روابط خاک و گیاه / سال سیزدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۱ / صفحات ۷۹-۶۱
مقاله پژوهشی

اثر اسید هیومیک، آرژنین و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* L.) رقم گاویتا

حامدی نصیری آبکنار[1] و شهرام صداقت حور*

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹)

چکیده

توت‌فرنگی یکی از ریزمیوه‌های مناطق معتدله است که در زمره محصولات باغبانی مهم تجاری قرار گرفته است. لذا پژوهش حاضر برای بررسی اثر اسید هیومیک و آرژنین در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم گاویتا در گلخانه انجام شد. این پژوهش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور، فاکتور اول بستر کاشت در ۴ سطح (خاک باغچه، "خاک باغچه + ۵٪ ورمی‌کمپوست"، "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست" و "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست") و فاکتور دوم شامل اسیدهای آلی در ۴ سطح (شاهد (آب)، اسیدهیومیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، آرژنین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسیدهیومیک + آرژنین (۱۰۰ + ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)) در ۳ تکرار و ۴۸ پلات انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل: تعداد برگ، عملکرد میوه، تعداد میوه، وزن تک میوه، وزن تازه و خشک شاخساره، کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید، میزان آنتوسیانین، ویتامین ث، مواد جامد محلول کل، اسید قابل تیتراسیون و شاخص طعم میوه بود. بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" بر تمام صفات مورد آزمایش اثر مثبتی داشت و سبب افزایش شاخص‌های فیزیولوژیک و رویشی در گیاه توت‌فرنگی شد. همچنین بیش‌ترین وزن میوه، بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید، آنتوسیانین و ویتامین ث تحت تیمار "اسیدهیومیک + آرژنین" به‌دست آمد. نتایج اثر برهمکنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر صفات مورد آزمایش نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ، بیش‌ترین میزان عملکرد، تعداد میوه و وزن تک میوه مربوط به تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک + آرژنین" بود. می‌توان اظهار داشت که تیمارهای "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" و "اسیدهیومیک + آرژنین" تیمارهای برتر این آزمایش بودند، چون هم در آثار ساده و هم در برهم‌کنش‌های باعث بهبود صفات فیزیولوژیک توت‌فرنگی شد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، آرژنین، عملکرد، مواد جامد محلول، ویتامین ث.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* L.) از خانواده رزاسه است و رقم گاویتا (Gaviota)، با دارا بودن میوه با طعم بسیار شیرین و درشت با رنگ قرمز ملایم، یکی از محبوب‌ترین ارقام برای کشت در گلخانه و فضای باز است (۱۷). به‌دلیل وجود تنوع اقلیمی در کشور و امکان کشت و پرورش توت‌فرنگی

۱- گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sedaghathoor@yahoo.com

در شرایط گلخانه‌ای قابلیت تولید در تمامی فصول سال وجود دارد. مصرف توت فرنگی و حضور آن در سبد غذایی مردم نه تنها منبع با ارزش برای تأمین ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین C است، بلکه وجود آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله اسیدالایجیک در این میوه و نقش این گروه از مواد غذایی در پیشگیری از بیماری‌های خطرناک مانند سرطان‌ها، ارزش مصرف این میوه را چندین برابر کرده است (۲۲). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که مصرف مقادیر بسیار کم آنتی‌اکسیدان‌ها، آثار چشمگیری در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند. همچنین، به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی آثار بسیار مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۲۷). مصرف اسیدهای آمینه برای بهبود سوخت و ساز گیاهی، افزایش کیفیت خوراکی محصولات کشاورزی، همچنین برای جلوگیری از کاهش محصول به مرور زمان و افزایش کیفیت و ارتقای محصول امری ضروری به‌نظر می‌رسد (۲۶).

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مطلوب بستر کشت و ترکیبات آن‌ها از نکات مهم و قابل توجه است. تولیدکنندگان توت‌فرنگی نیاز به بستر کشت‌هایی دارند که پایدار و با ثبات بوده (تغییرپذیری کم در ترکیب)، در دسترس و به‌آسانی قابل کاربرد و هزینه کارگری آن مقرون به صرفه باشد (۴۱). ورمی کمپوست در واقع حاصل یک فرآیند نیمه‌هوازی است که توسط گروه خاصی از کرم‌های کمپوستی و به کمک برخی از ریزجانداران خاک‌زی به‌ویژه باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها انجام می‌پذیرد. از مزیت‌های عمده ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست معمولی می‌توان به مواردی مانند: نداشتن بوی نامطبوع، pH تعدیل شده، رسانایی الکتریکی کم و گنجایش تبادل کاتیونی زیاد و غلظت قابل جذب زیاد عناصری چون نیتروژن، فسفر و پتاسیم اشاره کرد (۵).

اسیدهای آمینه به‌عنوان واحدهای سازنده پروتئین‌ها، عملکردهای حیاتی گیاه را کنترل می‌کنند و اکثر عملکردهای گیاه تحت کنترل پروتئین‌ها یا آنزیم‌ها است (۱۰). نقش مثبت و مؤثر اسیدهای آمینه بر عملکرد گیاه شاید به‌دلیل نقش حیاتی آن‌ها بر رشد سلول‌های گیاهی باشد و دلالت بر این امر دارد که اسیدآمینه‌ها می‌توانند به‌عنوان منبع کربن و انرژی در گیاه ذخیره شوند (۴۸). اسید آمینه آرژنین در تحریک هورمون‌های مسئول تولید گل و میوه نقش دارد و جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی را افزایش می‌دهد (۴۰ و ۵۴)، آرژنین همچنین تولید کلروفیل و نهایتاً مقدار محصول را بهبود می‌بخشد و فعالیت روزنه‌ها، تولید پروتئین و آنزیم‌ها را افزایش می‌دهد (۸ و ۵۰). افزایش سطح برگ، وزن میوه‌های اولیه و دومین چین، تعداد فندقه، طول میوه، وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه و همچنین عملکرد توت‌فرنگی رقم سلوا با کاربرد اسیدهیومیک گزارش شده است (۱۸ و ۵۳). تأثیر مثبت کاربرد اسیدهیومیک بر درصد ماده خشک میوه در توت‌فرنگی گزارش شده است (۲). مامو و همکاران (۱۹۸۸) مزیت کاربرد ورمی کمپوست به‌تنهایی را در رابطه با سایر کمپوست‌های آلی به‌دلیل فراهمی بیش‌تر عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست دانستند، درحالی که سایر کمپوست‌های آلی را حتماً باید با کودهای شیمیایی استفاده کرد. گزارش شده است که مقدار اسید و قند میوه توت‌فرنگی به‌شدت تحت تأثیر محیط کشت آن است (۳).

اقدامات مدیریتی همچون افزودن انواع کودهای شیمیایی مورد نیاز در زمان مناسب هم نمی‌تواند جوابگوی نیاز گیاه بوده و گیاه دچار نقصان رشد و کاهش عملکرد می‌شود. پژوهش‌گران با توجه به این نکته مهم اقدام به تولید محصولاتی حاوی بسیاری از اسیدآمینه‌های مورد نیاز گیاه کرده‌اند (۲۶ و ۲۷). در شرایط عادی نیاز عمومی گیاه تعیین‌کننده میزان استفاده از اسیدهای آمینه بوده که این نیاز در شرایط خاص و مراحل حساس و بحرانی رشد می‌تواند متغیر باشد. لذا با توجه به موارد ذکر شده انجام آزمایشی با استفاده از اسیدهیومیک و آرژنین در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم گاویتا با هدف افزایش عملکرد و کیفیت میوه انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با

