



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ 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



استفاده از پتانسیل زیست‌پالایی کرم‌های خاکی

ربابه لطیف^{۱*}، اتابک روحی امینجان^۲، احمد اصغرزاده^۳، حسین کاری دولت آباد^۴

۱- پردیس فرزندگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران؛ * r.latif@semnan.ac.ir

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳، ۴- بخش تحقیقات بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

اهمیت کرم‌های خاکی برای پایش آلودگی به فلزات سنگین در اکوسیستم‌های خاکی به‌طور گسترده شناخته شده است. از تجمع زیستی فلزات سنگین در بدن کرم‌های خاکی می‌توان به عنوان شاخص اکولوژیک برای ارزیابی زیستی آنها در خاک استفاده کرد. در این مطالعه، میزان سرب (Pb) و کادمیوم (Cd) در بافت‌های دو گونه کرم خاکی اندوژئیک، *Aporrectodea rosea* و *caliginosa*، در سه زمین کشاورزی دریافت‌کننده فاضلاب، مورد بررسی قرار گرفت. در مقایسه تجمع کادمیوم و سرب، تفاوت معناداری بین تجمع فلزات در دو گونه کرم خاکی در ایستگاه با حضور مشترک دو گونه، وجود نداشت، اگرچه سطح بالاتری از Pb در *A. rosea* و Cd در *A. caliginosa* مشاهده شد. در ایستگاه با حضور مشترک دو گونه، غلظت Pb در *A. rosea* بالاتر بود که احتمالاً به دلیل سطح پایین غلظت کلسیم در خاک این ایستگاه است، زیرا Pb در هر دو گونه رابطه منفی با غلظت کلسیم در خاک دارد. عوامل متعددی مانند ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، مسیرهای جذب فلزات و رفتار تغذیه‌ای کرم‌های خاکی می‌تواند در میزان تجمع فلزات سنگین نقش داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: *A. caliginosa*، *A. rosea*، Pb؛ Cd



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



مقدمه

آلودگی به فلزات سنگین، اکوسیستم‌های خشکی و آبی را در معرض خطر قرار داده است. کادمیوم (Cd) و سرب (Pb)، دو فلز سنگین غیرضروری، به‌ویژه در مناطق آبیاری شده با فاضلاب، یافت می‌شوند و هر دو می‌توانند سلامتی انسان را به خطر بیندازند. کادمیوم ممکن است باعث سرطان‌هایی مانند مثانه، ریه، پروستات و کلیه شود (Kolonel, 1976) و Pb می‌تواند به سیستم عصبی و عملکرد کلیه آسیب برساند (Cope, 2004). فلزات سنگین دارای ویژگی‌هایی نظیر تجمع‌پذیری زیستی، سمیت بالا، ثبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری ضعیف و نیز قابلیت انحلال زیاد در آب هستند که سبب ایجاد آلودگی‌های وسیع در خاک می‌شوند (Sizmur and Hodson, 2009; Huang et al., 2014).

دسترسی زیستی به فلزات سنگین را نمی‌توان بطور مستقیم با روش‌های شیمیایی اندازه‌گیری کرد؛ تنها موجودات زنده می‌توانند به‌طور دقیق دسترسی زیستی به آلاینده‌ها را تعیین کنند (Lanno and McCarty, 1997). براساس حساسیت، دسترسی و توانایی تجمع فلزات سنگین، موجودات زنده به عنوان شاخص‌های زیستی استفاده می‌شوند. کرم‌های خاکی، به عنوان بخشی از جامعه بی‌مهرگان درشت خاک، می‌توانند به عنوان شاخص‌های زیستی عمل کنند زیرا تقریباً در همه جای جهان یافت می‌شوند؛ همچنین، نمونه‌برداری و کار با آن‌ها آسان است (Paoletti, 1999; Reinecke, 1992)، فیزیولوژی آن‌ها شناخته شده است (Lanno et al., 2004) و به‌طور مداوم با خاک در تماس هستند (Fründ et al., 2011). ممکن است کرم‌های خاکی از سطح فعلی فلزات سنگین در اکوسیستم آسیب‌بینند، اما خطر بیشتری برای سایر جانداران در زنجیره غذایی خواهد داشت (Paoletti, 1999). وجود سیستم سم‌زدایی ذخیره‌ای در تعدادی از گونه‌های کرم خاکی نشان داده شده است (Morgan et al., 1989). کرم‌های خاکی همچنین به دلیل تعداد زیاد گیرنده‌های شیمیایی موجود در پروتومیوم خود می‌توانند از محیط‌های نامساعد دوری کنند (Walwork, 1983). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که میزان دفع برخی از فلزات سنگین، مانند Cd، Cr و Pb در کرم‌های خاکی پایین است (Van Gestel et al., 1993; Spurgeon and Hopkin, 1999)، که آن‌ها را به گزینه‌های مناسبی برای ارزیابی آلودگی خاک تبدیل می‌کند. آزمایش‌های سم‌شناسی با استفاده از کرم‌های خاکی، روشی توسعه‌یافته برای مطالعه دسترسی زیستی و سمیت حاد آلاینده‌های خاک می‌باشد (Edwards and Bohlen, 1996). هدف از این مطالعه مقایسه تجمع فلزات سنگین Cd و Pb در کرم‌های خاکی اندوژئیک *Aporrectodea caliginosa* و *A. rosea* است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

