دانشگاه جیرفت

Soil and Sustainable Development

Homepage: https://ssd.ujiroft.ac.ir

خاک و توسعه پایدار

The Effect of Foliar Application of Arginine Amino acid on some Physiological and Biochemical Parameters of Pistachio Seedlings (*pistacia vera* L. cv. Badami-Riz Zarand) under Cold Stress

Hossein Sajadian[1]✉

1- Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payam Noor University, Tehran, IRAN.

Email: hssajadian@pnu.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: July 06, 2025

Revised: July 26, 2025

Accepted: Aug. 09, 2025

Published: Autumn, 2025

Keywords:

Arginine,

Badami Riz Zarand,

Soluble sugars,

Ionic leakage.

ABSTRACT

Early spring cold stress poses a significant threat to pistachio trees, leading to substantial damage. This study aimed to investigate the effect of exogenous Arginine (Arg) application on enhancing cold tolerance in seedlings of the Badami Rize Zarand pistachio cultivar by evaluating various physiological and biochemical parameters. The experiment was conducted in a factorial arrangement within a randomized complete block design with three replications. Seedlings were foliar-sprayed with Arg at concentrations of 0, 75, 150, and 250 µM after the onset of vegetative growth. Seventy-two hours post-application, plants were subjected to cold stress at temperatures of −2°C and −4°C for two hours. The results indicated that Arg application significantly reduced ionic Leakage in the leaves of treated seedlings compared to the control. The lowest ionic leakage was observed at the 150 µM concentration. Additionally, Arg treatment led to a significant increase in proline content in the seedlings, with the highest accumulation at the 250 µM concentration. Soluble sugar content was also elevated in seedlings treated with 150 and 250 µM Arg compared to the control. Furthermore, the total protein content in the leaves was highest in the 250 µM Arg treatment. In conclusion, the application of Arg effectively enhanced cold tolerance in pistachio seedlings by increasing soluble sugars, total protein, and proline content, while decreasing ionic Leakage. These physiological changes suggest that Arg can serve as a protective agent against cold stress, potentially offering a viable strategy for mitigating frost damage in pistachio cultivation.

Cite this article: Sajadian, H., (2025), The Effect of Foliar Application of Arginine Amino acid on some Physiological and Biochemical Parameters of Pistachio Seedlings (*pistacia vera* L. cv. Badami-Riz Zarand) under Cold Stress, Soil and Sustainable Development, 1 (2), 129-141.

DOI: https://doi.org/10.22034/ssd.2025.532790.1023 **© The Author(s). Publisher: The University of Jiroft Press**

خاک و توسعه پایدار

خاک و توسعه پایدار

Homepage: https://ssd.ujiroft.ac.ir

دانشگاه جیرفت

مطالعه‌ی اثر محلول‌پاشی اسیدآمینه آرژینین بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند تحت تنش سرما

حسین سجادیان[1]✉

۱- استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، ایمیل: hssajadian@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۵ تیر ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری: ۴ مرداد ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۸ مرداد ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
آرژینین،
بادامی ریز زرند،
قندهای محلول،
نشت یونی.

چکیده

تنش سرما در اوایل بهار یکی از عوامل اصلی خسارت به درختان پسته است که می‌تواند تأثیرات منفی بر رشد و عملکرد این گیاهان داشته باشد. این پژوهش با هدف بررسی اثر اسید آمینه آرژینین در افزایش تحمل به سرمای نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند، از طریق ارزیابی برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. محلول‌پاشی اسید آمینه آرژینین با غلظت‌های صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار پس از شروع رشد رویشی نهال‌ها در گلخانه صورت گرفت. پس از ۷۲ ساعت از زمان محلول‌پاشی، گلدان‌ها برای اعمال تنش سرما به مدت دو ساعت در دمای ۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کاربرد آرژینین به‌طور معنی‌داری موجب کاهش نشت یونی برگ نهال‌ها شد. بیشترین میزان نشت یونی در تیمار شاهد و کمترین میزان در غلظت ۱۵۰ میکرومولار آرژینین مشاهده گردید. همچنین، کاربرد آرژینین سبب افزایش معنی‌دار مقدار پرولین در نهال‌های تیمار شده نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان پرولین در غلظت ۲۵۰ میکرومولار کاربرد آرژینین، مشاهده گردید. علاوه بر این، کاربرد غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار آرژینین موجب افزایش مقدار قندهای محلول نسبت به شاهد گردید. بر اساس نتایج، بیشترین محتوای پروتئین کل برگ در کاربرد اسید آمینه آرژینین در غلظت ۲۵۰ میکرومولار به‌دست آمد. با توجه به یافته‌های این پژوهش، استفاده از آرژینین در نهال‌های تحت تنش سرما به‌طور معنی‌داری میزان قندهای محلول، محتوای پروتئین و میزان پرولین را افزایش و میزان نشت یونی را کاهش داد. این تغییرات فیزیولوژیکی القا شده توسط آرژینین، تحمل دمای کم در نهال‌ها را افزایش داد که می‌تواند به‌عنوان یک ابزار پیشگیرانه برای محافظت از سرما مورد استفاده قرار گیرد.

