

(OPEN ACCESS)

Effects of foliar application of some biofertilizers on quantitative and qualitative traits and antioxidant capacity of Red Delicious apple fruit

Afsaneh Salehi¹, Fatemeh Nekounam^{*2}, Farhang Razavi³

1. Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: salehiefsane992@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: nekounam@znu.ac.ir
3. Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: razavi.farhang@znu.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Full Length Research Paper</p> <p>Article history: Received: 01.05.2025 Revised: 01.21.2025 Accepted: 02.14.2025</p> <p>Keywords: Anthocyanin, Bio-fertilizers, Fruit firmness, Nutritional value</p>	<p>Background and Objectives: Apple is one of the most important fruit trees in temperate regions and is a native of central Asia. Apple fruit is rich in potassium, sodium, calcium, boron, phosphorus, and significant amounts of vitamins C, B and A. Optimal nutrition for fruit trees is one of the effective strategies to achieve maximum fruit yield and increase product quality. But, long-term use of chemical fertilizers leads to harmful impacts on the soil, environment and humane health. Recently, one of the basic solutions to overcome these problems is the use of mineral, organic and biological fertilizers as an alternative to chemical fertilizers. Commercial bio-stimulants include important compounds such as seaweed extracts, humic substances, amino acids, etc. Therefore, in this study, we evaluated the effect of foliar application of some of biofertilizers (seaweed extract, humic acid, amino acid) on quantitative and qualitative traits and antioxidant capacity of Red Delicious apple fruit, under the climatic conditions of Zanjan region, Iran.</p> <p>Materials and Methods: The experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications in apple orchard of university of Zanjan during 2023. The experimental treatments included foliar spraying of seaweed extract (Alg; 0.075 and 0.15%), amino acid (GF Amino; 0.1 and 0.2%), humic acid (HA; 0.03%), commercial fertilizer Homarang, (Homa fert; 0.5%), combined chemical fertilizer of nitrogen, zinc and boron (Combinat fert; 1% urea, 0.3% zinc chelate and 0.1% boric acid) and foliar spraying with distilled water (control). Foliar application of treatments started 40 days after full bloom, and was repeated three times with an interval of 30 days until the physiological ripening of fruits. The fruits were harvested based on the fruit growth curve at the physiological maturity stage, which occurs 130 days after full bloom. Ten fruits were randomly harvested from each experimental unit, and then the samples were transferred to the laboratory for quantitative and qualitative trait measurements. Quantitative and qualitative traits of the fruit, such as fruit length, diameter, weight, volume, and dry weight, phenols, flavonoids, antioxidant capacity, ascorbic acid, protein, and anthocyanin content of the fruit were examined.</p>

Results: Results showed that the highest value of titratable acidity and vitamin C (22.25 mg 100g⁻¹FW) were obtained in apple trees treated with seaweed 0.075%. The maximum amount of total phenol (9.62 mg 100 g⁻¹FW), flavonoid (1.59 mg 100g⁻¹FW) and antioxidant capacity (70.17%) were observed in fruits treated with amino acid fertilizer 0.1 and 0.2%. The highest fruit length (70.56 mm), diameter (71.16 mm), weight (186.51 grams) and fruit firmness (43.54 N) were obtained with foliar application of HA. Also, the highest anthocyanin content of fruit skin (16.9 μmol g⁻¹FW) was achieved with the use of commercial Homa fertilizer, as this fertilizer had the greatest effect on fruit color quality. The application of combined chemical fertilizer had a negative impact on fruit quality indices, reducing the quality of skin color and fruit firmness.

Conclusion: The results of this study showed that foliar application of biofertilizers and chemical fertilizer had a significant effect on the quantitative and qualitative characteristics and antioxidant capacity of Red Delicious apples. According to the results, biofertilizers, especially seaweed extract (0.075%), amino acid (0.1%), and humic acid (0.03%), had a positive effect on the quantitative and qualitative characteristics and nutritional value of the Red Delicious apple fruit. So that, the combined or separate application of these biofertilizers is recommended to improve the quantitative, qualitative, and nutritional properties of the Red Delicious apple fruit under climatic conditions of Zanjan.

Cite this article: Salehi, Afsaneh, Nekounam, Fatemeh, Razavi, Farhang. 2026. Effects of foliar application of some biofertilizers on quantitative and qualitative traits and antioxidant capacity of Red Delicious apple fruit. *Journal of Plant Production Research*, 33 (1), 161-184.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jopp.2025.23082.3210

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر کاربرد برگی برخی کودهای زیستی بر خصوصیات کمی، کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب رقم رد دلیشز (*Malus domestica* cv. Red delicious)

افسانه صالحی^۱، فاطمه نکونام^{۲*}، فرهنگ رضوی^۳

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: salehiefsane992@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: nekounam@znu.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: razavi.farhang@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: سیب مهم‌ترین میوه مناطق معتدله و بومی آسیای مرکزی است. این میوه حاوی مقدار زیادی عناصر غذایی پتاسیم، سدیم، کلسیم، بور، فسفر و ویتامین‌های آ، ب و ث می‌باشد. تغذیه بهینه درختان میوه یکی از راهکارهای مؤثر برای دستیابی به حداکثر عملکرد میوه و افزایش کیفیت محصول است. اما استفاده طولانی‌مدت کودهای شیمیایی اثرات نامناسبی بر سلامت خاک، محیط زیست و انسان دارد. اخیراً، یکی از راهکارهای اساسی برای غلبه بر این مشکلات، کاربرد کودهای معدنی، آلی و زیستی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی است. کودهای زیستی تجاری شامل ترکیباتی مهمی مثل عصاره جلبک دریایی، ترکیبات هیومیکی و اسیدهای آمینه هستند. بر این اساس در پژوهش حاضر محلول‌پاشی سطوح مختلف برخی از کودهای زیستی (عصاره جلبک دریایی، اسید هیومیک و اسید آمینه) بر صفات کمی و کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب رقم رد دلیشز طی فصل‌های بهار و تابستان ارزیابی شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶	مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در باغ سیب دانشگاه زنجان و در سال ۱۴۰۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد برگی عصاره جلبک دریایی (۰/۷۵ و ۰/۱۵ درصد)، اسید آمینه (۰/۱ و ۰/۲ درصد)، اسید هیومیک (۰/۰۳ درصد)، کود تجاری همانرنگ (۰/۵ درصد)، کود شیمیایی ترکیبی نیتروژن، روی و بور (اوره ۱ درصد، کلات روی ۰/۳ درصد و اسیدبوریک ۰/۱ درصد) و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) بود. حدود ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، محلول‌پاشی شروع و با فاصله ۳۰ روز تا زمان رسیدن فیزیولوژیکی میوه‌ها سه بار تکرار شد. میوه‌ها بر اساس منحنی رشد میوه در مرحله رسیدن فیزیولوژیکی میوه (۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) برداشت
واژه‌های کلیدی: ارزش تغذیه‌ای، آنتوسیانین، سفتی بافت میوه، کود زیستی	

شدند ۱۰ میوه از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی برداشت شد و سپس نمونه‌ها برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. صفات مورد ارزیابی شامل خصوصیات کمی میوه سیب (طول، قطر، وزن، حجم و ماده خشک میوه)، خصوصیات کیفی میوه سیب (سفتی، مواد جامد محلول و اسیدیته)، شاخص‌های بیوشیمیایی میوه سیب (ویتامین ث، پروتئین، فنول، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی) و آنتوسیانین پوست میوه بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که حداکثر اسید قابل تیتراسیون و ویتامین ث میوه (۲۲/۲۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) در درختان سیب تیمار شده با جلبک‌دریایی ۰/۰۷۵ حاصل شد. حداکثر میزان فنول کل (۹/۶۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، فلاونوئید (۱/۵۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۷۰/۱۷ درصد) در میوه‌های تیمار شده با هر دو سطح ۰/۱ و ۰/۲ درصد اسیدآمین مشاهده شد. بیش‌ترین طول (۷۰/۵۶ میلی‌متر)، قطر (۷۱/۱۶ میلی‌متر)، وزن (۱۸۶/۵۱ گرم) و سفتی بافت میوه (۴۳/۵۴ نیوتن) با کاربرد برگی اسید هیومیک حاصل شد. همچنین بیش‌ترین محتوای آنتوسیانین پوست میوه (۱۶/۹ میکرومول بر گرم وزن تر) با کاربرد کود تجاری هم‌رنگ حاصل شد؛ به‌طوری‌که این کود بیش‌ترین تأثیر را بر کیفیت رنگ میوه داشت. کاربرد کود شیمیایی ترکیبی بر شاخص‌های کیفی میوه تأثیر منفی نشان داد، به‌طوری‌که باعث کاهش کیفیت رنگ پوست و سفتی بافت میوه شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل، کاربرد برگی کودهای زیستی و کود شیمیایی ترکیبی تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کمی، کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های سیب داشت. طبق نتایج، به‌خصوص عصاره جلبک دریایی (۰/۰۷۵ درصد)، اسید آمینه (۰/۱ درصد) و اسید هیومیک (۰/۰۳ درصد) تأثیر مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی و ارزش تغذیه‌ای میوه سیب رقم رد‌دلشز داشتند. بر این اساس کاربرد کودهای زیستی فوق به صورت مجزا و ترکیبی جهت بهبود خواص کمی، کیفی و ارزش تغذیه‌ای میوه سیب رقم رد‌دلشز در شرایط آب و هوایی زنجان پیشنهاد می‌شود.

استناد: صالحی، افسانه، نکونام، فاطمه، رضوی، فرهنگ (۱۴۰۵). تأثیر کاربرد برگی برخی کودهای زیستی بر خصوصیات کمی، کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب رقم رد دلشز (*Malus domestica* cv. Red delicious). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳۳ (۱)، ۱۸۴-۱۶۱.

