مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۴۲۹ تا ۴۴۲

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

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۴
تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۳
تاریخ انتشار: ۹۶/۱۲/۱۶

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

**پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
s_sobhan@iauh.ac.ir

## چکیده

**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.

**روش بررسی:** ۶۰ نمونه خاک از بوستان‌های ملت، لاله، ولایت، اکباتان و پیروزی جمع آوری گردید، محتوی عناصر سنگین نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و هضم اسیدی در آزمایشگاه، به‌روش طیف‌سنجی پلاسمای 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.

**یافته‌ها:** کمینه و بیشینه میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های خاک برابر با ۰/۲۵ و ۰/۵۲ mg/kg و ۳۱/۸۳±۱۵۳/۸۱ به‌ترتیب 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.

*Please cite this article as: Mohammad Moradi B, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Ecological risk of heavy metals in surface soils of urban parks. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;10(4):429-42.*

[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

## 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 به‌دلیل خصوصیات بالای آلایندگی در خاک شدیدا مورد توجه قرار گرفته‌اند. تغییرات مکانی محتوی فلزات سنگین در خاک سطحی ممکن است تحت تاثیر مواد مادری خاک و منابع انسانی باشد. به‌عبارت 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 (۶-۳).

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 تقریبا 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 به‌دلیل 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 به‌دلیل 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 $\mu g/L$ ۴۰۰ سرب در خون کودکان و اطفال باعث رشد ضعیف سلول‌های خاکستری مغز و در نتیجه کاهش بهره هوشی 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



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

افزایش فشـار خون می‌شود. همچنین کادمیوم در جفت تجمع یافتـه 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 سـوزش و خارش در مخاط گوارشـی بروز کرده و در شرایط حاد موجب نکروز کبدی، التهاب کلیه، خونریزی داخلی، مشکلات تنفسـی، سرطان دسـتگاه گوارش و در نهایت مرگ می‌شـود (۱۸). ترکیبات مس کاربرد گسـترده‌ای در کشاورزی دارنـد. به‌عنوان مثال نمک‌های مس بـه خاک‌هایی که کمبود مس دارند، اضافه می‌شود و یا سولفات مس بخاطر خاصیت ضد قارچـی و ضد باکتریایی خود برای جلوگیری از فسـاد ذخایر و کنترل بیماری‌های جانوری استفاده می‌شود (۱۹). بیش از ۹۰ درصد انتشار فلز مس ناشی از ترافیک جاده‌ای و به‌علت سیستم ترمز فرسـوده، نشـر از اگزوز خودروها و تخریب یا فرسـایش آلیاژها، لوله‌ها، سـیم‌ها و تایرها در وسـایل 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 می‌شـود، اما ممکن است در غلظت‌های بیشتر از حد مجاز برای انسـان و حیوان سمی باشد و منجر به بروز بیماری ویلسون و ناراحتی‌های کبدی شود (۲۱، ۲۲).

