The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Foliar Application of Ornithine on Morphological Traits, Mineral Elements Content, and Antioxidant Enzymes Activity of *Pistacia vera* L. 'Ahmad Aghaei'

Mahmood Delfani [1] | **Mesbah Babalar** [2]✉ | **Mojtaba Delshad** [3]

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, College of Agriculture, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Mahmood delfani@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, College of Agriculture, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mbabalar@ut.ac.ir
3. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, College of Agriculture, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: delshad@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 30 January 2023

Received in revised form: 3 November 2023

Accepted: 27 November 2023

Published online: Spring 2024

Keywords:

Amino acid,

Enzyme activity,

Foliar spraying,

Productivity,

Sustainable agriculture.

ABSTRACT

The effect of external application of ornithine amino acid on the morphological characteristics, mineral elements content and antioxidant activity of pistachio cv. Ahmad Aghaei was studied as a two-year experiment. Foliar application of ornithine in four concentrations (0, 2.5, 5 and 7.5 mM) at four stages, including bud swelling, leaf area reaching 5%, leaf area reaching 75%, and concurrent with the initial start of kernels filling, was done. The results showed that the highest fresh and dry weight of the fruit, current year shoot length, leaf area, split nuts percentage and the lowest blank nuts percentage was obtained at the level of 7.5 mM ornithine. Foliar application of ornithine was able to affect the macro and micro elements content in pistachio leaves and fruits, such that the highest amount of nitrogen, phosphorus, calcium, iron and zinc elements in pistachio leaves and fruits was obtained at the level of 7.5 mM of ornithine. The ornithine also significantly improved the antioxidant capacity and activity of treated trees, and the highest activity of antioxidant enzymes comprises ascorbate peroxidase (APX), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) enzymes was obtained in the samples treated with 7.5 mM ornithine. In general, according to the obtained results, foliar application of ornithine as an important natural compound from a scientific and economic point of view can be a fundamental step towards food security and sustainable agriculture by helping to absorb mineral elements and increasing the activity of antioxidant enzymes.

Cite this article: Delfani, M., Babalar, M. Delshad, Mojtaba (2024). Foliar Application of Ornithine on Morphological Traits, Mineral Elements Content, and Antioxidant Enzymes Activity of *Pistacia vera* L. 'Ahmad Aghaei'. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 55 (1), 51-69. DOI: https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.351550.2074

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.351550.2074

Extended Abstract

Introduction

Pistachio is one of the most important horticultural products of Iran, which has long been considered a strategic non-oil export commodity. Pistachio yields are often negatively affected by some physiological problems, such as the abscission of inflorescence buds and fruits, deformed or blank nuts, and non-split shells. In addition, the meager organic matter amount and the lack of balance in the soil's nutrients in pistachio farming areas have caused the performance of this strategic product to be lower. Therefore, foliar spraying will significantly help the growth and development of pistachio trees. Amino acids are involved in growth, respiration, and photosynthesis and are precursors in plant hormones and growth substances synthesis. Ornithine, as an alkaline amino acid, has several roles in the growth and development of plants. Ornithine not only directly plays a significant role in the production of proline and polyamines as two non-enzymatic

antioxidants, but it can also lead to the production of the arginine amino acid, another precursor for the production of polyamines.

Considering the decrease in yield and quality of pistachio trees due to physiological and soil problems and the effect of using biological stimulants on improving the vegetative and reproductive growth of horticultural crops, this study was carried out to determine the effect of external application of the ornithine amino acid on the quantitative and qualitative characteristics of pistachio cv. Ahmad Aghaei.

Materials and methods

This research was conducted in Rasfijan pistachio orchard in 2020-2021, located in Zawiya city of Zarandieh, Markazi province, on 18-year-old pistachio trees of the Ahmed Aghaei cultivar grafted on Badamie-Zarand rootstock. The experiment was conducted over two years as randomized complete blocks with 4 levels of ornithine amino acid (0, 2.5, 5, and 7.5 mM) with 6 replications. Foliar sprays of ornithine were applied at four times 1) buds swelling time; 2) leaf area reaches 50%; 3) leaf area reaches 75%; and 4) concurrent with the initial start of kernels filling.

Results and Discussion

The results showed that the highest fresh fruits weight (13217 and 6165 g per tree), dry fruit weight (4691.2 and 2124.67 g per tree), current year shoot length (21.12 and 21.2 cm), leaf area (3435.66 and 3634.5 cm^2 in the current year's branch), split nuts (79.9% and 80.58%) and the lowest blank nuts (1.16% and 1.02%) in the first and second years of the experiment, respectively, were obtained at 7.5 mM ornithine. Ornithine foliar application affected the macro- and micro-elements content in pistachio leaves and fruits, and the highest nitrogen, phosphorus, calcium, iron, and zinc content in pistachio leaves and fruits were obtained at 7.5 mM ornithine. The ornithine also significantly improved the antioxidant capacity and activity of treated trees, and the highest enzymes activity of ascorbate peroxidase (APX), catalase (CAT), and superoxide dismutase (SOD) was obtained at 7.5 mM ornithine.

Conclusion

In general, according to the results, spray application of ornithine, as an essential natural compound from a scientific and economic viewpoint, can be an excellent alternative to avoid the application of chemical fertilizers, and be an essential step towards food safety and agricultural sustainability.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۵، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

اثر کاربرد برگی اورنیتین بر صفات مورفولوژی، محتوای عناصر معدنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی پسته رقم احمد آقایی

محمود دلفانی [۱] | مصباح بابالار [۲]✉ | مجتبی دلشاد [۳]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Mahmood delfani@ut.ac.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، نویسنده مسئول، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mbabalar@ut.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: delshad@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶
تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:
افزایش تولید، اسید آمینه، فعالیت آنزیم‌ها، کشاورزی پایدار، محلول‌پاشی برگی.

چکیده

تأثیر کاربرد خارجی اسید آمینه اورنیتین بر ویژگی‌های مورفولوژی، محتوای عناصر معدنی و فعالیت آنتی-اکسیدانی درختان پسته رقم احمد آقایی به صورت آزمایش دو ساله مورد مطالعه قرار گرفت. محلول‌پاشی اورنیتین در چهار غلظت (صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار) در چهار زمان تورم جوانه‌ها، رسیدن سطح برگ‌ها به ۵ درصد اندازه نهایی، رسیدن سطح برگ‌ها به ۷۵ درصد اندازه نهایی و همزمان با شروع اولیه پر شدن مغز صورت گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک میوه، طول شاخه سال جاری، سطح برگ، درصد خندانی و کمترین درصد میوه پوک در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین به‌دست آمد. کاربرد اورنیتین توانست میزان عناصر ماکرو و میکرو برگ و میوه پسته را تحت تأثیر قرار دهد، به طوری‌که بیشترین مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی برگ و میوه پسته در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین به‌دست آمد. همچنین، اسید آمینه اورنیتین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی درختان تیمار شده را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشید و بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز برگ و میوه در نمونه‌های تیمار شده با اورنیتین ۷/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد. به طور کلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد برگی اورنیتین به عنوان یک ترکیب طبیعی مهم از دیدگاه علمی و اقتصادی می‌تواند با کمک به جذب عناصر معدنی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان گامی اساسی به سوی امنیت غذایی و کشاورزی پایدار باشد.

استناد: دلفانی، محمود؛ بابالار، مصباح و دلشاد، مجتبی (۱۴۰۳). اثر کاربرد برگی اورنیتین بر صفات مورفولوژی، محتوای عناصر معدنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی پسته رقم احمد آقایی. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۵ (۱)، ۶۹-۵۱. DOI: https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.351550.2074

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.351550.2074

مقدمه

پسته درختی دوپایه، نیمه‌گرمسیری[1] و خزان‌کننده متعلق به تیره سماق[2] است که به‌طورعمده در ایران، آمریکا، عراق، سوریه، ترکیه و برخی مناطق اروپا کشت می‌شود (Mannino *et al*., 2019). در ایران، پسته به عنوان یک محصول استراتژیک، جایگاه خاصی را در بین تولیدات کشاورزی دارا می باشد. در سال ۲۰۲۱ ایران بعد از آمریکا دومین کشور تولیدکننده پسته در جهان شناخته شده است (FAOSTAT, 2023). مغز پسته منبع غنی از اسیدهای چرب، عناصری مثل کلسیم، منیزیم، پتاسیم و ویتامین‌هایی نظیر B1، B2 و B6 می‌باشد و مصرف پسته خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد. همچنین، پسته حاوی مقادیر فراوانی آهن (۵/۸– ۱۱/۴ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم مغز) بوده و در تقویت حافظه مؤثر است (Ghaseminasab Parizi *et al*., 2016; Barand *et al*., 2020).

درختان پسته گل‌های زیادی تولید می‌کنند، اما فقط بخشی از این گل‌ها گرده‌افشانی شده و میوه تولید می‌کنند. یکی از دلایل کاهش میوه در پسته شرایط تغذیه‌ای و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه می‌باشد. علاوه بر این، در صورت مناسب نبودن شرایط تغذیه‌ای درخت، کیفیت میوه‌های تولیدی نیز کاهش پیدا خواهد کرد (Pourahmadi *et al*., 2019). جهت بهبود خصوصیات رویشی، عملکرد و کیفیت میوه، توجه به تغذیه درخت ضرورت دارد و استفاده از محرک‌های زیستی به صورت محلول‌پاشی می‌تواند مفید باشد (Goli *et al*., 2005). اسیدهای آمینه یکی از انواع محرک‌های زیستی هستند که کاربرد آنها می‌تواند در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات باغی و زراعی مؤثر باشد (Khan *et al*., 2019). گزارش شده که ترکیبات آمینواسیدی در رشد و نمو، تنفس و فتوسنتز دخالت دارند و پیش‌ساز هورمون‌های گیاهی و مواد رشد هستند (Hounsome *et al*., 2008).

