Plant Production Technology/ Volume 26/ Issu 1/ Pages 1-13/ Spring and Summer 2026
https://doi.org/10.22084/ppt.2026.31948.2176

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Effect of Foliar Application of Amino Acid on the Growth Traits and Phytochemical Composition of Periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) Medicinal Plant in Greenhouse Conditions

Kaviani[1*], M., Chaichi [2], M. and Sarikhani[3], H.

1. Assistant professor, Department of Horticultural Science, Sayyed Jamaleddin Asadabadi University, Asadabad, Iran
2. Assistant professor, Department of Seed and Plant Improvement Research, Agriculture and Natural Resources Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.
3. Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
*: Corresponding Author Email: kaviani@sjau.ac.ir

Received: 2025/11/21 Accepted: 2026/02/07

Background and Objectives
Periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) is a valuable medicinal plant from the Apocynaceae family, that contains a wide range of secondary metabolites with diverse applications in the pharmaceutical industry.The content of vincristine and vinblastine economically important metabolite is more important than the yield of the plant Researchers have been paying close attention to these alkaloids because of their high price but low presence in the plant. Biostimulants enriched with amino acids have been widely applied to various vegetable crops, demonstrating significant enhancements in nutrient utilization, overall yield, and the quality of the produce.
Nitrogen is the most essential element needed by the plant, which is involved in all the vital processes of plants. Therefore, the use of nitrogen fertilizers for plant production with optimal yield and quantitative and qualitative characteristics is essential. amino acids play a crucial role in enhancing plant nutrient availability and uptake, thereby improving physiological functions and contributing to overall crop quality and yield. Nitrogen availability plays a crucial role in the vegetative growth of plants and has a significant impact on the accumulation of alkaloids in their leaves and roots.
Higher contents of phenols and antioxidants activity in biostimulant amino acid-treated plants can be attributed partially to the indigenous positive effect of amino acids in plant processes. Amino acids are precursors of wide range metabolism secondary metabolites and is tightly link to protein, hormone, and carbohydrate synthesis.

Methodology
The study aimed at investigating the influence of amino acid on the growth traits and phytochemical composition of periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) medicinal plant in Greenhouse Conditions. It utilized a complete randomized design (CRD) with three replications during one consecutive growing season, 2024, in Medicinal herbs garden of Agriculture Research and Training Center, Hamadan. The experiment included five varying level of amino acid including 0, 2.5, 3, 3.5, 4 g^{-L} applied via foliar spraying.
The aerial parts and roots were collected during the blooming period (mid-September). Morphological traits, such as plant height (from the crown to the tip of the main stem) and root length, were measured using a ruler in each replication, and then averaged. The number of flowers and fully grown leaves on each plant was tallied until the end of the growth cycle. To ascertain the fresh and dry weight of the above-ground portions, the plants were severed from the soil surface and weighed using a digital scale. Subsequently, the plants underwent a 48-hour drying process in an oven set at 70 degrees Celsius. Once their weight had reached a stable point, they were weighed again. Also the investigated, physiological and phytochemical traits included leaf chlorophyll, flavonoid, total phenol, antioxidant activity and tryptophan amino acid in the leaves of this plant.

Results
The effect of amino acid on the number of flowers and leaves, root and stem length, fresh and dry weight, chlorophyll a, b and chlorophyll content, phenol, flavonoid, and leaf antioxidant activity (DPPH) was significant ($p < 0.01$). With increasing levels of amino acid, the amount of all traits increased. The findings demonstrated that the amino acid treatment (3.5 g^{-L}) yielded the highest average count of flowers and leaves, stem and root length, fresh and dry weight of the entire plant, chlorophyll a, antioxidant activity, leaf flavonoids and tryptophan amino acid. The largest quantity of chlorophyll b, total chlorophyll, leaf phenol were associated with the (4 g^{-L}) treatment. Conversely, the control treatment displayed the lowest results. The mean comparison of the treatments showed that the highest number of flowers (8.50) and leaves (63.80), stem length (18.97 cm) and root length (12.98 cm), fresh weight (16.91 g) and total dry weight of the plant (3.36 g), antioxidant activity (48.21% DPPH SC),total flavonoid content (0.561 mg DW^{-1}) and tryptophan amino acid (0.56 mg DW^{-1}) were observed at the level of 3.5 g^{-L} of amino acid.

Conclusion
Overall, applying (3.5 g_{-L}) of amino acid showed the most significant effect on the growth traits and phytochemical composition of periwinkle medicinal plant in Greenhouse Conditions. Based on the results obtained, it can be concluded that the continuous application of amino acid as an organic fertilizer had a positive effect on the growth traits and phytochemical composition of periwinkle. This study's results suggest that applying amino acid biostimulants to leaves enhances periwinkle yields and holds significant promise for cultivating premium periwinkles with enhanced attributes, notably elevated levels of total phenolics, flavonoids, and antioxidant capacity.

Keywords: Antioxidant, Flavonoid, foliar application, Photosynthetic pigments.

Citations: Kaviani, M., Chaichi, M. and Sarikhani, H. (2026). Effect of Foliar Application of Amino Acid on the growth traits and phytochemical composition of periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) medicinal plant in Greenhouse Conditions. *Plant Production Technology*, 26(1), 1-13.
https://doi.org/10.22084/ppt.2026.31948.2176

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و ششم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱-۱۳/ بهار و تابستان ۱۴۰۵
https://doi.org/10.22084/ppt.2026.31948.2176

تأثیر محلول‌پاشی اسید آمینه بر صفات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) در شرایط گلخانه‌ای

Effect of Foliar Application of Amino Acid on the Growth Traits and Phytochemical Composition of Periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) Medicinal Plant in Greenhouse Conditions

مریم کاویانی[۱]، مهرداد چائی‌چی[۲] و حسن ساریخانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸
(مقاله پژوهشی)