ارجاع به مقاله: سجادیان، حسین، (۱۴۰۴)، مطالعه‌ی اثر محلول‌پاشی اسیدآمینه آرژینین بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند تحت تنش سرما، نشریه خاک و توسعه پایدار، ۱ (۱)، ۱۲۹-۱۴۱.

© نویسندگان ، ناشر: انتشارات دانشگاه جیرفت

DOI: https://doi.org/10.22034/ssd.2025.532790.1023

مقدمه

تنش سرما یکی از تهدیدات جدی برای تولید پایدار محصولات کشاورزی به شمار می‌رود، و می‌تواند اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان داشته باشد. این نوع تنش موجب کاهش عملکرد گیاهان و اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی آن‌ها می‌شود (Chinnusamy et al., 2007). پسته، یکی از محصولات باغی ارزشمند کشور ایران، در برخی سال‌ها از سرمازدگی بهاره آسیب‌های جدی می‌بیند که این مسئله می‌تواند تأثیرات منفی زیادی بر عملکرد و کیفیت محصول داشته باشد (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های گیاهان در مواجهه با تنش سرما، تغییرات در فعالیت‌های آنزیمی و متابولیسم سلولی است. به‌عنوان مثال، تجمع اسید آمینه پرولین، که به‌طور معمول در پاسخ به شرایط تنش‌زا در گیاهان افزایش می‌یابد، می‌تواند با افزایش تحمل گیاهان به سرما ارتباط مستقیم داشته باشد (Szepesi & Szőllősi, 2018). همچنین، تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن به‌عنوان یکی از عوامل اصلی خسارت‌های ناشی از سرما شناخته می‌شود. این رادیکال‌ها می‌توانند واکنش‌های تخریبی در غشای سلول‌ها ایجاد کرده و موجب آسیب‌های ساختاری و عملکردی در گیاهان شوند (Biswas & Mano, 2015). در حال حاضر، یکی از روش‌های رایج برای مقابله با تنش‌های سرما، استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای محافظت از گیاهان است. با این حال، توجه به نقش ویژه‌ی آمینواسیدها در تقویت مقاومت گیاهان در برابر شرایط تنش‌زا، به‌ویژه سرما، روز به روز در حال گسترش است. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که آمینواسید آرژینین، به دلیل نقشی که در متابولیسم گیاهی و فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف ایفا می‌کند، می‌تواند مقاومت گیاهان را در برابر تنش‌های محیطی، از جمله سرما، به‌طور چشمگیری افزایش دهد (Shi et al., 2012). درختان پسته به‌ویژه در هنگام گل‌دهی و تشکیل میوه، نسبت به سرما بسیار آسیب‌پذیر هستند. براساس مطالعات، دماهای بحرانی آسیب سرما به بافت‌های زایشی پسته در مراحل مختلف رشد عبارتند از گل‌های باز (۲+ درجه سانتی‌گراد)، جوانه‌های در حال باز شدن (۲- درجه سانتی‌گراد) و جوانه‌های باز نشده (۴- درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (Gholipour, 2007). در این میان، اسید آمینه آرژینین نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی درختان پسته ایفا می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهند که استفاده از محلول آرژینین در مراحل مختلف رشد گیاه، به‌ویژه در دوره گل‌دهی، تاثیر مثبتی بر ویژگی‌های مختلف گیاه دارد (Tajabadipour et al., 2018). این تیمار موجب افزایش طول و قطر شاخه‌ها، مساحت سطح برگ، تعداد جوانه‌های گل، تعداد میوه‌ها در هر خوشه، وزن تر خوشه، درصد