از آنجا که به دلیل وجود مشکلات فیزیولوژی مثل ریزش جوانه‌های گل، پوکی و ناخندانی میوه، عملکرد و کیفیت میوه درختان پسته کاهش می‌یابد و از طرفی کاربرد محرک‌های زیستی در بهبود رشد رویشی و زایشی محصولات باغی و زراعی مؤثر است، این پژوهش به منظور بررسی کاربرد برگی اسید آمینه اورنیتین بر ویژگی‌های کمی و کیفی پسته رقم احمد آقایی به مرحله اجرا درآمد.

پیشینه پژوهش

استفاده از اسیدهای آمینه برای بهبود کیفیت و عملکرد درختان پسته درتحقیقات پیشین گزارش شده است. کاربرد اسیدهای آمینه در ترکیب با سولفات پتاسیم باعث افزایش عملکرد و کیفیت پسته نسبت به استفاده از سولفات پتاسیم به تنهایی شده است (Hamze *et al*., 2018). محلول‌پاشی اسید آمینه آرژنین بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک اندام هوایی، ریزش جوانه‌های زایشی و گل و خصوصیات میوه مانند درصد خندانی، میوه‌های پوک و تعداد میوه در هر خوشه درخت پسته مؤثر بوده است (Eslami et al., 2019). محلول‌پاشی این اسید آمینه در غلظت‌های صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومولار روی پسته رقم احمد آقایی منجر به افزایش طول و قطر شاخساره، سطح برگ، تعداد جوانه‌های گل، تعداد میوه‌های موجود در هر خوشه و وزن تر خوشه و کاهش میزان ریزش جوانه‌های گل و پوکی پسته‌ها شد (Tajabadipour *et al*., 2018). همچنین، آرژنین به طور قابل توجهی رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کلروفیل کل) را در درختان پسته افزایش داد. علاوه بر این، محلول‌پاشی درختان سیب با گلیسین و تریپتوفان (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) نیز به طور قابل توجهی طول و قطر شاخساره، سطح برگ، کلروفیل کل، درصد تشکیل میوه، عملکرد میوه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه و ترکیب مواد معدنی برگ (N، P، K، Ca، Fe، Zn، Mn و B) را افزایش داد (Mosa *et al*., 2020).

1- *Pistacia vera* L.
2- Anacardiaceae

اورنیتین به عنوان یک اسید آمینه قلیایی، در مقادیر بسیار کم در گیاهان یافت می‌شود، ولی نقش‌های متعددی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (Lou *et al*., 2020). اورنیتین از آمینواسید گلوتامات تولید می‌شود و خود به اسیدهای آمینه آرژینین و پرولین تبدیل می‌شود. آرژینین پیش‌ساز برای تولید پلی‌آمین‌ها می‌باشد و پرولین به عنوان ماده محافظت کننده‌ی اسمزی در گیاهان عمل می‌کند (Kalamaki *et al*., 2009). علاوه بر این، اورنیتین پیش‌ساز پلی‌آمین‌هایی مثل پوترسین نیز می‌باشد که در تنظیم رشد و نمو گیاهان ضروری است و به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نقش بسزایی در مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده ایفا می‌کنند (Ali *et al*., 2016). گزارش شده است که اورنیتین توسط آنزیم‌های اورنیتین دکربوکسیلاز و اورنیتین آمینوترانسفراز به دلتا ۱-پیرولین-۵-کربوکسیلیک اسید و پوترسین تبدیل می‌شود که به‌دنبال آن سبب تولید ۲-استیل-۱-پرولین در گیاه برنج می‌شود (Bao *et al*., 2018). کاهش اثر منفی تنش خشکی و افزایش تحمل به خشکی گیاهان چغندرقند از طریق کاربرد اورنیتین خارجی (۰، ۰/۳ و ۰/۶ میلی‌مولار) که همراه با افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروفیل پروتئینی، قندهای محلول، اسیدهای آمینه آزاد و آنزیم پراکسیداز و کاهش آنزیم های پراکسیداسیون لیپیدی و کاتالاز بود نیز گزارش شده است (Hussein *et al*., 2019). همچنین، محلول‌پاشی اورنیتین (۰/۵، ۱ و ۲ گرم در لیتر) به طور قابل توجهی عملکرد دانه برنج، سرعت دانه‌بندی، وزن هزار دانه و فتوسنتز خالص را بهبود بخشید (Luo *et al*., 2020).

کاربرد برگی کودهای محتوی اسیدهای آمینه در درختان پسته در فواصل مشخص تاثیر بیشتری روی افزایش عملکرد دارد. به‌نظر می‌رسد اسیدهای آمینه و ترکیبات ارگانیک سرعت خشک شدن قطرات محلول مواد غذایی روی سطح برگ را کاهش می‌دهند که می‌تواند در جذب مواد غذایی نقش داشته باشد. به‌عبارت‌دیگر کاربرد برگی اسیدهای آمینه به صورت بلند مدت موجب تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی می‌شود و آنها را کاربردی‌تر می‌سازد که تاثیر مثبتی بر کیفیت تولید با افزایش مقدار قند و کاهش پیری می‌گذارد. همچنین وقتی اسیدهای آمینه به درختان از طریق کاربرد برگی داده می‌شود درختان می‌توانند انرژی بیشتری ذخیره کنند و مصرف انرژی در گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد(Khajehzadeh *et al*., 2022). درختان زیتون تیمار شده با اسیدهای آمینه آرژینین و اسید هیومیک نیز، بیشترین محتوای پروتئین میوه و بیشترین مقدار کلروفیل را دارا بودند. اسیدهای آمینه دارای نقش ثابت شده به‌عنوان محرک‌های زیستی در گیاهان در مواجهه با تنش‌های زنده و غیرزنده داشته و در افزایش محتوای پروتئین کل گیاهان دخیل هستند (Miri Nargesi, *et al*., 2022).

تغییر در اقلیم ایران از جمله افزایش دما، کاهش بارش، افزایش رفتارهای حدی جوی و اقلیمی، موجب خشکسالی‌های فراگیر، گرد و غبار، سیل‌های مهیب، افزایش نیاز آبی محصولات کشاورزی و کاهش منابع آب در کشور شده است. در واقع افزایش درجه حرارت در سال‌های اخیر موجب تغییر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی درختان میوه شده است و آنها را در معرض مجموعه‌ای از تنش‌های خشکی، شوری، اکسیداتیو و دیگر تنش‌های محیطی قرار داده است و افزایش توانایی انطباق سریع با تغییرات آب و هوایی برای حفظ امنیت غذایی با تکیه بر تولید داخلی از اهمیت زیادی برخوردار است. لازم به ذکر است که در این پژوهش تنشی به صورت مصنوعی اعمال نشد بلکه وضعیت درختان در شرایط واقعی موجود در منطقه بررسی گردید و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و ظرفیت آنتی اکسیدانی جهت بررسی تاثیر کاربرد برگی اورنیتین بر بهبود شرایط و رفع تنش‌های طبیعی موجود اندازه‌گیری شده است.

با وجود جستجوی بسیار در منابع علمی، در رابطه با کاربرد اورنیتین روی درختان میوه گزارشی مشاهده نشد و به نظر می‌رسد گزارش حاضر اولین مورد در این رابطه باشد.

روش شناسی پژوهش

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در باغ پسته راسفیجان واقع در شهر زاویه از توابع شهرستان زرندیه، استان مرکزی (طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۸۵۰ متر)

انجام شد. این آزمایش روی درختان ۱۸ ساله پسته رقم احمد آقایی پیوند شده روی پایه بادامی زرند اجرا شد. آزمایش در دو سال به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (بلوک) با چهار سطح اسید آمینه اورنیتین (سیگما الدریچ- آمریکا) (صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار) انجام گردید و هر تکرار شامل ۲ مشاهده (۲ درخت) بود. اعمال تیمار اورنیتین به صورت محلول‌پاشی برگی روی ۲۴ درخت پسته در ۴ زمان تورم جوانه‌ها (سال اول و دوم به ترتیب ۱۸ و ۱۰ فروردین)، رسیدن سطح برگ‌ها به ۵۰ درصد (سال اول و دوم به ترتیب ۳۰ و ۲۱ فروردین)، رسیدن سطح برگ‌ها به ۷۵ درصد (سال اول و دوم به ترتیب ۷ اردیبهشت و ۲۷ فروردین) و همزمان با شروع اولیه پر نمودن مغز (سال اول و دوم به ترتیب ۴ و ۱ تیر) صورت گرفت. درختان انتخاب شده برای آزمایش از نظر قطر ساقه، سایه‌انداز و سن یکسان بود و هر ۲۵-۲۰ روز یک‌بار باغ به روش مرسوم منطقه (قطره‌ای) آبیاری شد. محلول‌پاشی با اورنیتین، صبح زود با سمپاش ۲۰ لیتری انجام شد، در هر مرحله کل غلظت ذکر شده اعمال گردید و محلول پاشی تا جایی ادامه یافت که تمام برگ‌های درخت خیس شده و قطرات آب چکه می‌کردند. برنامه تغذیه و سایر عملیات باغبانی طبق معمول سال‌های گذشته در باغ به طور یکسان برای تمام درختان انجام شد. نتایج آزمایش خاک باغ پسته مورد مطالعه در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱. آنالیز خاک باغ پسته مورد آزمایش

فسفر قابل استفاده (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل استفاده (پی‌پی‌ام)	ازت کل (درصد)	درصد ماده آلی (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)	پی‌اچ	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس/ متر)	روی (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	آهن (میلی-گرم/کیلوگرم)
۸/۳۷	۱۹۹/۷	۰/۰۴	۰/۳۵	۲۲/۸۵	۷/۷۶	۸/۰۴	۰/۳۶	۲/۷۴	۲/۰۴

ویژگی‌های مورفولوژی و میوه

در مرحله برداشت (۲۰ تا ۳۰ شهریور ماه)، همه‌ی خوشه‌های میوه در درختان مورد آزمایش جمع‌آوری گردید و وزن تر میوه (با پوست سبز قبل از خشک‌شدن) توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس، وزن خشک میوه‌ها (بدون پوسته سبز) پس از خشک‌شدن در آفتاب به مدت سه روز (با توجه به روش مرسوم فرآوری پسته در کشور)، اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری درصد میوه‌های پوک (بدون مغز)، خندان و ناخندان، تعداد ۷ خوشه در هر تکرار از هر تیمار انتخاب و به طور تصادفی ۱۰۰ عدد میوه انتخاب شده تعداد پسته های خندان، ناخندان، پوک، نیم مغز و بد شکل شمرده شد، سپس درصد میوه‌های پوک، خندان و ناخندان تعیین گردید. سطح برگ کل شاخساره های سال جاری با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج لینکلن ساخت آمریکا صورت گرفت. همچنین، طول[1] شاخه‌های سال جاری درختان مورد آزمایش (هشت شاخه از هر درخت) در هر تیمار توسط خط‌کش اندازه‌گیری گردید.

