



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

مقاله پژوهشی

ارزیابی شاخص مخاطره بوم‌شناختی فلزات سنگین در خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران

بهزاد محمدمرادی، سهیل سبحان اردکانی^{*}، مهرداد چراغی

گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: فلزات سنگین از شایع‌ترین آلاینده‌های خاک‌های شهری هستند که سلامت انسان و به‌ویژه کودکان را از طریق بلع و یا استنشاق تصادفی خاک و گردوغبار آلوده در معرض خطر قرار می‌دهند. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی شاخص مخاطره بوم‌شناختی فلزات سرب، کادمیوم، کروم و مس در خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران در سال ۱۳۹۵ انجام یافت.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت:

۹۶/۱۱/۱۷

تاریخ ویرایش:

۹۶/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش:

۹۶/۱۲/۱۶

تاریخ انتشار:

روش بررسی: ۶۰ نمونه خاک از بوستان‌های ملت، لاله، ولایت، اکباتان و پیروزی جمع‌آوری گردید، محتوی عناصر سنگین نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و هضم اسیدی در آزمایشگاه، به روش طیف‌سنجی پلاسما جفت شده القایی (ICP) خوانده شد. همچنین شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی فلزات سنگین (Risk Index (RI) در خاک محاسبه شد. پردازش آماری نتایج نیز با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk test)، تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA)، تی تست (One Sample T-Test) و ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) انجام یافت.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، مخاطره بوم‌شناختی، خاک سطحی، بوستان شهری، تهران

یافته‌ها: کمینه و بیشینه میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های خاک برابر با 0.52 ± 0.25 و $153/81 \pm 3/83$ mg/kg به ترتیب مربوط به کادمیوم و سرب بود. از طرفی میانگین غلظت عناصر سرب و مس در نمونه‌ها بیشتر از رهنمود WHO بود. همچنین بیشترین مقادیر آلودگی مربوط به بوستان ولایت واقع در جنوب بود. نتایج محاسبه شاخص RI نشان داد میزان تجمعی فلزات سنگین خاک برابر با ۹۹/۱۶ و در محدوده کم خطر قرار داشت.

نتیجه‌گیری: هرچند میزان تجمعی فلزات سنگین خاک در محدوده کم خطر قرار داشت، ولی از آنجا که میانگین غلظت عناصر سرب و مس از رهنمود WHO بیشتر بود، نسبت به کنترل منابع ورود آلودگی به محیط، پایش دوره‌ای منابع خاک سطحی به‌ویژه در بوستان‌های شهری که شهروندان بخش عمده‌ای از اوقات فراغت خود را در آنجا سپری می‌کنند و خودداری از احداث بوستان‌های شهری در حاشیه جاده‌ها به‌خصوص محل‌های پرترافیک توصیه می‌شود.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

s_sobhan@iauh.ac.ir

مقدمه

خاک‌ها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تولید غذا بر روی سلامت عمومی تاثیر می‌گذارند. بنابراین حفاظت از این منبع و اطمینان از پایداری آن حائز اهمیت است. امروزه پیشرفت سریع صنعت و افزایش رهاسازی مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی به محیط منجر به افزایش نگرانی‌ها در مورد توان تجمع فلزات سنگین در خاک‌ها شده است (۱، ۲). مهمترین آلاینده‌های خاک شامل فلزات سنگین، بارش اسیدی و مواد آلی هستند، که در این بین، فلزات سنگین در سالیان اخیر به دلیل خصوصیات بالای آلاینده‌گی در خاک شدیداً مورد توجه قرار گرفته‌اند. تغییرات مکانی محتوی فلزات سنگین در خاک سطحی ممکن است تحت تاثیر مواد مادری خاک و منابع انسانی باشد. به عبارت دیگر این فلزات به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند، اما در اثر فعالیت‌های انسانی نظیر فعالیت‌های صنعتی و معدنی، انتشارات وسایل نقلیه موتوری، تخلیه پسماندها، فاضلاب‌های شهری، کشاورزی (استفاده طولانی مدت از سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب و کودهای آلی) و غیره نیز به خاک افزوده می‌شوند. در حقیقت فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به افزایش تجمع فلزات سنگین در خاک شود (۳-۶).

فلزات سنگین عناصری با نیم عمر زیستی طولانی، سمیت بالا، غیر قابل تجزیه زیستی و پایدار بوده و از قابلیت تجمع در بافت‌های موجودات زنده برخوردار هستند. لذا زمانی که مقدار آنها بیشتر از حد مجاز باشد، می‌تواند سلامتی انسان و سایر زیست‌مندان را با مخاطره مواجه کند (۷، ۸). اگرچه فلزات سنگین برای رشد طبیعی گیاهان ضروری هستند، اما افزایش غلظت هر دو گروه فلزات ضروری و غیر ضروری می‌تواند منجر به بروز علائم مسمومیت و بازدارندگی رشد و نمو شود (۹). از طرفی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به ایجاد بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیر غذایی شود (۱۰).

ورود فلزات سنگین به زنجیر غذایی و رسیدن به غلظت‌های

بحرانی، اثرات سوء متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده به جای می‌گذارد. علاوه بر این فلزات سنگین تحت تاثیر فرایندهای کاهش و تنزل قرار نمی‌گیرند و تقریباً به‌طور کامل در محیط زیست باقی می‌مانند، اگرچه دسترسی زیستی این مواد شیمیایی به‌طور قابل توجهی بستگی به واکنش آنها با اجزای مختلف خاک دارد (۱۱). در بین فلزات سنگین، کادمیوم و سرب به دلیل نیم عمر طولانی در بدن انسان و دیگر حیوانات و سمی بودن زیاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

