

تأثیر کاربری اراضی و مواد مادری بر آلودگی خاک‌های سطحی شمال استان خوزستان به عناصر سرب و مس

*سعید حجتی

دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز
تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: طی چند دهه اخیر افزایش فعالیت‌های صنعتی و استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها (جهت کنترل بیماری‌های گیاهی)، کودهای شیمیایی و ضایعات آلی صنعتی جهت افزایش سطح تولید در مناطق شمالی استان خوزستان که قطب کشاورزی استان نیز به‌شمار می‌رود نگرانی‌های زیادی را در رابطه با انباشت فلزات سنگین در خاک‌های این مناطق باعث شده است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کاربری اراضی و مواد مادری بر پراکنش عناصر مس و سرب در استان خوزستان و تعیین نقاط بحرانی و آلوده به این فلزات انجام شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۰۰ نمونه مرکب به‌صورت تصادفی و با فواصل کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب در مناطق شهری، کشاورزی، مرتعی و جنگلی از خاک‌های سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) منطقه شامل شهرستان‌های شوشتر، شوش، ایذه، باغ‌ملک، اندیکا، گتوند، دزفول، مسجد سلیمان، لالی و اندیمشک تهیه شد. هم‌چنین با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و مشاهدات صحرائی و به‌منظور بررسی اثر مواد مادری بر توزیع عناصر مورد مطالعه در مجموع تعداد ۲۶ نمونه از منطقه برداشت شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و آماده‌سازی‌های اولیه بر روی آن‌ها به استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین شد. غلظت کل عناصر سرب و مس نمونه‌ها نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی واریان مدل A240 مجهز به کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که بیش‌ترین غلظت کل عناصر سرب و مس مربوط به اراضی با کاربری صنعتی است و کاربری‌های شهری، کشاورزی، مرتعی و جنگلی از این نظر در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. مقایسه غلظت کل عناصر مورد مطالعه با استاندارد کشورهای مختلف نیز بیانگر عدم آلودگی خاک‌های منطقه به این عناصر می‌باشد. ولی اراضی با کاربری صنعتی در شرایط نزدیک‌تری به حدود بحرانی ارائه شده توسط کشورهای مختلف قرار دارند. بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های زمین‌انباشت، فاکتور آلودگی و شاخص جامع آلودگی در کاربری‌های صنعتی و شهری مشاهده گردید و اراضی با کاربری کشاورزی، مرتعی و جنگلی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بررسی تأثیر مواد مادری بر پراکنش عناصر سرب و مس در منطقه نشان داد که بعد از شیل‌ها، بیش‌ترین فراوانی این عناصر به‌صورت مارن < رسوبات تفکیک‌نشده < ماسه سنگ < سنگ آهک است. هم‌چنین مقایسه غلظت کل عناصر سنگین سرب و مس در خاک‌ها و مواد مادری مورد مطالعه بیانگر فزونی غلظت این عناصر در خاک‌ها از مواد مادری متناظر آن‌ها است.

* مسئول مکاتبه: s.hojati@scu.ac.ir

نتیجه گیری: مقایسه غلظت عناصر سرب و مس در خاک‌ها و مواد مادری مورد مطالعه به همراه نتایج به دست آمده از مقایسه غلظت عناصر سنگین در کاربری‌های مطالعه شده به خوبی نشان می‌دهد که پراکنش فلزات سرب و مس در منطقه مطالعاتی متأثر از هر دو عامل زمین‌زاد و انسان‌زاد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زمین‌زاد، انسان‌زاد، شیل، شاخص زمین‌انباشت

مقدمه

در دهه‌های اخیر، فعالیت‌های بشر از جمله توسعه و تکامل شهرها، رشد و تکامل صنایع، فعالیت‌های معدن‌کاری، تخلیه پساب‌های صنعتی، مصرف سوخت‌های فسیلی، تخلیه فاضلاب‌های شهری، استفاده از علف‌کش‌ها و سموم دفع آفات سبب گردیده است تا مقادیر زیادی از فلزات سنگین وارد آب و خاک شده و آلودگی آن‌ها را باعث شوند (۱). در نتیجه جذب عناصر سنگین توسط گیاهان و ورود آن‌ها به چرخه غذایی، سلامت انسان و حیوانات به مخاطره می‌افتد (۱ و ۲۵). به‌گونه‌ای که بر اساس اطلاعات موجود سالانه بیش از ۱۰ میلیون کودک در سراسر جهان در اثر بیماری‌هایی که در نتیجه آلودگی منابع آب و خاک به وجود می‌آیند جان خود را از دست می‌دهند (۳۲).

به‌طورکلی عناصر سنگین تحرک کمی در خاک دارند و به‌طور عمده در خاک سطحی^۱ (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) باقی می‌مانند. بلاستر و همکاران (۲۰۰۰) بیش‌ترین تجمع سرب را در ۱۰ سانتی‌متری بالایی خاک در اراضی پست سوئیس و به‌میزان ۲۰ تا ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند (۷). مارتین (۲۰۰۰) نیز آلودگی فلزات سنگین روی، سرب و مس را در دشت‌های سیلابی آلمان بررسی و به‌طور مشابه بیش‌ترین غلظت این فلزات را در لایه سطحی خاک (۵ تا ۱۵ سانتی‌متر) گزارش نمود (۲۲).

از جمله منابع ورود فلزات سنگین به خاک می‌توان به استفاده از کودهای شیمیایی و آلی، کاربرد سموم و آفت‌کش‌ها، فعالیت‌های صنعتی، هوادیدگی مواد مادری و فرونشست جوی اشاره نمود (۴ و ۳۶). لو و همکاران (۲۰۰۹) منابع ورود عناصر سنگین به خاک‌های کشاورزی منطقه‌ای در چین را بررسی نمودند و گزارش دادند که ۴۳ تا ۸۵ درصد از غلظت کل عناصر آرسنیک، کروم، جیوه، نیکل و سرب از طریق فرونشست‌های جوی به خاک وارد می‌شود (۲۱). لیانگ و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی تغییرات مکانی فلزات سنگین روی، کادمیوم، مس، جیوه، سرب و آرسنیک در خاک‌های منطقه لیان‌یوان چین سهم منابع زمین‌زاد، ترسیب اتمسفری، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی را در توزیع فلزات سنگین به‌ترتیب ۳۳/۶، ۲۶/۰۵، ۲۳/۴۴ و ۱۶/۹۱ درصد گزارش نمودند (۱۹). ناواس و ماچین (۲۰۰۲) نیز توزیع مکانی برخی عناصر سنگین را در اسپانیا بررسی و نشان دادند که مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر تغییرات عناصر سنگین در منطقه، نوع خاک و نوع سنگ بستر است؛ به‌گونه‌ای که خاک‌های کلسی‌سول و جیپسی‌سول تشکیل شده بر روی سنگ‌های رسوبی حاوی مقادیر کم‌تر و خاک‌های لپتوسول تشکیل شده بر روی سنگ‌های آذرین دارای غلظت‌های بالاتری از عناصر سنگین هستند (۲۶). دنکوب و همکاران (۲۰۱۱) نیز در مطالعه‌ای با بررسی تغییرات مکانی برخی فلزات

