



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## زیست پالایی فلزات سنگین لجن فاضلاب توسط دو گونه کرم خاکی

حسین کاری دولت آباد<sup>۱\*</sup>، اتابک روحی امینجان<sup>۲</sup>، ربابه لطیف<sup>۳</sup>

- ۱- بخش تحقیقات بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (h.kari@areeo.ac.ir)
- ۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
- ۳- پردیس فرزائگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

### چکیده

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های غیرقابل تجزیه‌ای هستند که با تأثیر بر چرخه‌های زیست‌محیطی و موجودات خاکزی، تهدیدی جدی برای سلامت خاک، گیاهان و جانوران محسوب می‌شوند. این پژوهش با هدف بررسی کارایی زیست‌پالایی دو گونه کرم خاکی *Eisenia fetida* و *Aporrectodea caliginosa* در کاهش آلودگی فلزات سنگین در بستر لجن فاضلاب انجام شد. آزمایش‌ها در بسترهای حاوی لجن فاضلاب طراحی و پس از دو ماه تغییرات غلظت فلزات سنگین در بستر و در بدن کرم‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که فعالیت این کرم‌ها منجر به کاهش قابل توجه غلظت فلزات سنگین مانند روی، سرب، کروم، مس و نیکل در لجن فاضلاب شد. گونه *A. caliginosa* تجمع بالاتری از نیکل و کروم را در بدن خود نشان داد، در حالی که *E. fetida* در کاهش فلزات سنگین در لجن مؤثرتر بود. این تفاوت‌ها احتمالاً ناشی از تفاوت در سازوکارهای متابولیکی و دفع در دو گونه است. یافته‌ها تأیید می‌کنند که کرم‌های خاکی می‌توانند به عنوان ابزاری کارآمد در پالایش زیستی لجن فاضلاب و کاهش خطرات زیست‌محیطی فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرند. این مطالعه بر اهمیت انتخاب گونه مناسب کرم خاکی با توجه به نوع آلاینده تأکید دارد.

کلمات کلیدی: *Eisenia fetida*، *Aporrectodea caliginosa*، زیست‌پالایی، تجمع زیستی



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



۱- مقدمه

فلزات سنگین عناصری هستند که در خاک‌های مختلف یافت می‌شوند و برخلاف آلاینده‌های آلی، تجزیه نمی‌شوند (Alengebawy et al., 2021). آلودگی خاک بوسیله فلزات سنگین، چرخه‌های بیوژئوشیمیایی و آب و در نتیجه فرآیندهای اکولوژی خاک را تغییر می‌دهد (Belon et al., 2012). فلزات سنگین برای جانداران خاک مضر هستند و می‌توانند فعالیت‌ها و تنوع آنها را تغییر دهند (Boughattas et al., 2016, 2018; Mkhinini et al., 2020). وجود فلزات سنگین در غلظت‌های بیش از حد می‌تواند با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاهان به آنها آسیب برساند (Helaoui et al., 2020, 2022a, 2022b; Mkhinini et al., 2020). علاوه بر این، به دلیل سمیت فلزات سنگین، آلودگی خاک تهدیدات قابل توجهی را برای ماکروفونا، به ویژه کرم‌های خاکی، ایجاد می‌کند و باعث اختلال در رشد و تولیدمثل آنها می‌شود (Boughattas et al., 2016; Mkhinini et al., 2019a, 2019b; Hattab et al., 2020). آلودگی خاک به فلزات سنگین طیف گسترده‌ای از تأثیرات منفی بر موجودات خاکزی دارد که می‌تواند حاد یا مزمن باشد. کرم‌های خاکی از نظر زی‌توده و فعالیت، در اکثر اکوسیستم‌های خشکی جزء مهمی محسوب می‌شوند. آن‌ها تأثیر مثبتی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند (Bartlett et al., 2010; Shi et al., 2017)؛ تماس نزدیکی با خاک دارند، مقادیر زیادی خاک مصرف می‌کنند و پوست ضخیمی به عنوان مانع در مقابل محتوای خاک ندارند. بنابراین، کرم‌های خاکی به‌طور گسترده در تحقیقات اکوتوکسیکولوژی خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Sivakumar, 2015). مواد آلی را مصرف کرده، تجزیه می‌کنند و با خاک مخلوط می‌کنند تا مواد آلی پایدار تولید کنند.

