بررسی شدت آلودگی خاک به عنصر فلزی آلومینیوم در اطراف کارخانه آلومینیوم‌سازی اراک

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

چکیده
با توجه به اهمیت شهر اراک از نظر فعالیت‌های صنعتی، هدف این پژوهش، بررسی شدت آلودگی خاک به عنصر فلزی آلومینیوم در اطراف کارخانه آلومینیوم‌سازی این شهر بود. برای این منظور دهنمونه 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. غلظت کل آلومینیوم در نمونه‌های خاک تهیه شده و پس از عصاره‌گیری با اسید توسط دستگاه ICP[۵۶] تعیین گردید. جهت برآورد شدت آلودگی از ضریب آلودگی و شاخص ژئوانباشت استفاده شد. نتایج نشان داد که شدت آلودگی خاک به عنصر آلومینیوم در جهت شمال غربی کارخانه بیشتر از جهت شمال شرقی و مقدار این عنصربرابر با ۵/۴۱۳۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری گردید. بر اساس شاخص ضریب آلودگی، شدت آلودگی خاک‌های منطقه در جهت شمال شرقی به عنصر آلومینیوم قابل توجه بود.
واژگان کلیدی: کارخانه آلومینیوم‌سازی، شدت آلودگی، شاخص ژئوانباشت

مقدمه
آلودگی خاك، آب و گیاه یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی در همه جوامع بشری است که حیات موجودات زنده به ویژه انسان را با خطر جدی مواجه ساخته است. پس از آب و هوا، خاك مهم‌ترین جزء محیط زیست برای انسان تلقی می‌شود (ملکوتی، ۱۳۸۴). ذوب آلومینیوم بدون مشکلات زیست محیطی نبوده وبرخی از مطالعات به بررسی انتشار آلاینده‌های مختلف طی فرایند ذوب آلومینیوم پرداخته و به طور کمی گونه‌های موجود در گازهای دودکش را تعیین کرده‌اند (Wei, ۱۹۹۶). مطالعات سم‌شناسی محیط زیست در سال‌های اخیر نشان داده است که آلومینیوم می‌تواند عامل بسیاری از بیماری‌ها در انسان و حیوانات باشد و تاثیر مضری بر روی ریشه گیاهان داشته باشد (Nowak and Brus, ۱۹۹۶). مطالعات متعددی در کشورهای مختلف روی آلودگی خاک‌ها، گیاهان، آب‌ها و رسوبات به فلزات سنگین در اثر فعالیت‌های صنعتی و معدنی انجام شده است (Merrington and Alloway, ۱۹۹۴). مور و همکاران (۲۰۱۳) غلظت فلزات سنگین را در خاک اطراف یک کارخانه ذوب روی در جزیره قشم ایران اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مناطق آلوده در مجاورت کارخانه ذوب روی قرار داشت و غلظت فلزات سنگین در خاک با افزایش فاصله از منابع آلاینده کاهش یافت. اگرچه تاثیر فعالیت کارخانجات ذوب فلز بر آلودگی خاک و گیاه به فلزات سنگین در بسیاری از نقاط ایران مورد بررسی قرار گرفته است ولی در مورد تاثیر کارخانه آلومینیوم‌سازی اراک بر آلودگی خاک منطقه، مطالعه جامعی در دست نیست و هدف این پژوهش بررسی اثر این کارخانه بر آلودگی خاک اطراف آن به فلز آلومینیوم است.

موادوروش‌ها
شرکت آلومینیوم ایران (ایرالکو)، 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 باهم مخلوط گردید تا یک نمونه مرکب حاصل گردد. برای بررسی شاخص‌های آلودگیخاک 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) ، pHخاک توسط دستگاه pHمتر 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

[۵۶] ICP-OES Spectrogenesis

جهـــــــت	فاصله از کارخانه (کیلومتر)				
نمونه برداری	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

ضریب آلودگی برای بیان آلودگی خاک به یک عنصر بیان می‌شود. ضریب آلودگی از معادله ۱ محاسبه می‌شود و به شرح زیر است (Ergin et al., ۱۹۹۱) :

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

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 (C_f^i <۱)، 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.