محتوای عناصر معدنی

جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی در برگ و مغز میوه درخت پسته، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و آسیاب شده برگ و میوه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت سه ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شوند. سپس به هر نمونه، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. این عصاره جهت اندازه‌گیری عناصر مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری نیتروژن کل به روش کجلدال (Jones, 1991)، فسفر به روش رنگ‌سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر (Barton,

1- Leaf area meter-LI COR, model Li-1300, Lincoln, NE, USA

1948)، پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، عناصر کلسیم، آهن و روی نیز با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو [1] انجام شد (Pratt & Chapman, 1961).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ و مغز میوه، ۰/۵ گرم از بافت منجمد شده همراه با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار با پی اچ برابر ۷ حاوی ۲ میلی‌مولار ای‌دی‌تی‌ای [2] و پی‌وی‌پی [3] یک درصد به مدت سی ثانیه عصاره‌گیری شد. همگن‌های حاصل با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت بیست دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند. سپس محلول رویی به عنوان عصاره خام آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت. کلیه مراحل عصاره‌گیری در دمای ۴ درجه-سلسیوس انجام شد (Ghanati & Bakhtiarian, 2013).

محتوای پروتئین کل با استفاده از روش برادفورد اندازه گیری شد (Bradford, 1976). بدین منظور میزان جذب ۵۰۰ میکرولیتر از معرف برادفورد به همراه ۴۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی پس از مخلوط شدن کامل بعد از ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۹۵ نانومتر ثبت گردید. غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر با استفاده از منحنی استاندارد سرم آلبومین گاوی [4] محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز [5]، مخلوط واکنش حاوی ۱۰۰ میکرومولار نیتروبلو تترازولیوم [6]، ۱۰ میلی‌مولار متیونین، ۱۰۰ میکرومولار ای‌دی‌تی‌ای و ۳۰ میکرومولار ریبوفلاوین و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیم در ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات سدیم (پی‌اچ=۷/۸) بود. نمونه‌های مخلوط شده به مدت ۳۰ دقیقه در معرض نور قرار داده شدند و سپس میزان جذب آنها درطول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف سنج قرائت شد. از بافر بدون عصاره آنزیمی به عنوان شاهد و از مخلوط واکنش بدون تیمار نوری (نمونه تاریکی) برای صفر کردن دستگاه استفاده گردید. یک واحد فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰ درصدی در احیای نوری نیتروبلو تترازولیوم می‌گردد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به صورت واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Liu *et al*., 2013).

برای اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، مخلوط واکنش حاوی یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (پی‌اچ=۷/۸)، یک میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۰/۲ درصد و یک میلی‌لیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم کاتالاز با اندازه‌گیری کاهش جذب مربوط به مصرف پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم کاتالاز به صورت واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین بیان شد. جهت بلانک نمودن دستگاه طیف سنج از بافر مزبور بدون عصاره آنزیمی استفاده شد (Liu *et al*., 2013).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز [7]، مخلوط واکنش (سه میلی‌لیتر) شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (پی‌اچ=۷)، ۰/۵ میلی‌مولار آسکوربیک اسید، ۰/۱ میلی‌مولار ای‌دی‌تی‌ای، ۱/۲ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و ۲۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر پس از افزودن پراکسید هیدروژن در ۳۰ ثانیه قرائت شد. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به صورت واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Nakano & Asada, 1981).

1- Shimadzu-AA670
2- Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)
3- Polyvinylpyrrolidone (PVP)
4- Bovine Serum Albumin (BSA)
5- Superoxide dismutase (SOD)
6- Nitro blue tetrazolium (NBT)
7- Ascorbate peroxidase (APX)

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

جهت اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۰/۵ گرم نمونه منجمد آسیاب شده و ۲ میلی‌لیتر متانول اسیدی سرد ۱ درصد استفاده شد. محلول حاصل به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ گردید (سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه‌سلسیوس). محلول رویی جهت اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت. تمام مراحل بالا در داخل یخ انجام شد. آنتی‌اکسیدان کل نمونه‌های میوه مورد آزمایش بر اساس واکنش شیمیایی خنثی کنندگی عصاره با رادیکال آزاد ۱و۱ دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازین[1] با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین و به صورت درصد ارائه شد (Brand-Williams *et al.*, 1995). برای این منظور ۲۰۰ میکرو لیتر عصاره به ۸۰۰ میکرولیتر از محلول متانولی ۰/۰۱ میلی‌مولار رادیکال آزاد دی‌پی‌اچ اضافه شد و مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. از نمونه حاوی ۲۰۰ میکرولیتر متانول به همراه ۸۰۰ میکرولیتر محلول رادیکال آزاد به عنوان نمونه کنترل استفاده شد و نتایج با استفاده از رابطه ۱ به صورت درصد بازدارندگی رادیکال دی‌پی‌اچ بیان گردید.

رابطه ۱)

$$\text{ظرفیت آنتی‌اکسیدانی} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}}{\text{جذب شاهد}}$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز داده‌های حاصل از اندازه‌گیری کلیه صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری[2] در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. از آزمون سیمورنوف-کلموگروف برای آزمون نرمال بودن داده‌ها استفاده شد و تمام داده‌ها در حالت نرمال آنالیز شدند.

یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های مورفولوژی درخت و میوه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمار اورنیتین بر کلیه صفات مورفولوژی مطالعه شده درخت پسته رقم احمد آقایی به‌جز درصد پوکی خشک میوه‌هادر سال دوم، در هر دو سال آزمایش آزمایش معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵، جدول ۲). بیشترین وزن تر (به ترتیب ۱۳/۲۱۷ و ۶/۱۶۵ کیلوگرم در هر درخت در سال اول و دوم آزمایش) و خشک (به ترتیب ۴/۶۹۱ و ۲/۱۲۵ کیلوگرم در هر درخت در سال اول و دوم آزمایش) میوه پسته از درختان تیمار شده با اورنیتین ۷/۵ میلی‌مولار به دست آمد که به طور معنی‌داری نسبت به سایر سطوح اورنیتین بیشتر بود (شکل ۱ الف، ۱ ب). طول شاخه سال جاری و سطح برگ کل شاخساره سال جاری درختان پسته مورد آزمایش در اثر کاربرد اورنیتین به طور معنی‌داری افزایش یافتند، طوری که بیشترین طول شاخه سال جاری (به‌ترتیب ۲۱/۱۲ و ۲۱/۲ سانتی‌متر در سال اول و دوم آزمایش) و سطح برگ (به ترتیب ۳۴۳۵/۶۶ و ۳۶۳۴/۵ سانتی‌متر مربع در شاخه سال جاری در سال اول و دوم آزمایش) در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین به‌دست آمد، درحالی‌که کمترین طول شاخه سال جاری و سطح برگ در هر دو سال در تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۱ پ، ۱ ت). درصد خندانی پسته در اثر کاربرد اورنیتین نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت، به طوری که بیشترین درصد خندانی (به ترتیب ۷۹/۹ و ۸۰/۵۸ درصد در سال اول و دوم آزمایش) و ناخندانی (به ترتیب ۱۸/۴ و ۱۷/۹ درصد در سال اول و دوم آزمایش)

