مجله مهندسی بهداشت محیط زمستان ۱۴۰۱، سال ۱۰، شماره ۲: ۱۰۰-۱۱۳

بررسی تاثیر ترافیک شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی حاشیه خیابان، مورد مطالعه: شهر همدان

بهاره لرستانی[1*]، مهرداد چراغی[2]، سهیل سبحان اردکانی[2]

[1] دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[2] دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۰۱/۰۲؛ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۲/۰۹

چکیده

زمینه و هدف: امروزه عناصر کمیاب به‌عنوان شاخص‌های مفید ارزیابی آلودگی محیط و به‌ویژه اثرات ناگوار ناشی از ترافیک شهری محسوب می‌شوند. از این‌رو، این تحقیق با هدف بررسی اثر ترافیک شهری و فاصله از حاشیه خیابان بر محتوی عناصر سرب، کادمیم و مس در خاک و پوشش گیاهی حاشیه خیابان‌های شهر همدان انجام یافت.

مواد و روش ها: در این پژوهش توصیفی، پس از انتخاب چهار منطقه با حجم ترافیکی مختلف در سطح شهر همدان، ۲۴ نمونه مرکب خاک و ۲۴ نمونه مرکب گیاه از هر منطقه برداشت شد. پس از آماده‌سازی و هضم اسیدی نمونه‌های خاک و گیاه، محتوی عناصر در آن‌ها به‌روش طیف‌سنجی نوری پلاسمای جفت شده القایی (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry: ICP-OES) خوانده شد.. پردازش آماری داده‌ها نیز توسط نسخه ۱۹ نرم‌افزار SPSS انجام یافت.

یافته ها: نتایج نشان داد تجمع فلزات در خاک و پوشش گیاهی مناطقی با حجم ترافیک بالا (بلوار بسیج) بیش‌تر از سایر مناطق بود. همچنین، فاصله از حاشیه جاده نیز با تجمع فلزات در نمونه‌ها رابطه معکوس داشت. به‌طوری‌که بیشینه غلظت تجمع‌یافته عناصر مربوط به نمونه‌های برداشت شده از فاصله پنج متری حاشیه خیابان بود.

نتیجه گیری: رابطه معکوس بین غلظت تجمع‌یافته عناصر با فاصله از جاده را می‌توان با انتشار آلاینده‌ها از وسایل نقلیه مرتبط دانست. به‌علاوه، نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های معماری و طراحی شهری، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و مدیریت حمل و نقل و کنترل ترافیک شهری واقع شود.

کلید واژه: فلز سنگین، ترافیک شهری، پوشش گیاهی، حاشیه خیابان، همدان

* دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
ایمیل نویسنده مسئول: lorestanib@iauh.ac.ir — شماره تماس: ۰۸۱۳۴۴۸۱۱۸۳

مقدمه

فلزات سنگین به‌دلیل سمیت بالا و پایداری‌شان در محیط، به‌عنوان یکی از آلاینده‌های اصلی محیط‌زیست شناخته می‌شوند[۲،۱]. انتشارات ناشی از وسایل نقلیه، خروجی صنایع و سایر فعالیت‌های انسانی به‌عنوان منبع اصلی فلزات سنگین در محیط‌زیست شهری به‌شمار می‌آیند[۴،۳]. جاده‌ها به‌عنوان دومین منبع غیرنقطه‌ای ایجاد آلودگی در محیط شهری شناخته شده‌اند، به‌طوری‌که آلاینده‌های منتشر شده از آن‌ها با آلوده کردن هوا، آب و خاک به ایجاد اثرات سوء بر سلامت انسان و محیط‌زیست منجر می‌شوند[۵]. یکی از منابع اصلی تولید فلزات سنگین در شهرها خودروها هستند که با تولید آلاینده‌ها و تخلیه آن‌ها به محیط و به‌خصوص هوا، منجر به آلودگی خاک اطراف جاده‌ها می‌شوند[۶]. ورود فلزات سنگین به زنجیر غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی، اثرات سوء متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده برجای می‌گذارد. علاوه بر این، فلزات سنگین تحت تأثیر فرآیندهای کاهش و تنزل قرار نگرفته و تقریباً به‌طور کامل در محیط‌زیست باقی می‌مانند. اگر چه دسترسی زیستی این مواد شیمیایی به‌طور قابل توجهی بستگی به واکنش آن‌ها با اجزای مختلف خاک دارد[۸،۷].

منابع‌طبیعی و فعالیت‌های انسانی منشا عمده ورود فلزات سنگین به خاک هستند که در این بین منابع انسانی از طریق فعالیت‌های صنعتی، معدنی و کشاورزی، تخلیه پسماندها و فاضلاب‌های شهری، آلاینده‌های خروجی از خودروها، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی و استفاده طولانی‌مدت از لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی از سهم عمده‌ای در آلودگی محیط به عناصر بالقوه سمی برخوردار هستند[۱۰،۹]. بدیهی است که تجمع بیش از حد مجاز فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی نه تنها منجر به آلودگی محیط‌زیست می‌شود، بلکه از طریق افزایش جذب فلزات سنگین توسط گیاهان، کیفیت و ایمنی غذایی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند[۱۱]. در بین فلزات سنگین، کادمیم و سرب به‌دلیل نیم عمر طولانی در بدن انسان و دیگر حیوانات و سمیت زیاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند[۱۲]. سرب از طریق فعالیت‌هایی از جمله ریخته‌گری و احتراق بنزین حاوی سرب وارد محیط شهری می‌شود. هر چند که در سال‌های اخیر به‌دلیل حذف سرب از بنزین، ورود این عنصر به محیط شهری کاهش چشم‌گیری داشته است، اما همچنان انباشت پیشین آن در محیط وجود دارد[۱۴،۱۳]. مقادیر بیش از ۴۰۰ میکروگرم در لیتر سرب در خون کودکان، منجر به ایجاد عقب‌ماندگی ذهنی می‌شود. همچنین، خستگی شدید، درد شکمی، کم‌خونی، اختلال در تنفس سلولی و اثر بر سیستم اعصاب مرکزی از دیگر اثرات مضر قرار گرفتن در معرض این عنصر هستند[۱۵]. کادمیم از طریق حفاری، صنایع فلزی و شیمیایی، آب‌کاری، کاربرد کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، استهلاک تایر خودروها و ترافیک به محیط وارد می‌شود. این عنصر ممکن است موجب ضایعات کلیوی، افزایش فشار خون، جهش‌زایی و سرطان‌زایی شود. بر طبق استاندارد FAO، مقدار جذب مجاز هفتگی کادمیم برای هر فرد ۰/۶-۰/۴ میلی گرم تعیین شده است[۱۶]. بیش‌تر از ٪۹۰ نشر فلز مس ناشی از ترافیک جاده‌ای و به‌علت سیستم ترمز فرسوده، نشر از اگزوز خودروها و تخریب یا فرسایش آلیاژها، لوله‌ها، سیم‌ها و تایرها در وسایل نقلیه موتوری است[۱۸،۱۷]. هرچند فلز مس به عنوان یک عنصر ضروری به‌شمار می‌رود، اما زمانی که غلظتش از حد مجاز تجاوز می‌کند، برای زیستمندان سمی است[۲۲-۱۹]. تاکنون در خصوص بررسی آلودگی نمونه‌های خاک، گردوغبار و گونه‌های گیاهی حاشیه خیابان به فلزات سنگین و همچنین ارتباط غلظت عناصر با عوامل ترافیکی مطالعات مختلفی در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شده است که نتایج آن‌ها نشان‌دهنده تاثیر انتشارات اگزوزی و غیراگزوزی در آلودگی خاک و گردوغبار حاشیه جاده به عناصر بالقوه سمی بوده است[۲۶-۱۴،۶،۵،۴۸]. از آن‌جا که تاکنون در خصوص بررسی تاثیر ترافیک شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی حاشیه خیابانی شهر همدان

مطالعه ای انجام نشده است، بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی اثرات ترافیک شهری در تجمع عناصر سرب، کـادمیم و مـس در خاک و گیاه حاشیه خیابان‌های شهر همدان انجام یافت.

