



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک های سطحی کشاورزی محدوده مرکز دفن میاندوآب

نادر عباسی، محسن محمدی گلنگش*

گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

اطلاعات مقاله:

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین به علت سمیت، ماندگاری در شرایط طبیعی، قابلیت ورود و تجمع (تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی) در زنجیره های غذایی، به عنوان آلوده کننده های جدی تلقی می گردند. هدف از این مطالعه بررسی غلظت فلزات سنگین Ni و Fe, Cr, Zn, Cu, Cd, Pb در خاک های سطحی کشاورزی محدوده مرکز دفن میاندوآب بوده است.

روش بررسی: در این پایش پس از بازدید منطقه، ۵۷ نمونه خاک از عمق ۲۰-۳۰ cm برداشت شد. پس از آماده سازی و هضم نمونه ها در آزمایشگاه، توسط دستگاه پلاسما جفت شده القایی (ICP-OES) مورد سنجش قرار گرفتند. شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک (PERI) و شاخص زمین انباشتگی (Igeo)، آزمون مؤلفه های اصلی (PCA) و همبستگی پیرسون (Pearson's Correlation)، آنالیز خوشه ای (Cluster) و آزمون تی منفرد (One-T-test) استفاده شد. پردازش آماری نتایج نیز با نرم افزار آماری SPSS انجام یافت.

یافته ها: بر اساس نتایج آزمون تی منفرد میانگین غلظت فلزات Ni, Cr, Zn, Cu, Cd, Pb تفاوت معناداری با غلظت زمینه شان در خاک نداشت ($p > 0.05$) و این تفاوت فقط برای فلز Fe معنا دار بود ($p < 0.05$) که حاکی از منشأ زمین شناسی این عنصر بود. شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک، با میانگین ۴۶/۹۵ در محدوده خطر کم قرار داشت. بر اساس نتایج آزمون مؤلفه های اصلی (PCA) عامل اول با کروم، سرب و آهن، عامل دوم با روی و مس و عامل سوم با کادمیوم بطور مثبت و معناداری مرتبط بود. مطابق نتایج آنالیز خوشه ای، آهن بطور عمده وابسته به منابع طبیعی آن بود. بر اساس نتایج شاخص زمین انباشتگی تمامی فلزات به جز فلز مس در ۲ ایستگاه (۲ و ۴) غیرآلوده تا کمی آلوده) در طبقه غیرآلوده بود.

نتیجه گیری: منشأ حضور عناصر، وابسته به عوامل طبیعی و انسانی است. بطور خاص کروم، سرب و کادمیوم با احتمال زیاد از منابع انسان ساخت و آهن از منابع طبیعی است. کاهش غلظت فلزات را می توان به دلایلی از جمله شخم های مداوم و سالیانه، عدم فعالیت مرکز دفن پسماند، جذب زیستی توسط محصولات زراعی، خاکشویی و انتقال به اعماق پایین تر عنوان نمود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، خاک های سطحی کشاورزی، مرکز دفن، میاندوآب

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
m_mohammadi@guilan.ac.ir

Please cite this article as: Abbasi N, Mohammadi Galangash M. Investigation of heavy metal concentrations in agricultural topsoil of Miandoab landfill area. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):343-58.

مقدمه

در سال های اخیر رشد بی رویه جمعیت، توسعه شهرنشینی و تغییرات الگوی مصرف، به بروز انواع مشکلات زیست محیطی، به ویژه تولید حجم زیادی از انواع پسماندهای جامد شهری منجر شده است (۱). سلامت خاک (Soil health) پایه و اساس برای تولید مواد غذایی سالم بوده و هر گونه خلل و آلودگی در خاک موجب به خطر افتادن امنیت غذایی و در نهایت سلامت انسانها می شود (۲). یکی از پایدارترین آلاینده های محیط زیستی فلزات سنگین است که از هر دو منشأ طبیعی و انسانی وارد محیط زیست می شود. مهم ترین پیامدهای پایداری فلزات سنگین، عدم تجزیه پذیری و تجمع زیاد آنها (تجمع و بزرگنمایی زیستی) در طول زنجیره غذایی است (۳). فلزات سنگین قابلیت تجمع در بافت های نرم و سخت بدن را داشته و باعث ایجاد اختلال در عملکرد کلیه، سیستم های عصبی و سیستم گردش خون و قلب می شوند. همچنین مواجهه با سرب باعث کند ذهنی کودکان می شود (۴). بر اساس نتایج آنالیز ترکیبی فلزات سنگین در خاک سطحی و ارتباط آن با مرگ و میر ناشی از سرطان در اسپانیا، ترکیبات خاک بر روی توزیع مکانی و الگوهای مرگ و میر سرطان مؤثر است. به طوریکه مرگ و میر مردان به علت تومور دستگاه گوارش در مناطقی با غلظت بالای فلزات سنگین کادمیوم، سرب، منگنز و مس (Cu, Cd, Pb, Mn) و سرطان مثانه نیز در مناطقی با کادمیوم بالا و سرطان مغز نیز در مناطق حاوی آرسنیک در خاک های سطحی گزارش شده است. در هر دو جنس (مرد و زن) سرطان مری در خاک های حاوی مس فراوان بود (۵). این فلزات در خاک های شهری از سه مسیر تنفس، بلع و جذب پوستی به انسان منتقل شده، در بافت چربی، سپس بافت عصبی و سیستم غدد درون ریز تجمع پیدا کرده و باعث اختلال در سیستم ایمنی بدن، اختلال عصبی (پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی) و متابولیسم سلولی می شوند (۶). از مهمترین منابع اصلی ورود فلزات سنگین از طریق منابع انسانی محل های دفن پسماند است. نزولات جوی ذرات و مواد زائد را در خود حل کرده، که بر اثر این حلالیت و واکنش و