شکافتگی میوه و نیز افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی همچون کلروفیل a و b می‌شود. علاوه بر این، محلول آرژینین به کاهش درصد ریزش جوانه‌های گل و همچنین کاهش میزان میوه‌های پوک کمک می‌کند (Tajabadipour et al., 2018). این پژوهش با هدف بررسی اثر اسید آمینه آرژینین بر افزایش تحمل به سرمای نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند انجام شده است. در این مطالعه، برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلف در مواجهه با تنش سرمایی مورد بررسی قرار گرفت تا نقش آرژینین در تقویت مقاومت نهال‌ها به سرمای پایین مشخص شود. با توجه به خسارت‌های اقتصادی ناشی از سرمازدگی‌های بهاره، شناسایی روش‌های مؤثر برای تقویت مقاومت نهال‌ها ضروری است. نوآوری این مطالعه در ارزیابی مستقیم آرژینین به‌عنوان یک محرک زیستی برای بهبود مقاومت سرمایی نهال‌های پسته است، موضوعی که پیش‌تر کمتر مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات کاربردی محدودی برای باغداران فراهم کرده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید آمینه آرژینین در نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند تحت تنش سرما بر روی نهال‌های یک‌ساله با ارتفاع یکسان در گلدان‌های پلاستیکی حاوی مخلوط خاک پیت و پرلیت (به نسبت ۱:۱) انجام شد. نهال‌ها ۲۵ روز بعد از شروع رشد رویشی در گلخانه در فروردین‌ماه با اسیدآمینه آرژینین محلول‌پاشی برگی شدند. محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسیدآمینه آرژینین شامل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار انجام شد. پس از گذشت ۷۲ ساعت از محلول‌پاشی، گلدان‌ها برای اعمال تنش سرمایی درون انکوباتور قرار گرفتند. در این مرحله، دمای انکوباتور طی مدت ۵ ساعت از دمای محیط به صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. سپس، تیمارهای سرمایی با دمای ۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت بر روی گلدان‌ها اعمال شد. پس از اعمال تنش، از برگ‌های نهال‌ها نمونه‌برداری شد. برای اندازه‌گیری نشت یونی، برگ‌ها در آب مقطر غوطه‌ور شدند و میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پرولین، قندهای محلول و پروتئین کل، برگ‌ها در نیتروژن مایع فریز شده و سپس در فریزر نگهداری شدند تا برای آنالیزهای بعدی آماده شوند. نشت یونی به‌روش ارائه شده توسط Lutts et al., (1996) انجام شد. اندازه‌گیری میزان پرولین با استفاده از معرف ناین‌هیدرین و بر پایه روش توسعه‌یافته Bates (1973) انجام شد. واکنش در طول موج ۵۱۵ نانومتر مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری قندهای محلول از معرف آنترون استفاده شد (Irigoyen et al., 1992). پس از واکنش نمونه با این معرف، شدت جذب رنگ حاصل با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج

۶۲۰ نانومتر ثبت گردید. پروتئین کل به‌روش Bradford (1976) اندازه‌گیری شد. برای سنجش غلظت پروتئین از معرف برادفورد با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (گلدان) انجام و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد به‌کار گرفته شد. همچنین، اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نشت یونی

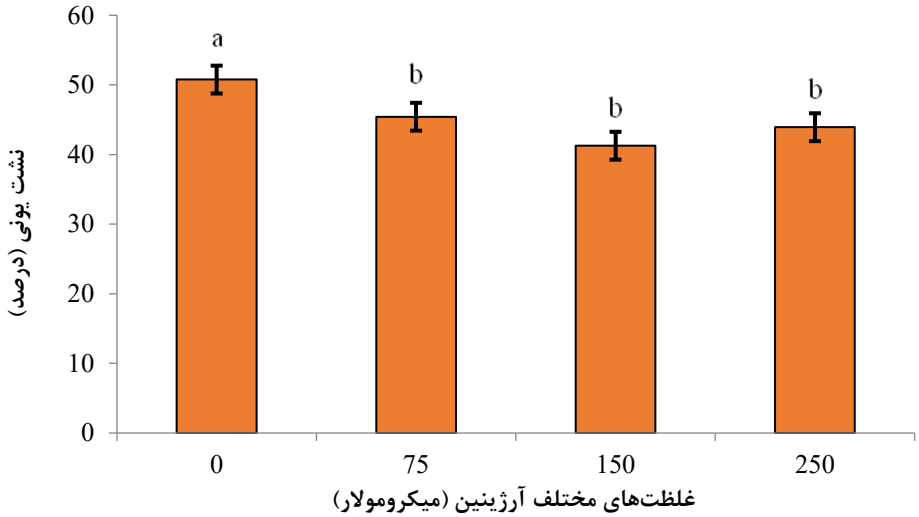
اثر محلول‌پاشی اسیدآمینه آرژینین بر نشت یونی برگ نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند تحت تنش سرما در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که تنش سرما موجب افزایش نشت یونی در برگ‌های نهال‌های شاهد نسبت به نهال‌های تیمار شده با آرژینین شده است. به‌طور معنادار، غلظت‌های بالاتر آرژینین (۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار) بیشترین کاهش را در میزان نشت یونی نشان دادند (شکل ۱). در این تحقیق، نشت یونی غشا به‌عنوان شاخصی برای پیش‌بینی آسیب‌های وارده به غشای سلول‌های برگ نهال‌های پسته در معرض تنش سرمایی، بررسی شد. در شرایط تنش سرما، کاهش سیالیت فسفولیپیدهای غشا یا کاهش کارایی پمپ‌های یونی متصل به غشا، موجب افزایش نشت یونی می‌شود، که این امر نشان‌دهندهٔ اختلال در عملکرد غشا می‌باشد (Beck et al., 2004). یوسفی (۱۳۸۷) گزارش داد که نشت الکترولیتی از بافت‌های تحت تنش سرما، یک صفت عمومی برای اکثر گونه‌های حساس به سرما است. در پژوهش انجام‌شده توسط حکم‌آبادی و همکاران (۱۳۹۵)، میزان تحمل به سرمای بهاره در سه رقم تجاری پسته دامغان و چهار پایه عمده پسته‌کاری در سه مرحله فنولوژیکی شامل تورم جوانه گل، گل‌دهی و میوه‌های تازه تشکیل‌شده از طریق اندازه‌گیری نشت یونی بررسی شد. نتایج نشان داد که با کاهش دما از صفر درجه سانتی‌گراد به ۶- درجه سانتی‌گراد، میزان نشت یونی افزایش یافت، که این امر حاکی از کاهش یکپارچگی غشای سلولی و افزایش آسیب‌پذیری در برابر تنش سرمایی است. این محققین همچنین بیان داشتند میزان نشت یونی می‌تواند به‌عنوان شاخصی مناسب در غربال‌گری ارقام و پایه‌های پسته مورد استفاده قرار گیرد. افروشه و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی میزان نشت یونی در چهار پایه (آتلانتیکا، بادامی زرند، سرخس و بنه) تحت تنش سرما را بررسی و گزارش کردند حساس‌ترین پایه، آتلانتیکا با ۷۳ درصد میزان نشت یونی و مقاوم‌ترین پایه، بنه با ۶۱ درصد میزان نشت یونی است (Afrousheh et al., 2018).