مواد و روش کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

کلان‌شهر همدان با بیش‌تر از ۵۵۰۰۰۰ نفر جمعیت ساکن، وسعتی معادل ۵۶ کیلومترمربع و ۱۸۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا، بین مدارهای ´۴۸ °۳۴ عرض جغرافیایی شمالی و ´۳۱ °۴۸ طول جغرافیایی شرقی در غرب ایران واقع شده است. میانگین دمای سالانه و بارندگی این شهر به‌ترتیب ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد و ۳۱۷/۷ میلی‌متر برآورد شده است[۴۹].

نمونه برداری

در این پژوهش توصیفی مقطعی، با در نظر گرفتن محدودیت های منابع مالی، نسبت به انتخاب چهار مکان نمونه‌برداری با حجم ترافیک مختلف در سطح شهر همدان شامل: بلوار بسیج با حجم ترافیک ۵۷۰۰-۱۴۰۰، بلوار امام خمینی (ره) با حجم ترافیک ۳۸۰۰-۲۵۰۰، بلوار آیت‌الله نجفی با حجم ترافیک ۴۵۰۰-۱۵۰۰ و بلوار انقلاب با حجم ترافیک ۳۱۰۰-۷۵۰ وسیله نقلیه در روز، اقدام و نمونه‌برداری از خاک سطحی (عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر) به‌صورت کاملاً تصادفی از چهار نقطه هر خیابان و از هر دو طرف جاده در فواصل پنج، ۲۵ و ۵۰ متری از حاشیه خیابان انجام شد. بدین منظور، نمونه‌برداری از خاک و گیاه به‌روش خطی انجام شد که در آن سه نمونه یکسان روی یک خط موازی با محور خیابان و به مرکزیت نقطه اصلی و به فاصله ۲۵ سانتی‌متری از یکدیگر برداشت و با هم مخلوط شدند[۲۶]. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی شامل میوه و برگ درخت سیب، گوجه‌فرنگی و سبزی جعفری نیز به‌همین روش انجام یافت. بدین صورت در مجموع از هر مکان ۲۴ نمونه خاک و ۲۴ نمونه گیاه برداشت شد. مختصات جغرافیایی مکان‌های نمونه‌برداری توسط دستگاه GPS گارمین مدل ETREX 32X ثبت و موقعیت استقرار آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌های خاک مربوط به هر فاصله از هر مکان را برای تهیه یک نمونه همگن با هم مخلوط کرده و پس از ذخیره در کیسه‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار و برچسب‌گذاری آن‌ها، برای مطالعات آتی به آزمایشگاه منتقل شدند[۵۰].

شکل ۱. نقشه موقعیت استقرار مکان‌های نمونه‌برداری

آماده‌سازی نمونه‌های خاک و گیاه و تعیین محتوی عناصر در آن‌ها

نمونه‌های خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه ابتدا به مدت ۷۲ ساعت هوا خشک و سپس کوبیده شده و به‌منظور دستیابی به ذرات یکنواخت با الک یک میلی‌متری غربال شدند. برای عصاره‌گیری خاک، به یک گرم از هر نمونه، سه میلی‌لیتر از مخلوط اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن مرک با نسبت حجمی ۲:۱ اضافه شد. محلول به آهستگی با استفاده از دستگاه شیکر، مخلوط و روی هیتر برقی قرار داده شد تا تقریباً خشک شود. بعد از سرد شدن نمونه‌ها و افزودن دو میلی‌لیتر از اسید نیتریک ۰/۷۵ مول در لیتر مرک به آن‌ها، نمونه‌ها به‌مدت دو ساعت با سرعت ۲۵۰ rpm سانتریفوژ شدند. در نهایت، پس از ساخت محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک عناصر در غلظت های مختلف و کالیبره کردن دستگاه ICP-OES مدل 710-ES ساخت شرکت Varian استرالیا، محتوی عناصر سرب، کادمیم و مس به‌ترتیب در طول موج‌های ۲۲۰/۳۵۳، ۲۲۶/۵۰۲ و ۳۲۴/۷۵۴ نانومتر خوانده شدند[19]. تضمین و کنترل کیفیت (Quality Assurance/Quality Control) اندازه‌گیری‌ها با استفاده از مرجع استاندارد خاک RTC, SQC-014 خریداری شده از شرکت سیگما-آلدریچ اسپانیا انجام شد[51]. بر این اساس، مقادیر حد تشخیص (Limit of Detection: LOD) برای عناصر سرب، کادمیم و مس به‌ترتیب برابر با ۰/۰۲۵، ۰/۰۳۱ و ۰/۰۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مقادیر محدودیت کمی (Limit of Quantification: LOQ) عناصر (میلی‌گرم در کیلوگرم) نیز برای سرب برابر با ۰/۰۷۲، برای کادمیم برابر با ۰/۰۹۰ و برای مس نیز برابر با ۰/۲۳۲ به‌دست آمد. نرخ بازیابی (٪) عناصر مورد مطالعه از ۹۵/۲ تا ۱۰۲ متغیر بود که نشان داد روش مورد استفاده برای تعیین محتوی عناصر مورد مطالعه نمونه‌های خاک از اطمینان کافی و دقت مناسب برخوردار بوده است.

برای تعیین محتوی عناصر در نمونه‌های گیاهی، ابتدا نمونه‌ها با آب مقطر به خوبی شسته شدند تا از ذرات گردوغبار و سایر آلودگی‌ها زدوده شوند. پس از آن، نمونه‌ها توسط دستگاه آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد خشک و سپس آسیاب شدند. ۰/۵۰ گرم از هر نمونه گیاهی به بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به‌منظور کاهش میزان تبخیر در طول فرآیند تولید خاکستر، ۰/۵۰ میلی لیتر اسید سولفوریک به هر بشر اضافه شد. سپس، به‌منظور دست‌یابی به خاکستر سفید رنگ، بشرها به‌مدت چهار تا پنج ساعت داخل کوره خاکسترساز با درجه حرارت ۴۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. در مرحله بعد، سه میلی‌لیتر از مخلوط اسید نیتریک و پر اکسید هیدروژن با نسبت حجمی ۲:۱ به هر نمونه خاکستر اضافه شد و محلول روی هیتر به تدریج گرما داده شد تا نمونه‌ها خشک شوند. پس از آن، دو میلی‌لیتر اسید نیتریک یک مول در لیتر به هر نمونه اضافه شد[19]. در نهایت، غلظت عناصر سرب، کادمیم و مس در نمونه ها توسط دستگاه نشر اتمی کالیبره خوانده شد. تضمین و کنترل کیفیت اندازه‌گیری‌ها با استفاده از مرجع استاندارد white clover, CRM 402 خریداری شده از شرکت سیگما-آلدریچ اسپانیا انجام شد[51]. بر این اساس، مقادیرLOD (میلی‌گرم در کیلوگرم) برای عناصر سرب، کادمیم و مس به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۳، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۴۱ بود. مقادیر LOQ عناصر نیز برای سرب برابر با ۰/۰۴۰، برای کادمیم برابر با ۰/۰۷۰ و برای مس نیز برابر با ۰/۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. نرخ بازیابی (٪) عناصر مورد مطالعه نیز از ۹۳/۸ تا ۱۰۱ متغیر بود که نشان داد روش مورد استفاده برای تعیین محتوی عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های گیاهی از اطمینان کافی و دقت مناسب برخوردار بوده است.

