نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۲۷–۲۹ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

کاربرد بیوپرایمینگ سلنیومی در ارتقای بنیه گیاهچه و شاخص‌های رشدی گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*)

حکیمه علومی[۱]، سودابه نورزاد[۱*]، لیلا ملک‌پورزاده[۱]، زهرا رحیمی‌آسیابرکی[۲]
۱* گروه اکولوژی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران. soudabeh.nourzad@srbiau.ac.ir
۲ گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با ترکیبات سلنیومی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) انجام شد. تیمارها شامل شاهد (آب مقطر)، نانوسلنیوم عنصری (غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و سلنات سدیم (غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر) بودند که در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام و داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس و آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تحلیل شدند. نتایج نشان داد تیمار نانوسلنیوم در مقایسه با شاهد، به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ۶/۷۸ برابری بازده جوانه‌زنی و ۹/۱۹ برابری سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد. همچنین، این تیمار بیشترین طول ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه و بالاترین بنیه وزنی را به خود اختصاص داد. در مقابل، تیمار سلنات سدیم اگرچه توانست ضریب جوانه‌زنی را به بالاترین مقدار برساند، اما عملکرد آن در سایر صفات به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از نانوسلنیوم بود. تحلیل همبستگی نیز روابط مثبت و معنی‌داری را بین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک و بنیه وزنی نشان داد. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که پرایمینگ بذر با نانوسلنیوم عنصری در غلظت کم (۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) به‌عنوان یک روش مؤثر، می‌تواند جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاهچه گل‌گاوزبان اروپایی را به‌طور چشمگیری بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: پرایمینگ، نانوسلنیوم، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، گل‌گاوزبان اروپایی

مقدمه

گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) یک گیاه دارویی ارزشمند و روغنی است که بذر آن، نقطه شروع حساس چرخه زندگی، به شدت در برابر تنش‌های محیطی آسیب‌پذیر بوده و بر امنیت غذایی تأثیر می‌گذارد (Das and Biswas, 2022). تکنیک پرایمینگ بذر، با فعال‌سازی کنترل‌شده فرآیندهای پیش‌از جوانه‌زنی، روشی مؤثر برای بهبود یکنواختی، سرعت جوانه‌زنی و تقویت مقاومت بذرها محسوب می‌شود (Sanchez-Lucas *et al.*, 2025). در این راستا، پرایمینگ با سلنیوم به عنوان یک روش بیوپرایمینگ امیدوارکننده مطرح است. مطالعات روی گیاهانی مانند شلغم، کینوا و همیشه‌بهار نشان داده که تیمار بذر با غلظت‌های بهینه سلنیوم می‌تواند با تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی، بهبود وضعیت فیزیولوژیکی و افزایش جذب عناصر مفید، جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را به‌طور قابل‌توجهی ارتقا دهد (Hussain *et al.*, 2023; Raza *et al.*, 2024; Bayat and Aminifard, 2021). با توجه به اهمیت اقتصادی و دارویی گل‌گاوزبان، این مطالعه با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذر این گیاه با سلنیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه طراحی شده است تا راهکاری عملی برای بهبود تولید پایدار آن ارائه کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پاییز ۱۴۰۴ و در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته اجرا شد. بذرهای گل گاوزبان اروپایی تحت تیمارهای پرایمینگ هیدروپرایم با سه محلول قرار گرفتند: شاهد (آب مقطر)، نانوسلنیوم عنصری (Se^0) با غلظت ۰٫۵ میلی‌گرم بر لیتر و سلنات سدیم (Na_2SeO_4) با غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر، به مدت ۸ ساعت غوطه‌وری و سپس خشک‌شدن. آزمون جوانه‌زنی استاندارد به مدت ۱۰ روز با ۲۰ بذر در هر تکرار در پتری‌دیش انجام شد. شاخص‌های ارزیابی شامل درصد جوانه‌زنی (PG)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، ضریب جوانه‌زنی (CVG)، طول ریشه‌چه (RL)، وزن خشک گیاهچه (SDW) و بنیه وزنی (SVW) محاسبه شدند (Maguire, 1962). طرح آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار بود و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد قرار گرفتند. روابط بین صفات نیز با ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای پرایمینگ با ترکیبات سلنیومی بر کلیه صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گل‌گاوزبان اروپایی معنی‌دار بود. این تأثیر بر صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ضریب جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و بنیه وزنی در سطح احتمال ۱ درصد و بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). این نتایج، نقش مؤثر و محرک سلنیوم را در فرآیندهای حیاتی جوانه‌زنی و استقرار اولیه این گیاه دارویی تأیید می‌کند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر پیش‌تیمار ترکیبات سلنیومی بر صفات جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*)

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه	بنیه وزنی
مواد تیماری	۲	۳۱۳۵/۴۴**	۲۰۶/۶۹**	۸۰/۸۶**	۲۸/۱۴**	۰/۰۵*	۶۲۹/۲۱**
خطا	۶	۲۹/۰۰	۳/۰۸	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۰۱	۱۵/۷۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۵/۰۰	۱۹/۰۸	۲/۵۹	۲/۶۱	۳۱/۷۵	۳۱/۹۴