چکیده

پروانش با نام علمی (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) یکی از گیاهان دارویی ارزشمند از خانواده Apocynaceae است که حاوی متابولیت‌های ثانویه متنوع با کاربردهای گسترده در صنایع دارویی است. به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی برگی بر صفات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی این گیاه، آزمایش گلخانه‌ای در باغ گیاهان دارویی همدان در سال ۱۴۰۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمار اسیدآمینه (Biozar Amino Acid 50%) در پنج سطح ۰، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ٤ گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی برگی و در سه تکرار اعمال شد. اثر اسیدآمینه بر تعداد گل و برگ، طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک کل گیاه، کلروفیل a، b وکلروفیل‌کل، فنل‌کل، فلانوئیدکل، فعالیت آنتی‌کسیدانی (DPPH) برگ و اسیدآمینه تریپتوفان معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۱$). با افزایش سطح آمینواسید مقدار همه صفات افزایش یافت. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد گل در گیاه (۸/۵۰) و برگ (٦۳/۸۰)، طول ساقه (۱۸/۹۷ سانتی‌متر) و ریشه (۱۲/۹۸ سانتی‌متر)، وزن تر(۱٦/۹۱ گرم) و خشک کل گیاه (۳/۳٦ گرم)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٤۸/۲۱٪) ، فلانوئید کل (۰/٥٦۱ میلی‌گرم در وزن خشک برگ) و اسیدآمینه تریپتوفان (۰/٥٦ میلی‌گرم در وزن خشک برگ) در سطح (۳/٥ گرم در لیتر) اسیدآمینه بود. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که کاربرد اسید آمینه به‌عنوان کود آلی تأثیر مثبت بر خصوصیات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه پروانش داشت.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محلول‌پاشی.

ارجاع به مقاله: کاویانی، م.، چائی‌چی، م.، ساریخانی، ح. (۱٤۰٥). تأثیر محلول‌پاشی اسید آمینه بر صفات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه دارویی پروانش(*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) در شرایط گلخانه‌ای، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲٦(۱)، ۱-۱۳.
https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.31948.2176/

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲٤۷٦-٥٦٥۱ **شاپا چاپی:** ۲٤۷٦-٦۳۲۱

۱. استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشگاه سیدجمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.
۲. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۳. استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.
*: نویسنده مسئول Email: kaviani@sjau.ac.ir

۱. مقدمه

گیاهان دارویی و معطر به‌سبب دارا بودن طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات فنولیک، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها، و همچنین خواص درمانی برای انسان، ارزش اقتصادی و تجاری بالایی دارند (Sun and Shahrajabian, 2023). گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus* (L.) G. DON) از خانواده Apocynaceae، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تولید آلکالوئیدهای ایندولی–ترپنوئیدی نظیر وین‌بلاستین و وین‌کریستین شناخته می‌شود. این ترکیبات دارویی در درمان بیماری‌هایی چون برخی از انواع سرطان‌ها، دیابت، فشار خون و عوارض التهابی نقش مؤثر دارند (Almagro *et al.*, 2015). بنابراین، توسعه راهکارهایی برای افزایش زیست‌توده و بهبود تولید ترکیبات ثانویه در این گیاه ضروری است.

پروانش برای رشد مطلوب و تولید انبوه آلکالوئیدها نیاز اساسی به نیتروژن دارد. نیتروژن از طریق افزایش سنتز کلروفیل و پروتئین، تنظیم مسیرهای بیوشیمیایی و فعال‌سازی آنزیم‌های مرتبط با ساخت آلکالوئیدها، نقش کلیدی در بهبود عملکرد و کیفیت متابولیکی این گیاه ایفا می‌کند (Rani *et al.*, 2023). با این حال، به‌دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی و سلامت مصرف‌کنندگان در ارتباط با مصرف بالای کودهای شیمیایی، توجه به استفاده از مکمل‌های طبیعی و زیست‌سازگار مانند اسیدهای آمینه افزایش یافته است. اسیدهای آمینه به‌عنوان واحدهای سازنده پروتئین، نقش محوری در تنظیم رشد، فتوسنتز، جذب و انتقال عناصر غذایی، سنتز رنگیزه‌ها و تحمل تنش‌های غیرزیستی دارند (Abdelkader *et al.*, 2023). این ترکیبات همچنین پیش‌ساز برخی از هورمون‌های رشد بوده و از طریق تشکیل کمپلکس با عناصر معدنی، کارایی تغذیه‌ای گیاه را افزایش می‌دهند (Teixeira *et al.*, 2018). اسیدهای آمینه پس از محلول‌پاشی برگی، عمدتاً از طریق نواحی آبدوست و دارای بار منفیِ کوتیکول جذب شده و سپس وارد پارانشیم برگ می‌شوند؛ در ادامه، این ترکیبات با مشارکت در مسیرهای متابولیکی و فیزیولوژیکی مختلف، فرایندهای رشد و تولید متابولیت‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Stiegler *et al.*, 2013).

بررسی‌های متعدد نشان داده‌اند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تریپتوفان، فنیل آلانین، آرژنین، گلوتامین و پرولین، موجب افزایش کلروفیل، بهبود سنتز پروتئین، افزایش رشد رویشی، بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ارتقای عملکرد زیستی در گیاهان دارویی، زراعی و سبزیجات می‌شود (Abd El-Aziz Ramzan *et al.*, 2023; Haghparvar *et al.*, *et al.*, 2009; 2023). تأثیر سودمند اسیدهای آمینه در گیاهان مختلفی از جمله توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa Duch.*) (Bidaki *et al.*, 2018)، کلم بروکلی (*Brassica oleracea var. italica*) (Shekari and Javanmardi, 2017)، سویا (*Glycine max* L.) (Teixeira *et al.*, 2017)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Jahanbani *et al.*, 2024) و عروسک پشت‌پرده (*Physalis alkekengi* L.) (Rabiei *et al.*, 2024) گزارش شده است.

به‌ویژه، اسیدهای آمینه آروماتیک مانند فنیل‌آلانین و تیروزین در تحریک مسیر فنیل‌پروپانوئید، افزایش تولید فنل‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات معطر نقش مهمی دارند و اثرات برجسته‌ای بر افزایش کیفیت متابولیتی گیاهان دارویی نشان داده‌اند (Khalifa *et al.*, 2020; Reham *et al.*, 2016; Noviyanti *et al.*, 2017). گزارش‌ها نشان می‌دهند که کاربرد اسیدهای آمینه در بسیاری از گیاهان موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ارتقای رنگیزه‌های فتوسنتزی، و افزایش مقادیر ترکیبات دارویی ارزشمند شده است (Shafie *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2022).

