



مطالعه آلودگی فلزات سنگین مس و کادمیوم در اطراف کارخانه زغال شویی زرنند با استفاده از شاخص زمین انباشتگی

مرضیه آیینه حیدری^۱، مجید حجازی مهریزی^۲، اعظم جعفری^۳ و مریم یوسفی فرد^۳
دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان^۲-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر^۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه پیام نور تهران

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی وضعیت آلودگی خاک‌های اطراف کارخانه زغال شویی زرنند به فلزات مس و کادمیوم انجام شد. برای این منظور، تعداد ۱۳۵ نقطه به طور سیستماتیک در منطقه مورد مطالعه انتخاب و نمونه‌برداری به صورت مرکب انجام شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری به آزمایشگاه انتقال یافتند. شکل قابل جذب فلزات مس و کادمیوم با استفاده از محلول DTPA-TEA استخراج و غلظت آن‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، غلظت قابل جذب مس و کادمیوم به طور متوسط برابر با ۸۷/۱ و ۴۴/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. شاخص زمین انباشتگی نشان داد که کادمیوم (۸/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در محدوده آلوده تا کمی آلوده و مس (۹۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در محدوده خیلی آلوده قرار دارد که این آلودگی می‌تواند ناشی از زهاب اسیدی خروجی از کارخانه و ماده مادری باشد.

کلمات کلیدی: آلودگی، فلزات سنگین، شاخص زمین انباشتگی، قابلیت جذب

مقدمه

تخریب و آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین، ثمره‌ی جوامع و یکی از ره‌آوردهای صنعتی شدن اجتماعات بشری است (Hashemi, ۲۰۱۲). استخراج معادن سبب ورود فلزات سنگین به محیط زیست می‌شود (Acosta et al., ۲۰۱۲). وجود ارتباط نزدیک بین اکوسیستم‌های کشاورزی و سلامتی انسان، آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های کشاورزی را به یک نگرانی بزرگ در سراسر جهان تبدیل کرده است (Bermudez et al., ۲۰۱۲). کارخانه‌های ذوب و تصفیه فلزات، کوره‌های احتراق زغال سنگ، زباله‌ها و پس‌ماندهای صنعتی و ضایعات کارخانجات از منابع اصلی آلودگی منابع خاک و آب در مناطق صنعتی می‌باشد (Li et al., ۲۰۰۵). سالیانه حدود ۳۸ هزار تن کادمیوم به خاک‌های جهان افزوده می‌شود که مقادیر زیادی از آن‌ها مربوط به غبارهای جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری است و غلظت‌های کم آن مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب است (Nriagu and Pacyna, ۱۹۸۸). غلظت‌های بالای مس در افق‌های سطحی برخی خاک‌ها در اثر فعالیت‌های صنعتی از جمله صنایع ذوب فلزات و یا کاربرد کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب، ضایعات صنعتی، فارچکش‌ها و باکتریکش‌ها ایجاد می‌شود (Kabata-Pendias, ۲۰۰۱b). مس در خاک معمولاً جذب سطحی و یا تثبیت می‌شود و از جمله فلزات سنگینی است که تحرک بسیار کمی در خاک دارد (Cerqueira et al., ۲۰۱۱).

در بیشتر مطالعات از غلظت کل برای تعیین شاخص زمین انباشتگی و تعیین آلودگی مناطق صنعتی استفاده شده است (Zhang et al., ۲۰۰۹). فلزات سنگین در خاک به شکل‌های مختلف با قابلیت جذب متفاوت وجود دارند (Rodriguez et al., ۲۰۱۱). فلزات سنگین در خاک به شکل‌های محلول، تبادل، کربناتی، متصل شده به اکسیدهای آهن و منگنز، آلی و باقیمانده وجود دارد. قابلیت دسترسی این شکل‌ها با یکدیگر متفاوت بوده و از بین اجزای مختلف بخش محلول و تبادل در مقایسه با سایر شکل‌ها قابلیت دسترسی بیشتری در خاک دارند (Zhong et al., ۲۰۱۱). غلظت کل در برخی از موارد نمی‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین آلودگی خاک به فلزات سنگین و تأثیرات آن بر گیاه باشد. به همین دلیل تعیین شکل قابل جذب به جای غلظت کل فلزات سنگین ارزیابی مناسب‌تری را از آلودگی خاک نشان می‌دهد (Youssef, ۱۹۷۷).