دو فاکتور، فاکتور اول بستر کاشت در ۴ سطح (خاک باغچه، "خاک باغچه + ۵٪ ورمی‌کمپوست"، "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست" و "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست") و فاکتور دوم شامل اسیدهای آلی در ۴ سطح [شاهد (آب)، اسیدهیومیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، آرژنین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسیدهیومیک + آرژنین (۱۰۰ + ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)] در ۱۶ تیمار، ۳ تکرار، ۴۸ پلات آزمایشی و در هر پلات ۲ گیاه توت‌فرنگی و در مجموع ۹۶ گلدان انجام شد. در دی ماه سال ۱۳۹۸ رانرهای توت‌فرنگی رقم گاویتا تهیه شده از گلخانه‌ای در شهرستان لاهیجان به ایستگاه پژوهش‌های گل و گیاهان زینتی لاهیجان انتقال داده شدند و در گلخانه‌ای واقع در همان ایستگاه تحقیقاتی که دارای سقف شیروانی با پوشش پلی‌کربنات و اسکلت فلزی بود در گلدان‌های حاوی بسترهای ذکر شده کاشته شدند. ضمن درنظر گرفتن رفع نیاز سرمایی گیاه و کنترل کیفیت دما، نیاز نوری و رطوبت مورد نیاز گیاه در گلخانه (فتوپریود ۹ ساعت روشنایی و ۱۵ساعت تاریکی، رطوبت ۵۵–۷۰٪ و دمای ۲۰–۲۷ درجه سلسیوس) و همچنین کنترل گردش هوا در محیط گلخانه دو ماه پس از رشد گیاهان، محلول‌پاشی با ترکیبات فوق طی دو مرحله انجام شد، اولین محلول‌پاشی در ۲۶ اسفند ۱۳۹۸ پیش از گل‌دهی و مرحله دوم محلول‌پاشی در ۲۶ فروردین ۱۳۹۹ همزمان با تشکیل میوه انجام شد. اولین برداشت محصول ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۹ و آخرین برداشت هم در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۹۹ انجام پذیرفت. از ۱۲ اردیبهشت ماه تا انتهای آزمایش همه میوه‌ها برداشت شدند و میوه‌های برداشت شده برای ارزیابی و اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه انتقال داده شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل: تعداد برگ، وزن تازه و خشک شاخساره، عملکرد کل میوه، تعداد میوه، وزن تک میوه، کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید، آنتوسیانین و ویتامین C، تعیین مواد جامد محلول کل، اسیدیته میوه و شاخص طعم میوه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تازه وخشک شاخساره ابتدا بوته‌ها از گلدان خارج شدند سپس وزن تازه شاخساره و برای دستیابی به وزن خشک، شاخساره گیاه در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفت.

اندازه‌گیری ویتامین C از طریق تیتراسیون با دی‌کلروفنول-ایندوفنول انجام شد. مقدار ۲ گرم از بافت میوه توت‌فرنگی مربوط به برداشت دوم همراه با نیتروژن مایع در درون هاون چینی آسیاب شد و سپس به آن ۱۰ سی‌سی اسید متافسفریک ۳٪ به حجم ۱۰ سی‌سی افزوده شد و به‌وسیله ۲ و ۶-دی-کلروفنول‌ایندوفنول (DIP) دارای بی‌کربنات سدیم تا ظهور رنگ صورتی کم رنگ تیتر شد. مقدار ۵۰ میلی‌گرم DIP (۰/۰۲۵درصد) را در آب مقطر حل کرده و به آن مقدار ۴۲ میلی‌گرم بی‌کربنات سدیم که به‌صورت جدا در آب مقطر (۵۰ سی‌سی) حل شده بود، افزوده شد و سپس با آب مقطر به حجم ۲۰۰ سی‌سی رسانده شد. برای استاندارد کردن، ۵ میلی‌لیتر از استاندارد اسیدآسکوربیک ۰/۰۱درصد را با ۵ میلی‌لیتر از اسید-متافسفریک ۳ درصد مخلوط کرده و با DIP دارای بی‌کربنات سدیم تیتر انجام شد و سرانجام مقدار ویتامین ث با فرمول زیر محاسبه شد (۲۵):

$$\text{Vit C (mg } 100^{-1}\text{g)} = \frac{(e\times d\times b)}{(c\times a)} \times 10 \qquad (۱)$$

که در آن a وزن نمونه، b حجم متافسفریک مصرفی برای استخراج، c حجم نمونه برداشتی برای تیتراسیون، d فاکتور رنگ، e میانگین DIP مصرفی برای تیتراسیون، و d = ۰/۵ مقدار DIP مصرفی برای تیتر کردن آسکوربیک استاندارد اسید است.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از برگ‌های تکامل یافته جوان بالایی بوته‌های منتخب نمونه‌برداری انجام شد. ۰/۵ گرم از نمونه توزین و در هاون چینی با ۵۰ سی‌سی استون ۸۰٪ (۸۰cc استون + ۲۰cc آب مقطر) کوبیده شد. سپس عصاره حاصل از صافی عبور و به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد. برای تعیین میزان کلروفیل از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UNICO VISIBLE) استفاده شد. کلروفیل در ۲ طول موج ۶۴۳ و ۶۶۰ نانومتر خوانده شد. سپس اعداد خوانده شده (A) در فرمول زیر قرار گرفته و مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به‌دست آمد (۲۹):

(۲) کلروفیل کل (mg/ml)= ۷/۱۲ ($A_{۶۶۰}$) + ۱۶/۸ ($A_{۶۴۳}$)

(۳) کلروفیل a (mg/ml)= ۹/۹۳ ($A_{۶۶۰}$) – ۰/۷۷۷ ($A_{۶۴۳}$)

(۴) کلروفیل b (mg/ml)= ۱۷/۶ ($A_{۶۴۳}$) – ۲/۸۱ ($A_{۶۶۰}$)

برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید از تیمارهای مختلف نمونه‌برداری شد. ۰/۵ گرم از نمونه توزین و در هاون چینی با ۵۰ سی‌سی استون ۸۰٪ (۸۰cc استون + ۲۰cc آب مقطر) کوبیده شد. سپس عصاره حاصل از صافی رد شده و به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد. برای تعیین میزان کاروتنوئید عصاره‌ها در ۳ طول موج ۶۴۵، ۶۶۳ و ۶۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. سپس اعداد خوانده شده (A) در فرمول زیر قرار گرفته و مقادیر کاروتنوئید تیمارها محاسبه شد (۲۹):

=مقدار کاروتنوئید

(۵) ۴/۶۹ ($A_{۶۶۰}$) – ۰/۲۶۸ ($A_{۶۴۵}$) + ۸/۰۲ ($A_{۶۶۳}$)

برای اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین ۰/۵ گرم از هر نمونه توزین شده و در هاون چینی با ۵۰ سی‌سی اسید اتانول هیدروکلریک (۸۵ درصد اتانول ۹۵٪ + ۱۵٪ اسید هیدروکلریک) کوبیده شد. سپس عصاره حاصل صاف شده و به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد. این ظروف به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دما ۴ درجه سلسیوس نگه داشته شده و پس از خروج، ۲ ساعت در تاریکی قرار داده شد. برای تعیین میزان آنتوسیانین عصاره‌ها در طول موج ۵۳۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد. سپس مقادیرآنتوسیانین تیمارها با فرمول‌های ۶ و ۷ محاسبه شد (۲۹):

(۶) کل جذب نمونه = $\frac{(e \times b \times c) \times 100}{(d \times a)}$

که در آن e عدد خوانده شده در طول موج ۵۳۵ نانومتر، b حجم برداشت شده برای اندازه‌گیری (۵ سی‌سی)، c حجم کل (۵۰ سی‌سی)، و d کسر برداشت شده برای نمونه ۰/۱ و a وزن نمونه (۰/۵ گرم) است.

(۷) درصد مقدار آنتوسیانین کل در نمونه = $\frac{\text{کل جذب نمونه}}{۹۸/۲}$

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS) از دستگاه رفرکتومتر چشمی مدل E 20-ATC-Atago ساخت کشور ژاپن با دامنه ۲۰-۰ درصد استفاده شد. میوه‌ها از بخش استوایی آن برش عرضی زده شدند، سپس یک یا دو قطره از عصاره روی دستگاه قرار داده شد و میزان TSS (درجه بریکس) آن قرائت شد. مقدار اسید قابل تیتر (TA) از طریق تیتراسیون با هیدروکسید سدیم تعیین شد (۶). ۲/۵ میلی‌لیتر آبمیوه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس با افزودن دو قطره فنل فتالئین با سود ۰/۱ نرمال تیتر شد. مقدار سود مصرفی یادداشت شد و با استفاده از فرمول زیر، مقدار اسید قابل تیتراسیون به‌صورت درصد اسید سیتریک محاسبه شد:

(۸) تیتراسیون قابل اسید = مصرفی سود× ۰/۰۶۴

شاخص طعم نسبت میزان مواد جامد محلول کل به میزان اسید قابل تیتراسیون است و براساس فرمول زیر محاسبه شد (۳۴):

(۹) TSS/TA = TSS/TA

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC انجم شده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار MS Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده بستر کاشت و اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر تعداد برگ معنی‌دار شده است. نتایج اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر تعداد برگ نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ مربوط به تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک + آرژنین" و کم‌ترین تعداد برگ هم مربوط به تیمارهای "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک" و "خاک باغچه × آرژنین" به‌دست آمد (شکل ۱).