آلودگی خاک بوسیله فلزات سنگین همچنان یک مشکل جدی محسوب می‌شود، زیرا اثرات مضر متعددی بر سلامت جانداران خاکزی و همچنین انسان‌ها دارد (Ray et al., 2019; Masindi and Muedi, 2018). طبیعت و انسان، فلزات سنگین را به محیط زیست تخلیه می‌کنند. وقایع طبیعی شامل فرسایش، هوازدگی سنگ‌های غنی از فلز، فعالیت باکتری‌ها و فوران‌های آتشفشانی هستند، در حالی که منابع انسانی شامل دفع زباله، احتراق سوخت‌های فسیلی، ذوب فلزات، فعالیت‌های صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از کودها و آفت‌کش‌های حاوی فلز می‌باشد (Alengebawy et al., 2021). فلزات سنگین به روش‌های مختلفی بر سلول‌ها و موجودات زنده تأثیر می‌گذارند (Tamas et al., 2014). کرم‌های خاکی به دلیل نقش‌های مهمی که در خاک ایفا می‌کنند، معمولاً به عنوان شاخص زیستی در نظر گرفته می‌شوند. در واقع، آنها جانداران کلیدی در تجزیه مواد آلی، تهویه خاک و تنظیم فراهمی زیستی مواد مغذی برای گیاهان هستند (Brown, 1995). علاوه بر این، کرم‌های خاکی از اولین موجوداتی هستند که در معرض آلاینده‌های خاک قرار می‌گیرند و توانایی بلعیدن و جذب آلاینده‌ها را دارند، در نتیجه آلاینده‌های خاک آنها را سریع‌تر از سایر جانداران تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tsyusko et al., 2012).

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ آماده سازی بسترها

برای انجام این تحقیق کرم‌های خاکی بالغ از محیط جمع‌آوری و با خاک زیستگاه، به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، به منظور اطمینان از انتخاب گونه‌های مورد نظر، تعدادی از نمونه‌ها به کمک استرئومیکروسکوپ مطابق با کلید



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شناسایی مورد مطالعه قرار گرفتند. در این مطالعه گونه سطح‌زی *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) و گونه میان‌زی *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) استفاده شدند. به منظور آماده‌سازی بسترها از لجن فاضلاب استفاده شد. ظروف مورد استفاده با توری‌هایی پوشانده شدند تا ضمن حفظ رطوبت بستر، اکسیژن‌رسانی به بسترها حفظ شود. وزن بسترها یک کیلوگرم انتخاب شد. سه ظرف به عنوان شاهد و از بستر لجن فاضلاب سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس به هر بستر ۳۰ گرم اضافه شد. نمونه‌ها به صورت تک به تک وزن شدند. رطوبت بستر در محدوده  $75 \pm 5\%$  حفظ شد. پس از هر بار بازرسی بستر، به میزان کافی آب با اسپری به بستر اضافه شد. رطوبت بستر با رطوبت سنج خاک اندازه‌گیری شد.

۲-۲ آماده سازی نمونه‌ها جهت انجام آنالیز فلزات سنگین

کرم‌های خاکی پس از برداشت از بستر لجن فاضلاب به آزمایشگاه منتقل و شستشو داده شدند. عمل شستشوی نمونه‌ها برای بار دوم با آب مقطر انجام شد. سپس نمونه‌ها روی کاغذ صافی مرطوب در داخل پتری دیش قرار داده شدند (چهار گرم خاکی در هر پتری دیش). سپس ظرف‌ها کدگذاری و در یک مکان نسبتاً تاریک در دمای تقریبی ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل سه روز قرار داده شدند. کاغذهای صافی باید هر ۱۲ ساعت یا حداکثر هر ۲۴ ساعت تعویض شوند؛ در غیر این صورت ممکن است کرم‌ها دوباره از خاک دفع شده به منظور تغذیه استفاده نمایند. نمونه‌ها در هر بار که کاغذ صافی تعویض می‌شد با آب مقطر شستشو داده می‌شدند. پس از تخلیه کامل دستگاه گوارش، نمونه‌ها خشک و با ترازوی دیجیتال وزن شدند (Latif et al., 2013). برای به دست آوردن غلظت فلزات سنگین در بستر کرم‌های خاکی و انجام مراحل بعدی آنالیز، ابتدا خاک خشک شد. سپس، برای هموژن کردن، آن را الک کرده و ذرات درشت آن جدا شد.