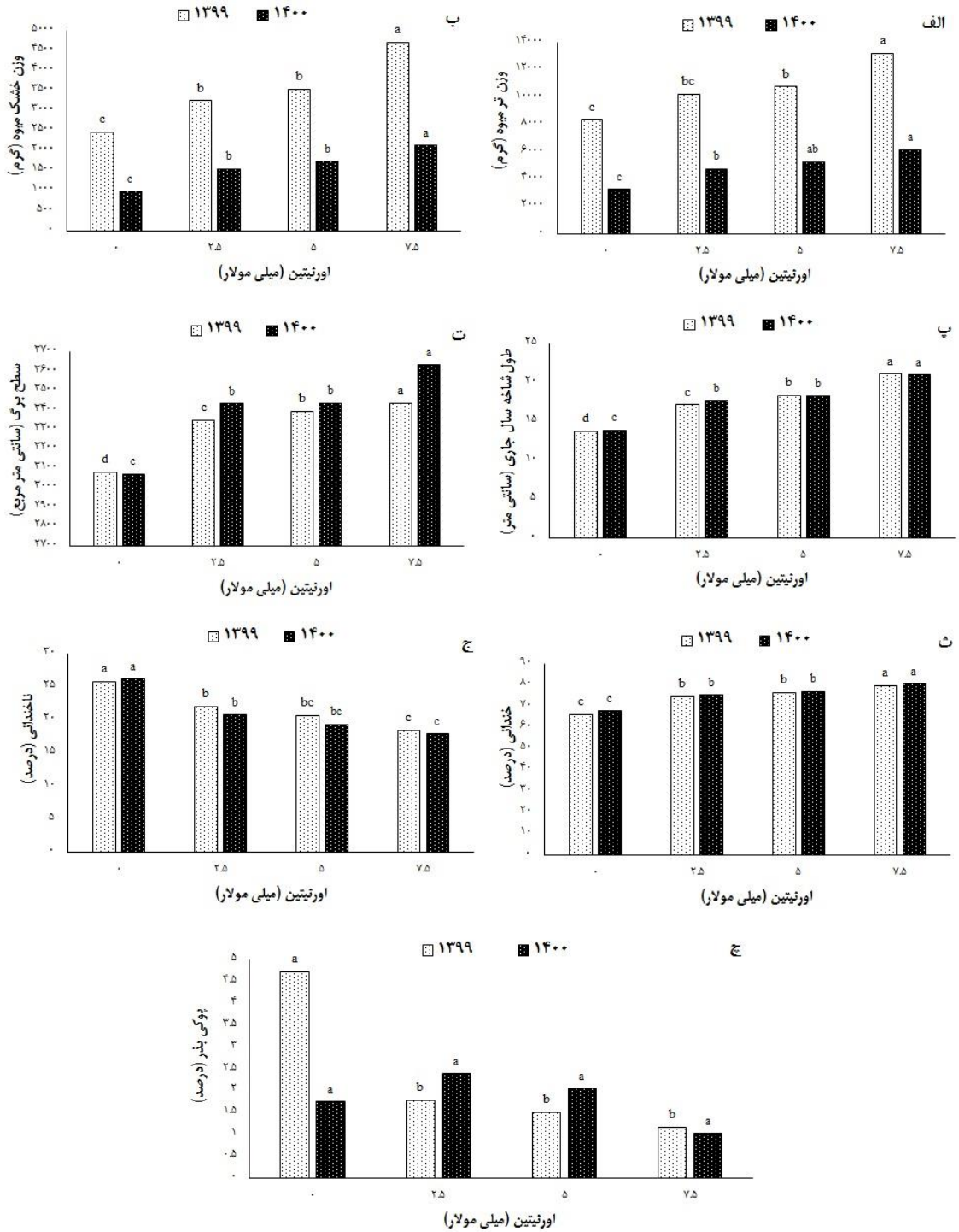
1- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
2- Least Significant Difference (LSD)

به ترتیب در سطوح ۷/۵ و صفر میلی‌مولار اورنیتین به‌دست آمد (شکل ۱ ث، ۱ ج). همچنین، کاربرد اورنیتین درصد پسته‌های پوک را به طور معنی‌داری کاهش داد، به طوری که کمترین (به ترتیب ۱/۱۶ و ۱/۰۲ درصد در سال اول و دوم آزمایش) و بیشترین (به ترتیب ۴/۷۳ و ۱/۷۶ درصد در سال اول و دوم آزمایش) درصد پسته پوک به ترتیب در سطوح ۷/۵ و صفر میلی‌مولار اورنیتین به‌دست آمد (شکل ۱ چ).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد اورنیتین بر صفات مورد مطالعه در برگ و میوه پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش

	سال اول (۱۳۹۹)				سال دوم (۱۴۰۰)			
	میانگین مربعات				میانگین مربعات			
صفات مورد اندازه‌گیری	تکرار درجه آزادی=۵	تیمار درجه‌آزادی=۳	خطا درجه آزادی=۱۵	ضریب‌تغییرات (درصد)	تکرار درجه آزادی=۵	تیمار درجه‌آزادی=۳	خطا درجه‌آزادی=۱۵	ضریب‌تغییرات (درصد)
وزن تر میوه	۳/۰۷	۲۴/۱۲**	۳/۶۳	۱۷/۹۱	۱/۰۹	۸/۹۲**	۰/۷۸/۲۸۱	۱۸/۲
وزن خشک میوه	۰/۱۷	۵/۱۶**	۰/۳۹	۱۷/۹۸	۰/۱۱	۱/۳۴**	۰/۰۷	۱۶/۸۶
طول شاخه	۰/۰۴۶	۵۶/۵۷**	۰/۰۷۵	۱/۵۶	۱/۲۵	۵۱/۷۶**	۲/۲۴	۸/۴۳
سطح برگ	۴۶۱/۶۴	۱۵۴۹۲۹/۱۵**	۲۹۱/۷۵	۰/۵۱	۲۴۹۹/۷۴	۳۳۰۷۰۳/۰۴**	۲۵۶۴/۸۷	۱/۴۹
میوه‌های خندان	۱/۷۶	۱۹۷/۴۳**	۳/۷۲	۲/۶	۸/۷۳	۱۷۶/۵۷**	۳/۷۲	۲/۵۶
میوه‌های ناخندان	۱/۱۰۳	۵۷/۹۸**	۴/۴۱	۹/۶۶	۳/۳۳	۸۰/۷۱**	۲/۷	۷/۷۹
میوه‌های پوک	۰/۲۴۵	۱۶/۲۲**	۰/۲۶۸	۲۲/۵۷	۱/۰۵	۲/۰۷^{ns}	۰/۶۶۴	۴۵/۰۶
N برگ	۰/۰۱۵	۰/۸۶۲**	۰/۰۲۴	۶/۶۵	۰/۱۳۶	۰/۶۱**	۰/۰۴	۸/۶۷
P برگ	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۵	۴/۳۹	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۵	۴/۲۶
K برگ	۰/۰۵۶	۰/۰۴۷^{ns}	۰/۰۳۳	۱۵/۷۷	۰/۰۱	۰/۷۰۸**	۰/۰۳	۱۱/۵۵
Ca برگ	۰/۰۳۱	۲/۱۷**	۰/۰۴۴	۷/۴۵	۰/۰۲۲	۴/۲۹**	۰/۰۳۴	۵/۹۸
Fe برگ	۴۱۴/۴	۴۶۰۰/۱۳**	۳۶۶/۳	۱۵/۴۵	۱۷۰/۱۶	۹۳۷۵/۵۸**	۲۶۸/۳۸	۱۲/۶۸
Zn برگ	۱۹/۲۶	۱۰۵/۶۱**	۹/۹۱	۱۱/۲۷	۸/۷۴	۳۷۰/۷۱**	۶/۵۴	۸/۱۹
N میوه	۰/۰۲۵	۰/۴۸۹**	۰/۰۰۷	۶/۲۵	۰/۰۰۲	۰/۵۳۹**	۰/۰۰۹	۶/۶۱
P میوه	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۵**	۰/۰۰۰۰۵	۲/۹۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۵	۴/۴۸
K میوه	۰/۰۵۴	۰/۰۵۸^{ns}	۰/۰۳۶	۱۸/۰۲	۰/۰۰۳۶	۰/۳۷**	۰/۰۰۸	۷/۳۸
Ca میوه	۰/۰۱۵	۰/۵۹**	۰/۰۱۳	۱۷/۶۷	۰/۰۲۴	۱/۰۵**	۰/۰۱۷	۱۷/۲۹
Fe میوه	۵/۶۷	۱۵/۵۳*	۳/۳۳	۶/۹۲	۱/۵۵	۵۰/۶۴**	۱/۱۷	۳/۹۹
Zn میوه	۲/۲۶	۲۰/۰۶**	۲/۲۶	۸/۴۴	۰/۷۶	۳۰/۲۷**	۱/۲۷	۵/۶۴
APX برگ	۰/۰۰۷	۰/۱۲۵**	۱/۰۱۱	۲۰/۶۹	۰/۰۰۸	۰/۰۹۴**	۱/۰۱۱	۱۹/۷۶
CAT برگ	۰/۱۷۵	۰/۷۴۸**	۰/۱۷۳	۱۷/۶۲	۰/۰۴۹	۰/۹۳۸**	۰/۰۷۲	۲۳/۳۵
SOD برگ	۰/۰۰۷	۰/۰۶۳**	۰/۰۰۶	۱۳/۶۸	۰/۰۸	۰/۰۵۴**	۰/۰۰۲	۱۴/۱۵
APX میوه	۰/۰۴	۰/۰۶۲^{ns}	۰/۰۴۲	۷/۱	۰/۰۵۹	۰/۲۸۴*	۰/۰۵	۱۷/۰۷
CAT میوه	۰/۰۱۴	۰/۱۰۲**	۰/۰۱۴	۲۱/۰۶	۰/۰۱۲	۰/۱۲**	۰/۰۰۷	۱۴/۹۶
SOD میوه	۰/۰۰۳	۰/۰۷۹**	۰/۰۰۳	۱۰/۸۴	۰/۰۰۰۶	۰/۱۳۹**	۰/۰۰۵	۱۳/۵۶
ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه	۶/۱۴	۵۲۵/۵۱**	۱/۹۶	۲/۵۷	۷/۴۴	۱۳۵/۹۷**	۴/۶۱	۳/۶۵

*، ** و ns: به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.