سرب از طریق فعالیت‌هایی نظیر ریخته‌گری، معدن‌کاوی، صنایع رنگ‌سازی و باتری‌سازی و احتراق سوخت فسیلی وارد محیط شهری می‌شود. در سال‌های اخیر به دلیل کنترل منابع آلاینده حاوی سرب به‌ویژه حذف سرب از بنزین، ورود آن به محیط شهری کاهش چشمگیری داشته است، اما همچنان انباشت پیشین آن در محیط از جمله در خاک و رسوب و گردوغبار ناشی از آنها وجود دارد (۱۲). سرب در گروه B۲ ترکیبات سرطان‌زای موسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) طبقه‌بندی شده است و آثار سمی آن بستگی به ویژگی‌های متابولیکی افراد و رژیم غذایی دارد (۱۳). این آثار را در بدن، به‌خصوص در چهار موضع یعنی دستگاه گوارش، دستگاه عصبی مرکزی، اعصاب محیطی و سیستم خون‌ساز می‌توان یافت (۱۳). آلودگی سرب باعث جلوگیری از سنتز هموگلوبین، آسیب به عملکرد کلیه‌ها، سیستم باروری، مفاصل، سیستم قلبی-عروقی، آسیب حاد و مزمن به سیستم عصبی مرکزی و سیستم عصبی جانبی می‌شود. از طرفی مقادیر بیشتر از $400 \mu\text{g/L}$ سرب در خون کودکان و اطفال باعث رشد ضعیف سلول‌های خاکستری مغز و در نتیجه کاهش بهره‌مندی می‌شود (۱۴). کادمیوم از طریق صنایع فلزی و شیمیایی، آب‌کاری، کاربرد کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، استهلاک لاستیک خودروها و ترافیک به محیط وارد می‌شود. این عنصر ممکن است موجب ضایعات کلیوی، افزایش فشار خون، جهش‌زایی و سرطان‌زایی شود. تجمع بیش از حد این عنصر در بدن انسان سبب ایجاد بیماری‌های استخوانی، تورم شش‌ها، نارسایی کبد و کلیه، بیماری‌های قلبی-عروقی و

سطحی بوستان‌های شهری در ایران و سایر کشورها انجام یافته است، می‌توان به مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی شاخص مخاطره بوم‌شناختی برخی فلزات سنگین در رسوبات سواحل مدیترانه‌ای کشور مصر انجام یافت و طی آن مشخص شد که مخاطره بوم‌شناختی عناصر با ۲۱/۵۲، ۳/۰۱، ۱/۸۴ و ۰/۹۱ به ترتیب مربوط به عناصر کادمیوم، سرب، کروم و مس و در همه موارد در طبقه با مخاطره کم قرار داشت (۲۴) و همچنین پژوهشی که طی آن با ارزیابی مخاطره بوم‌شناختی فلزات سرب و کادمیوم در خاک بوستان‌های شهری و جنگلی شهر اسدآباد مشخص شد که اثر تجمعی عناصر مورد مطالعه مخاطره بوم‌شناختی قابل ملاحظه‌ای را منجر نمی‌شود (۲۵)، اشاره کرد. امروزه در ادبیات علمی برنامه‌ریزی شهری، بوستان‌های شهری دارای کارکردهای گوناگون اجتماعی، اقتصادی و بوم‌شناختی هستند (۲۶، ۲۷). در این بین، کارکردهای اجتماعی نظیر گذران اوقات فراغت، افزایش شکل‌گیری نهادهای مشارکتی، تعامل و همکاری و ارتقای بهداشت روانی و جسمی به دلیل ارتباط مستقیم آن با شهروندان اهمیت ویژه‌ای دارد (۲۸). در حال حاضر در شهر تهران در مجموع بیشتر از ۱۰۰۰ بوستان شهری و جنگلی وجود دارد. از این رو با توجه به این که قشر وسیعی از شهروندان در فصول معتدل و گرم سال بخش عمده‌ای از اوقات فراغت خود را در بوستان‌های شهری سپری می‌کنند و احتمال ورود فلزات سنگین تجمع یافته در خاک به بدن از طریق بلع به‌ویژه توسط کودکان دور از انتظار نیست، لذا، این مطالعه با هدف بررسی و تعیین شاخص مخاطره بوم‌شناختی فلزات سرب، کادمیوم، کروم و مس در خاک سطحی تعدادی از بوستان‌های شهری تهران در سال ۱۳۹۵ انجام یافت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی با توجه به محدودیت زمان و منابع مالی، پس از انتخاب پنج بوستان شهری واقع در نواحی شمال، شرق، جنوب، غرب و مرکز شهر تهران (ملت، لاله، ولایت، اکباتان و پیروزی) با تعداد بالای مراجعه‌کننده، نسبت به نمونه‌برداری از خاک سطحی اقدام شد. بدین منظور از جهت‌های جغرافیایی

افزایش فشار خون می‌شود. همچنین کادمیوم در جفت تجمع یافته و از انتقال مس و روی به جنین جلوگیری می‌کند (۱۷-۱۵). امروزه استفاده وسیع از فلز کروم در صنایع گوناگون مانند دباغی و چرم‌سازی، نساجی، ذوب، فلزکاری، رنگ‌سازی، معدن، و صنایع هسته‌ای باعث شده است که مقدار زیادی از این فلز به محیط‌زیست وارد شده و سبب آلودگی خاک شود. عوارض جذب بیش از حد مجاز عنصر کروم به‌ویژه فرم ۶ ظرفیتی آن در بدن به‌صورت سوزش و خارش در مخاط گوارشی بروز کرده و در شرایط حاد موجب نکروز کبدی، التهاب کلیه، خونریزی داخلی، مشکلات تنفسی، سرطان دستگاه گوارش و در نهایت مرگ می‌شود (۱۸). ترکیبات مس کاربرد گسترده‌ای در کشاورزی دارند. به‌عنوان مثال نمک‌های مس به خاک‌هایی که کمبود مس دارند، اضافه می‌شود و یا سولفات مس بخاطر خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی خود برای جلوگیری از فساد ذخایر و کنترل بیماری‌های جانوری استفاده می‌شود (۱۹). بیش از ۹۰ درصد انتشار فلز مس ناشی از ترافیک جاده‌ای و به‌علت سیستم ترمز فرسوده، نشر از آگروز خودروها و تخریب یا فرسایش آلیاژها، لوله‌ها، سیم‌ها و تایرها در وسایل نقلیه موتوری است (۲۰). ثابت شده است که فلز مس به‌عنوان یک عنصر ضروری و کوفاکتور بسیار مهم در مصرف موثر چندین عنصر به‌ویژه آهن محسوب می‌شود، اما ممکن است در غلظت‌های بیشتر از حد مجاز برای انسان و حیوان سمی باشد و منجر به بروز بیماری ویلسون و ناراحتی‌های کبدی شود (۲۱، ۲۲).

