

The effect of amino acid and humic acid foliar spraying on nitrate, nitrite levels, and some biochemical traits of two greenhouse Bell pepper cultivars (Paramo and Taranto)

Faraz Amiri¹, Abdolhossein Aboutalebi Jahromi^{2*}, Abdolrasoul Zakerin³, Hamed Hassanzadeh Khankahdani⁴, Abdolkarim Ejraei³

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.

2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.

4- Researcher, Horticultural Crops Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran.

*Corresponding Author: aa84607@gmail.com

(Received: 02 October 2022

Revised: 30 November 2022

Accepted: 4 December 2022)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Pepper (*Capsicum* spp.) is a member of the Solanaceae family, which is commonly classified into two groups: pungent (hot) and non-pungent (sweet). Sweet pepper is botanically known as *Capsicum annuum*. Bell peppers (*Capsicum annuum* L.) are a globally significant vegetable, prized for their high nutritional value and their important role in diverse dietary patterns. Bell peppers are a good source of several antioxidant compounds, so consuming a medium number of peppers provides twice the daily requirement of vitamin C. A key factor impacting vegetable quality is the potential accumulation of nitrates and nitrites in edible tissues, with excessive levels being undesirable. Fertilizers are recognized as important nutritional resources for agro-food systems. Unfortunately, the increasing use of chemical fertilizers in recent decades has led to enormous environmental problems. Humic acid (HA) is a natural organic biological fertilizer obtained from organic waste and has a very good effect on plant growth and development. Humic acid (HA), a natural organic fertilizer derived from organic waste materials, plays several beneficial roles in plant growth and development. Amino acids, an organic form of nitrogen, enhance the performance and growth of various plants when applied to the soil or as a foliar spray, directly and indirectly influencing plant physiological activities. Different amino acids have different roles in plant growth, nutrient availability, quality, and plant development.
- 2. Materials and Methods:** This study investigated the impact of effect of amino acid and humic acid foliar spraying on nitrate, nitrite, and some biochemical traits of two greenhouse bell pepper cultivars (Paramo and Taranto). Seven treatment levels were used: a control, humic acid at concentrations of 0.2, 0.6, and 1 g/L, and amino acids at concentrations of 0.5, 1, and 1.5 g/L. Pepper plants were treated weekly for 12 consecutive weeks. Traits such as fruit nitrate content, fruit nitrite content, vitamin C content, total soluble solids (TSS), anthocyanin content, and carotenoid content were measured at harvest. Anthocyanin and carotenoid levels were also measured after 30 days of storage at room temperature. This research was conducted from fall 2021 to spring 2022 in Hormozgan Province, Roudan County, in a commercial greenhouse unit.
- 3. Results and Discussion:** The lowest nitrate and nitrite contents were observed in the Taranto cultivar treated with 0.6 g /L humic acid (52.2 and 3.50 mg/Kg<, respectively). The highest vitamin C (116.1 mg /100 g) and anthocyanin content (3.87 μ mol Kg/ FW) were found in Paramo fruits treated with 0.2 g/ L humic acid. The highest TSS and carotenoid content were observed in Paramo fruits treated with 0.5 g/ L₃ amino acids. Considering the main effect of cultivar on measured characteristics, the Paramo cultivar exhibited higher TSS, vitamin C, anthocyanin, and carotenoid content compared to Taranto. The findings of this study are fully consistent with the results obtained by Aslani et al (2015) and Ghasemnezhad et al (2011), who stated that the orange (Aracia) bell pepper cultivar had a higher TSS percentage than the yellow (Taranto) and red (Inspiration) cultivars. The highest percentage reduction in fruit carotenoid content during storage was observed in the Paramo cultivar treated with 0.5 g/L amino acid (37.3%), while the lowest reduction was observed in the Taranto cultivar treated with 1.5 g/L amino acid (5%). Similarly, the highest percentage reduction in fruit anthocyanin content during storage was observed in the Paramo cultivar in the control treatment (25.3%), and the lowest in the

Taranto cultivar treated with 1 g/L humic acid (9%). In this regard, in the Paramo cultivar, the highest percentage of fruit anthocyanin reduction was observed in the control treatment (25.3%) and the lowest in the 1 g/L humic acid treatment (9.9%). In the Taranto cultivar, the highest percentage of fruit anthocyanin reduction was observed in the control treatment (25%) and the lowest in the 1 g/L humic acid treatment (9%). The results of this study also indicate that the use of controlled concentrations of amino acids in greenhouse bell peppers (0.5 g/L) can help increase the pigment and carotenoid content of the fruit and improve the quality and marketability of the fruit after harvest. In this experiment, the highest concentration of amino acids used also showed the lowest percentage of fruit carotenoid reduction, which indicates the ability of amino acids to increase the internal capacity of the plant to cope with stress conditions in the post-harvest period.

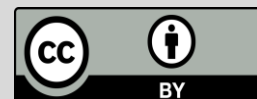
- 4. Conclusion:** The results of this research demonstrate that the concentrations of nitrate, nitrite, vitamin C, carotenoid, and TSS in greenhouse-grown colored bell peppers are significantly affected by foliar applications of amino acids and humic acid. In general, the application of amino acids and humic acid improved the biochemical characteristics of the tested greenhouse bell pepper cultivars. This study provides a basis for developing and improving the quality of agricultural products, promoting the production of healthier food, and enhancing food security.

Keywords: Anthocyanin, *Capsicum annuum*, Carotenoid, Vitamin C.

Citation: Amiri, F., Aboutalebi Jahromi, A., Zakerin, A., Hassanzadeh, H., & Abdolkarim, E. (2025). The effect of amino acid and humic acid foliar spraying on nitrate, nitrite, and some biochemical traits of two greenhouse Bell pepper cultivars (Paramo and Taranto). *Journal of Vegetables Sciences*, 17(1), 01-20. doi:10.22034/iuvs.2022.562928.1238

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





اثر محلول پاشی اسید آمینه و هیومیک اسید بر میزان نیترات، نیتريت و برخی صفات بیوشیمیایی دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای (Taranto و Paramo)

فراز امیری^۱، عبدالحسین ابوطالبی جهرمی^{۲*}، عبدالرسول ذاکرین^۳، حامد حسن‌زاده خانکهدانی^۴ و عبدالکریم اجرایی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه باغبانی، گروه باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران.
- ۳- استادیار، گروه باغبانی، گروه باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران.
- ۴- محقق بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

*نویسنده مسئول: aa84607@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰

چکیده

فلفل دلمه‌ای با نام علمی (*Capsicum annuum* L.) به سبب ارزش تغذیه‌ای بالایی که دارد امروزه از مهم‌ترین سبزی‌های مصرفی در سراسر دنیا است. در این پژوهش اثر محلول پاشی اسید آمینه و اسید هیومیک بر صفات بیوشیمیایی دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای (Taranto و Paramo) مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از شاهد، اسید هیومیک در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۶ و ۱ گرم در لیتر و اسید آمینه در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر. تمامی تیمارها به صورت محلول پاشی و در ۱۲ هفته‌ی متوالی روی گیاهان اعمال شد. صفاتی از قبیل میزان نیترات و نیتريت میوه، مقدار ویتامین ث، مواد جامد محلول، میزان آنتوسیانین و کاروتنوئید میوه در روز برداشت و میزان آنتوسیانین و کاروتنوئید میوه پس از ۳۰ روز نگهداری در اتاق و دمای محیط ۲۲ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در پایان آزمایش و در مقایسه‌ی اثر متقابل رقم و تیمار بر صفات مورد بررسی، نتایج بیانگر این مطلب بود که تیمار اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر در رقم تارانتو نسبت به شاهد و سایر تیمارها به ترتیب با مقدار ۵۲/۲ و ۳/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از میزان نیترات و نیتريت کمتر و مطلوب‌تری برخوردار بود. همچنین در مقدار ویتامین ث و میزان آنتوسیانین میوه نیز تیمار اسید هیومیک ۰/۲ گرم در لیتر در رقم پارامو به ترتیب با مقدار ۱۱۶/۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده‌ی خشک و ۳/۸۷ میکرومول بر گرم وزن تر شرایط بهتری داشت. این پژوهش زمینه را برای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، تولید محصولات سالم و حرکت به سمت توسعه‌ی پایدار بخش کشاورزی فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، فلفل دلمه‌ای، کاروتنوئید، ویتامین ث.

استناد: امیری، ف.، ابوالحسین ابوطالبی جهرمی، ع.، ذاکرین، ع.، حسن‌زاده، ح. و اجرایی، ع. (۱۴۰۴). اثر محلول پاشی اسید آمینه و هیومیک اسید بر میزان نیترات، نیتريت و برخی صفات بیوشیمیایی دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای (Paramo و Taranto). علوم سبزی‌ها، ۱۷(۱)، ۲۰-۰۱.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترسی است.