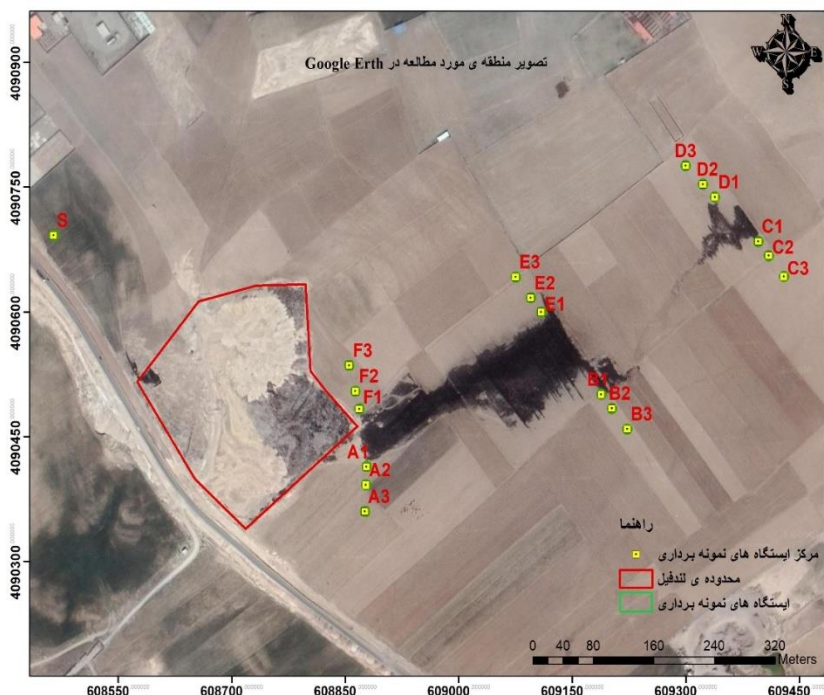
رطوبت مابین پسماندها، شیرابه (مایع چسبناک با بوی بسیار نامطبوع و غیر قابل استنشام) تولید می گردد (۷، ۸). ترکیبات شیرابه شامل: ترکیبات آلی و غیر آلی و فلزات سنگین (Ni, Hg, Cu, Zn, Pb, As, Cd, Cr, Co) است. مطالعات مختلفی بر روی فلزات سنگین خاک، علی الخصوص محل های دفن پسماند انجام گردیده است. مطالعه Rahmani و همکاران (۹)، در بررسی آلودگی فلزات سنگین ناشی از شیرابه پسماند بر خاک جنگلی منطقه انجیل سی در استان مازندران نشان داد غلظت Fe, As, Cr, Ni و Co بالاتر از حداکثر غلظت قابل قبول است و غلظت فلزات به شیرابه حاصل از مرکز دفن ارتباط دارد. بررسی الگوی پراکنش فلزات سنگین (Cu, Co, Ni, Zn, V, Cr, Pb) در خاک های سطحی اطراف آزادراه رشت- قزوین توسط Mohammadi Galangash و همکاران (۱۰)، نشان دهنده خطر پایین اکولوژیکی برای منطقه بود. مطالعه Adamcova و همکاران (۱۱)، پیرامون خاک محل دفن پسماند در جمهوری چک، حاکی از افزایش غلظت برخی از فلزات سنگین نظیر کروم، مس و نیکل توسط شیرابه مرکز دفن بوده است. در مطالعه Hosseinzade و همکاران (۱۲)، مطالعه آلودگی فلزات سنگین در خاک های اطراف مرکز دفن شهرستان بهشهر استان مازندران حاکی از بالا بودن میانگین غلظت Ni, As, Cu, Zn, Cd, Co در تمامی نمونه ها نسبت به استاندارد جهانی است. بیشتر مطالعاتی که بر روی محل های دفن پسماند صورت گرفته مربوط به مرکز دفن های فعال بوده است. این در حالی است که مطالعه حاضر بر روی مرکز دفن پرشده و غیر فعال صورت گرفته و این مطالعه می تواند میزان تداوم انتشار بار آلودگی از یک مرکز دفن غیر فعال را نشان دهد. به دلیل برخورداری شهرستان میاندواب از پتانسیل بالا برای تولیدات کشاورزی و از آنجا که زنجیره ای از علت و معلول بین آلودگی خاک، ایمنی غذایی-بهداشت و نهایتاً سلامتی انسان وجود دارد، این پژوهش به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین Ni, Pb, Cd, Zn, Cu, Fe, Cr، تعیین منشأ و پراکنش فلزات در جهت های اصلی جغرافیایی و همچنین تعیین جایگاه کیفی خاک های منطقه برای کاربری کشاورزی، در خاک های سطحی-اراضی کشاورزی محدوده محل دفن

پسماند این شهرستان انجام گرفت.

کشاورزی محدوده مرکز دهن (طول جغرافیایی ۴۶°۱۳' و عرض جغرافیایی ۳۶°۵۷') شهرستان میاندوآب-استان آذربایجان غربی در فاصله ۲/۲ km واقع در روستای گل سلیمان آباد بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه خاک های سطحی



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و ایستگاه های نمونه برداری

نمونه برداری و تجزیه آزمایشگاهی: تعداد ۷ ایستگاه به روش نمونه برداری سیستماتیک (۱۳، ۱۴) انتخاب شد. تعداد ۶ ایستگاه «A, B, C, D, E, F» به ترتیب حروف انگلیسی ۱ تا ۶، در طول شیرابه جاری حاصل از مرکز دفن مطابق شکل ۱ و ایستگاه شاهد «S» درخلاف شیب جهت حرکت شیرابه و بالادست منطقه در زمین های کشاورزی تعیین شد. نمونه برداری در هر ایستگاه با ۳ تکرار به فواصل ۵۰، ۲۰، ۰ m انجام شد. برای هر تکرار ۳ زیر نمونه ترکیبی تعیین شد. هر زیر نمونه ترکیبی به صورت مرکب با ۵ زیر نمونه خاک با استفاده از بیلچه پلاستیکی از عمق ۲۰-۳۰ cm برای ۵۷ نمونه خاک برداشت شد. موقعیت نمونه ها توسط دستگاه

GPS Map 62s پس از حضور در محل و کالیبره کردن آن به صورت دستی ثبت شد (شکل ۱). بعد از مخلوط کردن نمونه ها، قطعات گیاهی (باقیمانده های کاه و کلش)، سنگ ریزه ها و کلوخ های درشت جدا شد. نمونه همگن به دست آمده توسط چکش چوبی پودر شده، داخل کیسه های پلی اتیلنی برچسب زده بسته بندی و شماره گذاری شده و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه های خاک به مدت ۷۲ h در مجاورت هوا خشک شدند. نمونه های خشک شده از الک مش ۱۰۰ (۰/۱۴۹ mm) عبور داده شد و در آن به مدت ۳ h در دمای ۱۱۰ °C خشک شدند. جهت تعیین غلظت فلزات، از محلول اسیدنیتریک ۶۵ درصد و اسید کلریدریک ۳۷ درصد (به نسبت

القایی (ICP-OES)، مدل Spectro Arcos قرائت گردید (۱۵، ۱۶). در جدول ۱، استاندارد غلظت فلزات سنگین بر حسب (mg/kg) ارائه شده است (۱۷).