آلکالوئیدهای ایندولی ترپنوئیدی گروه مهمی از آلکالوئیدها می‌باشند که از اسیدآمینه تریپتوفان مشتق شده‌اند (El-Sayed and Verpoorte, 2007). تریپتوفان یکی از آمینو اسیدهای ضروری در گیاهان است و پیش‌ساز آلکالوئیدهای ایندولی در پروانش به شمار می‌آید. این آمینو اسید توسط آنزیم تریپتوفان دکربوکسیلاز (TDC) به تریپتامین تبدیل می‌شود که فراهم کننده شاخه ایندولی در این آلکالوئیدها است (Oudin et al., 2007). تریپتوفان در گیاهان نه‌تنها از اجزای ضروری جهت سنتز پروتئین است، بلکه به‌عنوان پیـــش‌ساز بیوسنتزی برای تولیـــد طیف گســترده‌ای از متابولیت‌های ثانـــویه گیاهان مهم می‌باشد (Galili and Tzin, 2010). به‌طورکلی کاربرد آمینواسیدها به‌عنوان استفاده در تغذیه بسیار مهم است. از آن–جایی‌که اسیدهای آمینه پیش ماده بسیاری از ترکیبات مهم دارویی هستند و سوی دیگر خشت سازمانی پروتئین‌ها و آنزیم‌ها محسوب می‌شوند، از این‌رو افزایش این ترکیب

می‌تواند نقش اساسی در فرایندهای فیزولوژیک و بیولوژیک داشته باشد (Rezakhaniand Hadi, 2017). برای مطالعه متابولسیم و تجمع آلکالوئیدها از استراژی‌های مختلفی استفاده می‌شود که یک روش کارآمد آن غلظت پیش‌سازها می‌باشد (Roy, 2017).

با وجود مطالعات گسترده پیرامون نقش نیتروژن و اسیدهای آمینه در رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه بسیاری از گیاهان دارویی، اطلاعات موجود درباره تأثیر این ترکیبات بر گیاه پروانش محدود است. اغلب پژوهش‌ها بر گیاهان زراعی یا گونه‌های معطر تمرکز داشته‌اند و شواهد کمی درباره اثر دقیق محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (Biozar Amino Acid 50%) بر شاخص‌های رشدی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و ترکیبات فیتوشیمیایی پروانش در شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای وجود دارد.

با توجه به اهمیت اقتصادی و دارویی ترکیبات حاصل از گیاه پروانش و تقاضای روبه‌افزایش صنایع دارویی، توسعه روش‌های سالم، مؤثر و سازگار با محیط‌زیست برای بهبود عملکرد و کیفیت این گیاه ضروری است. از این‌رو، استفاده از اسیدهای آمینه می‌تواند رویکردی کارآمد در تقویت رشد، افزایش سنتز متابولیت‌های دارویی و بهبود کیفیت فیتوشیمیایی این گیاه باشد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی برگی اسیدهای آمینه بر صفات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه دارویی پروانش در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۴۰۳ در باغ گیاهان دارویی ابن‌سینا واقع در شهرستان همدان و همچنین در آزمایشگاه پارک علم و فناوری همدان، تحت شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای انجام شد. دمای محیط گلخانه در طول روز ۱±۲۸ درجه سانتی‌گراد و در شب ۱±۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم و کنترل گردید. آزمایش به‌صورت گلدانی اجرا شد. بذرهای گیاه پروانش رقم صورتی F1، تهیه‌شده از شرکت(USA) Ball Horticultural ، در اوایل فروردین‌ماه در سینی نشا حاوی بستر کشت پیت و کوکوپیت با نسبت ۱:۱ کشت شدند. نشاها در اواخر اردیبهشت و در مرحله چهار تا شش برگی به گلدان‌های سطلی شماره ۷ حاوی مخلوط خاک زراعی، پیت و ماسه با نسبت ۲:۱:۲ منتقل گردیدند. کود اسیدآمینه مورد استفاده، به‌صورت پودری، از شرکت بیوزر (BIOZAR Co) تهیه شد و ترکیبات آن در (جدول ۱)ارائه شده است.

Table 1: Amino acid fertilizer compounds (BIOZAR Co)

Total Amino Acid	50.39%
Water solubility	99.7%
Arsenic (as AS203)	complies
Serine	6.43%
Histidine	0.39%
Losson drying	0.56%
PH Value	5.3
Heavy Metals (aspb)	complies
Asparetic Acid	4.13%
Glutamic Acid	5.76%
Glycine	5.60%
Arginine	3.61%
Threonine	2.62%
Alanine.	2.88%
Proline	7.27%
Tyrosine	0.44%
Valine	3.82%
Methionine	0.18%
Cystine	0.45%
Isoleucine	1.72%
Leucine	1.72%
Phenylalanine	2.02%
Lysine	0.75%
Tryptophan ESS	0.04%
Nitrogen (NH3)	20.1%
Organic Matter	80.3%

تیمار آزمایشی شامل آمینواسید در پنج سطح شامل ٤، ٣/٥، ٣، ٢/٥ ، ٠ گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی پس از ٣ روز از انتقال نشاء به گلدان در دو مرحله به فاصله ١٠ روز، در سه تکرار (هر تکرار ٦ گلدان) و در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. پیش از کشت گیاه از ترکیب خاک گلدان نمونه‌برداری انجام گرفت و برخی از ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک به روش استاندارد(Estefan *et al.*, 2013) اندازه‌گیری شد (جدول ٢).

Table 2: Physical and chemical characteristics of the soil used before culture

Texture	CCE	Clay	Silt	Sand	N (total)	Organic matter	K (available)	P (available)	EC	pH
-		----------g 100g^{-1}----------					---- mg kg^{-1}----		dS m^{-1}	–
Loam	13.5	21.8	32.9	45.3	0.092	1.18	197	10.02	3.85	7.31

٢-١. اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی

ابتدا در مرحله گلدهی (اوایل شهریورماه)، اندام‌های هوایی و ریشه گیاه پروانش برداشت شدند. ارتفاع بوته (از محل طوقه تا انتهای ساقه اصلی) و طول ریشه برای هر تکرار با استفاده از خط‌کش و برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد. در پایان دوره رشد، تعداد برگ و تعداد گل هر بوته شمارش گردید. برای تعیین وزن تر و خشک اندام هوایی، بوته‌ها از سطح خاک قطع و وزن تر آن‌ها با ترازوی دیجیتال ثبت شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ٧٠ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از رسیدن به وزن ثابت، وزن خشک اندازه‌گیری شد (Rady, 2019). اندازه گیری درصد فراکسیون وزنی برگ گیاه از نسبت وزن خشک برگ بر وزن خشک گیاه به‌دست آمد (Lambers *et al.*,2008).