ارزیابی خطـر بالقوه آلودگی فلزات سـنگین 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. شـاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شـناختی (Potential Ecological Risk Index) که توسط Hakanson براسـاس 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 شـاخص مخاطره بوم‌شـناختی فلـزات سـنگین در رسـوبات و از طرفـی خاک سـطحی بوستان‌های شـهری در ایران و سایر کشـورها انجام یافته اسـت، می‌توان به مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی شـاخص مخاطره بوم‌شـناختی برخی فلزات سنگین در رسوبات سواحل مدیترانه‌ای کشـور مصر انجام یافت و طی آن مشخص شد که مخاطره بوم‌شـناختی عناصر بـا ۲۱/۵۲، ۳/۰۱، ۱/۸۴ و ۰/۹۱ به‌ترتیـب مربوط به عناصر کادمیوم، سـرب، 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 بوسـتان‌های شهری و جنگلی شهر اسدآباد مشـخص شـد که اثر تجمعی عناصـر مورد مطالعـه مخاطره بوم‌شناختی قابل ملاحظه‌ای را منجر نمی‌شود (۲۵)، اشاره کرد. امروزه در ادبیات علمی برنامه‌ریزی شهری، بوستان‌های شهری دارای کارکردهای گوناگون اجتماعی، اقتصادی و بوم‌شـناختی هسـتند (۲۶، ۲۷). در ایـن بین، کارکردهـای اجتماعی نظیر گذران اوقات فراغت، افزایش شـکل‌گیری نهادهای مشارکتی، تعامل و همکاری و ارتقای بهداشـت روانی و جسـمی به‌دلیل ارتباط مسـتقیم آن با شهروندان اهمیت ویژه‌ای دارد (۲۸). در حال حاضر در شـهر تهران در مجموع بیشتر از ۱۰۰۰ بوستان شـهری و جنگلی وجود دارد. از این‌رو با توجه به این‌که قشـر وسیعی از شهروندان در فصول معتدل و گرم سال بخش عمده‌ای از اوقات فراغت خود را در بوسـتان‌های شهری سپری می‌کنند و احتمال ورود فلزات سـنگین تجمع یافته در خاک به بدن از طریق بلع به‌ویژه توسـط کودکان دور از انتظار نیست، لذا، این مطالعه با هدف بررسـی 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 شـهر تهران (ملت، لاله، ولایت، اکباتان و پیروزی) با تعداد بالای مراجعه‌کننده، نسبت به نمونه‌برداری از خاک سطحی اقدام شـد. بدین منظور از جهت‌های جغرافیایی



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

شـمال، شرق، جنوب و غرب هر بوستان با رعایت فاصله ۲۵ m از حاشیه خیابان توسط بیلچه باغبانی چهار نمونه خاک سطحی از عمق ۲۵-۰ cm در سه تکرار برداشت شد (تعداد کل نمونه‌ها ۶۰ عدد بـود.). همچنیـن مختصات جغرافیایی ایسـتگاه‌های نمونه‌برداری توسـط دستگاه GPS ثبت شد. برخی مشخصات از جملـه موقعیـت جغرافیایی بوسـتان‌های مـورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. از طرفی نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شـکل ۱ ارائه شده است. نمونه‌ها پس از انتقال به کیسـه‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار در اسـرع 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 شـدن دانه‌بندی، ذرات خاک به‌ترتیب از الک ۲ mm و سپس ۶۳ µm عبور داده شـد (۲۹). برای هضم نمونه‌ها به منظور قرائت محتوی فلزات، پـس از توزین ۳ g از نمونه و انتقال آنها به ظروف شیشـه‌ای، به هر نمونه ۲۱ mL اسـیدکلریدریک و ۷ mL اسید نیتریک افزوده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۱۶ h در دمای اتاق نگهداری شدند و سپس به‌مدت ۲ h با ملایمت بر روی هیتر حرارت داده شدند. نمونه‌های خنک شـده پس از صاف شـدن توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، با آب دوبار تقطیر به حجم ۱۰۰ mL رسـانده شد (۳۰، ۳۱). در نهایت پس از سـاخت محلول مادر (اسـتوک) و استاندارد نمک فلزات و کالیبره کردن دستگاه ICP (Varian, 710-ES, Australia)، غلظـت عناصـر سـرب، کادمیـوم، کـروم و مس در عصاره خـاک به‌ترتیب در طول موج‌های ۲۲۰/۳۵ nm، ۲۲۶/۵۰ nm، ۲۶۷/۷۲ nm و ۳۲۴/۷۵ nm در سـه تکرار خوانده شـد. از طرفی EC نمونه‌هـا در عصاره ۱ به ۵ توسط دسـتگاه هدایت‌سـنج Jenway مدل ۴۵۲۰ و pH آنها نیز در گل اشـباع با اسـتفاده از pH متر Jenway مدل ۳۵۲۰ قرائت شـد (۳۲). در این پژوهش برای تضمین و کنترل کیفیـت (Quality Assurance/Quality Control) از خاک استاندارد RTC, SQC-014 خریداری شده از شرکت Sigma-Aldrich استفاده شد. بر این اساس، مقادیر بازیابی بر حسـب درصد برای سرب ۹۷-۹۲، برای کادمیوم ۱۰۱-۹۵، برای کروم ۹۹-۹۶ و برای مس ۱۹۴-۹۸ حاصل شد.

