



اثر بیوجار اصلاح شده با نانوذرات آهن-روی، بر جوانه‌زنی چیا (*Salvia hispanica L.*)

سمیرا نجفی^{۱*}، زهرا سوری^۱، لیلا نوروزی^۲

^۱ گروه زیست‌شناسی، علوم پایه، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۲ پژوهشگر مرکز تحقیقات عوامل محیطی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، ایران



نتایج و بحث

با توجه به نتایج، تیمار با بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی تأثیر معناداری بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه چیا داشت. همه غلظت‌ها طول جوانه را به‌طور معناداری افزایش دادند که بیشترین آن در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد، احتمالاً به دلیل نقش مستقیم ریزمغذی‌ها در تولید سلولی (Mallikarjuna et al., 2020). افزایش وزن تر تنها در بالاترین غلظت (۲۰ میلی‌گرم بر لیتر با ۳۱ درصد افزایش) معنادار بود. درصد جوانه‌زنی کامل در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شد و شاخص بنیه بذر نیز در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ۳۲ درصد بهبود یافت. این الگوی پاسخ نشان‌دهنده یک محدوده بهینه است که در آن عملکرد همزمان بیوجار به‌عنوان رهاساز کنترل‌شده (Mariyam et al., 2024) و اثر هم‌افزایی نانوذرات دو فلزی برای بهبود زیست‌فراهمی عناصر و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی (Nazir et al., 2024) به حداکثر می‌رسد و راهبردی مؤثر برای بهبود استقرار گیاه چیا محسوب می‌شود.

جدول ۱- اثر بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی بر طول، وزن تر، درصد جوانه‌زنی و شاخص طولی بنیه بذر جوانه‌های گیاه چیا. حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن اثر تیمارها بر طول، وزن تر، درصد جوانه‌زنی و شاخص طولی بنیه بذر با استفاده از آزمون دانکن است. داده‌ها به صورت میانگین \pm خطای استاندارد ارائه شده‌اند.

غلظت بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی (میلی‌گرم بر لیتر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم)	درصد جوانی زنی	شاخص طولی بنیه بذر
۰	5.3 ± 0.3	0.185 ± 0.03	88.3 ± 1.6	$475/4 \pm 32/8$
۵	6.0 ± 0.1	1.04 ± 0.03	100.0 ± 0.0	$602 \pm 1/2$
۱۰	6.4 ± 0.9	1.06 ± 0.02	98.3 ± 1.6	$625/5 \pm 3/7$
۲۰	6.2 ± 0.5	1.12 ± 0.02	69.6 ± 4.4	$615/1 \pm 76/8$

نتایج نشان داد که کاربرد بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی، راهکاری مؤثر برای بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه چیا است. این تیمار به‌طور معنی‌داری طول و وزن جوانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد، به‌طوری که حداکثر درصد جوانه‌زنی (۱۰۰ درصد) در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین بهبود شاخص طولی بنیه بذر در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد.

منابع

- Jha, A., Pathania, D., Sonu, Damathia, B., Raizada, P., Rustagi, S., Singh, P., Rani, G.M., and Chaudhary, V. (2023). Panorama of biogenic nano-fertilizers: a road to sustainable agriculture. Environmental Research, 235:116456. doi: 10.1016/j.envres.2023.116456.
- Mallikarjuna, M.G., Thirunavukkarasu, N., Sharma, R., Shiriga, K., Hossain, F., Bhat, J.S., Mithra, A.C., Marla, S.S., Manjaiah, K.M., Rao, A.R., and Gupta, H.S. (2020). Comparative transcriptome analysis of iron and zinc deficiency in maize (*Zea mays L.*). Plants (Basel), 9(12):1812. doi: 10.3390/plants9121812.
- Mariyam, S., Upadhyay, S.K., Chakraborty, K., Verma, K.K., Duhan, J.S., Muneer, S., and Seth, C.S. (2024). Nanotechnology, a frontier in agricultural science, a novel approach in abiotic stress management and convergence with new age medicine a review. Science of The Total Environment, 912:169097. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.169097.
- Nazir, M.A., Hasan, M., Mustafa, G., Tariq, T., Ahmed, M.M., Golzari Dehno, R., and Ghorbanpour, M. (2024). Zinc oxide nano-fertilizer differentially effects morphological and physiological identity of redox-enzymes and biochemical attributes in wheat (*Triticum aestivum L.*). Scientific Reports, 14(1):13091. doi: 10.1038/s41598-024-63987-9.
- Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A. Imran, M., Mehmood, S., Javid A., and Hussain J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica L.*): a review. Journal of Food Science and Technology, 53; 1750-1758 (2016). doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0.