ارزیابی خطر بالقوه آلودگی فلزات سنگین به‌عنوان یک ابزار تشخیصی برای کنترل آلودگی محیط به‌ویژه آلودگی آب ناشی از افزایش محتوی فلزات سنگین در رسوبات و به‌دنبال آن تهدید سلامت بوم‌شناختی پیشنهاد شد. شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی (Potential Ecological Risk Index) که توسط Hakanson براساس ویژگی‌ها و رفتار محیط‌زیستی فلزات سنگین معرفی شد نیز به‌عنوان یک رویکرد برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک و رسوب تلقی می‌شود (۲۳، ۲۴). از جمله پژوهش‌هایی که در خصوص ارزیابی شاخص مخاطره بوم‌شناختی فلزات سنگین در رسوبات و از طرفی خاک

برای کروم ۹۶-۹۹ و برای مس ۹۸-۱۹۴ حاصل شد. ضریب مخاطره بوم‌شناختی بالقوه (E_r^i) هر عنصر و از طرفی شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی فلزات سنگین در خاک (RI) با استفاده از معادلات ۱ تا ۳ محاسبه شدند (۲۴، ۳۳، ۳۴).

$$C_f^i = \frac{C_s^i}{C_n^i} \quad (1)$$

$$E_r^i = T_i \cdot C_f^i \quad (2)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i \quad (3)$$

در معادله ۱:

C_f^i ، C_s^i و C_n^i به ترتیب بیانگر ضریب آلودگی هر عنصر، غلظت فلز سنگین در نمونه خاک و غلظت زمینه فلز سنگین در نمونه خاک براساس میانگین غلظت عنصر در شیل (برابر با ۲۰، ۳۰، ۹۰ و ۴۵ mg/kg به ترتیب برای عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس) با استناد به نتایج مطالعه‌های مشابه است (۲۴).

در معادله ۲:

T_i بیانگر فاکتور پاسخ سمیت هر عنصر (۵، ۳۰، ۲ و ۵ به ترتیب برای عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس) است (۲۳، ۳۳). مطابق الگوی Hakanson، طبقه‌بندی ارائه شده برای E_r و RI به شرح جدول ۲ است (۲۳).

پردازش آماری داده‌ها توسط نسخه SPSS.20 در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام یافت. از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk test) برای بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و تی تست (One Sample T-Test) نیز به ترتیب برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین خاک بین بوستان‌های شهری مورد مطالعه و همچنین مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین خاک با رهنمود WHO (برابر با ۵، ۱۰، ۱ و ۴ mg/kg به ترتیب برای سرب، کادمیوم، کروم

شمال، شرق، جنوب و غرب هر بوستان با رعایت فاصله ۲۵ m از حاشیه خیابان توسط بیلچه باغبانی چهار نمونه خاک سطحی از عمق ۰-۲۵ cm در سه تکرار برداشت شد (تعداد کل نمونه‌ها ۶۰ عدد بود). همچنین مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری توسط دستگاه GPS ثبت شد. برخی مشخصات از جمله موقعیت جغرافیایی بوستان‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. از طرفی نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ ارائه شده است. نمونه‌ها پس از انتقال به کیسه‌های پلی اتیلنی زیپ‌دار در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها به مدت ۷۲ h در هوای آزاد قرار داده شدند تا رطوبت اضافی آن تبخیر شود. پس از کوبیدن نمونه‌ها در هاون چینی، به منظور یکنواخت شدن دانه‌بندی، ذرات خاک به ترتیب از الک ۲ mm و سپس ۶۳ μ m عبور داده شد (۲۹). برای هضم نمونه‌ها به منظور قرائت محتوی فلزات، پس از توزین ۳ g از نمونه و انتقال آنها به ظروف شیشه‌ای، به هر نمونه ۲۱ mL اسید کلریدریک و ۷ mL اسید نیتریک افزوده شد. نمونه‌ها به مدت ۱۶ h در دمای اتاق نگهداری شدند و سپس به مدت ۲ h با ملایمت بر روی هیتر حرارت داده شدند. نمونه‌های خنک شده پس از صاف شدن توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، با آب دوبار تقطیر به حجم ۱۰۰ mL رسانده شد (۳۰، ۳۱). در نهایت پس از ساخت محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک فلزات و کالیبره کردن دستگاه (ICP, Varian, 710-ES, Australia)، غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس در عصاره خاک به ترتیب در طول موج‌های nm ۲۲۰/۳۵، nm ۲۲۶/۵۰ و nm ۲۶۷/۷۲ و nm ۳۲۴/۷۵ در سه تکرار خوانده شد. از طرفی EC نمونه‌ها در عصاره ۱ به ۵ توسط دستگاه هدایت‌سنج Jenway مدل ۴۵۲۰ pH و آنها نیز در گل اشباع با استفاده از pH متر Jenway مدل ۳۵۲۰ قرائت شد (۳۲). در این پژوهش برای تضمین و کنترل کیفیت (Quality Assurance/Quality Control) از خاک استاندارد RTC, SQC-014 خریداری شده از شرکت Sigma-Aldrich استفاده شد. بر این اساس، مقادیر بازیابی بر حسب درصد برای سرب ۹۷-۹۲، برای کادمیوم ۱۰۱-۹۵،