1- Topsoil

آرسنیک، اورانیوم، منگنز و سرب را در منطقه به ترتیب ۱۵۳/۶۳، ۶۰/۴۵، ۳/۱۴، ۱۰/۵۲، ۴۴۳/۳۶ و ۱۹/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند؛ که در مقایسه با استانداردهای ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) غلظت فلزات سرب، نیکل، آهن ورودی بالاتر است، ولی میانگین غلظت عناصر اورانیوم و آرسنیک، نسبت به استاندارد WHO آلودگی را نشان نمی‌دهد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که همبستگی بالایی بین غلظت عناصر آرسنیک، منگنز، سرب و روی وجود دارد که نویسندگان این همبستگی بالا را به منشأ مشترک آن‌ها در منطقه نسبت دادند (۲۹). جعفرنژادی و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی پراکنش مکانی کادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA در ۲۵۵ مزرعه تحت کشت گندم استان خوزستان میانگین غلظت قابل‌جذب کادمیوم را در خاک‌های مورد مطالعه در محدوده ۰/۰۸۴ تا ۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش و مهم‌ترین عامل مؤثر بر پراکنش کادمیوم را در مزارع مورد مطالعه تناوب زراعی معرفی نمودند (۱۶). بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر مواد مادری و کاربری‌های مختلف بر آلودگی خاک به عناصر مس و سرب و تعیین ارتباط بین ویژگی‌های خاک با توزیع فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

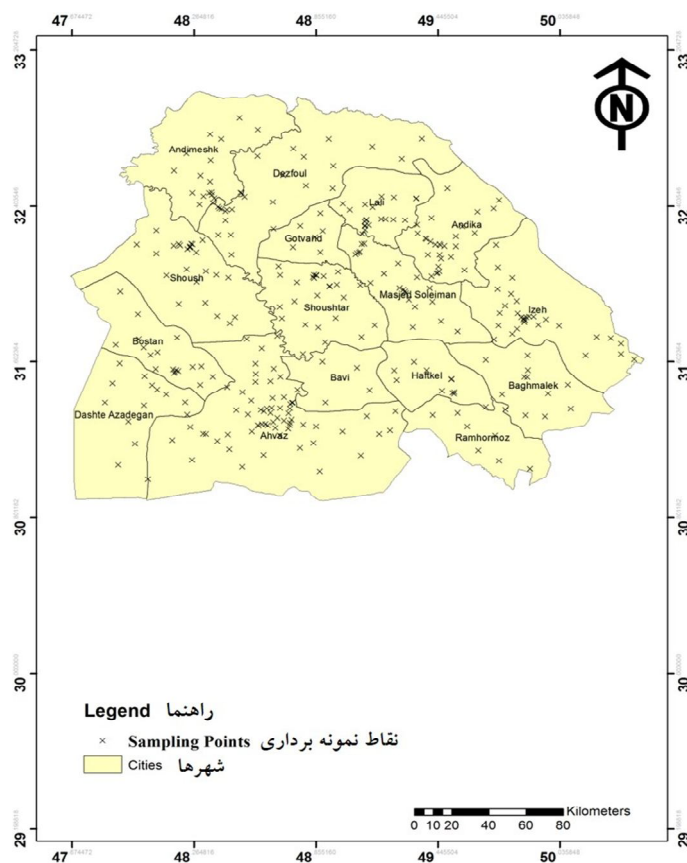
نمونه‌برداری: تعداد ۳۰۰ نمونه مرکب به صورت تصادفی از خاک‌های سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) شمال استان خوزستان شامل شهرستان‌های شوشتر، شوش، ایذه، باغ ملک، اندیکا، گتوند، دزفول، مسجد سلیمان، لالی و اندیمشک نمونه‌برداری شد (شکل ۱).

سنگین در خاک‌های آهکی ایران مرکزی پراکنش مس و روی را با منشاء انسانی و پراکنش نیکل، کبالت و کروم را با منشاء طبیعی گزارش نمودند (۱۰). تقی‌پور و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای با بررسی سهم مواد مادری و فعالیت‌های انسانی بر توزیع عناصر سنگین در خاک‌های استان همدان، به نقش عمده فعالیت‌های انسانی در توزیع عناصر روی و سرب اشاره نمودند. حال آن‌که، توزیع مس در خاک‌های منطقه متأثر از هر دو عامل کاربری اراضی و مواد مادری گزارش گردید (۳۶). چمن‌نژادیان و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی توزیع مکانی سرب در ۷۰ نمونه خاک آهکی و دانه‌های برنج در استان خوزستان عواملی مانند نوع مواد مادری، توپوگرافی و نوع خاک را بر پراکنش سرب در منطقه مورد مطالعه مؤثر دانستند (۹).

استان خوزستان به دلیل وجود منابع آبی و خاک حاصلخیز پتانسیل زیادی برای تولید محصولات متنوع کشاورزی دارد. اطلاعات کمی در مورد تأثیر کاربری اراضی بر غلظت فلزات سنگین مانند مس و سرب در خاک‌های شمال استان خوزستان وجود دارد. طی چند دهه اخیر افزایش فعالیت‌های صنعتی و استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها (برای کنترل بیماری‌های گیاهی)، کودهای شیمیایی و ضایعات آلی صنعتی برای افزایش سطح تولید در مناطق شمالی استان خوزستان که قطب کشاورزی استان نیز به‌شمار می‌رود نگرانی‌های زیادی را در رابطه با انباشت فلزات سنگین در خاک‌های این مناطق باعث شده است. راست‌منش و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه تعداد ۱۲ نمونه خاک سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) از اراضی اطراف صنایع فولاد خوزستان به ارزیابی توزیع فلزات سنگین اورانیوم، سرب، روی، نیکل، آرسنیک، منگنز و آهن پرداخته و میانگین غلظت فلزات روی، نیکل،

که برای بررسی اثر مواد مادری بر غلظت عناصر سرب و مس نیز در مجموع تعداد ۲۶ نمونه از مواد مادری غالب خاک‌های منطقه برداشت شد. نمونه‌های سنگی پس از انتقال به آزمایشگاه کاملاً آسیاب و پودر شده (کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) و سپس برای انجام مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. قابل ذکر است که نمونه‌برداری از مواد مادری خاک‌ها بر اساس اطلاعات ارائه شده در نقشه‌های زمین‌شناسی و مشاهدات صحرائی انجام گردید.

نمونه‌برداری مرکب به این صورت انجام گردید که در هر نقطه مربعی به مساحت ۱ مترمربع در نظر گرفته شده و از رئوس مربع نمونه‌برداری انجام شد. سپس نمونه‌های برداشت‌شده با یکدیگر مخلوط و از هر نقطه میزان یک کیلوگرم خاک الک شده (ریزتر از ۲ میلی‌متر) جهت مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفت. موقعیت هر کدام از نقاط مشاهداتی با استفاده از سامانه مکان‌یاب جهانی (GPS) تعیین و کاربری نقاط نیز ثبت گردید (جدول ۱). لازم به توضیح است



شکل ۱- نقشه نقاط نمونه‌برداری شده در شمال استان خوزستان.

Figure 1. Map of sampling points in north of Khuzestan province.

جدول ۱- برخی مشخصات اراضی مورد مطالعه در شمال استان خوزستان.

Table 1. Selected characteristics of study area in north of Khuzestan province.

