



مروری بر ارزیابی تاثیرات فلزات سنگین بر دمفنیان (Collembola) به عنوان یک بیواندیکاتور و مدیریت اکوسیستم خاک

انسیه صابری-پور^{۱*}، فاطمه طباطبائی یزدی^{۲**}، مرتضی کهراریان^۳، آوا حیدری^۴

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

*en.saberipour@mail.um.ac.ir

**f.tabatabaei@um.ac

چکیده

خاک پایه و اساس تمام فعالیت های حیاتی در اکوسیستم های زمینی می باشد. آلودگی خاک به فلزات سنگین به دلیل ماندگاری و ماهیت غیرقابل تجزیه پذیر آن ها به صورت زیستی، منجر به تجمعشان تا سطوح سمی می شود که به یک مسئله جدی جهانی تبدیل شده است. به منظور دستیابی به هشدار اولیه و جلوگیری از کاهش کیفیت خاک، انتخاب شاخص های مناسب برای تشخیص آلودگی فلزات سنگین ضروری می باشد. گروه های میکرو بندپایان خاک (با اندازه کوچکتر از 10 میلی-متر) مانند دمفنیان (Collembola) و کنه سانان (Acari) بیش از 90 درصد از جمعیت جانداران بندپای را، در اکثر خاک ها تشکیل می دهند. دمفنیان نقش مهمی در چرخه غذایی، انتقال انرژی و حفاظت از تنوع زیستی خاک دارند. آن ها اغلب حساس ترین گروه بندپای به ترکیبات سمی هستند. که ابزاری موثر برای سنجش سلامت خاک قرار گرفته اند. در این مقاله مروری، به ارزیابی تاثیرات فلزات سنگین بر دمفنیان به عنوان یک بیواندیکاتور و مدیریت اکوسیستم خاک پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، اکوسیستم، خاک، بیواندیکاتور، دمفنیان

1-مقدمه

افزایش جمعیت های انسانی و به دنبال آن آلاینده های محیط زیستی، اثرات منفی بسیاری در محیط ایجاد کرده است که در برگیرنده انواع خسارات جبران ناپذیری برای انسان و محیط زیست می باشد. از مهم ترین آلودگی های محیط زیست می توان به آلودگی خاک اشاره نمود. فلزات سنگین از اصلی ترین و عمده ترین عوامل آلودگی خاک هستند. به طور طبیعی، فلزات سنگین عناصری با وزن اتمی بالا و چگالی بیشتر از 5 گرم بر سانتی متر مکعب می باشند [1]. که صنعتی شدن سریع و تخلیه نادرست زباله های صنعتی بر روی کره زمین و داخل بدنه های آبی، فلزات سنگین را وارد محیط زیست کرده است [2]. فلزاتی مانند کبالت (Co)، سelenium (Se)، روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، وانادیم (V)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، جیوه (Hg) نیکل (Ni)، آهن (Fe) و سرب (Pb) از مضرترین عناصر، برای انسان و سایر موجودات زنده می باشند [3]. فلزات سنگین به طور طبیعی تجزیه پذیر نیستند. بنابراین، آن ها در داخل خاک و زنجیره های غذایی انباشته می شوند [4]. تجمع این فلزات در خاک باعث از بین رفتن مواد مغذی خاک، زیست توده و تخریب ساختار و عملکرد آن می شود [5]. وجود این عناصر بر رشد، مورفولوژی و متابولیسم میکروارگانیسم ها خاک تاثیر می گذارد. همچنین مطالعات بی شماری نشان دهنده تاثیرات این عناصر بر، غنای گونه ای، موفقیت تولید مثلی، مرگ و میر، مهاجرت، وزن موجودات و غیره می باشند.

