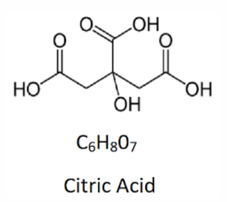
نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

بهبود رشد گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) تحت تنش کادمیوم با استفاده از کربن دات سیتریک اسید (CDs -CA)



مریم امیری[1]*، زهرا سوری[1]، لیلا نوروزی[2]
[1] گروه زیست شناسی، علوم پایه، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
[2] پژوهشگر مرکز تحقیقات عوامل محیطی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، ایران

چکیده

کادمیوم با اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی، رشد گیاهان را مختل می‌کند. این پژوهش به بررسی تأثیر کربن دات سیتریک اسید بر شاخص‌های رشدی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris L.*) تحت تنش کادمیوم پرداخته است. آزمایش به صورت فاکتوریل در یک طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط هیدروپونیک انجام شد. تیمارها شامل غلظت های مختلف کادمیوم و سیتریک اسید بودند. پارامترهای مورد اندازه‌گیری شامل طول و وزن ریشه، بخش هوایی و محتوای کلروفیل کل بود. نتایج نشان داد که غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم باعث کاهش معنادار این شاخص‌ها شد. با افزودن کربن دات سیتریک اسید، به‌ویژه در غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، این کاهش به‌طور قابل توجهی جبران شد. به‌طور مثال، در تیمار ۶۰ میلی‌گرم کادمیوم همراه با ۱۲۰ میلی‌گرم کربن دات، وزن ریشه، بخش هوایی و محتوای کلروفیل کل به ترتیب ۹۱٪، ۴۲٪ و ۴۱٪ افزایش یافت.این بهبود احتمالاً از طریق کلاته‌سازی کادمیوم و تعدیل تنش اکسیداتیو انجام شده است. بنابراین، کربن دات سیتریک اسید می‌تواند به عنوان یک عامل مؤثر در کاهش سمیت کادمیوم و افزایش رشد و فتوسنتز در گیاه آویشن مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

آلودگی فلزات سنگین مانند کادمیوم به دلیل سمیت بالا، تهدیدی جدی برای اکوسیستم‌ها و امنیت غذایی محسوب می‌شود. کادمیوم با ایجاد اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک کلیدی مانند فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌ها، و نیز از طریق القای تنش اکسیداتیو و مختل کردن جذب عناصر ضروری، رشد گیاه را محدود می‌کند (Souri et al., 2021). در سال‌های اخیر، نانوتکنولوژی با ارائه راهکارهای نوین، افق‌های جدیدی در حوزه کشاورزی پایدار گشوده است. کربن دات‌ها به دلیل داشتن سطح ویژه بالا، سمیت پایین و زیست‌سازگاری بالا، به عنوان نانوذرات هوشمند برای تحویل هدفمند مواد و کاهش تنش‌های محیطی پتانسیل زیادی دارند (Wang et al., 2025). اسید سیتریک با کاهش تنش اکسیداتیو و کلاته‌سازی فلزات سنگین، به افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی کمک می‌کند و اثرات مضر کادمیوم را در گیاهان کاهش می‌دهد. مطالعات نشان داده‌اند که این ترکیب در کاهش سمیت کادمیوم در گونه‌های مختلف گیاهی مؤثر است (Ilyas et al., 2022; Rizwan et al., 2025). با توجه به اهمیت اقتصادی و دارویی گیاه آویشن به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند، این مطالعه به ارزیابی کمی تغییرات پارامترهای رشد این گیاه در شرایط فوق پرداخته است.

مواد و روش‌ها

نانوذرات کربن دات سیتریک اسید (CDs-CA) با روش هیدروترمال و با استفاده از پسماند گیاهی سنتز شد. بذرهای گیاه آویشن(*Thymus vulgaris*) پس از ضدعفونی در پرلیت کشت شدند. گیاهچه‌ها پس از جوانه‌زنی به محیط هیدروپونیک منتقل شدند و پس از رسیدن به مرحله چهاربرگی، تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کادمیوم (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) و کربن دات سیتریک اسید (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) به مدت دو هفته روی آنها اعمال گردید. پس از پایان دوره تیمار، صفات رشدی شامل وزن تر ریشه و اندام هوایی، طول ریشه و ساقه و همچنین محتوای کلروفیل کل برگ‌ها اندازه‌گیری شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این پژوهش، تنش کادمیوم (به ویژه در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش معنادار طول ریشه و اندام هوایی، وزن تر ریشه و بخش هوایی و محتوای کلروفیل کل در گیاه آویشن شد. کاربرد کربن‌دات سیتریک اسید، به ویژه در غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، اثرات محافظتی قابل توجهی نشان داد و توانست کاهش وزن تر ریشه و بخش هوایی (بدر تیمارهای حاوی کادمیوم را به طور معنادار جبران کند. همچنین، این نانوذره کاهش کلروفیل ناشی از تنش را تا ۴۸ درصد بهبود بخشید. اگرچه کربن‌دات سیتریک اسید افزایش عددی در طول اندام‌ها ایجاد کرد، اما این بهبود از نظر آماری معنادار نبود. به طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که کربن‌دات سیتریک اسید، احتمالاً از طریق مکانیسم‌هایی مانند کلاته‌سازی یون‌های کادمیوم، کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه (Chen et al., 2020)، راهبردی مؤثر برای کاهش سمیت کادمیوم و بهبود شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه آویشن است.

جدول ۱- کاربرد کربن دات سیتریک اسید بر طول و وزن ریشه و بخش هوایی و محتوای کلروفیل کل گیاه آویشن تحت تنش کادمیوم. حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن اثر تیمارها بر طول ریشه و بخش هوایی با استفاده از آزمون دانکن است. داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد ارائه شده‌اند.