شاخص ژئوانباشت

شاخص ژئوانباشت اولین بار توسط مولر جهت ردیابی فلزات مختلف در اروپا ارائه شد که از معادله ۲ محاسبه می‌شود (Muller, ۱۹۷۹).

$$I_{geo} = Log_2 \left(C_n / 1.5\, B_n \right) \quad (۲)$$

در این معادله I_{geo} شاخص ژئوانباشت، B_n غلظت زمینه و C_n غلظت کل فلز در نمونه خاک می‌باشد. ضریب ۱.۵ برای به حداقل رساندن تغییرات احتمالی غلظت فلز در زمین‌هایی است که ممکن است با تغییرات سنگ‌های پوسته زمین و مواد مادری خاک مرتبط باشد (Mendiola, ۲۰۰۸ and Guadalupe).

این شاخص بر اساس افزایش مقدار عددی آن به هفت کلاس آلودگی شامل :

غیر آلوده (صفر> I_{geo})، غیر آلوده تا آلودگی متوسط (۱> I_{geo} صفر)، آلودگی متوسط (۲> I_{geo} ۱)، آلودگی متوسط تا زیاد (۳> I_{geo} ۲)، آلودگی زیاد (۴> I_{geo} ۳)، آلودگی شدید (۵> I_{geo} ۴) و آلودگی بسیار شدید (۵ I_{geo}) تقسیم می‌شوند (Huu et al., ۲۰۱۰).

نتایج وبحث

نتایج حاصل از تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی 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.

تاثیر جهت نمونه‌برداری بر میانگین غلظت کل آلومینیوم خاک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین میانگین غلظت کل آلومینیوم در جهت شمال غربی مشاهده شده که نسبت به جهت شمال شرقی حدود یک درصدافزایش داشت (جدول ۲) نتایج

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر فاصله از کارخانه بر میانگین غلظتکل آلومینیوم خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش فاصله از کارخانه میانگین غلظت کل آلومینیوم کاهش یافت. به طوریکه کمترین غلظت کل آلومینیوم در فاصله ۵ کیلومتری از کارخانه اندازه‌گیری شد که برابر با ۳۲۵۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۲). بیشترین میانگین غلظت کل آلومینیوم در فاصله یک کیلومتری مشاهده شد که برابر با ۳/۴۸۴۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود(جدول ۲). دلیل افزایش غلظت کل آلومینیوم در جهت شمال غربی می‌تواند مربوط به متفاوت بودن مواد مادری، فرایند تشکیل خاک و فعالیت انسان باشد(Solgi et al., ۲۰۱۲).در جهت شمال غربی نزدیک بودن محل‌های نمونه برداری به کارخانجات ماشین‌سازی ، صنایع آذرآب و واگن سازی و همچنین وجود باد غالب منطقه می‌تواند باعث آلودگی خاک به آلومینیوم شده باشد(Moor et al, ۲۰۱۳).اثر متقابل جهت و فاصله نمونه‌برداری بر غلظت کل آلومینیوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در هر دو جهت نمونه برداری با افزایش فاصله از کارخانه آلومینیوم‌سازی غلظت آلومینیوم کاهش یافت و کمترین غلظت کل آلومینیوم در جهت شمال شرقی و در فاصله ۵ کیلومتری از کارخانه اندازه‌گیری شد که برابر با ۹/۳۲۹۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود(جدول ۲). بیشترین غلظت کل آلومینیوم در جهت شمال غربی و در فاصله یک کیلومتری از کارخانه مشاهده شد که برابر با ۳/۴۸۴۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل فاصله و جهت نمونه‌برداری بر غلظت کل آلومینیوم خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)

جهت	فاصله (کیلومتر)					میانگین
	۱	۲	۳	۴	۵	
شمال غربی	^{a}۳/۴۸۴۲۳	^{b} ۴/۴۴۳۲۹	^{c} ۹/۴۲۱۳۰	^{d}۵/۳۹۵۰۷	^{f}۵/۴۱۳۱۶	A ۵/۴۱۳۱۶
شمال شرقی	^{a} ۳/۴۸۴۲۳	^{b} ۵/۴۵۰۸۱	^{dc} ۳/۴۱۰۵۰	^{c} ۳۵۳۴۴	^{b}۹/۳۲۹۲۶	B ۲/۴۰۵۶۵
میانگین	A ۳/۴۸۴۲۳	B ۵/۴۴۷۰۵	C ۶/۴۱۵۹۰	D ۸/۳۷۴۲۵	E ۳۲۵۵۹	

