مقاله پژوهشی

بررسی محلول‌پاشی سه نوع کود (زیستی، آلی و کود کامل معدنی) و نانوکلات پتاسیم بر برخی ویژگی‌های کیفی و عملکردی دو رقم تجاری توت‌فرنگی در شرایط گلخانه

رضا قلی‌زاده[۱]، اصغر ابراهیم‌زاده[۱*]، سید مرتضی زاهدی[۱]، اسماعیل کریمی[۲] و محمدباقر حسنپور اقدم[۱]

[۱] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه مراغه

[۲] گروه علوم خاک، دانشگاه مراغه

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۸/۰۴)

چکیده

استفاده از کودهای مناسب زیستی یا آلی جهت افزایش کمیت و کیفیت محصول همواره یکی از دغدغه‌های تولیدکنندگان و کشاورزان بوده است. در پژوهش حاضر اثرات محلول‌پاشی سه نوع کود تجاری Stimplex (کود زیستی)، Essential plus (کود آلی)، Fertigofol ultra (کود کامل معدنی) و همچنین نانوکلات پتاسیم در افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی میوه دو رقم توت‌فرنگی (گاویتا و آلبیون) مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، صفاتی شامل تعداد برگ و غنچه، طول دمبرگ، سفتی میوه و عملکرد تک بوته، محتوای کلروفیل، آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و همین‌طور مقدار کربوهیدرات محلول کل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. طویل‌ترین دمبرگ (۱۵/۲ سانتی‌متر) و بیشترین تعداد برگ (۱۱/۶) در هر بوته مربوط به کود stimplex دررقم گاویتا بود در حالیکه کوتاهترین دمبرگ (۱۱/۱ سانتی-متر) نیز تحت‌تأثیر همین کود در رقم آلبیون بود. بیشترین و کمترین محتوی کربوهیدرات محلول کل به‌ترتیب مربوط به تیمار نانوکلات پتاسیم و کود stimplex در هر دو رقم مورد مطالعه بود. سفتی میوه در رقم آلبیون تحت همه تیمارها بطور قابل توجهی بیشتر از رقم گاویتا بود اما بالاترین میزان سفتی میوه تحت‌تأثیر کود stimplex بدست آمد. با وجود واکنش‌های متفاوت بین ارقام و تیمارها، عملکرد بالاتر میوه در تیمارهای کودی Stimplex، Fertigofol و همچنین در نانوکلات پتاسیم مشاهده شد. بطور خلاصه، در اکثر صفات مورد مطالعه، رقم گاویتا نسبت به آلبیون بهتر بود وکودهای Stimplex و Fertigofol بیشترین اثرات مثبت را بر کمیت و کیفیت میوه‌ها به‌ویژه در رقم گاویتا داشتند و از این رو قابل توصیه به گلخانه‌داران و کشاورزان است.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، رقم، عملکرد، کود زیستی، کیفیت میوه

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* Duch.) یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز است که به خاطر ارزش بالای غذایی، در سراسر جهان دارای اهمیت زیادی از لحاظ اقتصادی و تغذیه‌ای است. ارزش غذایی بالای توت‌فرنگی به‌دلیل دارابودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات پلی‌فنولی مانند فلاونوئیدها، تانن‌ها و آنتوسیانین است (Da Silva *et al*., 2010). میوه توت‌فرنگی با توجه به شکل منحصربه فرد، رنگ جذاب، عطر خوب و طعم خوشمزه‌ای که دارد در سراسر جهان کشت و کار می‌شود. کشور ایران با ۴۱۲۳ هکتار سطح زیر کشت

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: acebrahimzadeh@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]

توت‌فرنگی حائز رتبه ۱۸ در دنیاست و با تولید سالانه حدود ۶۰ هزار تن یکی از تولیدکنندگان مهم توت‌فرنگی در دنیاست اما از نظر عملکرد در هکتار در رتبه ۳۹ جهان جای گرفته است (FAOSTAT, 2019). این اختلاف فاحش و پایین‌بودن میزان بهره‌وری در واحد سطح ناشی از پایین‌بودن ضریب نفوذ دانش فنی و بهره‌گیری از فناوری‌ها و از جمله نقصان‌های اساسی در تغذیه این گیاهان است که لزوم بهره‌گیری از روش‌های نوین داشت و از جمله بهبود تغذیه این محصول ارزشمند را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

از طرفی دیگر، استفاده از روش‌های کاربردی، ایمن و ارزان برای تولید غذای سالم و حفاظت از محیط‌زیست یک ضرورت به حساب می‌آید (Yavarpanah *et al*., 2015). یکی از این راهکارهای رفع مشکل مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم نظام‌های باغبانی می‌باشد.

کودهای زیستی و آلی بواسطه افزایش ظرفیت نگهداری آب و همچنین بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک (Gupta *et al*., 2012; Neumann and Eckhard, 2010) و دارا بودن عناصر غذایی ضروری، نقش مؤثری که در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند و در حال حاضر جایگاه ویژه‌ای در دسته‌بندی انواع کودها دارند. کودهای زیستی بیشتر از کودهای شیمیایی به‌عنوان محرک‌های رشد زود بازده مورد استفاده قرار می‌گیرند و از طرفی مخاطرات کودهای شیمیایی از جمله رسوب فلزات سنگین در خاک و افزایش میزان علف‌های هرز در مزرعه را ندارند (Liu *et al*., 2015).

کاربرد برگی کودها و مخصوصاً کودهای زیستی در جهت رسیدن به تغذیه متعادل در گیاهان مخصوصاً در مناطقی که دارای خاک‌های فقیر از نظر مواد معدنی هستند، بسیار ارزشمند است. استفاده از کودهای زیستی علاوه بر ایجاد ثبات در پایداری اکوسیستم، عوارض جانبی کودهای شیمیایی را نیز ندارند و بعلاوه اغلب آنها بیش از یک نقش دارند، یعنی همزمان که باعث جذب عناصر می‌شوند، باعث افزایش میزان فعالیت هورمون‌های محرک رشد و همچنین افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی نیز می‌شوند (Meena *et al*., 2014; Saharan *et al*., 2018).

