ارزیابی آلودگی خاک‌های اطراف کارخانه آلومینیوم‌سازی اراک به فلز سنگین سرب

هانیه صابری [۱]، پریسا علمداری [۲] ، احمد گلچین [۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ۲- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ۳- استاد گروه خاک‌شناسی، استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده
با افزایش تعداد کارخانجات، آلودگی خاک رو به گسترش و یکی از مشکلات زیست محیطی قرن حاضر به حساب می‌آید. هدف این پژوهش، بررسی شدت آلودگی خاک به فلز سنگین سرب در اطراف کارخانه آلومینیوم‌سازی اراک بود. برای این منظور ده نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری و در دو جهت شمال شرقی و شمال غربی تا شعاع ۵ کیلومتری از کارخانه برداشته شد. جهت اندازه‌گیری شدت آلودگی خاک به فلز سرب غلظت‌های کل در نمونه‌های خاک تهیه شده و پس از عصاره‌گیری با اسید توسط دستگاه ICP[۱۴۲] تعیین گردید. نتایج نشان داد که شدت آلودگی خاک به فلز سنگین سرب در جهت شمال غربی کارخانه بیشتر از جهت شمال شرقی و مقدار آن برابر با ۰۳۷۵/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری گردید. بر اساس شاخص ضریب آلودگی، شدت آلودگی خاک‌های منطقه در جهت شمال شرقی به فلز سنگین سرب، در حد متوسط بود.

واژگان کلیدی : فلز سنگین، فاکتور غنی‌شدگی، ضریب آلودگی

مقدمه
نهشته باطله‌های معدنی غنی از فلز و کارخانه‌های ذوب فلزات، بیشترین فعالیت‌های انسانی هستند که می‌توانند سیستم خاك را با مقادیر زیادی فلزات سمی آلوده کنند (Wang et al., ۲۰۰۹). آلاینده‌ها باعث اختلال در وظایف اجزای محیط زیست می‌شوند و از میان آن‌ها فلزات سنگین خاک به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و داشتن توانایی تجمع برای مدت طولانی از اهمیت زیادی برخوردارند (Wu and zhang, ۲۰۱۰). سرب عنصری است که تشابه خواص آن با کلسیم می‌تواند باعث آسیب رساندن به مغز استخوان، بافت های عصبی، مغز و کلیه‌ها می‌شود (Faiz et al., ۲۰۰۹). مسلم‌پور و همکاران (۱۳۹۱) آلودگی خاک به فلزات سنگین را در اطراف کارخانه سیمان خاش در جنوب شرقی ایران بررسی کردند و مشاهده نمودند که منطقه مورد مطالعه نسبت به ۸۰ درصد فلزات سمی مورد مطالعه غیر آلوده بود و فقط نسبت به بیست درصد از فلزات سمی آلودگی متوسطی داشت. خاک‌های مورد مطالعه نسبت به عناصر آرسنیک، کبالت، مس، کروم، منگنز، مولیبدن، سرب و روی غیر آلوده نبود و نسبت به عناصرنیکل و کادمیوم آلودگی متوسطی داشت. تاکنون مطالعه جامعی درخصوص میزان آلودگی منابع خاک در اطراف کارخانه آلومینیوم‌سازی شهر اراک انجام نشده است و هدف این پژوهش ارزیابی مقدار فلز سنگین سرب در خاک اطراف این کارخانه است.