مساحت (کیلومتر مربع) Area (Km ²)	نوع پوشش گیاهی Vegetation type	تعداد نقاط نمونه برداری شده Number of sampling points	نوع کاربری اراضی Land use type
16256.2	پوشش های گیاهی مخصوص دشت های شور، تپه های شنی و دشت های سیلابی Vegetation for salty plains, dunes and floodplains	42	بایر Uncultivated
22894.6	به طور عمده شامل گندم، جو، ذرت، بقولات و مرکبات Mainly include wheat, barley, corn, legumes and citrus fruits	88	کشاورزی Agriculture
ND	پوشش های گیاهی مخصوص دشت های شور، تپه های شنی و دشت های سیلابی Vegetation for salty plains, dunes and floodplains	25	صنعتی Industrial
ND	پوشش های گیاهی مقاوم به شوری شامل، نخل، کونیکارپوس و چمن آفریقایی Tolerant vegetation to salinity including palm, bermudagrass, etc.	59	شهری Urban
4191.2	جنگل بلوط و ارس و گاه پسته، بادام، گز و کهور Oak and juniper forests and sometimes pistachios, almonds, nougat and prosopis	26	جنگل Forests
19149.9	پوشش گیاهی استپی و خاردار که در مناطق کوهستانی از شرایط مرغوب تری برخوردار است Barbed steppe vegetation with favorable conditions in mountainous areas	60	مرتع Rangelands

اسید فلوریدریک غلیظ (۶۵ درصد)، ۱ میلی لیتر آب اکسیژنه (۳۰ درصد) و ۲ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ (۳۷ درصد) درون ظروف تفلونی در درون میکروویو هضم شده و سپس با استفاده از اسید کلریدریک ۱۵ درصد به حجم رسانده شدند. آن گاه غلظت فلزات سنگین در نمونه های مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی واریان مدل A240 مجهز به کوره گرافیتی اندازه گیری شد (۳۴).

ارزیابی میزان آلودگی: آلودگی فلزات سنگین در محیط نمی تواند به سادگی با آزمون غلظت فلز ارزیابی شود (۳۹). برای تعیین میزان آلاینده های خاک به عناصر سنگین در یک منطقه، باید میزان غلظت عناصر در آن منطقه با یک استاندارد شناخته شده مقایسه شود. بهترین نوع مقایسه، استفاده از استانداردهای موجود برای همان منطقه می باشد؛ زیرا شرایط زمین شناختی و اقلیمی گوناگون در نقاط مختلف دنیا، غلظت های متفاوتی را ایجاد می کند (۲). بر این اساس، در پژوهش حاضر از شاخص زمین

تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک ها:

به منظور تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک ها از روش های معمول و استاندارد آزمایشگاهی استفاده شد. به گونه ای که بافت خاک با روش پیپت (۱۱)، میزان ماده آلی خاک ها با روش اکسیداسیون تر در مجاورت دی کرومات پتاسیم (۳۸)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع و با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی (۳۰)، pH خاک در گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر (۳۷)، ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روش استات آمونیوم در pH معادل ۷/۲ (۳۵)، درصد گچ به روش استون (۲۰) و درصد کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال اندازه گیری گردید (۲۰).

اندازه گیری غلظت فلزات سنگین: به منظور تعیین غلظت کل فلزات مورد مطالعه در نمونه های خاک و سنگ مادری، مقدار یک گرم از هر نمونه با ۰/۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد)، ۵ میلی لیتر

که در آن، C_n غلظت فلزات مورد آزمون در نمونه‌های خاک، B_n غلظت زمینه‌ای ژئوشیمیایی فلز و ضریب ۱/۵، ضریب تصحیح تأثیر لیتوژنیکی مقدار غلظت زمینه می‌باشد. ضریب ۱/۵ برای به حداقل رساندن تأثیر نوسانات احتمالی در مقدار زمینه است. این تضریب با تفکیک نوسانات طبیعی موجود در غلظت یک ماده معین در محیط، تغییرات حتی اندک ناشی از اثرات انسان‌پدید را نمایان می‌سازد (۲). نتایج به‌دست آمده از رابطه به‌صورت زیر تفسیر می‌شود (جدول ۲):

انباشتگی مولر برای ارزیابی آلودگی خاک در منطقه مطالعاتی استفاده گردید.

شاخص زمین‌انباشتگی^۱ (**Igeo**): شاخص زمین‌انباشتگی توسط مولر در سال (۱۹۶۹) معرفی گردید (۲۳). این شاخص از جمله معیارهای ژئوشیمیایی ارزیابی آلودگی عناصر سنگین در خاک می‌باشد که در این پژوهش نیز به‌منظور ارزیابی خطر آلودگی زیست‌محیطی خاک‌ها مورد استفاده قرار گرفت. شاخص زمین‌انباشتگی عناصر سنگین بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد (رابطه ۱):

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

جدول ۲- کلاس و سطوح آلودگی مرتبط با شاخص زمین‌انباشتگی مولر.

Table 2. Classes and pollution levels based on Muller's Geo-accumulation index (Igeo).

سطح آلودگی (Pollution levels)	کلاس (Classes)
غیرآلوده (Non-polluted)	$Igeo \leq 0$
غیرآلوده تا به‌نسبت آلوده (Non-polluted to slightly polluted)	$0 < Igeo \leq 1$
آلودگی متوسط (Moderately polluted)	$1 < Igeo \leq 2$
آلودگی متوسط تا شدید (Moderately polluted to highly polluted)	$2 < Igeo \leq 3$
آلودگی شدید (Highly polluted)	$3 < Igeo \leq 4$
آلودگی شدید تا خیلی شدید (Highly polluted to Extremely polluted)	$4 < Igeo \leq 5$
آلودگی خیلی شدید (Extremely polluted)	$5 < Igeo$

میانگین هندسی داده‌های عناصر در این نمونه خاک‌ها به‌عنوان غلظت زمینه استفاده شد. تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها: برای بررسی توزیع آماری داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و آماره‌های میانه، میانگین، مد، واریانس، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی استفاده گردید. مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه شماره ۲۱ انجام شد.

تعیین غلظت زمینه عناصر مورد مطالعه: در پژوهش حاضر بر اساس نظر کابرا و همکاران (۱۹۹۹) و بویان و همکاران (۲۰۱۰) برای تعیین غلظت زمینه عناصر مورد مطالعه، از نمونه خاک‌های مناطق بکر و دست‌نخورده استفاده گردید (۶ و ۸). برای این کار ابتدا نقاط نمونه‌برداری که از لحاظ موقعیت جغرافیایی به دور از فعالیت‌های انسانی (شهرها، جاده‌ها و مراکز صنعتی) بودند انتخاب شدند ($n=42$). در مرحله بعد

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در منطقه مطالعاتی: جدول‌های ۳ و ۴ خلاصه‌ای از وضعیت آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در شمال استان خوزستان را نشان می‌دهند. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد خاک‌های منطقه مطالعاتی آهکی و قلیایی بوده و از نقطه‌نظر میانگین قابلیت هدایت الکتریکی، شور می‌باشند. کاربری‌های جنگل با میانگین ۳۲/۹۹ و پس از آن اراضی مرتعی با میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی ۲۹/۵۸ سانتی‌مول بر کیلوگرم بیش‌ترین و اراضی صنعتی با میانگین ۱۹/۴۵ سانتی‌مول بر کیلوگرم کم‌ترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی را نشان دادند. به‌طور مشابه، بیش‌ترین مقدار رس در اراضی با کاربری‌های جنگلی (۳۱۹/۷) گرم در کیلوگرم) و مرتعی (۳۱۸/۳ گرم در کیلوگرم) و کم‌ترین مقدار آن در اراضی با کاربری صنعتی با میانگین ۲۳۰/۴ گرم در هر کیلوگرم خاک مشاهده شد. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد فزونی مقدار ظرفیت

تبادل کاتیونی در اراضی جنگلی و مرتعی نسبت به سایر کاربری‌های مطالعه شده به واسطه فزونی کربن آلی و مقدار رس در آن‌ها باشد. لازم به توضیح است که میانگین مقادیر رس، سیلت و شن در خاک‌های منطقه به‌ترتیب برابر ۳۰۰/۸، ۴۳۷/۶ و ۲۶۲/۰ گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که بر اساس نتایج آزمایشگاهی دامنه تغییرات بافت خاک در نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده لوم- شنی تا لوم- سیلتی قرار می‌گیرند. هم‌چنین نتایج این مطالعه بیانگر آن است که از نظر مقدار کربنات کلسیم معادل خاک‌های مورد مطالعه در شمال استان خوزستان آهکی بوده و دامنه تغییرات این ویژگی از ۱۸۰ تا ۵۰۰ گرم در هر کیلوگرم خاک‌های منطقه متغیر است (جدول ۳). اراضی با کاربری جنگلی با میانگین ۴۱۹ گرم بر کیلوگرم بیش‌ترین مقدار و اراضی با کاربری شهری با میانگین ۳۸۳/۸ گرم بر کیلوگرم کم‌ترین مقدار کربنات کلسیم معادل را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۳- بررسی آماری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در شمال استان خوزستان.