پردازش آماری نتایج

پردازش آماری داده‌ها با استفاده از نسخه ۱۹ نرم‌افزار SPSS در سطح معنی‌داری ۰/۰۵۰ انجام یافت. از آزمون‌های شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و لون (Leven) به‌ترتیب برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و برابری واریانس‌ها و از آزمون‌های تحلیل واریانس بین آزمودنی یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن (Duncan Multiple Range Test) نیز برای مقایسه میانگین محتوی عناصر در نمونه‌های خاک و گیاه بین مکان‌های نمونه‌برداری استفاده شد.

یافته‌ها

آماره‌های توصیفی مربوط به تعیین محتوی عناصر سرب، کادمیم و مس در نمونه های خاک و گیاه به تفکیک مکان نمونه‌برداری در جداول ۱ تا ۵ آورده شده است.

جدول ۱. میانگین غلظت عناصر در خاک مناطق با حجم ترافیک مختلف (میکروگرم در کیلوگرم)

محل / عنصر	بلوار بسیج	بلوار آیت‌الله نجفی	بلوار انقلاب	بلوار امام خمینی (ره)
سرب در فاصله پنج متری	۸۹۸۷±۶۰۰	۶۰۴۰±۵۷۷	۳۴۸۷±۵۳۸	۴۶۷۳±۴۵۱
سرب در فاصله ۲۵ متری	۶۵۳۳±۷۴۰	۴۹۰۰±۵۲۶	۲۴۶۷±۳۲۷	۳۵۰۰±۲۹۸
سرب در فاصله ۵۰ متری	۴۹۷۳±۵۰۵	۳۷۲۰±۴۷۲	۹۳۴±۳۶۹	۲۴۰۷±۴۵۳
کادمیم در فاصله پنج متری	۶۴/۱۲±۲/۷۸	۵۳/۱۳±۴/۲۲	۲۵/۵۳±۲/۱۴	۴۴/۱۷±۳/۳۴
کادمیم در فاصله ۲۵ متری	۵۶/۳۹±۲/۷۰	۳۷/۹۸±۵/۳۶	۱۵/۶۵±۲/۸۹	۳۵/۱۴±۲/۴۵
کادمیم در فاصله ۵۰ متری	۳۹/۴۸±۴/۷۹	۲۸/۱۳±۴/۸۵	۷/۰۶±۲/۶۸	۲۳/۸۵±۳/۳۸
مس در فاصله پنج متری	۲۵۶۰۷±۲۶۸۲	۲۱۹۸۰±۱۳۹۹	۱۴۸۴۰±۸۳۸	۱۹۳۴۰±۲۱۶
مس در فاصله ۲۵ متری	۲۰۹۷۳±۱۱۲۴	۱۸۷۷۳±۸۲۰	۱۱۸۲۰±۷۸۶	۱۶۳۰۷±۹۴۲
مس در فاصله ۵۰ متری	۱۴۰۶۷±۵۶۶	۱۵۶۱۳±۷۸۱	۹۲۲۰±۳۳۶	۱۳۱۸۷±۷۷۲

جدول ۲. میانگین غلظت عناصر در پوشش گیاهی بلوار بسیج برحسب میکروگرم در کیلوگرم

پوشش گیاهی / عنصر	سرب	کادمیم	مس
میوه سیب در فاصله پنج متری	۳۷۴/۹۱±۱۶/۲۵	۲/۵۹±۰/۲۳	۱۷۳۷/۱۳±۷۹/۴۱
میوه سیب در فاصله ۲۵ متری	۲۸۹/۲۴±۷/۴۹	۱/۶۱±۰/۲۲	۱۵۴۴/۸۷±۳۲/۲۲
میوه سیب در فاصله ۵۰ متری	۲۴۲/۶۸±۱۲/۸۵	۰/۹۴±۰/۰۸۲	۱۲۹۶/۵۳±۶۷/۴۵
برگ درخت سیب در فاصله پنج متری	۹۶۰/۹۸±۲۸/۳۴	۷۶/۲۶±۲/۸۰	۳۰۹۹/۲۰±۱۲۴/۰۹
برگ درخت سیب در فاصله ۲۵ متری	۸۴۰/۶۱±۳۷/۹۹	۶۴/۹۹±۳/۱۴	۲۶۹۸/۷۳±۱۰۱/۵۰
برگ درخت سیب در فاصله ۵۰ متری	۷۷۳/۶۴±۱۹/۳۹	۵۵/۵۶±۳/۲۶	۲۱۳۴/۴۷±۷۷/۰۳
گوجه فرنگی در فاصله پنج متری	۴۴۹/۹۲±۱۵/۸۷	۱۲۳/۰۵±۱۲/۴۹	۲۵۹۹/۹۳±۷۳/۴۰
گوجه فرنگی در فاصله ۲۵ متری	۲۹۵/۴۲±۱۵/۴۵	۹۴/۳۶±۲/۴۵	۲۱۴۷/۱۳±۱۲۰/۲۴
گوجه فرنگی در فاصله ۵۰ متری	۲۷۰/۷۹±۱۳/۶۸	۸۵/۳۵±۲/۹۵	۱۸۲۶/۲۰±۷۱/۳۹

جعفری در فاصله پنج متری	۷۲۹/۹۸±۱۴/۸۵	۸۴/۸۵±۲/۸۲	۳۸۶۸/۹۳±۷۵/۶۷
جعفری در فاصله ۲۵ متری	۵۷۰/۰۱±۲۰/۴۸	۷۱/۳۳±۳/۶۷	۳۲۰۲/۷۳±۸۹/۳۷
جعفری در فاصله ۵۰ متری	۴۴۲/۸۴±۲۲/۰۶	۵۵/۶۹±۲/۹۷	۲۸۰۴/۳۳±۶۹/۶۳

جدول ۳. میانگین غلظت عناصر در پوشش گیاهی بلوار آیت‌الله نجفی برحسب میکروگرم در کیلوگرم

عنصر / پوشش گیاهی	سرب	کادمیم	مس
میوه سیب در فاصله پنج متری	۳۲۲/۶۳±۱۱/۲۲	۲/۱۱±۰/۰۵	۱۵۴۰/۰۷±۳۲/۵۳
میوه سیب در فاصله ۲۵ متری	۲۳۰/۶۸±۱۴/۴۷	۱/۱۴±۰/۰۸	۱۲۹۰/۰۰±۵۴/۱۵
میوه سیب در فاصله ۵۰ متری	۱۹۸/۴۹±۶/۰۷	۰/۶۱±۰/۰۸	۱۱۷۶/۸۰±۴۵/۶۶
برگ درخت سیب در فاصله پنج متری	۷۹۳/۵۱±۱۶/۴۸	۶۶/۰۱±۲/۹۷	۲۵۴۷/۷۳±۶۸/۸۴
برگ درخت سیب در فاصله ۲۵ متری	۷۷۳/۷۸±۱۹/۰۴	۵۵/۴۶±۲/۹۴	۲۱۶۸/۸۰±۸۴/۰۴
برگ درخت سیب در فاصله ۵۰ متری	۵۴۹/۴۴±۲۸/۵۵	۴۵/۵۸±۲/۵۴	۱۸۸۹/۸۰±۶۴/۴۰
گوجه فرنگی در فاصله پنج متری	۳۴۷/۳۷±۱۹/۲۵	۹۵/۲۸±۵/۲۶	۲۲۴۴/۴۷±۸۸/۸۴
گوجه فرنگی در فاصله ۲۵ متری	۲۵۳/۷۶±۱۴/۴۶	۸۳/۵۷±۴/۱۰	۱۸۲۳/۵۳±۶۱/۱۴
گوجه فرنگی در فاصله ۵۰ متری	۲۰۸/۵۳±۶/۱۵	۶۴/۱۴±۲/۸۶	۱۵۵۱/۳۳±۲۵/۶۴
جعفری در فاصله پنج متری	۶۳۹/۶۸±۱۶/۰۷	۷۴/۴۱±۲/۷۸	۳۵۷۹/۰۰±۴۴/۳۶
جعفری در فاصله ۲۵ متری	۴۴۶/۴۴±۲۹/۴۷	۶۴/۵۲±۳/۲۸	۲۸۳۹/۰۷±۶۷±/۰۸
جعفری در فاصله ۵۰ متری	۳۳۲/۹۹±۳۱/۱۴	۴۲/۸۸±۳/۴۸	۲۵۳۶/۲۷±۷۶/۴۹