کودهای زیستی، و آلی در پاره‌ای موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (Pavero *et al*., 2016). از این‌رو، برای رهایی از مشکلات مصرف کودهای شیمیایی و حذف آلاینده‌ها، حرکت به سمت کشاورزی پایدار و استفاده از روش‌های نوین تغذیه گیاهی، بیش از پیش مورد توجه است (Liu *et al*., 2015). در مطالعات پیشین، کارایی و اثرات مثبت کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی در افزایش رشد و بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی گشنیز (Bastami and Majidian, 2016)، افزایش متابولیسم سلول‌ها و همچنین افزایش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی و نهایتاً عملکرد گیاه فلفل تحت اثر کودهای زیستی و آلی از جمله اسید هیومیک مشخص شده است (Aminifard *et al*., 2012). در پژوهشی دیگر، Mozafari و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با افزایش سطح کود اسیدهیومیک، بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شنبلیله افزوده شد. از طرفی دیگر در بیشتر تحقیقات قبلی صورت گرفته، معلوم شده است که بکارگیری کودهای زیستی بویژه عصاره جلبک دریایی روی گیاهان مختلف از جمله درختان میوه و درختچه انگور سبب افزایش حجم ریشه و توانایی آنها در جذب بیشتر عناصر غذایی از خاک و به‌تبع آن بهبود عملکرد گیاهان شده است (Calvo *et al*., 2014). لذا نظر به اهمیت غذایی و تجاری روز افزون توت‌فرنگی و اینکه ویژگی‌های کیفی و عملکرد ارقام تجاری این گیاه شدیداً تحت‌تأثیر شرایط داشت و بویژه فاکتور تغذیه قرار می‌گیرد، پژوهش حاضر جهت بررسی تأثیر سه نوع کود زیستی-آلی و همچنین نانوکلات پتاسیم بر عملکرد و پاره‌ای از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی دو رقم تجاری توت‌فرنگی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مراحل اولیه این تحقیق در یک گلخانه تجاری واقع در شهرستان مراغه روی دو رقم تجاری توت‌فرنگی در سال

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]

۱۳۹۷ انجام گرفته است. گلخانه مورد بهره‌برداری از نوع اسپانیایی با میانگین دمای ۲۸±۲ °C در طول روز و ۱۸±۲ °C در شب و متوسط رطوبت نسبی در طول دوره رشد ۶۰±۱۰ درصد بود. آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل سه بوته بود، بطوری‌که فاکتور اول شامل ۴ نوع کود (Stimplex, Essential plus, Fertigofol و نانوکلات پتاسیم به‌همراه تیمار شاهد (عدم کاربرد کود)) و فاکتور دوم شامل ۲ رقم تجاری توت‌فرنگی آلبیون و گاویتا بود.

چهار کود مورد استفاده در انجام تحقیق عبارت بودند از: ۱) کود زیستی Stimplex که عصاره تجاری جلبک دریایی به نام (*Ascophyllum nodosum*) است که به‌عنوان محرک زیستی گیاهی ثبت شده است، که حاوی مقادیری از همه عناصر، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه، اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها است ۲) کود Essential plus (کود آلی)؛ یک محرک رشد و ضدتنش که به‌عنوان یک کود کاملاً ارگانیک محتوی مقادیر مناسبی از عناصر مورد نیاز رشد گیاهان نیز است. ۳) کود Fertigofol Ultra (کود کامل)؛ یک ترکیب کودی کامل محتوی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، عناصر ریزمغذی و ۱۸ نوع اسیدآمینه (گلیسیرین، پرولین، هیدروکسی پرولین، لیسین و تعدادی دیگر از آمینواسیدها) و نهایتاً ۴) کود نانوکلات پتاسیم بوته‌های دختری دو رقم تجاری توت‌فرنگی تهیه‌شده از خزانه تجازی واقع در مراغه در مرحله سه برگی در بستر کشت (کانال‌هایی به ابعاد ۰/۵ × ۲۰ متری) شامل مخلوط‌های شن، کوکوپیت و پرلیت به نسبت‌های مساوی حجمی کشت گردیدند. ابتدا به منظور تغذیه گیاهان از محلول پایه هوگلند تغییریافته بسته به نیاز گیاه به‌همراه آب آبیاری استفاده شد. هم‌چنین آبیاری در ابتدای کشت هر روز یکبار و در دیگر مراحل رشد بسته به شرایط محیطی گلخانه تغییر یافت. نحوه اعمال تیمارهای آزمایشی به این صورت بود که پس از استقرار بوته‌ها، محلول‌پاشی با استفاده از کودهای مورد تحقیق به فاصله هر دو هفته یکبار تا پایان مرحله باردهی بوته‌ها، طی شش مرحله انجام شد. در طول دوره آزمایش برخی صفات مورفولوژیکی و عملکردی شامل تعداد برگ و غنچه گل، طول دمبرگ، حجم میوه، سفتی و عملکرد تک بوته اندازه‌گیری شدند، متعاقباً نمونه‌برداری از اندام‌های مختلف گیاه صورت گرفته و با استفاده از نیتروژن مایع جهت مطالعات بعدی (بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی) به آزمایشگاه منتقل گردید.

سنجش کلروفیل کل: مقدار ۰/۵ گرم از برگ را در هاون چینی ریخته و سپس نمونه‌ها با استفاده از نیتروژن مایع خرد و به خوبی له شدند. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل گردید. مقدار جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۶۴۵ و ۶۶۴ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu, Model UV 1800, Kyoto, Japan) خوانده شد (Arnon, 1967).

تعیین میزان آنتوسیانین کل: آنتوسیانین کل با استفاده از متانول اسیدی استخراج گردید. بدین صورت که یک گرم بافت میوه فریزشده در نیتروژن مایع پودر گردیده و در ۲ میلی‌لیتر متانول اسیدی هضم گردید. عصاره حاصل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. فاز مایع جدا گردیده و ۱۰۰ میکرولیتر از این عصاره در کمپلکس واکنشی حاوی ۱۹۰۰ میکرولیتر متانول اسیدی مخلوط گشته و در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu, Model UV 1800, Kyoto, Japan) میزان جذب آن‌ها خوانده شد (Wanger, 1979).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی یا همان میزان مهار رادیکال آزاد از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی و با کمک ۲،۲ – دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید (Turkmen *et al.*, 2005). برای این منظور ۲ میلی‌لیتر از محلول اتانولی ۰/۱۵ میلی‌مولار DPPH به لوله آزمایش حاوی ۱ میلی‌لیتر عصاره گیاهی توت‌فرنگی اضافه شد. سپس محلول حاصل به‌مدت ۳۰ ثانیه با دستگاه ورتکس مخلوط شد. سپس محلول به‌مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق تثبیت گردید. جذب نمونه‌ها در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]

طول‌موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Shimadzu, Model UV 1800, Kyoto, Japan) خوانده شد.

سنجش میزان کربوهیدرات محلول کل: اندازه‌گیری کربوهیدرات کل به روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد. بطور خلاصه، ۰/۵ گرم از برگ فریزشده توسط ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد هضم گردیده و از صافی پارچه‌ای ریز عبور داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد جهت هضم نهایی استفاده و از صافی عبور داده شد. عصاره بدست آمده در ۵۵۰۰ دور در دقیقه، به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. در مرحله بعد ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره سانتریفیوژ شده با ۳ میلی‌لیتر از محلول آنترون در لوله آزمایش توسط ورتکس مخلوط گردید. سپس لوله‌های آزمایش در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و دوباره از ورتکس جهت مخلوط‌کردن استفاده شد. در مرحله آخر در طول‌موج ۶۵۰ نانومتر خوانده شد.