نتایج حاضر با نتایج بارانکو و همکاران (۲۰۰۵) و مشتاقی و همکاران (۲۰۰۹) در زیتون نیز مطابقت داشت (Barranco et al., 2005, Moshtaghi et al., 2009). در پژوهش حاضر، استفاده از محلول‌پاشی برگی اسیدآمینه آرژینین به‌طور معناداری میزان نشت یونی را در نهال‌های پسته تحت تنش سرمایی کاهش داد. این کاهش نشت یونی نشان‌دهنده بهبود پایداری و انسجام غشای سلولی است که احتمالاً به دلیل افزایش محتوای مواد محلول در سلول‌ها و تنظیم بهتر پتانسیل اسمزی آن‌ها می‌باشد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تجمع مواد محلول مانند قندها و اسیدهای آمینه در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی، به‌ویژه تنش سرما، در افزایش تحمل به سرما نقش دارند. برای مثال، در گندم، تجمع قندهای محلول و اسیدهای آمینه در طی سرمایش موجب افزایش تحمل به سرما می‌شود. در گیاهان چوبی، تجمع این مواد به‌عنوان سازگاری اسمزی و محافظت از غشاهای سلولی در برابر آسیب‌های ناشی از یخزدگی عمل می‌کند (Linden, 2002). در مورد پسته، آرژینین و سایر آمینواسیدهای تولیدشده از آن مانند پرولین می‌توانند با افزایش تولید کربوهیدرات‌ها در برگ، مواد محلول را در سلول افزایش دهند و به این ترتیب، موجب کاهش نشت یونی و آسیب‌های ناشی از تنش سرما شوند (Crane & Iwakiri, 1985). این یافته‌ها تأکید می‌کنند که استفاده از ترکیباتی مانند آرژینین می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی مؤثر در بهبود تحمل به سرما در نهال‌های پسته عمل کند.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسیدآمینه آرژینین و دما بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های پسته بادامی ریز زرند

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نشت یونی	پرولین	قندهای محلول	پروتئین کل
تکرار	۲	ns۷/۹۷۵	ns۰/۰۰۰	ns۰/۰۱۱	ns۰/۰۰۲
تیمار	۳	۹۷/۰۴۶ *	۰/۱۹۹**	۰/۰۹۶ *	۰/۰۴۴ **
دما	۱	۶۳۰۸/۱۷۷ **	ns۰/۰۰۴	۰/۱۲۱ *	۰/۰۰۱ ns
تیمار× دما	۳	ns۱۴/۲۹۹	ns۰/۰۰۲	۰/۰۱۹ ns	۰/۰۰۱ ns
خطا	۱۴	۱۷/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۳۱	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات (CV%)		۹/۴۸	۹/۵۳	۳/۲۱	۴/۷۵

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

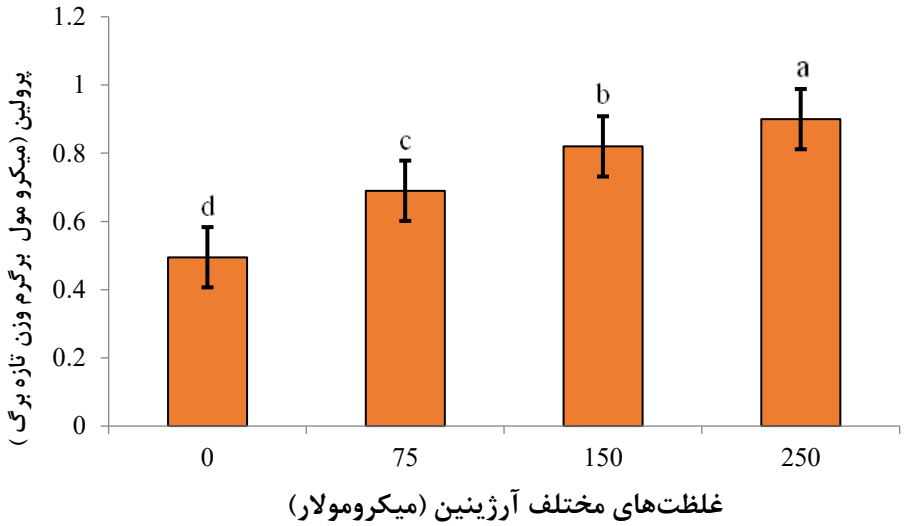


شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف آرژینین بر میزان نشت یونی برگ نهال‌های پسته بادامی ریز زرند تحت تنش سرما