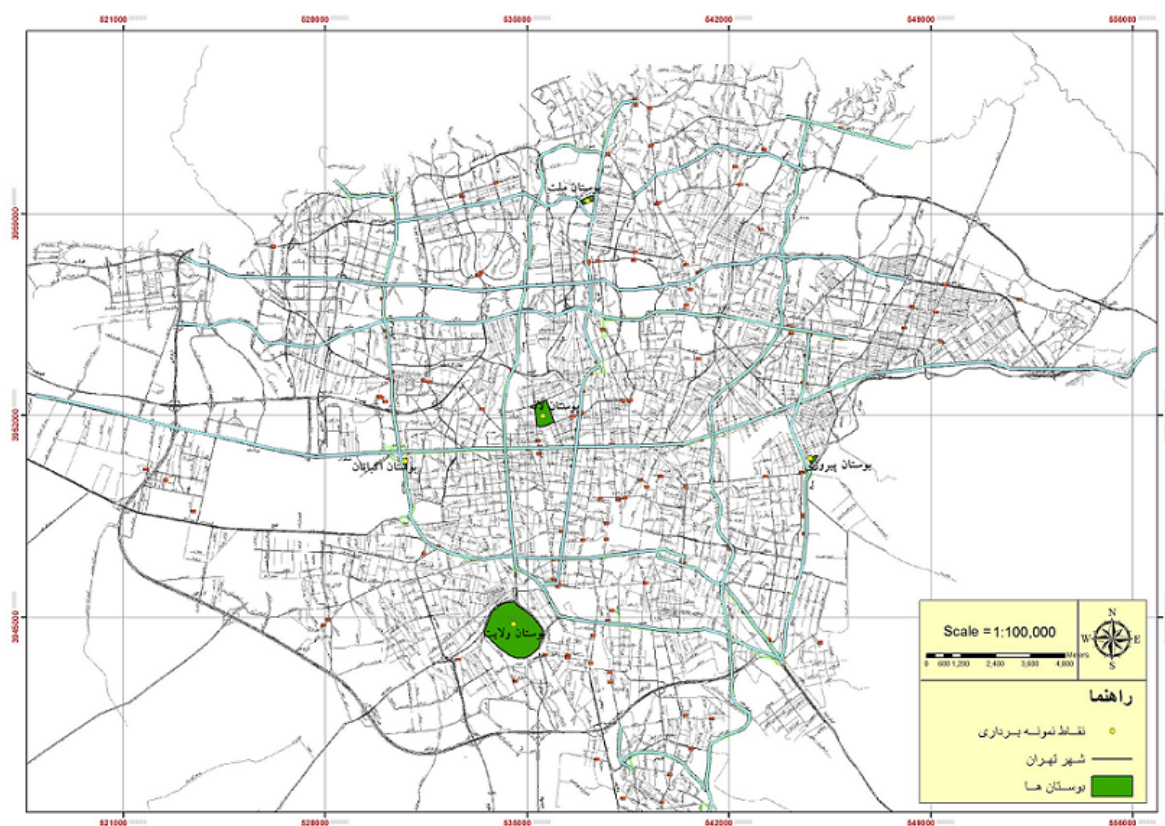
یافته‌ها

محتوی فلزات سنگین و برخی دیگر از پارامترهای شیمیایی نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران و همچنین نتایج محاسبه شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی فلزات سنگین نمونه‌های خاک به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

و مس) (۳۲، ۳۵) و رهنمود اتحادیه اروپا (برابر با ۳، ۳۰۰، ۱۵۰ و ۱۴۰ mg/kg به ترتیب برای سرب، کادمیوم، کروم و مس) (۳۶) استفاده شد. همچنین برای بررسی همبستگی بین پارامترهای pH و EC با میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه‌ها از آزمون ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) استفاده شد.

جدول ۱- برخی مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	مشخصات	موقعیت استقرار در شهر	مساحت (ha)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
بوستان ملت	شمال	۳۴	۳۵,۷۷۸۳۴۳	۵۱,۴۱۰۴۶۵	
بوستان لاله	مرکز	۳۵	۳۵,۷۱۰۵۲۷	۵۱,۳۹۲۸۷۶	
بوستان اکباتان	غرب	۳	۳۵,۷۵۲۱۴۵	۵۱,۳۳۷۲۰۲	
بوستان ولایت	جنوب	۶۰	۳۵,۵۲۲۸۱۲	۵۱,۷۱۲۲۹۰	
بوستان پیروزی	شرق	۳/۷	۳۵,۷۳۳۹۹۶	۵۱,۳۷۴۹۵۵	



شکل ۱- موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول ۲- طبقه‌بندی ارائه شده مخاطره بوم‌شناختی بالقوه و شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی فلزات سنگین در خاک

مخاطره بوم‌شناختی	RI	مخاطره بوم‌شناختی	E_r^i
کم	$RI < 150$	کم	$E_r^i < 40$
متوسط	$150 \leq RI < 300$	متوسط	$40 \leq E_r^i < 80$
زیاد	$300 \leq RI < 600$	قابل توجه	$80 \leq E_r^i < 160$
به‌طور قابل توجه بالا	$RI \geq 600$	زیاد	$160 \leq E_r^i < 320$
-	-	جدی	$E_r^i \geq 320$

جدول ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین، pH و EC در خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران*

انحراف معیار \pm میانگین غلظت					واحد	پارامتر
بوستان پیروزی	بوستان ولایت	بوستان اکباتان	بوستان لاله	بوستان ملت		
$121/50 \pm 1/29^a$	$199/50 \pm 1/29^c$	$131/25 \pm 0/96^b$	$172/0 \pm 1/83^d$	$144/80 \pm 1/89^{c**}$	mg/kg	سرب
$0/26 \pm 0/01^a$	$0/88 \pm 0/05^c$	$0/35 \pm 0/058^b$	$0/65 \pm 0/06^d$	$0/45 \pm 0/06^c$	mg/kg	کادمیوم
$24/0 \pm 0/82^a$	$82/75 \pm 0/50^c$	$43/50 \pm 1/29^b$	$54/0 \pm 1/15^c$	$73/25 \pm 2/12^d$	mg/kg	کروم
$43/0 \pm 0/82^a$	$97/25 \pm 0/96^c$	$54/25 \pm 0/96^b$	$84/50 \pm 1/29^d$	$66/75 \pm 1/26^c$	mg/kg	مس
$6/48 \pm 0/26$	$8/18 \pm 0/1$	$7/03 \pm 0/1$	$8/03 \pm 0/05$	$7/73 \pm 0/10$	-	pH
$1/01 \pm 0/06$	$0/58 \pm 0/013$	$0/95 \pm 0/01$	$0/61 \pm 0/0082$	$0/71 \pm 0/01$	ds/m	EC

* نتایج مربوط به میانگین غلظت سه تکرار است.

** حروف غیر مشترک (a, b, c و ...) در هر ردیف، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) آماری بین نمونه‌های خاک سطحی از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر براساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون چند دامنه‌ای دانکن) است.

جدول ۴- نتایج ارزیابی مخاطره بالقوه فلزات سنگین در نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران

درجه خطر بوم‌شناختی	RI	E_r^i				ایستگاه
		مس	کروم	کادمیوم	سرب	
کم	90/25	7/42	1/63	45/0	36/20	بوستان ملت
کم	118/59	9/39	1/20	65/0	43/0	بوستان لاله
کم	74/81	6/03	0/97	35/0	32/81	بوستان اکباتان
متوسط	150/52	10/80	1/84	88/0	49/88	بوستان ولایت
کم	61/69	4/78	0/53	26/0	30/38	بوستان پیروزی
کم	99/16	7/68	1/23	51/80	38/45	میانگین

۲۰۱، برای کادمیوم برابر با ۰/۲۴ و ۰/۹۰، برای کروم برابر با ۲۳ و ۸۳ و برای مس برابر با ۴۲ و ۹۸ و در همه موارد به‌ترتیب مربوط به بوستان‌های پیروزی و ولایت است.