جدول ۴. میانگین غلظت عناصر در پوشش گیاهی بلوار امام خمینی (ره) برحسب میکروگرم در کیلوگرم

عنصر / پوشش گیاهی	سرب	کادمیوم	مس
میوه سیب در فاصله پنج متری	۲۴۸/۳۱±۱۳/۸۷	۱/۶۵۷±۰/۱۹۱	۱۲۵۷/۹۳±۲۵/۵۰
میوه سیب در فاصله ۲۵ متری	۲۰۷/۱۰±۳/۶۱	۰/۹۵۴±۰/۰۷۱	۱۰۹۴/۲۷±۶۸/۲۱
میوه سیب در فاصله ۵۰ متری	۱۲۶/۶۱±۳/۳۶	۰/۵۸۵±۰/۱۶۹	۹۵۲/۱۳±۲۹/۳۵
برگ درخت سیب در فاصله پنج متری	۷۱۲/۶۳±۹/۳۹	۵۴/۵۱±۴/۱۳	۲۲۸۷/۶۷±۴۴/۲۲
برگ درخت سیب در فاصله ۲۵ متری	۶۴۱/۶۷±۲۶/۹۹	۴۳/۶۱±۲/۶	۱۹۲۴/۱۳±۶۰/۱۲
برگ درخت سیب در فاصله ۵۰ متری	۵۵۱/۵۳±۳۳/۱۴	۳۴/۲۴±۲/۸۷	۱۵۱۱/۵۳±۵۳/۸۷
گوجه فرنگی در فاصله پنج متری	۲۶۲/۵۱±۲۳/۳۹	۸۴/۳۳±۳/۵۹	۲۰۵۰/۲۰±۲۷/۸۳
گوجه فرنگی در فاصله ۲۵ متری	۲۱۵/۹۸±۵/۱۴	۶۴/۷۴±۲/۸۳	۱۵۵۴/۴۷±۲۷/۵۸
گوجه فرنگی در فاصله ۵۰ متری	۱۷۱/۸۷±۱۳/۹۹	۵۳/۵۹±۲/۵۲	۱۲۰۹/۶۷±۵۳/۴۶
جعفری در فاصله پنج متری	۵۵۶/۵۳±۲۲/۲۵	۶۴/۵۷±۳/۱۱	۳۰۶۷/۸۷±۵۱/۱۸
جعفری در فاصله ۲۵ متری	۳۵۵/۲۱±۲۳/۹۸	۴۹/۶۹±۵/۳۶	۲۳۵۳/۲۷±۷۲/۲۲
جعفری در فاصله ۵۰ متری	۳۱۵/۳۲±۹/۶۸	۳۳/۷±۲/۴۴	۱۸۸۷/۸۷±۵۲/۰۳

جدول ۵. میانگین غلظت عناصر در پوشش گیاهی بلوار انقلاب برحسب میکروگرم در کیلوگرم

عنصر / پوشش گیاهی	سرب	کادمیوم	مس
میوه سیب در فاصله پنج متری	۲۱۷/۱۳±۱۰/۳۱	۱/۳۱±۰/۱۷	۱۰۹۱/۱۳±۵۱/۵۷
میوه سیب در فاصله ۲۵ متری	۱۵۸/۸۴±۱۷/۸۰	۰/۷۸±۰/۱۰	۸۴۴/۸۷±۵۶/۶۷
میوه سیب در فاصله ۵۰ متری	۱۰۵/۲۰±۱۱/۶۱	۰/۴۴±۰/۱۴	۶۴۶/۴۰±۲۷/۲۸
برگ درخت سیب در فاصله پنج متری	۶۴۸/۵۹±۲۱/۷۸	۴۶/۵۶±۲/۳۷	۱۹۹۷/۹۳±۴۱/۷۶
برگ درخت سیب در فاصله ۲۵ متری	۵۵۴/۵۷±۲۴/۲۷	۳۴/۲۷±۴/۲۳	۱۵۱۷/۰۰±۶۱/۲۴
برگ درخت سیب در فاصله ۵۰ متری	۴۶۱/۳۷±۲۶/۳۶	۲۲/۸۲±۴/۸۴	۱۱۰۵/۹۳±۵۳/۴۶
گوجه فرنگی در فاصله پنج متری	۲۴۴/۴۰±۱۶/۵۹	۷۳/۴۳±۴/۱۴	۱۸۱۹/۰۰±۵۳/۳۸
گوجه فرنگی در فاصله ۲۵ متری	۱۸۹/۱۷±۵/۷۳	۵۴/۶۸±۳/۷۳	۱۰۷۴/۱۳±۴۵/۴۶
گوجه فرنگی در فاصله ۵۰ متری	۱۲۶/۱۵±۷/۵۹	۳۵/۱۴±۳/۸۷	۸۸۴/۴۰±۳۴/۹۹
جعفری در فاصله پنج متری	۴۵۶/۰۸±۲۶/۳۴	۵۱/۲۴±۶/۳۹	۲۵۹۸/۶۰±۵۳/۶۰
جعفری در فاصله ۲۵ متری	۳۱۶/۰۴±۸/۰۷	۴۴/۳۲±۲/۲۹	۱۶۱۷/۹۳±۴۹/۹۵
جعفری در فاصله ۵۰ متری	۵/۷۹±۲۲/۴۴	۳۳/۳۷±۲/۳۴	۱۵۰۴/۵۳±۵۷/۴۴

نتایج آزمون شاپیرو–ویلک نشان داد که داده‌های مربوط به محتوی همه عناصر در نمونه‌های خاک و گیاه از توزیع نرمال برخوردار بوده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه به‌منظور مقایسه میانگین محتوی عناصر در نمونه‌های خاک و گیاه مناطق با حجم ترافیک و فواصل مختلف از جاده نشان داد که اثر ترافیک و فاصله از جاده بر غلظت عناصر سرب، کادمیم و مس در خاک معنی دار بوده است ($P < ۰/۰۵$). به‌طوری‌که با افزایش فاصله از جاده، میانگین محتوی عناصر در خاک و گیاه کاهش پیدا کرده است. بدین مفهوم که کمینه و بیشینه میانگین غلظت عناصر به ترتیب مربوط به فواصل نمونه‌برداری ۵۰ و پنج متری از حاشیه جاده بوده است. همچنین، مشخص شد که بیشینه میانگین محتوی عناصر مربوط به نمونه‌های برداشت‌شده از مناطق با حجم ترافیک بالا بوده است. بدین صورت که کمینه و بیشینه میانگین محتوی عناصر به‌ترتیب مربوط به ایستگاه بلوار انقلاب با حجم ترافیک روزانه ۳۱۰۰–۷۵۰ خودرو و ایستگاه بلوار بسیج با حجم ترافیک روزانه ۵۷۰۰–۱۴۰۰خودرو بوده است.