اندازه‌گیری عناصر: برای اندازه‌گیری منیزیم و آهن از روش خاکسترکردن خشک استفاده شد. برای این منظور یک گرم ماده خشک میوه آسیاب‌شده در بوته چینی ریخته و در کوره قرار داده شد و دما به آرامی تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت تا خاکستر سفید رنگی حاصل شود. پس از سرد شدن نمونه‌ها ۲۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به هر نمونه اضافه و به‌مدت نیم ساعت در حمام شن قرار داده شدند. درنهایت نمونه‌ها در داخل بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری صاف گردیده و به حجم رسانده شد (Cottenie, 1980). غلظت عناصر در عصاره‌های گیاهی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 اندازه‌گیری و گزارش شد (Ryan *et al*., 2001).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

طول دمبرگ، تعداد برگ و گل: اثر تیمارهای کودی بر صفت طول دمبرگ در رقم گاویتا دارای اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین در رقم آلبیون، طول دمبرگ تحت‌تأثیر کودهای نانوکلات پتاسیم و Essential plus افزایش یافت. کمترین میزان این صفت در رقم آلبیون تحت‌تأثیر کود Stimplex و شاهد مشاهده شد (شکل ۱).

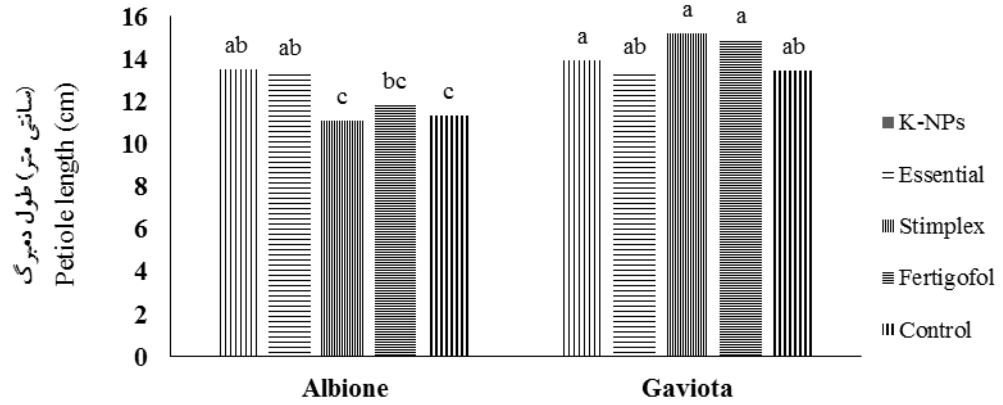
نتایج نشان داد رقم گاویتا تحت‌تأثیر تیمار کود زیستی Stimplex و Fertigofol با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها، دارای بیشترین تعداد برگ بود (شکل ۲). رقم گاویتا تحت‌تأثیر تیمارهای کودی Fertigofol و نانوکلات پتاسیم با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین تعداد غنچه بود (شکل ۲).

هر چه رشد ریشه‌های گیاه بهتر باشد به تناسب آن نیز سایر اندام‌ها از قبیل اندام‌های رویشی و زایشی نیز از رشد بهتری برخوردار خواهند شد (Sibi *et al*., 2016). کودهای زیستی روی خصوصیات رویشی، کیفی و میزان محصول تأثیر گذاشته و تلقیح نشاءهای گوجه‌فرنگی با کودهای زیستی محتوی *Bacillus*، *Azotobacter* و *Azosperillium* باعث افزایش تعداد برگ شد که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت (El-zeiny *et al*., 2001). تغذیه مناسب در زمان گلدهی برای بهبود گلدهی نقش مهمی دارد و باعث افزایش رشد زایشی و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Darzi *et al*., 2008) که با نتایج حاصل از این تحقیق همسو است. افزایش تعداد غنچه‌ها تحت‌تأثیر عناصر خاص بویژه پتاسیم می‌باشد، نتایج این آزمایش نیز مؤید این امر هست بطوریکه کود نانو کلات پتاسم و کود کامل Fertifogol که محتوی مقدار متعادلی از تمام عناصر می‌باشد، بیشتر از بقیه کودها باعث افزایش معنی‌دار تعداد غنچه‌ها گردید (شکل ۲).

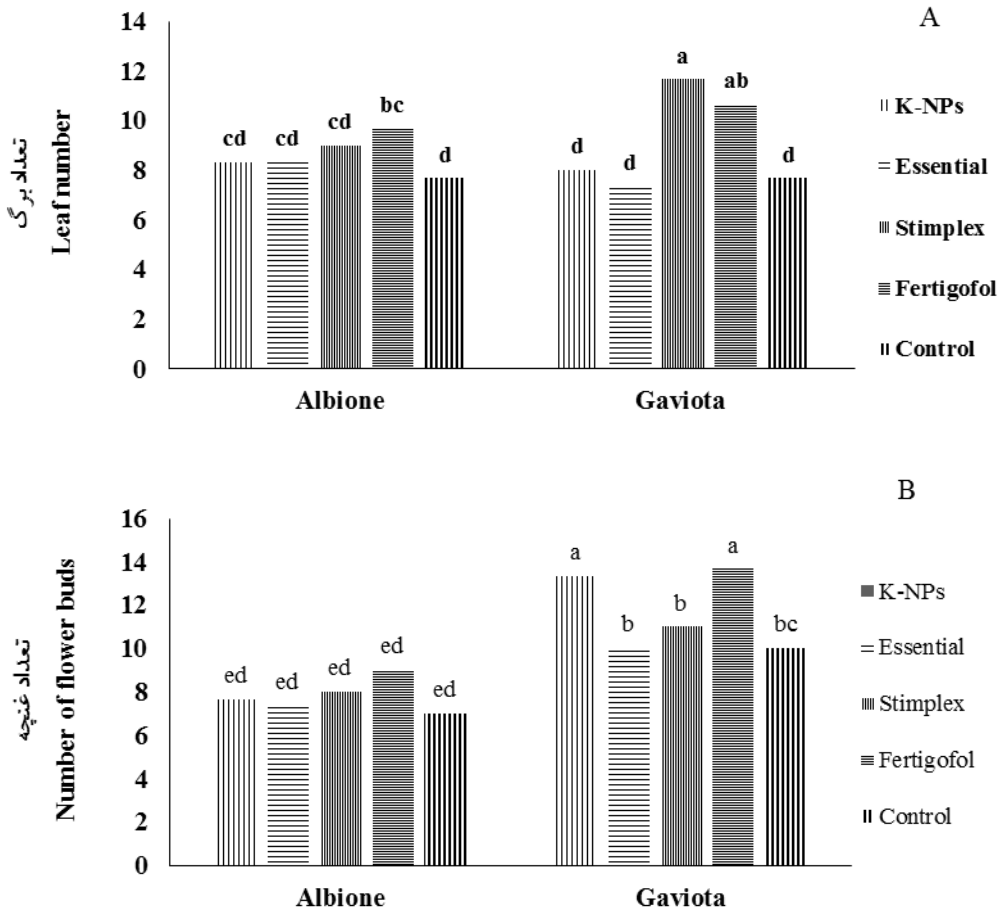
کلروفیل کل: محتوای کلروفیل کل در رقم گاویتا تحت‌تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت بطوریکه میزان کلروفیل گیاهان تحت تیمار Stimplex، Essential plus ونانوکلات پتاسیم افزایش یافت با اینحال در رقم آلبیون این تأثیر معنی‌دار نبود. بیشترین شاخص کلروفیل برگ با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارهای کودی و رقم گاویتا، مربوط به رقم آلبیون تحت تأثیر تیمار کودی نانوکلات پتاسیم بود (شکل ۳).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]