٢-٢- اندازه‌گیری کلروفیل برگ

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل، مقدار ٠/٥ گرم از نمونه تازه برگ در هاون چینی همراه با نیتروژن مایع آسیاب شد. سپس ١ میلی‌لیتر استون ٨٠٪ به نمونه افزوده و مخلوط به‌مدت ١٠ ثانیه ورتکس شد. نمونه‌ها به‌مدت ١٠ دقیقه با سرعت ٦٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. فاز شفاف حاوی کلروفیل جدا و با استون ٨٠٪ به میزان ١٠ برابر رقیق گردید. جذب محلول با اسپکتروفتومتر Perkin Elmer Lambda 25 UV/Visدر طول‌موج‌های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر قرائت شد. محتوای کلروفیل براساس فرمول‌های Lichtenthaler and Buschmann (2001) محاسبه شد (رابطه‌های ١ تا ٣):

(رابطه ١) کلروفیل a =[(١٢/٧×٦٦٣ جذب نانومتر)-(٢/٦٩× ٦٤٥ جذب نانومتر)] میلی‌لیتر استون/میلی‌گرم بافت برگ

(رابطه ٢) کلروفیل b =[(٢٢/٩×٦٤٥ جذب نانومتر)-(٤/٦٨× ٦٦٣ جذب نانومتر)] میلی‌لیتر استون/میلی‌گرم بافت برگ

(رابطه٣) کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

٢-٣- اندازه‌گیری مقدار فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

مقدار فلانوئید با استفاده از روش کلریدآلومینیوم بر حسب میلی‌گرم درگرم وزن خشک (Chang *et al.*, 2002) اندازه‌گیری شد. مقدار فنل کل با استفاده از روش (Singleton *et al.*, 1999) محاسبه شد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها از روش DPPH[1] (Hatano *et al.*, 1988) اندازه‌گیری شد.

٢-٣-١- تهیه عصاره

برای استخراج عصاره، ٠/٥ گرم از بافت خشک برگ به‌صورت پودر درآمده و همراه با نیتروژن مایع و ٥ میلی‌لیتر متانول اسیدی ٨٥٪ آسیاب شد. نمونه به‌مدت سه ساعت در تاریکی قرار گرفت و سپس به‌مدت ١٠ دقیقه با سرعت ١٠,٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز فوقانی جمع‌آوری و تا زمان انجام سنجش‌های فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نگه‌داری گردید.

1. 2,2-Diphenyl-Picryl-Hydrazyl

۲-۳-۲- سنجش فنل کل

برای تعیین فنل کل، ۷۰ میکرولیتر از عصاره با ۱۳۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو ۱۰٪ مخلوط و به‌مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی نگه‌داری شد. سپس ۸۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۷.۵٪ به نمونه افزوده شد. نمونه‌ها در صورت نیاز با متانول اسیدی رقیق شدند. جذب نوری نمونه‌ها در طول‌موج ۷۲۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر Perkin Elmer Lambda 25 UV/Visقرائت شد. محتوای فنل کل بر اساس منحنی استاندارد اسید گالیک (Y = 0.0186x – 0.0331) محاسبه شد.

۲-۳-۳- سنجش فلاونوئید کل

برای تعیین مقدار فلاونوئید کل، ۵۰ میکرولیتر از عصاره با ۱۸۰۰ میکرولیتر اتانول ۳۰٪، ۷۵ میکرولیتر سدیم‌نیتریت ۰/۵ نرمال و ۷۵ میکرولیتر آلومینیوم کلراید ۰/۳ نرمال مخلوط شد. پس از ۵ دقیقه در دمای اتاق، ۵۰۰ میکرولیتر سدیم‌هیدروکسید ۱ نرمال به نمونه افزوده شد. جذب نمونه‌ها پس از ۱۵ دقیقه در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار فلاونوئید با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین (Y = 0.0006x + 0.3407) محاسبه گردید.

۲-۳-۴- سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

برای سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ۱ میلی‌لیتر محلول DPPH به عصاره اضافه شد. جذب نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در تاریکی و دمای اتاق، در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH از رابطه زیر محاسبه شد (Hatano *et al.*, 1988):

(رابطه ٤) فعالیت آنتی‌اکسیدانی= (جذب کنترل- جذب نمونه)/ جذب کنترل)× ۱۰۰

۲-٤- اندازه‌گیری غلظت اسیدآمینه تریپتوفان

غلظت اسیدآمینه تریپتوفان در برگ گیاه پروانش با استفاده از روش رنگ سنجی مبتنی بر واکنش اکسیداسیون و دستگاه اسپکتروفتومتر Perkin Elmer Lambda 25 UV/Vis با روش (Hosokawa *et al.*, 2023) اندازه‌گیری شد. برای این منظور ابتدا ۰/۵ گرم از پودر شده برگ خشک شده گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک ۰/۱ نرمال جهت استخراج تریپتوفان حل شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و از محلول شفاف به‌عنوان عصاره استفاده شد. جهت انجام واکنش رنگ سنجی، مقدار ۱ میلی‌لیتر از عصاره نمونه را با ۱ میلی‌لیتر منوسدیم گلوتامات و ۰/۵ میلی‌لیتر سدیم هیپوکلریت پنتاهیدرات مخلوط و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد تا کمپلکس قرمز-بنفش تشکیل شود. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۲۵ نانومتر قرائت شد. غلظت تریپتوفان با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم تریپتوفان در گرم وزن خشک برگ گزارش شد. غلظت اسیدآمینه تریپتوفان با استفاده از منحنی استاندارد تریپتوفان (Y = 0.0098x + 0.0021) محاسبه گردید.