مواد و روش‌ها
شرکت آلومینیوم ایران (ایرالکو)، به عنوان اولین تولید کننده شمش‌های آلومینیومی و بزرگ‌ترین تولید کننده آلومینیوم کشور در زمینی به مساحت ۲۳۲ هکتار و در کیلومتر ۵ جاده اراک-تهران و به مختصات ۳۴ درجه و ۴دقیقه شمالی و ۴۹درجه و ۴۶ دقیقه شرقی واقع شده است. در این پژوهش در مجموع ده نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری تهیه شد. نمونه برداری از مرکز کارخانه تا شعاع ۵ کیلومتر و در دو جهت شمال شرقی و شمال غربی و در شبکه‌های ۱km*۱km صورت گرفت. در هر شبکه ۱۰ نمونه فرعی خاک جمع‌آوری و با هم مخلوط گردید تا یک نمونه مرکب حاصل گردد. برای بررسی شاخص‌های آلودگی خاک دو نمونه با سه تکرار از عمق دو متری و به فواصل مختلف از کارخانه جمع آوری گردید و به‌عنوان نمونه مرجع مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های خاک جهت اندازه گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پس از هوا خشک شدن ابتدا کوبیده و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و تا زمان تجزیه درون ظروف پلاستیکی نگه داری شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری(Klute, ۱۹۸۶)، pH خاک توسط دستگاه pH متر در گل اشباع (Klute, ۱۹۸۶)، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, ۱۹۳۴) تعیین گردید (جدول ۱). برای اندازه‌گیری مقدار کل عناصر سنگین از روش هضم تر با اسید نیتریک و اسید کلریدریک استفاده شد. (Carter, ۱۹۹۳).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خاک مورد استفاده در آزمایش

[۱۴۲] ICP-OES Spectrogenesis

جهت نمونه برداری		فاصله از کارخانه (کیلومتر) ۱	۲	۳	۴	۵
				pH		
شمال غربی	۶۵/۷	۸۸/۷	۸۷/۷	۷۰/۷		۸۵/۷
شمال شرقی	۶۵/۷	۷۹/۷	۸۰/۷	۸۸/۷		۹/۷
				$CaCO_3$٪		
شمال غربی	۷۷/۱۸	۳۷/۱۵	۳۷/۱۶	۱۸/۱۶		۴۳/۲۰
شمال شرقی	۷۷/۱۸	۲۲/۱۷	۲۸/۲۰	۴۳/۲۳		۸۸/۲۶
			OC		٪	
شمال غربی	۰۸/۱	۰۹/۱	۱۸/۱	۳۱/۱		۱۹/۱
شمال شرقی	۰۸/۱	۲۳/۱	۱۷/۱	۲۲/۱		۲۳/۱
						بافت
شمال غربی	Loam	Loam	Clay Loam	Clay Loam		Clay Loam
شمال شرقی	Loam	Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam		Clay Loam

ضریب آلودگی

جهت تعیین آلایندگی خاک به عناصر سنگین از شاخص ضریب آلودگی استفاده می‌شود. بر اساس این فاکتور می‌توان مقدار عناصر را به مقدار غلظت زمینه خود سنجید و میزان آلودگی خاک را تعیین کرد. ضریب آلودگی از معادله ۱ محاسبه می‌شود (Hakanson, ۱۹۸۰).

$$C_f^i = C_n^i / C_{0-1}^i \qquad (۱)$$

در این فرمول C_f^i ضریب آلودگی، C_n^i و C_{0-1}^i به ترتیب غلظت فلز در نمونه مورد بررسی و نمونه مرجع (غلظت زمینه) می‌باشد.

ضریب آلودگی به چهارکلاس تقسیم می‌شود که شامل :

ضریب آلودگی پایین (۱> C_f^i)، ضریب آلودگی قابل توجه (۳> C_f^i ۱)، ضریب آلودگی بالا (۶> C_f^i ۳) و ضریب آلودگی خیلی بالا (C_f^i ۶) می‌باشد.

