



بررسی میزان غلظت عناصر سرب، روی و کادمیوم در کرم‌های خاکی در خاک اطراف برخی صنایع

مجتبی یحیی آبادی



عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

چکیده

کرم‌های خاکی بیش از ۸۰ درصد از زیست توده جانداران خاک را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی به عنوان تجزیه‌کنندگان در اکوسیستم خاک را ایفا می‌کنند. نتایج تحقیقات بسیاری، حاکی از توانایی موثر کرم‌های خاکی در جذب و تجمع عناصر کمیاب از خاک است و به دلیل اهمیت اکولوژیک این موجودات است که کرم‌های خاکی را به عنوان نشانگرهای زیستی در تعیین میزان سمیت آلاینده‌ها معرفی می‌کنند. در این تحقیق، تجمع زیستی عناصر سرب، روی و کادمیوم در چند گونه از کرم‌های خاکی از گروه‌های اکولوژیک مختلف و ارتباط غلظت این عناصر با خصوصیات خاک در فضای سبز اطراف برخی صنایع استان اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که بافت کرم خاکی گونه *Eisenia fetida* از گروه اکولوژیک اپی جنیک دارای بیشترین غلظت سرب و کادمیوم و همچنین بافت کرم خاکی *Dendrobaena veneta* از گروه اکولوژیک اپی جنیک، حاوی بیشترین غلظت عنصر روی بودند. نتایج، گویای این مهم بود که گونه های آنسیک کرم خاکی مانند *Lumbricus terrestris* و *Aporrectodea longa* کمترین میزان غلظت عناصر سرب، روی و کادمیوم را جذب کرده‌اند. با توجه به جذب بالای عناصر کمیاب در گونه های اپی جنیک و اهمیت زیست این موجودات در سطوح بالای خاک و اینکه شکار این کرمها توسط پرندگان میتواند باعث افزایش غلظت عناصر مورد بحث در زنجیره غذایی گردد، لزوم جلوگیری از افزایش آلودگی خاکهای حاوی کرم های خاکی به عناصر کمیاب، بویژه در خاکهای اطراف صنایع، از اهمیت خاصی برخوردار است.

کلمات کلیدی: کرم خاکی، *Eisenia fetida*، پایش زیستی، خاک، صنایع

* مجتبی یحیی آبادی. آدرس ایمیل: yahyabadi@gmail.com

مقدمه

در سال‌های اخیر همبستگی شدید بین کرم‌های خاکی و سلامتی خاک، باعث گشوده شدن افق‌های جدید در تحقیقات کیفیت خاک شده است. از نظر محیط اکولوژیک، کرم‌های خاکی را به سه دسته عمده، Epigeic، Endogeic، Anecic تقسیم‌بندی می‌کنند. کرم‌های Epigeic عمدتاً از توده‌های کمپوست، لاشیرگ‌های سطحی و کودهای دامی و بقایای گیاهی و حیوانی تازه فاسد شده تغذیه می‌کنند. از کرم‌های خاکی این گروه اپی‌جنیک، می‌توان به گونه‌های *Eisenia fetida*، *Lumbricus rubellus* و *Lumbricus castaneus* اشاره کرد. کرم‌های خاکی گروه Endogeic، انواعی هستند که در قسمت‌های عمقی خاک زندگی می‌کنند و از خاک تغذیه کرده و عناصر غذایی را از مواد آلی تجزیه شده تأمین می‌کنند. در این گروه می‌توان به گونه‌های *A. rosea* و *A. caliginosa* اشاره کرد. کرم‌های خاکی گروه Anecic، از کرم‌های حفار هستند و در شب برای تغذیه بقایای تازه فاسد شده به سطح می‌آیند؛ یعنی از سطح تا عمق خاک رفت و آمد می‌کنند. از این گروه می‌توان به گونه *A. longa* اشاره کرد. خاک اطراف صنایع، همواره مقادیر قابل توجهی از عناصر کمیاب را از طریق رسوبات جوی و با پساب دریافت می‌کنند. در این میان، سرب، روی و کادمیوم بسیار مورد توجه قرار دارند زیرا هیچ عملکرد بیولوژیکی شناخته شده‌ای ندارند، برای موجودات زنده سمی هستند و خطری برای سلامتی انسان و محیط زیست محسوب می‌شوند (Mason et al, 2000). کرم‌های خاکی توانایی زیادی برای جذب عناصر کمیاب از خاک دارند. (Nahmani et al, 2007). آگاهی از غلظت عناصر کمیاب در گروه های مختلف اکولوژیک کرم‌های خاکی، به منظور ارزیابی اثرات ریسک، بسیار مهم است (Curry and Schmidt, 2007) زیرا عناصر کمیاب در کرم‌های خاکی، خطرات جدی مسمومیت ثانویه در شکارچیان مهره دار مثل پرندگان از طریق بزرگنمایی زیستی ایجاد خواهد کرد (Driscoll et al, 2007). یکی از اهداف این مطالعه تعیین غلظت عناصر سرب، روی و کادمیوم در بافت کرم‌های خاکی جمع آوری شده از خاک اطراف صنایع بود.