بحث

خاک شهری از مهم‌ترین بخش‌های محیط‌زیست شهری و به‌عنوان منبع (Source) و مخزن (Sink) عناصر فلزی همواره در معرض انتشارات فلزی حاصل از فعالیت‌های شهری بوده و به‌سبب پویایی کم‌تر و دوام و بقای طولانی‌تر عناصر در ماتریس خاک در مقایسه با هوا و آب، آلودگی آن از اهمیت بیش‌تری برخوردار است[۵۲،۵۳]. اگرچه خاک‌های شهری به‌ندرت برای تولید محصولات غذایی استفاده می‌شوند، اما، افزایش غلظت و انباشت آلاینده‌های فلزی در آن‌ها نه تنها می‌تواند کیفیت خاک را کاهش دهد، بلکه می‌تواند به آلودگی آب (از طریق باران یا رواناب سطحی به‌ویژه در فصل بارندگی) و افزایش جذب بالقوه فلزات توسط گیاهان منجر شده و به‌طور بالقوه تهدیدی مضر و غیرمستقیم برای حیوانات

و انسان به‌ویژه کودکان از طریق زنجیر غذایی محسوب شود[۵۴].

امروزه استفاده از گیاهان به‌دلیل غیرمتحرک بودن و حضور ثابت آن‌ها در یک منطقه، به‌عنوان راهکاری مؤثر و اقتصادی به‌ویژه در مناطق شهری برای پایش‌زیستی آلودگی هوا در حال گسترش است[۵۵]. در این راستا، استفاده از گونه‌های علفی و چوبی به‌دلیل سهولت شناسایی، سهولت نمونه‌برداری و حضور فراگیر در بیش‌تر محیط‌ها به مناسب‌ترین ابزار زیستی برای پایش آلودگی هوا، مبدل شده‌اند و بر این اساس اندام‌های مختلف گیاهان بومی، باغی، زراعی و زینتی را می‌توان به‌عنوان پایش‌گر زیستی برای مطالعه پراکندگی مکانی در میزان غلظت آلاینده‌های محیط از جمله فلزات سنگین به‌کار گرفت[۵۶،۵۷]. در این بین، برگ به‌سبب برخورداری از سطح بیش‌تر در واحد وزن و برخورداری از قابلیت زیاد در جذب و نگهداری آلاینده‌ها به‌ویژه گردوغبار و ذرات پراکنده در مقایسه با سایر اندام‌های پوششی از مهم‌ترین قسمت‌های گیاه برای پایش زیستی آلاینده‌ها محسوب می‌شود[۵۸]. البته باید توجه داشت که گونه‌های گیاهی به‌علت تفاوت در ویژگی‌های سطح برگ از قبیل کوتیکول، موم، اپیدرم و تعداد و اندازه روزنه از توانایی متفاوتی در جذب ذرات معلق و آلاینده‌های مختلف برخوردارند[۵۹].

خودروها عموماً منابع اصلی تولید آلاینده‌های فلزی در شهرها هستند که به‌صورت ذرات از اگزوز یا دیگر اجزای خودرو به محیط وارد و باعث آلودگی خاک و به‌تبع آن گیاهان می‌شوند[۶۰]. جذب فلزات سنگین با تعدیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مانند pH، درصد مواد آلی و قابلیت دسترسی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. جذب و تجمع‌زیستی فلزات سنگین در گیاهان نیز تحت تاثیر برخی عوامل از جمله شرایط آب و هوایی، رسوبات اتمسفری، غلظت فلزات سنگین در خاک، ماهیت خاک و مقدار رشد گیاهان در زمان برداشت هستند[۶۱]. به‌طور کلی، انتشارات فلزی مرتبط با ترافیک ممکن است از طریق فرونشست‌های هواسپهری و جذب توسط اندام‌های هوایی (روزنه‌های هوایی) یا از طریق رسوب بر سطح خاک و جذب توسط اندام‌های زیرزمینی (ریشه) در گیاهان حاشیه جاده تجمع یابند[۶۲،۶۳].

نتایج این مطالعه نشان داد میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیم و مس در خاک و پوشش گیاهی حاشیه خیابان در مناطق با حجم ترافیک بالا بیش تر از مناطق کم ترافیک بوده است. در تایید یافته‌ها، شعبانیان و چراغی (۱۳۹۲) بیشینه نرخ انباشت عناصر سرب و کادمیم را به‌ترتیب با ۱/۰۸ و ۵/۹۰ میکروگرم در گرم برای گونه‌های گیاهی رشدیافته در مناطق آلوده شهری سنندج واجد ترافیک زیاد گزارش کردند[۶۴]. از طرفی، پورخباز و همکاران (۱۳۹۴) با زیست‌ردیابی آلودگی هوای مناطق مختلف شهر شیراز بیشینه محتوی عناصر سرب و مس را به‌ترتیب با ۴/۲۴ و ۲۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم برای برگ درختان رشدیافته در مناطق پرترافیک گزارش کردند[۶۵]. از دیگر سو، مصطفوی و همکاران (۱۳۹۹) نیز بیشینه مقادیر تجمع‌یافته عناصر سرب و کادمیم در گونه‌های درختی و درختچه‌ای مورد استفاده در فضای سبز شهرکرد را برای مکان‌های نمونه‌برداری واجد حجم ترافیک زیاد گزارش کردند[۶۶]. همچنین، مشخص شد که فاصله از حاشیه جاده نیز می‌تواند بر تجمع فلزات در خاک و گیاه تاثیر داشته باشد، به‌طوری‌که با افزایش فاصله از حاشیه خیابان، میانگین غلظت فلزات در خاک و پوشش گیاهی کاهش یافته است. مطالعات مشابه نیز نشان داده‌اند نرخ آلودگی فلزات سنگین در مناطق شهری در طول زمان و محل متغیر بوده و افزایش تجمع فلزات سنگین وارد شده به هوا از طریق رسوب گردوغبار به خاک شهری راه می‌یابد. چن و همکاران (۲۰۰۵) طی پژوهش خود ارتباط مستقیم بین غلظت فلزات سنگین در خاک با رسوب گردوغبار جوی را گزارش کرده و اذعان داشتند که رسوب آیروسل‌های حاوی فلز سنگین در خاک مناطق زیر