نمونه‌های مورد استفاده در این پژوهش از سه زمین کشاورزی دریافت‌کننده پساب‌های شهری و صنعتی، در نزدیکی شهرک‌های توحید، واوان و صالحیه در شهرستان اسلامشهر (استان تهران) جمع‌آوری شدند.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

برای ارزیابی غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در خاک، از هر زمین کشاورزی یک قطعه خاک به صورت تصادفی به ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر و عمق ۱۵ سانتی‌متر جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور همگن‌سازی بافت خاک، آن را الک



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



کرده (با مش ۰,۵ سانتی متر) و ذرات درشت آن جدا شد. سپس یک گرم از آن توسط ترازوی دیجیتالی، وزن و به داخل ظروف شیشه‌ای منتقل شد.

دو گونه کرم خاکی اندوژئیک براساس (Csuzdi and Zicsi, 2003) شناسایی شدند: *A. rosea* و *A. caliginosa*. تعداد ۱۵ نمونه از هر گونه در هر ایستگاه جمع‌آوری شد؛ چون فراوانی گونه‌های *A. rosea* و *A. caliginosa* به ترتیب در ایستگاه‌های توحید و صالحیه بسیار پایین بود، بنابراین در ایستگاه توحید، نمونه‌های گونه *A. caliginosa* و در ایستگاه صالحیه نمونه‌های گونه *A. rosea* و در ایستگاه واوان نمونه‌های هر دو گونه جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده، بالغ‌های دارای کمر بند کامل یا نابالغ‌هایی با نشانه‌های واضح از تشکیل توپرکولا پور تاتیس بودند. کرم‌های خاکی در داخل خاک مرطوب زیستگاه به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از غوطه‌ورسازی در آب شهر، با آب مقطر شسته و با دستمال خشک شدند. کرم‌های خاکی شسته شده، روی کاغذ صافی مرطوب در داخل پتری‌دیش (۴ کرم در هر پتری‌دیش به قطر ۸ سانتی متر) در محیط با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و نور ثابت نگهداری شدند. برای جلوگیری از مدفوع‌خواری، کاغذ صافی هر روز تعویض شد (Lukkari et al., 2004). هر کرم بعد از خالی شدن دستگاه گوارش وزن شد و به صورت جداگانه در داخل لوله‌های تمیز منجمد شدند، سپس برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین استفاده شدند.

نمونه‌های خاک و کرم‌های خاکی، در ۵ میلی‌لیتر HNO_3 غلیظ هضم و سپس ۲ میلی‌لیتر 30% H_2O_2 به آن اضافه شد. ظروف در مایکروویو قرار داده شدند؛ سپس حجم هر نمونه به ۱۰ میلی‌لیتر با آب مقطر دو بار تقطیر رسانده شد تا برای سنجش غلظت‌های Cd و Pb آماده شوند. سنجش غلظت فلزات سنگین با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای، مدل Varian, Spectra AA-400 (J. AOAC Int.83, 1189 (2000)) انجام شد و میزان هر فلز بر اساس یک برنامه استاندارد مطابق با AOAC 999.10 محاسبه شد (Latif et al., 2013).

تحلیل آماری

برای ارزیابی توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در بدن کرم‌های خاکی با خاک زیستگاه و دو گونه کرم خاکی با هم، از آزمون Mann-Whitney U استفاده شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه، سه زمین کشاورزی نمونه‌برداری شد. در این زمین‌های کشاورزی دو گونه *A. caliginosa* و *A. rosea* یافت شد. در جدول ۱، غلظت‌های Cd و Pb در خاک و بدن کرم‌های خاکی ارائه شده است. در ایستگاه توحید، فراوانی *A. caliginosa* و در ایستگاه صالحیه، فراوانی *A. rosea* بیشتر بود، در حالی که در ایستگاه واوان، فراوانی مشابهی برای هر دو گونه مشاهده شد.