فاکتور غنی شدگی(EF)

فاکتور غنی شدگی یک راهکار برای برآورد شدت آلودگی از خاک به فلزات سنگین است که برای فلزاتی که غلظت آن‌ها بالاتر از سطح غلظت زمینه است محاسبه می شود (Huu et al., ۲۰۱۰). فاکتور غنی شدگی برای فلزات سنگین در خاک‌ها از معادله ۲ محاسبه می‌شود (Madrid et al., ۲۰۰۸) :

$$EF = \left(Me/Fe\right)_{sample} / \left(Me/Fe\right)_{background} \qquad (۲)$$

در این معادله (EF) فاکتور غنی شدگی، $\left(Me/Fe\right)_{sample}$ نسبت غلظت فلز به غلظت آهن در نمونه مورد بررسی، $\left(Me/Fe\right)_{background}$ نسبت غلظت فلز به غلظت آهن در نمونه مرجع یا غلظت زمینه خاک است.

پنج کلاس الودگی بر اساس فاکتور غنی شدگی وجود دارد که به شرح زیر است (Sutherland, ۲۰۰۰) :
غنی شدگی کم (EF<۲)، غنی شدگی متوسط (۵> EF۲)، غنی شدگی زیاد (۲۰>۵ EF)، غنی شدگی خیلی زیاد (۴۰> EF۲۰)و غنی شدگی بینهایت شدید (EF۴۰<) .

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه‌های فیزیک و شیمیایی نمونه‌های خاک (جدول ۱) نشان دادند که بافت خاک مناطق نمونه‌برداری عمدتا لوم رسی، PH آنها بین ۶۵/۷ تا ۹/۷ ،میزان کربنات کلسیم بین ۳۷/۱۵ تا ۸۸/۲۶ و میزان کربن آلی نمونه‌ها بین ۰۸/۱ تا ۳۱/۱ متغیر بود.

اثر ساده و متقابل جهت و فاصله نمونه‌برداری بر غلظت کل سرب خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین غلظت کل سرب در جهت شمال غربی اندازه‌گیری شد که حدود ۲۰٪ نسبت به جهت شمال شرقی افزایش داشت (جدول ۲). با افزایش فاصله از کارخانه میانگین غلظت کل سرب از روند خاصی پیروی نکرد ولی در شعاع ۳ کیلومتری حداکثر و بیشترین میانگین غلظت کل سرب در برابر با ۳۷۵/۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۲). کمترین میانگین غلظت سرب نیز در فاصله ۵ کیلومتری دیده شد. گودرزی و همکاران (۲۰۰۳) نیز در بررسی آلودگی خاک به سرب و روی پیرامون کارخانه سرب و روی در کانادا گزارش کردند که با افزایش فاصله از کارخانه از تاثیر دود کش‌ها کاسته شد به طوری که دودکش‌ها در فاصله ۸/۱ کیلومتری بیشترین سهم را در آلودگی خاک داشتند که با افزایش فاصله تا حدود ۱۱ کیلومتری از تاثیر آلودگی دودکش‌ها کاسته شد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل فاصله و جهت نمونه‌برداری بر غلظت کل سرب خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

جهت	فاصله (کیلومتر)					میانگین
	۱	۲	۳	۴	۵	
شمال غربی	d ۴۳۸/۶۵	e ۶۲۵/۶۱	b ۲۵۰/۸۲	b ۷۵	c ۸۷۵/۷۰	A ۰۳۷۵/۷۱
شمال شرقی	d ۴۳۸/۶۵	ef ۰۶۳/۵۹	gf ۵۰۰/۵۶	g ۶۲۵/۵۵	gf ۷۵۰/۵۷	B ۸۷۵۰/ ۵۸
میانگین	B ۴۳۸/۶۵	C ۳۴۴/۶۰	A ۳۷۵/۶۹	B ۳۱۳/۶۵	B ۳۱۳/۶۴	