کشت نزدیک بزرگراه‌ها توسط ریشه و یا سطح برگ‌ها و میوه‌ها جذب می‌شوند[۶۷]. نتایج برخی مطالعات انتشار کادمیم در هوا را با فرسایش تایر و نشت روغن موتور خودروها و سرب را با احتراق بنزین مرتبط دانسته‌اند[۶۸-۵۰،۴۷،۴۴،۷۰]. به‌علاوه، در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شد که منشا عنصر سرب در نمونه‌های خاک کنار جاده‌ای عمدتاً ناشی از احتراق یا نشت بنزین و روان‌کننده‌ها، سایش و خوردگی لنت ترمز و رنگ‌های جاده[۷۱-۲۷،۲۸،۴۰،۷۴] و منشأ احتمالی عنصر کادمیم در خاک کنار جاده نیز با انتشارات ناشی از روغن موتور، سایش لنت ترمز و تایر خودرو مرتبط بوده است[۲۹،۴۳،۷۵]. جیانگ و همکاران (۲۰۱۷)[۷۶] و برناردینو و همکاران (۲۰۱۹)[۷۷] نیز با زیست‌ردیابی آلودگی فلزات در محیط حاشیه جاده، منابع عمده افزایش محتوی عنصر مس در خاک حاشیه جاده‌ها را با سایش و خوردگی قطعات خودرو مرتبط دانستند. از این‌رو، در مطالعه حاضر نیز تجمع عناصر سرب، کادمیم و مس در خاک و پوشش گیاهی حاشیه خیابان را به احتمال زیاد می‌توان با انتشارات اگزوزی و غیراگزوزی مرتبط دانست. سعیدی و همکاران (۲۰۰۹)[۷۸] آلودگی عناصر سرب، کادمیم و مس و الچلبی و هاوکر (۲۰۰۰)[۷۹] آلودگی عنصر سرب در نمونه‌های خاک اطراف بزرگراه‌ها را با نشر فلزات توسط وسایط نقلیه مرتبط دانسته و گزارش کردند که با افزایش فاصله از جاده، غلظت فلزات در نمونه‌های خاک به‌طور چشم‌گیر کاهش یافته است. در پژوهشی دیگر گزارش شد که تجمع فلزات سنگین در خاک‌های سطحی و گیاه با افزایش فاصله از بزرگراه به‌طور نمایی کاهش یافته است[۸۰]. نابولو و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که تجمع سرب در گیاهان با حجم ترافیک رابطه خطی داشته است[۸۱]. شاشنک و پراساد (۲۰۱۰) هم اذعان داشتند که تجمع سرب و کادمیم در خاک و سبزیجات با افزایش فاصله از جاده، کاهش یافته است[۸۲]. رحمانی (۱۳۷۴) گزارش کرد که خاک و پوشش گیاهی اطراف بزرگراه‌های برون شهری ایران به سرب آلوده بوده و این آلودگی با افزایش فاصله از جاده کاهش یافته است[۸۳]. در همین خصوص، در پژوهشی که با هدف بررسی روند انتشار عناصر سرب، کادمیم و مس توسط خودروها در خاک حاشیه خیابان‌های شهر اوسگبو نیجریه انجام یافت، مشخص شد که با افزایش فاصله از حاشیه خیابان، غلظت فلزات در خاک به‌طور چشم‌گیر کاهش یافته است[۸۴]. سامانی مجد و همکاران (۱۳۸۶) نیز گزارش کردند که غلظت عناصر سرب و کادمیم خاک حاشیه جاده با افزایش فاصله از حاشیه خیابان به‌طور غیرخطی کاهش یافته است[۲۶].

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی اثر ترافیک شهری و فاصله از حاشیه خیابان بر محتوی عناصر سرب، کادمیم و مس در خاک و پوشش گیاهی حاشیه خیابان‌های شهر همدان انجام یافت. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از حاشیه جاده، از غلظت تجمع‌یافته فلزات در بافت گیاهی و خاک حاشیه جاده ها کاسته شده است. از آنجایی که اثر حجم ترافیک و فاصله از جاده بر میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیم و مس در خاک و پوشش گیاهی معنی‌دار بود، از این‌رو، می‌توان اذعان داشت که غلظت این عناصر در نمونه‌ها تحت تاثیر منابع آلاینده انسان‌ساخت از جمله ترافیک بوده است. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق می‌تواند در حوزه‌های معماری و طراحی شهری، برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، مدیریت و حمل و نقل و کنترل ترافیک شهری مورد استفاده مدیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله نویسندگان از حوزه معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان برای فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه، سپاسگزاری می‌کنند.

References

1. Sobhan Ardakani S, Jafari SM. Assessment of heavy metals (Cu, Pb and Zn) in different tissues of common carp (Cyprinus carpio) caught from Shirinsu Wetland, Western Iran. J Chem Health Risk 2014; 4(2): 47-54.
2. Sobhan Ardakani S, Razban SS, Maànijou M. Evaluation of concentration of some heavy metals in ground water resources of Qahavand Plain-Hamedan. J Kermanshah Univ Med Sci 2014; 18(6): 339-48 (In Persian).
3. Sobhanardakani S. Human health risk assessment of potentially toxic heavy metals in the atmospheric dust of city of Hamedan, west of Iran. Environ Sci Pollut Res 2018; 25(28): 28086-93.
4. Sabet Aghlidi P, Cheraghi M, Lorestani B, et al. Analysis, spatial distribution and ecological risk assessment of arsenic and some heavy metals of agricultural soils, Case study: South of Iran. J Environ Health Sci Eng 2020; 18(2): 665-76.
5. Hosseini NS, Sobhanardakani S, Cheraghi M, et al. Expansive herbaceous species as bio-tools for elements detection in the vicinity of major roads of Hamedan, Iran. Int J Environ Sci Technol 2022; 19(3): 1611-24.
6. Hosseini NS, Sobhanardakani S, Cheraghi M, et al. Heavy metal concentrations in roadside plants (Achillea wilhelmsii and Cardaria draba) and soils along some highways in Hamedan, west of Iran. Environ Sci Pollut Res 2020; 27(12): 13301-14.
7. Cui YJ, Zhu YG, Zhai RH, et al. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Environ Int 2004; 30: 785-91.
8. Mohammad Moradi B, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Ecological risk of heavy metals in surface soils of urban parks. Iran J Health Environ 2018; 10(4): 429-42 (In Persian).
9. Farzan M, Sobhan Ardakani, S. Analysis of Fe, Pb, and Cd content of surface runoff in regions with high traffic intensity in Hamedan, Iran, in 2014. Health Sys Res 2016; 12(2): 208-13 (In Persian).
10. Sobhanardakani S, Taghavi L, Shahmoradi B, et al. Groundwater quality assessment using the water quality Pollution indices in Toyserkan Plain. Environ Health Eng Manage J 2017; 4(1): 21-7.
11. Sobhanardakani S, Jafari SM. Analysis of Pb, Cd, Cr and Ni concentrations in types of cabbage marketed in Hamedan City. J Food Hyg 2014; 4(4): 45-53 (In Persian).
12. Babaei B, Sobhanardakani S. Determination of heavy metals contamination in children's toys marketed in Hamedan City in 2015. J Res Environ Health 2(2): 165-72 (In Persian).
13. Sobhanardakani S. Non-carcinogenic risk assessment of heavy metals through exposure to the household dust (Case study: City of Khorramabad, Iran). Ann Milit Health Sci Res 2018; 16(4): e86594.
14. Habibi H, Sobhanardakani S, Cheraghi M, et al. Analysis, sources and health risk assessment of trace elements in street dust collected from the city of Hamedan, west of Iran. Arab J Geosci 2022; 15: 168.
15. Cheraghi M, Sobhanardakani S, Zandipak R, et al. Removal of Pb(II) from aqueous solutions using waste tea leaves. Iran J Toxicol 2015; 9(28): 1247-53.
16. Sobhanardakani S, Kianpour M. Heavy metal levels and potential health risk assessment in honey consumed in west of Iran. Avicenna J Environ Health Eng 2016; 3(2): e7795.
17. Harrison RM, Laxen DPH, Wilson SJ. Chemical association of lead, cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils. Environ Sci Technol 1981; 15: 1378-83.
18. Yang XE, Long XX, Ni WZ, et al. Assessing copper thresholds for phytotoxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops. J Environ Sci Health B 2002; 37: 625-35.
19. Bakirdere S, Yaman M. Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in Elazig, Turkey. Environ Monit Assess 2008; 136: 401-10.
20. Yaman M, Akdeniz I Sensitivity enhancement in flame atomic absorption spectrometry for determination of copper in human thyroid tissues. Anal Sci 2004; 20: 1363-6.
21. Sobhanardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in groundwater resources of Razan Plain. Sci J Hamadan Univ Med Sci 2015; 21(4): 319-29 (In Persian).
22. Sobhanardakani S. Evaluation of the water quality pollution indices for groundwater resources of Ghahavand Plain, Hamedan Province, western Iran. Iran J Toxicol 2016; 10(3): 35-40.
23. Bakirdere S, Yaman M. Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in

Elazig, Turkey. Environ Monit Assess 2008; 136: 401-10.