مقدمه

فلفل دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annuum* L. از سبزی‌های میوه‌ای و متعلق به خانواده‌ی Solanaceae است که زیستگاه اصلی آن کشور مکزیک و منطقه آمریکای جنوبی است. این جنس شامل ۲۵ گونه وحشی و ۵ گونه اهلی است (Nikkhu *et al.*, 2011; Ghanbari *et al.*, 2021). فلفل منبع خوبی از برخی ترکیبات آنتی‌اکسیدان است. مصرف یک عدد فلفل با اندازه متوسط، می‌تواند نیاز روزانه بدن یک فرد بالغ به ویتامین ث را تأمین کند (Ghasemnezhad *et al.*, 2011). فلفل دلمه‌ای بر اساس خاصیت اشتهاآوری، هضم غذا، مقدار کاروتن بالا، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و همچنین مقادیر بالای ویتامین ث، دارای ارزش غذایی بالایی است (Ghanbari *et al.*, 2021). و منبع عالی رنگ‌های طبیعی و ترکیبات معدنی است (Moosavi *et al.*, 2023). البته سطوح کاروتنوئید و مواد فنولیکی در فلفل شیرین بسیار متغیر است و ممکن است تحت تأثیر مرحله بلوغ میوه، ژنوتیپ و شرایط کشت قرار گیرد (Hallmann & Rembialkowska, 2012).

اسیدهیومیک (HA) یک کود طبیعی است که از مواد زائد آلی به‌دست می‌آید و تأثیر بسیار خوبی بر رشد و نمو گیاهان دارد (Fan *et al.*, 2014). اسیدهیومیک به‌عنوان یک ماده آلی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم مفیدی بر رشد گیاه و بهبود ساختار خاک دارد و یک بافر pH است. علاوه بر این، باعث تحریک مستقیم اثرات هورمونی در رشد گیاه می‌شود (Jindo *et al.*, 2012). مواد هیومیکی بخش اصلی مواد آلی تشکیل‌دهنده خاک شامل اسیدهیومیک و اسیدفولیک هستند. اسیدهیومیک بسته به غلظت، نقش‌های مختلفی در گیاه دارد. اسیدهیومیک همچنین قابلیت دسترسی عناصر را افزایش داده و در نتیجه موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد می‌شود (Haghighi & Najafi, 2020). استفاده از اسیدهیومیک با کمک به جذب مواد مغذی ضروری مانند نیتروژن و پتاسیم باعث افزایش پروتئین‌های محلول و سنتز آنزیم‌ها و

کاهش نشت الکترولیت می‌شود (Hatami *et al.*, 2018). اگرچه بسیاری از مواد هیومیک هنوز به‌طور کامل شناسایی و بررسی نشده‌اند، اما می‌توان گفت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مواد هیومیکی دخالت در واکنش‌های جذب فلزات است (Ondrasek *et al.*, 2018). علاوه بر این، اسیدهیومیک می‌تواند تغییراتی در متابولیسم اولیه و ثانویه گیاهان در رابطه با تحمل تنش‌های غیرزنده ایجاد کند که به‌طور جمعی رشد گیاهان را تعدیل می‌کند و همچنین باعث تقویت تناسب اندام هوایی می‌شود (Canellas *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای نشان داده شد که ترکیب اسید هیومیک می‌تواند مقاومت فلفل دلمه‌ای را در برابر شوری بهبود بخشد (Bacilio *et al.*, 2017).

استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار اندک از اسیدهای آلی به علت وجود ترکیبات هورمونی، آثار قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی دارند. اسید آمینه، فرم اصلی نیتروژن است و باعث بهبود عملکرد و رشد گیاهان مختلف می‌شود که هم به‌صورت خاکی و هم به‌صورت محلول‌پاشی، استفاده می‌شود (Haghighi & Mozaffarian, 2015). مطالعات نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاهان مؤثرند. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه روی گیاهان یکی از روش‌های مدرن است که به‌دلیل نقش مستقیم آن‌ها در افزایش پروتئین‌ها و آنزیم‌های ضروری و سازماندهی فعالیت‌های متابولیکی، در بهبود رشد و بهره‌وری گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو، مقاومت گیاه در برابر شرایط تنش، بیشتر می‌شود (Marhoon & Abbas, 2015).

سبزی‌ها به‌سبب ارزش غذایی فراوان در بسیاری از کشورهای دنیا از منابع غذایی اصلی به‌شمار می‌آیند. تجمع بیش از حد نیترات، از معیارهای کاهش‌دهنده کیفیت در سبزیجات محسوب می‌شود و یکی از عوامل

شده است که به تدریج بر میزان تجمع این ماده در محیط زیست افزوده شود (Pirsahab *et al.*, 2013). بنابراین، فرضیه اصلی این تحقیق، امکان‌سنجی کاهش میزان سطوح نیترات و نیتريت با استفاده از مواد مغذی مانند اسیدهیومیک و اسیدآمینة در فلفل دلمه‌ای است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی اسیدآمینة و هیومیک اسید بر میزان نیترات، نیتريت و برخی صفات بیوشیمیایی دو رقم فلفل‌دلمه‌ای گلخانه‌ای (Paramo و Taranto) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در استان هرمزگان، شهرستان رودان با هدف بررسی اثر اسیدهیومیک و اسیدآمینة بر میزان نیترات، نیتريت و برخی صفات بیوشیمیایی دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای صادراتی به صورت فاکتوریل (فاکتورها شامل نوع رقم و تیمار برگی بودند) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. در این پژوهش از کود اسیدآمینة Aminabon-Free 50 Amino Acids ساخت شرکت CIBON AGRONUTRIENTES SL کشور اسپانیا که حاوی ۵۰ درصد اسیدآمینة آزاد بود و توسط شرکت خط سبز کیمیا سرشت به ایران وارد شده است، در سه سطح (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) استفاده شد. محتوای کود اسیدآمینة مورد استفاده عبارت بود از: نیتروژن کل ۱۷/۵ درصد (w/w)، مواد آلی ۸۰ درصد (w/w)، اسیدآمینة کل ۵۲ درصد (w/w) و اسیدآمینة آزاد ۵۰ درصد (w/w). کود اسیدهیومیک مورد استفاده از نوع NATURAL GREEN HUMIC Acid ساخت شرکت Agroland کشور یونان بود که توسط شرکت ره‌آوران پردیس بین‌الملل به داخل کشور وارد شده است و در سه سطح (۰/۲، ۰/۶ و ۱ گرم در لیتر) استفاده شد. این کود دارای ۱۰ درصد پتاسیم و ۹۰ درصد فولویک و اسیدهیومیک بود. در این پژوهش برای مقایسه، یک تیمار آب مقطر نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ارقام فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای مورد

نامناسی که می‌تواند کیفیت سبزی‌ها را تحت تأثیر قرار دهد، تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف آنهاست (Alemian *et al.*, 2014). نیتروژن (N) یک عنصر ضروری برای بسیاری از فرآیندهای گیاهی است و جزء ساختاری همه پروتئین‌ها، از جمله آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، رشد و نمو است و جزء مهم اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل است. در عین حال، نیتروژن یکی از مواد مغذی محدودکننده اصلی در اکثر اکوسیستم‌ها و خاک‌های کشاورزی است (Padilla *et al.*, 2018). چرخه متابولیکی در گیاه براساس مقدار پروتئین‌ها برقرار است و در صورتی که نیتروژن اضافی در اختیار گیاه قرار گیرد، رشد رویشی تحریک شده و رشد زایشی گیاه به تعویق می‌افتد (Sheibani-Rad & Haghghi, 2015). نیترات و نیتريت دو آنیون در چرخه نیتروژن هستند که به‌طور گسترده در طبیعت پراکنده هستند. این ترکیبات در جو، آب، خاک، میکروارگانیزم‌ها، گیاهان و حیوانات یافت می‌شوند (Ding *et al.*, 2018). طبق تحقیقات انجام شده، مقدار نیترات (NO_3^-) موجود در خاک که ممکن است مربوط به مقدار کودهای تجاری به‌کار برده شده باشد از عوامل عمده‌ی تعیین میزان تجمع نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات است. براساس همین مطالعات، سبزیجات تازه به‌خصوص سبزیجات برگ‌دار و صیفی‌جات به دلیل قابلیت تجمع‌پذیری نیترات، از منابع عمده‌ی دریافت نیترات در رژیم‌های غذایی هستند. مقدار نیتريت (NO_2^-) در مواد فوق‌الذکر در مقایسه با نیترات معمولاً خیلی کمتر است. بعضی از گیاهان مانند اسفناج بزرگترین پاسخ به کودهای نیتروژنی را داشته و می‌توانند مقادیر زیادی از نیترات را با توجه به روش کشت و زمان برداشت در خود ذخیره نمایند. وجود نیتريت و نیترات در مواد غذایی و اثرات سوء آنها بر سلامتی موضوعی است که امروزه همچنان مورد مطالعه و بحث قرار می‌گیرد. در این رابطه دخالت انسان در چرخه نیتروژن طبیعت باعث

شدند. تیمارها به صورت محلول پاشی برگ‌گی و به مدت ۱۲ هفته متوالی روی بوته‌ها اعمال شد. آبیاری بوته‌ها به صورت یکسان و به روش موضعی و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. در این پژوهش صفات مورد نظر، پس از هفته‌ی دوازدهم آزمایش، و از یک برداشت مشخص و همزمان اندازه‌گیری شد.