پرولین

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمار آرژینین بر میزان پرولین در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در این مطالعه، استفاده از محلول‌پاشی اسیدآمینه آرژینین به‌طور معنی‌داری میزان پرولین را در نهال‌های پسته تحت تنش سرمایی افزایش داد. غلظت ۲۵۰ میکرومولار آرژینین، میزان پرولین را بیش از دو برابر نسبت به گروه شاهد افزایش داد (شکل ۲). لیو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که اسیدآمینه آرژینین به عنوان پیش‌ساز پرولین عمل می‌کند (Liu et al., 2006). در شرایط تنش‌های غیرزیستی، تجمع پرولین در گیاهان به‌عنوان یک پاسخ رایج مشاهده می‌شود. این تجمع به‌عنوان یک اسمولیت سازگار، نقش مهمی در کاهش حساسیت گیاه به تنش‌های غیرزیستی ایفا می‌کند. پرولین با تنظیم پتانسیل اسمزی، حفاظت از ساختارهای سلولی مانند غشاها و پروتئین‌ها، و حذف رادیکال‌های آزاد، به پایداری سلول‌ها در برابر تنش کمک می‌کند (Hayat et al., 2008). این ویژگی‌ها باعث شده‌اند که پرولین به‌عنوان یک مولکول کلیدی در تحمل تنش‌های غیرزیستی در گیاهان شناخته شود. در نتیجه، پرولین با ایفای نقش در تنظیم اسمزی، حفاظت از ساختارهای سلولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، به‌عنوان یک مولکول مهم در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی در گیاهان شناخته می‌شود (Roychoudhury et al., 2015). رابطه‌ی مثبت میان تجمع پرولین و ایجاد مقاومت نسبت به تنش سرما در محصولات مختلف از جمله هلو (Shang et al., 2011) گزارش شده است. افشاری و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی مقاومت سه رقم پسته (عباسعلی، خنجری و شاه‌پسند) نسبت به سرمای بهاره بیان داشتند مقاوم‌ترین رقم

عباسعلی با داشتن بیشترین مقدار پرولین و حساس‌ترین رقم شاه‌پسند به دلیل پایین بودن مقدار پرولین بود (Afshari et al., 2010). در مطالعه‌ای که توسط نصیبی و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام شد، تأثیر پیش‌تیمار با آرژینین بر افزایش مقاومت به تنش سرمایی در نهال‌های پسته بررسی گردید. نتایج نشان داد که تیمار با آرژینین به‌طور معناداری میزان پرولین را در برگ‌های نهال‌های پسته افزایش می‌دهد، که این امر نشان‌دهنده نقش آرژینین در تنظیم مسیرهای سیگنالینگ مرتبط با سنتز پرولین در شرایط تنش سرمایی است (Nasibi et al., 2013). در نتیجه، نتایج این پژوهش‌ها نشان‌دهنده اهمیت آرژینین به‌عنوان یک پیش‌ساز پرولین و نقش آن در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیرزیستی، به‌ویژه تنش سرمایی، می‌باشد. بنابراین، استفاده از آرژینین به‌عنوان یک محرک برگی می‌تواند با افزایش تولید پرولین، به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری اسمزی، موجب کاهش آسیب‌های ناشی از تنش سرما در نهال‌های پسته گردد.

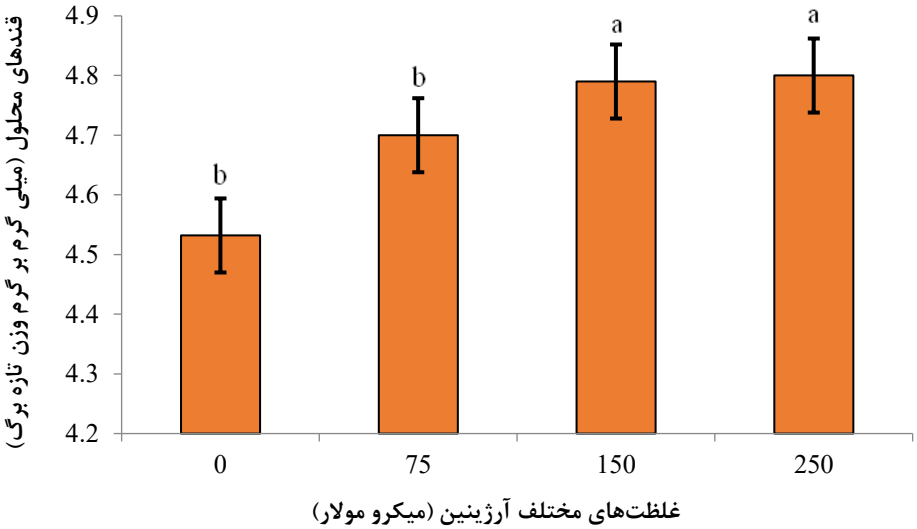


شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف آرژینین بر میزان پرولین برگ نهال‌های پسته بادامی ریز زرند تحت تنش سرما