ضریب مخاطره بوم‌شـناختی بالقوه ($E_r^i$) هر عنصر و از طرفی شـاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی فلزات سنگین در خاک (RI) با اسـتفاده از معادلات ۱ تا ۳ محاسـبه شـدند (۲۴، ۳۳، ۳۴).

$$C_f^i = \frac{C_s^i}{C_n^i} \quad (۱)$$

$$E_r^i = Ti \,.\, C_f^i \quad (۲)$$

$$RI = \sum_{i=1}^{n} E_r^i \quad (۳)$$

در معادله ۱:

$C_f^i$، $C_s^i$ و $C_n^i$ به‌ترتیب بیانگر ضریب آلودگی هر عنصر، غلظت فلز سنگین در نمونه خاک و غلظت زمینه فلز سنگین در نمونه خاک براسـاس میانگین غلظـت عنصر در شـیل (برابر با ۲۰، ۰/۳۰، ۹۰ و ۴۵ mg/kg به‌ترتیب برای عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس) با استناد به نتایج مطالعه‌های مشابه است (۲۴).

در معادله ۲:

$T_r^i$ بیانگر فاکتور پاسخ سمیت هر عنصر (۵، ۳۰، ۲ و ۵ به‌ترتیب برای عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس) است (۲۳، ۳۳).

مطابق الگوی Hakanson، طبقه‌بندی ارائه شـده برای $E_r$ و RI به‌شرح جدول ۲ است (۲۳).

پردازش آماری داده‌ها توسـط نسـخه SPSS.20 در سـطح معنـی‌داری ۰/۰۵ انجـام یافـت. از آزمـون شـاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk test) برای بررسـی نرمـال بودن داده‌ها، از آزمون‌هـای تحلیـل واریانـس یک‌طرفـه (One-Way ANOVA) و تـی تسـت (One Sample T-Test) نیـز به‌ترتیب برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین خاک بین بوستان‌های شـهری مورد مطالعه و همچنین مقایسه میانگین غلظت فلزات سـنگین خاک بـا رهنمـود WHO (برابر با ۵، ۱، ۱۰۰ و ۴ mg/kg به‌ترتیـب بـرای سـرب، کادمیوم، کروم



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

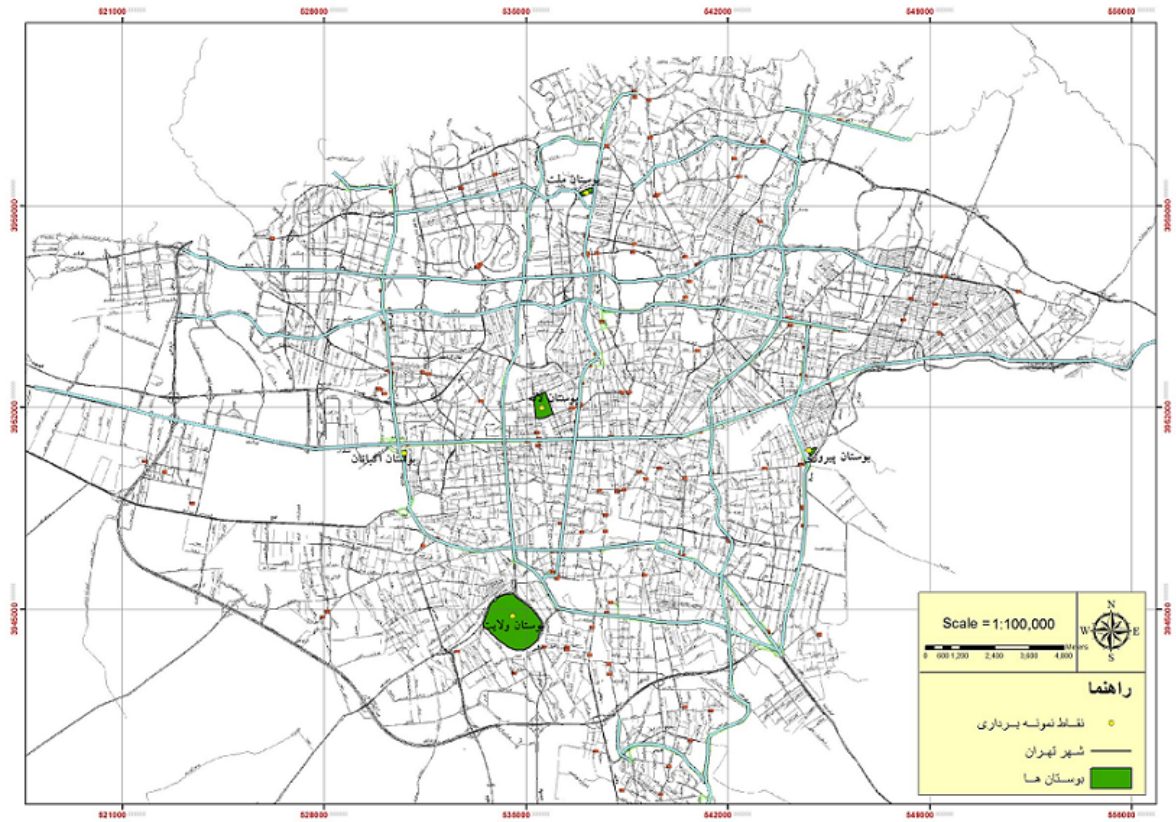
و مـس) (۳۲، ۳۵) و رهنمـود اتحادیه اروپـا (برابر با ۳۰۰، ۳، ۱۵۰ و ۱۴۰ mg/kg به‌ترتیـب برای سـرب، کادمیوم، کروم و مس) (۳۶) استفاده شد. همچنین برای بررسی همبستگی بین پارامترهـای pH و EC با میانگیـن غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه‌ها از آزمون ضریب همبسـتگی پیرسـون (Pearson Correlation Coefficient) استفاده شد.