استفاده نیز، ارقام Taranto (زرد رنگ) و Paramo (نارنجی رنگ) بودند.

ابتدا آزمون فیزیکوشیمیایی خاک انجام گرفت (جدول ۱) و پس از آماده‌سازی سینی‌های کشت با بستر پیت ماس (۴۰ درصد)، کوکوپیت (۴۰ درصد) و پرلیت (۲۰ درصد)، در شرایط یکسان بذرها کشت شدند و پس از ۳۵ روز، نشاها به زمین اصلی منتقل

جدول ۱- نتیجه آزمون خاک

Table 1- The result of soil analysis

| Sand شن (%) | K پتاسیم (mg kg ⁻¹) | P فسفر (mg kg ⁻¹) | N ازت (%) | Organic Carbon کربن آلی (%) | pH اسیدیته | EC هدایت الکتریکی (S m ⁻¹) |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--|
| 62 | 158 | 11.73 | 0.089 | 1.05 | 7.38 | 5.37 |
| Mn منگنز (ppm) | Cu مس (ppm) | Zn روی (ppm) | Fe آهن (ppm) | SP درصد اشباع (%) | Silt لای (%) | Clay رس (%) |
| 3.52 | 0.15 | 0.48 | 3.54 | 38 | 26 | 12 |

به منظور اندازه‌گیری میزان ویتامین ث از روش تیتراسیون با دی کلروفنل ایندوفنل (Dichloropheno lindophenol) با فرمول شیمیایی (C₁₂H₇NCL₂O₂) استفاده شد. ۳۰ میلی لیتر از عصاره میوه با ۳۰ میلی لیتر محلول متافسفریک اسید (Meta-Phosphoric acid) ۳ درصد مخلوط و به خوبی هم‌زده شد. سپس ۱۰ میلی لیتر از محلول با ماده رنگی دی کلروفنل ایندوفنل تیترا شد تا رنگ صورتی کم‌رنگ که به مدت ۱۵ ثانیه پایدار می‌ماند به دست آید و در نهایت حجم ماده رنگی مورد استفاده در تیتراسیون برای محاسبه اسید آسکوربیک استفاده شد. روش فوق مطابق روش آزمون شماره ۲-۱۴۶۱۷ متعلق به سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی کشور ایران برای اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک در میوه-ها، سبزی‌ها و فرآورده‌های آنها است (Kazemi-Ghahfarrokhi *et al.*, 2011; Seddaghat & Hosseini, 2011).

محتوای کلروفیل و میزان کاروتنوئید میوه

اندازه‌گیری میزان کلروفیل *a* و *b*، با استفاده از روش اسپکتروفتومتری (Lichtenthaler, 1987) انجام شد.

روش اندازه‌گیری صفات مورد بررسی

میزان نیترات (NO₃⁻) و نیتريت (NO₂⁻) میوه

برای اندازه‌گیری میزان نیترات و نیتريت از روش آزمون اندازه‌گیری نیتريت و نیترات در میوه، سبزی و فرآورده‌های آنها به طریق بیناب‌سنجی مولکولی موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی کشور ایران، شماره استاندارد آزمون ۴۱۰۶ (Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI NUMBER 4106) استفاده شد (Mousakhani *et al.*, 2013).

میزان مواد جامد محلول میوه (TSS)

برای تعیین درجه‌ی بریکس یا مواد جامد محلول از روش رفاکتومتری استفاده شد. ابتدا رفاکتومتر مدل (Digital Refractometer DR301-95) توسط آب مقطر کالیبره شده و سپس یک قطره از عصاره میوه روی منشور شیشه‌ای ریخته و در مقابل نور، عدد بریکس قرائت و یادداشت‌برداری شد (Monzavi *et al.*, 2007).

میزان ویتامین ث میوه

میزان آنتوسیانین میوه

از روش Wagner (۱۹۷۹) برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین نمونه‌ها استفاده شد. ۰/۱ گرم از نمونه گیاهی در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملاً سائیده و عصاره در لوله‌های آزمایش سرپیچ‌دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ g سانتریفوژ و جذب محلول بالای در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. محاسبه غلظت با استفاده از فرمول $A = \epsilon bc$ و ضریب خاموشی $33000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ انجام و نتایج بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر ارائه شد. در این فرمول، A جذب، b عرض کوت، c غلظت محلول مورد نظر و ϵ ضریب خاموشی است (Azadedel *et al.*, 2017).

به منظور تعیین اثر تیمارها بر میزان کاروتنوئید و میزان آنتوسیانین میوه، میوه‌های رسیده برداشت و پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای محیط (دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد) نسبت به اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید و میزان آنتوسیانین میوه به روش ذکر شده اقدام شد و نتایج به صورت درصد کاهش بیان شد.

آنالیز آماری

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش Kolmogorov-Smirnov و Shapiro-Wilk و نرم-افزار SPSS 20.0 مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 رسم شد.

نتایج و بحث

میزان نیترات و نیتريت میوه

براساس نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل دو فاکتور، بیشترین میزان نیترات میوه در استفاده از اسید هیومیک ۰/۲ گرم در لیتر در رقم تارانتو (۱۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در تیمار اسیدهیومیک ۰/۶ گرم در لیتر در رقم پارامو (۵۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین شاخص میزان نیترات میوه در استفاده از اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر (۱۱۴/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۸۵/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین شاخص میزان نیترات میوه در استفاده از اسیدهیومیک ۰/۲ گرم در لیتر (۱۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در تیمار اسیدهیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۵۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۱).

همچنین براساس نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل دو فاکتور، بیشترین میزان نیتريت میوه در استفاده از اسیدآمینه ۱ گرم در لیتر در رقم تارانتو (۱۱/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر در رقم تارانتو (۳/۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین شاخص میزان نیتريت میوه در استفاده از اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۱۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۴/۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین شاخص میزان نیتريت میوه در استفاده از اسیدآمینه ۱ گرم در لیتر (۱۱/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در تیمار اسیدهیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۳/۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۲).

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی اسیدآمینه و اسیدهیومیک همبستگی مستقیمی بر کاهش یا افزایش میزان نیتريت و نیترات میوه فلفل دلمه‌ای رنگی گلخانه‌ای ندارد. اما در مقایسه اثرمتقابل رقم و تیمار، تیمار اسیدهیومیک ۰/۶ گرم در لیتر در رقم تارانتو، دارای بهترین نتایج میزان نیتريت

اسید آمینه‌ی ۰/۵ گرم در لیتر (۵/۳۰ درصد) و کمترین آن در تیمار شاهد به همراه اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر (۴ درصد) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین شاخص TSS میوه در استفاده از اسید آمینه ۰/۵ و ۱/۵ گرم در لیتر (۵ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۳/۷۰ درصد) مشاهده شد (شکل ۳). قندها عمده‌ترین مواد جامد محلول در آب میوه هستند. بنابراین مقدار قند میوه می‌تواند توسط تخمین مقدار مواد جامد محلول مورد بررسی قرار گیرد. با رسیدن میوه، اسید تبدیل به قند می‌شود و تجمع قندها در میوه افزایش می‌یابد. اسیدهای آلی، آمینواسیدها، ترکیبات فنولی و پکتین‌های قابل حل، در مقدار مواد جامد محلول دخالت دارند (Azad-Shahraki & Kaffashan, 2017). نتایج این پژوهش نشان داد در مقایسه اثر انفرادی بین دو رقم مورد بررسی، رقم پارامو، نتایج بهتری در میزان مواد جامد محلول از خود نشان داد. همچنین مقایسه اثر انفرادی تیمارها، بیانگر این مسئله بود که تیمار اسید آمینه‌ی ۰/۵ گرم در لیتر نسبت به شاهد و سایر تیمارها دارای مقدار مواد جامد محلول بهتری بود، یافته‌های این پژوهش با نتایج به دست آمده توسط Aslani و همکاران (۲۰۱۵) و Ghasemnezhad و همکاران (۲۰۱۱) که بیان داشتند رقم نارنجی (Aracia) فلفل دلمه‌ای نسبت به ارقام زرد رنگ (Taranto) و قرمز رنگ (Inspiration) دارای درصد TSS بیشتری بود کاملاً مطابقت دارد.