۳=۲ آنالیز فلزات سنگین

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، کروم، نیکل، کادمیوم، آرسنیک، روی و مس از تیزاب سلطانی (نسبت سه به یک هیدروکلریک اسید و نیتریک اسید) برای هضم نمونه‌ها استفاده شد. برای هضم نمونه‌های بستر یک گرم نمونه کوبیده شده و گذرانده شده از الک ۰/۵ میلی‌متری را توزین کرده و به بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل شد. نمونه را با چند قطره آب مقطر خیس کرده و در حال هم‌زدن ۱۰ میلی‌لیتر تیزاب سلطانی قطره قطره به نمونه اضافه شد (شه‌بازی و همکاران، ۱۳۹۷). نمونه یک شب در دمای اتاق به حال خود گذاشته و روز بعد چهار عدد ساچمه شیشه‌ای به آن اضافه و دو ساعت بر روی اجاق در دمای ۹۵ درجه سلسیوس حرارت داده شد. پس از آن، نمونه به بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و با آب مقطر اسیدی (غلظت یک درصد هیدروکلریک اسید) به حجم رسانده شد. محلول حاصل با دستگاه ICP-OES مدل Perkin Elmer Optima 2100 DV اندازه‌گیری شد.

۳-نتایج و بحث

توانایی دو گونه کرم خاکی *E. fetida* و *A. caliginosa* برای جذب فلزات سنگین در لجن فاضلاب و تجمع آن‌ها در بدن این کرم‌ها در شکل‌های ۱-۳ نشان داده شده است. در لجن فاضلاب، فلزات روی، سرب، کروم، مس و نیکل کاهشی بین ۲۶ تا ۳۳ درصد بعد از دو ماه نشان دادند (شکل ۱).