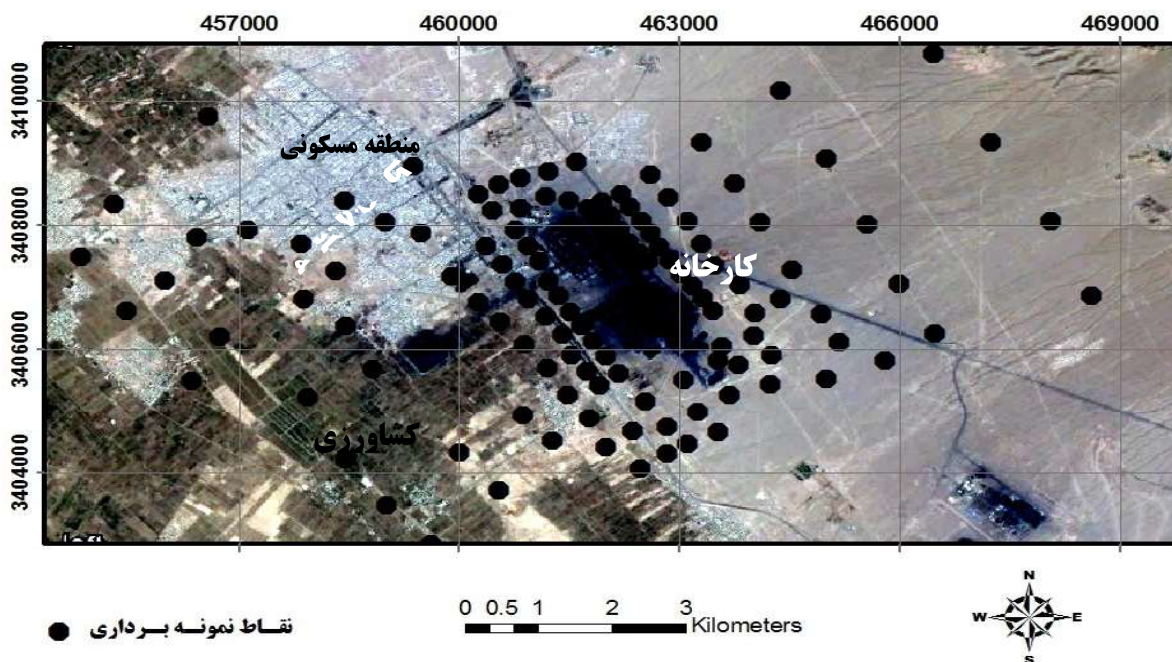
تاکنون مطالعات چندانی در ارتباط با وضعیت آلودگی خاک‌های اطراف کارخانه زغال شویی زرنند انجام نشده است. هدف از این تحقیق ارزیابی وضعیت آلودگی خاک اطراف کارخانه زغال شویی به مس و کادمیوم با استفاده از شاخص زمین انباشتگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (کارخانه زغال شویی زرنند) در یک منطقه‌ی کم بارش با متوسط دما ۳۵+ درجه سانتیگراد در تابستان و ۵- درجه سانتیگراد در زمستان می‌باشد (حمزه و زریسفی، ۱۳۸۹). این کارخانه در ۷۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان کرمان و در نزدیکی شهر زرنند قرار گرفته و در حال حاضر روزانه به‌طور متوسط حدود ۴۰۰۰ تن زغال سنگ را شستشو می‌دهد (حمزه و زریسفی، ۱۳۸۹).