۲-۵- تجزیه‌وتحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/٤) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

۳. نتایج

ویژگی‌های رشدی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار اسیدآمینه تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تمامی صفات مورفولوژیک شامل وزن تر گیاه، وزن خشک گیاه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ و تعداد گل داشت ولی بر فراکسیون برگ تاثیر معنی دار نداشت (جدول ۳). مطابق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤)، افزایش غلظت اسیدآمینه باعث بهبود معنی‌دار بسیاری از شاخص‌های رشد شد. بالاترین مقدار وزن تر (۱۶/۹۱ گرم)، وزن خشک (۳/۳۶ گرم)، طول ساقه(۱۸/۹۷ سانتی‌متر)، طول ریشه (۱۲/۹۸ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۶۳/۸۰ عدد) و تعداد گل (۸/۵۰ عدد) گیاه در تیمار ۳/۵ گرم در لیتر اسیدآمینه مشاهده شد. این تیمار به‌طور معنی‌داری از شاهد و غلظت‌های پایین‌تر برتر بود. اگرچه تیمار ٤ گرم در لیتر نیز مقادیر نسبتاً بالایی را نشان داد، اما در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری با تیمار ۳/۵ گرم نداشت

و در برخی موارد کمی کمتر بود. در مقابل، شاهد (بدون اسیدآمینه) کمترین مقادیر تمام صفات رشد را نشان داد.

Table 3: Analysis of variance for effect of amino acid treatment on morphological traits of periwinkle (*Catharanthus roseus)*

Source of variation	Degrees of freedom	Mean of squares								
		Plant fresh weight	Plant dry weight	Leaf fresh weight	Leaf dry weight	Leaf mass fraction	Stem length	Root length	Leaf number	Flower number
Amino acid	4	10.85**	0.53**	3.86**	0.23**	0.23ns	9.76**	6.72**	85.73**	5.64**
Error	10	0.18	0.007	0.11	0.005	1.75	0.09	0.13	8.16	0.408
Coefficient of variation (%)	-	2.91	3.03	3.59	3.76	1.98	1.76	3.18	4.98	9.70

ns, * and ** represent non-significant differences, significance at the 5% level, and significance at the 1% level, respectively

Table 4: Mean comparison for effect of amino acid treatment on morphological traits of periwinkle (*Catharanthus roseus)*.

Amino acid	Plant fresh weight (g)	Plant dry weight (g)	Leaf fresh weight	Leaf dry weight	Leaf mass fraction	Stem length (cm)	Root length (cm)	Leaf number (per plant)	Flower number (per plant)
0	12.12d	2.30d	7.94c	1.54c	67.059a	14.33c	9.30d	49.64c	4.96c
2.5	13.70c	2.73c	8.85bc	1.82b	66.565a	16.96b	10.46c	55.10bc	5.65bc
3	15.34b	3.10b	9.99ab	2.08ab	67.075a	17.55b	11.44b	57.94ab	6.58bc
3.5	16.91a	3.36a	10.72a	2.23a	66.470a	18.97a	12.98a	63.80a	8.50a
4	15.96ab	3.20ab	10.27a	2.14a	66.886a	18.42a	12.49a	60.167ab	7.20ab

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$)

ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، کاربرد اسیدآمینه تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر محتوای کل فنل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل a ، کلروفیل b و کلروفیل کل و اسیدآمینه تریپتوفان شد. همچنین ضرایب تغییرات پایین (کمتر از ٦ درصد) نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌ها از صحت و تکرارپذیری بالایی برخوردار بوده‌اند. بالاترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل، مقدار فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و اسیدآمینه تریپتوفان در تیمار ۳/۵ گرم در لیتر مشاهده شد. محتوای کل فنل نیز با افزایش غلظت اسیدآمینه روند افزایشی نشان داد؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ٤ گرم در لیتر ثبت شد، که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۳/۵ گرم نداشت. شاهد در تمامی پارامترهای فیزیولوژیک، به‌ویژه کلروفیل کل و فلاونوئید، کمترین مقادیر را نشان داد و اختلاف معنی‌دار آن با سایر تیمارها کاملاً مشهود بود.

Table 5: Analysis of variance for effect of amino acid treatment on physiological and biochemical traits of Periwinkle *Catharanthus roseus*

Source of variation	Degrees of freedom	Mean of squares						
		Total Chlorophyll	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total phenol	Flavonoid	Antioxidant	Tryptophan
Amino acid	4	2039.35**	505.45**	909.82**	0.008**	712.20**	149.36**	0.34**
Error	10	22.20	11.41	27.68	0.0001	32.66	4.50	0.0009
Coefficient of variation (%)	-	2.56	3.61	5.81	0.88	15.18	5.43	7.16

ns, * and ** represent non-significant differences, significance at the 5% level, and significance at the 1% level, respectively

Table 6: Mean comparison for effect of amino acid treatment on physiological and biochemical traits of periwinkle (*Catharanthus roseus*)

Amino acid	Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	Total phenol (mg g^{-1} DW)	Flavonoid (mg g^{-1} DW)	Antioxidant (% DPPH SC)	Tryptophan (mg g^{-1} DW)
0	1.498^{d}	0.713^{c}	0.785^{c}	0.365^{c}	0.198^{d}	31.94^{b}	0.28^{d}
2.5	1.728^{c}	0.930^{b}	0.798^{c}	0.368^{bc}	0.266^{cd}	33.77^{b}	0.35^{cd}
3	1.806^{c}	1.003^{ab}	0.883^{c}	0.371^{abc}	0.356^{bc}	36.63^{b}	0.45^{bc}
3.5	1.980^{b}	1.034^{a}	0.946^{b}	0.375^{ab}	0.561^{a}	48.21^{a}	0.56^{a}
4	2.189^{a}	0.995^{ab}	1.194^{a}	0.379^{a}	0.502^{ab}	44.62^{a}	0.47^{ab}

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$)

٤. بحث

کاربرد ترکیبات حاوی اسیدهای آمینه به‌صورت محلول‌پاشی یا افزودن به بستر رشد، در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از مؤثرترین رویکردهای بهبود رشد گیاهان معرفی شده است. این ترکیبات از طریق افزایش کارایی جذب نیتروژن، بهبود سنتز پروتئین و تنظیم فرایندهای متابولیکی، سبب ارتقای رشد گیاه، افزایش عملکرد، بهبود کیفیت محصول و تقویت مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه و ترکیبات فنلی موجود در محرک‌های زیستی، علاوه‌بر تنظیم واکنش‌های اکسیداسیون ـ کاهش و افزایش ظرفیت فتوسنتزی برگ، می‌توانند اثرات سوء عناصر سمی را کاهش داده و فعالیت‌های ضدقارچی را نیز تقویت کنند (Sun *et al*., 2024). این ویژگی‌ها نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی سنگین دارند (Henderson *et al*., 2025).