قندهای محلول

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار اسیدآمینه آرژینین بر میزان قندهای محلول در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). طبق نتایج، کاربرد غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار آرژینین مقدار قندهای محلول را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۳). آرژینین به‌عنوان یک اسیدآمینه باعث افزایش تولید کربوهیدرات‌ها در درخت پسته شده است. چن و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده‌اند که آرژینین بر ظرفیت فتوسنتزی و متابولیسم اسید آمینه تأثیر می‌گذارد و این منجر به تولید بیشتر کربوهیدرات می‌شود (Chen et al., 2022). در پژوهشی که توسط نصیبی و همکاران در سال ۲۰۱۳

انجام شد، تأثیر تیمار با آرژینین بر میزان قندهای محلول در نهال‌های پسته تحت تنش سرمایی بررسی شد. نتایج نشان داد که تیمار با آرژینین به‌طور معناداری میزان قندهای محلول را افزایش می‌دهد، که این امر احتمالاً به‌دلیل افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها و تنظیم اسمزی در گیاه است. این افزایش قندهای محلول می‌تواند به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر یخزدگی درون‌سلولی عمل کند (Nasibi et al., 2013). در مطالعه‌ای روی پایه‌های پسته، پایه‌های مقاوم به سرما در دمای دمای ۴- درجه سانتی‌گراد مقدار قند محلول بیشتری نسبت به پایه‌های حساس داشتند (Tajabadipour et al., 2018). همچنین، نوبری و همکاران در سال ۲۰۱۲ بیان کردند که میزان کربوهیدرات‌ها در طول دوره خواب پسته کاهش می‌یابد (Nobari et al., 2012). در مجموع، این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت تنظیم میزان قندهای محلول در گیاهان تحت تنش سرمایی است. افزایش قندهای محلول می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی دفاعی در برابر آسیب‌های ناشی از یخزدگی عمل کند و به بهبود تحمل گیاهان به شرایط تنش کمک نماید.

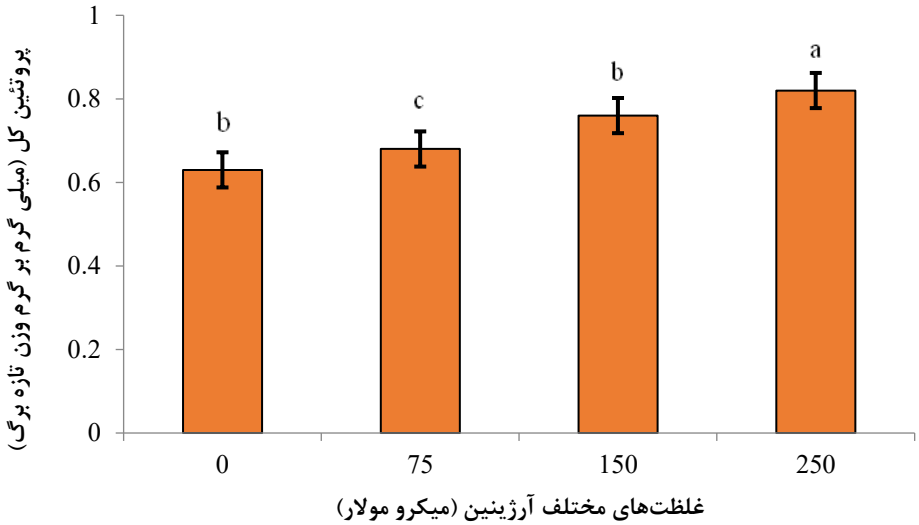


شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف آرژینین بر میزان قندهای محلول برگ نهال‌های پسته بادامی ریز زرند تحت تنش سرما

پروتئین کل

براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار آرژینین بر میزان پروتئین کل در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، بیشترین محتوای پروتئین کل برگ نهال‌های پسته در کاربرد اسید آمینه آرژینین در غلظت ۲۵۰ میکرومولار به‌دست آمد (شکل ۴). کاربرد آرژینین سبب افزایش مقدار پروتئین کل پایه‌های سرمادیده شد. با افزایش غلظت آرژینین مقدار پروتئین کل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش میزان