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴

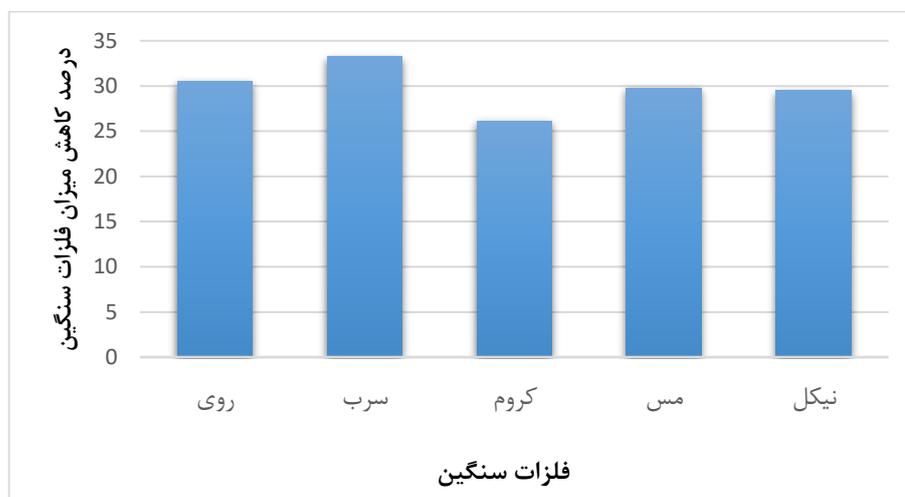


مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

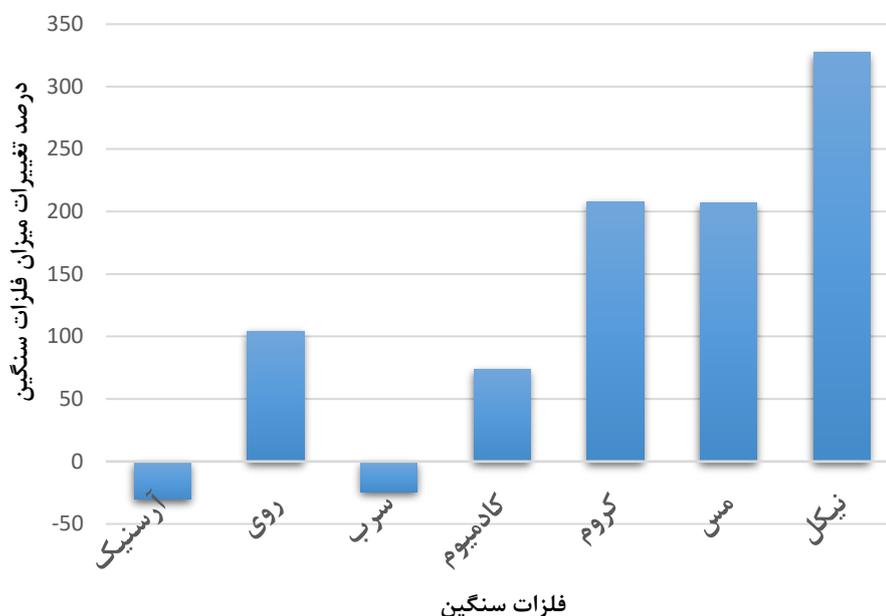
دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



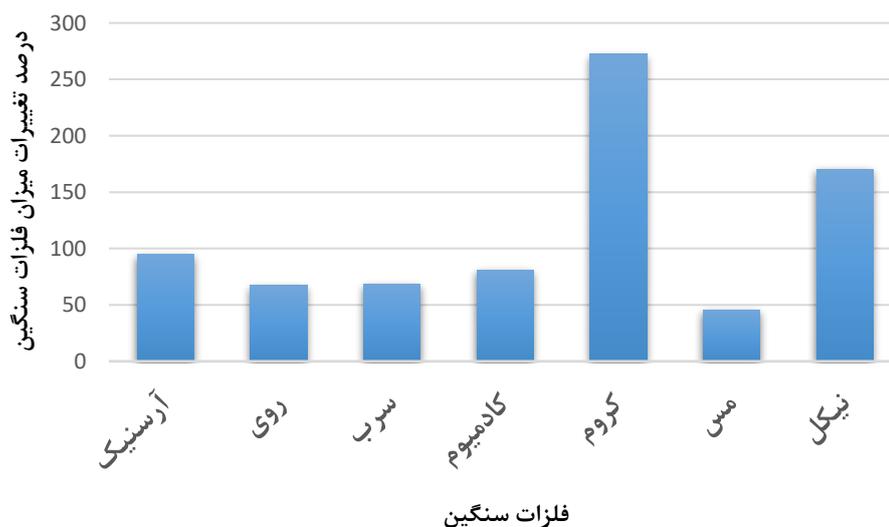
شکل ۱. درصد کاهش میزان فلزات سنگین لجن فاضلاب تحت تأثیر دو گونه کرم خاکی *Eisenia fetida* و *Aporrectodea caliginosa* بعد از دو ماه از شروع آزمایش

در بدن کرم خاکی *A. caliginosa* بالاترین تجمع مربوط به نیکل (+۳۲۷٪)، کروم (+۲۰۸٪) و مس (+۲۰۷٪) بود؛ روی نیز ۱۰۴٪ و کادمیوم ۷۴٪ افزایش یافتند. با این حال، آرسنیک (-۳۰٪) و سرب (-۲۴٪) در بدن این کرم کاهش یافت که نشان‌دهنده دفع، عدم جذب یا احتمالاً سازوکارهای متابولیکی خاص این گونه است (شکل ۲).



شکل ۲. درصد تغییرات میزان فلزات سنگین در بدن *Aporrectodea caliginosa* بعد از دو ماه از شروع آزمایش

میزان تجمع تمام فلزات سنگین در بدن کرم خاکی *E. fetida* روند افزایشی داشتند. بیشترین تجمع مربوط به کروم (+۲۷۳٪) و نیکل (+۱۷۰٪) بود و آرسنیک و سرب به ترتیب ۹۵ و ۶۸ درصد افزایش یافتند؛ کادمیوم، روی و مس نیز به ترتیب افزایش ۸۱٪، ۶۷٪ و ۴۶٪ را نشان دادند (شکل ۳).