نتایج این پژوهش نیز تأییدکننده نقش مثبت اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد گیاه دارویی پروانش است. نتایج صفات مورفولوژیکی نشان داد که محلول‌پاشی اسیدآمینه در سطح ۳/۵ گرم در لیتر، بیشترین اثر را بر وزن تر و خشک، طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ و تعداد گل داشت؛ به‌طوری‌که مقدار این صفات نسبت به شاهد، بین ۱/۳ تا ۱/۷ برابر افزایش یافت (جدول ۵). افزایش ۱/٤ برابری وزن تر و خشک گیاه در تیمار ۳/۵ گرم در لیتر نشان‌دهنده بهبود رشد رویشی و کارایی متابولیکی تحت تأثیر دریافت اسیدآمینه است. این نتایج با یافته‌های پیروش و همکاران (Pirvash *et al*., 2021) در گیاه سرخارگل هم‌راستا است. همچنین خان و همکاران (Khan *et al*., 2012) گزارش کردند که افزایش کلروفیل ناشی از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه، سرعت فتوسنتز را بهبود بخشیده و در نهایت موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

در خصوص مکانیسم‌های فیزیولوژیک، افزایش رشد گیاه ممکن است ناشی از فراهم‌بودن پیش‌سازهای سنتز پروتئین، کاهش نیاز گیاه به مصرف انرژی برای تولید اسیدهای آمینه درون‌زاد و همچنین تحریک تقسیم و توسعه سلولی باشد. این موضوع با نتایج Wassel و همکاران (۲۰۱۵) که افزایش تعداد گل و عملکرد میوه در انار پس از کاربرد اسیدآمینه را گزارش کردند، همسو است.

مطابق با نتایج فیزیولوژیک این پژوهش، میانگین کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در تیمارهای اسیدآمینه به‌طور میانگین ۱/۵ برابر افزایش یافت (جدول ٦). این نتایج با نتایج Haghparvarو همکاران (۲۰۲۳) در گل جعفری آفریقایی مطابقت دارد؛ آن‌ها افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، وزن‌تر و ماده خشک گل، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را گزارش کردند. همچنین افزایش طول ریشه و ساقه (حدود ۱/۳ برابر)، تعداد برگ (۱/۲ برابر) و تعداد گل (۱/۷ برابر) در این پژوهش، مطابق با یافته‌های Rabiei و همکاران (۲۰۲٤) در گیاه عروسک پشت پرده است. عراقی اردبیلی و همکاران (Oraghi Ardebili *et al*., 2011) نیز نشان دادند که کاربرد برگی اسیدآمینه سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز در جعفری می‌شود که تأییدکننده نقش اسیدهای آمینه در تحریک مسیرهای بیوسنتزی و متابولیکی است.

از سوی دیگر، نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی اسیدآمینه موجب افزایش معنی‌دار ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه پروانش شد. مقدار فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل به‌ترتیب ۲/۸۵، ۱/۵ و ۱/۰۳ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ٦). این افزایش را می‌توان به تحریک مسیر

فنیل‌پروپانوئید و افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در سنتز ترکیبات فنلی نسبت داد. نتایج حاضر با یافته‌های(Jalili Moghadam *et al.*, 2019) در انار که افزایش فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را پس از محلول‌پاشی اسیدآمینه گزارش کرده‌اند، مطابقت کامل دارد. همچنین یافته‌های(Al-Karaki and Othman, 2023) در کاهوی آیسبرگ و (Khazaei and Sayari, 2015) در فلفل شیرین نیز نشان می‌دهد که اسیدهای آمینه نقش مهمی در تحریک تولید ترکیبات زیست‌فعال و متابولیت‌های ثانویه دارند.

همچنین نتایج این پژوهش نیز تأییدکننده نقش مثبت اسیدهای‌آمینه بر مقدار اسیدآمینه تریپتوفان گیاه دارویی پروانش است. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسیدآمینه در سطح ۳/۵ گرم در لیتر، بیشترین اثر را بر مقدار اسیدآمینه تریپتوفان داشت؛ به‌طوری‌که مقدار این صفت نسبت به شاهد، ۲ برابر افزایش یافت (جدول ٦). طاها و همکاران (Taha *et al.*, 2009) از تریپتوفان به صورت افشانه برگی در غلظت‌های در گیاه پروانش استفاده نمودند. در مطالعه‌ای که توسط (Withmer *et al.*, 2002) صورت گرفت که افزودن تریپتوفان، محتوای تریپتامین را افزایش می‌دهد که در نهایت موجب افزایش در محتوای آلکالوئیدهای ایندولی می‌شود. آلکالوئیدهای ایندول، آلکالوئیدهایی هستند که از ترکیبات تریپتوفان ساخته می‌شوند (Roy, 2017) و محصولات حاوی نیتروژن هستند که از یک بخش ایندولی مشتق شده از اسیدآمینه تریپتوفان، و یک بخش ترپنوئید مشتق شده از سکولوگانین ساخته شده است که منبع اصلی این ترکیبات گیاه پروانش است (Moore *et al.*, 1967). ارزیابی ترکیبات نیتروژن‌دار که از آن جهت مهم است که چندین متابولیت ثانویه مانند آلکالوئیدها را تولید می‌کنند که از مواد حیاتی موجود در گیاه پروانش هستند. در این راستا چندین آمینو اسید مانند تریپتوفان، فنیل آلانین، تیروزین و لیزین به بیوسنتز آلکالوئیدها کمک می‌کنند (Hu *et al.*, 2017). به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر تأکید می‌کند که اسیدهای آمینه نه‌تنها موجب بهبود رشد رویشی و فتوسنتز می‌شوند، بلکه از طریق القای سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمیایی، کیفیت فیزیولوژیکی و دارویی گیاه پروانش را نیز ارتقا می‌دهند. به نظر می‌رسد تیمار ۳/۵ گرم در لیتر اسیدآمینه، غلظت بهینه برای دستیابی به بیشترین بازده رشد و کیفیت در شرایط این آزمایش باشد.