DOI: 10.22069/jopp.2025.23082.3210



© نویسنده‌گان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

سیب با نام علمی *Malus domestica* از خانواده گل سرخیان و یکی از مهم‌ترین درختان میوه مناطق معتدله است. بر اساس آخرین آمار سازمان خواربار جهانی، ایران با تولید سالانه ۲/۱۷ میلیون تن سیب دارای رتبه هفتم در تولید این میوه است (۱). این میوه حاوی مقدار زیادی پتاسیم، سدیم، کلسیم، بور، فسفر و مقادیر زیادی ویتامین آ، ب و ث می‌باشد. مصرف روزانه سیب به دلیل داشتن فلاونوئید خطر ابتلا به سرطان ریه و بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد، همچنین سیب حاوی ترکیبات فنولیک است که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کرده و از آسیب به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کند (۲).

تغذیه بهینه درختان میوه یکی از راهکارهای مؤثر برای دستیابی به حداکثر عملکرد میوه و افزایش کیفیت محصول است. اکثر خاک‌های ایران آهکی هستند که دسترسی به مواد مغذی را محدود می‌کنند، بنابراین برای رفع این مشکل و افزایش عناصر غذایی قابل جذب لازم است کودها به‌خصوص در دوره‌های بحرانی رشد به صورت محلول‌پاشی برگی در اختیار گیاهان قرار گیرند. محلول‌پاشی برگی جذب عناصر و کمیت و کیفیت محصول تولیدی را بهبود داده و منجر به تنظیم باردهی گیاه می‌شود. البته تأثیر کوددهی برگی به عوامل متعددی مانند گونه گیاهی، زمان کاربرد، مرحله فنولوژیکی و شرایط محیطی بستگی دارد (۳).

امروزه با توجه به مشکلات ناشی از صنعتی شدن جوامع و کاربرد کودها و سموم شیمیایی بحث کشاورزی زیستی مطرح شده است. یکی از جنبه‌های اساسی کشاورزی زیستی، جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی، معدنی و زیستی است (۴). در کشاورزی ارگانیک، از جمله تولید سیب ارگانیک، به‌علت عدم استفاده از کودها و سموم شیمیایی

عملکرد محصول در مقایسه با سیستم‌های تولید رایج کم‌تر است. بخش کشاورزی ارگانیک به منظور افزایش عملکرد، به‌طور مداوم به دنبال شیوه‌های جدید زراعی جهت ادغام در مدیریت سیستم‌های کشت است. مهم‌ترین محرک‌های زیستی گیاهی شامل مواد طبیعی مانند اسیدهای آمینه، اسیدهیومیک و فولویک، پروتئین‌های هیدرولیز شده، عصاره جلبک دریایی (۵)، قارچ‌های میکوریزا (۶) و باکتری‌های محرک رشد گیاه (۷) می‌باشند.

عصاره جلبک دریایی حاوی برخی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و برخی از عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاهان، ویتامین‌ها، هورمون‌های رشد یا تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، اسیدآمینه‌ها، پلی‌ساکاریدها، بتائین‌ها و غیره می‌باشد. ترکیبات هورمونی و مواد تنظیم‌کننده رشد مانند جیبرلین، اکسین و سیتوکنین در عصاره جلبک دریایی در طول شدن سلولی، ایجاد گل، رشد برگ، جوانه زدن بذر، افزایش طول میان‌گره‌ها، افزایش اندازه میوه، کیفیت میوه، تاخیر در رسیدن میوه‌ها، یک‌دست شدن میوه‌ها، کاهش اثر برخی آفات و بیماری‌های گیاهی مؤثر می‌باشد (۸). کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌طور مؤثری رشد درختان سیب رقم جاناناتان را تحریک کرد و به‌طور قابل‌توجهی سطح برگ، محتوای کلروفیل برگ و میزان ماده‌سازی در برگ را بهبود بخشید (۹). در پژوهشی دیگر، اسپینلی و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد برگی عصاره جلبک دریایی بر سیب رقم فوجی گزارش کردند که احتمالاً عصاره جلبک دریایی از طریق افزایش محتوای کلروفیل (افزایش ۱۲ درصدی) و فتوسنتز باعث کاهش تناوب باردهی شد (۱۰). همچنین کاربرد برگی عصاره جلبک دریایی موجب افزایش وزن میوه در پرتقال گردید (۱۱). گزارش شد که کاربرد برگی جلبک دریایی در غلظت‌های ۰/۱ تا ۰/۴ درصد بین ۲ تا ۴ بار، باعث افزایش رشد، غلظت

اسیدهیومیک نوعی ترکیب پلیمری طبیعی به همراه مواد آلی هتروژن است که طی پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره و از فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌های خاک که تقریباً ۸۰ درصد از مواد آلی خاک را تشکیل می‌دهند حاصل می‌شود. این ترکیبات دارای خواص محرک زیستی هستند و جذب مواد مغذی مورد نیاز گیاهان مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و رشد بهتر گیاه را فراهم می‌کنند (۲۱). کاربرد برگی اسیدهیومیک اثرات قابل توجهی بر فعالیت فتوسنتز، تبادل گاز در برگ‌ها، افزایش تحمل گیاه به شرایط محیطی غیرزیستی و بیش‌تر فعل و انفعالات حیاتی گیاه دارد (۲۲). کاربرد برگی اسیدهیومیک بر انگور رقم عسکری، باعث افزایش وزن خوشه، وزن حبه و صفات کیفی میوه مانند مواد جامد محلول، ویتامین ث و اسید قابل تیتراسیون شد (۲۳). هم‌چنین کاربرد برگی اسیدهیومیک در زردآلو باعث افزایش پارامترهای بیوشیمیایی میوه شد (۲۴). در پژوهشی دیگر آمری و تهرانی‌فر (۲۰۱۲) مشاهده کردند که کاربرد اسیدهیومیک موجب افزایش محتوای نیتروژن، فسفر و کلروفیل برگ توت‌فرنگی رقم کاماروسا^۱ گردید (۲۵). کاربرد برگی اسیدهیومیک در درختان زردآلو رقم کنینو^۲ علاوه بر افزایش معنی‌دار پارامترهای رشدی، کیفیت میوه و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این محصول از جمله سفتی بافت، میزان مواد جامد محلول و نسبت قند به اسید را افزایش داد (۲۴). فتحی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد برگی و خاکی اسیدهیومیک، باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی میوه زردآلوی رقم کنینو از جمله محتوای مواد جامد محلول و اسیدیته آب میوه شد (۲۶). با توجه به مطالب فوق، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد برگی تعدادی از کودهای زیستی در

عناصر، عملکرد و بهبود بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میوه انبه شد (۱۲). هم‌چنین کولایتا و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر کاربرد برگی عصاره جلبک دریایی بر گلابی، دریافتند عصاره جلبک دریایی می‌تواند با افزایش وزن و قطر میوه باعث افزایش عملکرد شود (۱۳). کاربرد برگی عصاره جلبک دریایی شدت و توزیع رنگ قرمز پوست سیب را بهبود می‌بخشد، که ممکن است به دلیل توانایی عصاره در القای بیوسنتز آنتوسیانین در پوست میوه باشد (۹).

اسیدآمین‌ها از دیگر ترکیبات محرک زیستی هستند که از یک یا چند عنصر تشکیل شده‌اند. کودهای با محتوای اسیدآمین برای تولید پایدار نسبت به کودهای معمولی کاربرد بیش‌تری دارند (۱۴). به عبارتی کودهای حاوی اسیدآمین‌ها نقش مهمی در تنظیم انتقال یون‌ها و متابولیسم گیاه دارند (۱۵). اسیدآمین‌ها نقش مثبتی در افزایش رشد، افزایش محصول و تحمل به تنش‌های محیطی توسط گیاه دارند (۱۶). اسیدآمین‌ها به عنوان ترکیبات محرک رشد کمی و کیفی گیاه فعالیت می‌کنند، این ترکیبات در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و هورمونی نقش مهمی دارند. به‌طورکلی اسیدآمین‌ها موادی هستند که باعث تحریک فرآیندهای سوخت‌وسازی (متابولیکی) در جهت افزایش کارایی گیاهان می‌شوند (۱۷). کاربرد برگی اسیدآمین یک راهکار موفقیت‌آمیز برای بهبود رشد گیاهانی است که در خاک‌هایی با حاصل‌خیزی کم کشت می‌شوند (۱۸). اسیدآمین‌ها به‌عنوان ترکیبات نیتروژنی آلی، بلوک‌های ساختمانی پروتئین هستند که برای ساخت بافت‌های گیاهی و کلروفیل ضروری می‌باشند. هم‌چنین به عنوان پیش‌ساز هورمون‌ها و توسعه‌دهنده ریشه نیز عمل می‌کنند (۱۹). در محلول‌پاشی اسیدآمین‌ها، گیاهان اسیدآمین‌ها را از طریق روزه‌ها جذب می‌کنند (۲۰).