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

² عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

³ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی

⁴ عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین تهدیدی بالقوه برای سلامت انسان می باشد. آسیب به عملکرد مغز، ریه، کلیه، کبد، پیشرفت تدریجی فرآیندهای تخریبی فیزیکی، عضلانی و عصبی که تقلید از بیماری هایی مانند بیماری پارکینسون، بیماری آلزایمر، دیستروفی عضلانی، سرطان و غیره می باشد در نتیجه وارد شدن فلزات سنگین به محیط زیست و بالتبع بدن انسان است [6]–[8]. بنابراین یکی از جنبه های اساسی برای مدیریت تأثیرات فلزات سنگین بر اکوسیستم خاک دستیابی به هشدار اولیه و جلوگیری از کاهش کیفیت خاک به واسطه شاخص های محیط زیست می باشد.

شاخص های محیط زیست، شرایط محیطی تغییر یافته را اعم از مثبت یا منفی و تأثیرات بعدی آن ها را بر اکوسیستم ها و جامعه انسانی نشان می دهند و می توانند برای شناسایی و یا تعیین کمیت اثرات آلاینده ها بر محیط زیست مورد استفاده قرار گیرند [6]، [7]. یک شاخص ایده آل برای انتصاب به عنوان بیواندیکاتور باید حداقل خصوصیات ذیل را در برگیرد: (الف) مشخص بودن طبقه بندی به نحوی که توسط افراد غیرمتخصص به راحتی قابل تشخیص باشند (ب) توزیع گسترده یا جهانی (ج) تحرک کم (د) خصوصیات زیست محیطی شناخته شده (ه) فراوانی عددی (و) مناسب بودن برای آزمایشات آزمایشگاهی (ز) حساسیت بالا به عوامل استرس زای محیطی (ح) توانایی بالا برای کمی سازی و استانداردسازی [9]

1-1- دم فنیان

دم فنیان جزء بندپایان بدون بال با اندازه ای بین 0/12 تا 10 میلی متر می باشند آن ها به دلیل وابستگی به اکوسیستم خاک و حساس بودن به شرایط خاک به عنوان شاخص های بسیار مهم بیولوژیکی کیفیت خاک و سلامت اکوسیستم شناخته می شوند [10]. این جانداران از مهم ترین، موفق ترین و فراوان ترین اعضای جوامع خاکری هستند [11]، [12] که دارای تنوع بسیار زیادی چه در مقیاس محلی و چه در سطح جهانی می باشند [13]. این جانداران نقش مهمی به عنوان تجزیه کنندگان خاک دارند. آن ها به طور مستقیم از مواد در حال پوسیدگی و قارچ های خاک تغذیه می کنند [14]. تغذیه کردن آن ها سبب تجزیه مواد آلی، تأثیر بر اکولوژی میکروبی خاک و تداوم بر چرخه مواد غذایی می شود [10]، [15]. بنابراین حفظ این بندپای منجر به تداوم چرخه های حیات و حفظ تنوع اکوسیستم خاک می گردد و از طرفی دم فنیان راهی برای یافتن اکوسیستم های در معرض خطر و مدیریت اکوسیستم ها می باشند.

2- روش تحقیق

این یک مقاله مروری در رابطه با بررسی تأثیرات فلزات سنگین بر دم فنیان (Collembola) به عنوان یک بیواندیکاتور و مدیریت اکوسیستم خاک می باشد. که از جست و جو در سایت های Google Scholar، Scienedirect و غیره گردآوری گردید.

3- نتایج

دم فنیان به عنوان شاخص های مهم بیولوژیکی کیفیت خاک و سلامت اکوسیستم شناخته می شوند [10]. آن ها مسیرهای اکولوژیکی مستقیمی از آلاینده ها در خاک هستند [10]، [15]. در نتیجه دانش دم فنیان در توسعه استراتژی های حفاظت و پایش بر مناطق تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی مفید می باشد [10]. این جانداران برای آزمایش های اکولوژیکی و تحقیقات اکوتوکسیکولوژیکی، ایده آل در نظر گرفته می شوند [16]، [17]. چندین گزارش در مورد بررسی اثرات فلزات سنگین بر تنوع رده دم فنیان خاک وجود دارد:

Kuznetsova در سال 2009 دم فنیان ساکن خاک متعلق به جنگل های مخروطی را در امتداد گرادیانی از آلودگی کارخانه ذوب مس در منطقه اورال میانه مورد بررسی قرار داد. این پژوهش نشان داد گونه ها و ساختار اکولوژیکی این جوامع در فاصله 1 کیلومتر از منبع انتشار آلودگی در مقایسه با فاصله 30 کیلومتر از آن تغییر می کند و در برگیرنده کاهش تنوع و فراوانی دم فنیان می باشد. گونه هایی از قبیل *Desoria hiemalis*، *Folsomia quadrioculata* و *Isotoma viridis* بسیار حساس به آلودگی می باشند [18].



Nursita و همکاران در سال 2005 در مطالعه ای اثرات عناصر کادمیوم، مس، سرب و روی را بر رشد و تولید مثل یک گونه دم فنی به نام *Proisotoma minuta* انجام دادند. نتایج نشان داد این 4 عنصر منجر به کاهش نرخ رشد *Proisotoma minuta* بالغ می شوند. همچنین غلظت های بالای عناصر کادمیم و روی منجر به کاهش بقا در افراد بالغ و عدم تولیدمثل می گردند [14]. Callahan و همکاران در سال 2019 اثرات قرار گرفتن در معرض مس و افزایش دما را بر دمفنیان مورد پژوهش قرار دادند. آن ها مشاهده کردند که افزایش دما به طور قابل توجهی تحمل گونه ها را در برابر عنصر مس کاهش می دهد. همچنین نتایج این مطالعه حاکی از تأثیر مشترک دما و آلاینده ها بر دمفنیان در شمال غربی اقیانوس آرام بود [19]. Fiera در سال 2009 مطالعه ای با هدف بررسی تنوع زیستی دمفنیان در خاک های شهری و به کار گیری آن ها به عنوان نشانگرهای زیستی انجام داد. نتایج نشان داد سایت هایی با مقدار آلودگی زیاد به فلزات سنگین نسبت به مناطقی با آلودگی کمتر از غنا گونه ای کمتری برخوردار می باشند با این وجود برخی از دمفنیان مانند گونه *Hemisotoma thermophila* در آلوده ترین سایت بسیار فراوان بودند و اغلب در مکان های آلوده یافت می شدند [20]. Santamaría و همکاران در سال 2012 ترکیب گونه های جامعه کنه سانان (Acari) و دمفنیان (Collembola) را در طول یک شیب آلودگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد با افزایش غلظت عناصر کروم، منگنز، روی، کادمیوم و سرب به طور معناداری غنای گونه ها کاهش می یابد در این پژوهش کنه سانانی مانند *Achipteria coleoptrata*, *Rhodacarus aequalis* و دمفنی *Pseudolaelaps doderoi* و *Mesaphorura macrochaeta* به مکان هایی با درجه های آلودگی زیاد محدود می شدند [21]. Rusin و Gospodarek در سال 2020 تأثیر پالایش زیستی خاک های آلوده به مشتقات نفتی را بر حضور دمفنیان و کنه سانان مورد بررسی قرار دادند. تشریح کار بدین صورت بود که نمونه های خاک به مشتقات مختلف نفتی آلوده شدند سپس به واسطه زیست پالایی مورد احیا قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد سوخت دیزل و روغن موتور تأثیر منفی شدیدی بر حضور دمفنیان و کنه ها در خاک می گذارد و خاک آلوده به بنزین تأثیر منفی کمتری بر حضور این جانداران دارد. حضور دمفنیان پس از پالایش زیستی در منطقه آلوده به بنزین یک سال بعد گزارش می شود در حالی که سوخت دیزل برای زمان طولانی تری (2 سال) حضور دمفنیان را ثبت می کند [22].