۳-۱) و اسید سولفوریک استفاده شد (۷). سپس درون هاضم (راکتور هضم) مدل CR 3200 WTW، حرارت داده شد و غلظت عناصر مورد مطالعه، توسط دستگاه پلاسمای جفت شده

جدول ۱- غلظت استاندارد فلزات سنگین بر حسب (mg/kg) در خاک (۱۷)

منبع	مولیبدن	روی	کروم	آرسنیک	کادمیوم	سرب	غلظت بر حسب (mg/kg)
US EPA, 2002	۲۵۳	۱۱۰۰	۱۱	۰/۱۱	۰/۴۸	۲۰۰	USA EPA
WHO, 1993	-	۳۰۰	۱۰۰	۲۰	۳	۱۰۰	WHO
EC, 1986	-	۳۰۰	۱۵۰	-	۳	۳۰۰	اروپا
El Bassam & Tietjen	-	۳۰۰	۱۰۰	۵۰	۵	۱۰۰	استرالیا
	۴	۲۰۰	۶۴	۱۷	۳/۹	۳۰۰	محیط زیست ایران
	۴۰	۵۰۰	۲۵۰	۳۰	۴	۱۵۰	حدمجاز برای انسان
سازمان حفاظت محیط زیست ایران	۴۰	۵۰۰	۱۱۰	۴۰	۵	۷۵	حد مجاز برای زمین کشاورزی
	۴۰	۵۰۰	۵۳۵	۷۰	۸	۲۹۰	حدمجاز برای جنگل

در صورتی که $I_{geo} \leq 0$ (کاملاً غیر آلوده)، $0 \leq I_{geo} \leq 1$ (غیر آلوده تا آلودگی متوسط)، $1 \leq I_{geo} \leq 2$ (آلودگی متوسط)، $2 \leq I_{geo} \leq 3$ (آلودگی متوسط تا شدید)، $3 \leq I_{geo} \leq 4$ (آلودگی شدید)، $4 \leq I_{geo} \leq 5$ (آلودگی شدید تا بسیار شدید)، $5 \leq I_{geo}$ (آلودگی بسیار شدید) خواهد بود (۱۸، ۲۰).

شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی (Potential Ecological Risk Index): این پارامتر که اولین بار توسط Hakanson پیشنهاد شد به بررسی سمیت فلزات سنگین می پردازد و پتانسیل خطر اکولوژیک که با تجمع سطوح آلاینده های مختلف برآورد می شود را تشریح می کند (۲۱، ۲۲). این شاخص بر اساس معادلات ۲، ۳، ۴ محاسبه می شود:

$$C_f^i = C_n^i / C_0^i \quad (2)$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i \quad (3)$$

جهت تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار Excel 2016 و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ استفاده شد.

شاخص های زیست محیطی

شاخص زمین انباشتگی مولر (Geoaccumulation Index): متداول ترین روش بررسی آلودگی خاک به فلزات سنگین استفاده از شاخص I_{geo} است که بیانگر تاثیر عوامل خارجی و انسانی می باشد که توسط مولر (Muller, 1969) ارائه گردید. این شاخص بر پایه معادله ۱، استوار است (۱۰، ۱۸، ۱۹).

$$I_{geo} = \text{Log}_2(C_n / 1.5B_n) \quad (1)$$

که در آن، I_{geo} شاخص زمین انباشتگی، \log_2 لگاریتم در پایه ۲، C_n غلظت فلز سنگین در خاک، B_n غلظت زمینه یا غلظت عنصر در شیل است.

تست کفایت نمونه‌گیری (KMO (Kaiser– Meyer – Olkin) و بارتلت (Bartlett's) انجام شد (۲۶، ۲۵).

یافته‌ها

آزمون آنالیز واریانس یکطرفه: براساس نتایج آزمون آنالیز واریانس یکطرفه بین ایستگاه‌های نمونه برداری از نظر میانگین غلظت فلزات کادمیوم، مس، نیکل و روی اختلاف معنادار نبود ($p > 0.05$)، اما از نظر فلزات سنگین کروم، آهن و سرب اختلاف معنادار بود ($p < 0.05$). در همین راستا جهت بررسی دقیق‌تر ایستگاه‌ها از پسا آزمون دانکن (Duncan) استفاده شد، که از نظر غلظت فلز کادمیوم و نیکل، در تمامی ایستگاه‌ها اختلاف آماری معنادار نبود ($p > 0.05$). از نظر غلظت فلز کروم در ایستگاه‌های ۱، ۴، ۵، ۶ اختلاف آماری معناداری وجود داشت ($p < 0.05$) و به لحاظ فلز مس فقط در ایستگاه ۴ اختلاف معنادار بود ($p < 0.05$). همچنین مطابق نتایج آزمون دانکن برای فلز آهن در ایستگاه ۳، فلز سرب در ایستگاه‌های ۴ و ۵ و فلز روی در ایستگاه ۶ اختلاف آماری معنادار نبود ($p < 0.05$). آزمون تی منفرد: بر اساس نتایج آزمون تی منفرد (One-Sample T-Test) میانگین غلظت فلزات کادمیوم ($\text{Sig} = 0.07$)، کروم ($\text{Sig} = 0.35$)، مس ($\text{Sig} = 0.62$)، نیکل ($\text{Sig} = 0.08$)، سرب ($\text{Sig} = 0.45$) و روی ($\text{Sig} = 0.72$) در ایستگاه‌های مورد مطالعه، اختلاف معناداری با غلظت زمینه‌شان در خاک نداشت ($p > 0.05$) و فقط میانگین غلظت فلز آهن ($\text{Sig} = 0.03$) در ایستگاه‌های مورد مطالعه، اختلاف معناداری را با غلظت زمینه‌شان در خاک نشان داد ($p < 0.05$). آنالیز همبستگی پیرسون: بر اساس نتایج آنالیز همبستگی پیرسون در سطح معناداری ۰/۰۱، همبستگی مثبت و معناداری بین کروم با مس ($r = 0.693$)، آهن با کروم ($r = 0.521$)، سرب با کروم ($r = 0.950$)، مس با سرب ($r = 0.748$)، روی با مس ($r = 0.595$) و آهن با سرب ($r = 0.561$) و همچنین، در سطح معناداری ۰/۰۵، همبستگی منفی و معناداری بین نیکل با کروم ($r = -0.364$)، آهن با نیکل ($r = -0.506$) و سرب با نیکل ($r = -0.360$) وجود داشت (جدول ۲).

$$RI = \sum_{i=1}^n E_i^i \quad (4)$$

که در آن: C_f^i شاخص آلودگی یک فلز، C_n^i غلظت فلز در نمونه، C_0^i مقدار فلز زمینه، E_f^i ضریب پتانسیل خطر زیستی، T_f^i (Toxic-Response Factor) ضریب واکنش سمیت فلز برای فلزات مورد مطالعه برابر کروم (۲)، مس (۵)، روی (۱)، سرب (۵)، کادمیوم (۳۰)، نیکل (۵) (T_f^i) برای عناصر کبالت و آهن در منبع ذکر شده وجود ندارد (۲۰) و RI پتانسیل کل خطر اکولوژیکی است. برای خطر زیستی پنج طبقه شامل $ERI \leq 40$ (خطر کم)، $40 < E_f^i < 80$ (خطر متوسط)، $80 < E_f^i < 160$ (خطر قابل توجه)، $160 < E_f^i < 320$ (خطر بالا)، $320 \leq E_f^i$ (خطر جبران ناپذیر) و برای خطر اکولوژیکی چهار طبقه شامل $RI \leq 150$ (خطر کم)، $150 < RI < 300$ (خطر متوسط)، $300 \leq RI < 600$ (خطر قابل توجه)، $RI \geq 600$ (خطر بالا) تعریف شده است (۲۳، ۱۸).