Table 3. Statistical analysis of physicochemical characteristics of soils in North of Khuzestan province.

خصوصیات مورد مطالعه (Studied parameters)											
Cu	Pb	Clay	Silt	Sand	Gypsum	CCE	OC	CEC	EC ^a	pH	آماره (Statistics)
(mg kg ⁻¹)		-----			(%)	-----		(cmol kg ⁻¹)	(dS.m ⁻¹)		
2.2	1.0	4.5	2.0	2.0	0	18.0	0.55	6.50	0.06	7.11	حداقل (Minimum)
117.2	86.0	60.5	91.0	79.5	16.0	50.0	3.67	1.04.00	85.37	8.93	حداکثر (Maximum)
12.4	11.4	30.1	43.8	26.2	0.84	40.5	1.46	26.57	9.01	7.72	میانگین (Mean)
7.4	8.1	31.5	43.0	26.5	0.15	38.5	1.33	24.12	3.88	7.66	میانه (Median)
3.1	2.0	33.0	44.0	25.5	0	38.0	1.35	18.50	4.09	7.55	مد (Mode)
255.0	175.1	102.7	144.2	139.6	5.18	31.6	37.69	219.28	242.26	0.06	واریانس (Variance)
3.7	2.5	-0.04	0.45	0.54	4.34	-0.38	0.97	1.99	2.84	1.03	چولگی (Skewness)
18.2	8.6	-0.43	2.1	1.87	20.91	1.36	2.24	5.64	8.09	2.41	کشیدگی (Kurtosis)

^a EC = قابلیت هدایت الکتریکی (Cation Exchange Capacity)، CEC = ظرفیت تبادل کاتیونی (Cation Exchange Capacity)، OC = کربن آلی (Organic Carbon)، CCE = کربنات کلسیم معادل (Calcium Carbonate Equivalent).

جدول ۴- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری‌های مختلف در شمال استان خوزستان.

Table 4. Mean of physicochemical characteristics of soils in different land uses in North of Khuzestan.

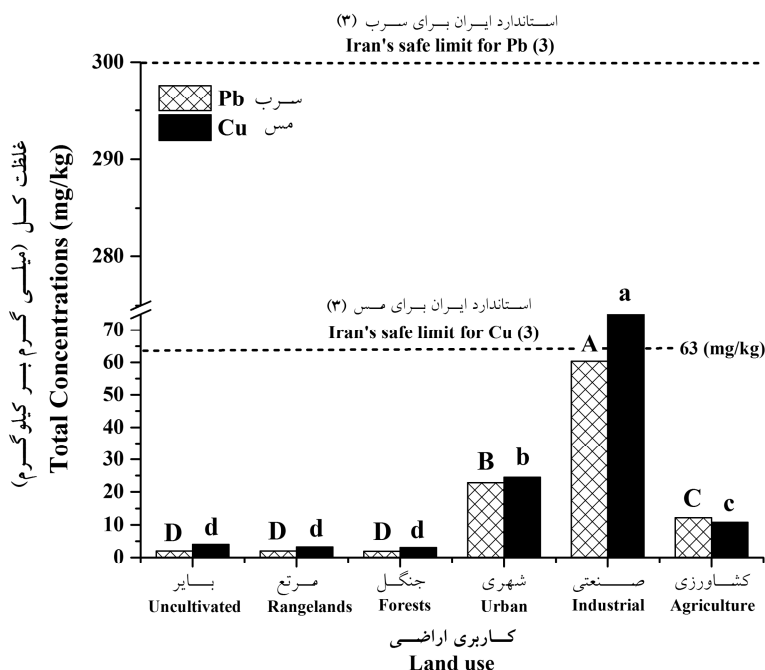
نوع کاربری اراضی (Land use type)						واحد	ویژگی
Industrial صنعتی	Urban شهری	Agriculture کشاورزی	Forests جنگل	Rangelands مرتع	Uncultivated بایر		
7.63	7.65	7.65	7.77	7.80	7.72	-	pH
5.89	8.87	2.95	2.32	3.41	13.19	(dS.m ⁻¹)	Electrical conductivity قابلیت هدایت الکتریکی
19.45	27.35	26.49	32.99	29.58	26.5	(cmol kg ⁻¹)	CEC ظرفیت تبادل کاتیونی
1.45	1.49	1.55	1.78	1.46	1.37	(%)	OC کربن آلی
40.54	38.38	39.59	41.90	40.77	40.48	(%)	CCE کربنات کلسیم معادل
0.73	0.29	0.24	0.16	0.57	0.85	(%)	Gypsum گچ
36.78	28.20.730	27.60	19.83	23.42	26.37	(%)	Sand شن
40.18	42.42	42.92	48.19	44.74	43.59	(%)	Silt سیلت
23.04	29.57	29.47	31.97	31.83	30.08	(%)	Clay رس

مختلف از جمله فلزات سنگین موجب افزایش غلظت این عناصر در خاک شده و آلودگی آن را باعث می‌شوند. ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خود در یکی از شهرهای ایرلند، دامنه غلظت سرب کل را در منطقه بین ۲۵ تا ۵۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش و عبور وسایل نقلیه و ترافیک شهری را عامل اصلی این آلودگی معرفی نمودند (۳۹). کریمی و همکاران (۲۰۱۷) نیز با بررسی تأثیر کاربری اراضی و مواد مادری بر پذیرفتاری مغناطیسی و غلظت فلزات سنگین روی، سرب و نیکل بیش‌ترین فراوانی این فلزات را در اراضی شهری گزارش نمودند (۱۷). از سوی دیگر، فزونی غلظت سرب و مس در اراضی با کاربری کشاورزی را نسبت به مراتع، اراضی جنگلی و زمین‌های بایر می‌توان به استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، کاربرد پساب‌های صنعتی در آبیاری مزارع،

تأثیر کاربری اراضی بر آلودگی خاک‌ها به عناصر سرب و مس: شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب تأثیر نوع کاربری اراضی را بر غلظت کل سرب و مس نشان می‌دهند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیش‌ترین غلظت سرب و مس مربوط به اراضی با کاربری صنعتی است. بر این اساس، اراضی با کاربری‌های شهری، کشاورزی، مرتعی و جنگلی در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. نکته قابل‌توجه این‌که بین کاربری کشاورزی و اراضی مرتعی و جنگلی نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ دیده می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳). فزونی غلظت سرب و مس در اراضی با کاربری صنعتی و شهری را می‌توان به نقش انسان و فعالیت‌های وی مربوط دانست که با احداث کارخانجات و مصرف سوخت‌های فسیلی، تردد وسایل نقلیه و ایجاد پساب‌های آلوده به ترکیبات

حیوانی را از عوامل مهم در افزایش غلظت کبالت در اراضی با کاربری کشاورزی در زیرحوزه‌های کبودرآهنگ، رزن و خونجان در استان همدان گزارش نمودند (۱۸).

استفاده از لجن فاضلاب و کمپوست زباله‌های شهری و کاربرد سموم شیمیایی و آفت‌کش‌ها برای کنترل امراض و بیماری‌ها نسبت داد. خداکرمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و



شکل ۲- تأثیر کاربری اراضی بر غلظت کل عناصر سرب و مس در خاک‌های منطقه مطالعاتی (در رابطه با هر عنصر کاربری‌های با حروف متفاوت از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار هستند).