1- Camarosa

2- Canino

کود شیمیایی ترکیبی حاوی نیتروژن، روی و بور (۱ درصد اوره، ۰/۳ درصد کلات روی و ۰/۱ درصد اسید بوریک) و شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) بود. محلول پاشی تیمارها، ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها شروع و سه بار با فاصله ۳۰ روز تا زمان رسیدن فیزیولوژیکی میوه‌ها تکرار شد. برای افزایش بازده جذب، محلول پاشی هنگام غروب آفتاب و در ساعات خنک روز انجام شد و تمام برگ‌های درخت به‌طور کامل خیس شد. مدیریت باغ از نظر آبیاری، نحوه کوددهی و هرس در تمام درختان یکسان بود. میوه‌ها بر اساس منحنی رشد میوه در مرحله رسیدن فیزیولوژیکی میوه (۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) برداشت شدند (۲۷). ۱۰ میوه از هر واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی برداشت شد و سپس نمونه‌ها برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. برای اندازه‌گیری درصد ماده خشک میوه، وزن تر میوه‌ها اندازه‌گیری شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و وزن خشک میوه‌ها به‌دست آمد و با استفاده از رابطه ۱، درصد ماده خشک میوه محاسبه شد (۲۸).

$$(1) \quad 100 \times (\text{وزن تر} / \text{وزن خشک}) = \text{درصد ماده خشک}$$

طول و قطر میوه‌ها با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر (۱۰ میوه از هر تکرار) اندازه‌گیری شد. شاخص شکل میوه بر اساس رابطه ۲، به صورت نسبت طول میوه بر قطر میوه محاسبه شد:

$$(2) \quad \text{قطر میوه} / \text{طول میوه} = \text{شاخص شکل میوه}$$

وزن میوه با استفاده از ترازوی حساس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ (مدل محک، ساخت کشور ایران) و حجم میوه با روش غوطه‌ورسازی در آب (۱۰ میوه در هر

مقایسه با کود شیمیایی ترکیبی حاوی نیتروژن، روی و بور در بهبود خصوصیات کمی و کیفی میوه سیب رقم رد دلشز در شرایط آب و هوایی زنجان انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۴۰۲ در باغ سیب دانشگاه زنجان با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۹/۴ متر از سطح دریا اجرا شد. این آزمایش روی درختان ۱۰ ساله سیب رقم رد دلشز پیوند شده بر پایه‌های رویشی M9 انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و یک درخت در هر تکرار اجرا شد. تیمارهای محلول پاشی شامل دو سطح عصاره جلبک دریایی (۰/۰۷۵ و ۰/۱۵ درصد، تولید شرکت آکادین پلنت - ساخت کشور کانادا) که حاوی ۹۳/۵ درصد عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم می‌باشد؛ دو سطح جی‌اف آمینو اسید (۰/۱ و ۰/۲ درصد، تولید شرکت گرین فرت کراپ - ساخت کشور چین) که حاوی ۱۵ درصد نیتروژن، ۴۵ درصد آمینو اسید کل و ۴۰ درصد آمینو اسید آزاد می‌باشد؛ یک سطح اسید هیومیک (۰/۰۳ درصد، تولید شرکت مرک - ساخت کشور آلمان) که دارای ۷۹ درصد اسید هیومیک، ۱۲ درصد فولویک اسید و ۸ درصد پتاسیم می‌باشد؛ یک سطح کود تجاری همارنگ (۰/۵ درصد، تولید شرکت فناور آزمایش همارنگ - ساخت کشور ایران) به صورت مایع و با قابلیت حل آسان در آب می‌باشد که محتوای اسید آمینه، اسید فولویک و یک سری از عناصر غذایی ضروری شامل ۳/۵ درصد نیتروژن، ۵/۱ درصد پتاسیم محلول در آب، ۰/۰۳ درصد منیزیم محلول در آب، ۰/۹۱ درصد آهن محلول در آب، ۰/۰۰۳ درصد منگنز محلول در آب و ۳/۹ درصد کربن آلی می‌باشد، یک سطح

تکرار) تعیین شد. هم‌چنین با استفاده از این دو صفت و طبق رابطه ۳ چگالی میوه‌ها نیز محاسبه شد:

$$(۳) \quad \text{حجم میوه} / \text{جرم میوه} = \text{چگالی میوه}$$

آزمون سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج مدل (OSK1618) ساخت کشور ژاپن با پروب ۸ میلی‌متری، در سه میوه در هر تکرار و از دو سمت مقابل هم و بعد از برداشتن پوست انجام گرفت. سفتی بافت بر اساس بیش‌ترین نیروی لازم برای نفوذ میله (تا عمق ۱۰ میلی‌متر) در میوه بر حسب نیوتن بیان شد (۲۹).

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون میوه (بر اساس غالیته اسیدمالیک) از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم (سود) ۰/۱ نرمال استفاده شد و با استفاده از رابطه ۴، اسید قابل تیتراسیون محاسبه شد. مواد جامد محلول کل میوه توسط دستگاه رفاکتومتر دیجیتال مدل (Atago-ATC-20 (E) اندازه‌گیری و به‌صورت درجه بریکس بیان شد (۳۰). در نهایت شاخص طعم میوه با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد:

$$(۴) \quad ۱۰۰ \times (\text{حجم آب میوه خالص} \times ۱۰۰۰) / \text{نرمالیه سود} \times \text{اکی‌والان اسید مالیک} \times \text{حجم سود مصرفی} = \text{اسید قابل تیتراسیون (درصد)}$$

$$(۵) \quad \text{میزان اسید قابل تیتراسیون میوه} / \text{مجموع مواد جامد محلول} = \text{شاخص طعم میوه}$$

جهت اندازه‌گیری فنول کل روش ارائه شده توسط فان و همکاران (۲۰۱۱) مورد استفاده قرار گرفت (۳۱). در این روش از معرف فولین سیکالتو^۱ جهت آنالیز و از محلول متانول ۸۰ درصد برای استخراج فنول کل استفاده شد. در نهایت میزان جذب در ۷۲۰ نانومتر ثبت شد و بر اساس میلی‌گرم گالیک

اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان شد. برای تعیین میزان فلاونوئید از روش اسپکتروفتومتریک بیان شده توسط کایجو و همکاران (۲۰۰۶) استفاده شد (۳۲). در نهایت میزان جذب در ۵۱۰ نانومتر ثبت شده و میزان فلاونوئید بر اساس میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان شد.

برای سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از روش DPPH ارائه شده توسط دهقان و خوشکام (۲۰۱۲) استفاده شد (۳۳). در این روش که بر پایه حذف رادیکال‌های آزاد ۲،۲-دی فنیل -۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استوار است، ۱/۹ میلی‌لیتر از محلول DPPH (۰/۱ میلی مول در متانول) به ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه در فضای تاریک قرار گرفته و در نهایت عدد جذب آن توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر ثبت شد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید.

برای ارزیابی میزان اسیدآسکوربیک از ماده رنگی ۲،۶-دی کلروفنول ایندوفنول استفاده شد (۳۴). در این روش ۲ گرم میوه با ۶ میلی‌لیتر متافسفریک اسید ۱ درصد (v/v) همگن شده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با ۱۰۰۰۰ دور سانتیفریوژ گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر از فاز رویی به ۳۰۰ میکرولیتر محلول نشانگر (۵۰ میلی‌گرم ۲ و ۶-دی کلروفنول ایندوفنول به اضافه ۴۲ میلی‌گرم بی‌کربنات سدیم حل شده در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) اضافه شده و میزان جذب در ۵۲۰ نانومتر ثبت گردید. در نهایت غلظت اسیدآسکوربیک با استفاده از منحنی استاندارد به دست آمده از غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در حضور دی‌کلروفنول ایندوفنول بر حسب میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه محاسبه گردید.

برای سنجش میزان آنتوسیانین کل مقدار ۰/۱ گرم از بافت تازه گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول

تأثیر محلول‌پاشی کودهای مربوطه بر طول و قطر میوه سیب رقم ردلشز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بررسی نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین طول (۷۰/۵۶ میلی‌متر) و قطر (۷۱/۱۶ میلی‌متر) میوه سیب در درختان تیمار شده با اسیدهیومیک مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها و شاهد داشت (شکل ۱- الف، ب). وزن و حجم میوه درختان سیب مورد آزمایش در اثر کاربرد کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (جدول ۱)، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن (۱۸۶/۵۲ گرم) و حجم میوه (۲۳۸/۶۷ سانتی‌مترمکعب) در تیمار اسیدهیومیک به‌دست آمد (شکل ۱- پ، ج). درصد وزن خشک میوه در اثر کاربرد کودهای زیستی با وجود افزایش، اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان نداد اما کود شیمیایی ترکیبی کاهش معنی‌داری را در درصد وزن خشک میوه (۱۳/۴۱ درصد) نسبت به شاهد (۱۵/۳۱ درصد) نشان داد (شکل ۱- د).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که خصوصیات کمی میوه شامل طول، قطر، وزن و حجم میوه سیب در اثر کاربرد اسیدهیومیک به ترتیب افزایش ۱۹/۲۶، ۱۰/۷۲، ۲۷/۶۴ و ۲۶/۵۰ درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های تعدادی از پژوهش‌گران همخوانی دارد. به‌طوری‌که خطاب و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که کاربرد برگی اسیدهیومیک در درختان انار باعث افزایش وزن کل میوه در هر درخت شد (۳۷). محمودی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که با اضافه کردن اسیدهیومیک به خاک، جذب مواد معدنی توسط گیاه افزایش یافته و سبب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه کیوی از جمله طول و قطر و وزن میوه شد (۳۸). کاربرد برگی اسیدهیومیک در مرحله تمام گل موجب افزایش اندازه حبه (طول، عرض و وزن) و بهبود فاکتورهای کیفی (اسید قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول نسبت به

اسیدی در هاون چینی سائیده شد. محلول حاصل به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس، محلول به مدت ۱۰ دقیقه با ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. عدد جذب محلول روشن‌آور در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت گردید. از محلول متانول اسیدی به عنوان شاهد استفاده گردید. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره بر حسب میکرومول بر گرم با استفاده از رابطه ۶ محاسبه گردید که (A) میزان جذب، (Σ) ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر، (b) عرض کووت برابر یک سانتی‌متر و (c) مقدار آنتوسیانین را بر حسب میکرومول بر گرم نشان می‌دهد (۳۵).

$$A = \Sigma bc \quad (6)$$

برای سنجش پروتئین کل، یک گرم از میوه سیب در ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۸/۷ ساییده و عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه با ۱۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. ۱ میلی‌لیتر بافر بردفورد به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره پروتئینی افزوده و شدت جذب مخلوط حاصل پس از ۲ دقیقه با اسپکتروفتومتر مدل (SAFAS MONACO (RS 232) در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. از آلبومین گاوی برای رسم منحنی استاندارد تعیین غلظت پروتئین‌ها استفاده گردید (۳۶).

روش‌های آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.3، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر کودهای زیستی بر خصوصیات کمی میوه سیب: نتایج تجزیه واریانس اثر برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات کمی میوه سیب نشان داد

دی‌اکسیدکربن می‌شود، در نتیجه شدت فتوستنز کاهش یافته و این امر بر بسیاری از ویژگی‌های عملکردی گیاه از جمله طول و قطر میوه‌ها تأثیر می‌گذارد (۴۱).

