مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۸۷ تا ۱۰۰

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

امکان‌سنجی استفاده از برگ درختان کنار (*Ziziphus spina-christi*) و کهور (*Prosopis cineraria*) به‌عنوان زیست شناساگر آلودگی فلزات سنگین منتشر شده از مناطق صنعتی

حیدر عباس‌زاده[۱]، مریم محمدی روزبهانی[۱،*]، سهیل سبحان اردکانی[۲]
۱- گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۰۴
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۸
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۳/۲۹

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، پایش زیستی، زیست شناساگر، کنار، کهور

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ma.mohammadiroozbahani@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: آلاینده‌های منتشر شده از صنایع در صورت ورود به زنجیر غذایی می‌تواند سلامت انسان را با مخاطره جدی مواجه کرده و از این‌رو پایش محیطی آنها ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا، این پژوهش با هدف ارزیابی قابلیت پایش زیستی فلزات سنگین (آهن، سرب و کادمیوم) توسط برگ درختان کنار و کهور مستقر در حاشیه یک مجتمع فولاد در سال ۱۳۹۵ انجام یافت.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی پس از تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری، ۹۰ نمونه از برگ درختان کنار و کهور و همچنین ۹۰ نمونه از خاک موجود در پای درختان برداشت شد. پس از آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها در آزمایشگاه، محتوی فلزات سنگین در آنها توسط دستگاه جذب اتمی خوانده شد و سپس ضریب تجمع زیستی (Bioconcentration Factor) فلزات محاسبه شد. پردازش آماری نتایج نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام یافت.

یافته‌ها: بیشینه میانگین غلظت عناصر (mg/kg) در برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور برای آهن به‌ترتیب ۲۰۲/۳±۲۱۸۰/۳ و ۳۱۵/۱±۲۲۳۷/۹، برای سرب به‌ترتیب ۹/۶±۷۶/۶ و ۴/۵±۱۱۴/۳ و برای کادمیوم به‌ترتیب ۱۶/۸±۶۹/۲ و ۶/۸±۱۰۷/۲ بود. از طرفی مقادیر BCF در همه ایستگاه‌ها و برای همه عناصر، بزرگ‌تر از ۱ بود.

نتیجه‌گیری: با استناد به مقادیر محاسبه شده BCF عناصر می‌توان اذعان کرد که گونه‌های کنار و کهور از قابلیت تجمع و انباشت فلزات سنگین برخوردار بوده و می‌توان از آنها در مناطق آلوده صنعتی و شهری به‌عنوان گونه بیش اندوز (Hyperaccumulator) در برداشت و استخراج گیاهی (Phytoextraction) بهره برد.

Please cite this article as: 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. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):87-100.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

مقدمه

محیط‌زیست آلوده، به مناطقی واجد ترکیبات یا مواد نامطلوب برای زندگی انسان، گیاه یا جانوران که به‌واسطه فعالیت‌های بشر از جمله فعالیت‌های صنعتی، دفع پسماندها، سوزاندن زباله‌ها، کاربرد طولانی مدت سموم و کودهای شیمیایی، کاربرد لجن فاضلاب در کشاورزی و احتراق سوخت‌های فسیلی ناشی از تردد وسایل نقلیه موتوری در محیط منتشر شده‌اند، اطلاق می‌شود. بدیهی است هرچه غلظت آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین، آفت‌کش‌های شیمیایی، ترکیبات آلی فرار و هیدروکربن‌های آروماتیک در محیط بیشتر باشد و یا مدت قرار گرفتن گیاهان، جانوران و انسان در معرض این مواد آلاینده طولانی‌تر باشد، عوارض سوء این ترکیبات بر زندگی زیست‌مندان نیز بیشتر خواهد بود (۳-۱). در این میان، فلزات سنگین به‌دلیل ویژگی‌هایی از جمله قابلیت تجمع‌زیستی در بافت‌های حیاتی زیست‌مندان مانند کبد و کلیه، غیر قابل تجزیه بودن، نیم عمر زیستی طولانی و پایداری زیاد به‌طور ویژه مورد توجه قرار گرفته‌اند. هرچند دسترسی زیستی فلزات سنگین به واکنش آنها با اجزای مختلف خاک بستگی دارد، ولی تجمع زیستی این عناصر در زنجیره خاک، گیاه و غذا و حضور مقادیر قابل توجه از آنها در محیط بیانگر احتمال بروز خطر بالقوه برای سلامت محیط و انسان است (۱، ۳-۷).

آهن به‌عنوان عنصری با فراوانی زیاد در پوسته زمین یک جزء ضروری و حیاتی برای سلامت زیست‌مندان به‌جز تعداد معدودی از باکتری‌ها است. محتوی این عنصر در بدن انسان ۶۰-۷۰ µg/g تخمین زده شده است. هرچند ترکیبات آهن مانند میوگلوبین و هموگلوبین برای بقا بسیار ضروری هستند، ولی تجمع بیشتر از حد آن در بدن باعث آسیب به کبد و کلیه می‌شود (۶، ۸، ۹).

سرب به‌عنوان یک آلاینده و فلز سمی رایج در محیط، به‌دلیل برخورداری از نیم‌عمر طولانی در بدن زیست‌مندان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳، ۱۰). این عنصر در گروه2B فهرست ترکیبات سرطان‌زای موسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان طبقه‌بندی شده است و آثار سمی آن به‌ویژه در دستگاه عصبی مرکزی، اعصاب محیطی، دستگاه گوارش و همچنین سیستم خون‌ساز بر حسب ویژگی‌های متابولیکی و رژیم غذایی افراد متفاوت است (۳، ۱۱). از جمله مهمترین منابع انتشار فلز سرب در محیط شهری می‌توان به فعالیت‌هایی مانند معدن‌کاوی، ریخته‌گری، صنایع باتری‌سازی و رنگ‌سازی و از همه مهمتر احتراق سوخت فسیلی اشاره کرد. در این خصوص لازم به ذکر است که در سال‌های اخیر به‌دلیل حذف سرب از بنزین، ورود آن به محیط شهری به شدت کاهش یافته است، اما همچنان انباشت پیشین این عنصر در محیط و از جمله در خاک و رسوب و از طرفی گرد و غبار ناشی از آنها قابل ردیابی است (۳، ۴، ۱۲). تجمع مقادیر بیشتر از حد سرب در بدن عوارضی همچون جلوگیری از سنتز هموگلوبین، آسیب به عملکرد کلیه‌ها و از طرفی سیستم‌های قلبی-عروقی، تولیدمثل و عصبی در بزرگسالان و همچنین رشد ضعیف سلول‌های خاکستری مغز و به‌تبع آن کاهش بهره هوشی کودکان و اطفال را به‌دنبال خواهد داشت (۳، ۴، ۱۰).