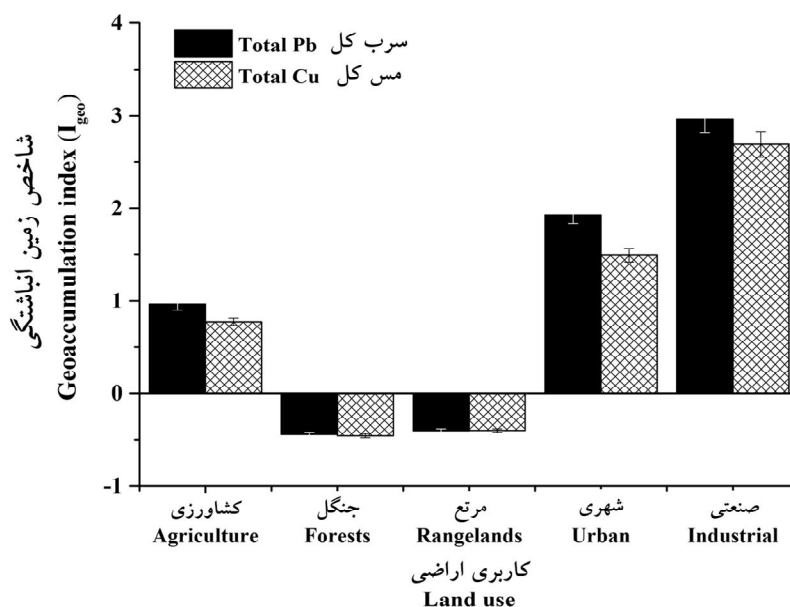
Figure 2. Effects of land use on total concentration of Pb and Cu in soils of study area (for each element land uses tapped with different letters are statistically different at $P < 0.05$).

شکل ۳ تأثیر کاربری اراضی را بر شاخص زمین‌انباشت فلزات سرب و مس نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد بیش‌ترین مقادیر شاخص زمین‌انباشت فلزات مورد مطالعه در شمال استان خوزستان مربوط به کاربری‌های صنعتی و شهری است. حال آن‌که، اراضی با کاربری کشاورزی، مرتعی و جنگلی به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بیش بود شاخص مزبور در اراضی صنعتی و شهری را نسبت به سایر کاربری‌های مورد مطالعه می‌توان به اضافه شدن این فلزات در نتیجه عواملی

با عنایت به متفاوت بودن ویژگی‌های خاک‌ها در مناطق مختلف استفاده از استانداردهای ارائه شده توسط کشورها به‌منظور بررسی و ارزیابی آلودگی خاک‌ها با دشواری‌ها و ابهامات بسیاری روبرو است. بر این اساس، بسیاری از پژوهش‌گران در کشورهای مختلف با ارائه شاخص‌های گوناگون و مقایسه نتایج موجود در اراضی مختلف با غلظت زمینه‌ای عناصر سنگین در هر منطقه سعی در حل این مشکل داشته‌اند. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به شاخص زمین‌انباشت عناصر سنگین اشاره نمود (۱۲ و ۲۷).

به‌عنوان ماده مؤثره برای کنترل آفات می‌باشند) نسبت داد. برزین و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی آلودگی خاک‌های استان همدان با استفاده از شاخص‌های مختلف آلودگی از جمله شاخص زمین‌انباشت عناصر سنگین فراوانی بیش‌تر این شاخص‌ها را در مناطق متأثر از فعالیت‌های انسانی که عمدتاً کاربری‌های شهری و کشاورزی را شامل می‌گردید، گزارش نمودند (۵). راست‌منش و همکاران (۲۰۱۳) نیز بررسی آلودگی خاک در اراضی اطراف صنایع فولاد خوزستان درجات مختلفی از آلودگی را برای عناصر سرب و آرسنیک در این مناطق گزارش نمودند. به‌گونه‌ای که مقادیر به‌دست آمده از شاخص آلودگی در این اراضی از بدون آلودگی (ایستگاه‌های با فاصله زیاد از محل کارخانجات) تا آلودگی بسیار شدید (ایستگاه‌های نزدیک به منبع آلودگی) برای این عناصر گزارش گردید (۲۹).

مانند انجام فعالیت‌های صنعتی مرتبط با حوزه‌های اکتشاف و استخراج نفت و گاز و صنایع وابسته به آن‌ها مانند صنایع پتروشیمی، احتراق سوخت‌های فسیلی و تردد وسایل نقلیه نسبت داد (۱۳). رستگاری‌مهر و همکاران (۲۰۱۷) نیز به آلودگی شدید خاک‌های شهری اصفهان به فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، مس روی و سرب اشاره نموده و عواملی مانند تردد وسایل نقلیه و انباشت پسماندهای شهری را از مهم‌ترین عوامل مؤثر در آلودگی منطقه معرفی نمودند (۲۸). هم‌چنین، مقادیر مثبت شاخص زمین‌انباشت عناصر سرب و مس در اراضی کشاورزی منطقه مطالعاتی را می‌توان به استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب، استفاده از پساب‌های آلوده به فلزات سنگین و کاربرد آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های مختلف (حاوی عناصر سنگینی مانند مس، جیوه، سرب، آرسنیک و منگنز که



شکل ۳- تأثیر کاربری اراضی بر شاخص زمین‌انباشت (I_{geo}) عناصر سنگین سرب و مس در خاک‌های مورد مطالعه.
Figure 3. Effects of land use on geo-accumulation index (I_{geo}) of Pb and Cu in soils of study area.

غلظت کم‌تر عناصر سنگین در مواد مادری از نوع ماسه‌سنگ و سنگ آهک نیز مطابقت دارد (۱۴ و ۳۶). جدول ۶ میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه را در خاک‌های حاصل از هواپدگی این سنگ‌ها به تفکیک نوع مواد مادری نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود خاک‌های تشکیل شده بر روی شیل‌ها حاوی مقادیر قابل‌توجهی از فلزات سنگین سرب و مس هستند. این فزونی را می‌توان به واسطه غلظت بیش‌تر سرب و مس در شیل‌های منطقه توجیه نمود که پس از هواپدگی باعث آزاد شدن بخشی از عناصر و افزایش غلظت آن‌ها در خاک‌های حاصل می‌گردد. نائل و همکاران (۲۰۰۹) نیز تفاوت در عناصر سنگین خاک‌های منطقه فومن در البرز غربی را تا حدودی به تفاوت‌های سنگ شناسی مواد مادری نسبت داده و نشان دادند که خاک‌های حاصل از شیل‌ها حاوی مقادیر قابل‌توجهی سرب و روی می‌باشند (۲۴).

هم‌چنین مشابه با تغییرات غلظت عناصر سرب و مس در مواد مادری منطقه، روند تغییرات عناصر سرب و مس در خاک‌های ایجاد شده بر روی این مواد نیز تقریباً صادق است. به این معنی که بیش‌ترین غلظت عناصر سرب و مس پس از خاک‌های ایجاد شده بر روی شیل‌ها به‌صورت مارن < رسوبات تفکیک‌نشده < ماسه سنگ < سنگ آهک مشاهده گردید. صفری و همکاران (۲۰۱۴) نیز به فراوانی بیش‌تر عناصر سرب، نیکل و روی در خاک‌های ایجاد شده بر روی رسوبات مارنی و دگرگونی در مقایسه با رسوبات لسی آبرفتی و آذرین اشاره نمودند (۳۱). ایرماک و سوروجو (۱۹۹۹) نیز با بررسی تأثیر مواد مادری بر توزیع عناصر غذایی و فلزات سنگین در خاک‌های مناطق خشک کشور ترکیه فراوانی کم‌تر مس را در خاک‌های تشکیل شده بر روی سنگ آهک نسبت به رسوبات آبرفتی گزارش نمودند (۱۵).