۵. نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی برگی اسیدهای آمینه تأثیر قابل‌توجهی بر بهبود رشد و افزایش محتوای ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه دارویی پروانش دارد. در میان تیمارهای مورد بررسی، غلظت ۳/۵ گرم در لیتر بیشترین اثر را بر شاخص‌های رشد رویشی شامل طول ساقه و ریشه، تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته و همچنین بیشترین افزایش را در سطوح کلروفیل، فنل کل، فلاونوئید،ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و اسیدآمینه تریپتوفان بر جای گذاشت. افزایش معنی‌دار این صفات بیانگر آن است که اسیدهای آمینه می‌توانند از طریق بهبود راندمان فتوسنتزی، تحریک سنتز پروتئین‌ها و افزایش فعالیت آنزیمی، شرایط متابولیکی مطلوب‌تری را برای رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه فراهم کنند. به طور کلی، یافته‌های این مطالعه تأیید می‌کند که اسیدهای آمینه به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای آلی، قادرند ضمن افزایش توان فیزیولوژیک گیاه، موجب ارتقای عملکرد کمی و کیفی پروانش شوند. افزون بر این، استفاده از چنین نهاده‌هایی به‌دلیل ماهیت زیست‌سازگار، می‌تواند در کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی و تقویت پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی نقش مؤثری ایفا کند. بر این اساس، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه به‌ویژه در غلظت ۳/۵ گرم در لیتر، به‌عنوان یک راهبرد تغذیه‌ای مؤثر، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای افزایش تولید زیست‌توده و بهبود محتوای ترکیبات دارویی با ارزش در گیاه پروانش توصیه می‌شود. با این وجود، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، اثر دفعات محلول‌پاشی، مراحل دقیق فنلوژیک، و ماهیت انواع مختلف اسیدهای آمینه نیز موردبررسی قرار گیرد تا توصیه‌های کاربردی دقیق‌تر ارائه شود.

منابع

Abd El-Aziz, N. G., Mahgoub, M. H. and Mazher, A. A. (2009). Physiological effect of phenylalanine and tryptophan on the growth and chemical constituents of *Antirrhinum majus* plants. *Ozean Journal of Applied Science,* 2(4): 399-407.

Abdelkader, M., Voronina, L., Baratova, L., Shelepova, O., Zargar, M., Puchkov, M. and Arinov, B. (2023). Biostimulants-based amino acids augment physio-biochemical responses and promote salinity tolerance of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.). *Horticulturae*, 9(7): 807. https://doi.org/10.3390/horticulturae9070807

Al-Karaki, G. N. and Othman, Y. (2023). Effect of foliar application of amino acid biostimulants on growth, macronutrient, total phenol contents and antioxidant activity of soilless grown lettuce cultivars. *South African Journal of Botany*, 154, 225-231. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.034

Almagro, L., Fernández-Pérez, F. and Pedreño, M. A. (2015). Indole alkaloids from *Catharanthus roseus*: bioproduction and their effect on human health. *Molecules*, 20(2): 2973-3000. https://doi.org/10.3390/molecules20022973

Bidaki, S. and Tehranifar, A. (2018). Post-harvest shelf-life extension of fruits of two strawberry (*Fragaria× ananassa Duch*.) cultivars with amino acids application in soilless culture system. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 9(2): 1-10. https://doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.1

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 10(3). https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748

El-Sayed, M. and Verpoorte, R.(2007). Catharanthus terpenoid indole alkaloids: *biosynthesis and regulation.* Reviews; 6: 277-305.

Estefan, G., Sommer, R., and Ryan, J., (2013). Methods of soil, plant, and water analysis. *A manual for the West Asia and North Africa region*. 3(2). https://doi.org/10.1186/s42269-019-0067-0

Haghparvar, F. R., Hashemabadi, D. and Kaviani, B. (2023). The effect of foliar application of amino acids on some nutritional properties, antioxidant capacity and some other physiologic parameters of African marigold (*Tagetes erecta* L.), Taishan 'Yellow'and 'Orange'. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 22(1): 107-124. https://doi.org/10.24326/asphc.2023.4580

Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T. and Okuda, T. (1988). Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 36(6): 2090-2097. https://doi.org/10.1248/cpb.36.2090

Henderson, B. C., Sanderson, J. M. and Fowles, A. (2025). A review of the foliar application of individual amino acids as biostimulants in plants. *Discover Agriculture*, 3(1): 69. https://doi.org/10.1007/s44279-025- 00222-7.

Hosokawa, S., Morinishi, T., Ohara, K., Yamaguchi, K., Tada, S. and Tokuhara, Y. (2023). A spectrophotometric method for the determination of tryptophan following oxidation by the addition of sodium hypochlorite pentahydrate PLoS ONE, 18(1), e0279547. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0279547

Hu, W., Coomer, TD., Loka, DA., Oosterhuis, DM. and Zhou, Z.(2017). Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. *Plant physiological* chemistry; 115:408-417.

Jahanbani, S., Mumivand, H., Zahedi, B. and Argento, S. (2024). Foliar Application of Urea and Amino Acids Regulates Growth, Photosynthesis, Pigments, Antioxidant Activity, and the Essential Oil Content and Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agronomy*, 14(12): 2950. https://doi.org/10.3390/agronomy14122950

Jalili Moghadam, Z. J., Kalantari, S., Estahbanati, A. H. and Garrido, D. V. (2019). Effect of Amino acids and Pepton foliar applications on quality and storage life of *pomegranate* fruit cv. Malas-e-Save. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3), 527-537. https://doi.org/ 10.22059/ijhs.2018.261060.1465

Khalifa, Y. A., El-Naem, A., Gamal, F. and Mahmoud, M. A. (2020). Effect of tryptophan and ascorbic acid on yield and some chemical constituents of lupine *(Lupines termis* L.) plants. *Egyptian Journal of Agronomy*, 42(1), 47-61.

Khan, A. S., Ahmad, B., Jaskani, M. J., Ahmad, R. and Malik, A. U. (2012). Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(3): 383-388.

Khazaei, Z., and Sayari, M. (2015). Effect of 5 Aminololic acid leaf application on growth and some physiologic factors and sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) function in drought stress conditions. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28 (5): 952-961. https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4762.1172

Lambers, H., Chapin III, F. S. and Pons, T. L. (2008). *Plant physiological ecology*. *Springer Science and Business Media*.