نتایج قرائت غلظت فلزات در نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران بیانگر آن بود که کمینه و بیشینه غلظت عناصر بر حسب mg/kg برای سرب برابر با ۱۲۰ و

حداکثر غلظت مجاز بود. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک طرفه به منظور گروه بندی آماری میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی بوستان های شهری تهران نشان داد که بین همه بوستان ها از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس اختلاف معنی دار آماری وجود داشت (جدول ۳).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم با ضریب همبستگی (I) برابر با ۰/۹۷۹، سرب و کروم با ضریب همبستگی برابر با ۰/۷۸۴ و سرب و مس با ضریب همبستگی برابر با ۰/۹۸۶ در سطح معنی داری ۰/۰۱ ($P < ۰/۰۱$) همبستگی مثبت (مستقیم) وجود داشت. از طرفی بین میانگین غلظت عناصر کادمیوم و کروم با ضریب همبستگی برابر با ۰/۷۸۸، کادمیوم و مس با ضریب همبستگی برابر با ۰/۹۷۱ و کروم و مس با ضریب همبستگی برابر با ۰/۸۲۳ نیز در سطح معنی داری ۰/۰۱ همبستگی مثبت وجود داشت. این در حالی بود که بین میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس با pH با ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۸۸۱، ۰/۸۷۴، ۰/۸۶۸ و ۰/۹۳۸ همبستگی مثبت وجود داشت. در صورتی که بین میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس با EC با ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۹۰۳، ۰/۸۸۳، ۰/۸۴۴ و ۰/۹۵۰ همبستگی منفی (معکوس) وجود داشت (جدول ۵).

نتایج محاسبه شاخص خطرپذیری بالقوه بوم شناختی فلزات سنگین در نمونه های خاک سطحی بوستان های ملت، لاله، اکباتان، ولایت و پیروزی شهر تهران برای عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس به ترتیب برابر با ۳۸/۴۵، ۵۱/۸۰، ۱/۲۳ و ۷/۶۸ نشان داد مخاطره بوم شناختی عناصر سرب، کروم و مس کم و مخاطره بوم شناختی عنصر کادمیوم متوسط بود. از طرفی با توجه به این که شاخص RI برابر با ۹۹/۱۶ بود، لذا، شاخص خطرپذیری بالقوه بوم شناختی تجمعی فلزات سنگین در نمونه های خاک سطحی بوستان های مورد مطالعه در محدوده کم خطر قرار داشت (جدول ۴).

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده های مربوط به غلظت تجمع یافته فلزات سرب، کادمیوم، کروم و مس در نمونه های خاک سطحی بوستان های شهری تهران از توزیع نرمال برخوردار است.

نتایج آزمون تی تست بیانگر آن بود که با توجه به سطح معنی داری ($P < ۰/۰۵$)، میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه های خاک سطحی بوستان های شهری با رهنمود WHO اختلاف معنی دار آماری دارد. بدین صورت که میانگین غلظت عناصر سرب و مس بیشتر و میانگین غلظت عناصر کادمیوم و کروم کمتر از حداکثر غلظت مجاز بود. از طرفی نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه های خاک با رهنمود اتحادیه اروپا نشان داد که با توجه به سطح معنی داری کوچک تر از ۰/۰۵، میانگین غلظت همه فلزات سنگین کمتر از

جدول ۵- نتایج محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر فلزات سنگین و پارامترهای pH و EC در خاک سطحی بوستان های شهری تهران

EC	pH	Cu	Cr	Cd	Pb	
۱					Pb	
				۱	Cd	
			۱	۰/۷۸۸	۰/۷۸۴	Cr
		۱	۰/۸۲۳	۰/۹۷۱	۰/۹۸۶	Cu
	۱	۰/۹۳۸	۰/۸۶۸	۰/۸۷۴	۰/۸۸۱	pH
۱	-۰/۹۷۷	-۰/۹۵۰	-۰/۸۴۴	-۰/۸۸۳	-۰/۹۰۳	EC

بحث

آلودگی خاک به فلزات سنگین به‌عنوان یکی از مشکلات محیط‌زیستی فراروی بشر، در چند دهه گذشته مورد توجه محققین زیادی قرار گرفته است. فرایندهای هوازدگی مواد مادری و خاک‌سازی و فعالیت‌های انسان بر روی کره زمین، شامل کاربرد کودها و سموم شیمیایی، لجن فاضلاب، معدن‌کاوی، احتراق سوخت‌های فسیلی و از طرفی فرورنشست‌های اتمسفری، باعث شده تا غلظت فلزات سنگین در خاک به‌طور روز افزون افزایش یافته و در نهایت کارکرد خاک در مواردی دچار اختلال شود (۳۷). از این‌رو آلودگی خاک‌های شهری به فلزات سنگین از شایع‌ترین آلودگی‌های محیط‌زیست شهری محسوب می‌شود (۳۸). هرچند خاک‌های شهری و از جمله خاک بوستان‌های شهری برای کشت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، ولی آلودگی آنها به انواع آلاینده‌ها و به‌خصوص فلزات سنگین می‌تواند بر سلامت شهروندان و به‌ویژه کودکان از طریق جذب پوستی، بلع و استنشاق گردوغبار و خاک تاثیر مستقیم داشته باشد. لذا، این موضوع با توجه به روند رو به تزاید شهرنشینی از اهمیتی بسزا برخوردار است (۲۵). نتایج بررسی آلودگی خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران به فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم و مس نشان داد که کمینه و بیشینه میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های خاک بر حسب mg/kg برابر با 0.25 ± 0.52 و 31.83 ± 153.81 به‌ترتیب مربوط به کادمیوم و سرب و برای عنصر سرب بیشتر از رهنمود WHO بود. از طرفی کمینه و بیشینه میانگین غلظت عناصر مربوط به نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های پیروزی و ولایت بود (جدول ۳). مقادیر بیشینه میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک بوستان ولایت واقع در جنوب شهر تهران را می‌توان با حجم بالای ترافیک و تردد وسایل نقلیه موتوری به‌ویژه وسایل حمل و نقل سنگین در جنوب تهران، تعدد تردد وسایل نقلیه فرسوده و مستهلک، و توسعه کمتر بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها در مقایسه با سایر مناطق شهر که منجر به فرسودگی بیشتر قطعات خودرو به‌ویژه لاستیک، لنت و قطعات حاوی رنگ می‌شود، مرتبط دانست. نتایج مطالعه Vince و همکاران

(۲۰۱۴) نشان داد که میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های شهری در اوکراین به‌ترتیب برابر با $14/40 \pm 29/80$ ، $0/80 \pm 0/56$ ، $22/20 \pm 9/40$ و $12/20 \pm 33/10$ mg/kg و برای عناصر سرب و مس بیشتر از رهنمود WHO بود (۳۹). Hursthouse و همکاران (۲۰۰۴) میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کروم و مس در خاک سطحی بوستان‌های شهری گلاسکو، تورینو و سویا را به‌ترتیب برابر با $356, 7051$ ، 698 mg/kg و برای همه عناصر بیشتر از رهنمود WHO گزارش کردند (۴۰). نتایج مربوط به برخی از پژوهش‌های مشابه در جدول ۶ ارائه شده است.