هم‌چنین اراضی صنعتی و شهری با میانگین شاخص زمین‌انباشت معادل ۱/۴۹ و ۲/۶۹ (مس کل) و ۱/۹۳ و ۲/۹۶ (سرب کل) در طبقه به‌نسبت آلوده قرار دارند. در حالی‌که اراضی کشاورزی با میانگین شاخص زمین‌انباشت ۰/۷۸ (مس کل) و ۱/۳۵ (سرب کل) به‌ترتیب در کلاس‌های با آلودگی کم تا متوسط قرار می‌گیرند. بر این اساس، اراضی مرتعی و جنگلی شمال استان خوزستان با دارا بودن مقادیر منفی این شاخص در طبقه غیرآلوده قرار داشته و از نظر زیست‌محیطی سالم ارزیابی می‌شوند. به‌علاوه، نتایج این مطالعه بیانگر آن است که مقادیر شاخص زمین‌انباشت در رابطه با عنصر سرب تقریباً در تمامی کاربری‌های مورد مطالعه بیش‌تر از عنصر مس می‌باشد.

تأثیر ماده مادری بر غلظت کل عناصر سرب و مس:
به‌منظور بررسی اثر مواد مادری بر غلظت عناصر سنگین سرب و مس، ۷ نوع ماده مادری غالب در منطقه نمونه‌برداری و غلظت کل آن‌ها در جدول ۵ آورده شده است. بر این اساس، بیش‌ترین غلظت عناصر مورد مطالعه در شیل‌ها دیده می‌شود. به‌نظر می‌رسد این دسته از مواد مادری نقش بیش‌تری در افزایش غلظت سرب و مس در خاک‌های نمونه‌برداری شده شمال استان خوزستان داشته باشند. هی و همکاران (۲۰۰۵) و تقی‌پور و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که شیل‌ها حاوی مقادیر قابل‌توجهی از فلزات سنگین مانند روی، مس، نیکل و کادمیم می‌باشند. نام‌بردگان ریزدانه بودن رسوبات تشکیل‌دهنده شیل‌ها را عاملی مهم در جذب و پیامد آن افزایش غلظت فلزات سنگین گزارش نمودند (۱۴ و ۳۶). بعد از شیل‌ها، بیش‌ترین فراوانی عناصر سرب و مس در مواد مادری مورد مطالعه به‌صورت مارن < رسوبات تفکیک‌نشده < ماسه سنگ < سنگ آهک مشاهده گردید. این نتایج با یافته‌های سایر مطالعات مبنی بر

جدول ۵- میانگین غلظت کل عناصر سرب و مس در برخی مواد مادری مهم منطقه مطالعاتی.

Table 5. Mean concentrations of total Pb and Cu in selected parent materials of the area studied.

مس کل (Total Cu) (mgkg ⁻¹)	سرب کل (Total Pb) (mgkg ⁻¹)	تعداد نمونه Number of samples	ماده مادری (Parent Materials)
0.51±13.5	0.65±14.8	3	ماسه سنگ (سازند بختیاری) Sandstone (Bakhtiari Formation)
0.37±5.9	0.26±8.4	3	سنگ آهک (سازند گچساران) Limestone (Gachsaran Formation)
0.19±6.3	0.15±9.6	3	سنگ آهک (سازند گورپی) Limestone (Gurpi Formation)
0.66±13.0	0.39±16.5	3	مارن خاکستری (سازند پابده) Grey Marls (Pabdeh Formation)
0.52±13.8	0.31±17.1	3	مارن قرمز (سازند آغاجاری) Red Marls (Aghajari Formation)
0.86±34.1	0.42±19.5	5	شیل (سازند آسماری) Shales (Asmari Formation)
0.71±8.8	0.55±13.9	6	رسوبی تفکیک نشده (کواترنری) Undifferentiated deposits (Quaternry)

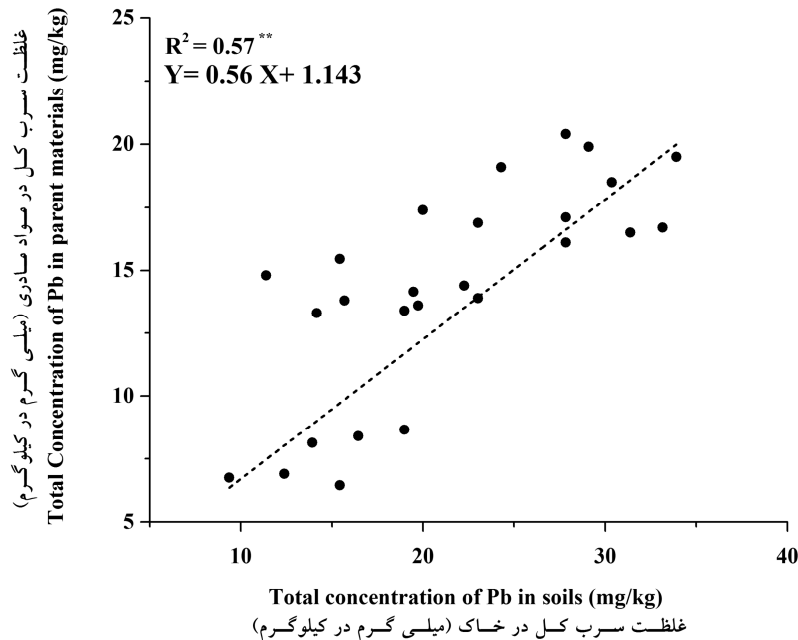
جدول ۶- میانگین غلظت عناصر سنگین سرب و مس در خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری مورد مطالعه.

Table 6. Mean concentrations of total Pb and Cu in soils developed on parent materials studied.

مس کل (Total Cu) (mgkg ⁻¹)	سرب کل (Total Pb) (mgkg ⁻¹)	تعداد نمونه خاک Number of soil samples	ماده مادری (Parent Materials)
0.67±20.9	0.48±18.2	32	ماسه سنگ (سازند بختیاری) Sandstone (Bakhtiari Formation)
0.44±10.3	0.35±9.5	34	سنگ آهک (سازند گچساران) Limestone (Gachsaran Formation)
0.35±13.3	0.60±11.7	32	سنگ آهک (سازند گورپی) Limestone (Gurpi Formation)
0.31±17.9	1.13±21.9	28	مارن خاکستری (سازند پابده) Grey Marls (Pabdeh Formation)
0.73±17.5	0.77±22.6	28	مارن قرمز (سازند آغاجاری) Red Marls (Aghajari Formation)
0.39±41.2	1.36±32.7	28	شیل (سازند آسماری) Shales (Asmari Formation)
0.57±16.3	0.91±17.6	118	رسوبی تفکیک نشده (کواترنری) Undifferentiated deposits (Quaternry)