همچنین براساس نتایج مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل دو فاکتور، بیشترین میزان ویتامین ث میوه در رقم پارامو و استفاده از اسید هیومیک ۱ گرم در لیتر (۱۱۷/۴۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر در رقم پارامو (۶۴/۸۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین شاخص میزان ویتامین ث میوه در استفاده از اسید هیومیک ۱ گرم در لیتر (۱۱۷/۴۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کمترین آن در تیمار اسید

و نیترات بود. در این رابطه و به‌طور کلی نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های تجمع یافته یون‌های نیترات و نیتريت در نمونه‌های فلفل دلمه‌ای رنگی گلخانه‌ای بیانگر آن است که میانگین غلظت‌های تجمع یافته، دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر هستند. بنابراین از آنجا که نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه، نوکلئیک، بازهای پورینی، آلکالوئیدها و کلروفیل وجود دارد (Dordas & Sioulas, 2008)، توصیه می‌شود از غلظت‌های کنترل شده اسید آمینه و اسید هیومیک در محلول پاشی گیاه فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای استفاده شود و از آنجا که جذب و توزیع نیترات در گیاهان با توجه به نگرانی‌های زیست محیطی و کیفیت محصولات کشاورزی، از اهمیت زیادی برخوردار است (Tabandeh & Safarzadeh-Shirazi, 2018)، بایستی از مصرف نامناسب، نامتعادل و بیش از حد از کودهای نیتروژنه خودداری شود (Mousavi-Moayeid *et al.*, 2017). در این رابطه راه‌کارهای بسیاری برای کاهش میزان آلاینده‌های نیترات و نیتريت پیشنهاد شده است، اما مهم‌ترین و اولین گام، بالابردن آگاهی کشاورزان و تولیدکنندگان از مضرات آن است. علاوه بر این، بالابردن آگاهی عمومی مصرف کنندگان در مورد مضرات این آلاینده می‌تواند به تصویب قوانین و اقدامات اجرایی برای جلوگیری از آلودگی بیش از حد مواد غذایی بیانجامد و سطح نظارت ارگان‌های مربوطه را افزایش دهد (Allaei-Ardakani *et al.*, 2016).

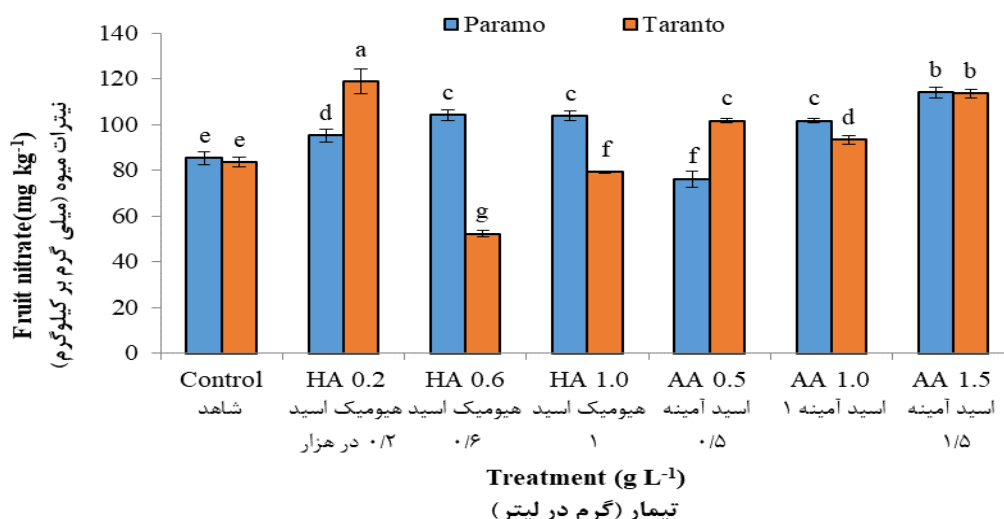
میزان مواد جامد محلول (TSS) و ویتامین ث

نتایج بدست آمده در این پژوهش در خصوص میزان TSS نیز بیانگر این مطلب بود که، بیشترین میزان TSS میوه در رقم پارامو و استفاده از اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر و اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۵/۳۰ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر در رقم تارانتو (۳/۷۰ درصد) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین شاخص میزان TSS میوه در استفاده از اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر و

آنجا که اسیدهای آمینه به‌وسیله افزایش تحمل به تنش‌های محیطی و در نتیجه اثرات مثبت بر فتوسنتز، بر رشد و عملکرد گیاهان موثر واقع می‌شوند (Pouryousef-Miandoab & Sharvan, 2014). می‌توانند میزان ویتامین‌ث میوه فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای را افزایش دهند. نتایج این پژوهش، بیانگر توانایی اسیدآمینه و اسیدهیومیک در بالابردن میزان ویتامین‌ث در میوه‌ی فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای است. این موضوع با نتایج به‌دست آمده توسط Hatami و همکاران (۲۰۱۸) و Jindo و همکاران (۲۰۱۲) در خصوص تأثیرات هورمونی و اثرات مستقیم و غیرمستقیم اسیدهیومیک بر رشد گیاهان که با کمک به جذب موادمغذی ضروری مانند نیتروژن و پتاسیم باعث افزایش پروتئین‌های محلول، سنتز آنزیم‌ها و بهبود کیفیت میوه‌ها می‌شود و همچنین با گزارش Haghghi و Mozaffarian (۲۰۱۵) و همچنین Marhoon و Abbas (۲۰۱۵)، درخصوص تأثیرات مثبت اسیدآمینه بر رشد و عملکرد گیاهان، افزایش پروتئین‌ها و سازماندهی فعالیت‌های متابولیکی، کاملاً همخوانی دارد.

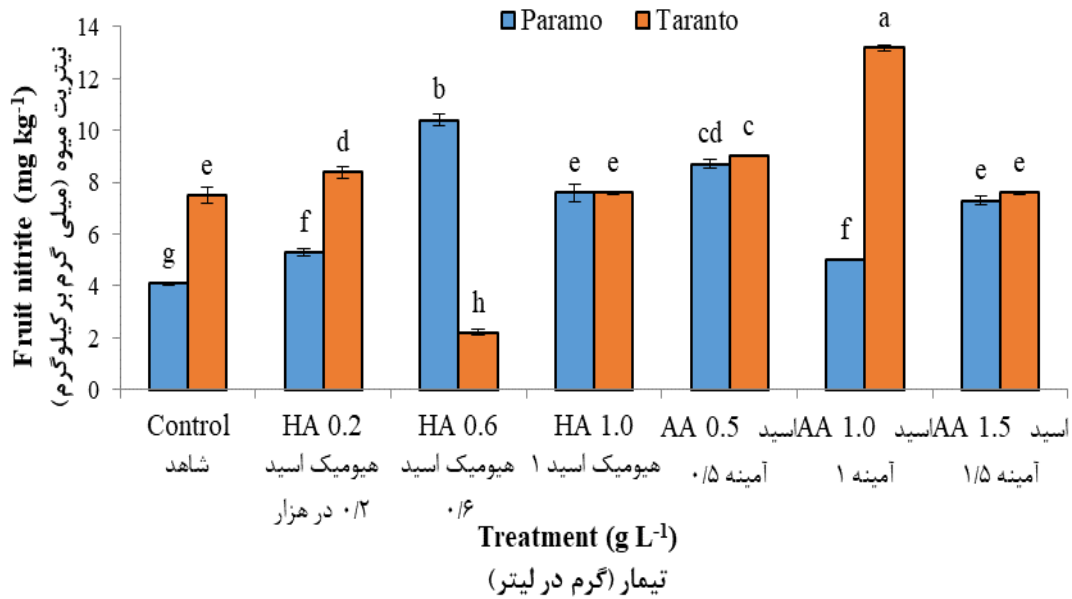
آمینو اسید ۱/۵ گرم در لیتر (۶۸/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) به‌دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین شاخص میزان ویتامین‌ث میوه در استفاده از اسیدآمینه ۱/۵ گرم در لیتر (۱۰۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کمترین آن در تیمار اسیدهیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۷۱/۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه) مشاهده شد (شکل ۴).

امکان مصرف فلفل به‌صورت تازه‌خوری و مصرف آن در انواع گوناگونی از غذاها و سس‌ها از امتیازات مهم این محصول به شمار می‌رود (Azizi *et al.*, 2010). ارزش غذایی میوه‌ی فلفل بر اساس خاصیت اشتهاآوری، هضم غذا، مقدار کاروتن و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و دارا بودن مقادیر بسیار زیاد ویتامین‌ث است (Enjili *et al.*, 2018). در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی اسیدآمینه و اسیدهیومیک می‌تواند میزان ویتامین‌ث میوه فلفل دلمه‌ای را بهبود بخشد و این احتمالاً به این دلیل است که استفاده از اسیدهیومیک باعث افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی و مس می‌شود (Salehi *et al.*, 2014) و در نتیجه با افزایش جذب عناصر، می‌تواند بر میزان ویتامین‌ث میوه نیز تأثیر مثبتی بگذارد. همچنین از