## یافته‌ها

محتوی فلزات سـنگین و برخی دیگر از پارامترهای شـیمیایی نمونه‌های خاک سـطحی بوستان‌های شهری تهران و همچنین نتایج محاسـبه شـاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی فلزات سـنگین نمونه‌های خاک به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شـده است.

**جدول ۱- برخی مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری**

| مشخصات / ایستگاه | 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**



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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

| $E^i_r$ | مخاطره بوم‌شناختی | RI | مخاطره بوم‌شناختی |
|---|---|---|---|
| $E^i_r < ۴۰$ | کم | RI <۱۵۰ | کم |
| $۴۰ \leq E^i_r < ۸۰$ | متوسط | $۱۵۰ \leq RI < ۳۰۰$ | متوسط |
| $۸۰ \leq E^i_r < ۱۶۰$ | قابل توجه | $۳۰۰ \leq RI < ۶۰۰$ | زیاد |
| $۱۶۰ \leq E^i_r < ۳۲۰$ | زیاد | $RI \geq ۶۰۰$ | به‌طور قابل توجه بالا |
| $E^i_r \geq ۳۲۰$ | جدی | - | - |

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

| پارامتر | واحد | انحراف معیار± میانگین غلظت | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بوستان ملت | بوستان لاله | بوستان اکباتان | بوستان ولایت | بوستان پیروزی |
| سرب | mg/kg | ۱۴۴/۸۰ ± ۱/۸۹$^{c**}$ | ۱۷۲/۰ ± ۱/۸۳$^{d}$ | ۱۳۱/۲۵ ± ۰/۹۶$^{b}$ | ۱۹۹/۵۰ ± ۱/۲۹$^{e}$ | ۱۲۱/۵۰ ± ۱/۲۹$^{a}$ |
| کادمیوم | mg/kg | ۰/۴۵ ± ۰/۰۶$^{c}$ | ۰/۶۵ ± ۰/۰۶$^{d}$ | ۰/۳۵ ± ۰/۰۵۸$^{b}$ | ۰/۸۸ ± ۰/۰۵$^{e}$ | ۰/۲۶ ± ۰/۰۱$^{a}$ |
| کروم | mg/kg | ۷۳/۲۵ ± ۲/۱۲$^{d}$ | ۵۴/۰ ± ۱/۱۵$^{c}$ | ۴۳/۵۰ ± ۱/۲۹$^{b}$ | ۸۲/۷۵ ± ۰/۵۰$^{e}$ | ۲۴/۰ ± ۰/۸۲$^{a}$ |
| مس | mg/kg | ۶۶/۷۵ ± ۱/۲۶$^{c}$ | ۸۴/۵۰ ± ۱/۲۹$^{d}$ | ۵۴/۲۵ ± ۰/۹۶$^{b}$ | ۹۷/۲۵ ± ۰/۹۶$^{e}$ | ۴۳/۰ ± ۰/۸۲$^{a}$ |
| pH | - | ۷/۷۳ ± ۰/۱۰ | ۸/۰۳ ± ۰/۰۵ | ۷/۰۳ ± ۰/۱ | ۸/۱۸ ± ۰/۱ | ۶/۴۸ ± ۰/۲۶ |
| EC | ds/m | ۰/۷۱ ± ۰/۰۱ | ۰/۶۱ ± ۰/۰۰۸۲ | ۰/۹۵ ± ۰/۰۱ | ۰/۵۸ ± ۰/۰۱۳ | ۱/۰۱ ± ۰/۰۶ |