مواد و روش ها

به منظور شناسایی و انتخاب کرم‌های مورد نظر، اقدام به نمونه برداری به روش دستی از کرم‌های خاکی موجود در خاک‌های سطحی واقع در مناطق آلوده و غیر آلوده شد. کرم‌ها و بخشی از محیط بستر آنها به گلخانه آزمایش منتقل گردیدند. از هر محل نمونه‌برداری تعداد ۲۰ عدد کرم بالغ (حاوی کمر بند جنسی) بصورت تصادفی انتخاب و در مخلوط الکل (۷۰٪) و استون (۳۰٪) تثبیت شدند و با استفاده از باینوکولار، برخی از مشخصات مورفولوژیک آنها ثبت گردید تا در شناسایی گونه‌ی کرم مورد استفاده قرار گیرد. میزان غلظت عناصر روی، سرب و کادمیوم در نمونه های خاک و بافت کرم ها با استفاده از دستگاه جذب اتمیک اندازه گیری شد. برای این کار پس از تخلیه دستگاه کرم‌ها از خاک، اقدام به خشک کردن آنها در آن کرده و برای اکسیداسیون تر، از اسید نیتریک استفاده شد و نمونه های بلنک نیز تهیه گردید. پس از اندازه گیری عناصر انباشته شده در بدن کرم ها فاکتور انباشتگی زیستی (نسبت غلظت عنصر در بدن کرم‌ها به غلظت عنصر خاک) سنجیده شد. تجزیه آماری داده ها با بهره گیری از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها با آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد انجام پذیرفت. جدول ۱ مشخصات خاک نمونه برداری شده را نشان می‌دهد. سعی بر این بود تا خاک‌های نمونه برداری دارای خصوصیات مشابه باشند.

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک

Texture	OC %	EC dS/m	pH
لوم رسی	۰٫۲۱	۳٫۳	۶٫۹

نتایج

نتایج نشان داد که غلظت عناصر کمیاب در بافت کرم‌های خاکی مختلف از گروه های اکولوژیک مختلف متفاوت بود.

جدول ۲- غلظت عناصر کمیاب در گونه های مختلف کرم های خاکی

گونه های کرم خاکی	گروه اکولوژیک	سرب Mg/kg	کادمیوم Mg/kg	روی Mg/ kg
<i>E. fetida</i>	Epigeic	21.67	15.6	7.5
<i>D. veneta</i>	Epigeic	16.42	8.0	20.8
<i>A. caliginosa</i>	Endogeic	10.56	9.2	8.5
<i>A. rosea</i>	Endogeic	8.18	13.8	7.6
<i>O. tyrtaeum</i>	Endogeic	5.49	6.8	8.2
<i>L. terrestris</i>	Anecic	5.06	5.6	7.2
<i>A. longa</i>	Anecic	3.12	5.4	5.7