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در خاک و دو گونه کرم خاکی در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه	نمونه	میانگین Pb (±SE)	میانگین Cd (±SE)
	خاک	۰/۱۱۸ (± ۰/۰۸)	۰/۰۳۰ (± ۰/۰۰۵)



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



۰/۴۳ (± ۰/۰۶)	۰/۳۵ (± ۰/۰۳)	<i>A. caliginosa</i>	توحید
۰/۰۲۳ (± ۰/۰۰۹)	۰/۱۲۳ (± ۰/۰۳)	خاک	صالحیه
۰/۶۱ (± ۰/۲۰)	۰/۸۷ (± ۰/۲۰)	<i>A. rosea</i>	
۰/۰۱۲ (± ۰/۰۰۸)	۰/۰۳۹ (± ۰/۰۳)	خاک	واوان
۰/۲۰ (± ۰/۰۵)	۰/۱۴ (± ۰/۴۵)	<i>A. caliginosa</i>	
۰/۱۶ (± ۰/۰۷)	۰/۵۵ (± ۰/۰۹)	<i>A. rosea</i>	

توانایی گونه *A. caliginosa* برای جذب سرب و کادمیوم

در ایستگاه‌های توحید و واوان، غلظت فلزات سنگین Cd (Mann-Whitney U = 3, P = 0.03) و Pb (Mann-Whitney U = 5, P = 0.009) در *A. caliginosa* به‌طور معنادار بالاتر از خاک بود. میانگین غلظت Cd در *A. caliginosa* در ایستگاه توحید به‌طور معنادار بالاتر از ایستگاه واوان بود (Mann-Whitney U = 23, P = 0.004). غلظت Pb در *A. caliginosa* در ایستگاه توحید بالاتر از ایستگاه واوان بود، اما تفاوت معنادار مشاهده نشد (جدول ۱).

توانایی گونه *A. rosea* برای جذب سرب و کادمیوم

به عنوان گونه غالب در ایستگاه صالحیه، *A. rosea* برای بررسی تجمع فلزات سنگین در آنجا نمونه‌برداری شد. غلظت Pb تفاوت معناداری بین نمونه‌های *A. rosea* دو ایستگاه صالحیه و واوان نشان نداد، اما غلظت Cd در ایستگاه صالحیه به‌طور معناداری بالاتر بود (Mann-Whitney U = 16, P = 0.005).

مقایسه دو گونه *A. caliginosa* و *A. rosea*

دو گونه *A. caliginosa* و *A. rosea*، در ایستگاه واوان با فراوانی مشابه، همراه با هم یافت شدند. میزان تجمع Cd و Pb، تفاوت معناداری بین دو گونه نداشت، اگرچه سطح بالاتری از Pb در *A. rosea* و Cd در *A. caliginosa* مشاهده شد (جدول ۱). غلظت‌های Cd و Pb در *A. caliginosa* در ایستگاه واوان پایین‌تر از ایستگاه توحید بود. غلظت‌های Cd و Pb در *A. rosea* در ایستگاه واوان پایین‌تر از ایستگاه صالحیه بود.

ارزیابی فلزات سمی با استفاده از کرم‌های خاکی می‌تواند به عنوان راهنمایی برای شناسایی مناطق آلوده عمل کند. علاوه بر این، مطالعه جذب، دفع و تجمع می‌تواند دیدگاه اکولوژیک از گونه‌های مقاوم و حساس به عوامل استرس‌زای محیطی ارائه دهد. سطح جذب فلزات توسط کرم‌های خاکی بسته به گونه، گروه‌های اکولوژیکی (Van Gestel, 1992) و راهبردهای دفع (Dallinger, 1993) متفاوت است. گونه‌های کم‌تاران نشان‌دهنده الگوهای تجمع متنوعی هستند، به عنوان مثال، مکانیسم‌های جداسازی توسط گونه‌های مختلف برای سم‌زدایی فلزات و جلوگیری از تعامل با مولکول‌های مهم از جمله اتصال فلزات به پروتئین‌ها و لیگاندهای دیگر و ذخیره در ماتریس غیرآلی گرانول‌ها استفاده می‌شود. راه اصلی سم‌زدایی برای Pb و Cd، جداسازی در ماتریس‌های غیرآلی یا اتصال به لیگاندهای آلی است (Tessier et al., 1992).



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ 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



نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که گونه‌های مختلف کرم خاکی دارای الگوهای متفاوتی از تجمع فلزات سنگین هستند که تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی، راهبردهای دفع و مکان نمونه‌برداری قرار می‌گیرند. گونه *A. caliginosa* در ایستگاه توحید توانایی بالاتری در جذب Cd و Pb نسبت به خاک نشان داد، در حالی که *A. rosea* در ایستگاه صالحیه غلظت بالاتری از Cd را در مقایسه با ایستگاه واوان داشت. هرچند تفاوت معناداری در تجمع فلزات بین دو گونه در ایستگاه واوان مشاهده نشد، اما تفاوت‌های نسبی در سطح جذب فلزات وجود داشت. یافته‌ها تأکید می‌کنند که کرم‌های خاکی می‌توانند به عنوان شاخص‌های زیستی مؤثر برای شناسایی و پایش آلودگی فلزات سنگین در خاک عمل کنند و درک بهتری از پاسخ گونه‌ها به تنش‌های زیست‌محیطی ارائه دهند.