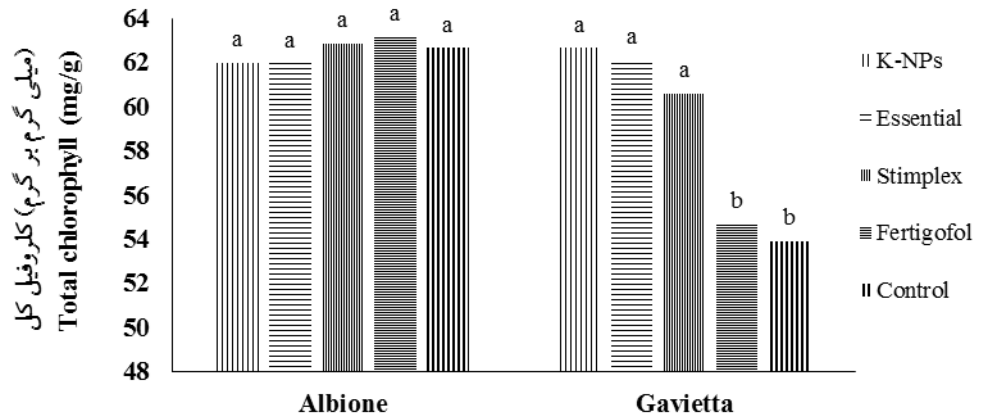
شکل ۱- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی طول دمبرگ بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی تعداد برگ (A) و تعداد غنچه گل (B) بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

کلروفیل مهم‌ترین رنگدانه‌های نوری در گیاه هستند که مسئولیت اصلی آن دریافت انرژی نورانی برای استفاده در فتوسنتز است، با کاهش میزان کلروفیل در گیاه مقدار فتوسنتز برگ کاهش یافته که نتیجه آن کاهش تولید محصول است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]



شکل ۳- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی کلروفیل کل بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

مطالعات مختلف نشان داده که کاربرد کودهای آلی و زیستی، تولید رنگیزه‌های کلروفیلی را تحریک می‌کند و در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود (Asri *et al.*, 2015). کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی شرایط بهتری را در افزایش خصوصیات رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی گشنیز در شرایط گلخانه‌ای نسبت به کود دامی جهت دستیابی به کشاورزی پایدار فراهم آوردند (Bastami and Majidian, 2016). مطالعات صورت گرفته توسط Menbari و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که تلفیق باکتری پتروریزوبیوم و کود زیستی پتابارور ۲ باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه شنبلیله گردید.

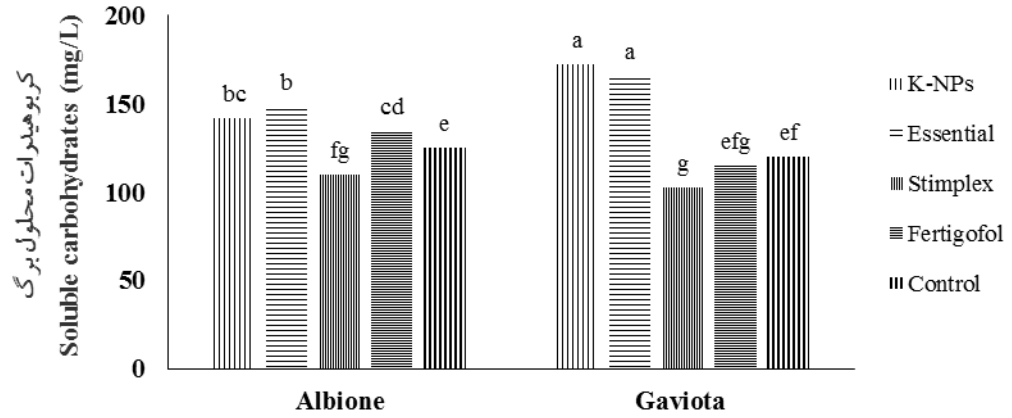
کربوهیدرات محلول برگ: نتایج نشان داد که رقم گاویتا تحت تأثیر تیمارهای کودی نانوکلات پتاسیم و Essential plus نسبت به سایر تیمارهای کودی و رقم آلبیون دارای بیشترین میزان کربوهیدرات محلول برگ بود. کمترین میزان این صفت در هر دو رقم تحت تیمار کود زیستی Stimplex مشاهده شد (شکل ۴).

کودهای زیستی و آلی دارای فعالیت شبه هورمونی هستند و جذب عناصر معدنی همانند فسفر و پتاسیم را در گیاهان افزایش می‌دهند که این امر خود سبب بهبود فتوسنتز و افزایش مقدار قند تولیدی در گیاه می‌شود. همچنین مواد آلی باعث افزایش فتوسنتز در گیاه می‌شود و پیرو آن تنفس که یک رابطه مستقیم با فتوسنتز دارد افزایش می‌یابد، و درنتیجه، این عوامل فیزیولوژیکی باعث حفظ و ذخیره مواد جامد محلول مثل قندها در برگ می‌شوند. کودهای آلی و زیستی موجب افزایش انتقال گلوکز از بین غشاهای سلولی در گیاهان پیاز، چغندرقند و آفتابگردان شده و موجب افزایش میزان کربوهیدرات در سیب زمینی، چغندر قند، هویج و گوجه‌فرنگی شد (Aminifard and Khandan, 2019). درگیاه گوجه‌فرنگی کاربرد ورمی‌کمپوست به‌عنوان کود آلی، سبب افزایش مواد جامد محلول و غلظت کربوهیدرات میوه نسبت به تیمار شاهد شد (Gutierrez-Miceli *et al.*, 2007).