پروتئین‌ها، مشابه افزایش قندهای محلول، به‌عنوان یکی از شاخص‌های سازگاری گیاهان با تنش سرما شناخته می‌شود و نقش مؤثری در کاهش آسیب‌های سرمایی به بافت‌های گیاهی ایفا می‌کند؛ به‌طوری که با کاهش دما، مقدار پروتئین‌ها افزایش می‌یابد (Vítámvás & Prášil, 2008). نتایج این مطالعه با یافته‌های سالاری و همکاران (۲۰۱۱) درباره پایه‌های پسته همخوانی دارد (Salari Sorkhan et al., 2011). همچنین، منصوری ده‌شعیبی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که پسته رقم اکبری به‌دلیل داشتن میزان بالای پروتئین، مقاومت قابل توجهی در برابر سرمای بهاره از خود نشان می‌دهد. در پژوهشی دیگر نیز افزایش پروتئین‌ها در پایه‌های مقاوم به سرما مشاهده شده است (Salari Sorkhan et al., 2011). مطالعات روی دو رقم زیتون نیز نشان داد که میزان کل پروتئین در رقم مقاوم نسبت به رقم حساس به سرما بیشتر است (افشار محمدیان و همکاران، ۱۳۹۱). اسیدآمینه آرژینین نقش مهمی در افزایش پروتئین برگ نهال‌های پسته ایفا می‌کند؛ این ماده با تولید اسیدهای آمینه دیگر مانند پرولین، موجب بهبود سنتز پروتئین‌ها می‌شود (Brauc et al., 2012). همچنین آرژینین به عنوان پیش‌ساز نیتریک اکساید (Lamattina et al., 2003) از طریق سنتز این مولکول، از اکسیداسیون پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند (Nasibi et al., 2013). افزایش پروتئین‌ها در حضور آرژینین ممکن است به دلیل القای سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پروتئین‌های دفاعی دیگر نیز باشد (Mostafa et al., 2013). در مجموع، نتایج این تحقیق نشان‌دهنده اثر مثبت تیمار اسیدآمینه آرژینین در افزایش میزان پروتئین کل برگ نهال‌های پسته تحت تنش سرما است. این افزایش می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی مقاومت به سرما در پسته مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف آرژینین بر میزان پروتئین برگ نهال‌های پسته بادامی ریز زرند تحت تنش سرما

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد اسیدآمینه آرژینین می‌تواند به عنوان یک استراتژی مؤثر برای کاهش آسیب‌های ناشی از تنش سرما در نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند عمل کند. این اثرات مثبت احتمالاً به دلیل افزایش ترکیبات اسمزی، بهبود فعالیت‌های متابولیک، تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو است. با توجه به نتایج مثبت این پژوهش، توصیه می‌شود که کشاورزان در مناطقی که سرمازدگی بهاره وجود دارد، از محلول‌پاشی آرژینین استفاده کنند. این اقدام می‌تواند به افزایش مقاومت گیاهان به سرما، کاهش آسیب‌های ناشی از یخبندان و در نهایت افزایش عملکرد و کیفیت محصول کمک کند. همچنین، انجام تحقیقات میدانی بیشتر در شرایط مختلف اقلیمی و با استفاده از غلظت‌های مختلف آرژینین می‌تواند به بهینه‌سازی استفاده از این اسیدآمینه در مدیریت تنش سرما در پسته کمک کند.

منابع مورد استفاده

افشار محمدیان، م.، ش. رضایی، و م. رمضانی ملک رودی. ۱۳۹۱. بررسی مقاومت دو رقم زیتون به تنش سرما. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، شماره ۲ صفحه ۱۱-۱.

حکم‌آبادی، ح.، ل. رضایی، م. محمدی مقدم، ع. مرتضوی، ح. صرفی، ع. قربانی، ع.ا. عوض‌آبادیان و ح. رضی آبادی. ۱۳۹۵. بررسی مقاومت به سرما در سه رقم تجاری پسته دامغان و سه پایه عمده پسته‌کاری از طریق پارامترهای نشت یونی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات پسته کشور. ایستگاه تحقیقات پسته دامغان. ۷۲ صفحه.

سهرابی، ن.، ح. حکم‌آبادی و ع. تاج آبادی‌پور. ۱۳۸۸. فیزیولوژی سرما زدگی در درختان پسته، نشریه ترویجی، انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور. ۳۵ صفحه.

منصوری ده‌شعیبی، ر.، غ. داوری‌نژاد، ح. حکم‌آبادی و ع. تهرانی‌فر. ۱۳۹۰. ارزیابی تغییرات پرولین، پروتئین کل و قندهای محلول در طی مراحل فنولوژی جوانه گل ارقام پسته. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵ (۲)، صفحه ۱۲۱-۱۱۶.

یوسفی، م. ۱۳۸۷. اثر یخزدگی روی نشت الکترولیتی ۱۰ رقم بادام زراعی و یک گونه بادام وحشی در استان اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۵ (۱۲)، صفحه ۹-۱.

Afrousheh, M., Hokmabadi, H., Arab, H., & Tajabadipour, A. (2018). Evaluation of frost damage tolerance in some pistachio seedling rootstocks. Journal of nuts, 9(1): 77-83.

Afshari, H., Hokmabadi, H., Ebadi, A., & Laee, G. (2010). Measurement of chemical and non-chemical parameters of three native pistachio cultivars of Damghan region (Iran) for studying spring frost. Asian Journal of Chemistry, 22(3): 2356.

Barranco, D., Ruiz, N., & Gómez-del Campo, M. (2005). Frost tolerance of eight olive cultivars. HortScience, 40(3): 558-560.

Bates, L.S. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39, 205-207.

Beck, E.H., Heim, R., & Hansen, J. (2004). Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. Journal of Biosciences, 29(4): 449-459.