تاثیر جهت بر میانگین شاخص ضریب الودگی سرب در سطح یک درصد معنی‌دار بود که مقدار آن در جهت شمال غربی حدود ۱۰ درصد نسبت به شمال شرقی بیشتر بود و برای هر دو جهت در کلاس آلودگی قابل توجه قرار داشت. تاثیر فاصله بر میانگین شاخص ضریب آلودگی سرب معنی‌دار نبود. اثر متقابل جهت و فاصله بر شاخص ضریب آلودگی سرب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. با افزایش فاصله از کارخانه شاخص ضریب آلودگی سرب در جهت شمال شرقی تا شعاع ۴ کیلومتری دارای روند نزولی و در جهت شمال غربی حداکثر مقدار آن در شعاع ۳ کیلومتری گزارش شد که برابر با ۶۷۴۱/۲ بود و برای تمام نقاط در کلاس آلودگی قابل توجه طبقه‌بندی شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل فاصله و جهت نمونه‌برداری بر شاخص ضریب آلودگی فلزسرب در خاک

جهت	فاصله(کیلومتر)					میانگین
	۱	۲	۳	۴	۵	
شمال غربی	bcd ۱۲۷۵/۲	bcd ۰۰۳۶/۲	a ۶۷۴۱/۲	ab ۴۳۸۴/۲	abc ۳۰۴۳/۲	A ۳۰۹۵۹/۲
شمال شرقی	bcd ۱۲۷۵/۲	cd ۹۲۰۳/۱	d ۸۳۶۹/۱	d ۸۰۸۵/۱	cd ۸۷۷۶/۱	B ۹۱۴۱۶/۱
میانگین	A ۱۲۷۵/۲	A ۹۶۱۹/۱	A ۲۵۵۵/۲	A ۱۲۳۵/۲	A ۰۹۰۹/۲	

اثر جهت بر میانگین فاکتور غنی‌شدگی سرب در سطح یک درصد معنی‌دار بود و مقدار آن در جهت شمال غربی بیشتر از شمال شرقی و به ترتیب برابر با ۹۲۹۶۵/۰ و ۷۲۰۱۷/۰ اندازه‌گیری شد که برای هردو جهت کلاس فاکتور غنی شدگی سرب در کلاس غنی‌شدگی کم قرار داشت. اثر متقابل جهت و فاصله بر فاکتور غنی-شدگی سرب در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و در هر دو جهت دارای روند خاصی نبود. اثر فاصله نیز برمیانگین فاکتور غنی‌شدگی منگنز معنی‌دار نبود. میانگین فاکتور غنی‌شدگی سرب در دو جهت و تمام فواصل در کلاس غنی‌شدگی کم قرار داشت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل فاصله و جهت نمونه‌برداری بر فاکتور غنی‌شدگی فلز سرب در خاک

جهت	فاصله(کیلومتر) ۱	۲	۳	۴	۵	میانگین
شمال غربی	a ۸۹۷۷۷/۰	a ۹۰۵۷۳/۰	a ۹۳۹۷۵/۰	a ۹۶۹۶۳/۰	a ۹۳۵۳۵/۰	A ۹۲۹۶۵/۰
شمال شرقی	a ۸۹۷۷۷/۰	b ۶۴۹۰۴/۰	b ۶۴۹۸۸/۰	b ۶۶۷۸۳/۰	b ۷۳۶۳۱/۰	B ۷۲۰۱۷/۰
میانگین	A ۸۹۷۷۷/۰	B ۷۷۷۳۹/۰	B ۷۹۴۸۲/۰	AB ۸۱۸۷۳/۰	AB ۸۳۵۸۳/۰	