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، میوه‌های تیمار شده با کود شیمیایی ترکیبی کم‌ترین درصد وزن خشک را دارا بودند (کاهش ۱۲/۴۱ درصدی نسبت به شاهد)، که این احتمالاً نشان‌دهنده جذب آب بیش‌تر و رشد رویشی زیاد در اثر کاربرد نیتروژن بود. قسمت‌های رویشی در مقایسه با میوه‌ها مخزن قوی‌تری برای کربوهیدرات‌ها می‌باشند. به طور کلی با افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان جذب آب افزایش یافته و میزان ماده خشک کاهش می‌یابد (۴۲).

اسید کل) در انگور قرمز نسبت به گیاهان شاهد شد (۳۹). اسیدهیومیک از طریق افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه، فتوستنز، جذب مواد غذایی توسط گیاه، رشد ریشه، مقاومت به خشکی و آفات و بیماری‌ها، تولید ویتامین‌ها و آنزیم‌ها در گیاه باعث افزایش کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود (۴۰). در توجیه نتایج به‌دست آمده شاید بتوان عناصر غذایی ضروری از جمله پتاسیم موجود در اسیدهیومیک را مؤثر دانست که تأثیر زیادی بر رشد و نمو میوه‌ها داشته و باعث افزایش میزان طول و قطر میوه‌ها شده است. عنصر پتاسیم نقش بسیار مهمی را در تنظیم آب، فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فرآیندهای فتوستنز و تنفس دارد. عدم تعادل در غلظت پتاسیم موجب بسته شدن روزنه‌های هوایی و محدودیت در تامین

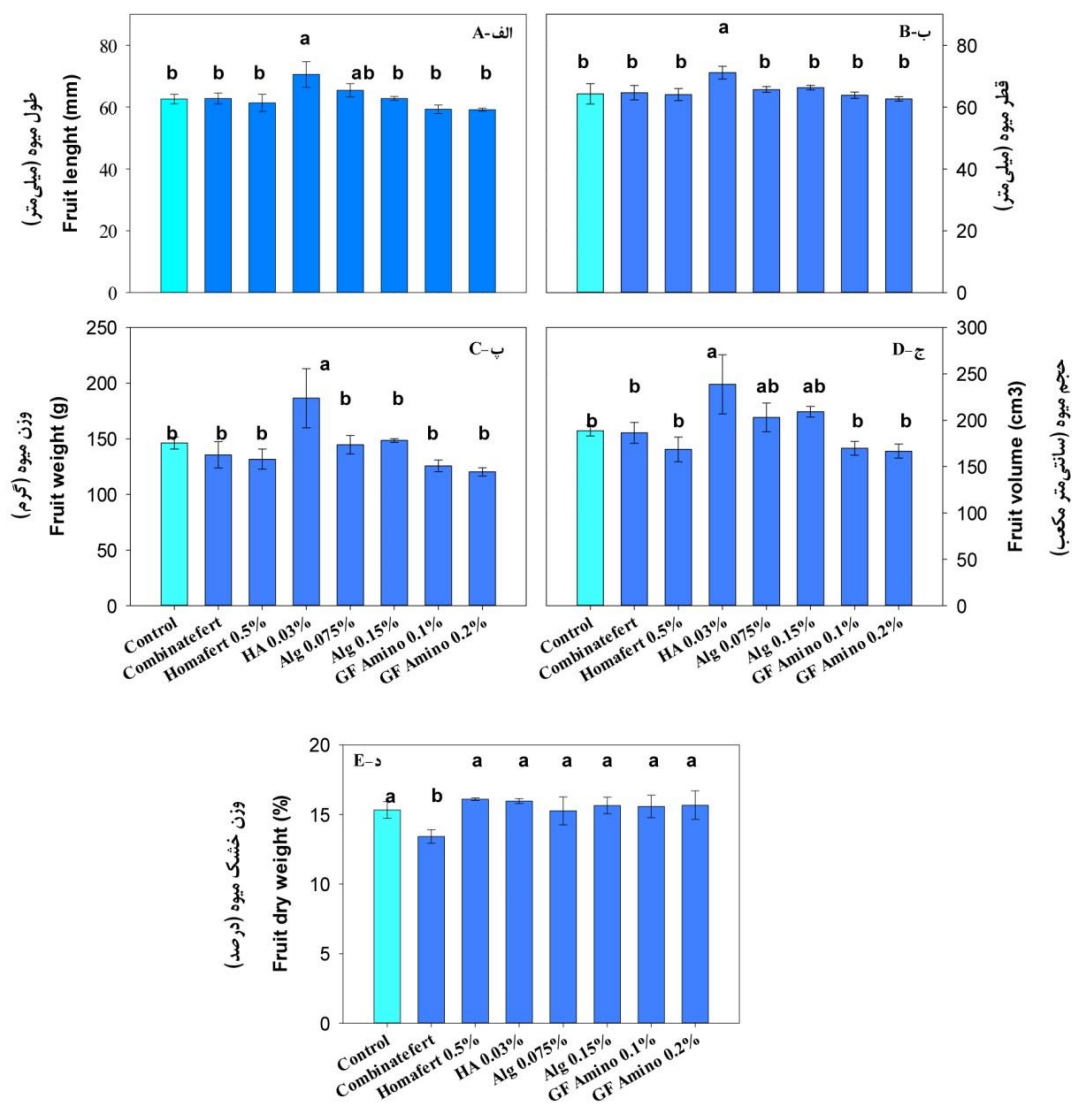
جدول ۱- جدول تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات کمی و کیفی میوه سیب رقم رد دلشیز.

Table 1, Variance analysis of the effect of foliar spray of some biofertilizers and chemical fertilizers on some quantitative and qualitative traits of Red Delicious apple fruit.

میانگین مربعات Means of Squares								درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
سفتی میوه Fruit firmness	چگالی میوه Fruit density	شاخص شکل میوه Fruit shape index	درصد وزن خشک میوه Fruit dry weight	حجم میوه Fruit volume	وزن میوه Fruit weight	قطر میوه Fruit diameter	طول میوه Fruit length		
3.4482	0.0007	0.0023	3.9651	338.72	410.89	26.6414	7.0416	2	بلوک Block
39.7901*	0.0027 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	8.1004*	1855.66*	1259.84*	26.4560*	14.9192*	7	تیمارها Treatments
11.4064	0.0010	0.0035	2.9808	695.91	398.55	10.192	6.1305	14	خطا Error
9.09	4.44	6.13	11.23	13.78	14.02	5.34	6.13	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)

^{ns} غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

^{ns} not significant, * significant at five percent probability level



شکل ۱- تأثیر محلول پاشی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات کمی میوه سیب رقم رد دلشیز.

الف) طول میوه، ب) قطر میوه، پ) وزن میوه، ج) حجم میوه و د) درصد ماده خشک میوه. Combinate fert: نیتروژن، روی و بور،

Homafert: کود تجاری همارنگ، HA: اسید هیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسید آمینه.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

میل‌های عمودی روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 1. The effect of foliar spraying of some biofertilizers and chemical fertilizers on the quantitative characteristics of Red Delicious apple fruit.

A) Fruit length, B) Fruit diameter, C) Fruit weight, D) Fruit volume, and E) Fruit dry matter percentage. Combinate fert: combined chemical fertilizer of nitrogen, zinc and boron, Homafert: commercial fertilizer Homarang, HA: humic acid, Alg: seaweed extract, GF Amino: amino acid.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Vertical lines correspond to \pm values indicate standard errors.

این قسمت با یافته‌های دیگر پژوهش‌گران مطابقت دارد. فتحی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که سفتی بافت میوه و مواد جامد محلول در زردآلو رقم کنینو با کاربرد برگی و خاکی اسیدهیومیک افزایش یافته است (۲۶). هم‌چنین کاربرد برگی ۲ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک در انار سبب بهبود سفتی بافت میوه، ویتامین ث و فنول کل گردید (۶۱). با توجه به نتایج این پژوهش محلول‌پاشی کود شیمیایی ترکیبی سبب کاهش ۱۹/۳۳ درصدی سفتی بافت میوه نسبت به شاهد گردید. در واقع دلیل آن را می‌توان به افزایش رطوبت میوه نسبت داد که علاوه بر درخشندگی پوست، سبب افزایش تری و کاهش سفتی میوه نیز می‌گردد (۴۴). در باغات سیب مصرف زیاد نیتروژن سفتی بافت میوه‌ها را در زمان برداشت کاهش می‌دهد (۴۵). بویند و بارت (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند، در کیوی میزان بالای نیتروژن با نرم‌تر شدن میوه‌ها در زمان برداشت و پایان انبارمانی ارتباط دارد (۴۶).

بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه اسیدآمین ۰/۱ درصد و جلبک‌دریایی ۰/۰۷۵ درصد به‌طور متوسط باعث افزایش ۱۷/۲۸ درصدی مواد جامد محلول و ۲۰/۳۷ درصدی اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به شاهد شدند. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش‌گران پیشین مطابقت داشت. گزارش شده که، اسیدآمین‌ها با افزایش نسخه‌برداری mRNA تا میزان ۲/۵ برابر، فعال‌سازی فرآیند تشکیل قند و افزایش میزان پروتئین در گیاه موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی می‌گردند (۴۷). زمانی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند کاربرد اسیدآمین‌های پرولین و گلایسین‌بتائین بر محتوای مواد جامد محلول انگور اثر معنی‌داری داشته است

تأثیر کودهای زیستی بر خصوصیات کیفی میوه سیب: بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثر برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات کیفی میوه سیب نشان داد، کاربرد برگی کودهای زیستی و شیمیایی بر شکل و چگالی میوه سیب رقم رددلشز تأثیر معنی‌داری نداشتند اما باعث افزایش معنی‌دار سفتی بافت میوه شدند (جدول ۱). البته بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین انواع مختلف کودهای زیستی و شاهد تفاوت معنی‌داری در سفتی بافت میوه مشاهده نشد اما تیمار اسید هیومیک در مقایسه با کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار سفتی میوه شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین سفتی بافت میوه (۴۳/۵۴ نیوتن) با کاربرد اسیدهیومیک و کم‌ترین مقدار آن در تیمار کود شیمیایی ترکیبی (۲۹/۸۳ نیوتن) حاصل شد (شکل ۲- الف). کاربرد کودهای زیستی اسیدآمین ۰/۱ درصد و جلبک‌دریایی ۰/۰۷۵ درصد، به‌طور معنی‌داری محتوای مواد جامد محلول را (به ترتیب ۱۳/۴۴ درجه بریکس و ۱۲/۷۸ درجه بریکس) نسبت به شاهد (۱۱/۱۸ درجه بریکس) افزایش دادند، اما سایر کودها تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نشان ندادند (جدول ۲، شکل ۲- ب). کاربرد برگی کودهای زیستی باعث افزایش مقدار اسید قابل تیتراسیون شد ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی مشاهده نشد. بیش‌ترین مقدار اسید قابل تیتراسیون (۰/۶۵ درصد) در تیمار جلبک‌دریایی ۰/۰۷۵ درصد حاصل شد که افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد (۰/۵۴ درصد) نشان داد (جدول ۲، شکل ۲- پ).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد برگی کودهای زیستی صفات کیفی میوه را نسبت به شاهد در درختان سیب بهبود بخشید. نتایج به دست آمده در

شد (۱۶). الشطری و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند که کاربرد عصاره جلبک دریایی در توت‌فرنگی رقم آلبیون با افزایش نسبت مواد جامد محلول به اسیددیده یا به عبارتی از طریق کاهش میزان اسیددیده، کیفیت میوه را بهبود بخشید (۵۰).

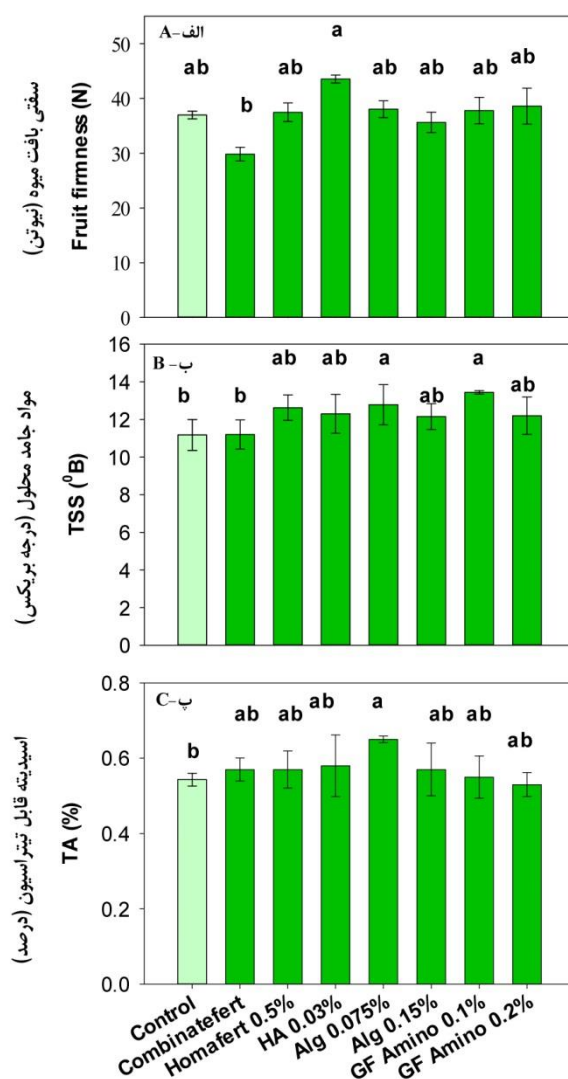
(۴۸). کاربرد برگ‌ریزی ترکیبات اسیدآمینه روی درختان آلو باعث افزایش معنی‌دار میزان مواد جامد محلول و اسیددیده نسبت به شاهد شد (۴۹). شهااتا و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که کاربرد حاکی توأم کمپوست، اسیدهیومیک و اسیدآمینه‌ها سبب ایجاد بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول در میوه توت‌فرنگی

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات بیوشیمیایی میوه سیب رقم رد دلشز.

Table 2. Variance analysis of the effect of foliar spray of some biofertilizers and chemical fertilizers on some biochemical traits of Red Delicious apple fruit.

میانگین مربعات Means of Squares										
آنتوسیانین Anthocyanin	پروتئین Protein	ویتامین C Vitamin C	فنول کل Total phenol	فلاونوئید Flavonoid	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity	شاخص طعم Taste index	اسید قابل تیتراسیون TA	مواد جامد محلول کل TSS	درجه آزادی Df	منابع تغییرات S.O.V
6.8874	0.0509	3.3596	6.8874	0.0418	241.33	13.9872	0.0328	11.7510	2	بلوک Block
12.8267*	0.1979*	17.5067**	12.8267*	0.4785**	364.61**	20.3757 ^{ns}	0.0327**	1.7555**	7	تیمارها Treatments
5.1092	0.0741	3.7717	5.1092	0.0491	0.0017	11.5278	0.0049	0.6387	14	خطا Error
23.50	4.74	10.95	14.26	22.09	16.93	11.23	12.35	6.52	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)

^{ns} غیر معنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد
^{ns} not significant, ** significant at one percent probability level, * significant at five percent probability level



شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات کیفی میوه سیب رقم رد دلشیز. الف) سفتی بافت میوه، ب) مواد جامد محلول، پ) اسیدیته قابل تیتراسیون. Combinat fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همارنگ، HA: اسید هیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسید آمینه. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. میله‌های عمودی روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 2. The effect of foliar spraying of some biofertilizers and chemical fertilizers on the qualitative characteristics of Red Delicious apple fruit. A) Fruit firmness, B) Soluble solids content, C) Titratable acidity. Combinat fert: combined chemical fertilizer of nitrogen, zinc and boron, Homafert: commercial fertilizer Homarang, HA: humic acid, Alg: seaweed extract, GF Amino: amino acid. In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% probability level. Vertical lines correspond to \pm values indicate standard errors.

اسیدهیومیک و کود شیمیایی ترکیبی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه را افزایش دادند ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول ۲، شکل ۳-د).

نتایج حاصل از این پژوهش مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد برگی عصاره جلبک‌دریایی در افزایش ۴۳/۲۷ درصدی محتوای ویتامین ث با نتایج دیگر پژوهش‌گران همسو بود. پژوهش‌گران دریافتند کاربرد عصاره جلبک‌دریایی روی زردآلوی رقم کینو می‌تواند در افزایش میزان ویتامین ث مؤثر باشد (۲۴). موسوی و همکاران (۲۰۲۴)، افزایش محتوای ویتامین ث را در میوه‌های سیب رقم گلدن دلشیز در اثر کاربرد عصاره جلبک‌دریایی نسبت به شاهد گزارش کردند (۵۱). در توجیه نتایج به دست آمده شاید بتوان عناصر پرمصرف (N, P, K) و کم‌مصرف (Mn, Mo, Co, Zn, Cu, Fe, Ni) موجود در عصاره جلبک‌دریایی را مؤثر در افزایش محتوای ویتامین ث دانست (۵۲).

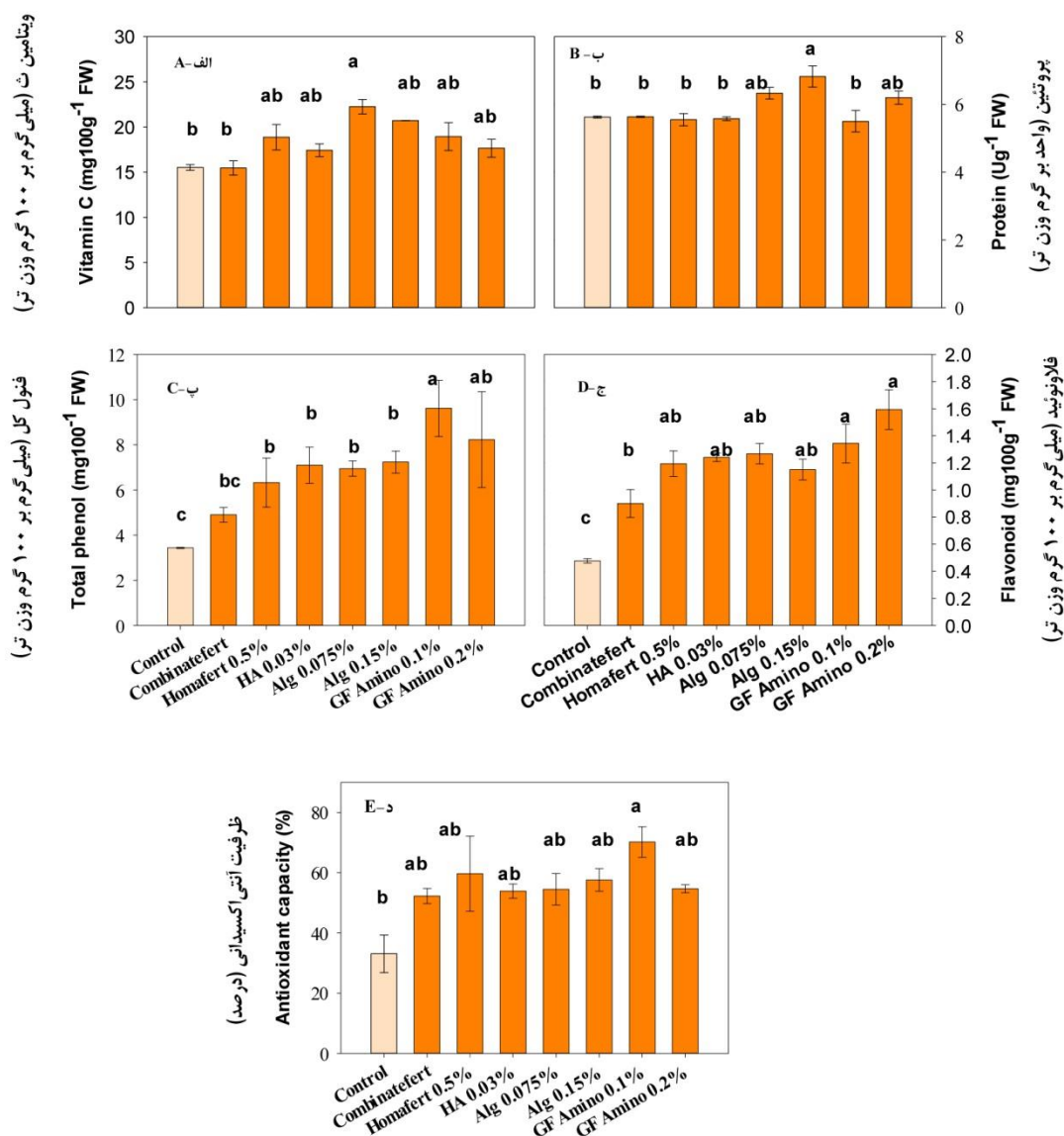
در پژوهش حاضر تیمارهای کود زیستی به‌خصوص سطوح اسیدآمین به ترتیب باعث افزایش ۱۶۰ درصدی محتوای فنول کل، ۲۱۰/۶۳ درصدی فلاونوئید و ۱۱۲/۱۲ درصدی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه نسبت به شاهد شدند. اسیدآمین‌ها پیش‌سازهای حیاتی در ساختمان پروتئین‌ها و پپتیدها هستند که در تمام فرآیندهای گیاه اعم از ساختاری، آنزیمی و متابولیکی و بیوسنتز هورمون‌های گیاهی و متابولیت‌های ثانویه نقش دارند (۵۳). هم‌چنین پژوهش‌گران دیگر گزارش کردند محلول‌پاشی اسیدآمین آرژنین بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در درختان زیتون به وجود آورد (۵۴). مطالعات مختلف نقش آنتی‌اکسیدانی پلی‌آمین‌ها و پرولین را گزارش کرده‌اند که از مشتقات اسیدآمین آرژنین هستند (۵۵). همان‌طور که ذکر شد، در پژوهش فوق علاوه‌بر