کادمیوم نیز به‌عنوان یک فلز سنگین غیرضروری و بسیار سمی برای انسان، مانند سرب از قابلیت انباشت در بافت‌های زنده برخوردار است (۱۰). از مهمترین منابع انتشار این عنصر در محیط می‌توان به استفاده از این فلز در صنایع غذایی و نهاده‌های کشاورزی همچون انواع کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی اشاره کرد (۱۰، ۱۳). صنایع آب‌کاری، صنایع فلزی و شیمیایی، استهلاک تایر خودروها و ترافیک از سایر منابع ورود کادمیوم به محیط محسوب می‌شوند. تجمع مقادیر بیشتر از حد کادمیوم در بدن به ضایعات کلیوی و کبدی، بیماری‌های استخوانی، بیماری‌های قلبی-عروقی، تورم شش‌ها، بروز جهش و سرطان و افزایش فشار خون منجر می‌شود (۳، ۴، ۱۴-۱۶). امروزه توسعه سریع صنعتی و افزایش تخلیه مواد آلاینده به محیط‌زیست منجر به افزایش نگرانی‌ها در مورد تجمع این ترکیبات به‌ویژه فلزات سنگین در خاک شده است. این در حالی است که خاک و گیاه به‌عنوان اجزای اساسی محیط‌زیست انسان به‌طور مستقیم در ارتباط با یکدیگر بوده و هر نوع اختلال در سیستم طبیعی خاک منجر به رشد غیرطبیعی گیاهان خواهد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

شـد. از دیگر سـو قرار گرفتن ساده شهروندان در معرض خاک محیط شـهری و یا تماس مسـتقیم پوستی، بلع و تنفس ذرات گرد و غبار می‌تواند برای آنها مخاطرات جدی به‌دنبال داشـته باشد (۳، ۱۷).

تاکنـون در خصوص جذب و تجمع فلزات سـنگین در گیاهان با تاکید بر نـوع گیاه، نوع فلزات و منطقه مورد مطالعه چندین مطالعه انجام یافته اسـت. Liu و همـکاران (۲۰۰۷) با مطالعه جذب فلزات سـنگین توسط برگ درختان خزان‌کننده واقع در خیابان‌های پکن نتیجه گرفتند که گونه *Catalpa speciosa* از قابلیت کاشـت در نواحـی مانند پکن که بـا پدیده آلودگی خاک به عناصر سـرب و کادمیوم مواجه‌اند، برخوردار هسـتند (۱۸). Kord و همـکاران (۲۰۱۰) نسـبت بـه امکان‌سـنجی اسـتفاده از سـوزن‌های گونه کاج (*Pinus Eldarica*) به‌عنوان شـاخص آلودگی فلزات سنگین اقدام کرده و نتیجه گرفتند که از سوزن‌های گونه کاج مورد مطالعه می‌توان برای پایش مناطق آلوده اسـتفاده کرد (۱۹). Klink و همکاران (۲۰۱۳)، غلظت فلزات سـنگین آهن، روی، سرب، کادمیوم، کبالت، کروم، مس و نیـکل را در اندام‌هـای مختلف گونه نـی (*Typha latifolia*) رشـدیافته در جنوب غربی لهسـتان را بررسـی کرده و نتیجه گرفتنـد که گونه نی می‌تواند به‌جز بـرای عناصر آهن و کروم، به‌عنوان زیسـت شناساگر مناسـب در ردیابی سایر فلزات مورد مطالعه، مورد اسـتفاده قرار گیـرد (۲۰). Zoufan و همکاران (۲۰۱۳) نسبت به مقایسـه توانایی تغلیظ فلزات سنگین آهن، روی، سـرب، منگنز و نیکل در پوشـش گیاهی منطقه اطراف صنایـع فولادسـازی در جاده بندر امام-ماهشـهر اقدام کرده و نتیجـه گرفتند کـه میانگین غلظت فلزات در پوشـش گیاهی منطقه از حد آسـتانه برای گونه‌های بیش‌اندوز کمتر بوده است (۲۱).

وجود منابع سرشار نفت و گاز و توسعه روز افزون صنایع مختلف از جمله صنایع فولاد در اسـتان خوزسـتان و به‌طور اخص در شهر اهواز موجب بروز مشـکلات عدیده محیط‌زیستی از قبیل افزایش آلودگی هوا و منابع آب و خاک ناشی از نشت ترکیبات و مشـتقات نفتی و همچنین انتشار غباره حاوی فلزات سنگین کوره صنایع تولید فولاد شده است (۱، ۹، ۲۲).

با توجه به اینکه جذب مسـتقیم فلزات سنگین انتشاریافته در هوا از صنعت فولاد توسـط گیاه و یا انتقال این فلزات توسـط خاک آلوده شـده به گیـاه می‌تواند به افزایـش محتوی فلزات سـنگین در اندام گیاه و به‌تبع آن کاهش رشد و عملکرد گیاه، آلوده شـدن زنجیـر غذایـی و در نهایت ایجـاد مخاطره برای سـلامت جوامع انسـانی منجر شـود، لذا، این مطالعه با هدف امکان‌سنجی استفاده از گونه‌های کنار و کهور مستقر در اطراف منطقه استقرار صنایع فولاد خوزستان به‌عنوان پایشگر زیستی تجمع فلزات سـنگین آهن، سـرب و کادمیوم در خاک و گیاه انجام یافت.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شـرکت فولاد خوزستان مستقر در ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان اهواز به‌عنوان اولین مجتمع تولید آهن و فولاد کشور به روش احیای مستقیم و کوره قوس الکتریکی، در حال حاضر دومین قطب تولید فولاد خام در ایران محسـوب می‌شـود. این شرکت در سـال ۱۳۶۷ در زمینی به‌وسـعت ۳۸۰ ha فعالیت تولیدی خود را شـروع کرد. مطالعه‌های زمین‌شـناختی بیانگر آن اسـت که منطقه جنوب اهواز از جمله محدوده صنایع فولاد خوزستان بر روی سازند آهک مارنی آغاجاری و رسوبات دریایی واقع شـده اسـت. خاک منطقه تقریبا در اکثر بخش‌ها شـور و pH آن بزرگ‌تر از هفت با محتوی اندک مواد آلی است.