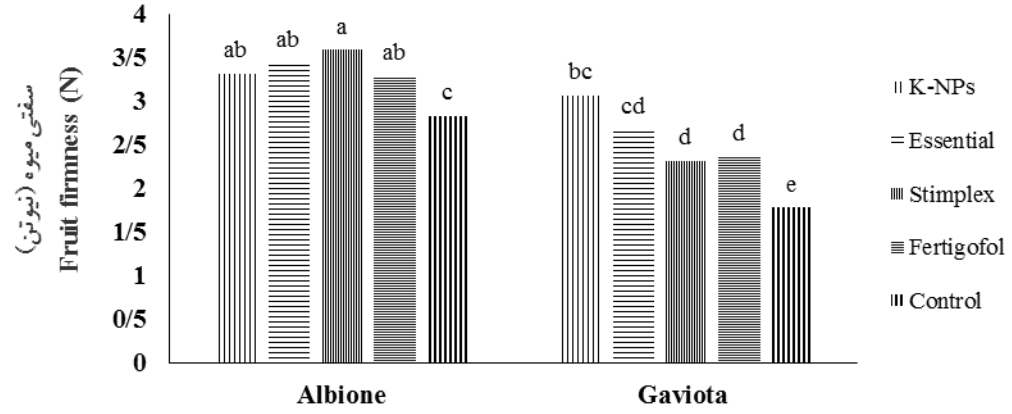
سفتی میوه: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم آلبیون در مقایسه با رقم گاویتا پاسخ بهتر و بیشتر در خصوص صفت سفتی میوه به تیمارهای کودی مورد تحقیق داشت و کود زیستی Stimplex با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد و کلیه تیمارهایی رقم گاویتا دارای بیشترین میزان سفتی میوه بود. کمترین میزان سفتی میوه در تیمار شاهد و در رقم گاویتا مشاهده شد (شکل ۵).

نرم‌شدن پس از برداشت میوه به‌دلیل فروپاشی دیوارهٔ یاخته‌ای ناشی از فعالیت آنزیمی، حلالیت پکتین و کاهش مقاومت مکانیکی دیواره‌های یاخته‌ای است که باعث کاهش سفتی میوه می‌شوند. رسیدن میوه با تحریک تولید اتیلن منجر به تغییرپذیری فیزیولوژیکی در اندام‌های گیاهی مانند نرم‌شدن بافت میوه، تجزیهٔ رنگیزه‌های گیاهی، تغییرپذیری‌هایی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]



شکل ۴- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی کربوهیدرات محلول برگ بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



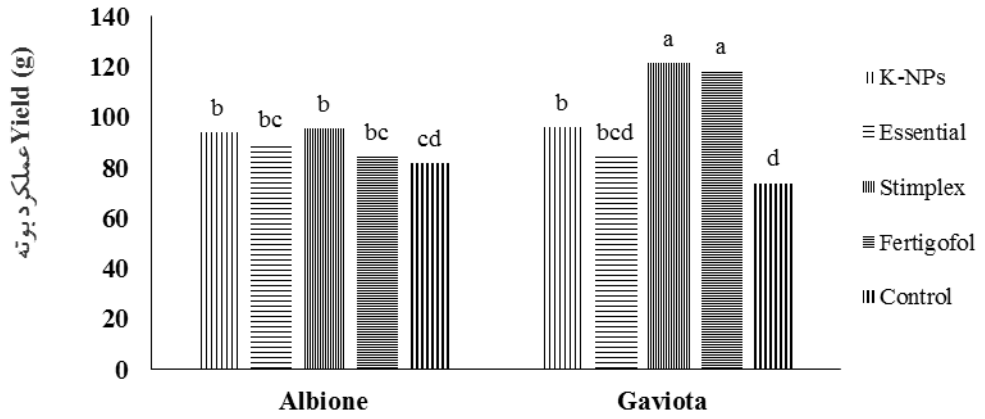
شکل ۵- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی سفتی میوه بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

محتوای اسیدهای آلی (ارگانیک) و قندها می‌شود (Ahmad *et al.*, 2014). حفظ آماس سلولی، جلوگیری از بیوسنتز یا عمل اتیلن، ممانعت از فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی و غشاء از قبیل پلی‌گالاکتروناز، لیپوکسیژناز، سلولاز و پکتین متیل‌استراز و کاهش میزان تنفس، منجر به حفظ سفتی میوه می‌گردد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد کودهای زیستی از این طریق منجر به کاهش روند نرم‌شدگی میوه‌های تیمارشده در مقایسه با میوه‌های شاهد می‌شوند (Bregoli *et al.*, 2002).

عملکرد تک بوته: نتایج نشان داد رقم گاویتا تحت تأثیر تیمارهای کودی Stimplex و Fertigofol با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارهای کودی و رقم آلبیون دارای بیشترین عملکرد تک بوته بودند (شکل ۶).

کودهای زیستی و آلی از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم درون سلول‌ها و همچنین افزایش میزان کلروفیل، باعث افزایش عملکرد می‌شوند. فعالیت فتوسنتزی گیاهان با کاربرد کودهای آلی افزایش پیدا می‌کند؛ به‌طوری‌که محلول‌پاشی درختان با اسید هیومیک، سبب افزایش تحریک و باز شدن روزنه‌ها شده و این موضوع می‌تواند سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی شده و مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار میوه قرار دهد (Aminifard *et al.*, 2012). همچنین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]



شکل ۶- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی عملکرد تک بوته بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

کودهای آلی، با تحرک بخشیدن به یون‌ها و نیز بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب عناصر غذایی شده و در نتیجه وزن تک میوه افزایش می‌یابد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، کاربرد عصاره جلبک‌دریایی به صورت محلول‌پاشی برگی طی رشد رویشی گیاه فلفل باعث افزایش اندازه، وزن و عملکرد میوه شد و این افزایش به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون ایندول استیک اسید (اکسین)، جیبرلین، کینتین و زآتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شد است (Arthur *et al.*, 2003). استفاده از کودهای حاوی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش میزان بیوسنتز سایتوکنین درون‌زا در اندام‌ها، به‌ویژه میوه‌های در حال رشد شده و از این طریق باعث افزایش عملکرد و وزن میوه می‌شود.

