release of Nutrients.
13. Mahmud, A. A., Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K., & Bhojiya, A. A. (2021). Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100063.
14. Singh, J. S., Pandey, V. C., & Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, ecosystems & environment*, 140(3-4), 339-353.
15. Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek-Krowiak, A. (2020). Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresource Technology*, 295, 122223.
16. Silva, L. I. D., Oliveira, I. P. D., Jesus, E. D. C., Pereira, M. C., Pasqual, M., Araújo, R. C. D., & Dória, J. (2022). Fertilizer of the future: Beneficial bacteria promote strawberry growth and yield and may reduce the need for chemical fertilizer. *Agronomy*, 12(10), 2465.
17. García-López, J. V., Redondo-Gómez, S., Flores-Duarte, N. J., Rodríguez-Llorente, I. D., Pajuelo, E., & Mateos-Naranjo, E. (2023). Exploring through the use of physiological and isotopic techniques the potential of a PGPR-based biofertilizer to improve nitrogen fertilization practices efficiency in strawberry cultivation. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1243509.

18. Kilic, N. (2023). Synergistic Effect of Organic and Biofertilizers on Strawberry Cultivation. *Sustainability*, 15(10), 8206.
19. Rana, G. S., & Singh, K. (1992). Storage life of sweet orange fruits as influenced by Fungicides, oil emulsion and packages practices. *Crop Res.*, 5(2), 150-155.
20. Wrolstad, R. E. (1976). Color and pigment analysis in fruit products. Oregon Agriculture Experiment Station Corvallis, Oregon. *Bulletin*, 624.
21. Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., Nabavi, S. M., & Eslami, B. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Cent. Eur. J. Biol.*, 5, 338-345.
22. Pešaković, M., Karaklajić-Stajić, Ž., Milenković, S., & Mitrović, O. (2013). Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. *Scientia Horticulturae*, 150, 238-243.
23. Negi, Y. K., Sajwan, P., Uniyal, S., & Mishra, A. C. (2021). Enhancement in yield and nutritive qualities of strawberry fruits by the application of organic manures and biofertilizers. *Scientia Horticulturae*, 283, 110038.
24. Skliros, D., Papazoglou, P., Gkizi, D., Paraskevopoulou, E., Katharios, P., Goumas, D. E., ... & Flemetakis, E. (2023). In planta interactions of a novel bacteriophage against *Pseudomonas syringae* pv. tomato. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(11), 3801-3815.
25. Wang, J., Ding, Z., Al-Huqail, A. A., Hui, Y., He, Y., Reichman, S. M., ... & Abou-Zaid, E. A. (2022). Potassium source and biofertilizer influence K release and fruit yield of Mango (*Mangifera indica* L.): A three-year field study in sandy soils. *Sustainability*, 14(15), 9766.
26. Wang, J., Qin, S., Fan, R., Peng, Q., Hu, X., Yang, L., ... & Cernava, T. (2023). Plant growth promotion and biocontrol of leaf blight caused by *Nigrospora sphaerica* on passion fruit by endophytic *Bacillus subtilis* strain GUCC4. *Journal of Fungi*, 9(2), 132.
27. Tomic, J. M., Milivojevic, J. M., & Pesakovic, M. I. (2015). The response to bacterial inoculation is cultivar-related in strawberries. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(2), 332-341.
28. Comeau, D., Balthazar, C., Novinscak, A., Bouhamdani, N., Joly, D. L., & Fillion, M. (2021). Interactions between *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. and *Cannabis sativa* promote plant growth. *Frontiers in Microbiology*, 12, 715758.
29. Sarikhani, M. R., Aliasgharzad, N., & Khoshru, B. (2020). P solubilizing potential of some plant growth promoting bacteria used as ingredient in phosphatic biofertilizers with emphasis on growth promotion of *Zea mays* L. *Geomicrobiology Journal*, 37(4), 327-335.
30. Glick, B. R. (2012). Plant growth- promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012(1), 963401.
31. Abdiani, S. A., Kakar, K., Gulab, G., & Aryan, S. (2019). Influence of biofertilizer application methods on growth and yield performances of green pepper. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 2(4).
32. Patel, J. S., Selvaraj, V., More, P., Bahmani, R., Borza, T., & Prithiviraj, B. (2023). A plant biostimulant from *Ascophyllum nodosum* potentiates plant growth promotion and stress protection activity of *Pseudomonas protegens* CHA0. *Plants*, 12(6), 1208.
33. Robas Mora, M., Fernández Pastrana, V. M., Oliva, L. L. G., Lobo, A. P., & Jiménez Gómez, P. A. (2023). Plant growth promotion of the forage plant *Lupinus albus* Var. Orden Dorado using *Pseudomonas agronomica* sp. nov. and *Bacillus pretiosus* sp. nov. added over a valorized agricultural biowaste. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1046201.
34. Lucke, M., Correa, M. G., & Levy, A. (2020). The role of secretion systems, effectors, and secondary metabolites of beneficial rhizobacteria in interactions with plants and microbes. *Frontiers in Plant Science*, 11, 589416.
35. Mehmood, N., Saeed, M., Zafarullah, S., Hyder, S., Rizvi, Z. F., Gondal, A. S., ... & Kupe, M. (2023). Multifaceted impacts of plant-beneficial *pseudomonas* spp. in managing various plant diseases and crop yield improvement. *ACS omega*, 8(25), 22296-22315.