در پژوهش حاضر در مقایسه با همه ترکیب‌های تیماری، ترکیب اسیدهیومیک و آرژنین به همراه خاک باغچه و ۲۰٪ ورمی‌کمپوست موجب تولید بیش‌ترین تعداد برگ شد. اسیدهای آمینه ترکیبات نیتروژنی هستند که به‌عنوان

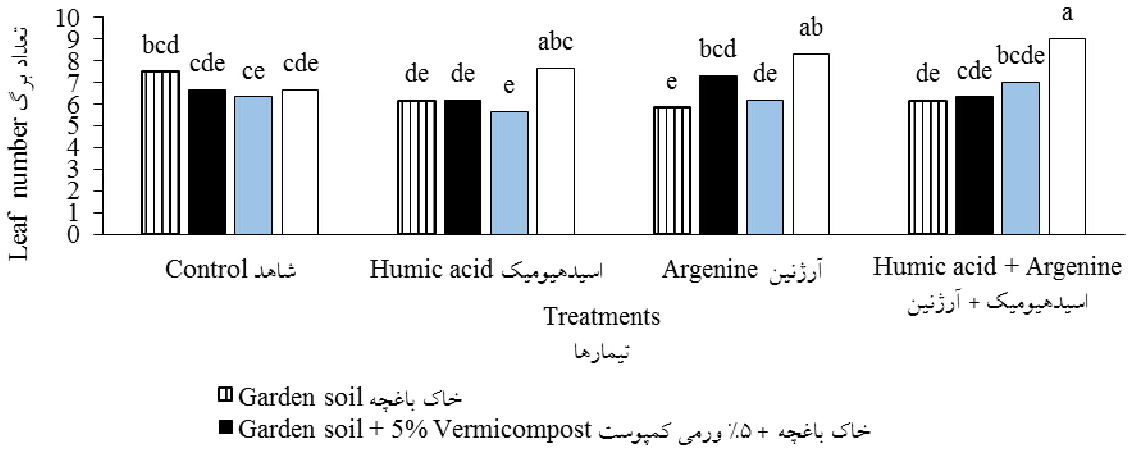
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر صفات مورد آزمایش توت‌فرنگی.

Table 1. The analysis of variance for the effect of the experimental factors on the studied traits of strawberry.

منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares													
		تعداد برگ Leaf number	وزن تازه شاخساره Shoot fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	تعداد میوه Fruit number	عملکرد Yield	وزن تک میوه Fruit weight	کلروفیل *a* Chlorophyll *a*	کلروفیل *b* Chlorophyll *b*	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin	ویتامین C Vitamin C	مواد جامد محلول Total soluble solids (TSS)	اسید قابل تیتراسیون Titratable acidity (TA)	شاخص طعم Taste index
تکرار Replication	2	2.08^{ns}	23.99^{**}	0.636^{*}	0.61^{ns}	61.76^{ns}	0.95^{ns}	1.88^{ns}	0.56^{ns}	1.60^{ns}	1.50^{ns}	7.24^{ns}	0.01^{ns}	7.22^{*}	0.004^{ns}	6.39^{ns}
بستر کاشت Substrate (A)	3	6.73^{**}	57.60^{**}	9.37^{**}	7.42^{**}	139.42^{**}	2.70^{*}	2.20^{ns}	0.47^{ns}	5.97^{ns}	9.78^{ns}	11.60^{ns}	0.35^{ns}	13.70^{**}	0.020^{*}	9.47^{*}
اسید آلی Organic acid (B)	3	1.06^{ns}	1.5^{ns}	0.28^{ns}	2.05^{*}	53.96^{ns}	0.53^{ns}	11.57^{*}	5.08^{**}	31.02^{**}	24.63^{*}	140.56^{**}	0.80^{*}	2.42^{ns}	0.002^{ns}	5.15^{ns}
A×B	9	1.75^{*}	3.2^{ns}	0.29^{ns}	5.31^{**}	165.31^{**}	1.82^{*}	3.15^{ns}	0.71^{ns}	7.29^{ns}	16.18^{*}	41.47^{ns}	0.40^{ns}	3.19^{*}	0.008^{ns}	3.97^{ns}
خطا Error	30	0.72	3.83	2.38	0.70	26.39	0.73	4.40	1.18	3.84	5.76	26.71	0.23	1.42	0.007	2.32
ضریب تغییرات CV (%)	-	12.43	18.61	17.69	21.83	28.67	19.63	15.37	16.87	14.79	15.24	22.09	7.06	11.95	9.15	14.34

^{ns}: اثر غیرمعنی‌دار **: اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و *: اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

^{ns}: non-significant effect; **: significant effect at the probability level of 1%; *: significant effect at the probability level of 5%.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدهای آلی" بر تعداد برگ در هر بوته توت‌فرنگی؛ ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

Fig. 1. Mean comparisons of the interaction effect of "substrate × organic acids" on the leaf number per plant of strawberries; Columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).

تحریک‌کننده‌های زیستی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فرایندهای فیزیولوژیک، و رشد و نمو گیاه اثرگذارند (۱۴). یکی از دلایل می‌تواند این باشد که مصرف خاکی اسیدهیومیک دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی را برای گیاه فراهم می‌کند؛ در نتیجه موجب افزایش اندام‌های هوایی می‌شود (۲۱).

وزن تازه و خشک شاخساره

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر فاکتور بستر کاشت بر وزن تازه و خشک شاخساره در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است اما اثر ساده اسیدهای آلی و برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن تازه و خشک شاخساره تحت تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" به‌دست آمده و کم‌ترین وزن تازه متعلق به تیمار خاک باغچه بود (جدول ۲). کم‌ترین وزن خشک شاخساره هم مربوط به تیمار خاک باغچه بود اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای "خاک باغچه + ۵٪ ورمی‌کمپوست" و "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست" نداشت (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست آمده، استفاده از ۲۰٪ ورمی‌کمپوست به همراه خاک باغچه با افزایش بیش از ۱/۵ برابری وزن تازه و خشک شاخساره‌های توت‌فرنگی رقم گاویتا شده است.

وانگ و لین (۲۰۰۲) نشان دادند که کاربرد کمپوست در مخلوط با خاک، وزن خشک اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. سینگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشاهده کردند وزن خشک گیاه توت‌فرنگی در کرت‌هایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده بودند در مقایسه با کرت‌هایی که تنها کود شیمیایی دریافت کرده بودند، افزایش معنی‌دار داشت. این تأثیر ورمی‌کمپوست بر رشد توت‌فرنگی می‌تواند مربوط به فراهمی بهتر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و اسیدهیومیک در ورمی‌کمپوست باشد که به‌وسیله افزایش در فعالیت میکروبی خاک، تولید می‌شوند (۴).

تعداد میوه

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثر ساده بستر کاشت و اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" در سطح احتمال ۱٪ و اثر ساده اسیدهای آلی در سطح احتمال ۵٪ بر

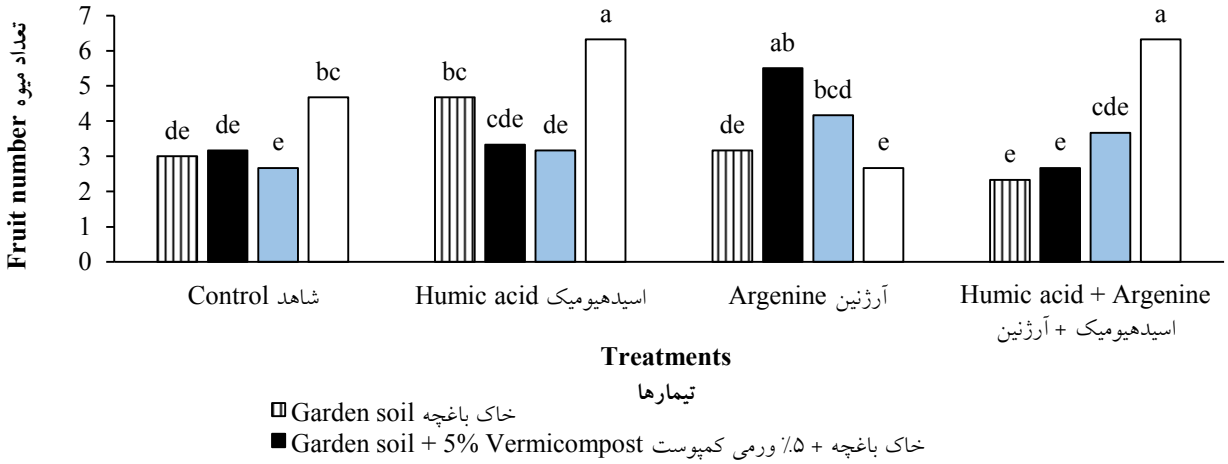
جدول ۲. مقایسه میانگین اثر بسترهای کاشت بر صفات اندازه‌گیری شده توت‌فرنگی.