تأثیر کودهای زیستی بر شاخص‌های بیوشیمیایی میوه سیب: نتایج این پژوهش نشان داد، کاربرد عصاره جلبک‌دریایی با غلظت ۰/۰۷۵ درصد باعث افزایش معنی‌دار محتوای ویتامین ث (۴۳/۲۷ درصدی) نسبت به تیمار کود شیمیایی و شاهد شد. البته سایر کودهای زیستی نیز بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد محتوای ویتامین ث را افزایش دادند (جدول ۲، شکل ۳-الف). بیش‌ترین مقدار پروتئین (۶/۲۲ واحد بر گرم وزن تر) با کاربرد کود جلبک‌دریایی با غلظت ۰/۱۵ درصد در مقایسه با تیمارهای آمینو اسید ۰/۱ درصد، هما رنگ، کود شیمیایی و شاهد (۵/۶ واحد بر گرم وزن تر) حاصل شد. البته تیمار جلبک‌دریایی ۰/۰۷۵ درصد و اسیدآمین ۰/۲ درصد نیز میزان پروتئین میوه را افزایش دادند ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول ۲، شکل ۳-ب). کاربرد برگی کودهای زیستی و کود شیمیایی، محتوای فنول کل و فلاونوئید میوه را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش دادند. بیش‌ترین محتوای فنول کل (۹/۶۲ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر) با کاربرد اسیدآمین با غلظت ۰/۱ درصد در مقایسه با شاهد (۳/۴۳ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر) به‌دست آمد (جدول ۲، شکل ۳-پ). بیش‌ترین محتوای فلاونوئید (۱/۵۹، ۱/۳۴، ۱/۲۶ و ۱/۲۴ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر میوه) به ترتیب مربوط به تیمارهای اسیدآمین ۰/۲ و ۰/۱ درصد، عصاره جلبک‌دریایی ۰/۰۷۵ درصد، اسیدهیومیک و کود تجاری هم‌رنگ نسبت به شاهد (۰/۴۷ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر) بود (جدول ۲، شکل ۳-ج). بیش‌ترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۷۰/۱۷ درصد) مربوط به تیمار اسیدآمین با غلظت ۰/۱ درصد در مقایسه با شاهد بود. سایر کودهای زیستی شامل جلبک‌دریایی ۰/۱۵ درصد، اسیدآمین ۰/۲ درصد و

میوه پسته رقم کله‌قوچی شد (۶۰). در تأیید تأثیر مثبت اسیدهیومیک بر محتوای فنول کل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، اناری انارکی (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد برگی اسیدهیومیک بر درختان انار در مراحل قبل از گلدهی، ۳۰ و ۶۰ روز پس از تشکیل میوه، باعث افزایش محتوای فنول کل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد شد (۶۳).

طبق نتایج پژوهش فوق کودهای زیستی به‌خصوص عصاره جلبک دریایی باعث افزایش ۱۰/۶۷ درصدی پروتئین میوه نسبت به شاهد شد. عصاره جلبک‌دریایی حاوی ریز مغذی‌هایی مانند آهن، منیزیم و منگنز است (۶۲) و همچنین حاوی ویتامین‌ها و اسیدآمین‌ها است و تأثیر مثبتی بر سنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین دارد (۶۳). با توجه به این‌که اسیدآمین‌ها واحدهای سازنده پروتئین بوده و در سنتز آن‌ها نقش دارند، بنابراین می‌توان گفت با افزایش اسیدآمین‌ها میزان پروتئین افزایش یافته است، که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. همچنین عصاره جلبک‌دریایی حاوی مونوساکارید و پلی‌ساکارید است. آن‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها را افزایش دهند و به‌طور غیرمستقیم محتوای کلروفیل برگ را افزایش دهند (۶۳). طبق گزارش حاتمی و همکاران (۲۰۲۳)، کاربرد برگی کودهای زیستی از جمله (اسیدآمین‌ها و عصاره جلبک‌دریایی) در گیاه خرماي رقم زاهدی می‌تواند اثرات مثبت و قابل‌توجهی بر صفات بیوشیمیایی از جمله فنول و پروتئین داشته باشد (۶۱).

اسیدآمین‌ها، سایر کودهای زیستی شامل سطوح عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک نیز تأثیر مثبتی بر محتوای فنول کل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه داشتند که با نتایج سایر پژوهش‌گران در این زمینه همخوانی دارد. کاربرد عصاره جلبک‌دریایی روی سیب‌زمینی باعث افزایش محتوای ترکیبات بیوشیمیایی از جمله فنول، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد (۳۱). ایشان هم‌چنین بیان نمودند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی جلبک‌ها با محتوای پلی‌فنولی آن‌ها و به ویژه ترکیبات فلوروتانین و فوکوگزانتین در ارتباط می‌باشند. عصاره جلبک‌دریایی به دلیل وجود انواع مختلف منابع غذایی مورد نیاز گیاهان از جمله عناصر کمیاب (آهن، مس، روی، کبالت و منگنز)، ویتامین‌ها و هورمون‌های رشد گیاهی موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، ترکیبات فنولی و فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان می‌شوند (۳). گزارش شده است که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های توت‌فرنگی شد که می‌تواند ناشی از غلظت بالای فنول و فلاونوئید آن‌ها باشد (۵۶). در همین راستا فریونی و همکاران (۲۰۱۸) افزایش محتوای ترکیبات فنولیکی در انگور رقم Pilot-Noir را تحت کاربرد برگی عصاره جلبک‌دریایی گزارش کردند (۵۹). همین‌طور نیکوگفتار و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که کاربرد برگی عصاره جلبک‌دریایی منجر به افزایش محتوای فنول، فلاونوئید و هم‌چنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برگ و



شکل ۳- تأثیر محلول پاشی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر شاخص‌های بیوشیمیایی میوه سیب رقم رد دلشیز. الف) محتوای ویتامین ث، ب) پروتئین، ج) فنول کل، د) فلاونوئید، ه) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی. Combine fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همانرنگ، HA: اسید هیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسید آمینه. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. میله‌های عمودی روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 3. The effect of foliar spraying of some biofertilizers and chemical fertilizers on the biochemical indices of Red Delicious apple fruit.

A) Vitamin C, B) Protein, C) Total phenols, D) Flavonoids, E) Antioxidant capacity. Combine fert: combined chemical fertilizer of nitrogen, zinc and boron, Homafert: commercial fertilizer Homarang, HA: humic acid, Alg: seaweed extract, GF Amino: amino acid.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Vertical lines correspond to \pm values indicate standard errors.

تأثیر کودهای زیستی بر آنتوسیانین پوست میوه: بر اساس نتایج، تأثیر محلول‌پاشی کودهای زیستی و شیمیایی بر محتوای آنتوسیانین پوست میوه سیب رقم رد دلشیز معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی کود تجاری همارنگ و اسیدهیومیک به‌طور قابل‌توجهی میزان آنتوسیانین پوست میوه را (به ترتیب ۹/۱۶ و ۸/۶۵ میکرومول بر گرم) در مقایسه با شاهد (۳/۸۵ میکرومول بر گرم) و سایر تیمارها افزایش دادند. کاربرد کود شیمیایی ترکیبی تأثیر منفی بر رنگ میوه و محتوای آنتوسیانین پوست میوه داشت به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار آنتوسیانین (۲/۱۲ میکرومول بر گرم) مربوط به کود شیمیایی ترکیبی بود (شکل ۴).