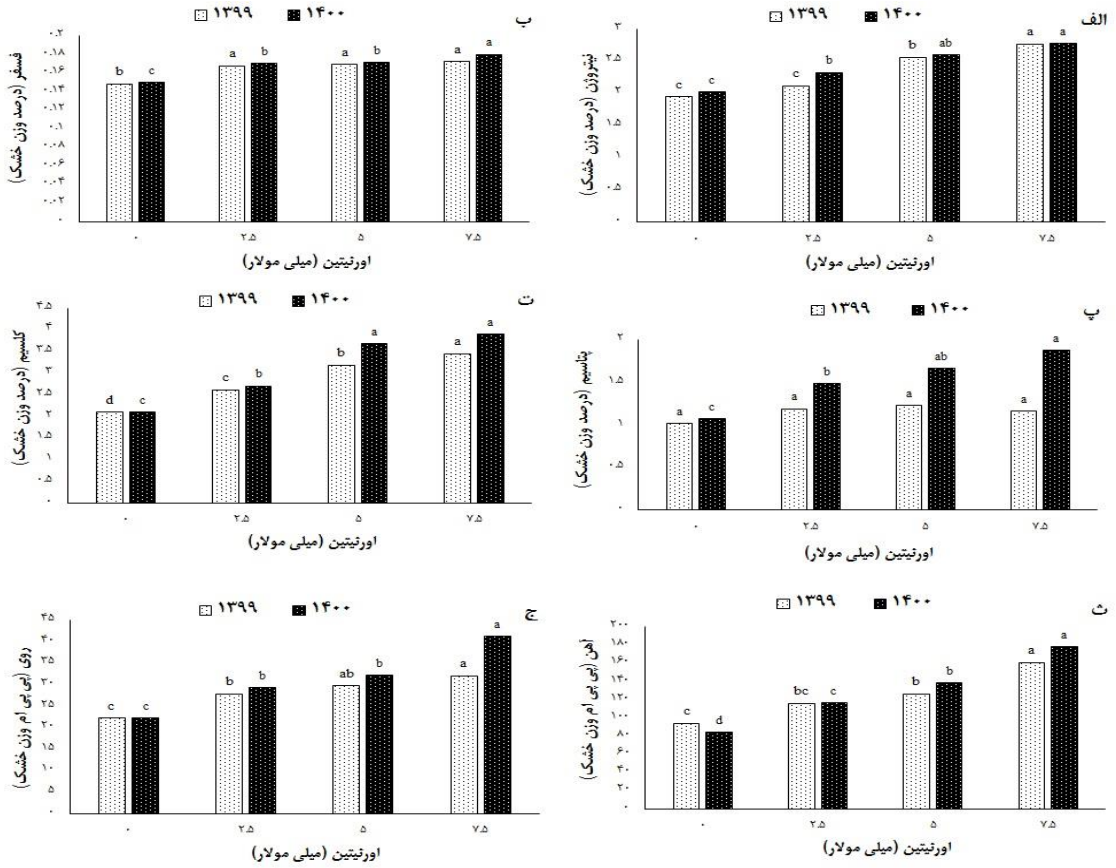
شکل ۱. اثر کاربرد اورنیتین بر صفات مورفولوژی پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش

حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد برای همان سال نشان می‌دهد (منبع: یافته های تحقیق).

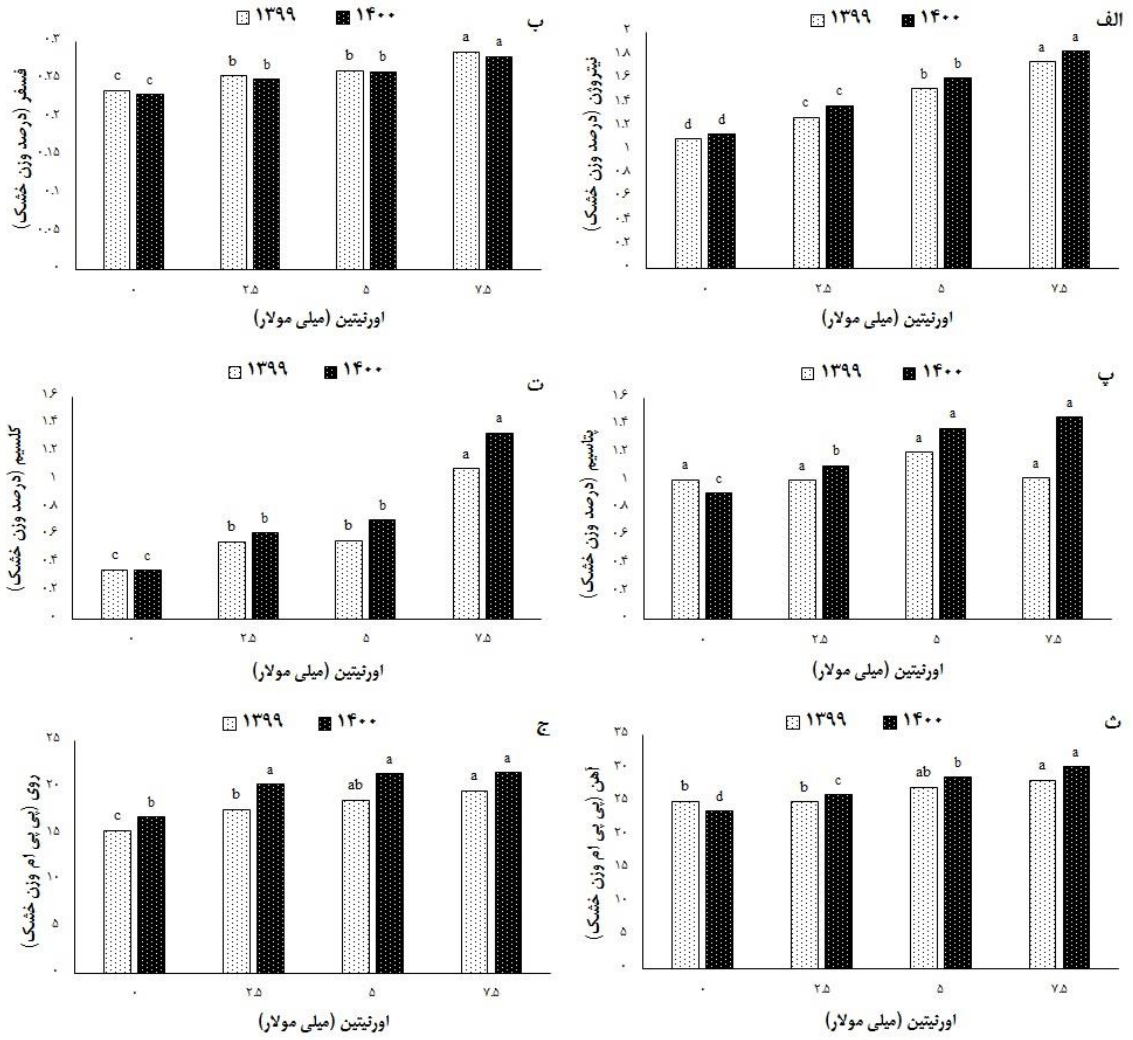
مقدار عناصر معدنی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر محلول‌پاشی اورنیتین، به جز بر میزان پتاسیم برگ و میوه در سال اول آزمایش، بر میزان سایر عناصر معدنی برگ و میوه پسته رقم احمد آقایی در هر دو سال آزمایش افزایش یافته و معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵،

جدول ۱). کمترین مقدار همه عناصر معدنی اندازه‌گیری شده در هر دو سال در نمونه شاهد و بدون اورنیتین مشاهده شد. بیشترین مقدار نیتروژن برگ (به ترتیب ۲/۷۶ و ۲/۷۷ درصد وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب ۱/۷۵ و ۱/۸۴ درصد وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین به‌دست آمد (شکل ۲ الف، شکل ۳ الف). بیشترین مقدار فسفر برگ (به ترتیب ۰/۱۷۲ و ۰/۱۸ درصد وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب ۰/۲۸۵ و ۰/۲۸۰ درصد وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین مشاهده شد، ولی اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۷/۵ میلی‌مولار با سطوح ۵ و ۲/۵ میلی‌مولار تیمار اورنیتین در سال اول آزمایش از نظر فسفر برگ وجود نداشت (شکل ۲ ب، شکل ۳ ب). بیشترین میزان پتاسیم برگ و میوه در سال دوم آزمایش، به ترتیب به میزان ۱/۸۸ و ۱/۴۶ درصد وزن خشک در تیمار ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سطح ۵ میلی‌مولار اورنیتین نداشت (شکل ۲ پ، شکل ۳ پ). بیشترین مقدار کلسیم برگ (به ترتیب ۳/۴۴ و ۳/۸۹ درصد وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۳۴ درصد وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) هم در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین مشاهده شد (شکل ۲ ت، شکل ۳ ت). کاربرد اورنیتین توانست عناصر ریزمغذی برگ و میوه پسته را نیز تحت تأثیر قرار دهد، به طوری که بیشترین مقدار آهن برگ (به ترتیب ۱۶۰/۲۷ و ۱۷۷/۹۸ پی‌پی‌ام وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب ۲۸/۲۵ و ۳۰/۲۴ پی‌پی‌ام وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) (شکل ۲ ث، شکل ۳ ث) و روی برگ (به ترتیب ۳۲ و ۴۱/۱۶ پی‌پی‌ام وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب ۱۹/۶۶ و ۲۱/۶۶ پی‌پی‌ام وزن خشک در سال اول و دوم آزمایش) پسته در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین به دست آمد (شکل ۲ ج، شکل ۳ ج).



شکل ۲. اثر کاربرد اورنیتین بر میزان عناصر معدنی برگ پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش (منبع: یافته های تحقیق)حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد برای همان سال نشان می‌دهد.