Table 2. Means comparison for the effect of substrates on the measured traits of strawberry.

بستر کاشت Substrate	تعداد برگ Leaf number	وزن تازه شاخساره (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره (گرم) Shoot dry weight (g)	تعداد میوه Fruit number	عملکرد در بوته (گرم) Yield per plant (g)	وزن تک میوه (گرم) Fruit weight (g)	مواد جامد محلول Total soluble solids, TSS (%)	اسید قابل تیتراسیون Titratable acidity, TA (%)	شاخص طعم Taste index (%)
خاک باغچه Garden soil	6.42b	8.22c	3.67b	3.29b	17.18b	4.58a	8.72c	0.91ab	9.47b
"خاک باغچه + ۵٪ ورمی کمپوست" Garden soil + 5% Vermicompost	6.62b	9.78bc	4.29b	3.67b	17.45b	4.58a	9.54bc	0.90b	10.64ab
"خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی کمپوست" Garden soil + 10% Vermicompost	6.29b	10.60b	4.31b	3.42b	17.68b	3.63b	10.46ab	0.98a	10.78a
"خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی کمپوست" Garden soil + 20% Vermicompost	7.92a	13.45a	5.76a	5.00a	22.45a	4.57a	11.17a	0.98a	11.63a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی دار دارند..

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



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدهای آلی" بر تعداد میوه در هر بوته توت‌فرنگی رقم گاویتا در هر گلدان؛ ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

Fig. 2. Mean comparisons of the interaction effect of "substrate × organic acids" on the fruit number of strawberries **"Gaviota";** Columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).

تعداد میوه توت‌فرنگی معنی‌دار بوده است. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) بیش‌ترین تعداد میوه تحت تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" به‌دست آمد و سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. داده‌های مربوط به اثر اسیدآلی بر تعداد میوه نشان داد بیش‌ترین تعداد میوه از تیمار اسیدهیومیک و کم‌ترین تعداد میوه هم از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های اثر دوگانه "بستر کاشت × اسیدآلی" نشان داد که بیش‌ترین تعداد میوه مربوط تیمارهای "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک" و "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک + آرژنین" و کم‌ترین تعداد میوه از تیمار "خاک باغچه × اسیدهیومیک + آرژنین" به‌دست آمد (شکل ۲).

عملکرد میوه

تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر تیمار بستر کاشت و اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" در سطح ۱٪ آماری بر این صفت معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد میوه (۲۲/۴۵گرم در بوته) تحت تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" به‌دست آمد و کم‌ترین عملکرد (۱۷/۱۸ گرم در بوته) هم متعلق به تیمار خاک باغچه بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد (۳۱/۸۰ گرم در بوته) از تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک + آرژنین" و کم‌ترین عملکرد (۱۰/۶۰گرم در بوته) هم مربوط به تیمار "خاک باغچه × اسیدهیومیک + آرژنین" به‌دست آمد (شکل ۳).

بنا بر گزارش‌های جمال‌الدین و همکاران (۲۰۱۲) افزایش تعداد میوه توت‌فرنگی و عملکرد در بوته می‌تواند مربوط به تأثیر ترکیب‌های شبه‌هورمونی موجود در عصاره ورمی‌کمپوست باشد زیرا عصاره ورمی‌کمپوست حاوی برخی از هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین سایتوکنین و جیبرلین است که این تنظیم‌کننده‌ها سبب آغاز رشد نهنج در توت‌فرنگی شده و میزان میوه بستن و به‌دنبال آن عملکرد در بوته افزایش می‌یابد. اسیدهیومیک توانایی گیاهان را برای نگه‌داشتن نیتروژن به‌تنهایی

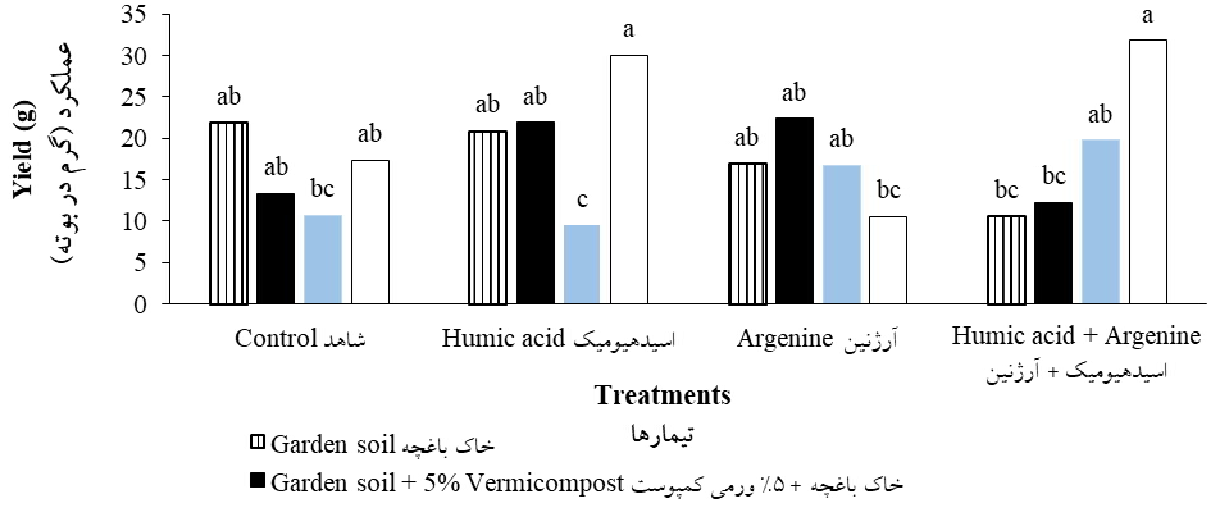
جدول ۳. مقایسه میانگین اثر اسیدهای آلی بر مقدار ویتامین C، آنتوسیانین، کارتنوئید، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و تعداد میوه در توت‌فرنگی رقم گاویتا.

Table 3. Means comparison for the effect of organic acids on vitamin C, anthocyanin, carotenoid, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and fruit no of strawberry "Gaviota".

اسیدهای آلی Organic acids	تعداد میوه Fruit number	کلروفیلa (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll *a* ($mg\ g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll *a* ($mg\ g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total Chlorophyll ($mg\ g^{-1}$)	کاروتنوئید (میلی‌گرم در لیتر) Carotenoid ($mg\ L^{-1}$)	آنتوسیانین (میلی‌گرم در ۱۰۰گرم) Anthocyanin ($mg\ 100\ g^{-1}$)	ویتامین C (میلی‌گرم در ۱۰۰گرم) Vitamin C ($mg\ 100\ g^{-1}$)
شاهد Control	3.37b	11.83a	5.23a	17.04a	15.22ab	22.88b	6.63b
اسیدهیومیک Humic acid	4.37a	10.16b	4.01b	14.16b	13.97b	21.44b	6.52b
آرژنین Arginine	3.87ab	11.75a	5.37a	17.11a	16.72a	20.89b	6.82ab
"اسیدهیومیک + آرژنین" Humic acid+ Arginine	3.75ab	12.47a	5.31a	17.77a	17.09a	28.37a	7.11a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند..