نتایج حاصله نشان داد که بافت کرم خاکی گونه *Eisenia fetida* از گروه اکولوژیک اپی جنیک دارای بیشترین غلظت سرب و کادمیوم و همچنین بافت کرم خاکی *Dendrobaena veneta* از گروه اکولوژیک اپی جنیک، حاوی بیشترین غلظت عنصر روی بودند. نتایج، گویای این مهم بود که گونه های آنسیک کرم خاکی مانند *Lumbricus terrestris* و *Aporrectodea longa* کمترین میزان غلظت عناصر سرب، روی و کادمیوم را جذب کرده‌اند. اندازه گیری فاکتور CF حاکی از تغییرات زیاد این فاکتور در بین گونه های مختلف کرم‌ها و عناصر کمیاب بود. این مقادیر بین ۰٫۳ (*E. fetida*) و ۷٫۶ (*A. longa*) برای عنصر سرب، و بین ۱۰٫۸ (*A. caliginosa*) و ۴۵٫۳ (*A. longa*) اندازه گیری شد. همچنین برای عنصر روی، مقادیر این فاکتور بین ۷٫۴ (*L. terrestris*) و ۳۴٫۱ (*A. rosea*) اندازه گیری شد. بیشترین میزان نسبت CF برای عنصر کادمیوم و کمترین آن برای عنصر سرب محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین فاکتور F (نسبت غلظت عناصر در خاک به کرم) برای عناصر مختلف و گونه های مختلف کرم خاکی

گروه اکولوژیک	CF soil-earthworms			
	سرب	کادمیوم	روی	
Epigeic	<i>E. fetida</i>	0.3±0.2	20.5±18.4	9.5±3.2
	<i>D. veneta</i>	5.5±3.2	35.6±24.7	12.2±3.3
Endogeic	<i>A. Caliginosa</i>	0.6±1.2	10.8±14.5	8.4±5.2
	<i>A. rosea</i>	3.8±6.5	28.6±85.3	34.1±8.2
	<i>O. tyrtaeum</i>	0.3±1.2	25.3±16.5	12.5±6.5
Anecic	<i>L. terrestris</i>	6.4±0.2	28.2±14.5	7.4±3.3
	<i>A. longa</i>	7.6±0.4	45.3±39.7	16.4±5.8

برای استفاده از کرم‌ها در پایش محیط، اثرات آلاینده های شیمیایی مختلف در کرم های خاکی مطالعه شده است. تجمع هر دو اورانیوم طبیعی و رفیق شده در کرم های خاکی به منظور بررسی اثرات بیولوژیکی تجزیه و تحلیل شد (جیوانتی و همکاران، ۲۰۱۰). این مطالعه نشان داد که هیچ اثری از نظر مرگ و میر و یا کاهش وزن در کرم‌ها مشاهده نشد، اما اثرات ژنتیکی و سیتوتوکسیک در غلظت بسیار کم اورانیوم طبیعی مشاهده شدند. در میان فلزات، متیل جیوه ممکن است به آسانی توسط کرم های خاکی جذب و انباشته شود و این نشان می دهد که کرم‌های خاکی یک نامزد ایده آل برای پایش متیل جیوه است. همچنین لی و همکاران (۲۰۰۹)، خاطر نشان کردند که تجمع زیستی فلزات توسط کرم های خاکی می تواند به عنوان یک شاخص زیست محیطی برای فراهمی فلزات باشد. ارزیابی شیمیایی و اکولوژیک خاک معمولاً بر مبنای تأثیر ترکیبات مخلوطی از آلاینده‌ها انجام میشود. ناتال و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر لجن آلوده به کروم، روی، مس و نیکل را بر کرم خاکی *Eisenia andreii* بررسی کردند و دریافتند که زیست‌فراهمی فلزات در کرم‌های خاکی، در محیط لجن فاضلاب با درصد ماده آلی فراوان، کاهش می یابد. اثر همزمان مخلوط کادمیوم و عنصر روی بر مرگ و میر *Aporrectodea caliginosa*، توسط کیو و همکاران (۲۰۱۱) بررسی شد. آنها نتیجه گرفتند که اثر مخلوط عناصر روی و کادمیوم بر مرگ و میر این موجود ساکن در خاک، عمدتاً به صورت آنتاگونیست است.