24. Masoudi S, Ghajar Sepanlou M, Bahmanyar MA. Distribution of lead, cadmium, copper and zinc in roadside soil of Sari-Ghaemshahr road, Iran. Afr J Agr Res 2012; 7(2): 198-204.
25. Naeem Abbasi M, Tufail M, Mansha Chaudhry M, Assessment of heavy elements in suspended dust along the Murree highway near capital city of Pakistan. World Appl Sci J 2013; 21(9): 1266-75.
26. Samani Majd S, Taebi A, Afyuni M. Lead and cadmium pollution in urban roadside soil. J Environ Stud 2007; 33(43): 1-10 (In Persian).
27. Zannoni D, Valotto G, Visin F, et al. Sources and distribution of tracer elements in road dust: the Venice mainland case of study. J Geochem Explor 2016; 166: 64-72.
28. Bourliva A, Kantiranis N, Papadopoulou L, et al. Seasonal and spatial variations of magnetic susceptibility and potentially toxic elements (PTEs) in road dusts of Thessaloniki city, Greece: A one-year monitoring period. Sci Total Environ 2018; 639: 417-27.
29. Men C, Liu R, Xu F, et al. Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing, China. Sci Total environ 2018; 612: 138-47.
30. Mohamadi M, Ghasemi R, Naeimi M. Distribution pattern of heavy metals in roadside Topsoils around the Rasht-Qazvin freeway. J Health 2018; 9(3): 249-58 (In Persian).
31. Pardakhti A, Zahed F. Pollution Indices and Ecological Risk Assessment for Heavy Metals in Side Soils of Interurban Roads, Iran. J Environ Sci Studies 2018; 3(3): 769-81 (In Persian).
32. Sobhan Ardakani S. Assessment of Pb and Ni contamination in the topsoil of ring roads' green spaces in the city of Hamadan. Pollution 2018; 4(1): 43-51.
33. Yan G, Mao L, Liu S, et al. Enrichment and sources of trace metals in roadside soils in Shanghai, China: a case study of two urban/rural roads. Sci Total Environ 2018; 631: 942-50.
34. Abbaszadeh H, Mohammadi Roozbahani M, Sobhanardakani S. Use of Ziziphus spina-christi and Prosopis cineraria leaves as bio-indicators of environmental pollution emitted from industrial areas. Iran J Health Environ 2019; 12(1): 87-100 (In Persian).
35. Devi U, Taki K, Shukla T, et al. Microzonation, ecological risk and attributes of metals in highway road dust traversing through the Kaziranga National Park, Northeast India: implication for confining metal pollution in the national forest. Environ Geochem Health 2019; 41(3): 1387-403.
36. Ghanavati N, Nazarpour A, Babaenejad T. Assessment of the Ecological and Health Risks of Some Heavy Metals in Roadside Soils of Ahvaz, Iran. Sci J School of Public Health and Institute of Public Health Res 2019; 16(4): 373-90 (In Persian).
37. Jankowski K, Malinowska E, Ciepiela GA, et al. Lead and cadmium content in grass growing near an expressway. Arch Environ Contam Toxicol 2019; 76(1): 66-75.
38. Khalid N, Noman A, Aqeel M, et al. Phytoremediation potential of Xanthium strumarium for heavy metals contaminated soils at roadsides. Int J Sci Environ Technol 2019; 16(4): 2091-100.
39. Kumar R, Kumar V, Sharma A, et al. Assessment of pollution in roadside soils by using multivariate statistical techniques and contamination indices. SN Appl Sci 2019; 1(8): 1-11.
40. Roy S, Gupta SK, Prakash J, et al. Ecological and human health risk assessment of heavy metal contamination in road dust in the National Capital Territory (NCT) of Delhi, India. Environ Sci Pollut Res 2019; 26(29): 30413-25.
41. Krupnova TG, Rakova OV, Gavrilkina SV, et al. Road dust trace elements contamination, sources, dispersed composition, and human health risk in Chelyabinsk, Russia. Chemosphere 2020; 261: 127799.
42. Sadeghdoust F, Ghanavati N, Nazarpour A, et al. Hazard, ecological, and human health risk assessment of heavy metals in street dust in Dezful, Iran. Arab J Geosci 2020; 13(17): 1-14.
43. De Silva S, Ball AS, Indrapala DV, et al. Review of the interactions between vehicular emitted potentially toxic elements, roadside soils, and associated biota. Chemosphere 2021; 263: 128135.
44. Hosseini NS, Sobhanardakani S. Evaluation of the impact of traffic volume on pollution and potential ecological risk of Zn, Pb, and Ni in suburban roadside soils in Hamedan, Iran. Iran J Soil Res 2021; 35 (2): 119-35 (In Persian).
45. Wang H-Z, Cai L-M, Wang Q-S, et al. A comprehensive exploration of risk assessment and source quantification of potentially toxic elements in road dust: A case study from a large Cu smelter in central China. Catena 2021; 196: 104930.

46. An S, Liu N, Li X, et al. Understanding heavy metal accumulation in roadside soils along major roads in the Tibet Plateau. Sci Total Environ 2022; 802: 149865.

47. Hosseini NS, Sobhanardakani S. Pollution and potential ecological risk assessment of Pb, Cd, Cr and Ni in surface soils along some roads of city of Hamedan. J Environ Health Eng 2022; 9(3): 349-64 (In Persian).

48. Hosseini NS, Sobhanardakani S. Concentration, sources, potential ecological and human health risks assessment of trace elements in roadside soil in Hamedan metropolitan, west of Iran. Int J Environ Anal Chem doi: 10.1080/03067319.2022.2135997.

49. Sobhanardakani S. Ecological risk assessment of heavy metals in the atmospheric dry deposition in Hamedan City. J Kermanshah Univ Med Sci 2018; 22(1): e69642

50. Hosseini NS, Sobhanardakani S, Cheraghi M, et al. Feasibility of using Achillea wilhelmsii and Cardaria draba for biomonitoring and bioremediation of heavy metals (Zn, Pb and Ni) in the roadside environments. Iran J Health Environ 2021; 13(4): 607-20 (In Persian).

51. Davodpour R, Sobhanardakani S, Cheraghi M, et al. Honeybees (Apis mellifera L.) as a potential bioindicator for detection of toxic and essential elements in the environment (case study: Markazi Province, Iran). Arch Environ Contam Toxicol 2019; 77(3): 344-58.

52. Nikolaeva O, Karpukhin M, Streletskii R, et al. Linking pollution of roadside soils and ecotoxicological responses of five higher plants. Ecotoxicol Environ Saf 2021; 208: 111586.

53. Fei X, Lou Z, Xiao R, et al. Source analysis and source-oriented risk assessment of heavy metal pollution in agricultural soils of different cultivated land qualities. J Clean Prod 2022; 341: 130942.