آنالیزهای آماری

در ابتدا، نرمال بودن داده‌ها در هر ایستگاه با آزمون شاپیرو ویلک (Shapiro-wilk test) مورد بررسی قرار گرفت. پس از تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال، جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف بین ایستگاه‌های مختلف از نظر غلظت فلزات سنگین از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. با مشاهده وجود اختلاف بین ایستگاه‌ها از پسا آزمون دانکن (Duncan) جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف در داخل خود ایستگاه‌ها استفاده شد. جهت مقایسه غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌ها با غلظت زمینه‌شان از آزمون تی منفرد (One Sample T-Test) (۲۴) استفاده شد. برای تعیین ارتباط بین فلزات سنگین خاک از آزمون همبستگی پیرسون (Pearson's Correlation) و جهت تعیین منشأ فلزات مورد بررسی از تحلیل‌های آماری چند متغیره شامل آنالیز مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) (۲۵، ۲۶) و آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis) استفاده شد. جهت اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای آزمون مؤلفه‌های اصلی،

جدول ۲- آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک

کادمیوم	کروم	مس	آهن	نیکل	سرب	روی
کادمیوم	۱					
کروم	۰/۰۲۸	۱				
مس	۰/۰۱۱	۰/۶۹۳**	۱			
آهن	-۰/۱۴۲	۰/۵۲۱**	۰/۲۲۶	۱		
نیکل	۰/۱۴۴	-۰/۳۶۴*	-۰/۳۱۰*	-۰/۵۰۶*	۱	
سرب	۰/۰۰۹	۰/۹۵۰**	۰/۷۴۸**	۰/۵۶۱**	-۰/۳۶۰*	۱
روی	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۵۹۵**	-۰/۰۱۷	۰/۰۱۹	۰/۱۹۵

**همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۱ *همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۵

از کل واریانس را تشریح می‌کند؛ بطوریکه عامل اول با کروم، سرب و آهن، عامل دوم با روی و مس و عامل سوم با کادمیوم بطور مثبت و معناداری مرتبط بود (جدول ۳ و ۴).

آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA): سه مؤلفه اصلی از مجموعه داده‌های موجود استخراج شد، که ۸۰/۹۹ درصد از واریانس متغیرها را به خود اختصاص می‌دهد که عامل اول، ۴۱/۵۱ درصد و عامل دوم، ۲۳/۷۱ درصد و عامل سوم، ۱۵/۷۵ درصد

جدول ۳- واریانس کل تشریح داده شده برای فلزات سنگین در ایستگاه‌ها

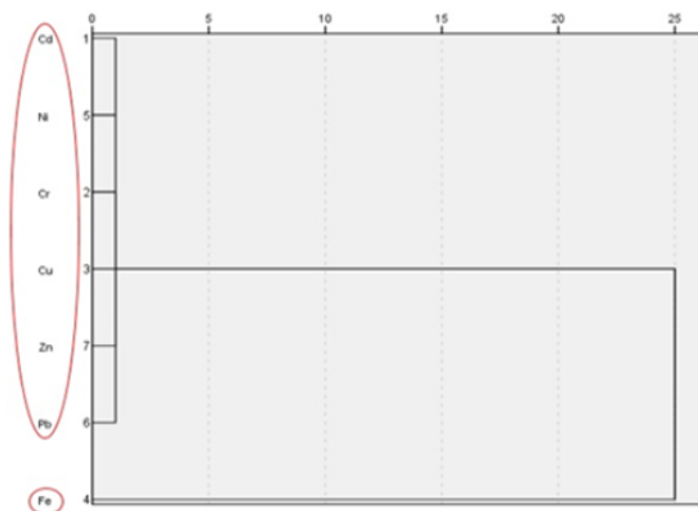
مؤلفه	مقدار ویژه اولیه			مجموع مربعات بارهای استخراجی			مجموع مربعات بارهای چرخشی		
	درصد	واریانس	کل	درصد	واریانس	کل	درصد	واریانس	کل
۱	۴۱/۵۱	۴۱/۵۱	۳/۲۳	۴۶/۱۶	۴۶/۱۶	۲/۹۰	۴۱/۵۱	۴۱/۵۱	۲/۹۰
۲	۲۳/۷۱	۲۳/۷۱	۱/۴۰	۲۰/۱۲	۲۰/۱۲	۱/۶۶	۲۳/۷۱	۲۳/۷۱	۱/۶۶
۳	۱۵/۷۵	۱۵/۷۵	۱/۰۲	۱۴/۶۹	۱۴/۶۹	۱/۱۰	۱۵/۷۵	۱۵/۷۵	۱/۱۰

می‌دهد. با در نظر گرفتن نتایج آنالیز خوشه‌ای، آهن بطور عمدۀ وابسته به منابع طبیعی آن بود و در کنار هم قرار گرفتن سرب و مس و در برخی موارد کروم، بیانگر حضور این عناصر در منطقه بر اساس ورود از طریق منابع انسان ساخت بود (شکل ۲).

آنالیز خوشه‌ای: مطابق نتایج آنالیز خوشه‌ای کروم، مس، سرب، کادمیوم، روی و نیکل دارای یک خوشه مجزا بودند، آهن نیز بطور مجزا دارای یک خوشه بود که در فاصله دورتری نسبت به خوشه قبلی قرار داشت که این حضور، جدایی و تفکیک منبع این عنصر را در مقایسه با سایر عناصر نشان

جدول ۴- ماتریس عاملی چرخیده شده برای فلزات سنگین در ایستگاه‌ها

فلز سنگین	ماتریس عاملی چرخیده شده		
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
کروم	۰/۹۰۰	۰/۲۱۵	۰/۱۹۱
سرب	۰/۸۷۹	۰/۳۵۲	۰/۱۴۲
آهن	۰/۷۷۵	-۰/۱۲۲	-۰/۲۴۳
نیکل	-۰/۶۴۰	۰/۰۶۲	۰/۳۶۶
روی	-۰/۰۹۳	۰/۹۲۸	-۰/۰۶۰
مس	۰/۵۵۱	۰/۷۸۰	۰/۰۷۸
کادمیوم	-۰/۰۲۶	-۰/۰۳۲	۰/۹۱۸



شکل ۲- نمودار تحلیل خوشه ای بر اساس روش Ward

و کمترین خطر را به ترتیب فلزات کادمیوم و روی داشتند. خطر اکولوژیکی با میانگین ۴۶/۹۵ بیانگر خطر کم فلزات در ایستگاه‌های مورد مطالعه بود (جدول ۵).

شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی (PERI): بر اساس نتایج شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی، روند کلی تغییرات هر فلز در منطقه مورد مطالعه بیانگر خطر زیستی به صورت روی > کروم > نیکل > سرب > مس > کادمیوم بود. یعنی بیشترین

جدول ۵- خطر اکولوژیکی ایستگاه های مورد مطالعه

خطر اکولوژیکی	RI	میانگین Er						ایستگاه
		روی	سرب	نیکل	مس	کروم	کادمیوم	
خطر کم	۴۵/۸۵	۰/۸۰	۴/۸۷	۳/۸۳	۴/۳۸	۲/۱۶	۲۹/۷۸	۱
خطر کم	۴۵/۵۹	۱/۰۵	۳/۹۱	۴/۱۴	۵/۵۷	۱/۳۹	۲۹/۵۰	۲
خطر کم	۴۶/۳۸	۱/۰۰	۴/۹۳	۳/۷۴	۵/۰۴	۲/۰۱	۲۹/۶۴	۳
خطر کم	۵۰/۷۰	۰/۹۷	۶/۰۴	۵/۰۵	۶/۷۱	۲/۴۹	۲۹/۴۳	۴
خطر کم	۴۶/۶۹	۰/۹۲	۵/۳۸	۴/۱۲	۴/۹۹	۲/۱۰	۲۹/۱۴	۵
خطر کم	۴۶/۵۲	۱/۱۶	۳/۹۸	۶/۲۱	۴/۲۰	۱/۲۳	۲۹/۷۱	۶
خطر کم	۴۶/۹۵	۰/۹۸	۴/۸۵	۴/۵۲	۵/۱۵	۱/۸۹	۲۹/۵۳	میانگین

تا کمی آلوده بود. بر اساس نتایج میانگین شاخص زمین انباشتی، فلزات سنگین دارای روند صعودی به ترتیب مس > آهن > کادمیوم > روی > سرب > کروم > نیکل بودند (جدول ۶).

شاخص زمین انباشتی مولر (Igeo): همانطور که در جدول ۵ ارائه شده است، مطابق نتایج شاخص زمین انباشتی مولر، تمامی فلزات در طبقه غیر آلوده قرار داشتند و این در شرایطی است که فقط فلز مس در ایستگاه ۲ و ۴ در طبقه غیر آلوده

جدول ۶- مقادیر شاخص Igeo برای فلزات سنگین در ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	شاخص زمین انباشت مولر Igeo						
	روی	سرب	نیکل	آهن	مس	کروم	کادمیوم
۱	-۰/۹۱	-۰/۶۳	-۱/۰۲	-۰/۴۱	-۰/۲۲	-۰/۴۷	-۰/۵۹
۲	-۰/۵۶	-۰/۹۹	-۰/۸۵	-۰/۸۷	۰/۰۰۳	-۱/۳۱	-۰/۶۱
۳	-۰/۵۷	-۰/۶۲	-۱/۲۱	-۰/۲۸	-۰/۰۲	-۰/۶۰	-۰/۶۰
۴	-۰/۶۷	-۰/۳۷	-۰/۶۱	-۰/۳۶	۰/۲۲	-۰/۳۹	-۰/۶۱
۵	-۰/۷۱	-۰/۴۸	-۰/۸۶	-۰/۳۴	-۰/۰۱	-۰/۵۳	-۰/۶۲
۶	-۰/۴۳	-۰/۹۸	-۰/۷۲	-۰/۶۷	-۰/۴۱	-۱/۵۱	-۰/۶۰
میانگین	-۰/۶۴	-۰/۶۸	-۰/۸۸	-۰/۴۹	-۰/۰۷	-۰/۸۰	-۰/۶۱

بحث

مطالعه حاضر به نظر می‌رسد افزایش آلودگی از طریق منابع انسان ساخت است که با مطالعات Bamani و همکاران (۲۶) و Kolmakov و همکاران (۳۱) مطابقت دارد. همبستگی عناصر منطقه با عنصر آهن به عنوان عنصر فراوان در منطقه می‌تواند منشأ طبیعی و وابسته بودن آنها به منشأ سنگ بستر را بیان کند (۳۱). اما عناصری مانند نیکل و وانادیوم که به عنوان عناصر شاخص در سوخت های فسیلی وجود دارند، می‌تواند تاثیر سوخت های فسیلی در بین منابع آلاینده را بیان کند و همبستگی منفی این احتمال را منتفی می‌نماید. وجود نیکل در گرد و غبار شهری می‌تواند از منابع ترافیکی به ویژه از اصطکاک و سایش تایرهای وسایط نقلیه ناشی شود. در مقابل عناصری مانند سرب با عناصری مانند کروم و نیکل به خوبی منشأ منابع انسان ساخت را بیان می‌کند که در پسماندهای شهری و خانگی، نخاله های ساختمانی، مواد و قوطی های حاوی رنگ، میخ، لوازم فلزی خانگی شامل (در، پنجره و شیرآلات و غیره) فرآیندهای آبرکاری فلزات و غیره می‌توانند به عنوان عوامل تاثیرگذار در بار آلودگی این عناصر بطور ویژه در خاک‌های سطحی و پیرامونی مکان های دفن پسماند معرفی شوند (۳۲). وجود کروم در خاک کشاورزی احتمالاً دارای ورودی انسان ساخت مانند کاربرد کودها، ریزش های جوی ناشی از ترافیک، وسایل نقلیه و همچنین نزدیکی به مراکز صنعتی است (۳۳). مطابق نتایج آزمون مؤلفه‌های اصلی، قرار گرفتن سه عنصر سرب، آهن و کروم در عامل اول با درصد بالا می‌تواند وابستگی این عناصر را نشان دهد. از منابع اصلی ورود سرب به خاک کشاورزی استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، کاربرد کمپوست، آبیاری مزارع با فاضلاب تیمار شده از منابع شهری و یا کاربرد لجن فاضلاب بعنوان کود و همچنین رسوبات جوی بوده، که غلظت بالای سرب در خاک ها منعکس کننده تجمع دراز مدت فلزات سنگین ناشی از وسایط نقلیه است (۲۸). Taghipour و همکاران (۳۴) در مطالعات خود بیان داشتند مقادیر مس، روی و سرب در خاک های مورد پژوهش دارای میانگین بالاتری بوده و علل آن را برای روی به ترافیک شهری و سایش تایر اتومبیل‌ها، برای مس به فعالیت‌های طولانی مدت بشر و برای سرب به فعالیت‌های صنعتی و ترافیک