نمونه‌برداری از خاک و گیاه

در ایـن مطالعه توصیفی با درنظر گرفتـن محدودیت امکانات، زمان و منابـع مالی، تعداد پنج ایسـتگاه نمونه‌برداری از خاک و گیاه پیرامون مجتمع فـولاد با فاصله یک کیلومتر از یکدیگر انتخاب شـد. بدیـن صورت که از هـر ایسـتگاه ۶ نمونه برگ گونه‌هـای درختـی کنار و کهور با اسـتفاده از قیچی باغبانی و ۶ نمونه خاک سـطحی (عمـق ۵ cm) موجود در پای گیاهان با اسـتفاده از بیلچه باغبانی پلاسـتیکی هر کدام در سه تکرار برداشـت شـد. بنابراین، در مجموع ۹۰ نمونه برگ و همچنین

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

۹۰ نمونه خاک برداشت شد. سپس نمونه‌های گیاهی داخل کیسه‌های کاغذی و نمونه‌های خاک نیز داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی تخلیه و به آزمایشگاه منتقل شدند (۱۷، ۲۳-۲۶).

آماده‌سازی، هضم و تعیین محتوی عناصر در نمونه‌های گیاهی

برای آماده‌سازی نمونه‌های گیاه ابتدا نیمی از برگ‌های جمع‌آوری شده در هر ایستگاه با استفاده از آب دوبار تقطیر شسته شده و به پاکت‌های کاغذی منتقل شدند. نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ h درون دستگاه آون با دمای ۶۰ °C خشک شدند. سپس برگ‌ها توسط هاون چینی و آسیاب برقی به شکل پودر درآمده و توسط الک ۶۳ µ غربال شدند.

برای هضم نمونه‌های گیاهی، ۱ g از هر نمونه پودر شده که با استفاده از ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ g توزین شده بود، به ارلن ۱۰۰ mL منتقل و سپس ۵ mL اسید نیتریک غلیظ به هر نمونه افزوده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲۴ h زیر هود قرار داده شدند. سپس ارلن‌ها بر روی هیتر با دمای ۸۰ °C الی ۹۰ در زیر هود تا زمان متصاعد شدن بخار خرمایی رنگ از همه نمونه‌ها به ملایمت حرارت داده شدند. پس از گذشت ۱۰ min، ۲ mL آب اکسیژنه ۳۰ درصد به هر یک از ارلن‌ها افزوده و نمونه‌ها به‌صورت دورانی تکان داده شدند و دوباره روی هیتر با شدت بیشتر حرارت داده شدند. در این شرایط و با کم شدن حجم محلول، تا زمان حصول به محلول زرد کم رنگ و یا بی‌رنگ، هر ۱۵ min مجددا ۲ mL آب اکسیژنه ۳۰ درصد به نمونه‌ها افزوده شد. پس از بی‌رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن به ۳-۲ mL، اجازه داده شد تا محلول‌ها خنک شوند. در مرحله بعد مقداری آب مقطر به هر محلول افزوده و با عبور آنها از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰، محلول نهایی در بالون ژوژه ۵۰ mL که از قبل اسیدشویی شده بود با اسید نیتریک ۱۰ درصد به حجم رسانده شد. پس از آن محلول حاصل به ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار منتقل شد (۲۷، ۲۸). در نهایت پس از ساخت محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک عناصر و کالیبره کردن دستگاه جذب اتمی، محتوی عناصر آهن، سرب و کادمیوم در نمونه‌های مورد مطالعه در سه تکرار خوانده شد.

آماده‌سازی، هضم و تعیین محتوی عناصر در نمونه‌های خاک

در مرحله اول، نمونه‌های خاک به ظروف شیشه‌ای مخصوص منتقل شده و در دستگاه آون با دمای ۷۰ °C به مدت ۴۸ h کاملا خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک شده در هاون چینی پودر و از الک ۶۳ µ عبور داده شدند. برای هضم نمونه‌های خاک، ۱g از هر نمونه که با استفاده از ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ g توزین شده بود، به ارلن ۱۰۰ mL منتقل و توسط پیپت پنج قطره اسید کلریدریک ۱ N به هر کدام از نمونه‌ها افزوده شد. پس از آن، ارلن‌ها با هدف مخلوط شدن کامل خاک و اسید به شکل دورانی تکان داده شدند. در مرحله بعد ۵ mL تیزاب سلطانی (Aqua regia) به هر کدام از ارلن‌ها افزوده و ظروف تکان داده شدند. سپس ارلن‌ها بر روی هیتر برقی با دمای ۱۰۰ °C الی ۱۵۰ به‌مدت ۱۵ min در زیر هود و تا هنگام تیره شدن رنگ نمونه‌ها و خروج بخار اسید از آنها حرارت داده شدند. پس از آن به هر یک از نمونه‌ها ۳ mL اسید پرکلریک افزوده و مجددا ارلن‌ها تا هنگام کاهش یافتن حجم محلول به ۳-۲ mL بر روی هیتر قرار داده شدند. پس از خنک شدن ظروف، مقداری آب مقطر به هر محلول افزوده و با عبور آنها از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰، محلول نهایی در بالون ژوژه ۵۰ mL که از قبل اسیدشویی شده بود با اسید کلریدریک ۱ N به حجم رسانده شد. پس از آن محلول حاصل به ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار منتقل شد (۲۸). در نهایت پس از ساخت محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک عناصر و کالیبره کردن دستگاه جذب اتمی، محتوی عناصر آهن، سرب و کادمیوم در نمونه‌های مورد مطالعه در سه تکرار خوانده شد.

محاسبه ضریب تجمع‌زیستی

ضریب تجمع‌زیستی از نسبت محتوی فلز در اندام هوایی (برگ) به محتوی فلز در خاک محاسبه شد. بر این اساس گیاهانی که دارای BCF بزرگ‌تر از یک در ریشه و اندام‌های هوایی خود باشند، برای استخراج گیاهی (Phytoextraction) و آنهایی که دارای BCF بزرگ‌تر از یک در ریشه و فاکتور انتقال کوچک‌تر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

از ۱ باشند، برای تثبیت گیاهی (Phytostabilization) مناسب هستند (۳۲-۲۹).