Biswas, M.S., & Mano, J.I. (2015). Lipid peroxide-derived short-chain carbonyls mediate hydrogen peroxide-induced and salt-induced programmed cell death in plants. Plant Physiology, 168(3): 885-898.

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.

Brauc, S., De Vooght, E., Claeys, M., Geuns, J.M.C., Höfte, M., & Angenon, G. (2012). Overexpression of arginase in Arabidopsis thaliana influences defence responses against Botrytis cinerea. Plant Biology, 14(s1): 39-45.

Chen, Q., Wang, Y., Zhang, Z., Liu, X., Li, C., & Ma, F. (2022). Arginine increases tolerance to nitrogen deficiency in Malus hupehensis via alterations in photosynthetic capacity and amino acids metabolism. Frontiers in Plant Science, 12: 772086.

Chinnusamy, V., Zhu, J., & Zhu, J.-K. (2007). Cold stress regulation of gene expression in plants. Trends Plant Science, 12(10), 444–451.

Crane, J C., & Iwakiri, B.T. (1985). Vegetative and reproductive apical dominance in pistachio. HortScience (USA), 20: 1092–1093.

Gholipour, Y. (2007). Low-temperature threshold and growth degree day (GDD) for two pistachio cultivars. Journal of Applied Horticulture, 9(2): 150–152..

Hayat, S., Hasan, S.A., Fariduddin, Q., & Ahmad, A. (2008). Growth of tomato (Lycopersicon esculentum) in response to salicylic acid under water stress. Journal of Plant Interactions, 3(4): 297-304.

Irigoyen, J.J., Einerich, D.W., & SánchezDíaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (Medicago sativa) plants. Physiologia Plantarum, 84(1): 55-60.

Lamattina, L., Garcia-mata, C., Graziano, M., & Pagnussat, G. (2003). Nitric oxide: The versatility of an extensive signal molecule. Annual Review of Plant Biology, 54(1): 109-136.

Linden, L. (2002). Measuring cold hardiness in woody plants. Ph.D. Thesis, Helsinki University. Publication no. 10. Helsinki.

Liu, J.H., Nada, K., Honda, C., Kitashiba, H., & Wen, X.P. (2006). Polyamine biosynthesis of apple callus under salt stress. Importance of the arginine decarboxylase pathway in stress responses. Journal of Experimental Botany, 57(11): 2589-2599.

Lutts, S., Kinet, J.M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (Oryza sativa L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78 (3): 389-398.

Moshtaghi, E.A., Shahsavar, A.R., & Taslimpour, M.R. (2009). Ionic leakage as indicators of cold hardiness in olive (Olea europaea L.). World Applied Science Journal, 7: 1308-1310.

Mostafa, H.A.M., Hassanein, R.A., Khalil, S.I., El-Khawas, S.A., El-Bassiouny, H.M.S., & El-Monem, A.A. (2010). Effect of arginine or putrescine on growth, yield and yield components of late sowing wheat. Journal of Applied Sciences Research, 6 (2): 177-183.

Nasibi, F., Barand, A., Kalantari, K.M., & Rezanejad, F. (2013). The effect of arginine pretreatment on germination, growth and Physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in Pistacia vera L. in vitro culture. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(17): 1918-1925.

Nobari, F., Afshari, H., Miri, S.M., & Hokmabadi, H. (2012). An investigation of cold tolerance on chemical properties (proline, protein, and sugar) of the flower buds in four commercial cultivars of Damghan local pistachio. Journal of Nuts, 3(2): 1-8.

Roychoudhury, A., Banerjee, A., & Lahiri, V. (2015). Metabolic and molecular-genetic regulation of proline signaling and itscross-talk with major effectors mediates abiotic stress tolerance in plants. Turkish Journal of Botany, 39(6): 887-910.

Salary Sorkhan, R., Enteshari, S., Hokmabadi, H., & Tajabadipour, A. (2011). Physiological evaluation of pistachio frost damage resistant rootstocks. International Journal of Nuts and Related Science, 2(4): 55-66.

Shang, H.T., Cao, S.F., Yang, Z.F., Cai, Y.T., & Zheng, Y.H. (2011). Effect of exogenous-aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59 (4): 1264–1268.

Shi, H.T., Li, R.J., Cai, W., Liu, W., Wang, C.L., & Lu, Y.T. (2012). Increasing nitric oxide content in Arabidopsis thaliana by expressing rat neuronal nitric oxide synthase resulted in enhanced stress tolerance. Plant and Cell Physiology, 53(2): 344-357.

Szepesi, Á., & Szőllősi, R. (2018). Mechanism of proline biosynthesis and role of proline metabolism enzymes under environmental stress in plants. In: P. Ahmad, M.A. Ahanger, V.P. Singh, D.K. Tripathi, P. Alam and M.N. Alyemeni (eds), Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress, Elsevier, Academic Press, London. PP. 337-353.

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.

Vítámvás, P., & Prášil, I.T. (2008). WCS120 protein family and frost tolerance during cold acclimation, deacclimation and reacclimation of winter wheat. Plant Physiology and Biochemistry, 46(11): 970-976.