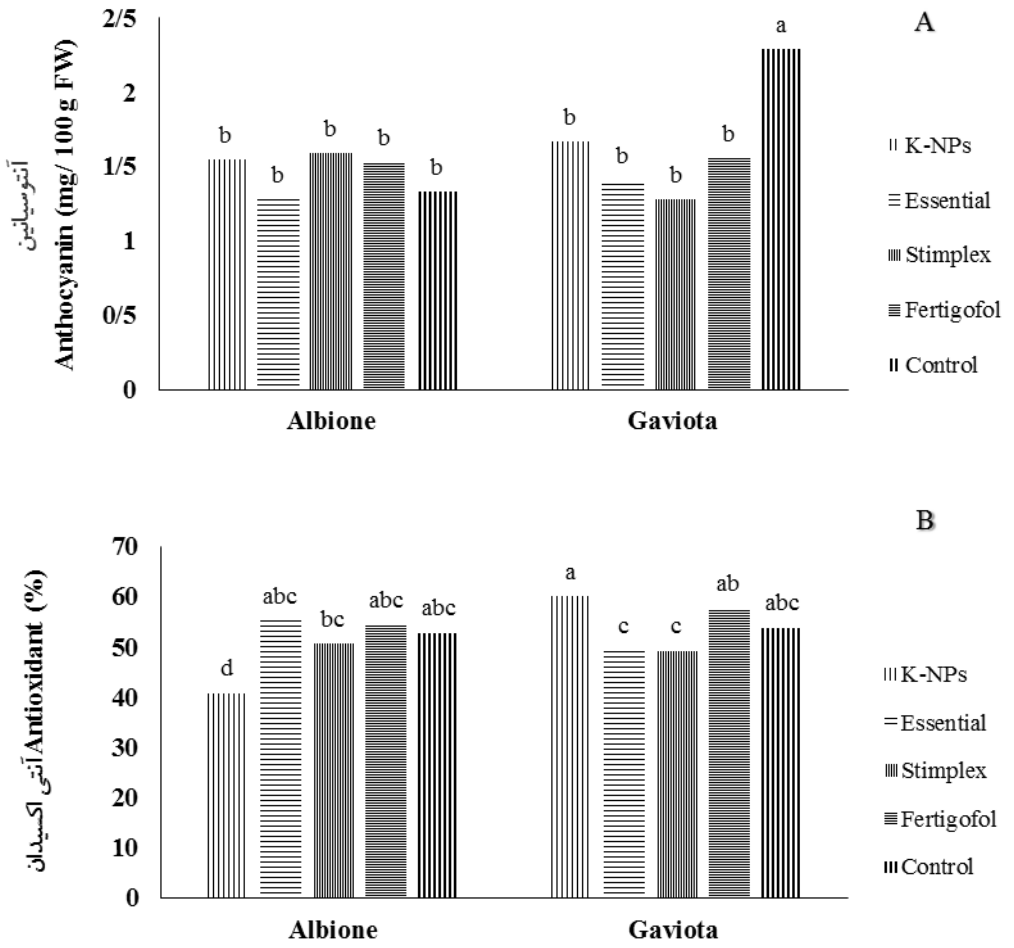
آنتوسیانین و آنتی‌اکسیدان: نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها، مربوط به میوه‌های بوته شاهد در رقم گاویتا بود (شکل ۷). همچنین براساس نتایج حاصله، بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، در میوه‌های رقم گاویتا تحت تیمارهای کودی نانوکلات پتاسیم و Fertigofol مشاهده گردید و کمترین میزان آنتی‌اکسیدان در تیمار کودی نانوکلات پتاسیم در رقم آلبیون مشاهده شد. همچنین، تیمارهای کودی Fertigofol و Essential plus در رقم آلبیون دارای مقادیر بالای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بودند (شکل ۷).

کودهای زیستی و آلی علاوه بر بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی، منجر به افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی گیاه نیز می‌گردند. در رقم گاویتا به‌نظر می‌رسد استفاده از کودهای زیستی و نانوکلات پتاسیم منجر به رشد بیشتر میوه‌ها گردیده و درنتیجه میزان آنتوسیانین میوه در تیمارهای محلول‌پاشی در مقایسه با میوه‌های شاهد کمتر بود. براساس گزارش Zhang و Schmidt (۲۰۰۰)، کودهای آلی و زیستی عموماً مانند تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اکسین و سایتوکنین عمل می‌کنند و سبب بهبود تحمل تنش‌های مختلف و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌شوند. پژوهش Mozafari و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که با افزایش سطح کود اسید هیومیک، بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شنبلیله افزوده شد.

منیزیم و آهن میوه: نتایج نشان داد که رقم آلبیون تحت-تأثیر تیمار کودی نانوکلات پتاسیم با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارهای کودی و رقم گاویتا دارای بیشترین میزان منیزیم میوه بود و کمترین میزان منیزیوم میوه در عدم مصرف کود (شاهد) در هر دو رقم بدست آمد (شکل ۸). همچنین بیشترین میزان آهن با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها در میوه‌های رقم آلبیون تحت تیمار کودی نانوکلات پتاسیم مشاهده شد، در حالیکه کمترین میزان آهن مربوط به تیمار کودی Essential plus در رقم گاویتا بود (شکل ۸).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]



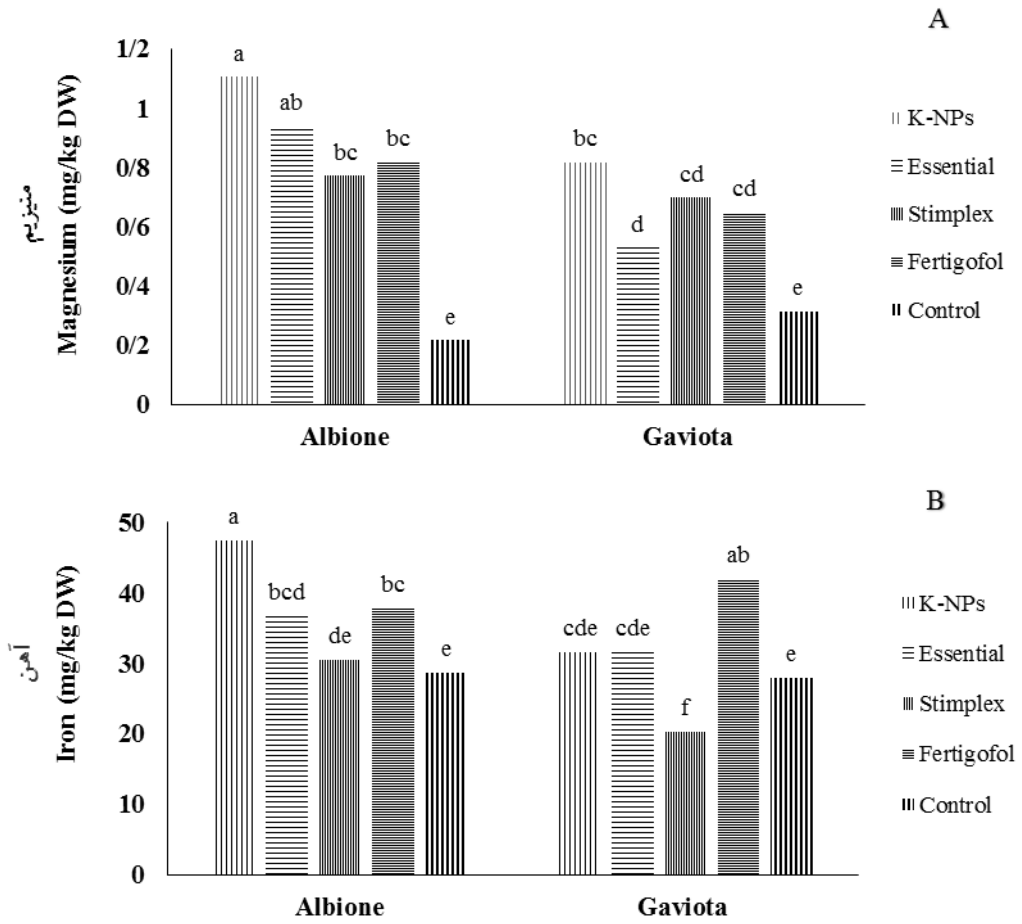
شکل ۷. اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی آنتوسیانین (A) و آنتی‌اکسیدان (B) بر دو رقم توت‌فرنگی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