پردازش آماری داده‌ها

بدین منظور از نرم‌افزار آماری SPSS, 19 استفاده شد. برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smornov)، به‌منظور مقایسه میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های خاک و گیاه بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و به‌دنبال آن آزمون تعقیبی دانکن (Duncan Multiple Range Test)، برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری میانگین غلظت عناصر بین برگ‌های شسته شده و شسته نشده گونه‌ها از آزمون تی مستقل (Independent T-Test) و برای بررسی همبستگی بین میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر در نمونه‌های خاک با برگ از آزمون آماری ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج سنجش محتوی عناصر در نمونه‌های برگ و خاک

نتایج مربوط به قرائت محتوی فلزات سنگین آهن، سرب و کادمیوم در نمونه‌های برگ شسته شده و شسته نشده گونه‌های کنار و کهور و همچنین نمونه‌های خاک برداشت شده از پای هر گیاه به‌ترتیب در جداول ۱ تا ۳ ارائه شده است. نتایج مندرج در جدول ۱ بیانگر آن است که بیشینه میانگین غلظت عنصر آهن برابر با ۲۰۲/۳±۲۱۸۰/۳ و mg/kg ۳۱۵/۱±۲۲۳۷/۹ به‌ترتیب در برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور تجمع یافته بود.

جدول ۱- محتوی عنصر آهن در نمونه‌های گیاهی و خاک (mg/kg) به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری

ایستگاه	SD ± میانگین غلظت آهن در نمونه گیاهی				SD ± میانگین غلظت آهن در نمونه خاک پای گونه گیاهی	
	گونه کنار		گونه کهور		گونه کنار	گونه کهور
	برگ شسته شده	برگ شسته نشده	برگ شسته شده	برگ شسته نشده		
۱	۱۰۸۲/۷±۴۳/۹d	۲۱۹۴/۷±۱۳۱/۸c	۱۵۵۳/۳±۲۶/۱e	۲۷۳۹/۳±۴۳۲/۰e	۱۰۷/۸±۰/۵۴d	۱۱۱/۲±۰/۲۴c
۲	۱۰۸۴/۰±۷۲/۰d	۲۱۰۳/۳±۷۸/۸b	۱۳۱۸/۰±۴۰/۸d	۲۳۱۲/۰±۶۰۵/۳d	۸۶/۱±۰/۷۵c	۱۰۶/۹±۰/۴۱c
۳	۸۹۵/۳±۴۶/۶c	۲۵۱۸/۰±۲۰۹/۰d	۱۲۴۰/۷±۱۴/۵c	۲۱۶۶/۷±۲۹/۷c	۶۱/۸±۰/۸۴b	۸۶/۰±۰/۲۴b
۴	۷۰۵/۳±۱۲/۵b	۲۰۹۵/۳±۳۰/۰b	۱۰۸۰/۰±۱۱/۱b	۲۰۴۹/۳±۲۶/۰b	۵۹/۴±۰/۵۱b	۶۱/۵±۳/۳a
۵	۴۹۴/۷±۴۳/۵a	۱۹۹۰/۰±۲۶/۱a	۹۵۴/۷±۸/۱a	۱۹۲۲/۷±۲۱/۲a	۲۶/۲±۰/۴۶a	۶۱/۸±۰/۵۸a
میانگین کل	۸۵۲/۴±۲۵۴/۱	۲۱۸۰/۳±۲۰۲/۳	۱۲۲۹/۳±۲۲۹/۶	۲۲۳۷/۹±۳۱۵/۱	۶۸/۳±۳۰/۷	۸۵/۵±۲۳/۷

حروف غیر مشترک (a، b، c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری ($p<0/05$) میانگین غلظت تجمع یافته عنصر آهن در نمونه‌های گیاهی و خاک براساس نتایج آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

جدول ۲- محتوی عنصر سرب در نمونه‌های گیاهی و خاک (mg/kg) به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری

ایستگاه	SD ± میانگین غلظت سرب در نمونه گیاهی				SD ± میانگین غلظت سرب در نمونه خاک پای گیاه	
	گونه کنار		گونه کهور			
	برگ شسته شده	برگ شسته نشده	برگ شسته شده	برگ شسته نشده	گونه کنار	گونه کهور
۱	۳۳/۵±۵/۳c	۹۳/۴±۵/۶c	۲۰/۳±۰/۳a	۱۲۰/۸±۵/۷۷c	۵/۳±۰/۸a	۱۴/۸±۰/۴b
۲	۳۱/۰±۰/۶c	۷۷/۱±۰/۸b	۲۰/۱±۰/۳a	۱۱۷/۲±۰/۴b	۱۱/۴±۰/۳c	۱۲/۶±۰/۳ab
۳	۲۸/۶±۰/۳bc	۷۷/۱±۰/۵b	۱۹/۷±۰/۱a	۱۱۲/۲±۰/۱a	۱۸/۲±۰/۱d	۱۳/۲±۱/۱ab
۴	۲۵/۳±۰/۳ab	۷۰/۳±۰/۱a	۱۹/۰±۰/۲a	۱۱۱/۱±۰/۴a	۸/۹±۰/۹bc	۱۰/۸±۰/۵a
۵	۲۱/۳±۱/۲a	۶۹/۹±۰/۳a	۱۷/۴±۰/۰ a	۱۱۰/۱±۰/۰a	۶/۴±۰/۲ab	۹/۵±۰/۷a
میانگین کل	۲۷/۹±۴/۸	۷۶/۶±۹/۶	۱۹/۳±۱/۲	۱۱۴/۳±۴/۵	۱۰/۱±۵/۱	۱۲/۲±۲/۱

حروف غیر مشترک (a، b، c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری (p<۰/۰۵) میانگین غلظت تجمع یافته عنصر سرب در نمونه‌های گیاهی و خاک براساس نتایج آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن است.

نتایج مندرج در جدول ۲ بیانگر آن است که بیشینه میانگین غلظت عنصر سرب برابر با ۷۶/۶±۹/۶ و ۱۱۴/۳±۴/۵ mg/kg به‌ترتیب در برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور تجمع یافته بود.