قدردانی و تشکر

بدینوسیله از زحمات‌های ارزنده آقای عباس کاظمی حسن‌آبادی برای کمک در نمونه‌برداری، تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

- Fründ H C, Graefe U, Tischer S (2011) Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. Ayten Karaca (Ed.) Biology of earthworms. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Huang K, Li F, Wei Y, Fu X, Chen, X (2014) Effects of earthworms on physicochemical properties and microbial profiles during vermicomposting of fresh fruit and vegetable wastes. Bioresource technology, 170, 45-52.
- Lanno R P, McCarty L S (1997) Earthworm bioassays: Adopting techniques from aquatic toxicity testing. Soil Biol Biochem 29: 693 – 697. doi: 10.1016/S0038-0717(96)00197-6
- Lanno R, Wells J, Conder J, Basta N (2004) The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. Ecotoxicol Environ Saf 57: 39–47. doi: 10.1016/j.ecoenv.2003.08.014
- Latif R, Malek M, Mirmonsef H (2013) Cadmium and Lead Accumulation in Three Endogeic Earthworm Species. Bull Environ Contam Toxicol 90 (4): 456-459. 10.1007/s00128-012-0941-z
- Lukkari T, Taavitsainen M, Vaisanen A, Haimi J (2004) Effects of heavy metals on earthworms along contamination gradients in organic rich soils. Ecotoxicol Environ Saf 59: 340–8.



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ 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



Paoletti M G (1999) The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agric Ecosyst Environ* 74: 137–155. DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00034-1

Peramaki P, Itamies J, Kurttunen V, Lajunen L H J, Pulliainen E (1992) Influence of pH on the accumulation of cadmium and lead in earthworms *Aporrectodea caliginosa* under controlled conditions. *Annales Zoologici Fennici* 29 (2): 105-111

Spurgeon D J, Svendsen C, Rimmer V R, Hopkin S P, Weeks J M (2000) Relative sensitivity of life-cycle and biomarker responses in four earthworm species exposed to zinc. *Environ Toxicol Chem* 19: 1800–1808. doi: 10.1002/etc.5620190714

Sizmur T, Hodson M E (2009) Do earthworms impact metal mobility and availability in soil?—A review. *Environmental pollution*, 157(7), 1981-1989.

Tessier L, Vaillancourt G, Pazdernik L (1994) Temperature effects on cadmium and mercury kinetics in freshwater mollusks under laboratory conditions. *Arch Environ Contam Toxicol* 26: 179-184. doi: 10.1007/BF00224802

Van Gestel C A M, Dirven-van Breemen E M, Baerselman R (1992) Influence of environmental condition on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei* in an artificial soil substrate. *Pedobiologia* 36: 109-120.

Vega F A, Andrade M L, Covelo E F (2010) Influence of soil properties on the sorption and retention of cadmium, copper and lead, separately and together, by 20 soil horizons: comparison of linear regression and tree regression analyses. *J. Hazard Mater* 174: 522–533. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.09.083

Utilizing the Bioremediation Potential of Earthworms

Robabeh Latif^{1*}, Atabak Roohi Aminjan², Ahmad Asgharzadeh³, Hossein Kari Dolatabad⁴

1- Farzanegan Campus, Semnan University, Semnan, Iran; *r.latif@semnan.ac.ir

2- Department of Biology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3,4- Soil biology and Biotechnology Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract



19th 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



The significance of earthworms in monitoring heavy metal contamination in soil ecosystems is widely acknowledged. The accumulation of heavy metals in earthworm tissues can serve as an ecological indicator for biological assessment in soil. This study examined the levels of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the tissues of two endogeic earthworm species, *Aporrectodea caliginosa* and *A. rosea*, collected from three agricultural fields that received wastewater. When comparing the accumulation of cadmium and lead, no significant difference was observed between the two species at the site where they both coexisted. However, *A. rosea* displayed higher levels of Pb, while *A. caliginosa* showed higher levels of Cd. The elevated Pb concentration in *A. rosea* at the cohabitation site may be linked to the low calcium levels in the soil, as Pb concentrations in both species were negatively correlated with soil calcium levels. Several factors, including the physicochemical properties of the soil, metal uptake pathways, and the feeding behavior of the earthworms, can influence the degree of heavy metal accumulation.

Keywords: *A. caliginosa*; *A. rosea*; Pb; Cd