مطالعات نشان داده است که افزایش دسترسی گیاه به پتاسیم باعث افزایش جذب آب توسط سلول‌های ریشه می‌شود که درنتیجه باعث افزایش پتاسیل اسمزی و گسترش ریشه‌ها می‌گردد و این امر موجب دسترسی بیشتر به آب و عناصر غذایی و افزایش رشدونمو گیاه می‌شود(Grzebisz *et al.*, 2013). همچنین، باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند با سنتز هورمون‌های گیاهی موجب افزایش رشد گیاه شوند. این باکتری‌ها با توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه باعث افزایش سطح جذب گیاه می‌شوند. در ارتباط با تأثیر میکوریز بر رشد رویشی گیاهان، سازوکارهای مختلفی بیان شده است که از مهم‌ترین آن‌ها تأثیر میکوریز بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، پتاسیم و فسفر از خاک است (James *et al.*, 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد رقم گاویتا هم در تعداد برگ و هم تعداد غنچه در هر بوته نسبت به رقم آلبیون عملکرد بهتری داشت با اینحال این تفاوت معنی‌دار در تعداد برگ تحت تأثیر تیمار کود زیستی Stimplex بود ولی بیشترین افزایش تعداد غنچه مربوط به گیاهان متأثر از کود Fertigofol و نانوکلات پتاسیم بود. تغذیه مناسب در زمان گلدهی برای بهبود گلدهی نقش مهمی دارد و باعث افزایش رشد زایشی و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Darzi *et al.*, 2008) که با نتایج حاصل از این تحقیق همسو می‌باشد. افزایش تعداد غنچه‌ها تحت تاثیر عناصر خاص بویژه پتاسم است که این موضوع مؤید نتایج ما در این آزمایش بود بطوریکه کود نانو کلات پتاسم و کود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]



شکل ۸- اثر متقابل سه نوع کود زیستی- آلی و کود نانوکلات پتاسیم روی منیزیم (A) و آهن (B) بر دو رقم توت‌فرنگی; ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

کامل Fertifogol که محتوی مقدار متعادلی از تمام عناصر می‌باشد، بیشتر از بقیه کودها باعث افزایش معنی‌دار تعداد غنچه‌ها گردید. از طرف دیگر، رقم آلبیون در مقایسه با رقم گاویتا پاسخ بهتر و بیشتر در خصوص صفت سفتی میوه به تیمارهای مورد پژوهش نشان داد و کود زیستی Stimplex با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد و سایر تیمارها، بیشترین میزان سفتی میوه را ایجاد نمود، در حالیکه کمترین میزان سفتی میوه در تیمار شاهد رقم گاویتا مشاهده شد. نتایج حاصله در خصوص میزان عناصر موجود در میوه‌های توت‌فرنگی معلوم کرد که رقم آلبیون در افزایش میزان منیزیوم و آهن، موفق‌تر عمل کرد. بیشترین میزان منیزیم و همین‌طور آهن میوه با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها تحت‌تأثیر تیمار کودی نانوکلات پتاسیم بود.

به‌طورکلی، گوناگونی‌هایی در صفات مختلف مورد مطالعه در پاسخ به کودهای مورد استفاده در دو رقم وجود داشت اما هر سه کود مورد تحقیق و همین‌طور نانوکلات پتاسیم در مقایسه با شاهد باعث بهبود اکثر صفات مورد بررسی در هر دو رقم توت‌فرنگی گاویتا و آلبیون شدند. و درنهایت، رقم گاویتا نسبت به رقم آلبیون در شرایط گلخانه، در اکثر صفات مورد بررسی در این آزمایش کارایی بهتری را داشت. از اینرو و با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کشت رقم گاویتا با بهره‌گیری از کودهای زیستی و آلی مورد مطالعه، قابل توصیه به کشاورزان و تولیدکنندگان توت‌فرنگی می‌باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]

منابع

Ahmad, M. S., Nayyer, M. A., Aftab, A., Nayak, B. and Siddiqui, M. W. (2014) Quality prerequisites of fruits for storage and marketing. Journal of Postharvest Technology 2: 107-123.

Aminifard, M. H. and Khandan, S. (2019) The effect of different levels of seaweed extract on the growth, yield and biochemical characteristics of bitter squash (*Momordica charantia* L.). Journal of Plant Enivrontal Physiology 13: 56-66. (In Persian).

Aminifard, M. H., Aroiee, H., Azizi, M., Nemati, H. and Jaafar. H. Z. E. (2012) Effect of humic acid on antioxidant activities and fruit quality of hot pepper (*Capsicum annuum*). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 18: 360-369.

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Arthur, G. D., Stirk, W. A. and Van Staden, J. (2003) Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of Capsicum annul. South African Journal of Botany 69: 207-211.

Asri, F. O., Ari, N. and Demirtas, E. I. (2015) Change in fruit yield, quality and nutrient concentration in response to soil humic acid applications in processing tomato. Bulgarian Journal of Agricultural Science 21: 585-591.

Bastami, A. and Majidian, M. (2016) Comparison between mycorrhizal fungi, phosphate biofertilizer and manure application on growth parameters and dry weight of coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant. Journal of Soil and Plant Interactions 7: 23-33. (In Persian).