تاثیر جهت نمونه‌برداری بر میانگین شاخص ضریب الودگی الومینیوم در سطح احتمال ۵ درصد و تاثیر فاصله نمونه‌برداری بر میانگین این شاخص و اثر متقابل جهت و فاصله نمونه‌برداری بر شاخص ضریب آلودگی آلومینیوم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. میانگین شاخص ضریب آلودگی آلومینیوم در جهت شمال شرقی حدود ۸۱/۱ درصد نسبت به جهت شمال غربی افزایش داشت. با افزایش فاصله از کارخانه میانگین شاخص ضریب آلودگی آلومینیوم کاهش یافت و بیشترین مقدار آن در شعاع یک کیلومتری و کمترین آن در شعاع ۵ کیلومتری بود که میانگین شاخص ضریب آلودگی تا شعاع ۳ کیلومتری در کلاس آلودگی بالا و در فواصل ۴ و ۵ کیلومتری در کلاس آلودگی قابل توجه قرار داشت. در هر دو جهت با افزایش فاصله شاخص ضریب آلودگی کاهش نشان داد که در جهت شمال غربی تا شعاع ۴ کیلومتری و در جهت شمال شرقی تا شعاع ۳ کیلومتری در کلاس آلودگی بالا و در فاصله ۵ کیلومتری جهت شمال غربی و ۴ تا ۵ کیلومتری جهت شمال شرقی در کلاس آلودگی قابل توجه قرار داشت (جدول ۳).

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

جهت	فاصله(کیلومتر)					میانگین
	۱	۲	۳	۴	۵	
شمال غربی	^{a} ۶۹۵۱۷/۳	^{b} ۳۸۲۷۶/۳	^{c} ۲۱۵۰۰/۳	^{d} ۰۱۴۸۰/۳	^{g} ۴۵۶۴۹/۲	B ۱۵۲۸۴/۳
شمال شرقی	^{a} ۶۹۵۱۷/۳	^{a} ۶۰۸۹۷/۳	^{bc} ۲۸۶۲۵/۳	^{c} ۸۲۹۴۴/۲	^{f} ۶۳۵۹۴/۲	A ۲۱۱۱۶/۳
میانگین	A ۶۹۵۱۷/۳	B ۴۹۵۸۷/۳	C ۲۵۰۶۳/۳	D ۹۲۲۱۲/۲	E ۵۴۶۲۲/۲	

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر جهت نمونه‌برداری بر میانگین شاخص ژئوانباشت آلومینیوم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و برای جهت شمال شرقی برابر با ۰۸۵۲۷/۱ و در جهت شمال غربی برابر با ۰۵۸۲۶/۱ بود که برای هر دو جهت شاخص ژئوانباشت آلومینیوم در کلاس آلودگی متوسط قرار گرفت. تاثیر فاصله بر میانگین شاخص ژئوانباشت آلومینیوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با افزایش فاصله نمونه‌برداری از مقدار آن کاسته شد و بیشترین میانگین این شاخص برای آلومینیوم در فاصله یک کیلومتری دیده شد که نسبت به فاصله ۵ کیلومتری حدود ۷۰ درصد افزایش داشت. میانگین این شاخص برای آلومینیوم تا شعاع ۳ کیلومتری در کلاس آلودگی متوسط و در ۲ کیلومتر نهایی نمونه برداری در کلاس غیر آلوده تا آلودگی متوسط قرار داشت. اثر متقابل جهت و فاصله بر شاخص ژئوانباشت آلومینیوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود و در هر دو جهت با افزایش فاصله مقدار شاخص ژئوانباشت کاهش پیدا کرد. در جهت شمال غربی تا فاصله ۴ کیلومتری و در جهت شمال شرقی تا فاصله ۳ کیلومتری در کلاس آلودگی متوسط و در بقیه نقاط در کلاس غیر آلوده تا آلودگی متوسط بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل فاصله و جهت نمونه‌برداری بر شاخص ژئوانباشت فلز آلومینیوم در خاک

جهت	فاصله(کیلومتر) ۱	۲	۳	۴	۵	میانگین
شمال غربی	[a]۳۰۰۴۱/۱	[b]۱۷۲۹۶/۱	[c]۰۹۹۸/۱	[d]۰۰۶۷۸/۱	[g]۷۱۱۳۰/۰	B ۰۵۸۲۶/۱
شمال شرقی	[a]۳۰۰۴۱/۱	[a]۲۶۶۳۳/۱	[bc]۱۳۱۳۵/۱	[e]۹۱۵۵۱/۰	[f]۸۱۲۷۴/۰	A ۰۸۵۲۷/۱
میانگین	A ۳۰۰۴۱/۱	B ۲۱۹۶۴/۱	C ۱۱۵۵۹/۱	D ۹۶۱۱۵/۰	E۷۶۲۰۲/۰	

نتیجه‌گیری

غلظت فلز آلومینیوم در خاک اطراف کارخانه آلومینیوم‌سازی اراک تا شعاع ۵ کیلومتری در جهت شمال غربی بیشتر از جهت شمال شرقی بود و با افزایش فاصله از کارخانه در هر دو جهت غلظت کل آلومینیوم روند نزولی را نشان داد. میانگین‌های 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.

منابع

ملکوتی،م.ج. (۱۳۸۴).کشاورزپیایداروافزایشعملکردبابهینه‌سازیمصرفکوددرایران. انتشاراتسنا. تهران. ایران.

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

Ergin M., Saydam C., Basturk O., Erdem E. and Yoruk R. ۱۹۹۱. Heavy metal concentrations in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara. Chem. Geo. ۹۱, ۲۶۹-۲۸۵.

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, (۲nd ed), Soil Science Society of American., Madison, Wisconsin, USA, PP. ۱۱۸۹.

Mendiola, L. M. and Guadalupe, L. ۲۰۰۸. Environmental Assessment of an Active Tailings Pile in the State of Mexico.

Merrington G. and Alloway B.J. ۱۹۹۴. The transfer and fate of Cd, Cu, Pb and Zn from two historic metalliferous mine sites in the UK. Appl. Geochem. ۹: ۶۷۷-۶۸۷.

Mü ller G. ۱۹۷۹. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Ver nderungen seit ۱۹۷۱. Umschau, ۷۹: ۷۷۸-۷۸۳.

Moore F., Kargar S. and Rastmanesh F. ۲۰۱۳. Heavy metal concentration of soils affected by Zn-smelter activities in the Qeshm Island, Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran. ۲۴: ۳۳۹-۳۴۶.

Solgi E., Esmaili-Sari A., Riyahi-Bakhtiari A. and Hadipour M. ۲۰۱۲. Soil contamination of metals in the three industrial estates, Arak, Iran. Bulletin of environmental contamination and toxicology, ۸۸: ۶۳۴-۶۳۸.

Tijani M.N. and Onodera S. ۲۰۰۹. Hydro geochemical Assessment of metals contamination in an urban drainage system: A case study of Osogbo township, SW-Nigeria. J. Water Resource and Protection. ۳: ۱۶۴-۱۷۳.

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.

Wei Y-L. ۱۹۹۶. Distribution study of priority pollutant PAHs from a laboratory aluminium-can chip smelting furnace. Journal of Hazardous Materials. Vol. ۴۹, pp. ۲۶۷-۸۰.

Abstract

Considering the industrial activities of Arak city, the aims of this study was to evaluate contamination of aluminum metal 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 aluminum was extracted from the soil samples by acid respectively and determined using ICP device. To determine the pollution intensity of the soils studied, contamination coefficient, Index of geo accumulation were calculated for the soil samples. The results showed that the pollution intensities of soils by aluminum was higher in north west direction compared to north- east direction and the total concentration of this element was ۴۱۳۱۶.۵ 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 considerable for aluminum.