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

تیمار نانوسلنیوم عنصری (Se^0) با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر به عنوان مؤثرترین تیمار شناخته شد. این تیمار به طور معنی‌داری منجر به افزایش ۶/۷۸ درصدی بازده جوانه‌زنی و ۹/۱۹ برابری سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد گردید. همچنین، بیشترین مقادیر طول ریشه‌چه (۲۳/۹۷ میلی‌متر)، بنیه وزنی (۲۸/۸۳) و وزن خشک گیاهچه (۰/۴۰ گرم) در این تیمار ثبت شد که نشان از قدرت و استحکام برتر گیاهچه‌های تولیدی دارد (جدول ۲).

تیمار سلنات سدیم (۳ میلی‌گرم در لیتر) اگرچه توانست ضریب جوانه‌زنی را به بالاترین مقدار برساند، ولی عملکرد آن در سایر شاخص‌ها نظیر بازده جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از نانوسلنیوم بود. کمترین مقادیر تمامی شاخص‌ها مربوط به تیمار شاهد (آب مقطر) بود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمار ترکیبات سلنیومی بر صفات جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*)

مواد تیماری (میلی‌گرم در لیتر)	بازده جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز)	ضریب جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	بنیه وزنی
شاهد (۰)	۱۰/۶۷c	۱/۹۹c	۱۸/۳۲c	۱۷/۸۷c	۰/۱۳b	۱/۴۷b
نانوسلنیوم ۰/۵	۷۲/۳۳a	۱۸/۲۷a	۲۱/۹۵b	۲۳/۹۷a	۰/۴۰a	۲۸/۸۳a
سلنات سدیم ۳	۲۴/۶۷b	۷/۳۳b	۲۸/۵۶a	۲۰/۴۳b	۰/۳۰ab	۶/۹۳b

تحلیل همبستگی پیرسون نشان‌دهنده همبستگی مثبت و بسیار قوی بین درصد سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه در سطح ۱ درصد حاکی از تأثیر هماهنگ و خطی این صفات است که تأیید می‌کند تیمارهای مؤثر به صورت یکپارچه هم کارایی جوانه‌زنی را افزایش می‌دهند و هم منجر به تولید گیاهچه‌های قوی‌تر با سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تر می‌شوند. ضریب جوانه‌زنی با هیچ یک از صفات دیگر همبستگی معنی‌داری نداشت که نشان می‌دهد این شاخص که بیانگر یکنواختی زمانی جوانه‌زنی است به‌طور مستقل و احتمالاً از طریق مکانیسم‌های اختصاصی‌تری (مانند تأثیر برجسته سلنات سدیم بر این صفت) تحت تأثیر قرار می‌گیرد و می‌تواند به عنوان معیاری تک‌بعدی در ارزیابی کیفیت تیمارها در نظر گرفته شود.

جدول ۳- نتایج ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*)

	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه	بنیه وزنی
درصد جوانه‌زنی	۱					
سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۹**	۱				
ضریب جوانه‌زنی	۰/۰۶ns	۰/۱۷ns	۱			
طول ریشه‌چه	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۲۵ns	۱		
وزن خشک گیاهچه	۰/۶۹*	۰/۷۱*	۰/۳۵ns	۰/۸۵**	۱	
بنیه وزنی	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۰۰۱ns	۰/۹۴**	۰/۸۲**	۱

**، * و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و نبود تفاوت معنی‌دار است.

منابع

Chaachouay, N., Elachouri, M., and Bussmann, R.W. (2024). *Borago officinalis* L. Boraginaceae. In: Bussmann, R.W., Elachouri, M., Kikvidze, Z. (eds) Ethnobotany of Northern Africa and Levant. Ethnobotany of Mountain Regions. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43105-0_52

Das, R., and Biswas, S. (2022). Influence of abiotic stresses on seed production and quality. In Seed Biology Updates; Jimenez-Lopez, J.C., Ed.; IntechOpen: London, UK, ISBN 978-1-80355-813-4.

Maguire, J.D. (1962). Speed of Germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor1. Crop Science, 2, 176-177. https://doi.org/10.2135/CROPSCI1962.0011183X000200020033X

Raza, M.A.S., Aslam, M.U., Valipour, M., Iqbal, R., Haider, I., Mustafa, A.E.M.A., Elshikh, M.S., Ali, I., Roy, R., and Elshamly, A.M.S. (2024). Seed priming with selenium improves growth and yield of quinoa plants suffering drought. Scientific Reports, 14: 886. https://doi.org/10.1038/s41598-024-51371-6

Sanchez-Lucas, R., Bosanquet, J.L., Henderson, J., Catoni, M., Pastor, V., and Luna, E. (2025). Elicitor specific mechanisms of defence priming in oak seedlings against powdery mildew. Plant, Cell & Environment, 48: 4455–4474. https://doi.org/10.1111/pce.15419