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



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدهای آلی" بر عملکرد میوه توت‌فرنگی رقم گاویتا؛ ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

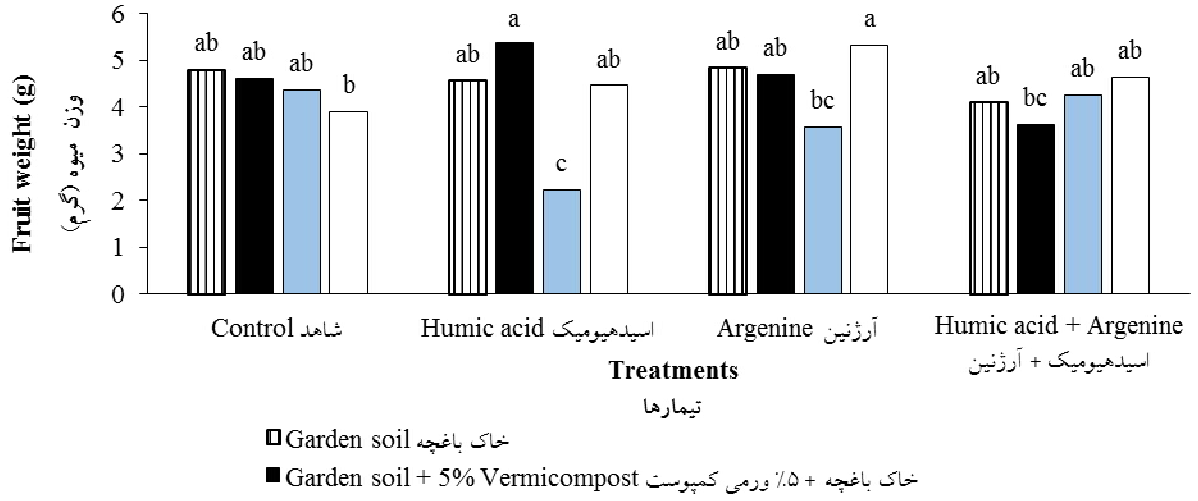
Fig. 3. Mean comparisons of the interaction effect of "substrate × organic acids" on the fruit yield of strawberry **"Gaviota"**; Columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).

و یا همراه با دیگر عناصر ریز و درشت مغذی افزایش می‌دهد، که این افزایش در میزان نیتروژن، سبب افزایش تشکیل میوه و نهایتاً افزایش عملکرد می‌شود (۳۱ و ۴۶). کاربرد خارجی اسید آمینه باعث افزایش عملکرد و کیفیت گل‌های کلم چینی می‌شود (۱۰). کوکوناراس و همکاران (۲۰۱۰) نیز دریافتند که کاربرد اسید آمینه تأثیر سودمندی بر عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای دارد.

وزن تک میوه

براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، اثر بستر کاشت و اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تک میوه توت‌فرنگی معنی‌دار بود، اما اثر اسیدهای آلی بر این صفت معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر بستر کاشت بر وزن تک میوه (جدول ۲) نشان داد همه تیمارهای آزمایشی شامل: خاک باغچه، "خاک باغچه + ۵٪ ورمی‌کمپوست" و "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" در یک سطح بودند که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، کم‌ترین وزن تک میوه هم مربوط به "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست" بود. مقایسه میانگین داده‌های اثر دوگانه حاکی از آن است که بیش‌ترین وزن تک میوه مربوط به تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × آرژنین" و کم‌ترین وزن تک میوه هم از تیمار "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک" به‌دست آمد (شکل ۴).

وزن تک میوه یکی از اجزای عملکرد است. اسیدهای آلی اثر قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک داشته و به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی آثار مفیدی بر شاخص‌های رویشی و زایشی محصولات کشاورزی دارد (۳۷). بنابراین می‌توان گفت اسیدهای آلی با افزایش جذب آب و مواد غذایی موجب بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه توت‌فرنگی شده است. در پژوهشی تأثیر ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاه گوجه فرنگی گزارش شده است که کاربرد ورمی‌کمپوست وزن میوه در بوته را افزایش داد (۳۷). بیش‌ترین وزن تک میوه در بوته‌های تیمار شده با اسیدهیومیک ۵ در هزار مشاهده شد و همچنین کاربرد اسیدهیومیک باعث افزایش تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی شد (۱۹).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدهای آلی" بر وزن تک میوه توت‌فرنگی رقم گاویتا؛ ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

Fig. 4. Mean comparisons of the interaction effect of "substrate × organic acids" on the fruit weight of strawberry; Columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).

محتوی کلروفیل برگ

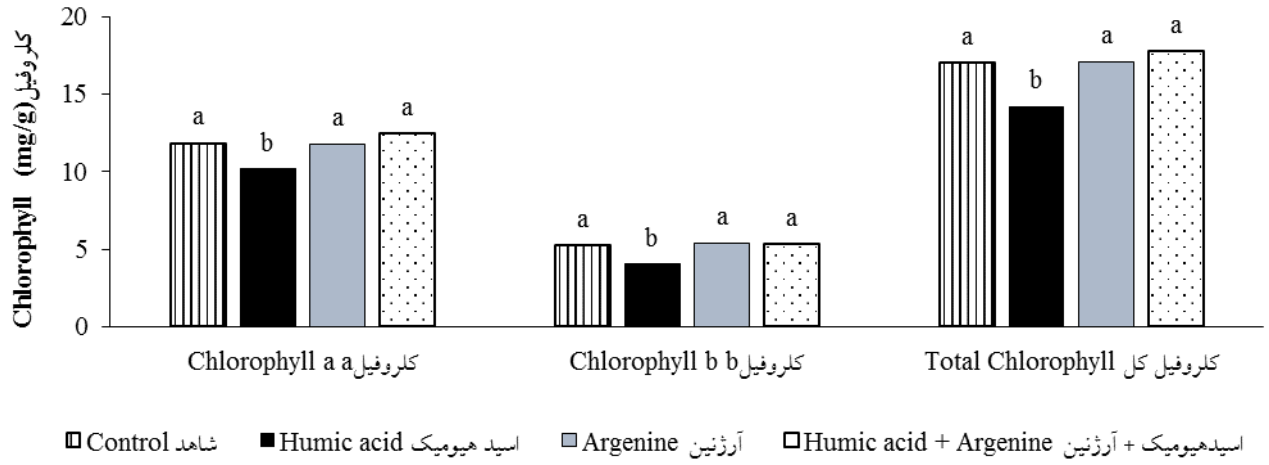
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده اسیدهای آلی بر میزان کلروفیل a، b و کل معنی‌دار شد اما اثر ساده بستر کاشت و اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر اسیدهای آلی بر میزان کلروفیل نشان داد بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل مربوط به تیمارهای "اسیدهیومیک + آرژنین"، آرژنین و شاهد بود و کم‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل هم از تیمار اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۳ و شکل ۵).

افزایش محتوی کلروفیل کل برگ ممکن است وابسته به تسریع جذب نیتروژن و نیترات، افزایش متابولیسم نیتروژن و تولید پروتئین به‌وسیله اسیدهیومیک باشد (۱۶). افزایش کلروفیل کل در برگ گیاه شیرین‌بیان را در نتیجه استفاده از اسیدهای آمینه گزارش کردند (۴۵). براساس نتایج خطاب و همکاران (۲۰۱۶) مصرف اسیدآمینه منجر به افزایش قابل توجه در محتوای کلروفیل کل گلایول شد. نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد آرژنین در گیاه گندم باعث افزایش کلروفیل a و b شده است (۳۵).

محتوی کاروتنوئید برگ

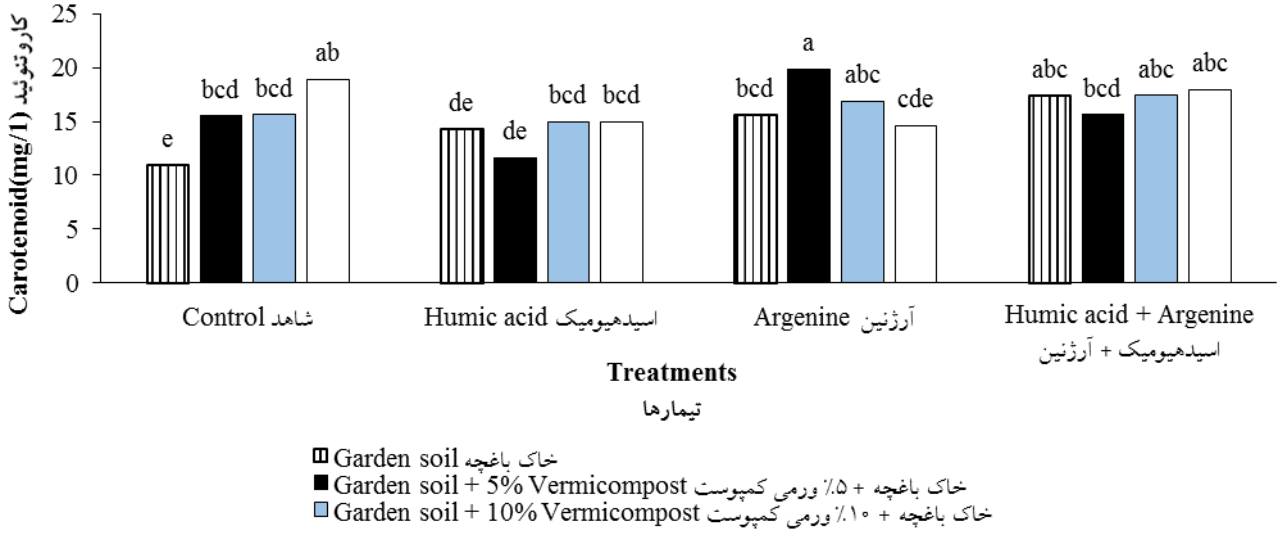
اثر ساده اسیدهای آلی و اثر برهمکنش "بستر کاشت × اسیدآلی" در سطح آماری ۵٪ بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بوده است، اما اثر بستر کاشت بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین داده‌های اثر اسیدهای آلی بر میزان کاروتنوئید (جدول ۳)، بیش‌ترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمارهای "اسیدهیومیک + آرژنین" و آرژنین بود و کم‌ترین میزان کاروتنوئید هم از تیمار اسیدهیومیک به‌دست آمد. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" نشان داد بیش‌ترین میزان کاروتنوئید از تیمار "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست × آرژنین" و کم‌ترین میزان کاروتنوئید هم مربوط به تیمار "خاک باغچه × شاهد" به‌دست آمد (شکل ۶).