* نتایج مربوط به میانگین غلظت سه تکرار است.

** حروف غیر مشترک (a، b، c و ...) در هر ردیف، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) 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**

| ایستگاه | $E^i_r$ | | | | RI | درجه خطر بوم‌شناختی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | سرب | کادمیوم | کروم | مس | | |
| بوستان ملت | ۳۶/۲۰ | ۴۵/۰ | ۱/۶۳ | ۷/۴۲ | ۹۰/۲۵ | کم |
| بوستان لاله | ۴۳/۰ | ۶۵/۰ | ۱/۲۰ | ۹/۳۹ | ۱۱۸/۵۹ | کم |
| بوستان اکباتان | ۳۲/۸۱ | ۳۵/۰ | ۰/۹۷ | ۶/۰۳ | ۷۴/۸۱ | کم |
| بوستان ولایت | ۴۹/۸۸ | ۸۸/۰ | ۱/۸۴ | ۱۰/۸۰ | ۱۵۰/۵۲ | متوسط |
| بوستان پیروزی | ۳۰/۳۸ | ۲۶/۰ | ۰/۵۳ | ۴/۷۸ | ۶۱/۶۹ | کم |
| میانگین | ۳۸/۴۵ | ۵۱/۸۰ | ۱/۲۳ | ۷/۶۸ | ۹۹/۱۶ | کم |

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 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.



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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

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

نتایج آزمون تی تست بیانگر آن بود که با توجه به سطح معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک سطحی بوستان‌های شهری با رهنمود WHO اختلاف معنی‌دار آماری دارد. بدین صورت‌که 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 نمونه‌های خاک با رهنمود اتحادیه اروپا نشان داد که با توجه به سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰/۰۵، میانگین غلظت همه فلزات سنگین کمتر از حداکثر غلظت مجاز بود.

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه به‌منظور گروه‌بندی آماری میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی بوستان‌های شهری تهران نشان داد که بین همه بوستان‌ها از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت (جدول ۳).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم با ضریب همبستگی (r) 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 معنی‌داری 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 معنی‌داری 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 به‌ترتیب برابر با ۰/۸۸۱، ۰/۸۷۴، ۰/۸۶۸ و ۰/۹۳۸ همبستگی مثبت وجود داشت. در صورتی‌که بین میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و مس با EC با ضریب همبستگی به‌ترتیب برابر با ۰/۹۰۳-، ۰/۸۸۳-، ۰/۸۴۴- و ۰/۹۵۰- همبستگی منفی (معکوس) وجود داشت (جدول ۵).