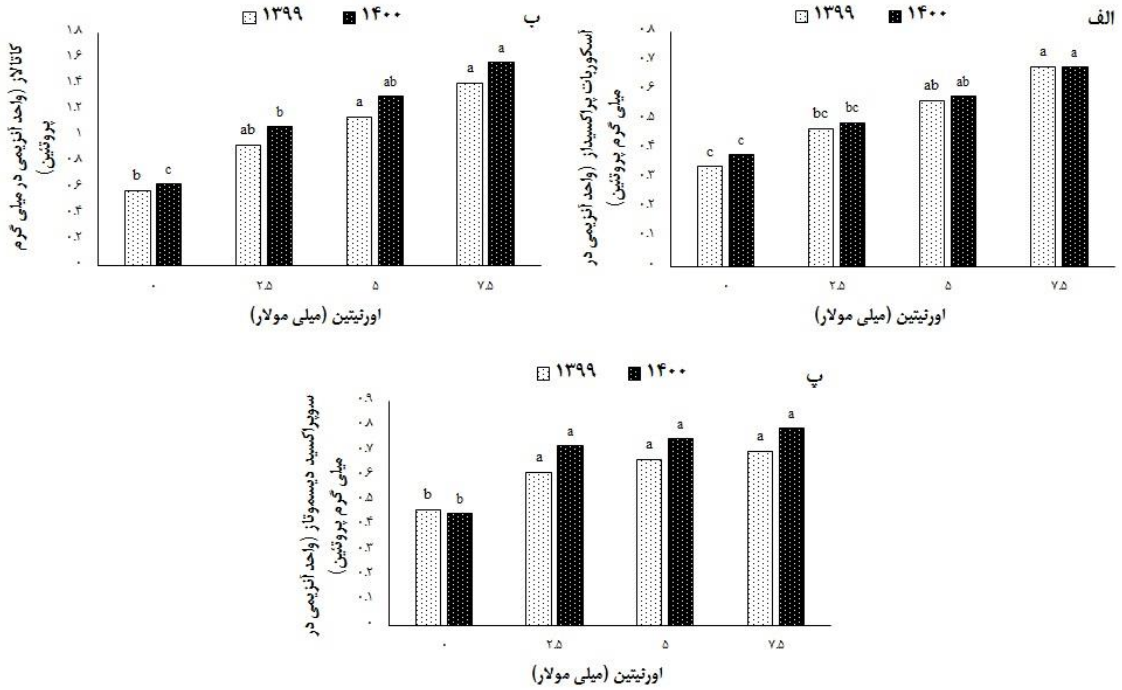


شکل ۳. اثر کاربرد اورنیتین بر میزان عناصر معدنی میوه پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش (منبع: یافته‌های تحقیق).
حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد برای همان سال نشان می‌دهد.

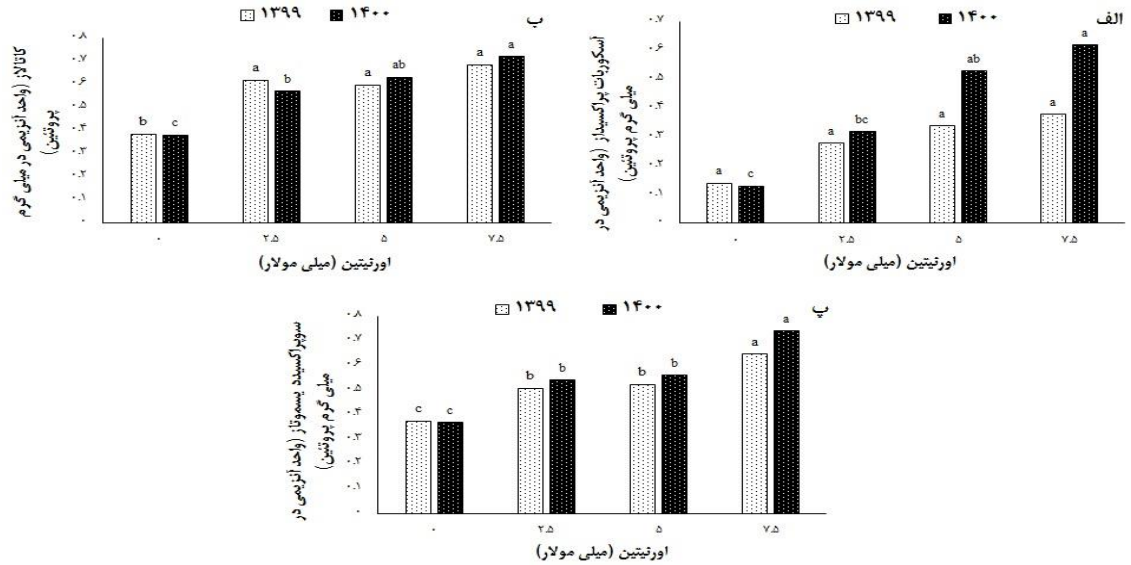
فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

محلول‌پاشی برگی اورنیتین بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ و میوه درخت پسته رقم احمد آقایی به جز فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز میوه در سال اول تاثیر معنی‌دار داشت ($P\leq$۰/۰۵، جدول ۱). کمترین مقدار فعالیت همه آنزیم‌های اندازه-گیری شده در شاهد صفر میلی‌مولار اورنیتین مشاهده شد. بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ (به ترتیب ۰/۶۸۱ و ۰/۶۸۰ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (۰/۶۲ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در سال دوم آزمایش) در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین به دست آمد، ولی اختلاف معنی‌داری با سطح ۵ میلی‌مولار اورنیتین نداشت (شکل ۴ الف، شکل ۵ الف). بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز برگ (به ترتیب ۱/۴۱ و ۱/۵۷ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب ۰/۶۸۵ و ۰/۷۲ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در سال اول و دوم آزمایش) در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین مشاهده شد، در حالی که اختلاف معنی‌داری با سطوح ۲/۵ و ۵ میلی‌مولار اورنیتین در سال اول و سطح ۵ میلی‌مولار اورنیتین در سال دوم نداشت (شکل ۴ ب، شکل ۵ ب). بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برگ (به ترتیب ۰/۶۹۸ و ۰/۷۹ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در سال اول و دوم آزمایش) و میوه (به ترتیب

۰/۶۴۵ و ۰/۷۴ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در سال اول و دوم آزمایش) نیز در سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین مشاهده شد، ولی تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین در هر دو سال آزمایش از نظر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در برگ مشاهده نشد (شکل ۴ پ، شکل ۵ پ).



شکل ۴. اثر کاربرد اورنیتین بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در برگ پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش (منبع: یافته‌های تحقیق).
حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد برای همان سال نشان می‌دهد.

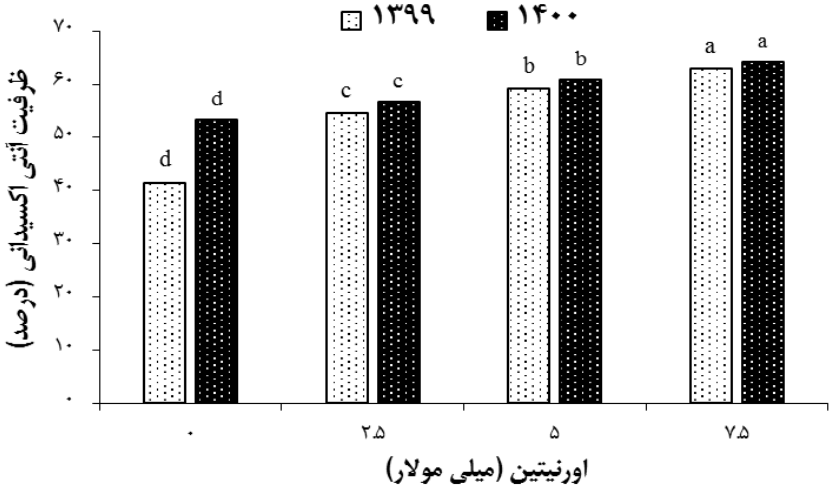


شکل ۵. اثر کاربرد اورنیتین بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در میوه پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش (منبع: یافته‌های تحقیق).

حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد برای همان سال نشان می‌دهد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

محلول‌پاشی برگی اورنیتین بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه پسته تأثیر معنی‌دار داشت (P≤۰/۰۵، جدول ۱). بیشترین (به ترتیب ۶۲/۹۲ و ۶۴/۱۲ درصد در سال اول و دوم آزمایش) و کمترین (به ترتیب ۴۱/۴۷ و ۵۳/۲۵ درصد) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه به ترتیب در نمونه‌های تیمارشده با سطوح ۷/۵ میلی‌مولار و شاهد بدون اورنیتین مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۶. اثر کاربرد اورنیتین بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پسته رقم احمد آقایی در دو سال آزمایش (منبع: یافته‌های تحقیق).
هر عدد میانگین شش تکرار می‌باشد. حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد برای همان سال نشان می‌دهد.