Lichtenthaler, H. K. and Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 1(1): F4-3. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01

Moore, MR., Williams, and DJ., Chia J.(1967). Factor affecting concentrations of dimethylated indole alkylamines in *phalaris tuberosa* L. *Journal Biologist Science.*; 20:1131-40.

Noviyanti, R., Sari, R. L. K., Kristanti, A. N., Yachya, A. and Manuhara, Y. S. W. (2017). Biomass and flavonoid production of *Gynura* procumbens adventitious roots induced by sucrose, phenylalanine and tyrosine. *Bioscience Research*, 14(4): 934-941. https://www.researchgate.net/publication/322558300

Oraghi Ardebili, Z., Laden Moghadam, AS. R. and Moradi, M. (2011). Effect of Leaf Seedling on Selenium and Amino Acid on Parsley. Garmsar Azad University. Garmsar master's Thesis.

Oudin, A., Courtois, M., Rideau, M. and Clastre M.(2007). The pathway in *Catharanthus roseus* alkaloid biosynthesis. *Phytochemistry Reviews*; 6 (2): 259-76.

Pirvash, A., Sheikh-Mohseni, M. and Nejadhabibvash, F. (2021). Morphological characteristics and total phenol concentration in hydroalcoholic extract of *Echinacea purpurea* L. influenced by different nitrogen sources. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(3): 457-474. https://doi: 10.22092/ijmapr.2021.353236.2936

Rabiei, V., Akbari, A. and Barzegar, T. (2024). The effect of low temperature on fruit yield, quality and antioxidant properties of *physalis* under foliar spray of amino acids and selenium. *Journal of Plant Production Research*, 31(3): 43-65. https://doi: 10.22069/jopp.2023.21517.3060

Rady, M. R. (2019). Plant biotechnology and milk thistle. In Plant Biotechnology and Medicinal Plants: Periwinkle, Milk Thistle and Foxglove Cham: *Springer International Publishing*. 97-147.

Ramzan, T., Shahbaz, M., Maqsood, M. F., Zulfiqar, U., Saman, R. U., Lili, N. and Haider, F. U. (2023). Phenylalanine supply alleviates the drought stress in mustard *(Brassica campestris*) by modulating plant growth, photosynthesis, and antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry*, 201, 107828:https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107828

Rani, V., Kumar, V., Meena, R., Jain, S. K. and Birla, D. (2023). Impact of Nitrogen Levels on the Growth and Medicinal Properties of Periwinkle *(Catharanthus roseus)* in an Inceptisol of Varanasi, India. *International Journal of Plant and Soil Science.* 35(19): 954-962. https://doi.org/10.9734/IJPSS/2023/v35i193630

Reham, M. S., Khattab, M. E., Ahmed, S. S. and Kandil, M. A. M. (2016). Influence of foliar spray with phenylalanine and nickel on growth, yield quality and chemical composition of genoveser *basil* plant. *African Journal of Agricultural Research*, 11(16): 1398-1410. https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10699

Rezakhani, A. and Hadi, M. R. H. S. (2017). Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(3): 777-786.

Roy, A. A review on the alkaloids an important therapeutic compound from plants.(2017). *International Journal of Plant and biotechnology*.; 3:1-9.

Shafie, F., Bayat, H., Aminifard, M. H. and Daghighi, S. (2021). Biostimulant effects of seaweed extract and amino acids on growth, antioxidants, and nutrient content of yarrow (*Achillea millefolium* L.) in the field and greenhouse conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(9): 964-975. https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1872596

Shekari, G. and Javanmardi, J. (2017). Application of cysteine, methionine and amino acid containing fertilizers to replace urea: The effects on yield and quality of *Broccoli*. *Advances in Crop Science and Technology*, 5(3): 1-4. https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000283

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299: 152-178. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Stiegler, J. C., Richardson, M. D., Karcher, D. E., Roberts, T. L. and Norman, R. J. (2013). Foliar absorption of various inorganic and organic nitrogen sources by creeping bentgrass. *Crop Science*, 53(3): 1148-1152. https://doi.org/10.2135/cropsci2012.08.0511

Sun, W. and Shahrajabian, M. H. (2023). Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants—Natural health products for human health. *Molecules*, 28(4): 1845. https://doi.org/10.3390/molecules28041845

Sun, W., Shahrajabian, M. H., Kuang, Y., and Wang, N. (2024). Amino Acids Biostimulants and Protein Hydrolysates in Agricultural Sciences. *Plants*, 13(2):210. https://doi.org/10.3390/plants13020210

Taha, HS., El- Bahr, MK. and Seif El Nasr, M. M. (2009). In vitro studies on egyptian *Catharanthus roseus* (L.) G.Don. IV: manipulation of some amino acids as precursors for enhanced of indole alkaloids production in suspension cultures. Aust. *Journal Basic Application of Science,* 3: 3137-44.

Tarasevičienė, Ž., Velička, A. and Paulauskienė, A. (2021). Impact of foliar application of amino acids on total phenols, phenolic acids content of different mints varieties under the field condition. *Plants*, 10(3): 599. https://doi.org/10.3390/plants10030599

Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Soares, J. N., Reichardt, K. and 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. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00396

Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Umburanas, R. C., Reichardt, K. and Neto, D. D. (2017). Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the *soybean* crop. *Frontiers in plant science*, 8, 327. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00327

Tzin, V. and Galili, G. (2010). The biosynthetic pathways for shikimate and aromatic amino acids in Arabidopsis thaliana. The Arabidopsis book/*American Society of Plant Biologists*, 8p.

Wassel, A. H. M., Gobara, A. A., Ibrahiem, H. I. M. and Shaaban-Mai, M. (2015). Response of wonderful pomegranate trees to foliar application of amino acids, vitamins B and silicon. *World Rural Observations*, 7(3): 91-95.

Whitmer, S., Van Der Heijden, R. and Verpoorte, R. (2002). Effect of precursor feeding on alkaloid accumulation by a tryptophan decarboxylase over-expressing transgenic cell line T22 of *Catharanthus roseus*. *Journal of Plant and biotechnology*.; 96: 193-203.

Zhou, W., Zheng, W., Lv, H., Wang, Q., Liang, B. and Li, J. (2022). Foliar application of pig blood-derived protein hydrolysates improves antioxidant activities in lettuce by regulating phenolic biosynthesis without compromising yield production. *Scientia Horticulturae*, 291:110602. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110602