نمونه برداری

نمونه برداری به صورت شبکه بندی تصادفی انجام شد (شکل ۱). تعداد ۱۳۵ نمونه مرکب (در هر نقطه ۵ نمونه) از سطح خاک (عمق ۰-۳۰) از منطقه ریزوسفری برداشت و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی متری به آزمایشگاه انتقال یافتند. شکل قابل جذب عناصر سنگین (مس و کادمیوم) با استفاده از محلول ۰.۰۵/۰ مولار DTPA-TEA در pH برابر با ۳/۷ استخراج (Baker and Amacher, ۱۹۸۲) و غلظت فلزات در عصاره ها به کمک دستگاه جذب اتمی قرائت گردید.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری

ارزیابی خاک منطقه مورد مطالعه در این مطالعه از شاخص زمین انباشتگی جهت بررسی میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین (مس و کادمیوم) استفاده شد. شاخص زمین انباشتگی^{۱۹۲} که اولین بار توسط مولر معرفی شد (Muller et al., ۱۹۶۹)، قادر به بیان درجه آلودگی خاک بوده و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I_{geo} = \log_2((Cn)/1.5Bn) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که I_{geo} شاخص زمین انباشتگی، Cn ، غلظت در رسوب یا خاک و Bn ، غلظت زمینه می باشد. ضریب ۵/۱ نیز برای حذف تغییرات احتمالی زمینه به علت تاثیرات زمین شناختی اعمال می شود (Chen et al., ۲۰۰۷). مولر و همکاران (۱۹۶۹) ۶ کلاس برای شاخص زمین انباشتگی در نظر گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- طبقات شاخص زمین انباشتگی

شاخص زمین انباشتگی	درجه آلودگی
> 0	غیر آلوده
$0 - 1$	غیر آلوده تا کمی آلوده
$1 - 2$	کمی آلوده
$2 - 3$	کمی آلوده تا خیلی آلوده
$3 - 4$	خیلی آلوده
$4 - 5$	خیلی آلوده تا شدیداً آلوده

^{۱۹۲} Geoaccumulation index



نتایج و بحث

توصیف آماری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های برداشت شده در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین غلظت قابل جذب مس و کادمیوم در منطقه به ترتیب ۸۷/۱ و ۴۴/۰ میلی گرم بر کیلوگرم تعیین شد. جهت تعیین میزان آلاینده‌گی خاک به عناصر سنگین بایستی میزان غلظت عناصر در منطقه با یک استاندارد شناخته شده مقایسه شود (Ye). (et al., ۲۰۱۱) بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه می‌باشد. به دلیل عدم وجود استاندارد خاص آلودگی خاک در ایران، از استاندارد ارایه شده توسط Maff (۱۹۸۸) برای بررسی آلودگی مس در منطقه استفاده شد. بر همین اساس متوسط غلظت مس بیشتر از حداکثر غلظت قابل قبول بوده و لذا منطقه دارای آلودگی مس می‌باشد. میانگین فلز کادمیوم در منطقه مورد مطالعه کمتر از حداکثر قابل قبول برای سایر کشورها می‌باشد (Kabata-Pendias, ۲۰۰۱a) و لذا آلودگی کادمیوم در منطقه وجود ندارد. هر چند ممکن است که در برخی از نقاط آلودگی خاک به این عنصر به طور خاص مشاهده شود. میانگین بیش از حد مجاز عناصر می‌تواند ناشی از ورود عناصر از منابع آنتروپوژنیک یا به عبارت دیگر فعالیت‌های انسان باشد. میانگین بیشتر از حد مجاز نشان دهنده ورود عناصر از منابع آنتروپوژنیک یا به عبارت دیگر در نتیجه فعالیت انسان است (Iqbal and Shah, ۲۰۱۱).

جدول ۲- توصیف آماری غلظت قابل جذب فلزات مس و کادمیوم در منطقه مورد مطالعه

عنصر	تکرار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
مس	۱۳۵	۰۶/۰	۳۶/۵	۸۷/۱	۰۴/۱
کادمیوم	۱۳۵	۱۲/۰	۸۴/۷	۴۴/۰	۶۶/۰