بحث

صفات مورفولوژی

استفاده از اسیدهای آمینه به صورت محلول‌پاشی یک روش رایج برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات باغی در سراسر جهان است (Colla *et al*., 2015). با این حال، اثربخشی اسیدهای آمینه در افزایش عملکرد و کیفیت در درجه اول توسط نوع اسیدهای آمینه و همچنین نوع گیاه و رقم تعیین می‌شود (Mobini *et al*., 2014; Kheir *et al*., 2021). علاوه بر این، اسیدهای آمینه یک محرک زیستی برجسته را تشکیل می‌دهند که بر فعالیت‌های فیزیولوژی به طور مستقیم و غیرمستقیم تاثیر می‌گذارند، در نتیجه عملکرد و بهره‌وری بهبود می‌یابد (Teixeira *et al*., 2018). همچنین، اسیدهای آمینه برای بیوسنتز انواع مواد نیتروژن‌دار غیر پروتئینی مانند کوآنزیم‌ها، رنگدانه‌ها، پورین و ویتامین‌ها مورد نیاز می‌باشند (Kheir *et al*., 2021). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که وزن تر و خشک میوه پسته، سطح برگ و طول شاخه سال جاری در اثر کاربرد اورنیتین افزایش یافت. بر اساس نتایج سایر محققان، این اثر می‌تواند ناشی از افزایش نسبت فتوسنتز خالص درخت در اثر کاربرد اورنیتین باشد که این نیز می‌تواند در اثر افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی مثل کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید باشد، زیرا کارایی فتوسنتز ارتباط نزدیکی با محتوای کلروفیل و شکل و ساختار کلروپلاست دارد و می‌تواند بر فتوسنتز و رشد و نمو گیاه تاثیر گذارد (Lin *et al*., 2018; Luo *et al*., 2018). همچنین، اورنیتین یک تنظیم‌کننده مهم برای بیوسنتز و تجمع گلوتامین در سلول‌هاست و جذب بهینه کربن و نیتروژن را تحقق می‌بخشد که منجر به افزایش زیست‌توده گیاهی می‌شود (Majumdar *et al*., 2013). نتایج مشابهی نیز در مورد تاثیر اورنیتین در گیاه برنج گزارش شده است (Luo *et al*., 2020). تاثیر اورنیتن در افزایش سطح برگ می‌تواند منجر به سنتز بیشتر مواد فتوسنتزی شود، بنابراین در دسترس بودن کربوهیدرات بیشتر برای کاهش ریزش جوانه‌های گل و پوکی پسته و همچنین افزایش میوه‌بندی و خندانی پسته مؤثر خواهد بود. گزارش شده است که انحطاط قسمت‌هایی از تخمدان، به‌ویژه انحطاط فونیکول، اصلی‌ترین دلیل پوکی میوه در پسته است (Shuraki

& Sedgley, 1996)، همچنین بین توسعه مغز و خندانی میوه ارتباط مستقیمی وجود دارد (Ferguson *et al*., 2005). بنابراین، احتمالاً کاهش درصد پوکی پسته در اثر کاربرد اورنیتین ممکن است مربوط به نقش اورنیتین در بهبود رشد و توسعه اندام‌های زایشی و جلوگیری از انحطاط تخمدان باشد. علاوه بر این‌ها، بهبود صفات رویشی در این مطالعه در اثر محلول‌پاشی اورنیتین می‌تواند به نقش آن در تشکیل پلی‌آمین‌ها نیز مربوط باشد (Luo *et al*., 2020). گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها باعث بهبود لقاح و به دنبال آن رشد جنین و میوه می‌شوند (Sayyad-Amin *et al*., 2018). از طرف دیگر، اسیدهای آمینه می‌توانند به عنوان منبع مهم نیتروژن برای گیاهان باشند که موجب افزایش میوه‌بندی و افزایش طول عمر تخمک می‌شود (Tajabadipour *et al*., 2018). گزارش‌های متعددی در مورد تاثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر بهبود رشد و نمو درخت و میوه پسته گزارش شده است. در همین راستا، عملکرد درختان پسته و کیفیت میوه آنها در اثر کاربرد سولفات پتاسیم در ترکیب با اسیدهای آمینه نسبت به کاربرد سولفات پتاسیم به تنهایی بیشتر شده است(Hamze *et al.*, 2018) . محلول‌پاشی اسید آمینه آرژنین نیز بر رشد و پارامترهای فیزیولوژی اندام هوایی، ریزش جوانه‌های میوه و گل و پارامترهای میوه مانند درصد خندانی، دانه‌های پوک و تعداد دانه در هر خوشه درخت پسته مؤثر بوده است (Eslami *et al*., 2019). همچنین، محلول‌پاشی اسید آمینه آرژنین منجر به افزایش طول شاخساره، سطح برگ، تعداد جوانه‌های گل، تعداد دانه‌های موجود در هر خوشه و وزن تر خوشه و کاهش میزان ریزش جوانه‌های گل و پوکی پسته‌ها شده است (Tajabadipour *et al*., 2018)، که نتایج مطالعه حاضر در تطابق با آن است.

مقدار عناصر معدنی

کیفیت و رشد محصولات میوه‌ای بستگی به وضعیت تغذیه گیاه و میزان عناصر برگ‌ها به خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارد (Torres *et al*., 2002). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که محلول‌پاشی اورنیتین محتوای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی را نسبت به شاهد در برگ و میوه درخت پسته بهبود بخشید. این افزایش در محتوای عناصر معدنی و صفات رشد درخت پسته ممکن است ناشی از افزایش هورمون‌های محرک رشد و سطح بالای آمینواسیدها در درختان تیمار شده باشد (Ali & Al-Araji, 2020). همچنین می‌تواند چنین فرض شود که تاثیر اورنیتین بر صفات فیزیولوژی به طور غیرمستقیم ناشی از تغییر غلظت سایر پیش‌ماده‌های رشد مثل اکسین‌ها، اسید آبسیزیک، اتیلن، کربوهیدرات و مواد مغذی باشد (Tajabadipour *et al*., 2018). در تطابق با نتایج حاضر، گزارش شده است که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه توانست محتوای نیتروژن، آهن و روی برگ را در مرکبات افزایش دهد (Khan *et al*., 2022). در درخت زردآلو نیز تیمارهای آمینواسید محتوای مواد معدنی برگ را بهبود بخشید (El-Badawy, 2019). همچنین، محلول‌پاشی درختان سیب با گلیسین و تریپتوفان به طور قابل توجهی ترکیب مواد معدنی برگ (N، P، K، Ca، Fe، Zn، Mn و B) را افزایش داد (Mosa *et al*., 2020). اسیدهای آمینه به‌عنوان فاکتورهای سیگنال‌دهی در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف نقش دارند، مثلا در گیرنده‌های آرابیدوپسیس با اتصالات گلوتامات موجب تنظیم جذب و توسعه ریشه می‌شوند. گزارش شده است که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و رشد بیشتر ریشه با افزودن اسیدهای آمینه می‌تواند تثبیت نیتروژن بیولوژیکی را افزایش دهد که منجر به تولید اوره بیشتر می‌شود (Miller *et al*., 2007). محلول‌پاشی مخلوطی از اسیدهای آمینه در گیاهان موجب افزایش بهره‌وری و تجمع بیشتر جرم ماده خشک، کلروفیل، کربوهیدرات‌ها و پلی‌ساکاریدها شده است (Santi *et al*., 2017). همچنین، اسیدهای آمینه رونویسی ژن‌های دخیل در انتقال نیترات، آمونیوم، فسفات، منیزیم و آهن را افزایش می‌دهند که با در دسترس بودن نیترات بالاتر، افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و وضعیت فیزیولوژیکی خوب گیاه منجر به کاهش سطح استرس می‌شود. بنابراین، احتمالاً اسیدهای آمینه به گیاهان اجازه می‌دهند تا انرژی بیشتری را برای جذب نیتروژن از طریق نیترات ردوکتاز به سمت ریشه هدایت کنند. علاوه بر این نقش اسیدهای آمینه به‌عنوان عوامل سیگنال دهی ممکن است منجر به افزایش فعالیت نیترات‌های واسط شده باشد، زیرا فعال شدن اسیدهای آمینه، فعالیت آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم نیتروژن را افزایش داده و بر ویژگی‌های گلوتامات که در

چندین مسیر متابولیکی گیاهان از جمله سنتز اسیدهای آمینه دیگر مثل آرژینین، پرولین و اسپارتات نقش دارد، تاثیر دارند (Taiz and Zieger, 2010). بنابراین، نتایج این ایده را تقویت می‌کند که استفاده از اسیدهای آمینه مربوط به اثر مستقیم آنها در متابولیسم گیاهان نیست بلکه به دلیل سیگنال‌دهی آنها می‌باشد و بر میزان آنزیم‌هایی که به سمت ریشه رفته و موجب افزایش توسعه یا فعالیت ریشه و افزایش جذب می‌شود تاثیر دارند (Shabala *et al*., 2015). به بیان ساده، اسیدهای آمینه با افزایش سطح برگ و افزایش کلروپلاست‌ها موجب افزایش فتوسنتز و افزایش تولید هیدرات‌های کربن شده و درنتیجه انتقال قند بیشتر به ریشه، موجب گسترش ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک می‌شوند.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

مشخص شده است که اورنیتین نقش مهمی در متابولیسم اسیدهای آمینه پرولین و گلوتامین و همچنین پلی‌آمین‌ها ایفا می‌کند (Elsheery & Cao, 2008). اورنیتین پیش‌ساز پلی‌آمین‌هایی مثل پوتریسن است که در تنظیم رشد و نمو گیاهان ضروری هستند و به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نقش بسزایی در مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده ایفا می‌کنند (Ali *et al*., 2016). در این مطالعه مشاهده شد که محلول‌پاشی اورنیتین موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در برگ و میوه درخت پسته شد. در تطابق با نتایج حاضر، گزارش شده است که کاربرد اورنیتین خارجی به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کمک می‌کند و توانایی آنزیم‌ها را در افزایش مهار گونه‌های فعال اکسیژن بالا می‌برد و موجب بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و پایداری غشای سلولی گیاه هنگام مواجهه با تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Hussein *et al*., 2019). همچنین، گزارش شده است که کاربرد گلوتامیک اسید فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ و میوه درخت انبه را در مقایسه با تیمار شاهد به طور قابل توجهی افزایش داد (Orabi *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی اورنیتین موجب بهبود وزن تر و خشک میوه، سطح برگ کل شاخساره سال جاری و طول شاخه سال جاری درخت پسته رقم احمد آقایی در هر دو سال آزمایش شد. کمترین درصد پسته پوک و ناخندان و بیشترین درصد پسته خندان در درختان تیمار شده با اورنیتین ۷/۵ میلی‌مولار به دست آمد. میزان عناصر معدنی ماکرو و میکرو در اثر محلول‌پاشی اورنیتین در برگ و میوه پسته افزایش یافت و سطح ۷/۵ میلی‌مولار اورنیتین نسبت به سایر سطوح اورنیتین نتایج بهتری ارائه داد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ و میوه پسته و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه پسته نیز در اثر کاربرد اورنیتین به طور قابل توجهی بهبود یافت. به طور کلی کاربرد برگی اورنیتین به عنوان یک ترکیب طبیعی مهم از دیدگاه علمی و اقتصادی، می‌تواند جایگزین مناسبی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی باشد و گامی اساسی به سوی امنیت غذایی و کشاورزی پایدار باشد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی و معاون پژوهشی دانشگاه تهران تشکر می نماییم.