54. Anwar S, Naz A, Ashraf MY, et al. Evaluation of inorganic contaminants emitted from automobiles and dynamics in soil, dust, and vegetations from major highways in Pakistan. Environ Sci Pollut Res 2020; 27(26): 32494-508.

55. Carneiro MFH, Ribeiro FQ, Fernandes-Filho FN, et al. Pollen abortion rates, nitrogen dioxide by passive diffusive tubes and bioaccumulation in tree barks are effective in the characterization of air pollution. Environ Exp Botan 2011; 72(2): 272-7.

56. Jimenez MD, de Torre R, Mola I, et al. Local plant responses to global problems: Dactylis glomerata responses to different traffic pollutants on roadsides. J Environ Manag 2018; 212: 440-9.

57. Mohebian M, Sobhanardakani S, Taghavi L, et al. Analysis and potential ecological risk assessment of heavy metals in the surface soils collected from various land uses around Shazand Oil Refinery Complex, Arak, Iran. Arab J Geosci 2021; 14(19): 1-16.

58. Salazar-Rojas T, Cejudo-Ruiz FR, Calvo-Brenes G. Assessing magnetic properties of biomonitors and road dust as a screening method for air pollution monitoring. Chemosphere 2023; 310: 136795.

59. Shi J, Zhang G, An H, et al. Quantifying the particulate matter accumulation on leaf surfaces of urban plants in Beijing. Atmos Pollut Res 2017; 8(5): 836-42.

60. Van Bohemen HD, Janssen Van De Laak WH. The influence of road infrastructure and traffic on soil, air and water quality. J Environ Manage 2003; 31: 50-68.

61. Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. Environ Pollut 2008; 154(2): 254-63.

62. Feng J, Wang Y, Zhao J, et al. Source attributions of heavy metals in rice plant along highway in Eastern China. J Environ Sci 2011; 23(7): 1158-64.

63. Jankowski K, Ciepiela AG, Jankowska J, et al. Content of lead and cadmium in aboveground plant organs of grasses growing on the areas adjacent to a route of big traffic. Environ Sci Pollut Res 2015; 22(2): 978-87.

64. Shabanian N, Cheraghi C. Comparison of phytoremediation of heavy metals by woody species used in urban forestry of Sanandaj city. Forest Poplar Res 2013; 21(1): 154-65 (In Persian).

65. Pourkhabbaz AR, Shirvani Z, Ghaderi MG. Biomonitoring of air pollution in urban regions by Platanus orientalis and Fraxinus excelsior (Case study: Shiraz city). J Environ Stud 2015; 41(2): 351-60 (In Persian).

66. Mostafavi F, Bahmani M. Potential uptake of heavy metals by some tree and shrub species used in Shahrekord landscape. J Environ Sci Technol 2020; 22(4): 135-48 (In Persian).

67. Chen TB, Zheng YM, Lei M, et al. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere 2005; 60(4): 542-51.

68. Falahi-Ardakani A. Contamination of environment with heavy metals emitted from automotives. Ecotoxicol Environ Saf 1984; 8(2): 152-61.

69. Carlosena A, Andrade AM, Prada D. Searching for heavy metals grouping roadside soils as a function of motorized traffic influence. Talanta 1998; 47: 753-67.

70. McKenzie ER, Money JE, Green PG, et al. Metals associated with stormwater-relevant brake and tire samples. Sci Total Environ 2009; 407(22): 5855-60.

71(60). Lu X, Wang L, Li LY, et al. Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China. J Hazard Mate 2010; 173(1-3): 744-9.

72. Forghani G, Kelm U, Mazinani V. Spatial distribution and chemical partitioning of potentially toxic elements in soils around Khatoon-Abad Cu Smelter, SE Iran. J Geochem Explor 2019; 196: 66-80.

73. Ramírez O, de la Campa AMS, Amato F, et al. Physicochemical characterization and sources of the thoracic fraction of road dust in a Latin American megacity. Sci Total Environ 2019; 652: 434-46.

74. Wang H-Z, Cai L-M, Wang Q-S, et al. A comprehensive exploration of risk assessment and source quantification of potentially toxic elements in road dust: A case study from a large Cu smelter in central China. Catena 2021; 196: 104930.

75. Foti L, Dubs F, Gignoux J, et al. Trace element concentrations along a gradient of urban pressure in forest and lawn soils of the Paris region (France). Sci Total Environ 2017; 598: 938-48.

76. Jiang Y, Chao S, Liu J, et al. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. Chemo-sphere 2017; 168: 1658-68.

77. Bernardino CAR, Mahler CF, Santelli RE, et al. Metal accumulation in roadside soils of Rio de Janeiro, Brazil: impact of traffic volume, road age, and urbanization level. Environ Monit Assess 2019; 191: 156.

78. Saeedi M, Hosseinzadeh M, Jamshidi A, et al. Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils, Iran. Environ Monit Assess 2009; 151(1): 231-41.

79. Al-Chalabi AS, Hawker D. Distribution of vehicular lead in roadside soils of major roads of Brisbane, Australia. Water Air Soil Pollut 2000; 118: 299-310.

80. Jaradat QM, Momani KA. Contamination of roadside soil, plants, and air with heavy metals in Jordan, a comparative study. Turk J Chem 1999; 209: 20-3.

81. Nabulo G, Oryem-Origa H, Diamond M. Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala City, Uganda. Environ Res 2006; 101(1): 42-52.

82. Shashank S, Prasad FM. Accumulation of lead and cadmium in soil and vegetable crops along major highways in Agra (India). E-J Chem 2010; 7(4): 1174-83.

83. Rahmani HR, Kalbasi M, Hajrasuliha S. Plant pollution from lead produced by automobile exhaust system near certain highways of Iran. J Environ Stud 2001; 26: 77-83 (In Persian).

84. Fakayode SO, Olu-Owolabi BI. Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: Its relationship to traffic density and proximity to highways. Environ Geol 2003; 44: 150-7.

Journal of Environmental Health Engineering, January 2023; Vol.10, No. 2: 100 - 113

Effect of traffic density on heavy metal content of soils and vegetation cover along roadsides, case study: City of Hamedan

Bahareh Lorestani[1]*, Mehrdad Cheraghi[2], Soheil Sobhanardakani[2]

[1] PhD. in Environmental Science, Associate Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

[2] Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

**** Corresponding Author: Email: lorestanib@iauh.ac.ir***

Received: 22 March 2023, Accepted: 29 April 2023

ABSTRACT

Background & Objective: Nowadays, trace elements are known as useful indicators for monitoring of environmental pollution caused from traffic emmissions. Therefore, this study was conducted to assess the effect of urban traffic and distance from the street side on heavy metals (Pb, Cd and Cu) concentration in surface soil and plant species of roadsides environment of city of Hamedan, west of Iran.

Methods: In this descriptive study, a total of 48 surface soil and plant samples were collected from four areas of city of Hamedan with different traffic density. After samples preparation, the concentrations of the analyzed elements in the soil and plant samples were determined using ICP-OES. Also, all statistical analyses of the obtained data were performed using SPSS software version 19.0.

Results: Based on the results obtained, metals accumulation in soils and plants of the area with heavy traffic volume especially Basij Boulevard were higher than the other sampling areas. Also, distance from street side had been inverse relation with metals accumulation in soil and plant samples. So as the most accumulation of elements was recorded for samples collected at a distance of 5.0 m from street side.

Conclusion: Generally, inverse relation of metals accumulation in soil and plant samples with distance from street side might be related to vehicular emissions. Moreover, the results of this study also could be useful for managers and planners in the fields of architecture and urban design, urban land use planning, and urban traffic control managers.

Keywords: Heavy metals, Urban traffic, Vegetation cover, Roadside, Hamedan