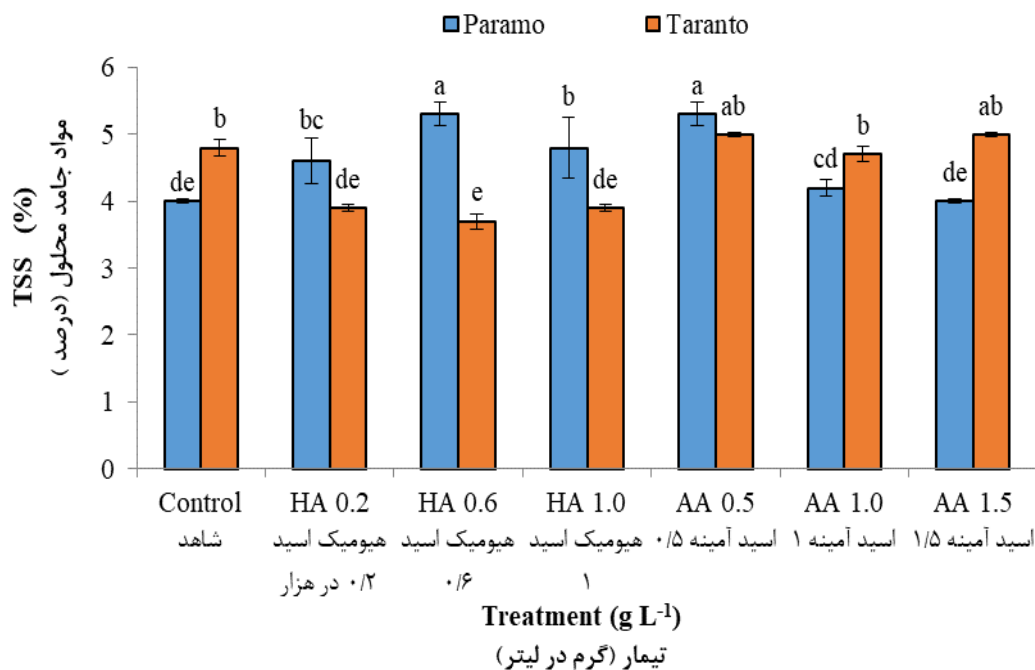
شکل ۱- تأثیر اسیدهیومیک و اسیدآمینه بر میزان نیترات دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 1- The influence of humic acid and amino acid on the nitrate content of two greenhouse bell pepper cultivars. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.



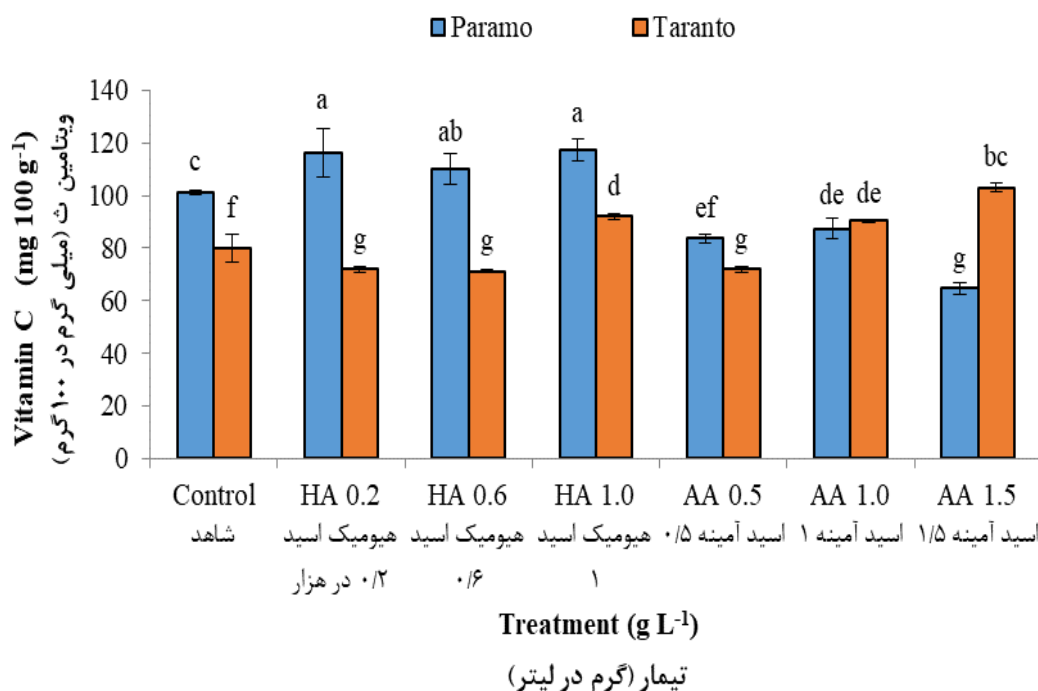
شکل ۲- تأثیر اسید هیومیک و اسید آمینه بر میزان نیتريت دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 2- The influence of humic acid and amino acid on the nitrite content of two greenhouse bell pepper. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the cultivars. LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.



شکل ۳- تأثیر اسید هیومیک و اسید آمینه بر میزان TSS دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 3- The influence of humic acid and amino acid on the TSS content of two greenhouse bell pepper. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the cultivars. LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.



شکل ۴- تأثیر اسید هیومیک و اسید آمینه بر میزان ویتامین ث دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 4- The influence of humic acid and amino acid on the vitamin C content of two greenhouse bell pepper cultivars. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.

میزان کاروتنوئید و درصد کاهش

استفاده از اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر (۳۷/۳ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر و رقم تارانتو (۵ درصد) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین درصد کاهش کاروتنوئید میوه در استفاده از اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر (۳۷/۳ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر (۷/۱ درصد) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین درصد کاهش کاروتنوئید میوه در تیمار اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر (۳۵ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر (۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۶).

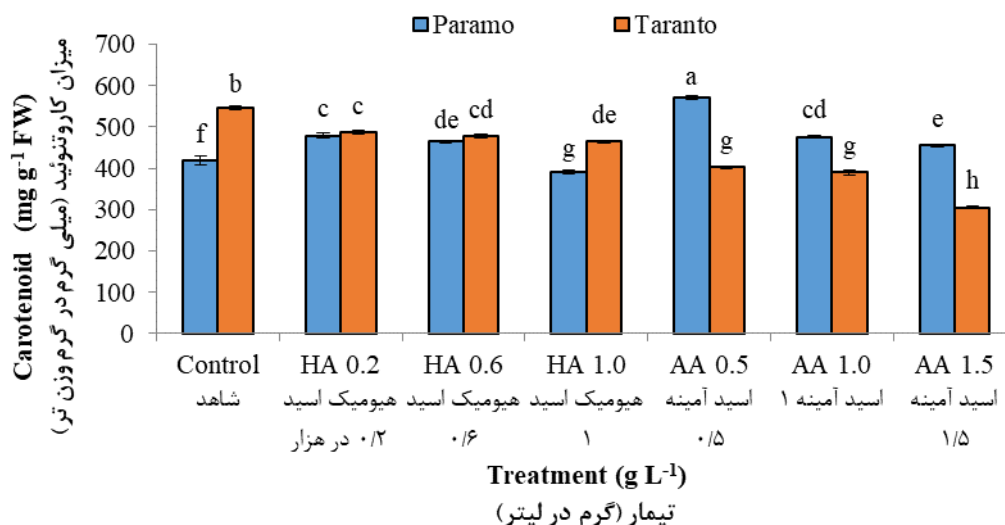
رنگ فلفل دلمه‌ای فاکتور مهمی در انتخاب خریدار است (Sun *et al.*, 2007). کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها، مواد رنگی مهم سبزیجات هستند که معمولاً باعث ایجاد رنگ‌های نارنجی و قرمز می‌شوند (Aslani *et al.*, 2015). کاروتنوئیدهای فلفل شامل

در این پژوهش بیشترین میزان کاروتنوئید میوه در رقم پارامو و استفاده از اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر (۵۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر و رقم تارانتو (۳۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین شاخص میزان کاروتنوئید میوه در استفاده از اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر (۵۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۱ گرم در لیتر (۳۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین شاخص کاروتنوئید میوه در تیمار شاهد (۵۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۱/۵ گرم در لیتر (۳۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) مشاهده شد (شکل ۵). در این پژوهش، بیشترین میزان درصد کاهش کاروتنوئید میوه در رقم پارامو و

کاروتنوئیدها در گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، آن‌ها می‌توانند سیستم جمع‌کننده نور دستگاه فتوسنتزی را از گزند مولکول‌های اکسیژن یکتایی حفاظت نمایند. این عمل از طریق مکانیسمی که چرخه گزانتوفیل نامیده می‌شود، باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون می‌شود (Ebadollahi & Rahmatipour, 2020). نتایج این پژوهش نیز بیانگر این مطلب است که استفاده از غلظت‌های کنترل‌شده اسید آمینه در فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای (۵/۰ گرم در لیتر) می‌تواند به افزایش رنگدانه و میزان کاروتنوئید میوه و بهبود کیفیت و همچنین بازاریابی میوه در پس از برداشت کمک نماید.