REFERENCES

Ali, S.I., Mohamed, A.A., Sameeh, M.Y., Darwesh, O.M., & Abd El-Razik, T.M. (2016). Gamma-irradiation affects volatile oil constituents, fatty acid composition and antimicrobial activity of Fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds extract. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7 (1), 524-532.

Ali, T. J. M., & AL-Araji, F. F. N. (2020). Effect of seaweed extract and cytokinin (CPPU) spraying on growth of lemon (*Citrus limon* L.) seedling budded on sour orange. *Plant Archives*, 20(1), 1099-1104.

Bao, G., Ashraf, U., Wang, C., He, L., Wei, X., Zheng, A, Mo, Z., & Tang, X. (2018). Molecular basis for increased 2-acetyl-1-pyrroline contents under alternate wetting and drying (AWD) conditions in fragrant rice. *Plant Physiology and Biochemistry*, 133, 149-157.

Barand, A., Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, K., & Moradi, M. (2020). The effects of foliar application of melatonin on some physiological and biochemical characteristics and expression of fatty acid desaturase gene in pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.) under freezing stress. *Journal of Plant Interactions*, *15*(1), 257-265.

Barton, C. J. (1948). Photometric analysis of phosphate rock. *Analytical Chemistry*, *20*(11), 1068-1073.

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.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, *28*(1), 25-30.

Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38.

El-Badawy, H. E. M. (2019). Effect of spraying amino acids and micronutrients as well as their combination on growth, yield, fruit quality and mineral content of 'Canino' apricot trees. *Journal of Plant Production*, *10*(2), 125-132.

Elsheery, N. I., & Cao, K. F. (2008). Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, *30*(6), 769-777.

Eslami, M., Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, K., Khezri, M., & Oloumi, H. (2019). Effect of exogenous application of l-arginine and sodium nitroprusside on fruit abscission and physiological disorders of pistachio (*Pistacia vera* L.) Scions. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 6(1), 51-62.

FAOSTAT(2023). https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity.

Ferguson, L., Beede, R.H., Freeman, M.W., Haviland, D.R., Holtz, B.A., & Kallsen, C.E. (2005) Pistachio Production Manual (4th ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, California. 252 P.

Ghanati, F. & Bakhtiarian, S. (2013). Changes of natural compounds of *Artemisia annua* L. by methyl jasmonate and silver nanoparticles. *Advances in environmental Biol*ogy. 7, 2251–2258.

Ghaseminasab Parizi, M., Ahmadi, A., & Mazloomi, S. M. (2016). A review on pistachio: Its composition and benefits regarding the prevention or treatment of diseases. *Journal of Econometrics*, 4(1), 57-69.

Goli, A.H., Barzegar, M., & Sahari, M.A. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*, 92(3), 521-525.

Hamze, M. R., Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari, H., & Baninasab, B. (2018). The effects of foliar applied potassium in the mineral form and complexed with amino acids on pistachio nut yield and quality. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(10), 1432-1445.

Hounsome, N., Hounsome, B., Tomos, D., & Edwards-Jones, G. (2008). Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science*, 73(4), 48-65.

Hussein, H.A.A., Mekki, B.B., Abd El-Sadek, M. E., & El Lateef, E. E. (2019). Effect of L-ornithine application on improving drought tolerance in sugar beet plants. *Heliyon*, 5(10), e02631.

Jones, J. B. (1991). *Kjeldahl method for nitrogen determination*. Micro-Macro Pub.: Athens, GA, pp 79.

Kalamaki, M.S., Merkouropoulos, G., & Kanellis, A.K. (2009). Can ornithine accumulation modulate abiotic stress tolerance in *Arabidopsis*? *Plant Signaling & Behavior*,4 (11), 1099-1101.

Khajehzadeh, M. A., Kashefi, B., Afshari, H., & Alipour, Z. T. (2022). Evaluation of application of the asparagine and glutamine amino acids on improving the biochemical properties and yield under drought sterss conditions on pistachio. *Journal of Nuts*, 13(1), 11-30

Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B. N., Wang, H., & Jiang, W. (2019). Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. *Agronomy*, 9(5), 266-276.

Khan, A. S., Munir, M., Shaheen, T., Tassawar, T., Rafiq, M. A., Ali, S., & Malik, A. U. (2022). Supplemental foliar applied mixture of amino acids and seaweed extract improved vegetative growth, yield and quality of citrus fruit. *Scientia Horticulturae*, 296, 110903.

Kheir, A., Ding, Z., Gawish, M. S., Abou El Ghit, H. M., Hashim, T. A., Ali, E. F., & El-Gioushy, S. F. (2021). The exogenous application of micro-nutrient elements and amino acids improved the yield, nutritional status and quality of mango in arid regions. *Plants*, 10(10), 2057.

Lin, W., Guo, X., Pan, X., & Li, Z. (2018). Chlorophyll composition, chlorophyll fluorescence, and grain yield change in *esl* mutant rice. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 2945.

Liu, J., Wu, Y. C., Kan, J., Wang, Y., & Jin, C. H. (2013). Changes in reactive oxygen species production and antioxidant enzyme activity of *Agaricus bisporus* harvested at different stages of maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9), 2201-2206.

Luo, H. W., Du, B., Zheng, A. X., Lai, R. F., You, Z. S., Wang, M., & Tang, X. R. (2018). Flooding treatment restrains volunteer rice germination and seedling growth. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16, 7231-7242.

Luo, H. W., Xing, P. P., Liu, J. H., Lai, R. F., He, L. X., Zhang, T. T., & Tang, X. R. (2020). Application of ornithine-induced regulation in yield formation, grain quality and aroma of fragrant rice. *Cereal Research Communications*, 48, 485-492.

Majumdar, R., Shao, L., Minocha, R., Long, S., & Minocha, S. C. (2013). Ornithine: The overlooked molecule in the regulation of polyamine metabolism. *Plant and Cell Physiology*, 54(6), 990-1004.

Mannino, G., Gentile, C., & Maffei, M. E. (2019). Chemical partitioning and DNA fingerprinting of some pistachio (*Pistacia vera* L.) varieties of different geographical origin. *Phytochemistry*, 160, 40-47.

Miller, A.J., Fan, X., Shen, Q. & Smith, S.J. (2007). Amino acids and nitrate as signals for the regulation of nitrogen acquisition. *Journal of Experimental Botany*, 59, 111-119.

Miri Nargesi, M., Sedaghathoor, 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, 3473–3481.

Mobini, M., Khoshgoftarmanesh, A. H., & Ghasemi, S. (2014). The effect of partial replacement of nitrate with arginine, histidine, and a mixture of amino acids extracted from blood powder on yield and nitrate accumulation in onion bulb. *Scientia Horticulturae, 176,* 232-237.

Mosa, W. F., Ali, H. M., & Abdelsalam, N. R. (2020). The utilization of tryptophan and glycine amino acids as safe alternatives to chemical fertilizers in apple orchards. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1983-1991.

Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22(5), 867-880.

Orabi, S. A., Hussein, M. M., Abd El-Motty, E. Z., & El-Faham, S. Y. (2018). Effect of alpha-tochopherol and glutamic acid on total phenols, antioxidant activity, yield and fruit properties of mango trees. *Sciences*, 8(04), 1229-1239.

Pourahmadi, E., Mohamadkhani, A., Roshandel, P., Rohi, V., & Khademi, O. (2019). Amelioration of physiological disorders in pistachio nuts by organic manure and gypsum. *Scientia Horticulturae*, 248, 225-230.

Pratt, P., & Chapman, H. (1961). Gains and losses of mineral elements in an irrigated soil during a 20-year lysimeter investigation. *Hilgardia*, 30(16), 445-467.

Santi, C., Zeno, A., Varanini, Z., & Pandolfini, T. (2017). Growth stimulatory effects and genome-wide transcriptional changes produced by protein hydrolysates in maize seedlings. *Frontiers in Plant Science*, *8*, *433*.

Sayyad-Amin, P., Davarynejad, G., & Abedy, B. (2018). The effect of polyamines and SICS on the compatibility, fertility and yield indices of apple cv. Golden Delicious. *Advences in Horticultural Science*, 32, 213-219.

Shabala, S., White, R. G., Djordjevic, M. A., Ruan, Y. L., & Mathesius, U. (2015). Root-to-shoot signalling: integration of diverse molecules, pathways and functions. Functional Plant Biology, 43(2), 87-104.

Shuraki, Y. D., & Sedgley, M. (1996). Fruit development of *Pistacia vera* (Anacardiaceae) in relation to embryo abortion and abnormalities at maturity. *Australian Journal of Botany*, 44(1), 35-45.

Taiz, L. & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*, Sinauer Associates.

Tajabadipour, A., Fattahi Moghaddam, M. R., Zamani, Z., Nasibi, F., & Hokmabadi, H. (2018). Foliar application of arginine improves vegetative and reproductive characteristics of bearing pistachio trees. *Journal of Nuts*, 9(1), 31-47.

Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Soares, J. N., Reichardt, K., & Neto, D. D. (2018). Seed and foliar application of amino acids improve variables of nitrogen metabolism and productivity in soybean crop. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 396.

Torres, M. D., Hermoso, J. M., & Farré, J. M. (2002). Influence of nitrogen and calcium fertilization on productivity and fruit quality of the mango cv. Sensation. *Acta Horticuturae* 645, 395-401.