شاخص زمین انباشتگی شامل هفت گروه از غیر آلوده تا به شدت آلوده می‌باشد که براساس غلظت فلزات سنگین این طبقه‌بندی صورت می‌گیرد (Gonzales- Macias et al., ۲۰۰۶). میانگین شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) فلزات سنگین در منطقه نشان داد که شاخص زمین انباشتگی برای عنصر کادمیوم ۸/۰ میلی گرم بر کیلوگرم در محدوده غیر آلوده تا کمی آلوده و برای عنصر مس ۹۱/۳ میلی گرم بر کیلوگرم در محدوده خیلی آلوده قرار دارد (جدول ۳). تولید زهاب اسیدی از باطله‌های کارخانه زغال شویی و pH پایین می‌تواند باعث افزایش انحلال کانی‌های حاوی فلزات سنگین شود. بررسی آلودگی مس در معدن زغال سنگی در نیوزلند نیز نشان داد که تحرک مس در این نواحی افزایش یافته است که عمدتاً ناشی از سطوح پایین pH بوده است (Ezeigbo and Ezeanyim, ۱۹۹۳). مطالعات قبلی در مورد اثرات زیست محیطی معدن زغال سنگی در بنگلادش نشان داده که اسیدیته خاک، غلظت فلزات سمی را افزایش داده است (Bhuiyan et al., ۲۰۱۰).

فلزات سنگین برای نمونه‌های خاک ریزوسفری منطقه مورد مطالعه (I_{geo}) جدول ۳- مقادیر شاخص زمین انباشتگی

عنصر	شاخص زمین انباشتگی	شدت آلودگی منطقه
کادمیوم	۸/۰	غیر آلوده تا کمی آلوده
مس	۹۱/۳	خیلی آلوده

نتیجه گیری

میانگین غلظت قابل جذب فلز کادمیوم (۴۴/۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در منطقه مورد مطالعه کمتر از حداکثر غلظت استاندارد ارایه شده توسط سایر کشورها بود در حالی که میانگین غلظت مس (۸۷/۱ میلی گرم بر کیلوگرم) در منطقه بالاتر از حداکثر غلظت استاندارد بود. بنابراین بر اساس غلظت قابل جذب فلزات، منطقه مورد مطالعه از آلودگی کادمیوم عاری بوده ولی از لحاظ فلز مس تا حدودی آلوده می‌باشد. در مقابل نتایج شاخص زمین انباشتگی نشان داد که عنصر کادمیوم در محدوده آلوده تا کمی آلوده و مس در محدوده خیلی آلوده قرار دارد که این آلودگی می‌تواند ناشی از زهاب اسیدی خروجی از کارخانه باشد.

منابع

- حمزه، ع.، م. و وزیسی، ا.، م. ۱۳۸۹. مطالعه هیدروژوشیمی برخی عناصر سمی در پساب کارخانه‌ی زغال شویی زرد و روش‌های پاکسازی آن. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، صفحات ۱۸۲ تا ۱۹۴.
- Acosta J.A., Faz A., Martinez-Martinez S., Zornoza R., Carmona D.M. and Kabas S. ۲۰۱۱. Multivariate statistical and GIS-based approach to evaluate heavy metals behavior in mine sites for future reclamation. J Geochem Explor, ۱۰۹: ۸-۱۷.