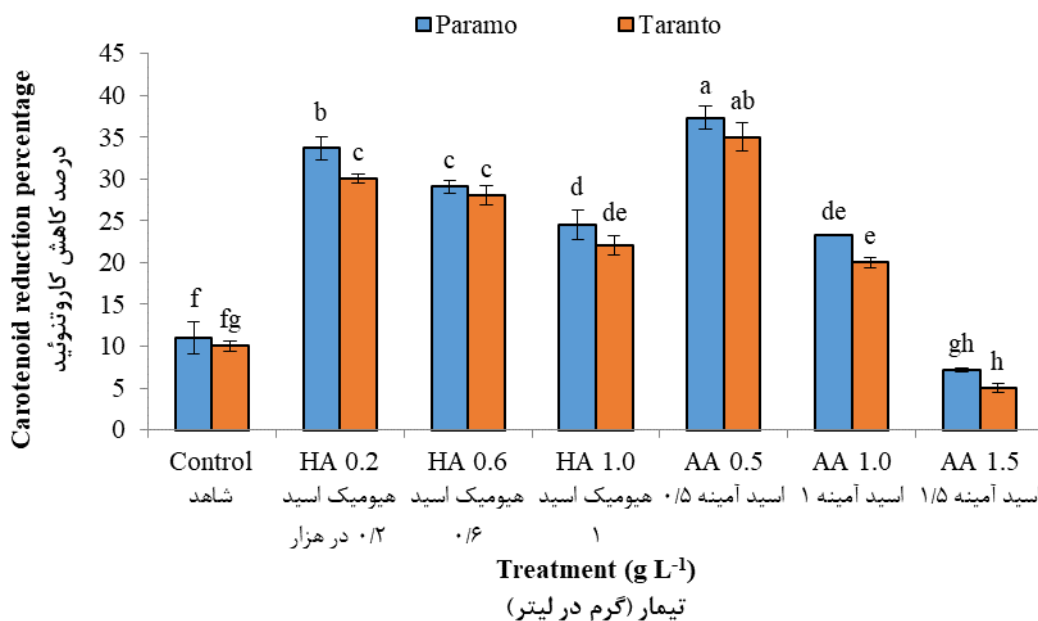
همچنین در خصوص درصد کاهش میزان کاروتنوئیدهای میوه در ۳۰ روز پس از برداشت در هر دو رقم تیمار اسید آمینه (۱/۵ گرم در لیتر) بهترین نتایج را داشت و دارای کمترین درصد کاهش کاروتنوئید بود. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که استفاده از اسیدهای آمینه باعث کاهش فرآیند اکسیداسیون میوه در دوره پس از برداشت و کاهش اثرات تخریبی رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شوند و در نتیجه می‌تواند به حفظ و پایداری غشا و در نتیجه عدم کاهش کاروتنوئیدهای میوه و افزایش عمر پس از برداشت فلفل دلمه‌ای رنگی کمک نمایند. این نتیجه بیانگر توانایی مکانیزم‌های داخل گیاه برای کنار آمدن با شرایط استرس‌زای محیطی است که هر اندازه مقدار مکانیزم‌های دفاعی در گیاه بیشتر باشد مقاومت بیشتری نسبت به شرایط محیطی مشاهده می‌شود (Sheibani & Haghghi, 2015). در این آزمایش نیز بیشترین غلظت اسید آمینه مورد استفاده، کمترین درصد کاهش کاروتنوئید میوه را از خود نشان داده است که نشانگر توانایی اسید آمینه در بالا بردن توان داخلی گیاه در مقابله با شرایط تنش در دوره پس از برداشت است.

کپسانتین (Capsanthin) و کاروتن (Carotene) هستند. رنگ سبز فلفل به دلیل کلروفیل و کاروتنوئید کلروپلاست است (Sun et al., 2007; Deepaa et al., 2007). رنگ زرد و نارنجی فلفل به وسیله آلفا و بتاکاروتن، با فعالیت پیش‌سازی ویتامین آ، زئاگزانتین (Zeaxanthin)، لوتئین (Lutein) و بتاکریپتوزانتین (β -Cryptoxanthin)، تشکیل می‌شود. رنگ‌های قرمز فلفل نیز به خاطر حضور رنگیزه‌های کاروتنوئیدی کپسانتین (Capsanthin)، کپسوربین (Capsorubin)، و کپسانتین ۵ و ۶ اپوکسید (Capsanthin 5, 6-epoxide) است (Aslani et al., 2015). کاروتنوئیدها، گروهی از رنگدانه‌ها هستند که علاوه بر نقشی که در تشکیل رنگدانه‌های دیگر بر عهده دارند، خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز برای آن‌ها گزارش شده است. حیوانات و انسان قابلیت سنتز آن‌ها را ندارند و باید از طریق رژیم غذایی دریافت شوند و پس از آن می‌توانند از شکل کاروتنوئیدی به شکل دیگر تبدیل گردند، اکسیداسیون حاصل از گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند سبب از هم‌پاشیدگی غشاء سلول‌ها، آسیب به پروتئین‌های غشایی و موتاسیون DNA و گسترش بسیاری از بیماری‌ها همچون سرطان، آسیب‌های کبدی و بیماری‌های قلبی-عروقی شود (Hasan-Soltan et al., 2016). یک دسته از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی محلول در سلول‌های گیاهی کاروتنوئیدها هستند، این ترکیبات از طریق مسیرهای غیرآنزیمی در کاهش خسارت اکسیداتیو بر گیاه نقش دارند. کاروتنوئیدها، تتراترپن‌های ۴۰ کربنه‌ای هستند که در کلروپلاست بافت‌های گیاهی حضور داشته و در تنش‌های محیطی، حفاظت از بافت‌های فتوسنتزی گیاه به خصوص کلروفیل‌ها را بر عهده دارند (Heshmati et al., 2016). در کل نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول پاشی اسید آمینه و اسید هیومیک با حداقل میزان به ترتیب ۵/۰ و ۲/۰ گرم در لیتر می‌تواند میزان کاروتنوئید میوه را بهبود بخشد و استفاده از غلظت‌های بالاتر می‌تواند بر روی میزان کاروتنوئید تأثیرات منفی بگذارد. از آنجا که



شکل ۵- تأثیر اسید هیومیک و اسید آمینه بر میزان کاروتنوئید دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 5- The influence of humic acid and amino acid on the carotenoid content of two greenhouse bell pepper cultivars. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.



شکل ۶- تأثیر اسید هیومیک و اسید آمینه بر درصد کاهش کاروتنوئید میوه در روز ۳۰ام پس از برداشت در دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 6- The influence of humic acid and amino acid on the reduction percentage of fruit carotenoid content at 30th day after harvest in two greenhouse bell pepper cultivars. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.

آنتوسیانین می‌تواند در سطوح مختلف شامل جلوگیری از بیماری قلبی-عروقی، فعالیت ضدسرطانی، ضدتوموری و ضدموتاژنی، تأثیرات سودمند در بیماری دیابت، اثرات مثبت بر بینایی، فعالیت ضدباکتریایی و ضدویروسی و تأثیر روی بیماری‌های سیستم عصبی باشد (Soleimani et al., 2014). فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند. این ترکیبات نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه نیز جلوگیری می‌کنند. گیاهانی که در بافت‌شان آنتوسیانین دارند، اغلب مقاوم به خشکی هستند (Heshmati et al., 2016). آنتوسیانین‌ها جایگزین مناسبی برای رنگ‌های سنتزی هستند، زیرا علاوه بر دارا بودن رنگ جذاب و درخشان، خواص ضدسرطانی و ضدویروسی آن‌ها نیز ثابت شده است. این رنگدانه‌های طبیعی متعلق به دسته بزرگی از ترکیبات شیمیایی به نام فلاونوئیدها بوده که طی چرخه‌ی فنیل پروپانوئید ساخته می‌شوند (Mahdavee-Khazaei et al., 2014). آنتوسیانین‌ها یکی از شش گروه گسترده فنول‌های گیاهی هستند که به‌عنوان فلاونوئیدها شناخته شده‌اند و مسئول رنگ‌های نارنجی، قرمز، آبی و بنفش در بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات هستند. شش آنتوسیانیدین رایج مانند سیانیدین (Cyanidin)، دلفینیدین (Delphinidin) و ... در میوه‌ها وجود دارد و بیش از ۵۴۰ رنگدانه آنتوسیانین در طبیعت شناسایی شده است.