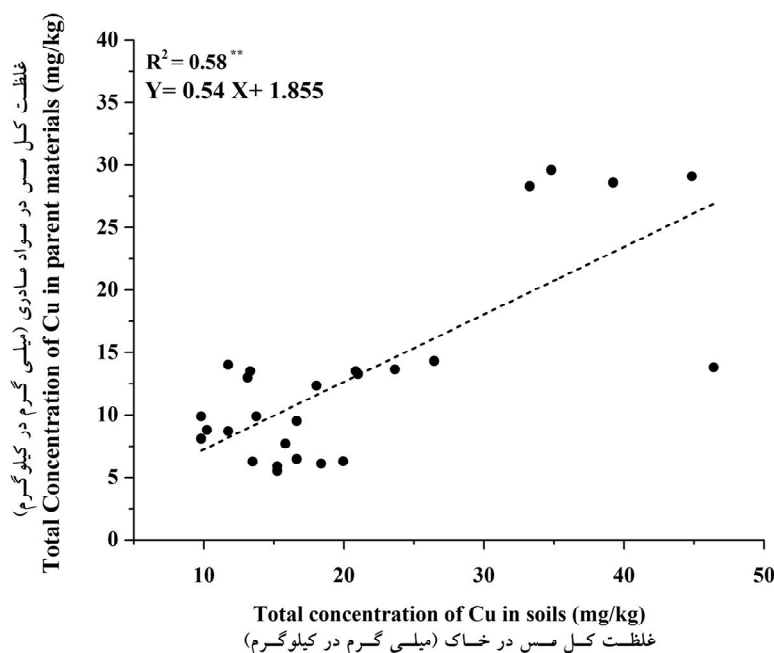
غلظت کل سرب و مس در خاک و مواد مادری به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۵۸ محاسبه شد. پائین بودن نسبی ضریب همبستگی بین غلظت کل سرب و مس در خاک و مواد مادری و همچنین فزونی غلظت کل عناصر مورد مطالعه در خاکها از مقادیر متناظر آنها در مواد مادری نشان می‌دهد که علاوه بر مواد مادری عامل یا عوامل دیگری هم بر انتشار و توزیع فلزات سنگین در خاکهای مورد مطالعه تأثیرگذار است. در این رابطه با عنایت به نتایج به دست آمده از مقایسه غلظت عناصر سنگین در کاربری‌های مطالعه شده که فزونی قابل توجه فلزات سرب و مس را در کاربری‌های متأثر از فعالیت‌های انسانی نشان داد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که پراکنش فلزات سرب و مس در منطقه مطالعاتی عمدتاً متأثر از هر دو عامل زمین‌زاد و انسان‌زاد می‌باشد.

با توضیحات ارائه شده می‌توان نوع مواد مادری را یکی از عوامل کنترل‌کننده غلظت عناصر سنگین در بخشی از خاک‌های منطقه به‌شمار آورد. بر این اساس و به‌منظور بررسی اثر نوع مواد مادری بر غلظت کل هر یک از عناصر مورد مطالعه نمودار همبستگی بین غلظت عناصر در مواد مادری و خاک‌های تشکیل شده بر روی آنها رسم و ضریب همبستگی بین آنها محاسبه گردید. شکل‌های ۴ و ۵ نتایج این مرحله از مطالعات را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای ارائه شده غلظت کل عناصر مورد مطالعه در مواد مادری و خاک‌های تشکیل شده بر روی این مواد دارای ارتباط معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشند. به این ترتیب می‌توان بیان نمود که احتمالاً بخشی از غلظت کل و قابل جذب عناصر اندازه‌گیری شده در خاک‌ها متأثر از مواد مادری است. در این رابطه ضریب همبستگی بین



شکل ۴- ارتباط بین غلظت سرب کل در مواد مادری و خاک‌های تشکیل شده بر روی آنها.

Figure 4. Relationships between total concentration of Pb in soils and associated parent materials.



شکل ۵- ارتباط بین غلظت مس کل در مواد مادری و خاک‌های تشکیل شده بر روی آنها.

Figure 5. Relationships between total concentration of Cu in soils and associated parent materials.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت کل عناصر سرب و مس مربوط به اراضی با کاربری صنعتی است و کاربری‌های شهری، کشاورزی، مرتعی و جنگلی در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. مقایسه غلظت کل عناصر مورد مطالعه با استاندارد ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست کشور بیانگر عدم آلودگی خاک‌های منطقه به این عناصر می‌باشد. ولی اراضی با کاربری صنعتی در شرایط نزدیک‌تری به حدود بحرانی ارائه شده قرار دارند و از این رو توجه جدی را می‌طلبند. بیش بود شاخص زمین‌انباشت فلزات سنگین در اراضی صنعتی و شهری نسبت به سایر کاربری‌های مورد مطالعه را می‌توان در نتیجه فعالیت‌های صنعتی مرتبط با حوزه‌های اکتشاف و استخراج نفت و گاز و صنایع وابسته به آنها مانند صنایع پتروشیمی، احتراق سوخت‌های فسیلی و تردد وسایل نقلیه نسبت داد. بررسی تأثیر مواد مادری بر

پراکنش عناصر سرب و مس در منطقه مطالعاتی نشان داد که بیشترین غلظت کل عناصر سرب و مس در برخی از مهم‌ترین مواد مادری منطقه مطالعاتی به صورت شیل < مارن < رسوبات تفکیک نشده < ماسه‌سنگ < سنگ آهک است. هم‌چنین، مقایسه غلظت کل عناصر سرب و مس در خاک‌ها و مواد مادری مورد مطالعه بیانگر فزونی غلظت این عناصر از مواد مادری متناظر آنها است. این یافته به همراه نتایج به دست آمده از مقایسه غلظت عناصر سنگین در کاربری‌های مطالعه شده به خوبی نشان می‌دهد که پراکنش فلزات سرب و مس در منطقه مطالعاتی متأثر از هر دو عامل زمین‌زاد و انسان‌زاد می‌باشد. بر این اساس، یافته‌های این مطالعه به خوبی نشان می‌دهد که انجام اقدامات پیشگیرانه به منظور کنترل آلودگی خاک‌های منطقه مطالعاتی نیازمند توجه به هر دو عامل انسان‌زاد و زمین‌زاد می‌باشد.

سپاسگزاری

۹۳۰۲۱۰۳۴) پرداخت شده است که به این وسیله

سپاسگزاری می‌نمائیم.

هزینه‌های انجام این مطالعه توسط صندوق حمایت

از پژوهش‌گران و فناوران کشور (طرح پژوهشی شماره

منابع

1. Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments, biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. Second edition. Springer, 796p.
2. Afshari, A., Khademi, H., and Hojati, S. 2016. Assessment of heavy metals pollution risk in soils of central Zanjan province based on pollution indices. *J. Water Soil Cons.* 22: 6. 21-40.
3. Afyuni, M. 2014. Quality standards and guidelines of soil resources. Iranian Department of Environment, Tehran, 166p.
4. Alloway, B.J. 1990. Heavy metals in soils. Blackie and Son Ltd. Glasgow and London, 339p.
5. Barzin, M., Kheyraadi, H., and Afyuni, M. 2015. An Investigation into pollution of selected heavy metals of surface soils in Hamadan province using pollution index. *J. Water. Soil Sci.* 19: 72. 69-80.
6. Bhuiyan, M.A.H., Parvez, L., Islam, M.A., Dampare, S.B., and Suzuki, S. 2010. Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. *J. Hazard. Mater.* 173: 384-392.
7. Blaster, P., Zimmermann, S., Luster, J., and Shotyck, W. 2000. Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in Swiss forest soils. *Sci. Total Environ.* 249: 257-280.
8. Cabrera, F., Clemente, L., Barrientos, E.D., Lopez, R., and Murillo, J.N. 1999. Heavy metal pollution of soils as affected by the Guadimar toxic flood. *Sci. Total Environ.* 242: 117-129.
9. Chamanejadian, A., Moezzi, A.A., Sayyad, G., Jahangiri, A., and Jafarnejadi, A. 2011. Spatial Distribution of Lead in Calcareous soils and rice seeds of Khuzestan, Iran. *Malaysian J. Soil Sci.* 15: 115-125.
10. Dankub, Z., Ayoubi, Sh., Khademi, H., and Lu, S.G. 2011. Spatial Distribution of Magnetic Properties and Selected Heavy Metals as Affected by Land Use in Calcareous Soils of the Isfahan Region, Central Iran. *Pedosphere.* 22: 33-47.
11. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1996. Particle-size analysis. P 383-411, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods.* Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
12. Ghorbani, H., Hafezi Moghaddas, N., and Kashi, H. 2015. Effects of land use on the concentrations of some heavy metals in soils of Golestan province, Iran. *J. Agric. Sci. Technol.* 17: 1025-1040.
13. Guan, Y., Shao, C., and Ju, M. 2014. Heavy metals contamination assessment and partition for industrial and mining gathering areas. *Inter. J. Environ. Res. Pub. Health.* 11: 7286-7303.
14. He, Z.L., Yang, X.E., and Stoffella, P.J. 2005. Trace elements in agro-ecosystems and impacts on the environment: A review. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 19: 125-140.
15. Irmak, S., and Surucu, K. 1999. Effects of different parent materials on some plant nutrients and heavy metals in the arid regions of Turkey. P 289-291, In: D. Anac and P. Martin-Prevel (Eds.), *Improved Crop Quality by Nutrient Management. Developments in Plant and Soil Sciences,* Springer, Netherlands.
16. Jafarnejadi, A., Sayyad, G., Homaei, M., and Davamei, A.H. 2013. Spatial variability of soil total and DTPA extractable cadmium caused by long-term application of phosphate fertilizers, crop rotation and soil characteristics. *Environ. Monitor. Assess.* 185: 4087-4096.
17. Karimi, A., Haghnia, G.H., Ayoubi, Sh., and Safari, T. 2017. Impacts of geology and land use on magnetic susceptibility and selected heavy metals in surface soils of Mashhad plain, northeastern Iran. *Applied Geophysics.* 138: 127-134.