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

| | Pb | Cd | Cr | Cu | pH | EC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pb | ۱ | | | | | |
| Cd | ۰/۹۷۹ | ۱ | | | | |
| Cr | ۰/۷۸۴ | ۰/۷۸۸ | ۱ | | | |
| Cu | ۰/۹۸۶ | ۰/۹۷۱ | ۰/۸۲۳ | ۱ | | |
| pH | ۰/۸۸۱ | ۰/۸۷۴ | ۰/۸۶۸ | ۰/۹۳۸ | ۱ | |
| EC | -۰/۹۰۳ | -۰/۸۸۳ | -۰/۸۴۴ | -۰/۹۵۰ | -۰/۹۷۷ | ۱ |



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

## 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 فرونشست‌های 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 ۰/۲۵ ± ۰/۵۲ و ۳۱/۸۳ ± ۱۵۳/۸۱ 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 ۱۴/۴۰ ± ۲۹/۸۰، ۰/۸۰ ± ۰/۵۶، ۹/۴۰ ± ۲۲/۲۰ و mg/kg ۱۲/۲۰ ± ۳۳/۱۰ 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 ۷۰۵۱، ۳۵۶ و mg/kg ۶۹۸ 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 ۶۱/۶۹ و ۱۵۰/۵۲ 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 ۵۱/۸۰ و همچنین مقادیر تجمعی شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی همه فلزات سنگین در نمونه‌های خاک سطحی بوستان ولایت با ۱۵۰/۵۲ از درجه خطر بوم‌شناختی متوسط برخوردار بودند، ولی میزان تجمعی فلزات سنگین خاک با RI = ۹۹/۱۶ در محدوده کم خطر قرار داشت (جدول ۴). از دیگر سو نتایج محاسبه شاخص RI بیانگر آن بود که عناصر کروم و کادمیوم با ۱/۲۴ و ۵۲/۲۴ 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 احتمالا 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 ۳۸/۷۷



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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

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

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 همکار 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 تجمعی 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 به‌ترتیب با مقادیر ۲/۳ و ۲/۴ در طبقه متوسط و عناصر مس و کادمیوم به‌ترتیب با مقادیر ۳/۶ و ۴/۸ در طبقه بالا قرار داشت. از این‌رو 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 به‌ترتیب 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).



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

## نتیجه‌گیری

هرچنـد با اسـتناد به نتایـج پژوهش حاضر، میـزان تجمعی فلزات سنگین خاک با RI = ۹۹/۱۶ در محدوده کم خطر قرار داشـت، ولی از آنجا که میانگین غلظت فلزات سـنگین سرب و مس در نمونه‌های خاک سـطحی مـورد مطالعه از رهنمود WHO بیشـتر بود، لـذا، با توجه به اهمیت موضوع، نسـبت به کنترل منابـع ورود آلودگی به محیط، پایش دوره‌ای منابع خاک سـطحی به‌ویژه در بوسـتان‌های شـهری که شهروندان بخش عمده‌ای از اوقات فراغت خود را در این محل‌ها سـپری می‌کنند، خودداری از احداث بوسـتان‌های شهری در حاشیه جاده‌های مواصلاتی به‌خصوص محل‌های پرترافیک و از طرفی مطالعه سـایر بوستان‌های شهری، بررسی محتوی سایر فلزات سـنگین در خاک و همچنین اجرای مطالعه در طی هر یک از فصول سـال که با توجه بـه محدودیت زمانی و منابع مالی در این پژوهش امکان بررسـی آن میسر نبود، برای حفظ سلامت شهروندان توصیه می‌شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسـی ارشـد محیط‌زیست مصوب دانشـگاه آزاد اسـلامی واحد همدان با عنوان "بررسـی آلودگی فلزات سـنگین در خاک سـطحی پارک‌های شـهری تهران" با کد ۱۷۱۵۰۵۰۸۹۴۲۰۳۳ است.

## منابع

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Yalcin MG, Battaloglu R, Ilhan S. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. Environmental Geology. 2007;53:399-415.
5. 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.
6. Saeedi M, Hosseinzadeh M, Jamshidi A, Pajooheshfar SP. Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils, Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 2009;151(1-4):231-41.
7. Gardea-Torresday JL, Peralta-Videa JR, de la Rosa G, Parsons JG. Phytoremediatoin of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews. 2005;249(17-18):1797-810.
8. 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.
9. Hall JL. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany. 2002;53(366):1-11.
10. 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



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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, Talebiani 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. Hemijska 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-



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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 Agean 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.



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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.

[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]

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.

*Please cite this article as: Mohammad Moradi B, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Ecological risk of heavy metals in surface soils of urban parks. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;10(4):429-42.*

[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-15 ]