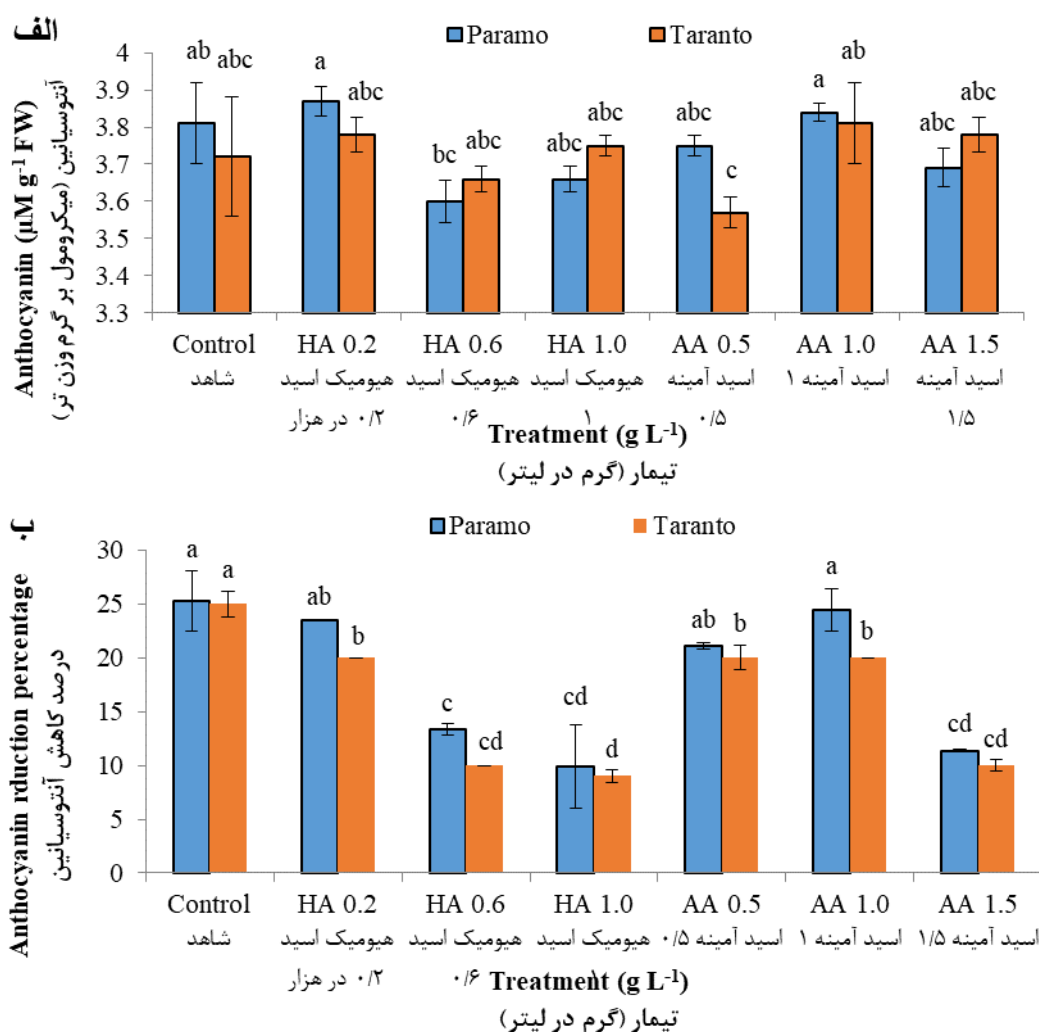
در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول پاشی اسید آمینه و اسید هیومیک با حداقل میزان به ترتیب ۱ و ۰/۲ گرم در لیتر می‌تواند میزان آنتوسیانین میوه را بهبود بخشد. همچنین در خصوص درصد کاهش میزان آنتوسیانین‌های میوه در ۳۰ روز پس از برداشت در هر دو رقم بالاترین غلظت‌های اسید هیومیک (۱ گرم در لیتر) و اسید آمینه (۱/۵ گرم در لیتر) بهترین نتایج را به همراه داشت و دارای کمترین درصد کاهش آنتوسیانین بود. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که استفاده از اسیدهای آمینه و -

در این پژوهش و براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو فاکتور، بیشترین میزان آنتوسیانین میوه در رقم پارامو و استفاده از اسید هیومیک ۰/۲ گرم در لیتر (۳/۸۷ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر و رقم تارانتو (۳/۵۷ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین شاخص میزان آنتوسیانین میوه در استفاده از اسید هیومیک ۰/۲ گرم در لیتر (۳/۸۷ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر (۳/۶۰ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین شاخص آنتوسیانین میوه در تیمار اسید آمینه ۱ گرم در لیتر با میانگین ۳/۸۱ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه و کمترین آن در تیمار اسید آمینه ۰/۵ گرم در لیتر (۳/۵۷ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) مشاهده شد (شکل ۷ الف). نتایج این آزمایش همچنین بیانگر این مطلب بود که، بیشترین میزان درصد کاهش آنتوسیانین میوه در رقم پارامو و تیمار شاهد (۲۵/۳ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۱ گرم در لیتر و رقم تارانتو (۹ درصد) مشاهده شد. در رقم پارامو بیشترین درصد کاهش آنتوسیانین میوه در استفاده از تیمار شاهد (۲۵/۳ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۱ گرم در لیتر (۹/۹ درصد) به دست آمد. در رقم تارانتو نیز بیشترین درصد کاهش آنتوسیانین میوه در تیمار شاهد (۲۵ درصد) و کمترین آن در تیمار اسید هیومیک ۱ گرم در لیتر (۹ درصد) مشاهده شد (شکل ۷ ب).

فلاونوئیدها مهم‌ترین گروه منفرد فنول‌ها در مواد غذایی هستند که تنوع ساختاری در این ترکیبات ناشی از درجه و الگوی هیدروکسیلاسیون، متوکسیلاسیون و گلیکوزیلاسیون است. آنتوسیانین‌ها یکی از اعضای فلاونوئیدها هستند که شکل آگلیکون (غیرقندی) آن‌ها، آنتوسیانیدین نامیده می‌شود که بر اساس تعداد و موقعیت گروه‌های استخلافی هیدروکسیل و متوکسیل موجود در ساختارشان به انواع مختلف تقسیم می‌شوند. فعالیت بیولوژیکی آنتوسیانین‌ها و یا مواد غذایی غنی از

که در این آزمایش و در هر دو رقم، بیشترین غلظت-های مورد استفاده از اسیدهیومیک و اسیدآمین، دارای کمترین درصد کاهش میزان آنتوسیانین میوه در روز سی‌ام پس از برداشت بودند، این نتیجه بیانگر توانایی اسیدهیومیک و اسیدآمین در حفظ و پایداری غشاء و کاهش فرآیند اکسیداسیون میوه در دوره پس از برداشت است.

اسیدهیومیک باعث کاهش فرآیند اکسیداسیون میوه در پس از برداشت و کاهش اثرات تخریبی رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شوند و در نتیجه به عدم کاهش آنتوسیانین‌های میوه و افزایش عمر پس از برداشت فلفل رنگی کمک می‌نمایند. در این رابطه Heshmati و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند، وجود ترکیبات آنتی-اکسیدانی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها باعث از بین رفتن رادیکال‌های آزاد می‌شوند و همچنین از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه نیز جلوگیری می‌کند. از آنجا



شکل ۷- تأثیر اسیدهیومیک و اسیدآمین بر میزان (الف) و درصد کاهش (ب) آنتوسیانین و کاهش دو رقم فلفل‌دل‌مه‌ای گلخانه‌ای. ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند. HA: هیومیک اسید و AA: آمینو اسید.

Figure 7- The influence of humic acid and amino acid on the anthocyanin content and reduction percentage of two greenhouse bell pepper cultivars. Columns with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of the LSD test. HA: Humic Acid and AA: Amino Acid.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از اسید آمینه و اسید هیومیک باعث بهبود خصوصیات بیوشیمیایی در ارقام مورد آزمایش فلفل - دلمه‌ای گلخانه‌ای شد. همچنین این مطالعه می‌تواند زمینه را برای توسعه و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، تولید محصولات سالم و تامین امنیت غذایی فراهم نماید.

اثر محلول پاشی اسید آمینه و هیومیک اسید بر میزان نیترات، نیتريت و برخی صفات بیوشیمیایی دو رقم فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای (Paramo و Taranto) نشان داد که اثر متقابل معنی‌داری بین دو فاکتور در شاخص‌های میزان نیترات و نیتريت میوه، میزان TSS، میزان ویتامین ث و میزان کاروتنوئید میوه در سطح ۱ درصد وجود دارد. در پایان آزمایش و در مقایسه‌ی اثر متقابل رقم و تیمار بر صفات مورد بررسی نتایج بیانگر این مطلب بود که تیمار اسید هیومیک ۰/۶ گرم در لیتر در رقم تارانتو، نسبت به شاهد و سایر تیمارها از میزان نیترات و نیتريت بهتر و مطلوب‌تری برخوردار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش، در فلفل دلمه‌ای رنگی گلخانه‌ای می‌تواند تحت تاثیر غلظت‌های مختلف اسیدهای آمینه و اسید هیومیک متفاوت باشد و به‌طور کلی

References

- Alaei Ardakani, M., Shirdeli, M. & Haji Mohammadi, B. (2016). An overview of the risks of nitrite and nitrate consumption on human health. *Published in the 3rd Conference on New Findings in the Environment and Agricultural Ecosystems*. Iran, Tehran. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/IUVS.2020.137652.1122>
- Alemian, M., Eftekhari, S. A., Heidari, M., Alamzadeh Ansari, N. (2014) Evaluation of Nitrate Accumulation and Nitrate Reductase Activity in Different Vegetative Growth of Selected Iranian Land Races of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Crop Production and Processing*. 3(10), 25-36. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/gsc.v14i2.39436>
- Aslani, L., Mobli, M. & Keramat, J. (2015). Comparison of antioxidant activity and fruit quality characteristics of four greenhouse bell pepper cultivars. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*. 5(17), 149 - 157. (In Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.17.149>
- Azadedel, S., Hanachi, P. & Saboora, O. (2017). Investigation of soluble and insoluble tannins and anthocyanins assay in two cultivar pistachio (*Pistacia vera* L). *Journal of JFST*, 63(14), 179-186. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/jmp.19.75.254>
- Azad-Shahraki, F. & Kaffashan, J. (2017). Qualitative properties of horticultural crops and their measurement methods. *Agricultural Technical and Engineering Research Institute, Office of Knowledge Network and Promotional Media, National Bibliography*. No. 4974862, Tehran, Ministry of Jihad-Keshavarzi. (In Persian).
- Azizi, S. Z., Dashti, F., Sarikhani, H. & Ershadi, A. (2010). Effect of salicylic acid, calcium chloride and packaging type on postharvest life and some qualitative characteristics of three

