تاثیر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم بر تثبیت کادمیم تحت تنش کادمیم در گیاه نعنافلفلی (*Mentha piperita* L.)

طلا نیک بین[1]*، فاطمه نژاد حبیب وش[1]*
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران f.nejadhabibvash@urmia.ac.ir

چکیده

نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) گیاهی دارویی و معطر متعلق به خانواده نعنائیان است که اسانس آن در صنایع مختلف داروسازی استفاده می‌شود. به منظور بررسی اثرات افزودن غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر تجمع زیستی کادمیوم در سیستم خاک-گیاه نعنا فلفلی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در خرداد ماه تا شهریور ۱۴۰۳ در دانشگاه ارومیه انجام شد. فاکتور اول، نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، فاکتور دوم خاک آلوده به کادمیوم (۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد ضریب انتقال در گیاهان کشت شده در خاک آلوده به کادمیم که با ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تیمار شده بودند، از ۰۰۵/۰ به ۰۰۳/۰ کاهش یافت. همچنین با افزودن نانوذرات به خاک، جذب و تجمع زیستی کادمیوم توسط ریشه‌های نعنا فلفلی افزایش یافت. این نشان می‌دهد که افزودن نانوذرات دی اکسید تیتانیوم انتقال کادمیوم از ریشه به اندام هوایی را به طور معنی داری کاهش داده و میزان تجمع کادمیم در ریشه‌ها افزایش پیدا کرد. بنابراین، کاربرد نانوذرات دی-اکسید تیتانیوم می‌تواند یک رویکرد پایدار جهت تثبیت فلز سنگین کادمیوم باشد.

واژه‌های کلیدی: کادمیم، گیاهان دارویی، گیاه پالایی، نانوذرات

مقدمه

نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) گیاهی دارویی و معطر متعلق به خانواده نعنائیان است که اسانس آن در صنایع مختلف داروسازی استفاده می‌شود. طی مطالعه‌ای مشخص شد، هنگامی که محتوای نانوذرات دی اکسید تیتانیوم نسبتاً بالا بود (۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، به طور قابل‌توجهی محتوای کادمیم در دانه‌های برنج افزایش یافت . این ممکن است به دلیل جذب کادمیوم روی سطح نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و جذب همزمان با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم توسط سیستم ریشه باشد که منجر به افزایش جذب کادمیم توسط گیاهان می‌شود. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ممکن است با مهار انتقال آن از ریشه به اندام هوایی و تثبیت آن در دیواره سلولی ریشه *Coriandrum sativum* L. محتوای کادمیم را در گیاهان کاهش دهد (Sardar *et al.*, 2022).