نتایج محاسبه شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های شهر تهران نشان داد که کمینه و بیشینه مقادیر شاخص با $61/69$ و $150/52$ مربوط به بوستان‌های پیروزی و ولایت به‌ترتیب واقع در شرق و جنوب تهران بود (جدول ۴). از طرفی هرچند میانگین مقادیر مخاطره بوم‌شناختی بالقوه عنصر کادمیوم با $51/80$ و همچنین مقادیر تجمعی شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی همه فلزات سنگین در نمونه‌های خاک سطحی بوستان ولایت با $150/52$ از درجه خطر بوم‌شناختی متوسط برخوردار بودند، ولی میزان تجمعی فلزات سنگین خاک با $RI = 99/16$ در محدوده کم خطر قرار داشت (جدول ۴). از دیگر سو نتایج محاسبه شاخص RI بیانگر آن بود که عناصر کروم و کادمیوم با $1/24$ و $52/24$ درصد به‌ترتیب کمترین و بیشترین سهم را در ایجاد مخاطره بوم‌شناختی داشته‌اند. از این‌رو توجه به منابع انتشار فلز کادمیوم از قبیل نرخ بالای احتراق سوخت‌های فسیلی ناشی از تردد وسایل نقلیه موتوری و ترافیک شهری، استهلاک لنت ترمز وسایل نقلیه، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای فسفاته، کاربرد لجن فاضلاب و کودهای آلی همچون کمپوست، آبیاری با فاضلاب و احتمالاً ساختار زمین‌شناختی (۱۶، ۱۷) و کنترل آنها باید بیشتر از سایر عناصر مورد مطالعه، مورد توجه قرار گیرد. البته نباید از نقش عنصر سرب با $38/77$

جدول ۶- مقایسه غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی بوستان‌های شهری نقاط مختلف دنیا

منابع	عنصر (mg/kg)				محل مطالعه
	مس	کروم	کادمیوم	سرب	
(۲۵)	-	-	۰/۱۸	۲۰/۷۲	ایران (اسدآباد)
(۴۱)	-	-	-	۷/۳۸	ایران (خرم آباد)
(۴۲)	۲۴/۹۰	۷۸/۷۰	۰/۱۰	۲۲/۱۰	ایران (سمنان)
(۴۳)	۲۸/۵۰	۴۲/۱۰	-	۲۹/۳۰	چین (پکن)
(۴۴)	۲۰/۰	۲۱/۰	۰/۱۸	۳۶/۰	نیوزلند (اوکلند)
(۲۶)	۴۴/۵۰	۱۰۳/۰	-	-	صربستان (بلگراد)
(۴۵)	-	-	-	۱/۵۰	برزیل (ترسینا)
(۲۷)	۴۴/۵۷	۷۷/۰۱	۰/۴۰	۵۵/۰۶	چین (شانگهای)
(۱۰)	۶/۳۷	۲۱/۸۰	۰/۳۵	۳۹/۶۰	هنگ کنگ
(۴۶)	۲۸/۹۰	۱۹۶/۲۰	-	۱۵۹/۶۰	چین (گوانگژو)
(۳۸)	۷۱/۲۰	-	-	۶۶/۲۰	چین (پکن)
پژوهش حاضر	۶۹/۱۵	۵۵/۵۰	۰/۵۲	۱۵۳/۸۱	ایران (تهران)

درصد و منابع تولید این عنصر به‌ویژه احتراق سوخت‌های فسیلی و باقیمانده این عنصر در مخازن سوخت و باک خودروها در ایجاد خطرپذیری بوم‌شناختی چشم‌پوشی کرد. Solgi و همکاران نیز با ارزیابی خطرآفرینی بوم‌شناختی عناصر سرب و کادمیوم در خاک بوستان‌های شهری و جنگلی اسدآباد نتیجه گرفتند هرچند عنصر کادمیوم با ۷۷/۳۸ درصد، بیشترین سهم را در ایجاد مخاطره بوم‌شناختی در مقایسه با فلز سرب داشته است، ولی میزان تجمع فلزات سنگین خاک با $RI = ۳۷$ خطر بوم‌شناختی قابل توجهی نداشته است (۲۵). Curran- Cournane و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی آلودگی خاک فضاهای سبز شهری اوکلند نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص آلودگی (Pollution Index) فلزات سنگین سرب و کروم به ترتیب با مقادیر ۲/۳ و ۲/۴ در طبقه متوسط و عناصر مس و کادمیوم به ترتیب با مقادیر ۳/۶ و ۴/۸ در طبقه بالا قرار داشت. از این رو کادمیوم به‌عنوان عنصری که بیشترین سهم را در ایجاد مخاطره بوم‌شناختی در خاک سطحی بوستان‌های

شهری داشته است، معرفی شد (۴۴). از طرفی در مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک سطحی بوستان‌های شهری پکن انجام یافت، میانگین مقادیر شاخص آلودگی فلزات سرب و مس به ترتیب با مقادیر ۲/۶۹ و ۳/۸۱ در طبقه متوسط و بالا تعیین شد (۳۸). pH از جمله مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک است، که می‌تواند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، دسترس‌پذیری مواد مغذی، فعالیت میکروبی و ساختار فیزیکی خاک را تحت تاثیر قرار دهد. در این راستا، تغییر در مقادیر pH خاک می‌تواند از طریق کنترل انتقال فلزات بین فازهای مختلف خاک، بر تحرک فلزات تاثیرگذار باشد (۲۵). در این راستا، نتایج بررسی همبستگی بین میانگین مقادیر pH با میانگین محتوی فلزات سنگین در نمونه‌های خاک در سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۱ نشان داد که میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس با pH دارای ضریب همبستگی مثبت است (جدول ۵).