طی پژوهش انجام یافته، میزان فلزات سنگین مس، کروم، کادمیوم، آهن، نیکل، روی و سرب در خاک های سطحی کشاورزی محدوده مرکز دفن (گل سیلمان آباد) شهرستان میاندوآب (استان آذربایجان غربی) مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه از توزیع تقریباً یکنواخت فلزات سنگین در خاک برخوردار است. یکنواخت بودن توزیع فلزات سنگین مورد مطالعه می‌تواند بر اثر دلایلی همچون: ۱- انجام فعالیت های کشاورزی مانند شخم های سالیانه، ۲- عملیات خاکریزی (به صورت بستر پوششی بر روی محل دفن پسماند)، ۳- عدم تخلیه پسماند و غیر فعال بودن مرکز دفن، ۴- گذشت زمان و حذف بسیاری از عناصر را طی فرایند گیاه پالایی توسط گونه های زراعی کشت شده در منطقه دانست. براساس نتایج آزمون تی منفرد، بیشتر بودن غلظت آهن در خاک های منطقه را می‌توان ناشی از منشأ طبیعی (۲۴) و همچنین تخلیه برخی از پسماندها و فاضلاب‌های برخی از صنایع در منطقه دانست. همچنین عناصری که از قابلیت جذب زیستی مناسبی برخوردار نیستند یا به شکلی در طبیعت حضور دارند که به راحتی در دسترس گیاهان قرار نمی‌گیرند، می‌توانند در محیط انباشته شده و غلظت آنها از مناطق مرجع یا شاهد فراتر رود و چون خاک منطقه مورد مطالعه نیز از نوع قلیایی-آهکی بوده، دلیل بر بالا بودن غلظت آهن است که با نتایج Bijund و همکاران (۲۷) همخوانی دارد. بر اساس جدول ۲، همبستگی بالای عناصر با یکدیگر نشان دهنده منشأ مشترک و سطح آلودگی مشابه عناصر می‌باشد (۲۸، ۲۹). مطابق تحقیقات انجام شده توسط Bamani و همکاران (۲۶) پوشش ترمز و سایش تایرها به طور مؤثری در آلودگی با فلزات کروم، مس و تیتانیوم نقش دارند و فراوان‌ترین عناصر انتشار یافته از کارخانه تاپرسازی در محیط اطراف، عناصر Zn، Al و Fe است (۳۰)، با ذکر این نکته که قسمت اعظم ضلع شرقی مرکز دفن مورد مطالعه را لاستیک های فرسوده به خود اختصاص داده، دلیلی بر همبستگی عناصر مورد مطالعه است. در محل دفن پسماند لجن اسیدی حاصل از تصفیه روغن توسط کارخانه تصفیه روغن تخلیه شده است. در

(۳۹) و Horner و همکاران (۴۰) غلظت عنصر کادمیوم در نمونه‌های نزدیک کارخانه لاستیک‌سازی و محل تخلیه تایلر نسبت به سایر مناطق افزایش قابل توجهی داشت. با توجه به فراوانی بالای تایلرها در محل دفن پسماند و بر اساس نتایج شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی، مقدار بالای کادمیوم و قرار گرفتن آن در مرز آلودگی، نشان دهنده خطر این عنصر در منطقه است. البته در این مطالعه نتایج انجام آنالیزهای آماری و مقایسه شاخص‌های بکار رفته آلودگی منطقه را کم معرفی می‌کند؛ اما توجه به ایستگاه‌هایی که از غلظت نسبتاً بالایی برخوردار هستند نیز قابل تأمل است و با توجه به انجام عملیات کشاورزی نیاز به اصلاح و بهبود کیفیت خاک احساس می‌گردد. بر اساس نتایج مربوط به ارزیابی شاخص زمین انباشتگی مولر (جدول ۴)، تمامی فلزات در طبقه غیرآلوده قرار دارند و این در شرایطی است که فقط فلز مس در ایستگاه ۲ و ۴، در طبقه غیر آلوده تا کمی آلوده است، که این امر ناشی از تجمع شیرابه به دلیل دپوی خاک توسط کشاورزان جهت جلوگیری از انتشار شیرابه است، که با نتایج Liu و همکاران (۴۱) مبنی بر اینکه انباشته شدن مس در خاک احتمالاً مربوط به فعالیت‌های کشاورزی و شیرابه‌های حاصل محل دفن پسماند است، همخوانی دارد. نتایج نشان داد که محدوده مکان دفن پسماند که عموماً منطقه‌ای شناخته شده برای مطالعات محیط زیستی و بهداشتی است و به عنوان کانون آلودگی معرفی می‌گردد، از نظر شاخص‌های ارزیابی کیفی متداول، برای بررسی اثر جداگانه عناصر، غیر آلوده تعیین شد. بر اساس نتایج سایر تحقیقات، عدم وجود بار آلودگی به عناصر سنگین در منطقه می‌تواند نتیجه عملیات اصلاح خاک یا خاکورزی متمادی باشد و از آنجایی که تحمل گیاهان به انواع فلزات سنگین متفاوت است، گیاهان تعیین کننده میزان و حدود ورود فلزات سنگین به خاک هستند. انجام کشاورزی طی سال‌های متمادی و اصلاح خاک و جذب انواع آلاینده‌ها توسط محصولات زارعی می‌تواند در انباشت آلاینده‌ها و پاکسازی محیط نقش داشته باشد، علی‌الخصوص اینکه منطقه مورد مطالعه اغلب زیر کشت محصول گندم و جو می‌باشد، که هر دو آنها گیاهان جاذب فلزات سنگین هستند.

نسبت دادند. از آنجایی که مرکز دفن مورد مطالعه نیز در کنار جاده واقع شده است، مطالعه حاضر نیز گویای همین مطلب می‌باشد. بر اساس تحقیقات Hasanpour و همکاران (۳۵) فلزاتی مانند سرب، روی، کروم، کادمیوم که از فعل و انفعالات درون موتور وارد روغن می‌شوند، اثرات بهداشتی دور ریز لجن اسیدی را بسیار حائز اهمیت می‌کند و وجود لجن اسیدی در محل دفن پسماند می‌تواند دلیلی بر همبستگی عناصر باشد. از منابع انسان ساخت انتشار کروم در مرکز دفن، نخاله‌های ساختمانی سیمانی، فرسودگی پوشش‌های آزبست، مبدل‌های کاتالیزوری خودروها است و با توجه به این که خاک منطقه آهکی بوده و مطابق تحقیقات Banchhor و همکاران (۳۶) خاک‌های با بافت آهکی مقاومت چندانی در برابر انتقال و حرکت فلز سنگین کروم ندارند، دلیل بر اختلاف معنادار بین ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر عنصر کروم است. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از آزمون آنالیز خوشه‌ای بصورت یک نمودار درختی و آنالیزهای آماری بخوبی مشخص است که آهن بطور عمده وابسته به منابع طبیعی آن است و در کنار هم قرار گرفتن سرب و مس و کروم بیانگر حضور این عناصر در منطقه بر اساس ورود از طریق منابع انسان ساخت است. بر اساس نتایج Bhuiyan و همکاران (۳۷) و Afshari و همکاران (۳۸) وجود عناصر Cu, Zn, Pb, Co, Cr, Ni, Mn, Fe در خاک‌های مورد مطالعه بصورت مشترک به منابع طبیعی و انسان ساخت با تأثیرگذاری شرایط محیطی و نحوه توزیع عناصر دلالت دارد. نظارت بر غلظت آلاینده‌ها در خاک کشاورزی و همچنین در محصولات کشاورزی برای حفظ منابع طبیعی و تامین امنیت غذایی ضروری است. خطر اکولوژیکی با میانگین ۴۶/۹۵ بیانگر خطر کم فلزات در ایستگاه‌های مورد مطالعه است، اگرچه بر اساس نتایج مطالعه، خوشبختانه خطرات محیط زیستی خاک‌های کشاورزی منطقه را بطور جدی تهدید نمی‌کند، ولی قرار گرفتن اثر تجمعی عناصر در مرز آلودگی می‌تواند هشدار برای پایش دقیق منطقه تلقی شود. عنصر کادمیوم یکی از عناصر بسیار سمی است که اثر تخریبی بر بافت استخوان‌ها دارد و به راحتی هم توسط ریشه گیاهان جذب می‌شود. بر اساس نتایج Mozafari و همکاران