غلظت کربن دات سیتریک اسید (میلی‌گرم بر لیتر)	غلظت کادمیوم (میلی‌گرم بر لیتر)	طول ریشه (سانتی متر)	طول بخش هوایی (سانتی متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر بخش هوایی (گرم)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)
۰	۰	۱۶/۱^{a} ± ۰/۹۴	۳/۷۸ ^{a}± ۰/۲۷	۰/۳۴ ^{abc}± ۰/۰۵	۰/۵۴ ^{ab}± ۰/۰۲	۱/۶۹ ^{a}± ۰/۱۶
۶۰	۰	۱۳/۴ ^{ab}± ۰/۶۴	۳/۵۳ ^{ab}± ۰/۳	۰/۴۲ ^{a}± ۰/۰۵	۰/۶۱ ^{a}± ۰/۰۲	۱/۶۸ ^{a}± ۰/۱
۱۲۰	۰	۱۳/۰ ^{ab}± ۰/۲۲	۳/۳۴ ^{ab}± ۰/۲۶	۰/۴۱ ^{a}± ۰/۰۴	۰/۵۹ ^{ab}± ۰/۰۵	۱/۶۱ ^{ab}± ۰/۱۵
۰	۳۰	۱۲/۶ ^{b}± ۱/۴	۲/۷۳ ^{ab}± ۰/۴۷	۰/۲۷ ^{bc}± ۰/۰۱	۰/۴۶ ^{bc}± ۰/۰۲	۱/۲۵ ^{bc}± ۰/۰۸
۰	۶۰	۱۰/۴ ^{b}± ۰/۳۲	۲/۵۷ ^{ab}± ۰/۳	۰/۲۳ ^{ab}± ۰/۰۱	۰/۳۹ ^{ab}± ۰/۰۰۶	۱/۰۵ ^{ab}± ۰/۰۴
۶۰	۳۰	۱۳/۱ ^{ab}± ۰/۴۶	۳/۱۳ ^{ab}±۰/۴۵	۰/۳۸ ^{a}± ۰/۰۶	۰/۵۵ ^{a}± ۰/۰۷	۱/۵۸ ^{a}± ۰/۱
۱۲۰	۳۰	۱۳/۷ ^{ab}± ۱/۷	۳/۴۵ ^{b}± ۰/۱۳	۰/۴۷ ^{c}± ۰/۰۶	۰/۶۴ ^{c}± ۰/۰۶	۱/۶۷ ^{c}± ۰/۱۱
۶۰	۶۰	۱۳/۱ ^{ab}± ۱/۸	۳/۳۴ ^{ab}±۰/۳۴	۰/۴۲ ^{a}± ۰/۰۴	۰/۵۵ ^{ab}± ۰/۰۶	۱/۵۶ ^{ab}± ۰/۱۲
۱۲۰	۶۰	۱۲/۴ ^{b}± ۰/۲۵	۳/۳۷ ^{ab}± ۰/۱	۰/۴۴ ^{a}± ۰/۰۳	۰/۵۴ ^{ab}± ۰/۰۱	۱/۴۸ ^{ab}± ۰/۱۳

این مطالعه نشان داد که تنش کادمیوم (غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش معنادار رشد و محتوای کلروفیل در گیاه آویشن می‌شود، اما کاربرد کربن‌دات سیتریک اسید توانست این کاهش‌ها را به‌طور چشمگیر جبران کند. به‌نظر می‌رسد مکانیسم اصلی این بهبود، از طریق کلاته‌سازی یون‌های کادمیوم و کاهش تنش اکسیداتیو صورت گرفته باشد. در نتیجه، کربن‌دات سیتریک اسید پتانسیل بالایی به‌عنوان یک اصلاح‌کننده زیستی مؤثر برای کاهش سمیت کادمیوم و بهبود وضعیت گیاهان تحت تنش دارد.

منابع

Chen, H.-C., Zhang, S.L.,Wu, K.-J., Li, R ., He, X.-R.., He, D.-N., Huang, C.,Wei, H.(2020) The Effects of Exogenous Organic Acids on the Growth, Photosynthesis and Cellular Ultrastructure of *Salix Variegata* Franch. Under Cd Stress, Ecotoxicology and Environmental Safety:187, 109790. https://doi.org/10.3390/plants14030383

Ilyas, N., Akhtar, N., Yasmin, H., Sahreen, S., Hasnain, Z., Kaushik, P., Ahmad, A.,Ahmad, P. (2022). Efficacy of citric acid chelate and Bacillus sp. in amelioration of cadmium and chromium toxicity in wheat. Chemosphere, 290, 133342. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133342

Rizwan, M., Riaz, U., Aziz, H., Anum, W., Rizwan, M., Murtaza, G.,Yong, J. W. H., Chen, H. (2025). Extenuating lead toxicity in Chinese cabbage using organic acids: Comparative efficacy of acetic, citric, and tartari acids.Ecotoxicology and environmental safety, 300, 118447.https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118447

Souri, Z., Karimi, N., Farooq, M. A., da Silva Lobato, A. K. (2021). Improved physiological defense responses by application of sodium nitroprusside in *Isatis cappadocica* Desv. under cadmium stress. Physiologia plantarum, 173(1), 100–115. https://doi.org/10.1111/ppl.13226

Wang, M., Zheng, X., Oba, B.T., Lin, Y., Shen, C., Huang, X., Yang, F., Xiao, Q., Ding, Y. (2025). Innovations in nanomaterials for remediation of heavy metal−polluted soil: Advances, mechanisticinsights,andfutureprospects.NanoMaterialsScience. 10.1016/j.nanoms.2025.06.008 . https://doi.org/10.3390/toxics12120872