Bregoli, A. M., Scaramagli, S., Costa, G., Sabatini, E., Ziosi, V., Biondi, S. and Torrigiani, P. (2002) Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: Amino ethoxyvinylglycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. Plant Physiology 114: 472-481.

Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J. W. (2014) Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil 383: 3-41.

Cottenie, A. (1980) Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. FAO Soils Bull 38: 70-73.

Da Silva Pinto, M., De Carvalho, J. E., Lajolo, F. M., Genovese, M. I. and Shetty, K. (2010) Evaluation of antiproliferative, anti-type 2 diabetes, and antihypertension potentials of ellagitannins from strawberries (*Fragaria*× *ananassa* Duch.) using in vitro models. Journal of Medicinal Food 13: 1027-1035.

Darzi, M. T., Ghalavand, A. and Rajali, F. (2008) Effect of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Journal of Research of Medicinal and Aromatic Plants 22: 276-292.

El-zeiny, O. A. H., El-Behariy, U. A. and Zaky, M. H. (2001) Influence of biofertilizer on growth, yield and fruit quality of tomato grown under plastic house. Journal of Agricultural Science 26: 1749-1763.

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. FAOSTAT (2019) Available at: http://faostat.fao.org.

Grzebisz, W., Gransee, A., Szczepaniak, W. and Diatta, J. (2013) The effect of potassium fertiliziation on water-use efficiency in crop plants. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 176: 355-374

Gupta, R. R., Shukla, M. and Kumar, S. (2012) Effect of nitrogen and phosphorus on flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). Agricultural Research. Center 32: 539-541.

Gutierrez-Miceli, F., Santiago-Boraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abdul-Archila, M., Llaven, M. A. O., Rinco´n-Rosales, R. and Dendooven, L. (2007) Vermicomposting as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Bioresource. Technology 98: 2781-2786.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Dias, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Plant Physiology 84: 55-60.

James, B., Rodel, D., Lorettue, U., Reynaldo, E. and Tariq, H. (2008) Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna spectabilis*. Pakistan Journal of Botany 40: 2217-2224.

Liu, D. H., Zhu, D. W., Guo, L. P., Liu, W., Zuo, Z. T., Jin, H. and Yang, Y. (2015) Effects of nitrogen fertilization on growth, yield and quality of *Chrysanthemum morifolium*. Plant Nutrition and Fertilizer. Science 18: 188-195.

Meena, V. S., Maurya, B. R. and Verma, J. P. (2014) Does a rhizospheric microorganism enhance K^+ availability in agricultural soils? Microbiological Research 169: 337-347.

Menbari, S., Alizadehsalteh, S., Bolandnazar, S. and Sarikhani, M. R. (2017) Evaluation of the effects of biological and chemical fertilizers on some physiological and growth characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Journal of Sustainable Agriculture 27: 153-169.

Mozafari, S., Khorasani Nejad, S. and Greginia shabankare, H. (2017) The effect of irrigation regimes and humic acid application on some physiological and biochemical characteristics of purapole (*Portulaca oleracea* L.) medicinal plant in greenhouse conditions. Journal of Crops 19: 401-416.

Neumann, E. and Eckhard, G. (2010) The *Arbuscular mycorrhiza* fungal symbiosis as a plant nutrient acquisition strategy. Nutrient Uptake 137-167.

Pavero, G., Mejia, J. F., Tommaso, D. D., Piaggesi, A. and Warrior, P. (2016) A systematic approach to discover and characterize natural plant bio stimulants. Frontiers in Plant Science 7: 1-9.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]

Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2001) Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. 2nd Ed. Available from ICARDA, Aleppo, Syria.

Saharan, K., Schutz, L., Kahmen, A., Wiemken, A., Boller, T. and Mathimaran, N. (2018) Finger millet growth and nutrient uptake is improved in intercropping with pigeon pea through Biofertilization and Bioirrigation mediated by *Arbuscular mycorrhizal* fungi and plant growth promoting rhizobacteria. Frontiers in Environmental Science. 6: 485-497.

Sibi, M., Nezami, A. and Khazaie, H. (2016) The effect of concentration, time and applying instruction of seaweed extract on some morphological characteristics of of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Crop Physiology Journal 8: 5-21. (In Persian).

Turkmen, N., Sari, F. and Velioglu, Y. S. (2005) The effect of cooking methods on total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry 93: 713-718.

Wanger, G. J. (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology 64: 88-93.

Yavarpanah, Z., Alizadeh, M. and 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: 47-54.

Zhang, X. and Schmidt, R. E. (2000) Hormone-containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bent grass subjected to drought. Crop Science 40: 1344-1349.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]

Study of foliar application of three bio & organic fertilizers and Nano chelated potassium on the yield and some quality attributes of two strawberry cultivars under greenhouse conditions

Reza Gholizadeh[1], Asghar Ebrahimzadeh[1*], Seyyed Morteza Zahedi[1], Esmaeil Karimi[2] and Mohammad Bagher Hassanpouraghdam[1]

[1] Department of Horticultural Science, University of Maragheh, Iran
[2] Department of Soil Science, University of Maragheh, Iran
(Received: 17/08/2021, Accepted: 26/10/2021)

Abstract

The use of appropriate biological and organic fertilizers has been a prominent technique in the yield promotion and quality improvement of horticultural crops. In present study, the effects of three commercial fertilizers; Stimplex (biofertilizer), Essential plus (organic fertilizer), Fertigofol (Complete fertilizer) as well as Nano-chelate potassium on the quality and yield of two commercial strawberry cultivars (Albione and Gavietta) were evaluated. Traits including number of leaves and flower buds, petiole length, fruit firmness and yield of each plant, chlorophyll and anthocyanin content, antioxidant activity and total soluble carbohydrate were measured. The longest petioles (15.2 cm) and the highest number of leaves (11.6) per plant were related to Gavita cultivar under stimplex biofertilizer treatment, while the shortest petiole (11.1 cm) was also affected by the same fertilizer (stimplex) in Albion cultivar. The highest and lowest total soluble carbohydrate content was obtained under potassium nano-chelate and stimplex treatments in both cultivars, respectively. Fruit firmness in Albion cultivar under all tested treatments was significantly higher than Gavita, whereas the highest fruit firmness was obtained with stimplex biofertilizer. The results revealed that although there were considerable variations among the measured parameters as well as cultivars in response to the tested treatments, the suitable treatments were Stimplex and fertifogol and then nano-chelate potassium. In short, "Gavietta" attained more score in most of measured attributes higher than "Albione. Considering the traits responses to the fertilizers, Stimplex and Fertifogol fertilizers showed more positive effects on the quality and quantity of strawberry fruits and hence,"Gavietta" was the cultivar of choice.

Key words: Biofertilizer, Cultivar, Fruit quality, Strawberry, Yield

Corresponding author, Email: acebrahimzadeh@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.17.6]