نتیجه گیری

مرکز دفن که در اثر بارش نزولات جوی باعث رقیق تر شدن غلظت شیرابه می گردد، عدم فعالیت مرکز دفن و بسته بودن به مدت بیش از ۳ سال، جذب زیستی توسط محصولات زراعی، خاکشویی و انتقال به اعماق پایین تر مرتبط است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایان نامه با عنوان "بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک های سطحی کشاورزی محدوده مرکز دفن میان دو آب" در مقطع (کارشناسی ارشد) در سال ۱۴۰۰ و کد ۱۴۶۴۱ است.

تحلیل نتایج داده های مربوط به آنالیز مولفه های اصلی، آنالیز خوشه ای و آنالیز همبستگی پیرسون نشان داد که منشأ حضور عنصر آهن در خاک های منطقه می تواند بیشتر به منابع طبیعی آنها وابسته باشد. اما سایر عناصر بطور خاص کروم، سرب و کادمیوم با احتمال زیاد از منابع انسان ساخت در منطقه انباشت شده اند. در منطقه مورد مطالعه، علی رغم اینکه شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک، با میانگین ۴۶/۹۵ در محدوده خطر کم قرار دارد، اما عنصر کادمیوم از بیشترین غلظت نسبی در بین عناصر مورد مطالعه برخوردار بود و توجه به این موضوع از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. همچنین مطابق نتایج شاخص زمین انباشتگی تمامی فلزات به جز فلز مس در ۲ ایستگاه (غیرآلوده تا کمی آلوده) در طبقه غیرآلوده قرار دارند. عوامل تاثیر گذار بر کاهش غلظت فلزات سنگین در این مطالعه به شخم مداوم خاک، روباز بودن ضلع شرقی

References

1. Eskandari M, Homae M, Mahmoodi S, Pazira E, Genuchten MT. Optimizing landfill site selection by using land classification maps. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015;22:7754-65 (in Persian).
2. Rojas RV, Achouri M, Maroulis J, Caon L. Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences*. 2016;75:1-10.
3. Hatami Manesh M, Mirzaei M, Gholamali Fard M, Riyahi Bakhtiyari AR, Sadeghi M. Evaluation of copper, zinc, and chromium concentration in landfill soil and hospital waste ash of Shahrekord municipal solid waste landfill. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2015;8(1):57-66 (in Persian).
4. Salimi S, Monavari SM. Investigation of soil pollution in Isfahan landfill site. The 16th conference of the Geological Society of Iran, Shiraz 2013. p. 10 (in Persian).
5. Ayangbenro AS, Babalola OO. A new strategy for heavy metal polluted environments: a Review of microbial biosorbents. *International Journal of Environmental Research and Public*

- Health. 2017;14(1):94.
6. Zhao Q, Wang Y, Cao Y, Chen A, Ren M, Ge Y, et al. Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui province, Eastern China. *Science of the Total Environment*. 2014;1(340-7):470-71.
 7. Pming M, Hussain M, Nyodu M, Shivan D. A study on the chemical properties of leachate its effect on the geotechnical properties of soil. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*. 2016;3(7):1-6.
 8. Estabragh A, Beytollahpour I, Moradi M, Javadi A. Consolidation behavior of two fine-grained soils contaminated by glycerol and ethanol. *Engineering geology*. 2014;178:102-08.
 9. Rahmani M, Azari T, S M. Effects of heavy metal contamination caused by residual leachate on forest soil in Babol Anjilsi region, Iran. *Geographical Research*. 2020;35(1):31-42 (in Persian).
 10. Mohammadi Golangash M, Ghasemi Zolpirani R, Naimi Jobni M. Distribution pattern of heavy metals in roadside topsoils around the Rasht-Qazvin freeway. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2018;9(3):249-58 (in Persian).
 11. Adamcová D, Vaverková M, Bartoň S, Havlíček Z, Břoušková E. Soil contamination in landfills: a case study of a landfill in Czech Republic. *Solid Earth*. 2016;7(1):239-47.
 12. Hosseinzade F, MOMENI A, R. B. Assessment of heavy metals pollution in soils around Behshahr landfill. *New Findings of Applied Geology*. 2018;12(24):77-88 (in Persian).
 13. Mohammadi Galangash M, Ghasemi Zolpirani R, Naimi Joubani M. Evaluation of roadside soils pollution with heavy metals (Pb, Ni, Cu, Zn) in the Rasht-Qazvin old road (Guilan province). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2020;13(3):409-20 (in Persian).
 14. Mohamadi M, Ghasemi R, Naeimi M. Distribution pattern of heavy metals in roadside Topsoils around the Rasht-Qazvin freeway. *Journal of Health*. 2018;9(3):249-58.
 15. Salmanzadeh M, Saeed M, Bidhendi GN. Heavy metals pollution in street dusts of Tehran and their ecological risk assessment. *Journal of Enviromental Studies*. 2012;38(1):9-18(in Persian).
 16. Karimian S, Shekoohiyan S, Moussavi G. Ecological risk assessment of heavy metals in landfill soil of Tehran and its adjacent residential area. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2021;13(4):621-38"(in Persian)".
 17. Seyed Asri SF, Tavana A. Monitoring toxic and nontoxic metals contamination of Soil in landfill of Tonekabon in Iran. *Journal Environmental Sciences studies*. 2019;4(4):2082-92 (in Persian).
 18. Mohammadi Galangash M, Ghasemi