در پژوهش حاضر بیش‌ترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمارهای "اسیدهیومیک + آرژنین" و آرژنین بود. اثر مثبت کودهای زیستی بر فلفل به‌منظور افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کاروتنوئید در پژوهشی گزارش شده است (۷). پژوهش صالحی ساردویی (۲۰۱۳) روی نعناع فلفلی و پژوهش



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر اسیدهای آلی بر میزان کلروفیل در توت‌فرنگی؛ برای هر صفت ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

Fig. 5. Mean comparisons of the effect of organic acids on the chlorophyll content of strawberry; For each trait, columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدهای آلی" بر میزان کاروتنوئید برگ توت‌فرنگی؛ ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

Fig. 6. Mean comparisons of the interaction effect of "substrate × organic acids" on the carotenoid content of strawberry leaves; Columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).

دیگری روی همیشه بهار تأثیر ورمی‌کمپوست را بر افزایش میزان کاروتنوئید تأیید می‌کند (۳۶). البته افزایش مقدار کاروتنوئید ممکن است به‌دلیل افزایش تأثیر نیتروژن و سایر عناصر آلی موجود در ورمی‌کمپوست باشد. سنجری میجانی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که اسیدهیومیک سبب افزایش کاروتنوئید در گیاه چای ترش شد. فرار و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که اسیدهیومیک سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها در برگ‌های گیاه انگور شد.

آنتوسیانین

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده اسیدهای آلی در سطح ۱٪ بر میزان آنتوسیانین معنی‌دار شد اما اثر ساده بستر کاشت و برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین داده‌های اثر اسیدهای آلی بر میزان آنتوسیانین بیش‌ترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار "اسیدهیومیک + آرژنین" بود و سایر تیمارهای آزمایشی از نظری آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۳).

اثر "اسیدهیومیک + آرژنین" در این آزمایش میزان آنتوسیانین در گیاه توت‌فرنگی را افزود که با نتایج احمد و همکاران (۲۰۱۱) در مورد چای ترش هم‌خوانی دارد. این نتایج ممکن است به‌علت اثر اسیدهیومیک (مشتقات ترکیب فنولی) به‌عنوان پیش‌ماده سنتز آنتوسیانین باشد. گزارش شده است که بیش‌ترین میزان آنتوسیانین کل عصاره میوه انار در اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمده که تفاوت معنی‌داری را نسبت به تیمارهای ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و شاهد نشان داد (۱۳). گزارش شده است که ورمی‌کمپوست به‌دلیل مقدار زیاد اسیدهیومیک آن می‌تواند سبب سنتز ترکیبات فنلی مانند آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها در سبزیجات شود (۴۷).

ویتامین C

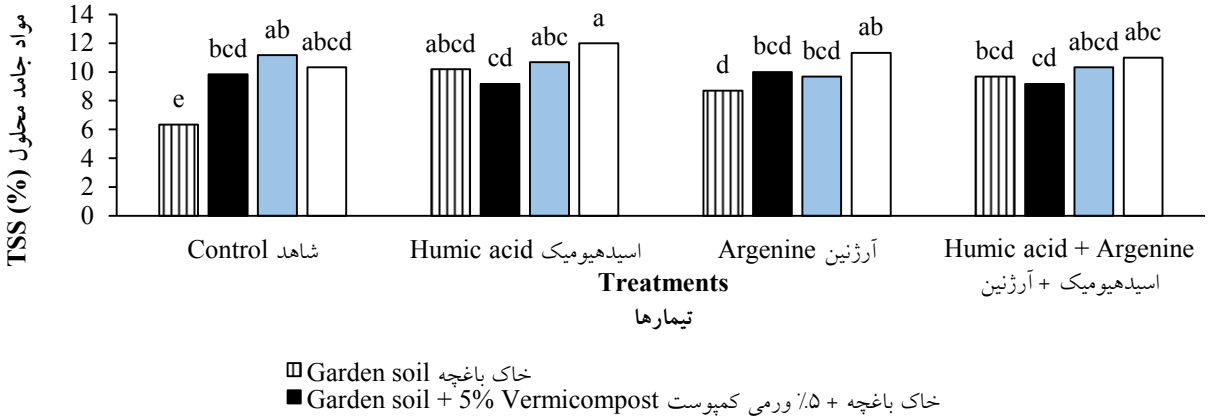
اثر ساده اسیدهای آلی در سطح احتمال ۵٪ بر میزان ویتامین C معنی‌دار شد اما اثر تیمار بستر کاشت و اثر برهمکنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان ویتامین C توت‌فرنگی تحت تیمار با "اسیدهیومیک + آرژنین" و کم‌ترین میزان ویتامین C هم از تیمار با اسیدهیومیک به‌دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (جدول ۳).

کودهای آلی با جذب رطوبت و مواد غذایی خاک مدت زمانی زیادی در خاک باقی مانده و باعث بهبود ساختمان خاک شده و به‌طور غیرمستقیم نیز باعث ساخت بیش‌تر ویتامین ث میوه‌های تولیدی می‌شوند (۵۲). در گوآوا رقم پالوما، تیمار با اسیدهیومیک باعث افزایش تولید و میزان ویتامین ث در میوه‌ها شده است (۱۲). افزایش ویتامین ث می‌تواند به وسیله نقش اسیدهیومیک در گسترش فراهمی مواد غذایی توجیه شود. کاربرد اسیدهیومیک، دسترسی به عناصری چون فسفر و پتاسیم را بیش‌تر کرده و این امر نیز باعث افزایش میزان ویتامین ث میوه شده است (۵۱).

مواد جامد محلول کل (TSS)

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده بستر کاشت در سطح احتمال ۱٪ و اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" در سطح احتمال ۵٪ بر مواد جامد محلول کل (TSS) معنی‌دار بوده است. اما اثر ساده اسیدهای آلی بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیش‌ترین میزان TSS مربوط به "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" بود و کم‌ترین میزان TSS هم مربوط به تیمار خاک باغچه بود. داده‌های مربوط به برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدآلی" نشان داد که بیش‌ترین میزان TSS مربوط به تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک" و کم‌ترین میزان TSS مربوط به تیمار "خاک باغچه × شاهد" بود (شکل ۷).

تجمع مواد جامد محلول یک شاخص معتبر برای شیرینی میوه توت‌فرنگی است و شیرینی رابطه مثبتی با تجمع مواد جامد محلول میوه دارد (۳۳). اسیدهیومیک با شیوه‌های مختلف به جذب بهتر عناصر غذایی و بهبود کیفیت محصول کمک می‌کند. این کود زیستی با بهبود تولید قند، ویتامین و پروتئین در گیاه و نیز با تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های فتوسنتز دارد محتوای غذایی محصولات را افزایش می‌دهد (۳۰). با توجه به اینکه فعالیت فتوسنتزی با کاربرد اسیدهیومیک توسعه پیدا می‌کند و سبب افزایش باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود فعالیت فتوسنتزی بیشتر می‌تواند سبب گسترش مقدار مواد جامد محلول شود (۱۶).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش "بستر کاشت × اسیدهای آلی" بر درصد مواد جامد محلول (TSS) میوه توت‌فرنگی؛ ستون‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار هستند (LSD، $p < 0.05$).