جدول ۳- محتوی عنصر کادمیوم در نمونه‌های گیاهی و خاک (mg/kg) به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری

ایستگاه	SD ± میانگین غلظت کادمیوم در نمونه گیاهی				SD ± میانگین غلظت کادمیوم در نمونه خاک پای گیاه	
	گونه کنار		گونه کهور			
	برگ شسته شده	برگ شسته نشده	برگ شسته شده	برگ شسته نشده	گونه کنار	گونه کهور
۱	۷/۰±۰/۶ab	۸۶/۵±۳/۹d	۵/۰±۰/۵a	۱۱۳/۳±۰/۶c	۰/۳±۰/۱a	۰/۳±۰/۱a
۲	۹/۹±۲/۰b	۸۳/۶±۷/۰d	۸/۳±۰/۱b	۱۱۲/۵±۱/۱c	۰/۳±۰/۰a	۲/۲±۰/۲c
۳	۴/۱±۱/۲a	۵۸/۰±۱/۲b	۶/۲±۰/۱bc	۱۰۸/۵±۰/۴b	۳/۲±۰/۷b	۲/۱±۰/۲c
۴	۴/۰±۱/۴a	۷۰/۸±۶/۴c	۵/۹±۰/۱bc	۱۰۵/۰±۰/۳b	۰/۵±۰/۲a	۱/۶±۰/۱bc
۵	۳/۸±۰/۰a	۴۷/۰±۵/۹a	۴/۴±۱/۴a	۹۶/۵±۰/۷a	۰/۴±۰/۱a	۱/۳±۰/۲ab
میانگین کل	۵/۸±۲/۷	۶۹/۲±۱۶/۸	۶/۰±۱/۵	۱۰۷/۲±۶/۸	۰/۹±۱/۳	۱/۵±۰/۸

حروف غیر مشترک (a، b، c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری (p<۰/۰۵) میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های گیاهی و خاک براساس نتایج آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

نتایج مندرج در جدول ۳ بیانگر آن است که بیشینه میانگین غلظت عنصر کادمیوم برابر با ۱۶/۸±۶۹/۲ و ۶/۸±۱۰۷/۲ mg/kg به‌ترتیب در برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور تجمع یافته بود.

نتایج پردازش آماری داده‌ها

نتایج آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد با توجه به سطح معنی‌داری (p) بزرگ‌تر از ۰/۵، همه داده‌های مربوط به محتوی عناصر در نمونه‌های برگ و خاک از توزیع نرمال برخوردار بودند.

نتایج آزمون آماری تی مستقل بیانگر آن بود که با توجه به سطح معنی‌داری (p) کوچک‌تر از ۰/۵، بین برگ‌های شسته شده و شسته نشده گونه‌های کنار و کهور از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر آهن، سرب و کادمیوم اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. از طرفی نتایج آزمون آماری همبستگی پیرسون نیز بیانگر آن بود که از حیث میانگین غلظت تجمع یافته عنصر آهن بین نمونه‌های برگ شسته شده کنار و خاک و همچنین بین نمونه‌های برگ شسته شده و شسته نشده کهور و خاک با ضریب همبستگی به‌ترتیب ۰/۹۳۰، ۰/۹۲۰ و ۰/۸۶۹ در سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۱، همبستگی مثبت (مستقیم) وجود داشت. این در حالی بود که از حیث میانگین غلظت تجمع یافته عنصر سرب بین نمونه‌های برگ شسته نشده کهور و خاک با ضریب همبستگی ۰/۵۹۳ در سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۵، همبستگی مثبت وجود داشت. از طرفی از حیث میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم بین نمونه‌های برگ شسته شده کهور و خاک نیز با ضریب همبستگی ۰/۷۰۰ در سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۱، همبستگی مثبت وجود داشت.

نتایج محاسبه BCF

نتایج محاسبه BCF عناصر آهن، سرب و کادمیوم در نمونه‌های برگ شسته شده و شسته نشده گونه‌های کنار و کهور در جدول ۴ ارائه شده است.

با استناد به نتایج مندرج در جدول ۴، مقادیر BCF عناصر آهن، سرب و کادمیوم اندام هوایی گونه‌های کنار و کهور در همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری بزرگ‌تر از ۱ بود.

بحث

آهن از جمله فلزات سنگینی است که توسط آنزیم‌ها و پروتئین‌های خاص نقش مهمی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله واکنش‌های تنفسی و فتوسنتز دارد، ولی سمیت این عنصر می‌تواند مشکلات جدی در گیاهان ایجاد کند. حد بحرانی سمیت آهن در برگ‌ها ۵۰۰ mg/kg تعیین شده و به عوامل دیگر از جمله مقدار سایر عناصر غذایی بستگی دارد (۳۳، ۳۴). ثابت شده است که اکسید آهن نقش مهمی در تثبیت عناصر کمیاب و سمی همچون روی، سرب، کبالت، مس و نیکل در خاک ایفا می‌کند (۳۵). نتایج نشان داد که بیشینه میانگین غلظت عنصر آهن مربوط به برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور با دامنه به‌ترتیب برابر با ۲۵۱۸-۱۹۹۰ mg/kg و ۲۷۳۹-۱۹۲۲ mg/kg بود. همچنین در همه نمونه‌های برگ کنار اعم از شسته شده (۲۵۴/۱ ± ۸۵۲/۴) و شسته نشده (۲۰۲/۳ ± ۲۱۸۰/۳) و همه نمونه‌های برگ کهور اعم از شسته شده (۲۲۹/۶ ± ۱۲۲۹/۳) و شسته نشده (۳۱۵/۱ ± ۲۲۳۷/۹) میانگین غلظت عنصر آهن بیشتر از حد بحرانی تعیین شده بود. در تایید نتایج حاصل، Celik و همکاران (۲۰۰۵) نیز پس از امکان‌سنجی استفاده از برگ‌های شسته شده و شسته نشده درخت اقاقیا (*Robinia pseudo-acacia*) جمع‌آوری شده از مناطق صنعتی، حاشیه جاده‌های شهری، حومه شهر و مناطق روستایی (ایستگاه شاهد) شهر دنیزلی ترکیه برای پایش زیستی آلودگی محیط و خاک نتیجه گرفتند که میانگین محتوی فلز آهن (mg/kg) در برگ‌های شسته نشده این مناطق به‌ترتیب ۳۰۸۷، ۴۱۴، ۲۵۵ و ۱۰۰ بیشتر از برگ‌های شسته شده همین مناطق به‌ترتیب ۹۰، ۱۳۹، ۳۳ و ۱۳ بوده است (۳۵).