- Zolpirani R, Naimi Joubani M. Evaluation of roadside soils pollution with heavy metals (Pb, Ni, Cu, Zn) in the Rasht-Qazvin old road (Guilan province). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2020;13(3):409-20 (in Persian).
19. Hosseinniaee S, Jafary M, Tavili A, Zare S. Geochemical and ecological assessment of some heavy metals in the soil around the lead and zinc mine in northwestern of Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2021;14(1):159-72 (in Persian).
20. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*. 1980;14(8):975-1001.
21. Gholam Dokht Bandari M, Rezaei P. Study of some heavy metal pollutions in the Hormuz islands coastal sediments and their origin. *Journal of Oceanography*. 2015;6(22):97-106 (in Persian).
22. YousefiFard M, Adaman V, Ayoubi Sh. Trace elements contamination in the soils developed on some of igneous and sedimentary rocks in the northwest of Iran (Case study: west Azarbaijan province). *Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 9(2):103-19 (in Persian).
23. Mazloomi S, Esmacili Sari A, Bahramifar N, Moeinaddini M. Assessment of the metals and metalloids level in street dust of the east and west of Tehran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2017;10(2):281-92 (in Persian).
24. Selahvarzi M, Sobhanardakani S, Hemmasi AH, Taghavi L, Ghoddousi J. Contamination and source apportionment of iron, zinc, cadmium and chromium elements in surface soil of Khorramabad county, Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2023;15(4):651-70 (in Persian).
25. Wang Y, Yang L, Kong L, Liu E, Wang L, Zhu J. Spatial distribution, ecological risk assessment and source identification for heavy metals in surface sediments from Dongping Lake, Shandong, East China. *Catena*. 2015;125:200-05.
26. Faghiri F, Hajiahmadi D, Amanollahi J, F. G. Ecological risk assessment and source identification of heavy metals including lead, arsenic, cadmium and zinc in surface water and sediments from Gheshlagh river, Sanandaj. *Environmental Science and Technology*. 2019;21(3):19-35 (in Persian).
27. Bijund V, Zanganeh AP, Zamani A, Abolfath AH. Abstract of medical geology article: determination of concentration, distribution and zoning of heavy metals lead, zinc, copper and iron in surface soils of Banab district, Zanjan province. 15th Symposium of Geological Society of Iran 2013. p. (in Persian).
28. Cai L, Xu Z, Ren M, Guo Q, Hu X, Hu G, et al. Source identification of eight hazardous heavy metals in agricultural soils of Huizhou, Guangdong Province, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2012;78:2-8.

29. Sun Y, Zhou Q, Xie X, Liu R. Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;174(1-3):455-62.
30. Lai CH, Lin CH, Liao CC, Chuang KY, Peng YP. Effects of heavy metals on health risk and characteristic in surrounding atmosphere of tire manufacturing plant, Taiwan. *RSC Advances*. 2018;8(6):3041-50.
31. Kolmakov G, Grishin D, Zorin A, Zanozina V. Environmental aspect of storage of acid tars and their utilization in commercial petroleum products. *Petroleum Chemistry*. 2007;47:379-88.
32. Christoforidis A, Stamatis N. Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national road in Kavala's region, Greece. *Geoderma*. 2009;151(3-4):257-63.
33. RastMenesh F, Hasna Z, Zarasundi A. Enrichment, origin, and health risk of heavy metals in rice fields: A case study of Ahvaz and Bavi cities. *Journal of Advanced Applied Geology*. 2019;9(1):75-84 (in Persian).
34. Taghipour M, Khademi H, Ayoubi S. Spatial variability of Pb and Zn concentration and its relationship with land use and parent materials in selected surface soils of Hamadan province. *Journal of Water and Soil*. 2010;24(1):132-44 (in Persian).
35. Hasanpour M, Jafarif AJ, Gholami M, Farzadkia M. Investigation of the possibility of recovery and conversion of acid sludge to bitumen in used engine oil re-refining industries. *Journal of Health in the Field*.1(2):44-52 (in Persian).
36. Banchhor A, Pandey M, Chakraborty M, Pandey PK. Hazardous waste disposal in stromatolitic-limestone terrain and hexavalent chromium contamination in Chhattisgarh state, India. *Journal of Health and Pollution*. 2020;10(27):200907.
37. Bhuiyan MA, Parvez L, Islam M, Dampare SB, Suzuki S. Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;173(1-3):384-92.
38. Afshari A, H. K. Spatial Distribution Patterns of Heavy Metals (Fe, Mn, Ni, Cr, Co, Pb, Zn, Cu and Cd) in the Central Area of Zanjan. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2016;18(4) (in Persian).
39. Kalantari HMkM, Salari H, Torkzadeh M. The evaluation of environmental contamination of heavy metals of Cd, Pb and Hg in industrial zones (case study: some of Kerman province's industrial zone. some Industrial areas of Kerman province. 2007;9(3):217-27 (in Persian).
40. Horner JM. Environmental health implications of heavy metal pollution from car tires. *Reviews on Environmental Health*. 1996;11(4):175-78.

41. Liu C, Cui J, Jiang G, Chen X, Wang L, Fang C. Soil heavy metal pollution assessment near the largest landfill of China. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 2013;22(4):390-403.



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>
Original Article



Investigation of heavy metal concentrations in agricultural topsoil of Miandoab landfill area

Nader Abbasi, Mohsen Mohammadi Galangash*

Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 09 April 2024
Revised: 19 June 2024
Accepted: 24 June 2024
Published: 16 September 2024

Keywords: Heavy metals, Agriculture topsoil, Landfill, Miandoab

***Corresponding Author:**
m_mohammadi@guilan.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Heavy metals are regarded as serious contaminants due to their toxicity, persistence in natural conditions, and ability to enter and accumulate (bioaccumulation and biomagnification) in food chains. The aim of this study was to investigate the concentrations of the heavy metals Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Fe and Ni in surface agricultural soils of the Miandoab landfill area.

Materials and Methods: In this study, 57 soil samples were collected from a depth of 0-20 cm. After preparing and digesting in the laboratory, the samples were analyzed using an inductively coupled plasma spectrometer (ICP-OES). The Ecological Risk Potential Index (EPRI), Earth Accumulation Index (Igeo), Principal Components Test (PCA) Pearson's Correlation, Cluster Analysis, and One-T-test were utilized. Statistical processing was conducted using SPSS software.

Results: According to the results of the single T-test, the average concentrations of Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni did not significantly differ from their background concentration in the soil ($p \geq 0.05$). A significant difference was observed only for Fe ($p < 0.05$), indicating a geological origin for this element. The EPRI was within the low-risk range, with an average value of 46.95. PCA revealed that the first factor was positively associated with Cr, Pb and Fe; the second factor with Zn and Cu; and the third factor with Cd. Cluster analysis showed that Fe was predominantly influenced by natural resources. According to the land accumulation index, all metals, except Cu, were classified non-polluted or slightly polluted at stations 2 and 4.

Conclusion: The origin of elements is related to both natural and human factors. Specifically, Cr, Pb and Cd are more likely to originate from man-made sources, while Fe primarily comes from natural sources. The decrease in the concentration of metals can be attributed to continuous and annual ploughing, inactivity of the landfill, biological absorption by crops, soil leaching and transporting to lower depths.

Please cite this article as: Abbasi N, Mohammadi Galangash M. Investigation of heavy metal concentrations in agricultural topsoil of Miandoab landfill area. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):343-58.