Fig. 7. Mean comparisons of the interaction effect of "substrate × organic acids" on the total soluble solids (TSS) percent of strawberry; Columns with different letters are significantly different (LSD, $p < 0.05$).

اسید قابل تیتراسیون (TA)

براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) تنها اثر بستر کاشت در سطح احتمال ۵٪ بر میزان TA معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان TA تحت تیمارهای "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست" و "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" به‌دست آمد و کم‌ترین میزان TA هم مربوط به تیمار "خاک باغچه + ۵٪ ورمی‌کمپوست" بود (جدول ۲).

اسیدیته به‌طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی در میوه است که یک عامل مهم در نگهداری کیفیت میوه است (۴۳). طعم میوه توت‌فرنگی به رابطه بین تجمع مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون بستگی دارد (۳۲). بیدکی و چالوی (۱۳۹۳) با بررسی اثر کاربرد کودهای آلی در کشت بدون خاک بر ماندگاری پس از برداشت میوه توت‌فرنگی گزارش کردند که بیش‌ترین اسیدیته کل در میوه توت‌فرنگی در بسترهای کشت حاوی ورمی‌کمپوست مشاهده شد.

شاخص طعم (TSS/TA)

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده بستر کاشت بر شاخص طعم معنی‌دار بوده است. اما اثر سایر تیمارهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). داده‌های مربوط به اثر بستر کاشت بر شاخص طعم میوه توت‌فرنگی (جدول ۲) نشان داد که بیش‌ترین شاخص طعم میوه توت‌فرنگی تحت تیمارهای "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" و "خاک باغچه + ۱۰٪ ورمی‌کمپوست" به‌دست آمد و کم‌ترین میزان آن هم مربوط به تیمار شاهد بود.

عطر و طعم میوه به نسبت قندهای محلول و اسیدهای آلی بستگی دارد. افزایش نسبت TSS/TA نشان‌دهنده افزایش میزان قند و کاهش مقدار اسید است (۱۱). شیردل شهمیری و افضلی (۱۳۹۲) با بررسی آثار سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی سه رقم توت‌فرنگی گزارش کردند که بهترین طعم میوه (TSS/TA) در رقم گیلاسی با ۲۰٪ ورمی‌کمپوست به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد اثر ساده "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" بر تمام صفات مورد بررسی اثر مثبتی داشت، چرا که با کاربرد این تیمار همه صفات روند افزایشی داشتند. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر اسیدهای آلی بر صفات اندازه‌گیری شده نشان داد بیش‌ترین وزن میوه، بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b و

کل، کاروتنوئید، آنتوسیانین و ویتامین C تحت تیمار "اسیدهیومیک + آرژنین" به‌دست آمد. نتایج برهمکنش "بستر کاشت × اسیدآلی" بر صفات مورد آزمایش نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ نهایی، بیش‌ترین میزان عملکرد، تعداد میوه و وزن بزرگ میوه مربوط به تیمار "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست × اسیدهیومیک + آرژنین" بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تیمارهای "خاک باغچه + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست" و "اسیدهیومیک + آرژنین" تیمار برتر در این آزمایش هستند چون هم در آثار ساده و هم در آثار برهمکنش باعث بهبود رشد رویشی و فیزیولوژیک گیاه توت‌فرنگی شد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., Shnan, N.T., 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology* 10(11): 1988–1996.
2. Ameri, A., Tehranifar, A. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* cv. Camarosa. *Journal of Biological and Environmental Science* 16: 77–79.
3. Ameri, A., A. Tehranifar., Davarinejad, G.H., Shoor, M., 2012. The effects of substrate and cultivar in quality of strawberry. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 6(17): 181–188.
4. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J.D., 2004. Influences of vermicompost on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93(2): 145–153.
5. Atiyeh, R.M, Arancon, N., Edwards, C.A., Metzeger, J.D., 2000. Influence of earth worm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75(3): 175–180.
6. Baldwin, E.A., 1983. Citrus fruit. PP. 107-149. In*:* Seymour, G., J. Taylor and G. Tucker (Eds.), Biochemistry of Fruit Ripening, Chapman and Hall, London.
7. Berova, M., Karanatsidis, G., Sapundzchieva, K., Nikolova, V., 2010. Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*Capsicum annum L.*). *Folia Horticulturae* 22(1): 3–7.
8. Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., Gonias, E.D., 2010. Exogenous application of putrescine ameliorates the effects of high temperature in *Gossypium hirsutum* L. flowers and fruit development. *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 205–211.
9. Bidaki, S., Chalavi, V., 2014. The effect of organic manures in soilless culture on shelf-life extension of strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Camarosa). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 5 (2): 107–114. (in Persian with English abstract)
10. Cao, J.X., Peng, Z.P., Huang, J.C., Yu, J.H., Li, W.N., Yang, L.X., Lin, Z.J. 2010. Effect of foliar application of amino acid on yield and quality of flowering Chinese cabbage. *Chinese Agriculture Science Bulletin* 26: 162–165.
11. Capitani, D., Manninab, L., Proietti, N., Soboleva, A., Tomassinic. A.P., Micchelic, A., Di Coccoc, M.E., Capuanic, G., De Salvadord, R., Delfini, M., 2010. Monitoring of metabolic profiling and water status of Hayward kiwifruits by nuclear magnetic resonance. *Talanta*. 82: 1826–1838.
12. Cavalcante, J., Rocha, L.F.D., Cavalcante, L.F., 2016. Fruit production and quality of *Guava paluma* as a function of humic substances and soil mulching. *African Journal of Biotechnology* 15(36): 1962–1969.
13. Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., Khorasani, R., 2018. Effect of humic acid on some physical and chemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Plant Production Technology* 10(1): 69–81. (in Persian with English abstract)
14. Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., Mahmoud, A.R., 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 6: 583–588.
15. Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P., Ferrara, E., 2008. Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia' table grape. *Journal International OENO One* 42: 79–87.
16. Haghighi M., Kafi M., Fang, P., 2012. Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid*. International Journal of Vegetable Science* 18: 182–189.
17. Honarparvar, N., Forghani, S.H., Forghani, S.A., 2009. Strawberries. Publication of Agricultural Education. 51 p. (in Persian)
18. Hosseini Farahi, M., Aboutalebi, A.H., Eshghi, S., Dastyaran, M., Yosefi, F., 2013. Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of 'Aromas' strawberry in soilless culture. *Agricultural Communications* 1(1): 13–16.
19. Hosseini Farahi, M., Dastyaran, M., Yosefi, F., 2017. Effect of polyamines (PAs) and humic acid (HA) on growth,