سرب نیز در زمره عناصر سمی برای گیاهان است که نه تنها فعالیت ریز جانداران خاک را تحت تاثیر قرار داده و سبب از دست رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود، بلکه باعث بروز تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهان و در نهایت کاهش عملکرد آنها نیز می‌شود. البته سمیت سرب برای رشد گیاهان نسبت به سمیت سایر عناصر شاخص به‌ویژه کادمیوم، مس، نیکل،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

جدول ۴- نتایج محاسبه BCF عناصر آهن، سرب و کادمیوم در نمونه‌های برگ شسته شده و شسته نشده به تفکیک گونه گیاهی

ایستگاه	فلز	گونه کنار		گونه کهور	
		برگ شسته شده	برگ شسته نشده	برگ شسته شده	برگ شسته نشده
۱	آهن	۱۰	۲۰/۳	۱۳/۹	۲۴/۶
۲		۱۲/۶	۲۴/۴	۱۲/۳	۲۱/۶
۳		۱۴/۵	۴۰/۷	۱۴/۴	۲۵/۲
۴		۱۱/۹	۳۵/۳	۱۷/۶	۳۳/۳
۵		۱۸/۹	۷۵/۹	۱۵/۴	۳۱/۱
میانگین		۱۲/۵	۳۱/۹	۱۴/۴	۲۶/۲
۱	سرب	۶/۳	۱۷/۶	۱/۴	۸/۲
۲		۲/۷	۶/۸	۱/۶	۹/۳
۳		۱/۶	۴/۲	۱/۵	۸/۵
۴		۲/۸	۷/۹	۱/۸	۱۰/۳
۵		۳/۳	۱۰/۹	۱/۸	۱۱/۶
میانگین		۲/۸	۷/۶	۱/۶	۹/۴
۱	کادمیوم	۲۳/۳	۲۸۸/۳	۱۶/۷	۳۷۷/۷
۲		۳۳/۰	۲۷۸/۷	۳/۸	۵۱/۱
۳		۱/۳	۱۸/۱	۲/۹	۵۱/۷
۴		۸/۰	۱۴۱/۶	۳/۷	۶۵/۶
۵		۹/۵	۱۱۷/۵	۳/۴	۷۴/۲
میانگین		۶/۴	۷۶/۹	۴/۰	۷۱/۵

کبالت، روی، آرسنیک، آهن و منگنز کمتر است. همچنین سرب به‌دلیل تحرک کم در مقایسه با سایر فلزات، بیشتر تمایل جذب به ذرات خاک و تجمع در ریشه را دارد و به مقدار کم در اندام‌های هوایی تجمع می‌کند (۴، ۳۶). عنوان شده است که مقادیر معادل ۴۳ mg/kg به‌عنوان سطح آستانه تحمل سرب در گیاه محسوب می‌شود (۳۵). نتایج نشان داد که بیشینه میانگین غلظت عنصر سرب نیز مانند عنصر آهن مربوط به برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور با دامنه به‌ترتیب برابر با ۶۹/۹-۹۳/۴ mg/kg و ۱۱۰/۱-۱۲۰/۸ mg/kg بود. در این خصوص نتایج پژوهش Celik و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیانگر آن بود که در پایش زیستی آلودگی محیط و خاک غلظت فلز سرب در برگ‌های شسته نشده درخت اقاقیا بیشتر از برگ‌های شسته شده بوده است (۳۵).

کادمیوم از جمله فلزات سنگینی است که به‌دلیل تحرک بالا در خاک و جذب آسان آن توسط گیاه به‌راحتی به زنجیر غذایی انسان وارد می‌شود (۳۵، ۳۷). از مهمترین عوامل موثر بر محتوی این عنصر در محلول خاک و به‌تبع آن انتقال و دسترس‌پذیری گیاهان به کادمیوم می‌توان به سطوح فلز در خاک، مقادیر pH خاک و محتوی هوموس خاک اشاره کرد (۳۵). نتایج نشان داد که بیشینه میانگین غلظت عنصر کادمیوم نیز مانند سایر عناصر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

مربوط به برگ‌های شسته نشده گونه‌های کنار و کهور با دامنه به‌ترتیب برابر با ۸۶/۵-۴۷/۰ mg/kg و ۱۱۳/۳-۹۶/۵ mg/kg بـود. در تایید نتایج این پژوهـش، Celik و همکاران (۲۰۰۵) عنوان کردند که غلظت فلز کادمیوم در پایش زیسـتی آلودگی محیط و خاک در برگ‌های شسـته نشده درخت اقاقیا بیشتر از برگ‌های شسته شده بوده است (۳۵).

نتایج محاسـبه BCF نشـان داد که مقادیر ایـن ضریب برای عناصر آهن، سـرب و کادمیوم برگ‌های شسـته شده و شسته نشـده گونه‌های کنار و کهور در همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری بزرگ‌تـر از ۱ بود. لـذا، می‌توان نتیجه گرفت کـه این گونه‌ها از قابلیت اسـتفاده در فرایند اسـتخراج گیاهی و انباشت فلزات سـنگین موجود در محیط به‌ویژه خاک برخوردار هسـتند. در ایـن خصوص تجمـع مقادیر قابل توجه از عناصر آهن، سـرب و کادمیـوم در نمونه‌های برگ هر دو گونه گیاهی در مقایسـه بـا محتوی این عناصـر در نمونه‌های خاک پـای درختان و از طرفی با اسـتناد به نتایج آزمون همبستگی پیرسون که بیانگر وجود همبستگی مثبت بین میانگین غلظت تجمع یافته عنصر آهـن نمونه‌های خاک با نمونه‌های برگ شسـته شـده کنار و همچنین با نمونه‌های برگ شسـته شـده و شسته نشده کهور، وجود همبستگی مثبت بین میانگین غلظت تجمع یافته عنصر سـرب نمونه‌های خاک با نمونه‌های برگ شسـته نشده کهور و همچنین وجود همبسـتگی مثبت بیـن میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم نمونه‌های خاک با نمونه‌های برگ شسـته شـده کهور بود، نیز تا حدودی موید آن است که گونه‌های کنار و کهور از قابلیت انباشـت فلزات سنگین خاک و یا ذرات گرد و غبار برخاسـته از سطح خاک و به‌ویژه فرونشست خشک جوی (Atmospheric Dry Deposition) برخوردارند. از این‌رو، می‌تـوان اذعان کرد که ایـن گونه‌های بیش‌انـدوز از قابلیت و توان اسـتفاده به‌عنوان شـاخص آلودگی (Contamination Indicators) برخوردار هستند. در مطالعات مشابه و در تایید نتایج حاصل، Zoufan و همکاران (۲۰۱۳) با مقایسـه توانایی تغلیـظ برخـی فلزات سـنگین در ۱۱ گونـه از گیاهان علفی، درختچه‌ای و درختی منطقه اطراف صنایع فولادسازی در جاده بندر امام- ماهشهر نتیجه گرفتند که گونه علفی *Taraxacum kotschyi* و تیپ‌های درختـی *Conocarpus erectus* و *Eucalyptus camaldulensis* بـا ضریب تغلیظ‌زیسـتی بزرگ‌تر از یک برای فلزات آهن، روی، منگنز و نیکل، از توانایی تجمع و انباشت این عناصر در بخش هوایی خود برخوردار بوده‌اند (۲۱). از طرفـی Rafati و همکاران (۲۰۱۱)، در مطالعه‌ای که با هدف بررسـی قابلیت گیاه پالایی (Phytoremediation) برخی فلزات سنگین توسط برگ گونه‌های درختی صنوبر سفید (*Populus alba*) و تـوت سـفید (*Morus alba*) از خاک آلوده در شهر تهران انجام یافت، نتیجه گرفتند که با استناد به مقادیـر BCF، هر دو گونه گیاهی از قابلیت اسـتخراج گیاهی عنصر کادمیوم برخوردار هسـتند، ولـی هیچ‌کدام برای تثبیت گیاهی (Phytostabilization) این عنصر مناسب تشخیص داده نشـدند (۳۸). همچنین Nirola و همـکاران (۲۰۱۵) با بررسـی توانایی جذب برخی فلزات سـنگین توسـط برگ دو گونه درختی آکاسـیا (*Acacia pycnantha*) و اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) بومـی اسـترالیا نتیجـه گرفتند کـه میانگین BCF برای عناصر سـرب و کادمیوم در گونه اکالیپتوس بسـیار بیشـتر از گونه آکاسیا بوده و لذا، گونه اکالیپتوس از قابلیت جذب و انباشت این عناصر در بخش هوایی خود در مقایسـه با گونه آکاسـیا برخوردار بوده است. از این‌رو، می‌توان درخت اکالیپتوس را به‌عنوان گونه‌ای بیش‌اندوز معرفی کرد (۳۹).