چکیده

جوانه‌زنی مرحله‌ای حیاتی در استقرار گیاه است که تحت تأثیر ریزمغذی‌هایی مانند آهن و روی قرار دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چیا انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح مختلف بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) و در سه تکرار اجرا گردید. شاخص‌هایی شامل طول و وزن تر گیاهچه، درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر اندازه‌گیری شدند. تمام غلظت‌های نانوذرات، طول جوانه را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند و حداکثر افزایش (۱۸ درصد) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات آهن-روی مشاهده شد. افزایش وزن جوانه نیز در همه تیمارها ثبت گردید، اما این افزایش تنها در غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (۳۱ درصد نسبت به شاهد) از نظر آماری معنادار بود. همچنین، تیمار با غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر به جوانه‌زنی کامل (۱۰۰ درصد) در روز هفتم دست یافت. علاوه بر این، شاخص طولی بنیه بذر به‌طور چشمگیری بهبود یافت و بیشترین مقدار آن در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. به‌طور کلی، یافته‌ها حاکی از آن است که استفاده از بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات آهن-روی، می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود جوانه‌زنی گیاه چیا مورد توجه قرار گیرد.

مقدمه

جوانه‌زنی یکی از مراحل اساسی در رشد و استقرار گیاهان است و نقش مهمی در عملکرد نهایی گیاه دارد. در این مرحله، دسترسی بذر به ریزمغذی‌های ضروری به‌ویژه آهن (Fe) و روی (Zn) برای فعال‌سازی فرآیندهای متابولیکی و آغاز رشد گیاهچه اهمیت ویژه‌ای دارد (Mallikarjuna et al., 2020). با محدودیت‌های روش‌های مرسوم (Jha et al., 2023)، فناوری نانو با ارائه نانوذرات آهن و روی، به دلیل ویژگی‌هایی مانند اندازه ریز و نسبت سطح به حجم بالا، راه‌حلی هدفمند برای بهبود جذب عناصر و تحریک آنزیم‌های کلیدی جوانه‌زنی ارائه می‌دهد (Mariyam et al., 2024; Nazir et al., 2024).

برای مقابله با چالش‌هایی مانند سمیت بالقوه، استفاده از بیوجار به‌عنوان حامل سازگار با محیط زیست برای تثبیت و رهایش تدریجی این نانوذرات پیشنهاد شده است. این پژوهش با تمرکز بر گیاه چیا (*Salvia hispanica L.*) با ارزش غذایی بالا (Ullah et al., 2016)، به بررسی اثر غلظت‌های مختلف بیوجار اصلاح‌شده با نانوذرات دوگانه آهن-روی بر شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، طول و وزن تر گیاهچه و بنیه بذر می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ابتدا بیوجار اولیه از ساقه‌های گیاه بامیه در دمای ۳۵۰ درجه‌سنتی‌گراد تحت شرایط پیرولیز با اتمسفر نیتروژن تولید شد. سپس نانوذرات دو فلزی اکسید آهن-روی با نسبت مولی ۲ به ۱ به روش هیدروترمال سنتز و با بارگذاری ۲۰ درصد وزنی بر روی این بیوجار تثبیت گردید. آزمایش جوانه‌زنی بذرهای ضدعفونی‌شده چیا در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح غلظت (صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) از بیوجار اصلاح‌شده و در سه تکرار، به مدت ۷ روز در ژرمیناتور انجام شد. در پایان، شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، طول و وزن تر گیاهچه اندازه‌گیری و شاخص بنیه بذر محاسبه گردید و داده‌ها با نرم‌افزار SPSS و آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.