36. Martínez, J. I., Gómez-Garrido, M., Gómez-López, M. D., Faz, Á., Martínez-Martínez, S., & Acosta, J. A. (2019). *Pseudomonas fluorescens* affects nutrient dynamics in plant-soil system for melon production. *Chilean journal of agricultural research*, 79(2), 223-233.
37. Chandramohan Reddy, G., & Goyal, R. K. (2020). Growth, yield and quality of strawberry as affected by fertilizer N rate and biofertilizers inoculation under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 44(1), 46-58.
38. Huang, R., Feng, H., Xu, Z., Zhang, N., Liu, Y., Shao, J., ... & Zhang, R. (2022). Identification of adhesins in plant beneficial rhizobacteria *Bacillus velezensis* SQR9 and their effect on root colonization. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 35(1), 64-72.
39. Morshedi, E., Qareineh, M. H., Kouchakzadeh, A., & Bakhshandeh, A. (2023). Effect of growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizer on yield and malting efficiency of different barley cultivars in rainfed conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 11(2), 235-254. (In Persian)
40. Otroshy, M., Esfehan, F. V., & Amooaghaie, R. (2015). Effect of mycorrhiza and plant growth promoting rhizobacteria on plant growth rate, flowering time and stevioside accumulation pattern in *Stevia rebaudiana* Bert. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2), 220-234. (In Persian).
41. Saeid, A., Prochownik, E., & Dobrowolska-Iwanek, J. (2018). Phosphorus solubilization by *Bacillus* species. *Molecules*, 23(11), 2897.
42. Kumar, P., Sharma, N., Sharma, S., & Gupta, R. (2020). Rhizosphere stoichiometry, fruit yield, quality attributes and growth response to PGPR transplant amendments in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) growing on solarized soils. *Scientia Horticulturae*, 265, 109215.
43. Pešaković, M., Karaklajić-Stajić, Ž., Milenković, S., & Mitrović, O. (2013). Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. *Scientia Horticulturae*, 150, 238-243.
44. Pradeep, B., & Saravanan, S. (2018). Effect of different biofertilizers and organic manures on yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. chandler. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6), 151-155.
45. Kumar, N. K., Ram, R. B., & Mishra, P. K. (2015). Effect of vermicompost and *Azotobacter* on quality parameters of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) cv. Sweet Charlie. *International Journal of Agricultural Science Research*, 5; 269-276.
46. Mosavi Far, B., Behdani, M., Jami Alahmadi, M. and Hosyni, M. (2011). Chlorophyll index changes, SPAD, Relative water content, electrolyte leakage and grain yield in three spring safflower genotypes under the influence of water stress. *Iran J. Agric. Res.* 9: 3. 525-534. (In Persian)
47. Zahir, Z. A., Ghani, U., Naveed, M., Nadeem, S. M., & Asghar, H. N. (2009). Comparative effectiveness of *Pseudomonas* and *Serratia* sp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. *Archives of microbiology*, 191, 415-424.
48. Aghababaei, F., & Reyesi, F. (2011). Mycorrhizal biological effect on chlorophyll, photosynthesis and water use efficiency in four almond genotypes in Chaharmahal and Bakhtiari. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 56, 91-101. (In Persian).
49. Seema, K., Mehta, K., & Singh, N. (2018). Studies on the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth, physiological parameters, yield and fruit quality of strawberry cv. chandler. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 383-387.
50. Beer, K., Kumar, S., Gupta, A. K., & Syamal, M. M. (2017). Effect of organic, inorganic and bio-fertilizer on growth, flowering, yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) cv. Chandler. *International journal of current microbiology and applied sciences*, 6(5), 2932-2939.

51. Rahman, M., Sabir, A. A., Mukta, J. A., Khan, M. M. A., Mohi-Ud-Din, M., Miah, M. G., & Islam, M. T. (2018). Plant probiotic bacteria *Bacillus* and *Paraburkholderia* improve growth, yield and content of antioxidants in strawberry fruit. *Scientific reports*, 8(1), 2504.
52. Drobek, M., Cybulska, J., Gałązka, A., Feledyn-Szewczyk, B., Marzec-Grządziel, A., Sas-Paszt, L., & Frąc, M. (2021). The use of interactions between microorganisms in strawberry cultivation (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Frontiers in Plant Science*, 12, 780099.
53. Wei, Y., Zhao, Y., Shi, M., Cao, Z., Lu, Q., Yang, T.,... & Wei, Z. (2018). Effect of organic acids production and bacterial community on the possible mechanism of phosphorus solubilization during composting with enriched phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Bioresource Technology*, 247, 190-199.