نتایج Deng و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که نانوذرات TiO_2 غلظت کادمیوم را در ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌های گیاه رامی به ترتیب ۳۵، ۷۵ و ۲۷۸ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد به طور قابل توجهی افزایش دادند. با توجه به بررسی‌های انجام شده، تاثیر نانوذره دی اکسید تیتانیوم بر جذب، انتقال و انباشت کادمیم توسط گیاه دارویی نعنافلفلی در خاک آلوده به کادمیم تاکنون گزارش نشده است. در این تحقیق، به بررسی پتانسیل گیاه نعنا فلفلی جهت تثبیت فلز سنگین کادمیم در شرایط خاک آلوده به کادمیم پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه از خرداد ماه تا شهریور ماه سال ۱۴۰۳ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت کشت گلدانی (مجموعا ۳۶ گلدان) اجرا گردید. نانو دی اکسید تیتانیوم، شامل ۳ سطح (۰، ۲۰۰ و۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و فاکتور دوم شامل کادمیوم در ۲ سطح (۰ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود که به خاک افزوده شد. اندازه‌گیری غلظت فلز سنگین کادمیم در خاک با استفاده از روش تیزاب سلطانی انجام شد. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین گیاهان از روش‌های متداول WHO و Sekabira (Sekabira *et al.*, 2011) استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد $P \leq 0.05$ تعیین شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار IBM.SPSS، نسخه ۲۳ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول شماره۱ آورده شده است. تحت تیمار کادمیوم، محتوای کادمیوم در شاخه و ریشه نعنا فلفلی به ترتیب ۰۳/۳ و ۵۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. فاکتور تغلیظ زیستی ریشه (RBCF)، که نشان‌دهنده نسبت کادمیم در ریشه‌ها به خاک است، با افزودن نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم از ۴۱/۲ به ۶۶/۱۲ افزایش یافت. اضافه کردن نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به خاک تحت تنش کادمیم، ضریب انتقال (TF) یا نسبت کادمیوم اندام هوایی به ریشه، در مقایسه با تیمار کادمیم به طور معنی داری کاهش یافت. این ضریب در گیاهان کشت شده در خاک آلوده به کادمیم که با ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تیمار شده بودند، از ۰۰۵/۰ به ۰۰۳/۰ کاهش یافت. این نشان می‌دهد که افزودن نانوذرات دی اکسید تیتانیوم انتقال کادمیوم از ریشه به اندام هوایی را به طور معنی داری کاهش داده و میزان تجمع کادمیم در ریشه‌ها افزایش پیدا کرد .

بر اساس نتایج Lux و همکاران (۲۰۱۱) ، در گیاه *Zea mays*، بیش از ۷۰ درصد از کادمیم جذب‌شده در ریشه باقی می‌ماند و مقدار ناچیزی به ساقه و برگ منتقل می‌شود. آن‌ها بیان کردند که ضخیم شدن دیواره‌های سلولی ریشه، تولید ترکیبات کیلات‌کننده مانند فیتوکلاتین‌ها، و پدیده‌هایی نظیر ترسیب کادمیم در واکوئل‌های سلولی، از عوامل اصلی نگه‌داشت. کادمیم در ریشه و کاهش انتقال از ریشه به اندام‌های هوایی هستند .همچنین عشقی ملایری بیان داشت که تراکم کادمیم در ریشه گوجه‌فرنگی نسبت به اندام هوایی بیشتر بود و علت آن را جذب و ذخیره‌سازی بیشتر این عنصر توسط ریشه در شرایط آلودگی به نیترات کادمیم گزارش نمود .نتایج مشابهی توسط محققان دیگر در درخت سپیدار (Nikolić and Stevović, 2015)، (Kurtyka *et al.*, 2008)، در گیاه خیار (Abu-Muriefah, 2008)، برنج (Bahmanyar, 2007) و در گیاه گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) (Shahid, 2017) به دست آمد که نشان داد کادمیم عمدتاً در ریشه تجمع می‌یابد و تنها مقادیر کمی از آن در ساقه و برگ‌ها یافت می‌شود.

منابع

Deng H., Lei H., Luo Y., Huan C., Li J., Li H., He F., Zhang B., Yi K., Sun A. (2024). The effects of titanium dioxide nanoparticles on cadmium bioaccumulation in ramie and its application in remediation of cadmium-contaminated soil. Alexandria Engineering Journal. 86: 663-668. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.12.019

Emamverdian, A., Ding, Y., Barker, J., Liu, G., Hasanuzzaman, M., Li, Y., Ramakrishnan, M., & Mokhberdoran, F. (2022). Co-application of 24-epibrassinolide and titanium oxide nanoparticles promotes pleioblastus pygmaeus plant tolerance to Cu and Cd toxicity by increasing antioxidant activity and photosynthetic capacity and reducing heavy metal accumulation and translocation. Antioxidants, 11(3), 451. https://doi.org/10.3390/antiox1103045

Jain, R. B. (2020). Cadmium and kidney function: Concentrations, variabilities, and associations across various stages of glomerular function. Environmental pollution, 256, 113361 https://doi.org/10. 1016/j.envpol.2019.113361