در موضوع ارتباط فلزات و کرم‌های خاکی، کادمیوم بیشترین مطالعات را به خود اختصاص داده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که این فلز در صورت تجمع زیستی، عمدتاً بر فیزیولوژی کرم‌های خاکی اثر میگذارد (استارزینا نوم و همکاران، ۲۰۰۴) و با باعث کاهش وزن کرم (برگوس و همکاران، ۲۰۰۵) و یا تخریب اکسیداتیو DNA در نسل کرم‌های خاکی خواهد شد (ناکاشیما و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال، کرم‌های خاکی را نمیتوان برای پایش همه‌ی مواد در خاک استفاده کرد. به عنوان مثال، نیکل در بدن کرم‌های خاکی تجمع نمی‌یابد و اثری هم بر رشد آنها ندارد (ناکاشیما و همکاران، ۲۰۰۸). در میان عوامل موثر بر سمیت فلزات بر موجودات، میتوان به پروتئین‌های اتصال فلز مانند متالوتیونین‌ها (Metallothionein) اشاره کرد. دو ایزوفرم از این پروتئین‌ها به نام MT1 و MT2 برای جلوگیری از سمیت فلزی در کرم‌های خاکی شناسایی شده‌اند. در یک آزمایش، مقدار پروتئین MT2 در یک کرم خاکی که در معرض کادمیوم قرار گرفته بود افزایش یافت (استارزینا نوم و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین میتوان در یک سیستم پایش زیستی به وسیله‌ی کرم‌های خاکی، از این پروتئین‌ها استفاده نمود.

ناخالصی یا آلودگی فلزات از اهمیت ویژه‌ای در بحث آلودگی خاک برخوردار است. برای جلوگیری از سمیت فلزات ابتدا باید خصوصیات فلز را شناخت و سپس سمیت آن را ارزیابی کرد؛ با این حال روشهایی که برای تعیین میزان سمیت فلز بکار میرود اغلب به میزان کافی حساس نیستند زیرا ممکن است سمیت یا زیادهود فلزات پایین‌تر از حدود دقت و حساسیت تکنیکی اندازه‌گیری باشد. برای برطرف کردن این مشکل، تلاشهای علمی بسیاری برای توسعه‌ی سازوکارهای ردیابی یا روشهای ارزیابی آلودگی فلزات در خاک شده است. علاوه بر این، گاهی اوقات تأثیر و کنش‌های سمیت فلزات، بستگی به متابولیت‌های تولید شده توسط آنها در موجودات زنده دارد. از این رو، بسط و توسعه‌ی روشهای برآورد سمیت فلزات مشکل به نظر می‌رسد. همانگونه که گفته شد کرم‌های خاکی را برای سنجش آلاینده‌ها معرفی میکنند اما این موجودات برای سنجش همه‌ی مواد در خاک مناسب نیستند، بنابراین هنگام استفاده از یک کرم خاکی به عنوان یک نشانگر زیستی آلاینده‌های خاک، لازم است ابتدا مواد شیمیایی یا عنصر آلاینده‌ی مشخصی را انتخاب کنیم. بررسی و تجزیه تحلیل ویژگی‌های تولید مثل و تکثیر یک گونه‌ی کرم خاکی، روش مناسبی برای ارزیابی سنجش آلاینده‌های مختلف در محیط است. در یک آزمایش، اثر فلزات روی و کادمیوم بر خصوصیات زیستی تولید مثل و تکثیر کرم *Enchytraeus albidus* مورد بررسی قرار گرفت.

منابع

- Ernst G, Zimmermann S, Christie P, Frey B (2008). Mercury, cadmium and lead concentrations in different ecophysiological groups of earthworms in forest soils. *Environ Pollut* 156:1304–1313
- Giovanetti, A.; Fesenko, S.; Cozzella, M.L.; Asencio, L.D.; Sansone, U. 2010. accumulation and biological effects in the earthworm *Eisenia fetida* exposed to natural and depleted uranium. *J. Environ. Radioact.* 101, 509-516.
- Lee, S.H.; Kim, E.Y.; Hyun, S.; Kim, J.G. 2009. Metal availability in heavy metal-contaminated open burning and open detonation soil: Assessment using soil enzymes, earthworms, and chemical extractions. *J. Hazard. Mater.* 170, 382-388.
- Natal, T.; Ojeda, G.; Pratas, J.; Van Gestel, C.A.; Sousa, J.P. 2011. Toxicity to *Eisenia andreii* and *Folsomia candida* of a metal mixture applied to soil directly or via an rganic matrix. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 74, 1715-1720.
- Nahmani, J.; Hodson, M.E.; Black, S. 2007. Effects of metals on life cycle parameters of the earthworm *Eisenia fetida* exposed to field-contaminated, metal-polluted soils. *Environ. Pollut.* 49, 44-58.