yield and concentration of mineral elements in shoot and root of strawberry. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 18 (2): 209–220. (in Persian with English abstract)
20. Jamal Uddin, A.F.M., Hossan, M.J., Islam, M.S., Ahsan, M.K., Mehraj, H., 2012. Strawberry growth and yield responses to gibberellic acid concentrations. *Journal of Experimental Biosciences* 3(2): 51–56.
21. Jones, C.A., Jacobsen, J.S., Mugaas, A., 2004. Effect of humic acid phosphorus availability and spring wheat yield. Fertilizer Facts, No.32, Extension Service, Montana State University, USA.
22. Kashi, A., Hekmati, J., 1990. Strawberry Production. Ahmadi Publication. Tehran. 121 p. (in Persian)
23. Khattab, M., Shehata, A., Abou El-Saadate, E., Al-Hasni, K.H., 2016. Effect of glycine, methionine and tryptophan on the vegetative growth, flowering and corms production of gladiolus plant. *Alexandria Science Exchange Journal* 37(4): 647–659.
24. Koukounaras, A., Tsouvaltzis, P., Siomos, A.S. 2013. Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels. *Journal of Food, Agriculture, & Environment* 11(2): 644–648.
25. Ladaniya, M.S., 2008. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, Amsterdam. 558 p.
26. Mahmoudi, H., 2012. Final report of the effects of foliar application of free amino acids on quantitative and qualitative yield of chickpea cv. 'Jam' under rainfed conditions. *Technical Journal* 41933, Dryland Agricultural Research Institute Press: Maragheh, Iran. (in Persian)
27. Malakuti, M.J., 2019. The Role of Optimal Fertilizer Consumption in Increasing Yield and Production of Healthy Agricultural Products. Mobaleghan Publication. 458 p. (in Persian)
28. Mamo, M., Rosen, C.J., Halbach, T.R., 1999. Nitrogen availability and leaching from soil amended with municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality* 28: 1074–1082.
29. Mazumdar, B.C., Majumder, K., 2003. Methods on physcochemical analysis of fruits. University College of Agriculture. Calcutta. 136–150.
30. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34(11): 1527–1536.
31. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A., Etemadi, N.A., 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition* 31 (12): 2155–2163.
32. Perkins-Veazie, P., 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17: 267–297.
33. Saied, A.S., Keutgen, A.J., Noga, G., 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. *Scientia Horticulturae* 103: 289–303.
34. Saini, R.S., 2005. Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture. Agrobios, Jodhpur, India.
35. Sairam, R.K., Roa, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wheat cultivar genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science* 163:1037–1046.
36. Salehi Sardoei, A., 2014. Vermicompost effects on the growth and flowering of marigold (*Calendula officinalis* L.). *European Journal of Experimental Biology* 4(1): 651–655.
37. Samavat, S., Malakuti, M., 2005. Important use of organic acids (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water and Soil Researchers Technical* 463: 1–13. (in Persian with English abstract)
38.Samavat, S., Lakzian A., Zamirpour, A.R., 2001. Effect of vermicompost on growth characteristics of Tomato. *Agricultural Science and Technology*. 15 (2): 83–89. (in Persian with English abstract)
39. Sanjari Mijani, M., Sirous Mehr, A.R., Fakhri, B.A. 2014. Effect of drought stress and humic acid on some physiological properties of (*Hibiscus gossypifolius* L.). *Journal of Crops* 17(2): 403–417.
40. Sarropoulou, V., Kortessa, D.T., Ioannis, T., 2014. L-arginine impact on cherry rootstock rooting and biochemical characteristics in tissue culture. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 38: 887–897.
41. Sedaghathoor, S., 2012. Medicinal and Aromatic Trees and Shrubs. Azad University, Rasht Branch Press. (in Persian)
42. Shirdel Shahmiri, F., Afzali, S., 2014. Investigation of the effects of different levels of vermicompost on quantitative and qualitative yield of three strawberry cultivars. In: Third National Conference on Food Security. Savadkouh, Iran. (in Persian)
43. Shokrollah Fam, S., Hajilou, J., Zare, F., Tabatabaei, S.J., Naghshiband Hasani, R., 2012. Effects of calcium chloride and salicylic acid on quality and storage life of plum cultivar. *Journal of Food Research* 22(1): 75–75. (in Persian with English abstract)
44. Singh, R., Sharma, R., Satyendra, K., Gupta, R., Patil, R., 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99(17): 8507–8511.
45. Soltani, F., Haddou, A., Jahan Judge, N.J., 2017. Effect of glutamine, citric acid and malic acid on growth indices and *Glycyrrhiza glabra* morphology quality. *Journal of Cellular and Molecular Biology* 14: 5–15.
46. Tahira, A., Saeed, A., Muhammad, A., Muhammad, A.S., Muhammad, Y., Rashad, M.B., Muhammad, A.P.,

Sumaira, A., 2013. Effect of humic and application at different growth stages of kinnow mandarin (*Citrus reticulatea* Blanco) on the basis of physio-biochemical and reproductive responses. *Academia Journal of Biotechnology* 1(1): 014–020.
47. Theunissen, J.P., Ndakidemi, A., Laubscher, C.P., 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences* 5(13): 1964–1973.
48. Thomas, J., Mandal, A.K.A., Raj Kumar, R., Murugan, A.C., 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia* sp.). *International Journal of Agricultural Research* 4(7): 228–36.
49. Wang, S.Y., Lin, S.S., 2002. Composts as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *Journal of Plant Nutrition* 25(10): 2243–2259.
50. Yagi, M.I., Al-Abdul Kareem, S.S., 2006. Effects of exogenous arginine and uric acid on *Eruca sativa* Mill shoots grown under saline conditions. *Journal of Science and Technology* 7: 1–11.
51.Yildirim, E., 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculture Scandinavia Journal* 57: 182–186.
52. Zachariakis A., Tzorakakis E., Kritsotakis I., Siminis C.I., Manios V., 2001. Humic substances stimulate plant growth, nutrient accumulation in grapevine rootstocks. *Acta Horticulturea* 549: 131–136.
53. Zare, M., 2011. Effect of Foliar Application of Algarin, Derin and Humic Acid on Flowering, Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit c.v Salva. MSc Thesis in Horticultural Sciences, Shiraz University. 96 p. (in Persian)
54. Zeid, I.M., 2009. Effect of arginine and urea on polyamines content and growth of bean under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 31: 65–70.

Effect of Humic Acid, Arginine and Different Levels of Vermicompost on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* L. cv. Gaviota)

H. Nasiri Abkenar[1] and Sh. Sedghathoor[1*]

(Received: 24 December 2021; Accepted: 10 March 2022)

Abstract

Strawberry is one of the temperate fruits, which is among the most important commercial horticultural crops. This product has found its place in the diet of millions of people due to its aroma, taste and vitamin-rich contents. Therefore, present study was conducted in the greenhouse to investigate the effect of humic acid and arginine at different levels of vermicompost on quantitative and qualitative characteristics of Gaviota strawberry. This research was carried out in a factorial experimental with complete randomized blocks design with 16 treatments, three replications and 48 plots. The first factor was substrates in 4 levels (garden soil, "garden soil + 5% vermicompost", garden soil + 10% vermicompost "and" garden soil + 20% vermicompost ") and the second factor included organic acids in 4 levels [control (water), humic acid (100 mg/l), arginine (100 mg/l) and humic acid + arginine (100 + 100 mg/l)]. The measured traits included number of leaves, fruit yield, number of fruits, fruit weight, fresh and dry weights of shoot, chlorophyll a, b and total, carotenoids, anthocyanin content, vitamin C, total soluble solids (TSS), titratable acid (TA) and TSS/TA. According to the results, "garden soil + 20% vermicompost" had a positive effect on all tested traits and increased physiological and vegetative parameters in strawberry. The highest fruit weight, chlorophyll a, b and total, carotenoids, anthocyanin content, and vitamin C were obtained in the treatment of "humic acid + arginine". Interaction effect of "planting medium × organic acid" showed that the highest number of leaves, highest yield and number of fruits were related to "garden soil + 20% vermicompost × humic acid + arginine" treatment.

Keywords: Anthocyanin, Arginine, Yield, Total soluble solids, Vitamin C.

Background and Objectives: Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* L.) is a perennial herb from the family of Rosaceae. Although strawberry is known as a temperate fruits, it has currently spread to various regions (1), and is an important berry due to the special flavor (2). Therefore, present study was conducted to investigate the effect of humic acid and arginine at different levels of vermicompost on quantitative and qualitative characteristics of “Gaviota” cultivar.

Materials and Methods: This research was carried out in a factorial experimental with complete randomized blocks design with 16 treatments, three replications, and 48 plots. The first factor was substrates

1- Department of Horticuture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.
*: Corresponding author Email: sedaghathoor@yahoo.com

in 4 levels (garden soil, "garden soil + 5% vermicompost", garden soil + 10% vermicompost "and" garden soil + 20% vermicompost ") and the second factor included organic acids in 4 levels [control (water), humic acid (100 mg/l), arginine (100 mg/l) and humic acid + arginine (100 + 100 mg/l)]. The measured traits included number of leaves, fruit yield, number of fruits, fruit weight, fresh and dry weights of shoot, chlorophyll a, b and total, carotenoids, anthocyanin content, vitamin C, total soluble solids (TSS), titratable acid (TA) and TSS/TA.

Results: According to the results, "garden soil + 20% vermicompost" had a positive effect on all tested traits and increased physiological and vegetative parameters in strawberry. The highest fruit weight, the highest amounts of chlorophyll a, b and total, carotenoids, anthocyanin content, and vitamin C were obtained for "humic acid + arginine" treatment. The interaction effect of "planting medium × organic acid" showed that the highest number of leaves, highest yield and number of fruits were related to the treatment of "garden soil + 20% vermicompost × humic acid + arginine".

Conclusions:: It may be concluded that treatments "garden soil + 20% vermicompost" and "humic acid + arginine" were the best in this experiment as simple and interaction effects of these treatments showed improved vegetative and physiological growth of strawberries.

References:

1. Rao, V., Swamy, G.S.K., 2017. Evaluation of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) genotypes for morphological characters under shade house. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(9): 1861–1864.
2. Rohloof, J. 2011. Impact of agriculture and environmental factors of strawberry. *European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1: 17–34.