درصد و منابع تولید این عنصر به‌ویژه احتراق سوخت‌های فسیلی و باقیمانده این عنصر در مخازن سوخت و باک خودروها در ایجاد خطرپذیری بوم‌شناختی چشم‌پوشی کرد. Solgi و همکاران نیز با ارزیابی خطرآفرینی بوم‌شناختی عناصر سرب و کادمیوم در خاک بوستان‌های شهری و جنگلی اسدآباد نتیجه گرفتند هرچند عنصر کادمیوم با ۷۷/۳۸ درصد، بیشترین سهم را در ایجاد مخاطره بوم‌شناختی در مقایسه با فلز سرب داشته است، ولی میزان تجمع فلزات سنگین خاک با $RI = ۳۷$ خطر بوم‌شناختی قابل توجهی نداشته است (۲۵). Curran- Cournane و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی آلودگی خاک فضاهای سبز شهری اوکلند نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص آلودگی (Pollution Index) فلزات سنگین سرب و کروم به ترتیب با مقادیر ۲/۳ و ۲/۴ در طبقه متوسط و عناصر مس و کادمیوم به ترتیب با مقادیر ۳/۶ و ۴/۸ در طبقه بالا قرار داشت. از این رو کادمیوم به‌عنوان عنصری که بیشترین سهم را در ایجاد مخاطره بوم‌شناختی در خاک سطحی بوستان‌های

نتیجه‌گیری

هرچند با استناد به نتایج پژوهش حاضر، میزان تجمع فلزات سنگین خاک با $RI = 99/16$ در محدوده کم خطر قرار داشت، ولی از آنجا که میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و مس در نمونه‌های خاک سطحی مورد مطالعه از رهنمود WHO بیشتر بود، لذا، با توجه به اهمیت موضوع، نسبت به کنترل منابع ورود آلودگی به محیط، پایش دوره‌ای منابع خاک سطحی به‌ویژه در بوستان‌های شهری که شهروندان بخش عمده‌ای از اوقات فراغت خود را در این محل‌ها سپری می‌کنند، خودداری از احداث بوستان‌های شهری در حاشیه جاده‌های مواصلاتی به‌خصوص محل‌های پرتراфик و از طرفی

مطالعه سایر بوستان‌های شهری، بررسی محتوی سایر فلزات سنگین در خاک و همچنین اجرای مطالعه در طی هر یک از فصول سال که با توجه به محدودیت زمانی و منابع مالی در این پژوهش امکان بررسی آن میسر نبود، برای حفظ سلامت شهروندان توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با عنوان "بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک سطحی پارک‌های شهری تهران" با کد ۱۷۱۵۰۵۰۸۹۴۲۰۳۳ است.

منابع

- Wong SC, Li XD, Zhang G, Qi SH, MinYS. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Environmental Pollution*. 2002;119(1):33-44.
- Doumett S, Lamperi L, Checchini L, Azzarello E, Mugnai S, Mancuso S, et al. Heavy metal distribution between contaminated soil and *Paulownia tomentosa*, in a pilot-scale assisted phytoremediation study: Influence of different complexing agents. *Chemosphere*. 2008;72(10):1481-90.
- Muchuweti M, Birkett JW, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester JN. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006;112(1):41-8.
- Yalcin MG, Battaloglu R, Ilhan S. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. *Environmental Geology*. 2007;53:399-415.
- Morton-Bermea O, Hernández-Álvarez E, González-Hernández G, Romero F, Lozano R, Beramendi-Orosco LE. Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitan area of Mexico City. *Journal of Geochemical Exploration*. 2009;101(3):218-24.
- Saeedi M, Hosseinzadeh M, Jamshidi A, Pajooeshfar SP. Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009;151(1-4):231-41.
- Gardea-Torresday JL, Peralta-Videa JR, de la Rosa G, Parsons JG. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews*. 2005;249(17-18):1797-810.
- Rezaei Raja O, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Heavy metals health risk assessment via consumption of citrus in Hamedan City, potential risk of Al and Cu. *Environmental Health Engineering Management Journal*. 2016;3(3):131-35.
- Hall JL. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 2002;53(366):1-11.
- Lee CSL, Li X, Shi W, Cheung SCN, Thornton I. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS

- and multivariate statistics. *Science of the Total Environment*. 2006;356(1-3):45-61.
11. Cui YJ, Zhu YG, Zhai RH, Chen DY, Huang YZ, Qiu Y, et al. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*. 2004;30(6):785-91.
 12. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metals toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. 2012;101:133-64.
 13. Sobhanardakani S, Talebani S, Maanijou M. Evaluation of As, Zn, Pb and Cu concentrations in groundwater resources of Toyserkan Plain and preparing the zoning map using GIS. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014a;24(114):120-29 (in Persian).
 14. Karimi M, Tayebi L, Sobhanardakani S. Pb and Cd in medicinal plants (Case study: Shirazi thyme, sweet violet, pennyroyal and jujube). *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences*. 2016;20(3):111-16 (in Persian).
 15. Johansson C, Norman M, Burman L. Road traffic emission factors for heavy metals. *Atmospheric Environment*. 2009;43(31):4681-8.
 16. McKenzie ER, Money JE, Green PG, Young TM. Metals associated with stormwater-relevant brake and tire samples. *Science of the Total Environment*. 2009;407(22):5855-60.
 17. Farzan M, Sobhanardakani S. Analysis of Fe, Pb, and Cd content of surface runoff in regions with high traffic intensity in Hamedan, Iran, in 2014. *Journal of Health System Research*. 2016;12(2):208-13 (in Persian).
 18. Sobhanardakani S, Jamali M, Maanijou M. Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan Plain and preparing the zoning map using GIS. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2014b;16(2):25-38 (in Persian).
 19. Sobhanardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in groundwater resources of Razan Plain. *Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences*. 2015; 21(4):319-29 (in Persian).
 20. Yang XE, Long XX, Ni WZ, Ye ZQ, He ZL, Stoffella PJ, et al. Assessing copper thresholds for phytotoxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 37(6):625-35.
 21. Bakirdere S, Yaman M. Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in Elazig, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2008;136(1-3):401-10.
 22. Sobhanardakani S, Tizhosh M. Determination of Zn, Pb, Cd and Cu contents in raw milk from Khorram-Abad dairies. *Journal of Food Hygiene*. 2016;6(2):43-50 (in Persian).
 23. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control- A sedimentological approach. *Water Research*. 1980;14(8):975-1001.
 24. Soliman NF, Nasr SM, Okbah MA. Potential ecological risk of heavy metals in sediments from the Mediterranean coast, Egypt. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2015;13:70.
 25. Solgi E, Yarahmadi F. Ecological risk assessment of cadmium and lead in urban and forest park soils in Asadabad City, Iran. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*. 2015;13(2):79-94 (in Persian).
 26. Kuzmanoski MM, Todorović MN, Aničić Urošević MP, Rajšić SF. Heavy metal content of soil in urban parks of Belgrade. *Hemijaska Industrija*. 2014;68(5):643-51.
 27. Shi GT, Chen ZL, Xu SY, Wang L, Zhang J, Li HW, et al. Characteristics of heavy metal pollution in soil and dust of urban parks in Shanghai. *Chinese Journal of Environmental Science*. 2007;28(2):238-42.
 28. Amir Fakhrian M, Khakpour B, Danaei M, Ta-