18. Khodakarami, L., Soffianian, A., Mirghafari, N., Afyuni, M., and Golshahi, A. 2012. Concentration zoning of chromium, cobalt and nickel in the soils of three sub-basin of the Hamadan province using GIS technology and the geostatistic. *J. Water. Soil Sci.* 15: 58. 243-254.
19. Liang, J., Feng, C., Zeng, G., Gao, X., Zhong, M., Li, X., Li, X., He, X., and Fang, Y. 2017. Spatial distribution and source identification of heavy metals in surface soils in a typical coal mine city, Lianyuan, China. *Environ. Poll.* 225: 681-690.
20. Loeppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. P 417-436, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, USA.
21. Luo, L., Ma, Y., Zhang, S., Wei, D., and Zhu, Y. 2009. An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. *J. Environ. Manage.* 90: 2524-2530.
22. Martin, C.W. 2000. Heavy metal trends in floodplain sediments and valley fill, River Lahn, Germany. *Catena.* 39: 53-68.
23. Muller, G. 1969. Index of geoaccumulation in sediment of the Rhine River. *Geojournal.* 2: 108-118.
24. Nael, M., Khademi, H., Jalalian, A., Schulin, R., Kalbasi, M., and Sotohian, F. 2009. Effects of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran. *Geoderma.* 152: 157-170.
25. Nagajyoti, P.C., Lee, K.D., and Sreekanth, T.V.M. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ. Chem. Letter.* 8: 199-216.
26. Navas, A., and Machin, J. 2002. Spatial distribution of heavy metals and arsenic in soils of Aragon (northeast Spain): controlling factors and environmental implications. *Applied Geochem.* 17: 961-973.
27. Qingji, G., Jun, D., Yunchuan, X., Qingfei, W., and Liqiang, Y. 2008. Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. *J. China Univ. Geosci.* 19: 3. 230-241.
28. Rastegari Mehr, M., Keshavarzi, B., Moore, F., Sharifi, R., Lahijanzadeh, A., and Kermani, M. 2017. Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran. *J. Afric. Earth Sci.* 132: 16-26.
29. Rastmanesh, F., Zarrasvandi, A., and Hormozinezhad, F. 2013. Effects of Khuzestan steel industries on pollution of surrounding soils. 1st International Congress in Geosciences, Tehran, Iran.
30. Rhoades, J.D. 1996. Electrical conductivity and total dissolved solids. P 417-436, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, USA.
31. Safari, T., Karimi, A., Haghnia, G.H., Ayoubi, S., and Fotovat, A. 2014. Variation of Ni, Zn, and Pb affected by parent material and land use in Mashhad plain. *Environ. Sci.* 12: 2. 75-86.
32. Shayegan, J., and Afshari, A. 2004. The treatment situation of municipal and industrial wastewater in Iran. *J. Water. Wastewater.* 15: 1. 58-69.
33. Smith, K.A. 1991. *Soil Analyses*. Second edition, Marcel Dekker, New York, 659p.
34. Sparks, D.L. 1996. *Methods of Soil Analysis: part 3 Chemical Methods*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1390p.
35. Summer, M.E., and Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. P 1201-1231, In: D.L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
36. Taghipour, M., Ayoubi, S., and Khademi, H. 2011. Contribution of lithologic and anthropogenic factors to surface heavy metals in western Iran using multivariate geostatistical analyses. *Soil. Sediment Contam.* 20: 921-937.

-
37. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. P 475-490, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. abatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, USA.
 38. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 63: 251-263.
 39. Zhang, C., Luo, L., Xu, W., and Ledwith, V. 2008. Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. Sci. Total Environ. 398: 212-221.



Effects of land use and parent materials on pollution of surface soils to lead and copper in North of Khuzestan province

***S. Hojati**

Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz

Received: 10/10/2016; Accepted: 05/20/2017

Abstract

Background and Objectives: Due to the intensified industrial activities and excessive application of pesticides and insecticides as well as fertilizers and industrial organic waste over the last few decades, there has been a great deal of concern about the accumulation of heavy metals in soils across the northern parts of Khuzestan province as the agriculture hub of the province. This study attempted to examine the effect of land uses and soil parent materials on spatial variability of copper and lead elements and to specify the critical points (hotspots) contaminated with these metals across the northern parts of Khuzestan province.

Materials and Methods: A total number of 300 composite soil samples (0-10 cm) were collected randomly at short, medium and long intervals across urban, agricultural and natural areas in north of Khuzestan, respectively; covering several cities including Shushtar, Shush, Izeh, Bagh Malek, Andika, Gotvand, Dezful, Masjed Soleiman, Lali and Andimeshk. Moreover, 26 samples were retrieved from the region in order to evaluate the effect of parent materials. Then, the physical and chemical properties of samples were specified after transporting them to the laboratory and preliminary arrangements under standard procedures. Furthermore, the total concentrations of lead and copper were measured using Varian A240 atomic absorption spectrometer (AAS) equipped with a graphite furnace.

Results: The results indicated that the maximum of total concentrations of lead and copper were found in lands with industrial use, while the urban, agricultural, pasture and forest land uses accounted for the next values. When the total concentrations of these elements compared with the safe limits suggested by other countries, it was understood that the soils were not contaminated with lead and copper elements. However, the lands with industrial use were closer to critical levels. The greatest values of geoaccumulation index (I_{geo}) were found in industrial and urban land uses, whereas lands under agriculture, pasture and forest uses took up the lower ranks, respectively. Examination of the effect of parent materials on the distribution of lead and copper across the study area demonstrated that the highest concentration of these elements could be arranged as shales > marl > indiscriminate sediment > sandstone > limestone. Besides, the comparison of total concentrations of heavy metals lead and copper in soils and corresponding parent materials revealed that the concentrations of these elements were greater in soils as compared to those in the parent materials.

Conclusion: When concentrations of lead and copper in soils and parent materials and in the land uses are compared, it could be concluded that both anthropogenic and geogenic sources have contributed to the distribution of lead and copper in the study area.

Keywords: Anthropogenic, Geogenic, Shale, Geo-accumulation index

* Corresponding Author; Email: s.hojati@scu.ac.ir