- commercial Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *M.Sc Thesis of Horticultural Science, Hamedan's Bouali Sina University*. (In Persian)
- Bacilio, M., Moreno, M., Lopez-Aguilar, D. & Bashan, Y. (2017). Scaling from the growth chamber to the greenhouse to the field: Demonstration of diminishing effects of mitigation of salinity in peppers inoculated with plant growth-promoting bacterium and humic acids. *Journal of Applied Soil Ecology*, 119, 327-338. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.002>
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Deepaa, N., Kaura, C., Georgea, B., Singhb, B. & Kapoor, H. C. (2007). Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 40, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.09.016>
- Ding, Z., Johanningsmeier, S. D., Price, R., Reynolds, R., Truong, V., Payton, S. C. & Breidt, F. (2018). Evaluation of nitrate and nitrite contents in pickled fruit and vegetable products. *Journal of Food Control*, 90, 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.005>
- Dordas, C. A. & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.020>
- Ebadollahi-Natanzi, A., Arab-Rahmatipour, G. (2020). A study on chlorophyll, total carotenoid and beta-carotene contents in carrot and the effect of climate on them. *Journal of Medicinal Plants*. 19(75), 254-265. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/jmp.19.75.254>
- Enjili, M., Esmaeilpour, B., Fatemi, H. & Jalilvand, P. (2018). Effect of mycorrhiza on growth and yield of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under drought stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Crops*, 9(2), 39-52. (In Persian) <https://doi.org/10.29252/EJGCST.9.2.39>
- Fan, H. M., Wang, X. W., Sun, X., Li, Y. Y., Sun, X. Z. & Zheng, C. S. (2014). Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 177, 118-123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.010>
- Ghanbari, F., Cheraghi, M. & Erfani-Moghadam, J. (2021). The Effect of kaolin on drought stress tolerance and some physiological responses of bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Vegetables Sciences Ilam University, Iran*. 9(5-1), 63-75. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/IUVS.2020.137652.1122>
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M. & Payvast, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits at two different harvest time. *Journal of Functional Foods*, 3(1), 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.002>
- Haghighi, M. & Mozaffarian, M. (2015). Application of amino acid on the growth and yield of the greenhouse tomato and bell pepper. *Journal of Vegetable Science, Ilam University*, (1), 59-64. (In Persian).

- <https://doi.org/10.22034/IUVS.2015.15372>
- Haghighi, M. & Najafi, H. (2020). The effect of humic acid on reducing drought stress in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Vegetables Sciences Ilam University, Iran*. 3(6), 147-158. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/IUVS.2020.63701.1016>
- Hallmann, E. & Rembialkowska, E. (2012). Characterization of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 92(12), 2409-2415. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5624>
- Hasan-Soltan, T., Nowrouzi, M. & Amouzgar, M. A. (2016). Investigation of chlorophyll a and b, total carotenoid, and antioxidant activity of four species of green algae isolated from the shores of Golestan Caspian Sea. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 6(24), 31-36. (In Persian).
- Hatami, E., Shokouhian, A.A., Ghanbari, A.R. & Naseri, L. (2018). Alleviating salt stress in almond rootstocks using of humic acid. *hatam Scientia Horticulturae*, 237, 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.034>
- Heshmati, S., Amini-Dehaghi, M., Rezazadeh, A. & Fathi-Amirkhiz, K. (2016). Study the effect of different phosphorus fertilizers on physiological characteristic of photosynthetic pigments and soluble sugars of safflower under water deficit condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(2), 304-317. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v14i2.39436>
- Jindo, K., Aparecida-Martim, S., Cantero-Navarro, E., Perez-Alfocea, F., Hernandez, T., Garcia, C., Oliveira-Aguiar, N. & Pasqualoto-Canellas, L. (2012). Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant Soil*, 353, 209-220. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1024-3>
- Kazemi-Ghahfarrokhi, N., Khalili-Gashnigani, R., Ahmadi-Basiri, S., Baght, S., Pouyan, M., Hojjatoleslami, M., Davoodi, A., Mowlavi, H., Moameni, M. & Hemmatzadeh-Dastgerdi, S. (2011). Fruits, vegetables and their products; Determination of ascorbic acid. Part II (Common method). *Iranian Standard and Industrial Research Institute*, Test number 2-14617. (In Persian).
- Mahdavee-Khazaei, K., Jafari, S. M., Ghorbani, M. & Hemmati-Kakhki, A. (2014). Optimization of anthocyanin extraction in Saffron's petal with response surface methodology. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(1), 37-50. (In Persian). <https://doi.org/10.22101/jrifst.2014.06.15.314>
- Marhoon, I.A. & Abbas, M.K. (2015). Effect of Foliar Application of Seaweed Extract and Amino Acids on Some Vegetative and Anatomical Characters of Two Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 1(1), 35-44.
- Monzavi, H., Mahmoudi-Meimand, M., Ahmadi, N., Azaraein, M., Akramzadeh-Ardakani, M. & Emami, Z. (2007). Fruit nectars and assay procedures. 1st Edition, *Iranian Standard and Industrial Research Institute*. (In Persian)
- Moosavi, S.F., Haghighi, M. & Parnianifard, F. (2023). Effect of Fruit Pruning on Qualitative and Performance Indices of Two Bell Pepper Cultivars (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Vegetables Sciences*. Vol 7, No 13(1), Pages 61-79. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/IUVS.2022.562380.1234>

- Mousakhani, F., Ghanavi, Z., Eslami, Z., Aida, B., Khalili, M., Sadeghifard, S., Sanaei, A., Zafari, M., Kazemi, F., Matlah, N., Mazaheri, M., Molaei, S. & Maleknejad, N. (2013). Measurement method of nitrite and nitrate in fruit and vegetable and their products using molecular binocularly. 1st Edition, *Iranian Standard and Industrial Research Institute*, Test number 4106. (In Persian).
- Mousavi-Moayeid, F., Cheraghi, M. & Lorestani, B. (2017). Investigation of the amount of phosphate and nitrate accumulation in consumable onion in Hamedan city. *Journal of Neyshabur University of Medical Sciences*, 4(4), 82-89. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/jmp.19.75.254>
- Nikkhu, H., Mohammadi, A., Rahnama, H. & Abbaszadeh, B. (2011). In vitro culture optimization of *Capsicum annum* L. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 7(1), 1-11. (In Persian)
- Ondrasek, G., Rengel, Z. & Romic, D. (2018). Humic acids decrease uptake and distribution of trace metals, but not the growth of radish exposed to cadmium toxicity. *Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety*, 151, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.055>
- Padilla, F. M., Gallardo, M. & Manzano-Agugliaro, F. (2018). Global trends in nitrate leaching research in the 1960-2017 period. *Journal of Science of the Total Environment*, 643, 400-413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.215>
- Pirsaheb, M., Sharafi, K. & Morad, M. (2013). A survey on nitrite and nitrate levels in vegetables and cucurbits cultivated in northern and western plains of Kermanshah city in 2012. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 1(9), 77-87. Article ID 517606. <https://doaj.org/article/f501c31430444add8e71795ac2d70a29>
- Pouryousef-Miandoab, M. & Shahrvaran, N. (2014). Effect of foliar application of amino acid in different times on the yield and yield components of maize. *Crop Plants Physiology Journal, Islamic Azad University of Ahvaz*, 6(23), 21-32. (In Persian).
- Salehi, B., Bagherzadeh, A., Ghasemi, M. & Ebrahimi, M. (2014). Effect of different amounts of organic humic acid on the quantity and quality of tomato varieties (*Lycopersium esculantum*). *Journal of Plant Production*, 20(4), 189-198. (In Persian).
- Seddaghat, N. & Hosseini, F. (2011). Evaluation of physicochemical and sensory properties of PET containers packed lemon juice. *Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 93-100. (In Persian).
- Sheibani-Rad, A. & Haghighi, M. (2015). The effect of different concentrations of nutrient solution nitrogen and root temperature on stress indices in lettuce and bell pepper plants. *Journal of Vegetables Sciences Ilam University, Iran*. 1, 11-20. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/IUVS.2015.15349>
- Soleimani, S., Sadeghi-Mahoonak, A., Alami, M. & Ghorbani, M. (2014). Evaluation of total phenolic, flavonoid, anthocyanin compounds, antibacterial and antioxidant activity of Hawthorn (*Crataegus elbursensis*) fruit acetic extract. *Journal of Rafsanjan University of Medical Science*, 13(1), 53-66. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v14i2.39436>
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W. & No, H. K. (2007). Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science*, 72(2), 98-102. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00245.x>

Tabandeh, L. & Safarzadeh-Shirazi, S. (2018). Assessment the accumulation of nitrate and the effective factors on it in some leafy vegetables in Zanjan region. *Journal of Soil Research (Soil and Water Science)*, 32(2), 190-200. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijsr.2018.117043>