- vangar M. The study and analysis of social implications of urban parks on the basis of locational conditions and general situation of the region (The case study of zones 1 and 2 of Mashhad municipality). *Geographic Space*. 2013;40:190-211 (In Persian).
29. Yargholi B, Azimi AA, Baghvand A, Abasi F, Lyaghat A, Asadollah Fardi G. Investigation of Cd adsorption and accumulation from contaminated soil in different parts of root crops. *Journal of Water and Wastewater*. 2010;20(4):60-70 (in Persian).
30. Krishna AK, Govil PK. Soil contamination due to heavy metals from an industrial area of Surat, Gujarat, Western India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2007;124(1-3):263-75.
31. Davashi L, Azimzadeh HR, Dadfarnia S, Daniali SR. An investigation on soil lead pollution due to vehicle traffic in Ghamishlu Refuge. *Journal of Environmental Studies*. 2013;39(3):49-57 (In Persian).
32. Kelepertsis A, Alexakis D, Kita I. Environmental geochemistry of soils and waters of Susaki Area, Korinthos, Greece. *Environmental Geochemistry and Health*. 2001;23(2):117-35.
33. Xu ZQ, Ni SJ, Tuo XG. Calculation of heavy metals toxicity coefficient in the evaluation of potential ecological risk index. *Environmental Science & Technology*. 2008;31:112-15.
34. Uluturhan E, Kontas A, Can E. Sediments concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*. 2011;62:1989-97.
35. Dantu S. Geochemical patterns in soils in and around Siddipet, Medak District, Andhra Pradesh, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2010;170(1-4):681-701.
36. Maleki A, Amini H, Nazmara S, Zandi S, Mahvi AH. Spatial distribution of heavy metals in soil, water, and vegetables of farms in Sanandaj, Kurdistan, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014;12:136.
37. Azimzadeh B, Khademi H. Estimation of background concentration of selected heavy metals for pollution assessment of surface soils of Mazandaran Province, Iran. *Journal of Water and Soil*. 2013;27(3):548-59 (in Persian).
38. Chen TB, Zheng YM, Lei M, Huang ZC, Wu HT, Chen H, et al. Assessment of heavy metals pollution in surface soils of urban parks in Beijing China. *Chemosphere*. 2005;60:542-51.
39. Vince T, Szabó G, Csoma Z, Sándor G, Szabó S. The spatial distribution pattern of heavy metal concentrations in urban soils - a study of anthropogenic effects in Berehove, Ukraine. *Central European Journal of Geosciences*. 2014;6(3):330-43.
40. Hursthouse A, Tognarelli D, Tucker P, Marsan FA, Martini C, Madrid L, et al. Metal content of surface soils in parks and allotments from three European cities: initial pilot study results. *Land Contamination & Reclamation*. 2004;12(3):189-96.
41. Solgi E, Konani R. Assessment of lead contamination in soils of urban parks of Khorramabad, Iran. *Health Scope*. 2016;5(4):e36056.
42. Mirzaei R, Teymourzade S, Sakizadeh M, Ghorbani H. Comparative study of heavy metals concentration in topsoil of urban green space and agricultural land uses. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015;187:741.
43. Lyu1 S, Chen W. Soil quality assessment of urban green space under long-term reclaimed water irrigation. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016;23(5):4639-49.
44. Curran-Cournane F, Lear G, Schwendenmann L, Khin J. Heavy metal soil pollution is influenced by the location of green spaces within urban settings. *Soil Research*. 2015;53:306-15.
45. de Moura MCS, Moita GC, Neto JMM. Analysis and assessment of heavy metals in urban surface soils of Teresina, Piauí State, Brazil: a study based on multivariate analysis. *Comunicata Scientiae*.

2010;1(2):120-27.

46. Dong-sheng G, Peart MR. Heavy metal concentrations in plants and soils at roadside locations and parks of urban Guangzhou. *Journal of Environmental Sciences*. 2006;18(3):495-502.



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

Original Article



Ecological risk of heavy metals in surface soils of urban parks

B Mohammad Moradi, S Sobhanardakani*, M Cheraghi

Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 15 November 2017

Revised: 6 February 2018

Accepted: 12 February 2018

Published: 7 March 2018

Key words: Heavy metals, Ecological risk, Surface soil, Urban parks, Tehran

***Corresponding Author:**

s_sobhan@iauh.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Heavy metals are the most frequent pollutants of urban soils. In general, human health and especially children are directly at risk if the soil is being accidentally ingested orally or nasally. Therefore, this study was conducted to assess potential ecological risk index (RI) of Pb, Cd, Cr and Cu in surface soils of urban parks in Tehran City in 2016.

Materials and Methods: A total of 60 surface soil samples were collected from Mellat, Laleh, Velayat, Ekbatan and Pirouzi parks. The heavy metals contents in samples were determined using ICP-OES after acid digestion of soil samples. Also, RI of heavy metals was determined. All statistical analyses were performed according to the Shapiro-Wilk test, One-Way ANOVA, One Sample T-Test and Pearson Correlation Coefficient.

Results: The lowest and highest contents of the metals (mg/kg) with an average of 0.52 ± 0.25 and 153.81 ± 31.83 were related to Cd and Pb, respectively. Pb and Cu were higher than MPL. Also, the highest surface soil contamination was related to Velayat Park located at the south of Tehran. The value of RI was 99.16 and therefore the soil contamination was categorized in low ecological risk.

Conclusion: Although the value of RI categorized as low ecological risk, due to mean concentrations of Pb and Cu were higher than MPL, control of soil-contamination sources, periodic monitoring of surface soil in the urban parks where citizens spend most of their free time. Additionally, it should be avoided to construct urban parks close to the regions with high traffic intensity.