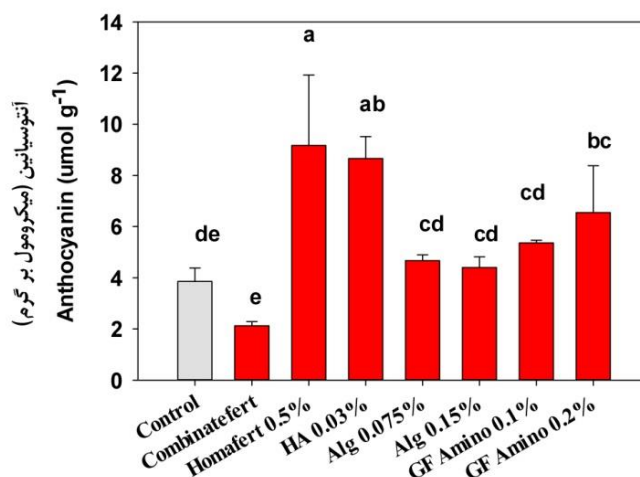
نتایج این پژوهش نشان داد محلول‌پاشی کود تجاری همارنگ و اسیدهیومیک به‌طور متوسط باعث افزایش ۱۳۱/۱۶ درصدی محتوای آنتوسیانین پوست میوه نسبت به شاهد شد. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش‌گران پیشین مطابقت دارد. مطالعات مختلفی صورت گرفته است که نقش مثبت اسیدهیومیک را بر محتوای آنتوسیانین گزارش کرده‌اند. به‌طوری‌که مطرح می‌شود اسیدهیومیک موجب کاهش نشت آنتوسیانین از غشا سلولی و در نتیجه حفظ آن می‌گردد. خطاب و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد خاکی اسیدهیومیک در درختان انار (۴۸ گرم اسیدهیومیک به‌ازای هر درخت) علاوه بر افزایش طول، قطر و وزن میوه، قند کل، ویتامین ث و محتوای آنتوسیانین میوه انار را نیز افزایش داد (۳۷). در پژوهشی که توسط احمد و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد، گزارش کردند که اسیدهیومیک باعث افزایش محتوای آنتوسیانین در گلبگ‌های گل سرخ شد. به‌نظر می‌رسد کود اسیدهیومیک با درصد قابل‌ملاحظه‌ای عنصر پتاسیم نقش مهمی در افزایش آنتوسیانین میوه‌ها داشته باشد (۳). پژوهش‌ها نشان

می‌دهد کاربرد برگی پتاسیم باعث افزایش محتوای آنتوسیانین در انگور (۶۲) و انار (۶۳) شده است. به‌نظر می‌رسد پتاسیم در مسیر ساخته شدن آنتوسیانین اهمیت دارد و ممکن است به عنوان کوفاکتور عمل کند و باعث فعال شدن آنزیم‌های ویژه مانند UDP گالاکتوز و فلاونوئید ۳-او-گلیکوزیل ترانسفراز شود (۴۵). در آزمایش حاضر تیمار کود تجاری همارنگ باعث افزایش معنی‌دار محتوای آنتوسیانین کل میوه شد. این نتایج را می‌توان به وجود محتوای بیش‌تر ترکیبات (اسیدآمین، اسیدفولویک، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، و کربن آلی) در کود تجاری همارنگ نسبت داد که ممکن است بر فرآیندهای متابولیکی گیاهان تیمار شده تأثیر بگذارد و در نتیجه منجر به تجمع ترکیبات فوق و افزایش محتوای آنتوسیانین شود. هم‌چنین فاراگ و ناگی (۲۰۱۲) بیان کردند که استفاده از کلرید منیزیم و سولفات منیزیم موجب افزایش میزان آنتوسیانین کل میوه سیب شد (۶۴). پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که کود پتاسیم به همراه نیتروژن می‌تواند میزان آنتوسیانین کل و پلی‌فنول‌ها را افزایش دهد (۶۳).

در این پژوهش کم‌ترین محتوای آنتوسیانین (کاهش ۴۴/۹۳ درصدی نسبت به شاهد) مربوط به کود شیمیایی ترکیبی بود. نتایج این پژوهش با نتایج وانگ و چنگ (۲۰۱۱) مطابقت دارد که گزارش کردند که کاربرد برگی نیتروژن باعث کاهش رنگ میوه انار می‌شود (۶۵). در پژوهش فوق، پوست میوه‌های سیب درختان محلول‌پاشی شده با کود شیمیایی ترکیبی کیفیت رنگ پایینی داشته و محتوای آنتوسیانین پوست میوه در این تیمار کم‌تر از شاهد بود. این کاهش در رنگ‌گیری با افزایش میزان نیتروژن، احتمالاً به علت جلوگیری از سنتز و تجمع آنتوسیانین توسط نیتروژن است، اگرچه تاخیر در زوال کلروفیل به واسطه نیتروژن

آنتوسیانین را کاهش می‌دهد. در پژوهش‌های قبلی نیز اثرات منفی نیتروژن روی رنگ‌گیری میوه سیب رقم ال‌استار (۲) گزارش شده است.

نیز ممکن است در این امر دخیل باشد (۶۵). بنابراین، می‌توان گفت محتوای نیتروژن کم، آنتوسیانین پوست میوه سیب را افزایش و محتوای نیتروژن زیاد، میزان



شکل ۴- تأثیر محلول‌پاشی برخی از کودهای زیستی و شیمیایی بر آنتوسیانین پوست میوه سیب رقم رد دلشیز. Combine fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همانرنگ، HA: اسید هیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسید آمینه.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. میله‌های عمودی روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 4. The effect of foliar spraying of some biofertilizers and chemical fertilizers on the anthocyanin content of the Red Delicious apple peel.

Combine fert: combined chemical fertilizer of nitrogen, zinc and boron, Homafert: commercial fertilizer Homarang, HA: humic acid, Alg: seaweed extract, GF Amino: amino acid.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Vertical lines correspond to \pm values indicate standard errors.

سفتی بافت میوه سیب شد. کود تجاری همانرنگ تأثیر معنی‌داری بر محتوای آنتوسیانین پوست میوه داشت و کیفیت رنگ‌گیری پوست میوه را نسبت به شاهد افزایش داد. کود شیمیایی ترکیبی بر خصوصیات کمی و کیفی میوه تأثیر مثبتی نداشت و چه بسا که باعث کاهش معنی‌دار سفتی بافت میوه و کاهش کیفیت رنگ‌گیری میوه نیز شد. در نهایت می‌توان گفت با توجه به اینکه در کشاورزی امروز، هدف استفاده از ترکیبات دوستدار طبیعت و بالا بردن ارزش تغذیه‌ای محصولات و در عین حال حفظ کمیت و کیفیت

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی کودهای زیستی و شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کمی و کیفی میوه سیب رقم رد دلشیز داشتند. کاربرد کودهای زیستی عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه باعث افزایش معنی‌دار محتوای مواد جامد محلول، ویتامین ث، فنول کل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه شدند. اسید هیومیک نسبت به سایر کودهای زیستی به کار برده شده باعث افزایش خصوصیات کمی میوه شامل طول، قطر، وزن، حجم و

مناسب کودهای شیمیایی جهت تغذیه درختان و بهبود خواص کمی، کیفی و ارزش تغذیه‌ای میوه سیب رقم رد دلینز پیشنهاد نمود.

محصول است؛ می‌توان کودهای زیستی عصاره جلبک دریایی (۰/۰۷۵ درصد)، اسید آمینه (۰/۱ درصد) و اسید هیومیک (۰/۰۳ درصد) را به صورت تکی و حتی در قالب ترکیب سه کود به عنوان جایگزین

منابع

1. FAO STAT. (2023). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
2. De Angelis, V., Sánchez, E., & Tognetti, J. (2011). Timing of nitrogen fertilization influences color and anthocyanin content of apple (*Malus domestica* Borkh. cv. 'Royal Gala') fruits. *International Journal of Fruit Science*, 11(4), 364-375.
3. Ahmad, T., Khan, R., & Nawaz Khattak, T. (2018). Effect of humic acid and fulvic acid based liquid and foliar fertilizers on the yield of wheat crop. *Journal of Plant Nutrition*, 41(19): 2438-2445. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2018.1527932>.
4. Monda, H., Mckenna, A. M., Fountain, R., & Lamar, R. T. (2021). Bioactivity of humic acid extracted from shale ore: molecular characterization and structure activity relationship with tomato plant yield under nutritional stress. *Frontier in Plant Science*, 12, 660224. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.660224>.
5. Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>.
6. Roupheal, Y., Colla, G., Giordano, M., El-Nakhel, C., Kyriacou, M. C., & De Pascale, S. (2017). Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 226, 353-360. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.007>.
7. Ruzzi, M., & Aroca, R. (2015). Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>.
8. Sultana, V., Baloch, G. N., Ara, J., Ehteshamul-Haque, S., Tariq, R. M., & Athar, M. (2012). Seaweeds as an alternative to chemical pesticides for the management of root diseases of sunflower and tomato. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 84(2): 162-168. <https://ojs.openagrar.de/index.php/JABFQ/article/view/1816>.
9. Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., & Andreotti, C. (2018). Use of biostimulants for organic apple production: Effects on tree growth, yield, and fruit quality at harvest and during storage. *Frontiers in Plant Science*, 9, 13-42. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342>.
10. Spinelli, F., Giovanni, F., Massimo, N., Mattia S. & Guglielmo C. (2009). Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 17(1): 131-137. <https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512610>.
11. Fornes, F., Sanchez-Perales, M., & Guardiola, J. L. (2002). Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and navelina orange. *Botanica Marina*, 45, 486-489. <http://dx.doi.org/10.1515/BOT.2002.051>.
12. Ahir Unnati, J., Patil S. J., Patel, N. B., Tandel, B. M., & Ahir Priya, J. (2022). Response of foliar spray of seaweed extract at different pH levels on fruiting and yield of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kesar. *Pharma Innovation*, 11(11), 1767-1769.