نتیجه‌گیری

نتایج نشـان داد که با افزایش فاصلـه از مجتمع فولاد یعنی از ایسـتگاه ۱ به‌سمت ایسـتگاه ۵، در اغلب موارد محتوی عناصر آهن، سـرب و کادمیوم در نمونه‌های گیاهی اعم از برگ شسته شـده و برگ شسـته نشـده و همچنین نمونه‌هـای خاک پای گیاهان به‌طور معنی‌دار روند نزولی داشته است که نتایج آزمون تعقیبی دانکن و همچنین مقادیر کاهشـی BCF نیز موید این موضوع بود. از طرفی مقادیر BCF بزرگ‌تر از یک عناصر آهن، سرب و کادمیوم در همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز بیانگر آن

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

بود که گونه‌های کنار و کهور از قابلیت تجمع و انباشت فلزات سنگین برخوردار بوده و می‌توان از این گونه‌های گیاهی به‌ویژه در مناطق آلوده صنعتی و شهری به‌عنوان گونه بیش انباشتگر در برداشت و استخراج گیاهی استفاده کرد. در خاتمه با توجه به محدودیت‌های زمانی و کمبود منابع مالی در اجرای این پژوهش، نسبت به مطالعه سایر گونه‌های گیاهی رشد یافته در نواحی آلوده برای شناسایی و معرفی گونه‌های زیست شناساگر (Bioindicator) با قابلیت برداشت و استخراج گیاهی آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین سمی و هیدروکربن‌های نفتی، توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز با عنوان "پایش زیستی فلزات سنگین توسط برگ درختان کنار و کهور در اطراف مجتمع فولاد خوزستان" با کد ۱۰۶۵۰۵۱۶۹۵۲۰۰۴ است.

References

1. Mohammadi Roozbahani M, Sobhan Ardakani S, Karimi H, Sorooshnia R. Natural and anthropogenic source of heavy metals pollution in the soil samples of an industrial complex a case study. Iranian Journal of Toxicology. 2015;9(29):1336-41.
2. Sobhanardakani S, Jamshidi K. Assessment of metals (Co, Ni, and Zn) content in the sediments of Mighan Wetland using geo-accumulation index. Iranian Journal of Toxicology. 2015;9(30):1386-90.
3. 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 (in Persian).
4. 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).
5. Rezaei Raja O, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Health risk assessment of citrus contaminated with heavy metals in Hamedan city, potential risk of Al and Cu. Environmental Health Engineering and

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

Management Journal. 2016;3(3):131-35.
6. Sobhanardakani S. Potential health risk assessment of Cr, Cu, Fe and Zn for human population via consumption of commercial spices; a case study of Hamedan City, Iran. International Archives of Health Sciences. 2016;3(3):119-24.
7. Mortazavi S, Hatami-Manesh M, Joudaki F. Evaluation of toxicity and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of Sezar River, Lorestan Province. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;11(4):487-504 (in Persian).
8. Hosseini S, Sobhanardakani S, Tahergorabi R, Delfieh P. Selected heavy metals analysis of Persian sturgeon's (Acipenser persicus) caviar from Southern Caspian Sea. Biological Trace Element Research. 2013;154(3):357-62.
9. Sobhanardakani S, Mohammadi-Roozbahani M, Sorooshnia R, Karimi H. Assessment of Heavy Metal Contamination in Surface Soils of Ahvaz IV Industrial Estate, Khuzestan Province, Iran. Iranian Journal of Health Sciences. 2016;4(1):53-61.
10. Sobhanardakani S. Tuna fish and common kilka: health risk assessment of metal pollution through consumption of canned fish in Iran. Journal of Consumer Protection and Food Safety. 2017;12(2):157-63.
11. Pirsaheb M, Mohamadi M. Evaluation of Nitrogen and Phosphorous Simultaneous Removal from Hospital Wastewater by Intermittent cycle Extended Aeration System (ICEAS). Tolooebehdasht. 2015;14(3):38-50 (in Persian).
12. Pirsaheb M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of Activated Sludge Process (Extended Aeration) in Removal of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) from Municipal Wastewater-Case Study: Wastewater Treatment of Paveh City. Journal of Health. 2013;4(3):249-59 (in Persian).
13. Hosseini SV, Sobhanardakani S, Miandare HK, Harsij M, Mac Regenstein J. Determination of toxic (Pb, Cd) and essential (Zn, Mn) metals in canned tuna fish produced in Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2015;13(1):59.
14. 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).
15. Johansson C, Norman M, Burman L. Road traffic emission factors for heavy metals. Atmospheric Environment. 2009;43(31):4681-88.
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. Sobhanardakani 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.
18. Liu Y-J, Zhu Y-G, Ding H. Lead and cadmium in leaves of deciduous trees in Beijing, China: development of a metal accumulation index (MAI). Environmental Pollution. 2007;145(2):387-90.
19. Kord B, Mataji A, Babaie S. Pine (Pinus Eldarica Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution. International Journal of Environmental Science & Technology. 2010;7(1):79-84.
20. Klink A, Macioł A, Wisłocka M, Krawczyk J. Metal accumulation and distribution in the organs of Typha latifolia L. (cattail) and their potential use in bioindication. Limnologica. 2013;43(3):164-68.
21. Zoufan P, Saadatkhah A, Rastegharzadeh S. Comparison of potentiality of heavy metals accumulation in the plants surrounding steel industries in the Mahshahr-Bandar Imam road, Ahvaz. Iranian Journal of Plant Biology. 2013;5(16):41-56 (in Persian).
22. Khademi N, Riyahi-Bakhtiari A, Sobhanardakani S, Rezaie-Atagholipour M, Burger J. Developing a bioindicator in the Northwestern Persian Gulf, Iran:

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

trace elements in bird eggs and in coastal sediments. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2015;68(2):274-82.

23. Hu Y, Wang D, Wei L, Zhang X, Song B. Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the Loess Plateau, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2014;110:82-88.
24. Norouzi S, Khademi H, Faz Cano A, Acosta JA. Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: A case study from Isfahan, Central Iran. Ecological Indicators. 2015;57:64-73.
25. Alahabadi A, Ehrampoush MH, Miri M, Ebrahimi Aval H, Yousefzadeh S, Ghaffari HR, et al. A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air. Chemosphere. 2017;172:459-67.
26. Liang J, Fang HL, Zhang TL, Wang XX, Liu YD. Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. Urban Forestry & Urban Greening. 2017;27:390-98.
27. Kaya G, Okumus N, Yaman M. Lead, cadmium and copper concentrations in leaves of Nerium oleander L. and Robinia pseudoacacia L. as biomonitors of atmospheric pollution. Fresenious Environmental Bulletin. 2010;19(4):669-75.
28. Khalid N, Hussain M, Young HS, Ashraf M, Hameed M, Ahmad R. Lead concentrations in soils and some wild plant species along two busy roads in Pakistan. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2018;100(2):250-58.
29. Ma LQ, Komar KM, Tu C, Zhang W, Cai Y, Kennelley ED. A fern that hyperaccumulates arsenic. Nature. 2001;409:579-85.
30. Yoon J, Cao X, Zhou Q, Ma LQ. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment. 2006;368(2-3):456-64.
31. Zacchini M, Pietrini F, Mugnozza GS, Iori V, Pietrosanti L, Massacci A. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water, Air, and Soil Pollution. 2009;197(1-4):23-34.
32. Davodpour R, Sobhanardakani S, Cheraghi M, Abdi N, Lorestani B. Honeybees (Apis mellifera L.) as a Potential Bioindicator for Detection of Toxic and Essential Elements in the Environment (Case Study: Markazi Province, Iran). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2019:1-15.
33. Kim CS, Jung J. The susceptibility of mung bean chloroplasts to photoinhibition is increased by an excess supply of iron to plants: a photobiological aspect of iron toxicity in plant leaves. Photochemistry and Photobiology. 1993;58(1):120-26.
34. Sawidis T, Breuste J, Mitrovic M, Pavlovic P, Tsigaridas K. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. Environmental Pollution. 2011;159(12):3560-70.
35. Celik A, Kartal AA, Akdoğan A, Kaska Y. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L. Environment International. 2005;31(1):105-12.
36. Bonanno G, Lo Giudice R. Heavy metal bioaccumulation by the organs of Phragmites australis (common reed) and their potential use as contamination indicators. Ecological Indicators. 2010;10(3):639-45.
37. Sasmaz A, Obek E, Hasar H. The accumulation of heavy metals in Typha latifolia L. grown in a stream carrying secondary effluent. Ecological Engineering. 2008;33(3):278-84.
38. Rafati M, Khorasani N, Moattar F, Shirvany A, Moraghebi F, Hosseinzadeh S. Phytoremediation potential of Populus alba and Morus alba for cadmium, chromuim and nickel absorption from polluted soil. International Journal of Environmental Research. 2011;5(4):961-70.
39. Nirola R, Megharaj M, Palanisami T, Aryal R, Venkateswarlu K, Naidu R. Evaluation of metal uptake

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

factors of native trees colonizing an abandoned copper mine–a quest for phytostabilization. Journal of Sustainable Mining. 2015;14(3):115-23.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

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

Original Article

Use of *Ziziphus spina-christi* and *Prosopis cineraria* leaves as bio-indicators of environmental pollution emitted from industrial areas

H Abbaszadeh[1], M Mohammadi Roozbahani[1,*], S Sobhanardakani[2]

1- Department of Environmental Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2- Department of Environmental Science and Engineering, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 23 February 2019
Revised: 15 May 2019
Accepted: 18 May 2019
Published: 19 June 2019

Keywords: Heavy metals, Biomonitoring, Bio indicator, *Ziziphus spina-christi, Prosopis cineraria*

***Corresponding Author:**
ma.mohammadiroozbahani@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Environmental pollution emitted from industrial areas while enter the food chain can cause serious adverse health effects. Therefore, this study was conducted to use *Ziziphus spina-christi* and *Prosopis cineraria* leaves as bio-indicators of environmental pollution emitted from the complex of Steel Company.

Materials and Methods: In this descriptive study, a total of 90 surface soil samples and also 90 leave samples were collected. After acid digestion of samples, the heavy metal contents were measured using atomic absorption spectrophotometer. Also, the Bioconcentration Factor (BCF) of metals were computed. All statistical analyses were performed using SPSS statistical package.

Results: The highest content of the metals (mg/kg) with an average of 2180.3 ± 202.3 and 2237.9 ± 315.1 for Fe, 76.6 ± 9.6 and 114.3 ± 4.5 for Pb and 69.2 ± 16.8 and 107.2 ± 6.8 for Cd were found to be in *Z. spina-christi* and *P. cineraria* unwashed leaves respectively. Also, the BCF of all studied metals were higher than 1.

Conclusion: Based on the values of BCF, it can be concluded that *Z. spina-christi* and *P. cineraria* can be considered as a suitable species for phytoextraction of heavy metals in the most polluted regions including industrial and urban areas.

Please cite this article as: 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. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):87-100.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]