شکل ۳. درصد تغییرات میزان فلزات سنگین در بدن *Eisenia fetida* بعد از دو ماه از شروع آزمایش



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



کاهش چشمگیر عناصر سنگین مانند روی (۰/۳۱)، سرب (۰/۳۳)، کروم (۰/۲۶)، مس (۰/۳۰) و نیکل (۰/۳۰) در بستر لجن نشان‌دهنده کارایی بالای سامانه زیست‌پالایی با استفاده از کرم‌های خاکی است. این کاهش، نقش استخراج زیستی و انتقال عناصر به بدن کرم را در پالایش بستر ثابت می‌کند. در بدن کرم‌های خاکی، افزایش بسیار چشمگیر تجمع فلزات سنگین، به‌ویژه نیکل و کروم، قابل توجه بود. گونه *A. caliginosa* به طور خاص درصد‌های بالاتری برای این عناصر نسبت به دیگر فلزها نشان داد؛ در حالی که گونه *E. fetida* تجمع بالاتری از آرسنیک (۰/۹۵+) و سرب (۰/۶۸+) داشت. این نتایج با احتمال وجود تفاوت در ظرفیت تغذیه، متابولیسم و تنظیم دفع در دو گونه ارتباط دارد.

مشابه نتایج این تحقیق در تعدادی از مطالعات نشان داده شده است که کرم‌های خاکی می‌توانند فلزات سنگینی مانند کادمیوم، جیوه، سرب، مس، منگنز، آهن و روی را بدون هیچ گونه اثرات فیزیولوژیکی در بافت‌های خود ذخیره کنند (Hartenstein et al., 1980; Dai et al., 2004; Latifi et al., 2020). همچنین مطالعات نشان داده‌اند که بین کاهش غلظت فلزات در خاک و تجمع این فلزات در بدن کرم‌های خاکی رابطه معنی‌داری وجود دارد (Aseman et al., 2015). همبستگی مثبتی بین زی‌توده کرم خاکی و غلظت کل مس، سرب و روی در خاک‌های مختلف آلوده به فلزات سنگین گزارش شده است (Stafford and McGrath, 1986). Uba و همکاران (۲۰۰۹) با انجام مطالعه‌ای بر روی محتوای فلزات سنگین در کرم خاکی *umbricus terrestris* و خاک‌های مرتبط در محل‌های آلوده، تأیید کردند که کرم‌های خاکی مقداری فلزات سنگین از خاک‌های آلوده را در زی‌توده خود تجمع داده‌اند. این تجمع کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم برای کادمیوم، مس، سرب و منگنز بود در حالی که این نسبت برای فلز روی بیش از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

### نتیجه‌گیری

کاهش عمده فلزات سنگین در لجن فاضلاب پس از فعالیت کرم‌های خاکی، امکان استفاده عملی و صنعتی این روش را برای پالایش فاضلاب شهری و تبدیل لجن آلوده به ماده‌ای کم‌خطر نشان می‌دهد. تفاوت در تجمع و دفع فلزات در دو گونه کرم خاکی، بر لزوم انتخاب گونه مناسب با نوع آلاینده تأکید دارد. کاربرد کرم‌های خاکی، به‌ویژه *E. fetida*، موجب کاهش معنی‌دار اکثر فلزات سنگین در لجن و تجمع آن‌ها در بدن کرم خاکی شد. کارایی این سامانه زیست‌پالایی و انطباق داده‌ها با مطالعات بین‌المللی، استفاده از این رویکرد را برای تصفیه لجن و کاهش خطرات زیست‌محیطی آن اثبات می‌کند.

### فهرست منابع

شهبازی، ک.، داودی، م. ح. و فیض‌اله‌زاده اردبیلی، م. (۱۳۹۷). روش‌های تجزیه کود. موسسه تحقیقات خاک و آب. ۳۹۱ ص.