13. Colavita, G. M., Spera, N., Blackhall, V., & Sepulveda, G. M. (2010). Effect of seaweed extract on pear fruit quality and yield. In *XI International Pear Symposium*, 909, 601-607. [https:// doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112529](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112529).
14. Rouphael, Y., & Colla, G. (2018). Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01655>.
15. Anjum, N. A., Gill, S. S., & Gill, R. (2014). Plant adaptation to environmental change: significance of amino acids and their derivatives. *CABI Digital Library*. 329 p. <https://www.researchgate.net/publication/237065924>.
16. Shehata, S. A., Hassan, H. A., Tawfik, A. A., & Farag, M. F. (2016). Improving the productivity and quality of the cucumber crop grown under greenhouse conditions using some stimulants and spraying amino acids. *Journal of Plant Production*, 7(4), 385-392. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2016.45373>.
17. Schillberg, S., & Spiegel, H. (2022). Recombinant protein production in plants: A brief overview of strengths and challenges. *Springer Nature Link*, 1-13. [https:// doi.org/ 10.1007/ 978-1-0716-2241-4_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2241-4_1).
18. El-Abagy, H. M., El-Tohamy, W. A., Abdel-Mawgoud, A. M. R., & Abou-Hussein, S. D. (2014). Effect of different amino acid sources and application rates on yield and quality of onion in the newly reclaimed lands. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(1), 81-88.
19. Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130, 141-174. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>.
20. Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. (2014). Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biosciences*, 4(1), 463-468. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.1.463-468>.
21. Jung, H., Kwon, S., Kim, J., & Jeon, J. (2021). Which traits of humic substances are investigated to improve their agronomical value? *Molecules*, 26 (3), 760. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules26030760>.
22. Radwan, F. I., Gomaa, M. A., Rehab, I. F., & Adam, S. I. A. (2015). Impact of humic acid application, foliar micronutrients and biofertilization on growth, productivity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(2), 130-140.
23. Mohamadineia, G. H., Hosseini Farahi, M., & Dastyaran, M. (2015). Foliar and soil drench application of humic acid on yield and berry properties of Askari grapevine. *Agricultural Communications*, 3 (2), 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012>.
24. Fatma, K. M. S., Morsey, M. M., & Thanaa, S. M. (2015). Influence of spraying yeast extract and humic acid on fruit maturity stage and storability of 'Canino' apricot fruits. *International Journal of Chemtech Research Coden USA*, 8(6), 530-543.
25. Ameri, A., & Tehranifar, A. (2012). Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var Camarosa. *Biology Environmental Science*. 6(16), 77-79. [https:// doi.org/ 10.17660/ ActaHortic. 2014.1049.54](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1049.54).
26. Fathy, M. A., Gabr, M. A., & El Shall, S. A. (2010). Effect of humic acid treatments on 'Canino' apricot growth, yield and fruit quality. *New York Science Journal*, 3(12), 109-115. [http:// www.sciencepub.net/newyork](http://www.sciencepub.net/newyork).
27. Nekounam, F., & Salehi, A. (2024). The effect of foliar application of NAA on quantitative and qualitative properties of 'Red Delicious' apple fruit under climatic conditions of Zanjan. *Journal of*

- Horticultural Science*. Online published. doi.org/10.22067/jhs.2024.85956.1312. [In Persian]
28. Rezaei Nejad, A., & Ismaili, A. (2014). Changes in growth, essential oil yield and composition of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) as affected by growing media. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(5), 905-910. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6334>.
 29. Meng, X., Li, B., Liu, J., & Tian, S. (2008). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106(2), 501-508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012>.
 30. Niazi, Z., Razavi, F., Khademi, O., & Aghdam, M. S. (2021). Exogenous application of hydrogen sulfide and γ -aminobutyric acid alleviates chilling injury and preserves quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, cv. Karaj) during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 285, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110198>.
 31. Fan, D., Hodges, D. M., Zhang, J., Kirby, C. W., Ji, X., Locke, S. J., & Prithiviraj, B. (2011). Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. *Food Chemistry*, 124(1), 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.008>.
 32. Kaijv, M., Sheng, L., & Chao, C. (2006). Antioxidation of flavonoids of green rhizome. *Food Science*, 27, 110-115.
 33. Dehghan, G., & Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 131(2), 422-426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.074>.
 34. Bor, J. Y., Chen, H. Y., & Yen, G. C. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1680-1686. <https://doi.org/10.1021/jf0527448>.
 35. Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant physiology*, 64(1), 88-93. <https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88>.
 36. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254. <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>.
 37. Khattab, M. M., Shaban, A. E., El-Shrief, A. H., & Mohamed, A. E. D. (2012). Effect of humic acid and amino acids on pomegranate trees under deficit irrigation. I: Growth, flowering and fruiting. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 4(3), 253-259. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajeaes.2014.14.09.12409>.
 38. Mahmoudi, M., Samavat, S., Mostafavi, M., Khalighi, A., & Cherati, A. (2013). The effects of proline and humic acid on quantitative properties of kiwifruit. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 6(8), 1117-1119.
 39. Ferrara, G., & Brunetti, G. (2010). Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Italia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(3), 817-822. <http://dx.doi.org/10.20870/oenone.2008.42.2.822>.
 40. Mayhew, L. (2004). Humic acid substances in biological agriculture. *Eco Agriculture*, 34, 182.
 41. Gijon, M. C., Guerrero, J., Couceiro, J. F., & Moriana, A. (2009). Deficit irrigation without reducing yield or nut splitting in pistachio (*Pistacia vera* cv. Kerman on *Pistacia terebinthus* L.). *Agricultural Water Management*, 96(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.06.004>.

42. Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2014). Handbook of plant nutrition, *CRC Press: Boca Raton, FL*.
43. Shahmaleki, S. K., Peyvast, G. A., & Ghasemnezhad, M. (2014). Humic acid foliar application affects fruit quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Izabella). *Agriculture Science Development*, 3(10), 312-316.
44. Ashebir, D., Jezik, K., Weingartemann, H., & Gretzmacher, R. (2009). Change in color and other fruit quality characteristics of tomato cultivars after hot-air drying at low final-moisture content. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(7), 308-315. <http://dx.doi.org/10.1080/09637480903114128>.
45. Nava, G., Dechen, A. R., & Nachtigall, G. R. (2007). Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(1-2), 96-107. <https://doi.org/10.1080/00103620701759038>.
46. Boyd, L. M., & Barnett, A. M. (2006). Relationships between maturity, nutrition and fruit storage quality in kiwifruit. In *VI International Symposium on Kiwifruit*, 753, 501-508. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.753.65>.
47. Thomas, J., Mandal, A. K. A., Raj Kumar, R., & Chordia, A. (2009). Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia sp.*). *International Journal of Agricultural Research*, 4(7), 228-236.
48. Zamani, M. M., Rabiei, V., & Nejadian, M. A. (2013). Effect of proline and glycine betaine application on some physiological characteristics in grapevine under drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 43(4), 393-401. <http://journals.ut.ac.ir/page/article-popup.html?articleId=1262334>. [In Persian]
49. Hassan, H. S. A., Sarrwy, S. M. A., & Mostafa, E. A. M. (2010). Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4), 638-643.
50. Al-shatri, A. H. N., Pakyurek, M., & Yavic, A. (2020). Effect of seaweed application on the vegetative growth of strawberry cv. Albion grown under Iraq ecological conditions. *Applied ecology and environmental research*, 18(1), 1211-1225. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801_12111225.
51. Mousavi, S. M., Jafari, A., & Shirmardi, M. (2024). The effect of seaweed foliar application on yield and quality of apple cv. 'Golden Delicious.' *Scientia Horticulturae*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112529>.
52. Khan, W., Palanisamy, R., Critchley, A. T., & Smith, D. (2013). *Ascophyllum nodosum* extract and its organic fractions stimulate rhizobium root nodulation and growth of *Medicago sativa* (Alfafa). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(5), 900-908. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.744032>.
53. Gawronaka, H. (2008). Biostimulators in modern agriculture (general aspects). *Arysta Life Science. Published by the editorial House Wies Jutra, Limited. Warsaw*, 7(25), 89. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>.
54. Nargesi, M. M., Sedaghatthoor, S., & Hashemabadi, D. (2022). Effect of foliar application of amino acid, humic acid and fulvic acid on the oil content and quality of olive. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3473-3481. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.034>.
55. Nasibi, F., & Kalantari, K. M. (2009). Influence of nitric oxide in protection of tomato seedling against oxidative stress induced by osmotic stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31, 1037-1044. <https://doi.org/10.1007/s11738-009-0323-2>.

56. Roussos, P. A., Denaxa, N., & Damvakaris, T. (2009). Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.021>.
57. Anari Anaraki, B., Ghasemnezhad, M., & Meighani, H. (2017). Effect of foliar and soil application of humic acid on the quantity and quality of pomegranate fruit cv. 'Malas-E-Saveh'. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26 (3), 143-153. [In Persian]
58. Erulan, V., Soundarapandian, P., Thirumaran, G., & Ananthan, G. (2009). Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C. Agardh, 1824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 6(4), 392-399. <https://www.researchgate.net/publication/242558446>.
59. Frioni, T., Sabbatini, P., Tombesi, S., Norrie, J., Poni, S., Gatti, M., & Palliotti, A. (2018). Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. *Scientia Horticulturae*, 232(3), 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.054>.
60. Nikoogoftar-Sedghi, M. A., Rabiei, V., Razavi, F., Molaei S., & Khadivi A. (2023). The effect of foliar application of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract on biochemical traits related to abiotic stresses in pistachio (*Pistacia vera* L. cv. Koleh-Ghoochi). *BMC Plant Biology*, 23, 635. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04654-5>.
61. Hatami, A., Abootalebi Jahromi, A., Ejraei, A., Mohammadi Jahromi, A. H., & Hassanzadeh Khankahdani, H. (2023). Study of biochemical traits and mineral elements in date palm fruits under preharvest foliar application of organic fertilizers and micronutrients. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(2), 125-140. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2022.334068.517>.
62. Delgado, R., González, M. R., & Martín, P. (2006). Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of Tempranillo grapes. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 40(3), 141-150. <http://dx.doi.org/10.20870/oeno-one.2006.40.3.870>.
63. Tehranifar, A., & Mahmoudi Tabar, S. M. (2009). Foliar application of potassium and boron during pomegranate (*Punica granatum*) fruit development can improve fruit quality. *Horticulture environment and biotechnology*, 50(3), 1-6.
64. Farag, K. M., & Nagy, N. M. (2012). Effect of pre and post-harvest calcium and magnesium compounds and their combination treatments on Anna apple fruit quality and shelf life. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 4(2), 155-168. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.53>.
65. Wang, H., & Cheng, L. (2011). Differential effects of nitrogen supply on skin pigmentation and flesh starch breakdown of 'Gala' apple. *HortScience*, 46(8), 1116-1120. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.8.1116>.