نتیجه‌گیری

غلظت فلز سرب در جهت شمال غربی بیشتر از جهت شمال شرقی و در فاصله ۳ کیلومتری حداکثر بود. شاخص درجه آلودگی عناصر فلزی در کلاس آلودگی متوسط قرار داشت. میانگین شاخص‌های ضریب آلودگی و ژئوانباشت آلومینیوم تا شعاع ۳ کیلومتری از کارخانه به ترتیب در کلاس‌های آلودگی بالا و متوسط و در شعاع ۳ تا ۵ کیلومتری نمونه‌برداری در کلاس آلودگی قابل توجه و غیر آلوده تا آلودگی متوسط قرار داشتند. میانگین شاخص ضریب آلودگی آهن تا شعاع ۳کیلومتری از کارخانه در کلاس آلودگی بالا و در شعاع ۳ تا ۵ کیلومتری در کلاس آلودگی قابل توجه قرار گرفت. میانگین شاخص‌های ضریب آلودگی سرب برای تمام نقاط در کلاس A غیرآلوده تا آلودگی متوسط گزارش گردید. میانگین فاکتور غنی شدگی سرب برای تمام نقاط در کلاس غنی‌شدگی کم قرار داشت.

منابع

مسلم‌پور، م. ا.، شهدادی، س. و نعیمی، ر. ۱۳۹۱. ارزیابی آلودگی فلزات سمی در اطراف کارخانه سیمان خاش جنوب شرق ایران. اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست، همدان- دانشگاه شهید مفتح.

Carter M.R. (ED). ۱۹۹۳. Soil sampling and method of analysis. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers.

Faiz Y., Tufail M., Javed M.T. and Chaudhry M.M. ۲۰۰۹. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan. Microchemical Journal, ۹۲: ۱۸۶-۱۹۲.

Goodarzi F.,Sanei H. Labonte L. and Duncan W.F. ۲۰۰۳. Deposition of trace element in the trail region, British, Columbia. An Assessment of the environmental effect of a base metal smelter on land. Geological Survey of Canada Bulletin ۵۷۳.

Hakanson L. ۱۹۸۰. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research. ۱۴: ۹۷۵-۱۰۰۱.

Huu H.H., Rudy S. and Damme A.V. ۲۰۱۰. Distribution and contamination status of heavy metals in estuarine sediments near Cau Ong harbor, Ha Long Bay, Vietnam. Geol Belgica, ۱۳: ۳۷-۴۷.

Klute A. ۱۹۸۶. Methods of soil analysis. Part ۱. Physical and mineralogical methods, (۲ nd ed), Soil Science Society of American., Madison, Wisconsin, USA, PP: ۱۱۸۹.

Madrid F., Diaz-Barrientos E. and Madrid L. ۲۰۰۸. Availability and bio-accessibility of metals in the clay fraction of urban soils of Sevilla.Environmental Pollution, ۱۵۶: ۶۰۵-۶۱۰.

Sutherland R.A. ۲۰۰۰. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology, ۳۹: ۶۱۱-۶۲۷.

Walkley A. and Black I.A. ۱۹۳۴. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, ۳۷: ۲۹-۳۸.

Wang J, Zhang C.B, Jin Z.X. ۲۰۰۹. The distribution and phytoavailability of heavy metal fraction in rhizosphere soils of paulowniu fortune (seem) Hems near a Pb/Zn smelter in Guangdong, PR China. Geoderma. V. ۱۴۸. P. ۲۹۹-۳۰۶.

Wu C. and Zhang L. ۲۰۱۰. Heavy metal concentrations and their possible sources in paddy soils of a modern agricultural zone, southeastern China.Environmental Earth Sciences, ۶۰: ۴۵-۵۶.

Abstract

With increase in the number of factories, soil contamination is becoming an environmental problem in recent century. The aims of this study was to evaluate heavy metal contamination of lead status of soils around Aluminum smelting factory of this city. For This purpose, ten composite samples were taken from the surface layers (۰-۱۵) of soils located in north-west and north-east directions of the factory with a distance interval of ۱ km and up to a distance of ۵ km from the factory. Total concentration of heavy metal lead was extracted from the soil samples by acid respectively and determined using ICP device. The results showed that the pollution intensities of soils by lead was higher in north west direction compared to north- east direction and the total concentration of this element was ۷۱.۰۴ mg/kg soil respectively. According to the contamination coefficients calculated for the soil samples, the pollution intensity of the soils, in the north-west direction was moderate for lead.