Alengebawy, A., Abdelkhalek, S.T., Qureshi, S.R., Man-Qun Wang, M.-Q., 2021. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications. *Toxics* 9, 42.  
<https://doi.org/10.3390/toxics9030042>



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ آذر تا ۱۱



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Aseman E, Mostafaei G, Sayaf H, Asgharnia H, Akbari H and Iranshahi L, 2015. Investigation of bioremediation of soils contaminated with chromium and cadmium by earthworms *Eisenia fetida*. Health and the Environment. 8:357-366 (In Persian with English abstract).

Bartlett, M.D., Briones, M.J.I., Neilson, R., Schmidt, O., Spurgeon, D., Creamer, R.E., 2010. A critical review of current methods in earthworm ecology: from individuals to populations. Eur. J. Soil Biol. 46, 67. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.11.006>.

Belon, E., Boisson, M., Deportes, I.Z., Eglin, T.K., Feix, I., Bispo, A.O., Galsomies, L., Lebond, S., Guellier, C.R., 2012. An inventory of trace elements inputs to French agricultural soils. Sci. Total Environ. 439, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.011>.

Brown, G.G., 1995. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? J. Plant Soil 170, 209–223

Boughattas, I., Hattab, S., Boussetta, H., Sappin-Didier, V., Viarengo, A., Banni, M., Sforzini, S., 2016. Biomarker responses of *Eisenia andrei* to a polymetallic gradient near a lead mining site in North Tunisia. Environ. Pollut. 218, 530–541. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.033>.

Boughattas, I., Hattab, S., Boussetta, H., Alphonse, V., Livet, A., Giusti-Miller, S., Banni, M., Bousserhine, N., 2018. Use of earthworms *Eisenia andrei* on the bioremediation of contaminated area in north of Tunisia and microbial soil enzymes as bioindicator of change on heavy metals speciation. J. Soils Sediments 19, 296–309. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2038-8>

Dai, J., Becquer, T., Rouiller, J. H., Reversat, G., Bernhard-Reversat, F., Nahmani, J., & Lavelle, P. (2004). Heavy metal accumulation by two earthworm species and its relationship to total and DTPA-extractable metals in soils. Soil Biology and Biochemistry, 36(1), 91–98.

Engwa, G.A., Ferdinand, P.U., Nwalo, F.N., Unachukwu, M.N., 2019. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans, in: Karcioğlu, O., Arslan, B. (Eds.), Poisoning in the modern world-new tricks for an old dog ?. Intech Open, UK, pp. 1–23. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>.

Hartenstein, R., Neuhauser, E. F., & Collier, J. 1980. Accumulation of heavy metals in the earthworm *Eisenia foetida* (Vol. 9, No. 1, pp. 23-26). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America

Helaoui, S., Mkhinini, M., Boughattas, I., Alphonse, V., Giusti-Miller, S., Livet, A., Banni, M., Bousserhine, N., 2020. Assessment of changes on rhizospheric soil microbial biomass, enzymes activities and bacterial functional diversity under nickel stress in presence of alfalfa plants. Soil Sediment Contam. 29, 823–843. <https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1771276>.

Hattab, S., Boughattas, I., Mkhinini, M., Banni, M., 2020. Impact of intensive farming on soil heavy metal accumulation and biomarkers responses of earthworms *Eisenia andrei*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 105, 559–564. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-03000-x>

Helaoui, S., Hattab, S., Mkhinini, M., Boughattas, I., Majdoub, A., Banni, M., 2022a. The effect of nickel exposure on oxidative stress of *Vicia faba* plants. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 108, 1074–1080. <https://doi.org/10.1007/s00128-022-03535-1>.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ آذر ۱۳ تا ۱۱



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Helaoui, S., Boughattas, I., El Kribi-Boukhris, S., Mkhinini, M., Alphonse, V., Livet, A., Bousserhine, N., Banni, M., 2022b. Assessing the effects of nickel on, e.g., *Medicago sativa* L. nodules using multidisciplinary approach. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29, 77386–77400. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21311-w>

Latif, R., Malek, M., & Mirmonsef, H., 2013 Cadmium and lead accumulation in three endogeic earthworm species. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 90(4), 456-459. 10.1007/s00128-012-0941-z

Latifi, F., Musa, F., & Musa, A. (2020). Heavy metal content in soil and their bioaccumulation in earthworms (*Lumbricus terrestris* L.). *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i šumarstv.* 66(1), 15-29.