- Baker D.E. and Amacher M.C. ۱۹۸۲. Nickel, copper, zinc, cadmium. In: Miller R.H., Keeney D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part ۲. ASA-SSSA, Madison, WI, USA. Pp. ۳۲۳-۳۳۴.
- Bermudez G.M.A., Jasan R., Pla R. and Pignata M.L. ۲۰۱۲. Heavy metals and trace elements in atmospheric fall-out: their relationship with topsoil and wheat element composition. J. Hazard. Mater. ۲۱۳-۲۱۴: ۴۴۷- ۴۵۶.
- Bhuiyan M.A., Parvez L., Islam M.A., Dampare S.B. and Suzuki S. ۲۰۱۰. Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. Journal of hazardous materials, ۱۷۳: ۳۸۴-۳۹۲.
- Chen C.W., Kao C.M., Chen C.F. and Dong C.D. ۲۰۰۷. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan., Chemosphere, ۶۶(۸): ۱۴۳۱- ۱۴۴۰.
- Hashemi S.A. ۲۰۱۲. Phytoremediation of lead in urban polluted soils in the north of Iran. Toxicology and Industrial Health, ۲۸: ۴۷۰ - ۴۷۳.
- Iqbal J. and Shah M.H. ۲۰۱۱. Distribution, correlation and risk assessment of selected metals in urban soils from Islamabad, Pakistan. Journal of hazardous materials, ۱۹۲: ۸۸۷-۸۹۸.
- Kabata- Pendias A.A. and Pendias H. ۲۰۰۱a. Trace Elements in Soils and Plants. ۲nd ed., CRC Press, Boca Raton, London.
- Kabata-Pendias A, and Pendias H. ۲۰۰۱b. Trace Elements in Soils and Plants. Third Ed. CRC Press W Boca raton, London. ۴۱۳ Pages.
- Li J., Xie Z.M., Zhu Y.G., and Naidu R. ۲۰۰۵. Risk assessment of heavy metal contaminated soil in the vicinity of lead/zinc mine. J. Environ. Sci. ۶: ۸۸۱-۸۸۵.
- MAFF. ۱۹۸۸. Fertilizer Recommendations. Reference Book ۲۰۹, HMSO, London.
- Muller G. ۱۹۶۹. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geojournal, ۲: ۱۰۸-۱۱۸.
- Rodriguez L., Ruiz E., Alonso-Azcarate J. and Rincon J. ۲۰۰۹. Heavy metal distribution and chemical speciation in tailings and soils around a Pb-Zn mine in Spain. Journal of Environmental Management, ۹۰: ۱۱۰۶-۱۱۱۶.
- Ye C., Li S., Zhang Y. and Zhang Q. ۲۰۱۱. Assessing soil heavy metal pollution in the water-level fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir, China. Journal of hazardous materials, ۱۹۱: ۳۶۶-۳۷۲.
- Youssef R.A. ۱۹۹۷. Studies on nickel and manganese dynamic in the rhizosphere of wheat. Soil Sci. Plant Nutr. ۴۳: ۱۰۲۱-۱۰۲۴.
- Zhang X., Lin F., Jiang Y., Wang K. and Feng X.L. ۲۰۰۹. Variability of total and available copper concentrations in relation to land use and soil properties in Yangtze River Delta of China. Environmental monitoring and assessment, ۱۵۵: ۲۰۵-۲۱۳.
- Zhong X.L., Zhou S.L., Zhu Q. and Zhao Q.G. ۲۰۱۱. Fraction distribution and bioavailability of soil heavy metals in the Yangtze River Delta—A case study of Kunshan City in Jiangsu Province, China. Journal of hazardous materials, ۱۹۸: ۱۳-۲۱.
- Cerqueira B., Covelo E.F., Andrade M.L. and Vega F.A. ۲۰۱۱. Retention and mobility of copper and lead in soils as influenced by soil horizon properties. Pedosphere, ۲۱: ۶۰۳-۶۱۴.
- Nriagu J.O. and Pacyna J.M. ۱۹۸۸. Quantitative assessment of world -wide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature. ۳۳۳: ۱۳۴-۱۳۹.
- Gonzales- Macias C., Schifter I., Liuch- Cota D.B., ende- Rodriguez L. and Hernandez- Vazquez S. ۲۰۰۶. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Salina Cruz Bay, Mexico. Environmental Monitoring and Assessment, ۱۱۸: ۲۱۱- ۲۳۰.
- Ezeigbo H.I. and Ezeanyim B.M. ۱۹۹۳. Environmental pollution from coal mining activities in the enugu area anambka state Nigeria. Mine water and the environment, ۱۲: ۵۳-۶۲.

Abstract

This study was conducted to investigate soil Cu and Cd pollution around a coal plant in Zarand. Composite soil samples (Δ samples per point) from ۱۳۵ points were systematically collected. Soil samples were air dried and passed through a ۲ mm sieve. Soil available form of Cu and Cd was extracted by DTPA-TEA solution and determined by atomic absorption spectrophotometer. The results showed that available Cu and Cd were ۱.۸۷ and ۰.۴۴ (mg/kg). Based on geo-accumulation index, Cd (۰.۸ mg/kg) was in slightly polluted range and Cu (۳.۹۱



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

mg/kg) in highly polluted range. The higher concentration of Cu in soil may be due to parent material and acidic drainage of factory.