4- بحث و نتیجه گیری

به منظور دستیابی به هشدار اولیه و جلوگیری از کاهش کیفیت خاک، انتخاب شاخص های مناسب برای تشخیص آلودگی فلزات سنگین ضروری می باشد. مدیریت پایدار خاک مستلزم پایش خاک، به وسیله شاخص های بیولوژیکی است تا بتوان کاربری و مدیریت زمین را با عملکرد خاک و خدمات اکوسیستم مرتبط کرد. دمفنیان از اعضای مهم تنوع زیستی در اکوسیستم خاک می باشند که فراوانی و تنوع این جانداران برای ارزیابی اثرات زیست محیطی آلاینده ها در خاک مورد استفاده قرار می گیرد. اما متأسفانه پژوهش های کمی در رابطه با شناسایی این موجودات و بررسی ارتباط آن ها با آلاینده های خاک در ایران انجام شده است. بنابراین پیشنهاد می گردد در این زمینه پژوهش هایی انجام گردد.

منابع

- [1] A. Alengebawy, S. T. Abdelkhalek, S. R. Qureshi, and M.-Q. Wang, "Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications," *Toxics*, vol. 9, no. 3, p. 42, 2021.
- [2] S. F. Ahmed *et al.*, "Heavy metal toxicity, sources, and remediation techniques for contaminated water and soil," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 25, p. 102114, 2022.
- [3] S. J. Varjani and V. N. Upasani, "A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants," *Int. Biodeterior. Biodegradation*, vol. 120, pp. 71–83, 2017.
- [4] F. S. Tariq, "Heavy metals concentration in vegetables irrigated with municipal wastewater and their