Mkhinini, M., Helaoui, S., Boughattas, I., Amemou, C., Banni, M., 2020. Earthworm *Eisenia andrei* modulates oxidative stress in bean plants *Vicia faba* irrigated with treated wastewater. *Ecotoxicology* 29, 1003–1016. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02243-y>.

Stafford, E.A., & Mc Grath, S.P. (1986). The use of acid insoluble residue to correct for the presence of soil derived metals in the gut of earthworms used as bio-indicator organisms. *Environmental Pollution Series A Ecological and Biological* 42 (3):233-246.

Shi, Z., Tang, Z., Wang, C., 2017. A brief review and evaluation of earthworm biomarkers in soil pollution assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24 (15), 13284–13294. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8784-0>.

Sivakumar, S., 2015. Effects of metals on earthworm life cycles: a review. *Environ Monit. Assess.* 187 (8), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4742-9>

Ray, S., Gautam, A., Ray, A., Das, S., Ray, M., 2019. Analysis of oxidative stress and cellular aggregation in the coelomocytes of earthworms collected from metal contaminated sites of industrial and agricultural soils of West Bengal, India. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26 (22), 22625–22640. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05438-x>

Masindi, V., Muedi, K.L., 2018. Environmental contamination by heavy metals. *Heavy Metals* 10, 115–132. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76082>

Tamas, M.J., Sharma, S.K., Ibstedt, S., Jacobson, T., Christen, P., 2014. Heavy metals and metalloids as a cause for protein misfolding and aggregation. *Biomolecules* 4 (1), 252–267. <https://doi.org/10.3390/biom401025>

Tsyusko, O.V., Hardas, S.S., Shoults-Wilson, W.A., Starnes, C.P., Joice, G., Butterfield, D.A., Unrine, J.M., 2012. Short-term molecular-level effects of silver nanoparticle exposure on the earthworm, *Eisenia fetida*. *Environ. Pollut.* 171, 249–255. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.08.003>.

Uba, S., Uzairu, A., & Okunola, O. J. (2009). Content of heavy metals in *Lumbricus terrestris* and associated soils in dump sites. *Int. J. Environ. Res.*, 3(3): 353-358.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



چکیده انگلیسی

### Bioremediation of heavy metals from sewage sludge by two species of earthworms

Hossein Kari Dolatabad<sup>1\*</sup>, Atabak Roohi Aminjan<sup>2</sup>, Robabeh Latif<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Soil biology and Biotechnology Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

<sup>2</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

<sup>3</sup> Farzanegan Campus, Semnan University, Semnan, Iran

#### Abstract

Heavy metals are among the non-degradable pollutants that pose a serious threat to soil health, plants, and soil-dwelling organisms by affecting environmental cycles. This study aimed to evaluate the bioremediation efficiency of two earthworm species, *Aporrectodea caliginosa* and *Eisenia fetida*, in reducing heavy metal contamination in sewage sludge. The experiments were conducted using sludge-based substrates, and after two months, the concentrations of heavy metals in both the substrate and the earthworms' bodies were measured. The results showed that the activity of these earthworms significantly reduced the concentrations of heavy metals such as zinc, lead, chromium, copper, and nickel in the sludge, while the concentration of arsenic increased. *A. caliginosa* showed higher accumulation of nickel and chromium in its body, whereas *E. fetida* was more effective in reducing heavy metals in the sludge. These differences are likely due to species-specific metabolic and excretory mechanisms. The findings confirm that earthworms can serve as effective agents for the bioremediation of sewage sludge and for mitigating the environmental risks posed by heavy metals. This study highlights the importance of selecting the appropriate earthworm species based on the type of pollutant.

**Keywords:** *Aporrectodea caliginosa*, *Eisenia fetida*, Sewage sludge, Heavy metals