



# بررسی اثر نانوذرات نقره بر تغییرات هورمونی و متابولیت‌های اسمولیتی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

زینب دهقان<sup>۱\*</sup>، جلیل خارا<sup>۲</sup>

\*گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران [z.dehghan@cfu.ac.ir](mailto:z.dehghan@cfu.ac.ir), [zeinabdehghan918@gmail.com](mailto:zeinabdehghan918@gmail.com)

<sup>۲</sup> گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه

## نتایج و بحث

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات در تیمارهای مختلف آزمایشی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پروتئین ریشه	پروتئین اندام هوایی	قند کل ریشه	قند کل اندام هوایی	پروکلین ریشه	پروکلین اندام هوایی
عامل غلظت	۳	۹/۸۱۴ <sup>***</sup>	۳/۴۱۶ <sup>***</sup>	۶۸۱/۴ <sup>***</sup>	۱۴۶۶/۹۴ <sup>***</sup>	۰/۰۱۲ <sup>***</sup>	۰/۰۲۶ <sup>***</sup>
عامل علف‌کش	۱	۳/۵۱۰ <sup>***</sup>	۹/۱۵۱ <sup>***</sup>	۴۴۸۲/۶ <sup>***</sup>	۲۳۴۸۷/۵ <sup>***</sup>	۰/۰۰۱ <sup>***</sup>	۰/۰۰۰۰۴۷ <sup>NS</sup>
عامل نانوذره	۱	۱/۸۹۶ <sup>***</sup>	۲۳/۶۹۲ <sup>***</sup>	۷/۴۴۴ <sup>NS</sup>	۱۵۸/۰۸۲ <sup>***</sup>	۰/۰۰۲ <sup>***</sup>	۰/۰۰۰۰۴۴ <sup>NS</sup>
اثرات متقابل دو عامل	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطا	۱۶	۰/۴۵۹	۰/۵۷۶	۲۴/۲۹۲	۲۰/۰۴۳	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۰۰۰۲۶

NS به معنی عدم وجود اثرات متقابل معنی‌دار بین دو عامل یا عدم تأثیر عوامل است و علامت دو ستاره به معنی تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ است.

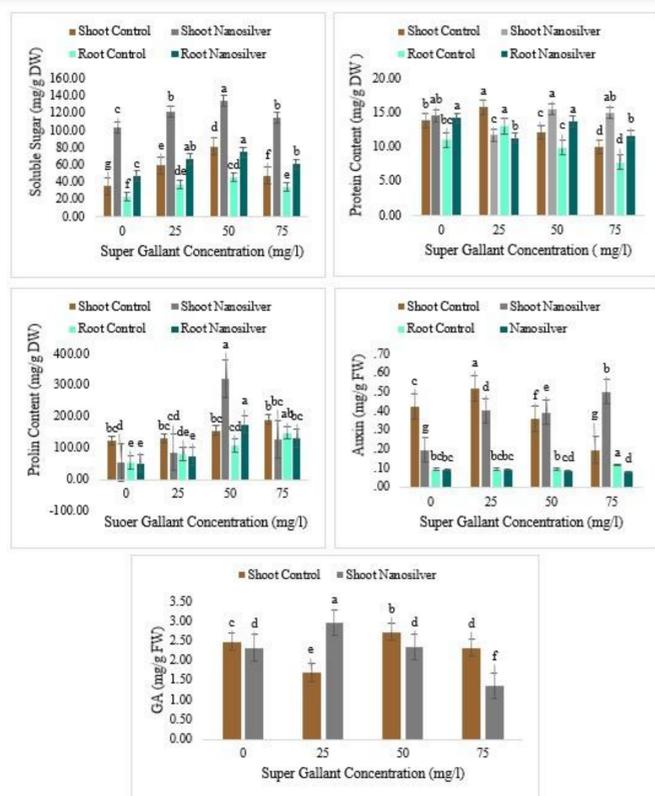
## چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات برای بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های شیمیایی مورد توجه گسترده قرار گرفته است. در این پژوهش، اثر محلول‌پاشی نانوذرات نقره بر متابولیت‌های اسمولیتی و هورمون‌های رشد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تنش علف‌کش سوپرگالانت بررسی شد. نتایج نشان داد نانوذره موجب افزایش قند کل، پروتئین و پروکلین و نیز تعدیل سطوح اکسین و جیبرلین گردید. این یافته‌ها بیانگر نقش نانوذرات نقره در بهبود پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی و افزایش تحمل گیاه به تنش شیمیایی است.

## مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی جهان است که نقش مهمی در تولید روغن خوراکی دارد. با وجود کارایی علف‌کش‌هایی مانند هالوکسی‌فوپ آر-متیل استر (سوپرگالانت) در کنترل علف‌های هرز، کاربرد آن‌ها می‌تواند با ایجاد تنش اکسیداتیو و اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک، رشد و متابولیسم گیاه را تحت تأثیر قرار دهد؛ از این رو، یافتن راهکارهایی برای کاهش این تنش ضروری است.

نانوذرات نقره (AgNPs) به‌عنوان رویکردی نوین، توانایی تقویت سامانه‌های دفاعی و بهبود تحمل گیاهان به تنش را نشان داده‌اند. با توجه به محدود بودن اطلاعات درباره نقش آن‌ها در کاهش اثرات سوپرگالانت بر آفتابگردان، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد برگی AgNPs بر پاسخ‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه تحت تنش علف‌کش انجام شد.



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های متفاوت علف‌کش سوپرگالانت بر تغییرات هورمونی و متابولیت‌های اسمولیتی بخش هوایی و ریشه گیاه آفتابگردان تحت تیمار با نانوذره نقره (داده‌ها نشانگر میانگین سه تکرار ±SE است).

نتایج نشان داد نانوذرات نقره با تقویت سامانه‌های آنتی‌اکسیدانی، تنظیم ROS و بهبود تعادل هورمونی و متابولیت‌هایی مانند قند، پروتئین و پروکلین، تحمل آفتابگردان به تنش علف‌کش را افزایش می‌دهند. با این حال، اثر آن‌ها وابسته به دوز و شرایط محیطی است؛ بنابراین تعیین غلظت بهینه و بررسی بیشتر مکانیسم‌های اثر برای کاربرد در کشاورزی پایدار ضروری است.

## مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح علف‌کش سوپرگالانت (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) در سه تکرار (۲۴ گلدان) انجام شد. بذرهاي آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) رقم «لاکومکا» پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ کشت و در مخلوط استریل خاک و ماسه (۱:۵) پرورش یافتند. گیاهان در اتاقک رشد با دمای ۳۰:۱۸ درجه سانتی‌گراد (روز/شب)، رطوبت ۷۰-۸۰٪ و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت نگهداری شدند. از مرحله دوبرگی، نانوذرات نقره تجاری (۲۰-۴۰ نانومتر، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) به صورت محلول‌پاشی برگی اعمال شد و در مرحله ۴-۶ برگی، تیمارهای علف‌کش اجرا گردید. برداشت در روز ۳۵ رشد انجام شد. قندهای محلول (روش فنل-سولفوریک)، پروتئین کل ((Lowry، پروکلین ((Bates، اکسین و جیبرلین اندازه‌گیری شدند. تجزیه آماری با نرم‌افزار SPSS آزمون توکی و دانکن) و رسم نمودارها با Excel انجام شد.

## منابع

- Batool, S. U., Javed, B., Sohail, S., Zehra, S. S., Mashwani, Z.-u.-R., Raja, N. I., Khan, T., ALHaithloul, H. A. S., Alghanem, S. M., Al-Mushhin, A. A. M., Hashem, M., & Alamri, S. (2021). Exogenous applications of bio-fabricated silver nanoparticles to improve biochemical, antioxidant, fatty acid and secondary metabolite contents of sunflower. *Nanomaterials*, 11(7), 1750. <https://doi.org/10.3390/nano11071750>
- Bouhadi, M., Javed, Q., Jakubus, M., Elkouali, M., Fougrach, H., Ansar, A., Goreta Ban, S., Ban, D., Heath, D., & Cerne, M. (2025). *Nanoparticles for sustainable agriculture: Assessment of benefits and risks*. *Agronomy*, 15, 1131. <https://doi.org/10.3390/agronomy15041131>
- Krupa-Malkiewicz, M., & Ochmian, I. (2024). Sustainable approaches to alleviate heavy metal stress in tomatoes: Exploring the role of chitosan and nanosilver. *Agronomy*, 14(11), 2477. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112477>
- Zeng, Z., Wang, Y., Wang, H., Li, Y., Chen, B., Gou, R., Wang, D., Jiang, Y., Zheng, Y., Hamed, K. E., Fu, L., Zhang, G., & Wei, Z. (2024). *Nanomaterials: Cross-disciplinary applications in ornamental plants*. *Nanotechnology Reviews*, 13(1), 1-20. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2024-0049>