- human daily intake in Erbil city,” *Environ. Nanotechnology, Monit. Manag.*, vol. 16, p. 100475, 2021.
- [5] H.-H. Jiang, L.-M. Cai, H.-H. Wen, G.-C. Hu, L.-G. Chen, and J. Luo, “An integrated approach to quantifying ecological and human health risks from different sources of soil heavy metals,” *Sci. Total Environ.*, vol. 701, p. 134466, 2020.
- [6] S. Manickavasagam, C. Sudhan, and S. Aanand, “Bioindicators in aquatic environment and their significance,” *J. Aquac. Trop.*, vol. 34, no. 1/2, pp. 73–79, 2019.
- [7] H. Zhang, F. Zhang, J. Song, M. L. Tan, and V. C. Johnson, “Pollutant source, ecological and human health risks assessment of heavy metals in soils from coal mining areas in Xinjiang, China,” *Environ. Res.*, vol. 202, p. 111702, 2021.
- [8] C. V. Rekhate and J. K. Srivastava, “Effectiveness of $O_3/Fe^{2+}/H_2O_2$ process for detoxification of heavy metals in municipal wastewater by using RSM,” *Chem. Eng. Process. Intensif.*, vol. 165, p. 108442, 2021.
- [9] L. Li, B. Zheng, and L. Liu, “Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 2, pp. 1510–1524, 2010.
- [10] M. P. Culik and D. Zeppelini Filho, “Diversity and distribution of collembola (arthropoda: hexapoda) of Brazil,” *Biodivers. Conserv.*, vol. 12, no. 6, pp. 1119–1143, 2003.
- [11] S. M. Kristiansen, K. Borgå, J. T. Rundberget, and H. P. Leinaas, “Effects on Life-History Traits of *Hypogastrura viatica* (Collembola) Exposed to Imidacloprid Through Soil or Diet,” *Environ. Toxicol. Chem.*, 2021.
- [12] M. R. Santeshwari and J. Singh, “Collembola (Insecta: Collembola) community from Varanasi and nearby regions of Uttar Pradesh, India,” *J. Exp. Zool.*, vol. 18, no. 2, pp. 571–577, 2015.
- [13] F. Cicconardi, P. P. Fanciulli, and B. C. Emerson, “Collembola, the biological species concept and the underestimation of global species richness,” *Mol. Ecol.*, vol. 22, no. 21, pp. 5382–5396, 2013.
- [14] A. I. Nursita, B. Singh, and E. Lees, “The effects of cadmium, copper, lead, and zinc on the growth and reproduction of *Proisotoma minuta* Tullberg (Collembola),” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 60, no. 3, pp. 306–314, 2005.
- [15] H. Ju, D. Zhu, and M. Qiao, “Effects of polyethylene microplastics on the gut microbial community, reproduction and avoidance behaviors of the soil springtail, *Folsomia candida*,” *Environ. Pollut.*, vol. 247, pp. 890–897, 2019.
- [16] J. Xu, X. Ke, P. H. Krogh, Y. Wang, Y. Luo, and J. Song, “Evaluation of growth and reproduction as indicators of soil metal toxicity to the Collembolan, *Sinella curviseta*,” *Insect Sci.*, vol. 16, no. 1, pp. 57–63, 2009.
- [17] S. Li, J. Li, Z. Li, X. Ke, L. Wu, and P. Christie, “Toxic effects of norfloxacin in soil on fed and unfed *Folsomia candida* (Isotomidae: Collembola) and on gut and soil microbiota,” *Sci. Total Environ.*, vol. 788, p. 147793, 2021.
- [18] N. A. Kuznetsova, “Soil-dwelling Collembola in coniferous forests along the gradient of pollution with emissions from the Middle Ural Copper Smelter,” *Russ. J. Ecol.*, vol. 40, no. 6, pp. 415–423, 2009.
- [19] S. T. Callahan, A. Bidwell, C. Lin, T. H. DeLuca, and P. C. Tobin, “Effects of copper exposure and increased temperatures on Collembola in western Washington, USA,” *City Environ. Interact.*, vol. 4, p. 100026, 2019.
- [20] C. Fiera, “Biodiversity of Collembola in urban soils and their use as bioindicators for pollution,” *Pesqui. Agropecuária Bras.*, vol. 44, pp. 868–873, 2009.
- [21] J. M. Santamaría *et al.*, “Diversity of Acari and Collembola along a pollution gradient in soils of a pre-Pyrenean forest ecosystem,” *Environ. Eng. Manag. J.*, vol. 11, no. 6, 2012.
- [22] J. Gospodarek and M. Rusin, “Effect of Soil Polluted with Petroleum-Derived Substances during Bioremediation on the Occurrence of Collembola and Acarina,” *Polish J. Environ. Stud.*, vol. 29, no. 5, 2020.



A review of the assessment of the effects of heavy metals on Collembola as a bioindicator and soil ecosystem management

Ensieh Saberi Pour^{*1}, Fatemeh Tabatabaei Yazdi ^{**2}, Morteza Kahrarian³, Ava heidari⁴

1MSc student of Environmental Engineering Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran

*en.saberipour@mail.um.ac.ir**

*f.tabatabaei@um.ac***

Abstract

Soil is the foundation of all life activities in terrestrial ecosystems. Heavy metal contamination of soil has become a serious global issue because of their persistence in the environment and their non-biodegradable nature leading to their accumulation to toxic levels. In order to achieve early warning and prevent soil quality from deteriorating, it is necessary to select suitable indices to diagnose heavy metal pollution. The sustainable management of soils requires soil monitoring, including biological indicators, to be able to relate land use and management to soil functioning and ecosystem services. Soil microarthropod groups (less than 10 mm in size) like. Acari and Collembola comprise more than 90% of the arthropod fauna in most soil types. Collembola play an important role in the food cycle, energy transfer, and conservation of soil biodiversity. They are often the most sensitive group of arthropods to toxic compounds. Collembola have been proved to be effective bioindicator tool to measure soil health. This article reviews the assessment of the effects of heavy metals on Collembola as a bioindicator and soil ecosystem management.

Keywords: Heavy metals, Ecosystem, Soil, Bioindicator , Collembola

¹ MSc student of Environmental Engineering Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran

² Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran

³ Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Kermanshah branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

⁴ Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran