

تجمع فلزات سنگین سرب و نیکل در برگ و خاک گونه‌های برهان و کنوکارپوس در شهر اهواز

مریم رفعتی^{۱*}، مریم محمدی روزبهانی^۲، هانا ناصری منفرد^۳

۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استادیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳. کارشناسی ارشد محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۳۰

چکیده

در این پژوهش تجمع فلزات سنگین سرب و نیکل در برگ درخت برهان (*Albizia lebbek* (L.) Benth) و درختچه کنوکارپوس (*Conocarpus erectus* L.) در فضای سبز شهری بررسی شد. بدین منظور، سه منطقه با شدت ترافیک کم و سه منطقه با شدت ترافیک زیاد در شهر اهواز انتخاب و نمونه‌هایی تصادفی از برگ (از ارتفاع ۲ تا ۳ متر از سطح زمین) و خاک در پای هر گونه (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) در مناطق تحت بررسی جمع‌آوری شد. براساس نتایج، غلظت فلزات سرب و نیکل در برگ دو گونه در مناطق کم‌ترافیک دارای اختلاف معنی‌دار بود که در مورد سرب، غلظت این فلز در برگ کنوکارپوس به‌طور معنی‌داری بیشتر از برهان بود، اما غلظت نیکل در برگ برهان به‌طور معنی‌داری بیشتر از کنوکارپوس بود. غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک پای هر دو گونه نیز در مناطق پرترافیک به‌صورت معنی‌داری بیشتر از مناطق کم‌ترافیک حاصل شد. مقدار فاکتور تجمع زیستی فلز سرب در هر دو گونه کمتر از ۱، و درباره فلز نیکل، میانگین هر دو گونه بیشتر از ۱ به‌دست آمد که نشان می‌دهد گونه‌های مذکور قادر به استخراج فلز نیکل از خاک هستند. در یک جمع‌بندی می‌توان بیان کرد که با توجه به یافته‌های این پژوهش، کنوکارپوس دارای قابلیت بیشتری در جذب نیکل نسبت به برهان است و می‌تواند در پروژه‌های گیاه‌پالایی در مناطق مشابه به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، تجمع زیستی، ترافیک، گیاه‌پالایی، *Conocarpus erectus*، *Albizia lebbek*

مقدمه

ذرات از آگروز یا دیگر اجزای خودرو وارد محیط می‌شوند. آلاینده‌های خودرویی توسط جریان ترافیکی در اطراف راه‌ها توزیع شده و سبب آلودگی خاک و پوشش گیاهی اطراف می‌شوند. از جمله آلاینده‌های خودرویی که در دسته فلزات سنگین قرار دارند، سرب و نیکل هستند که به‌دلیل سمی بودن زیاد برای طبیعت و انسان مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار دارند [۱]. در مناطق شهری، تولید سرب بیشتر از راه آلودگی ناشی از سوخت خودروها، روغن موتورها و باتری‌های سربی است.

با افزایش نیاز جوامع به جابه‌جایی و ارتباطات، استفاده از وسایل نقلیه به‌ویژه خودروهای شخصی روزبه‌روز افزایش یافته است، به‌طوری که پیش‌بینی شده در سال ۲۰۳۰ میلادی، بیش از ۱/۱ میلیارد وسیله نقلیه در جهان وجود خواهد داشت. خودروها منبع اصلی تولید آلاینده‌های فلزات سنگین در شهرها هستند که این آلاینده‌ها به‌صورت

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۷۷۰۰۹۸۰۰

همچنین نیکل فلز سنگینی است که بر اثر سایش ترمز خودرو و خوردگی وسایل نقلیه (به‌ویژه پمپ روغن خودرو) در محیط شهری آزاد می‌شود [۲]. ترافیک از دلایل اصلی آلودگی هوا در مناطق شهری است. آلودگی فلزات سنگین در مناطق شهری پرتراфик، بیشتر از سه تا چهار برابر حومه شهر و بیشتر از ده برابر مناطق روستایی است [۳]. روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی برای حذف فلزات سنگین از محیط توسعه یافته‌اند که استفاده از برخی از آنها به لحاظ اقتصادی به‌صرفه نیست و از طرف دیگر، به لحاظ بوم‌شناختی، آثار منفی بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی محیط به‌خصوص خاک دارند. از این رو کاربرد پوشش گیاهی برای حذف فلزات سنگین، راهکاری همگام با طبیعت و مقرون به‌صرفه معرفی شده است. قابلیت فراوان برخی از گونه‌های گیاهی در جذب انتخابی عناصر و ترکیبات آلوده‌کننده، امکان استفاده از آنها را در پاکسازی محیط‌های آلوده یا زیست‌پالایی فراهم کرده است [۴، ۵]. در بین پوشش گیاهی، درختان و درختچه‌ها به دلیل طول عمر فراوان و از سوی دیگر شناخته شدن به‌عنوان عنصر اصلی فضای سبز شهری در تحقیقات آلودگی هوا کاربرد زیادی دارند. آلاینده‌ها هم از خاک و هم از هوا جذب درختان و درختچه‌ها می‌شوند، ولی مقصد اصلی آلاینده‌های هوا در درختان، اندام‌های هوایی به‌ویژه برگ است. در واقع برگ درختان تجمع‌دهنده مناسبی از عناصر سنگین به‌خصوص در مناطق صنعتی و آلوده است. از سوی دیگر در مناطق شهری خاک‌های پوشش گیاهی نیز شاخص مناسبی برای نشان دادن آلودگی فلزات سنگین است [۵، ۶].

در سال‌های اخیر، آلودگی شدید هوا، اهواز را به یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان بدل کرده است. این وضعیت سبب شکنندگی و آسیب‌پذیری محیط زیست اهواز شده و در پایداری محیط زیستی شهر تأثیر منفی نهاده است. کمبود سرانه فضای سبز شهری در کلانشهر اهواز از دغدغه‌های

محیط زیستی این شهر است. فضای سبز افزون‌بر جذب آلاینده‌ها، در تلطیف هوا و شکل‌دهی پایداری اجتماعی در هر شهر تأثیر دارد. با توجه به شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک اهواز، انتخاب مناسب پوشش گیاهی ضروری است [۲]. از جمله گونه‌های گیاهی غیربومی به‌کاررفته در فضای سبز شهری و پروژه‌های جنگلکاری در جنوب کشور (به‌ویژه استان‌های خوزستان و هرمزگان)، برهان (ابریشم هندی، *Albizia lebbek*) و کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) هستند. برهان بومی مناطق گرمسیری جنوب آسیا، مناطق استوایی و شمال استرالیا است، ولی تاکنون گسترش فراوانی یافته است و در بسیاری از مناطق نیمه‌گرمسیری جهان نیز رشد و تکثیر دارد [۷]. کنوکارپوس درختچه‌ای همیشه‌سبز است که بومی جنگل‌های فلوریدا در جنوب شرقی آمریکا است که به‌طور معمول در مناطق گرمسیر و خاک شور کاشته شده و به‌عنوان نوعی درخت مقاوم به شوری، گرما و همچنین کم‌آبی [۸]، در مناطق گرمسیری جنوب کشور مانند خوزستان، بوشهر و هرمزگان کاشته می‌شود. تا کنون تحقیقات اندکی درباره جذب فلزات سنگین توسط گونه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در ایران انجام گرفته است. برای نمونه، در پژوهشی درباره تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل، کروم و کادمیوم در برگ گونه‌های برهان و اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis*)، مشخص شد که گونه اکالیپتوس بهتر از گیاه برهان قادر به جذب همه عناصر در برگ خود بوده است [۲]. در پژوهشی دیگر در مناطق صنعتی، غیرصنعتی پرتراфик و غیرصنعتی کم‌ترافیک شهر آبادان در مورد کنوکارپوس مشخص شد که آلودگی فلزات سنگین سرب، مس، کروم، کبالت، کادمیوم و روی بر پوشش گیاهی در نواحی صنعتی و پرتراфик نسبت به مناطق کم‌ترافیک بیشتر است؛ بنابراین ترافیک بر جذب عناصر سنگین در گونه‌های گیاهی اثرگذار بوده و کنوکارپوس نوعی زیست‌ردیاب قابل اعتماد برای بررسی آلودگی هوا به این فلزات است [۹].

است [۲]، شناخت گونه‌های مناسب برای کاشت در فضای سبز و جنگلکاری‌ها برای کاهش فلزات سنگین، ضروری است. هدف این پژوهش بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل در برگ و خاک درختان برهان و درختچه‌های کنوکارپوس در محدوده مناطق پرتراپیک و کم‌تراپیک کلانشهر اهواز است.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

برای تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به موضوع تحقیق ابتدا نقشه پایه شهر اهواز بررسی شد. ایستگاه‌ها با استفاده از اطلاعات تراپیکی شهرداری شهر اهواز تعیین و ۱۰ ایستگاه دارای پوشش گیاهی برهان و کنوکارپوس انتخاب و از بین آنها، شش ایستگاه به صورت تصادفی (با در نظر گرفتن محدودیت امکانات، زمان و منابع مالی) برای این پژوهش برگزیده شد. در مرحله مطالعه میدانی با توجه به موقعیت جغرافیایی مناطق، سه ایستگاه در مناطق پرتراپیک و سه ایستگاه دیگر در مناطق کم‌تراپیک بررسی شد (جدول ۱).

همچنین محققان با بررسی مقدار جذب فلزات آهن، منگنز، سرب و کادمیوم در برگ گونه درختی کنار (*Ziziphus spina-christi*) در اطراف شرکت فولاد اکسین خوزستان نشان دادند که برگ این درخت تنها قادر به جذب کادمیوم با ضریب تجمع زیستی بیشتر از ۱ از خاک است [۱۰]. مرور منابع نشان می‌دهد که هر گونه گیاهی الزاماً در هر اقلیم و منطقه، جاذب یک یا چند فلز سنگین نیست و ممکن است در یک منطقه جاذب یک یا چند فلز سنگین باشد و در منطقه دیگر، جاذب هیچ فلز سنگینی نباشد که دلیل آن به احتمال زیاد به دلیل شدت آلودگی هواست که بر پارامترهای اکوفیزیولوژیکی گیاهان (تعداد روزنه، مقدار قندهای محلول، پرولین و رنگیزه‌های گیاهی) اثرگذاری مستقیم دارد [۱۱]؛ از این رو باید در هر منطقه پژوهش‌های متعددی درباره گونه‌های کاربردی در فضای سبز شهری انجام گیرد. از دیگر دلایل ضرورت این پژوهش این بود که قابلیت جذب فلزات سنگین توسط گونه‌های درختی و درختچه‌ای غیربومی در مناطق پرتراپیک و مقایسه آن با مناطق کم‌تراپیک در محیط‌های شهری به ندرت لحاظ شده است. از آنجا که اهواز از آلوده‌ترین کلانشهرهای جهان

جدول ۱. اطلاعات ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در شهر اهواز

شدت تراپیک	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
	فاز ۱ پادادشهر، خیابان دی	۴۸° ۶۸' ۰۲"	۳۱° ۳۱' ۰۸"	۱۹
کم‌تراپیک	باهنر، بلوار معلم	۴۸° ۶۸' ۰۴"	۳۱° ۳۱' ۱۲"	۱۸
	شهرک نفت	۴۸° ۶۸' ۰۱"	۳۱° ۳۱' ۱۵"	۱۶
	فلکه ساعت	۴۸° ۶۸' ۱۳"	۳۱° ۳۱' ۰۲"	۲۰
پرتراپیک	کیانپارس	۴۸° ۶۸' ۱۰"	۳۱° ۳۱' ۰۷"	۱۹
	زیتون، پارک زیتون	۴۸° ۶۸' ۰۶"	۳۱° ۳۱' ۰۴"	۱۵

روش پژوهش

هر گونه که از نظر شادابی و سلامت دارای وضعیت مناسبی بودند و از نظر قطر برابر سینه و ارتفاع نشان‌دهنده وضعیت درختان و درختچه‌ها این منطقه بودند، انتخاب و کدگذاری شدند. سپس در هر ایستگاه ۲۰ پایه از هر گونه به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و نمونه‌های برگ و خاک از آنها گرفته شد. در این پژوهش، برگ درختان بررسی شد، زیرا

این پژوهش در مهرماه ۱۳۹۵ به منظور جلوگیری از شست‌وشوی فلزات سنگین توسط باران انجام گرفت. ابتدا با بازدید عرصه‌های مطالعاتی، بررسی اولیه وضعیت درختان و درختچه‌ها از نظر قطر برابر سینه و ارتفاع صورت گرفت. سپس در هر ایستگاه، ۳۰ پایه درخت و ۳۰ پایه درختچه از

یک این فاکتور در اندام‌های هوایی، نشان‌دهنده قدرت انتقال فلز از خاک و تجمع در آن اندام است که انباشت فلز در اندام‌های هوایی (مانند برگ)، نشان‌دهنده قابلیت استخراج گیاهی آن فلز توسط هر گونه است [۱۵].

روش آماری

در این پژوهش، نرمال بودن و همگن بودن داده‌ها به ترتیب با توجه به آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون بررسی شد. برای مقایسه بین میانگین غلظت فلزات در بین تیمارهای شسته‌شده و شسته‌نشده برگ و همچنین بین مناطق پرتراپیک و کم‌ترافیک از آزمون t غیرجفتی بهره گرفته شد. همه تجزیه و تحلیل‌ها آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

غلظت نیکل و سرب در نمونه‌های برگ

نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین بررسی شده در برگ‌های شسته‌نشده به صورت معنی‌داری بیشتر از برگ‌های شسته‌شده در هر دو گونه بود (جدول ۲). براساس جدول ۲، بیشترین درصد اختلاف بین مقادیر غلظت فلز سرب در برگ‌های شسته‌شده و شسته‌نشده در منطقه کم‌ترافیک در گونه برهان حاصل شد که غلظت سرب در برگ شسته‌شده ۵۴۲/۴ درصد بیشتر از برگ شسته‌نشده بود. در مورد غلظت نیکل، بیشترین اختلاف بین مقادیر برگ شسته‌شده و شسته‌نشده در منطقه کم‌ترافیک در برگ گونه کنوکارپوس مشاهده شد که غلظت فلز نیکل در برگ شسته‌شده ۲۲۱/۵ درصد بیشتر از برگ شسته‌نشده بود. کمتر بودن مقدار فلزات سنگین در برگ‌های شسته‌شده نسبت به شسته‌نشده، نشان‌دهنده وجود آلاینده‌های فلزات سنگین در هوا افزون‌بر مقادیر موجود در خاک منطقه است [۲] که نتایج تحقیق حاضر از این حیث با برخی مطالعات [۲، ۱۶] همسوست.

مقصد اصلی آلاینده‌های هوا در گیاهان، برگ آنهاست [۱۲]. برای برداشت نمونه‌های برگ، مقداری برگ از شاخه‌های زنده از ارتفاع دو تا سه متری از سطح زمین و از چهار سمت تاج پوشش در سه تکرار برداشت شد [۹، ۱۳] و پس از انتقال به آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، به دو گروه شسته‌شده (۶۰ نمونه از هر گونه) و شسته‌نشده (۶۰ نمونه از هر گونه) طبقه‌بندی شدند. نمونه‌های خاک از پای ۲۰ درخت برهان و ۲۰ درختچه کنوکارپوس از عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری در ایستگاه‌های مختلف برداشت (در سه تکرار) و در مجموع ۱۲۰ نمونه خاک به آزمایشگاه منتقل شد.

برای آماده‌سازی نمونه‌های برگ، نیمی از برگ‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آب مقطر دیونیزه شست و شو شد. نمونه‌ها برای خشک شدن، ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس توسط هاون چینی پودر شده و با استفاده از الک ۶۳ میکرون غربال شدند [۵]. برای هضم نمونه‌های گیاهی از روش عصاره‌گیری خاکستر خشک استفاده [۲] و مقدار فلزات سنگین موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه ICP (مدل Varian735) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند. سپس به ۰/۵ گرم از هر نمونه پودر شده به ترتیب دو تا سه قطره اسید کلریدریک یک نرمال، ۰/۵ میلی‌لیتر تیزاب سلطانی^۱ و سه میلی‌لیتر هیپوکلرو اسید افزوده شد و بشر روی حمام شن در دمای ۱۲۵ درجه قرار گرفت. مایع حاصل پس از عبور از کاغذ صافی به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد که در این حالت نمونه برای خواندن توسط دستگاه ICP (مدل Varian735) آماده شد [۱۴].

برای محاسبه فاکتور تجمع زیستی (BCF)، غلظت فلز در گیاه بر غلظت فلز در خاک تقسیم شد. مقدار بیشتر از

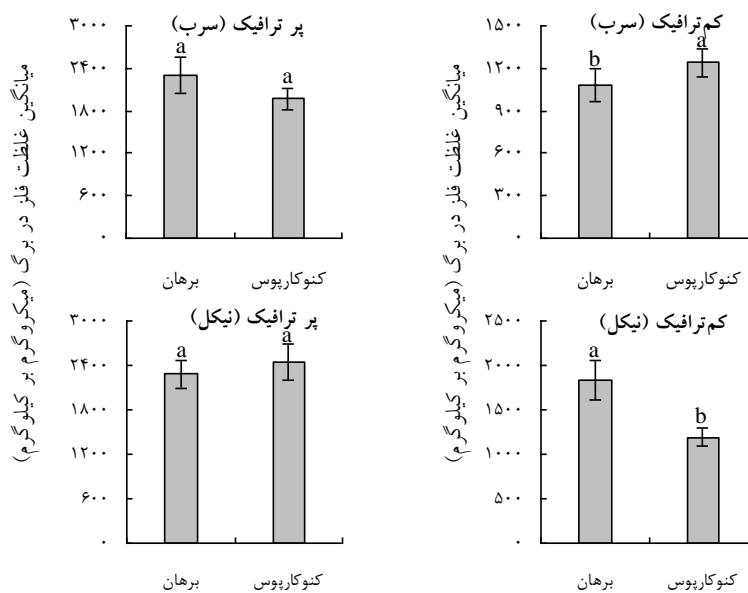
جدول ۲. غلظت فلزات سرب و نیکل در برگ گونه‌های برهان و کنوکارپوس در ایستگاه‌های مختلف

فلز سنگین	منطقه	برهان		کنوکارپوس	
		نشسته نشده	نشسته شده	نشسته نشده	نشسته شده
Cd	پرترافیک	۱۲۱۲/۱ ± ۲۲۲ ^b	۱۰۶۹ ± ۱۰۱ ^b	۳۳۷۴ ± ۴۱۶/۷ ^a	۲۸۶۱/۵ ± ۲۲۲/۵ ^a
	کم ترافیک	۳۳۷ ± ۵۹ ^b	۵۱۶/۵ ± ۸۴/۳ ^b	۱۸۲۸ ± ۱۳۴/۵ ^a	۱۹۶۹ ± ۱۲۲/۳ ^a
Ni	پرترافیک	۱۷۹۵/۱ ± ۲۰۶ ^b	۱۷۰۱ ± ۲۱۱/۳ ^b	۲۷۷۲/۵ ± ۲۰۸ ^a	۳۱۷۸/۷ ± ۳۳۲/۵ ^a
	کم ترافیک	۱۴۱۳/۱ ± ۱۶۱/۴ ^b	۷۴۱/۵ ± ۱۰۶/۹ ^b	۲۲۴۸/۴ ± ۳۶۳/۹ ^a	۱۶۴۲/۵ ± ۱۳۰ ^a

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌های غلظت فلزات در برگ شسته شده و شسته نشده است.

حد آستانه برگ می‌رسد [۱] و نمی‌توان تفاوت معنی‌داری بین آنها در جذب عناصر نیکل و سرب مشاهده کرد. همچنین اختلالات اکوفیزیولوژیکی بر اثر شدت آلودگی مناطق آلوده‌تر، احتمالاً سبب شباهت توان جذب در دو گونه در مناطق پرترافیک شده است. مقدار استاندارد آلاینده سرب در گیاه تا ۳۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم تعریف شده است [۱۷، ۱۸]؛ با این توصیف، مقدار این فلز در دو گونه تحت بررسی در حد مجاز قرار دارد. حد استاندارد نیکل در برگ گیاه نیز ۵۰۰۰ [۱۹] تا ۱۰۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم [۱۷] است که بر این اساس، مقدار این آلاینده نیز در دامنه استاندارد جای می‌گیرد.

به منظور بررسی میانگین غلظت هر عنصر در برگ، میانگین غلظت هر فلز در دو تیمار برگ شسته شده و شسته نشده به عنوان مقدار غلظت آن در برگ در نظر گرفته شد. با توجه به شکل ۱، غلظت فلزات سرب و نیکل در برگ دو گونه در مناطق کم ترافیک دارای اختلاف معنی‌دار بود که در سرب، غلظت این فلز در برگ کنوکارپوس مناطق کم ترافیک به صورت معنی‌داری بیشتر از برهان بود ($t = ۱۰/۱۷$)، اما غلظت نیکل در برگ برهان مناطق کم ترافیک به طور معنی‌داری بیشتر از کنوکارپوس به دست آمد ($t = ۶/۴۵$). در واقع در مناطق پرترافیک، به دلیل شدت زیاد آلودگی، قابلیت جذب فلزات سنگین در دو گونه به



شکل ۱. غلظت فلزات سرب و نیکل در برگ گونه‌های برهان و کنوکارپوس در ایستگاه‌های مختلف. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌های غلظت فلزات در برگ دو گونه در هر ایستگاه بود.

غلظت نیکل و سرب در نمونه‌های خاک

غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک پای هر دو گونه در مناطق پرتراپیک به صورت معنی داری بیشتر از مناطق کم‌تراپیک حاصل شد (جدول ۳). میانگین غلظت سرب در منطقه پرتراپیک در خاک کنوکارپوس به صورت معنی داری بیشتر از برهان حاصل شد ($t = 74/30$) و در منطقه کم‌تراپیک نیز نتیجه مشابهی به دست آمد ($t = 136/11$). درباره فلز نیکل تنها اختلاف معنی داری بین دو گونه در مناطق کم‌تراپیک حاصل شد که غلظت نیکل در خاک برهان به طور معنی داری بیشتر از کنوکارپوس بود ($t = 254/94$). همچنین غلظت این فلزات در خاک هر دو منطقه در محدوده حد مجاز آنها قرار دارد که به ترتیب ۲۵ و ۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای سرب و نیکل است [۱۷]. در مناطق شهری، خاک‌های کنار جاده‌ای حاوی مقدار زیادی از فلزات سنگین بوده و از این رو، شاخص مناسبی برای نشان دادن و مقایسه آلودگی فلزات سنگین در مناطق با تراپیک متفاوت‌اند [۱۶، ۲۰، ۲۱]. در دیگر پژوهش‌ها

نیز غلظت فلزات سنگین مس، سرب، کبالت، کادمیوم و روی در مناطق صنعتی شهر آبادان بیشتر از مناطق پرتراپیک و در مناطق پرتراپیک کمتر از مناطق کم‌تراپیک این شهر حاصل شد [۹] و غلظت سرب، روی، مس، کروم و نیکل در خاک پارک‌های شهری اهواز که در مناطق پرتراپیک واقع شده بودند، بیشتر از خاک پارک‌های شهری مناطق کم‌تراپیک بود [۲۱].

فاکتور تجمع زیستی (BCF)

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که مقدار فاکتور تجمع زیستی درباره فلز سرب در هر دو گونه کمتر از ۰/۴۰ است. درباره فلز نیکل، میانگین هر دو گونه برهان و کنوکارپوس بیشتر از ۱ است که نشان می‌دهد این دو گونه قادر به استخراج فلز نیکل از خاک و تجمع آن در برگ‌های خود هستند، هرچند توانایی گونه کنوکارپوس در این مورد بیشتر از برهان است.

جدول ۳. غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک پای گونه‌های برهان و کنوکارپوس در ایستگاه‌های مختلف

فلز سنگین	گونه	میانگین غلظت فلز در خاک پای گونه \pm انحراف معیار (میکروگرم بر کیلوگرم)
سرب	برهان	$5677/8 \pm 1229^{aB}$
	کنوکارپوس	$8188/3 \pm 1545^{aA}$
نیکل	برهان	$2745/5 \pm 1254^{aA}$
	کنوکارپوس	3091 ± 708^{aA}

حروف غیرمشابه کوچک، نشان‌دهنده معنی دار بودن اختلاف بین میانگین‌های غلظت فلزات در خاک پای هر گونه بین ایستگاه پرتراپیک و کم‌تراپیک است. حروف غیرمشابه بزرگ نشان‌دهنده معنی دار بودن اختلاف بین دو گونه در هر منطقه تراپیکی است.

جدول ۴. مقدار فاکتور تجمع زیستی (BCF) برگ‌های برهان و کنوکارپوس در فلزات سنگین سرب و نیکل

گونه	فلز سنگین	منطقه	BCF	گونه	فلز سنگین	منطقه	BCF
برهان	سرب	کم‌تراپیک	۰/۴۰	کنوکارپوس	سرب	پرتراپیک	۰/۲۴
	نیکل	کم‌تراپیک	۱/۲۷	کنوکارپوس	نیکل	پرتراپیک	۰/۹۰
	میانگین	کم‌تراپیک	۱/۱۱	کنوکارپوس	میانگین	کم‌تراپیک	۱/۲۰

فلزات مذکور از خاک مناسب نیستند که در دیگبر پژوهش‌ها نیز به قابلیت کم این دو گونه در استخراج سرب [۲] اشاره شده است. براساس یافته‌های دانشمندان، شبکه پیچیده‌ای از انتقال و فرایندهای تجزیه‌ای در گیاهان وجود دارد که فلزات غیرضروری را در کمترین مقدار نگه می‌دارند و مانع ایجاد آسیب در سطح سلولی می‌شوند. بسته به نوع آلاینده، از هر گونه گیاهی می‌توان برای یک یا چند آلاینده به‌عنوان گونه‌های مناسب در گیاه‌پالایی استفاده کرد؛ از سوی دیگر، ممکن است گونه گیاهی خاصی، توانایی گیاه‌پالایی هیچ نوع فلز سنگینی را نداشته باشد [۲۵].

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های این پژوهش، هر دو گونه کنوکارپوس و برهان برای پالایش خاک‌های آلوده به نیکل مناسب‌اند و توانایی گونه کنوکارپوس بیشتر از برهان است. بنابراین می‌توان اظهار داشت که در مقایسه با برهان، کنوکارپوس گونه‌ای مناسب‌تر در پروژه‌های گیاه‌پالایی برای مقابله با آلودگی نیکل در مناطق مشابه با منطقه پژوهش است. البته در انتخاب گونه مناسب برای جنگلکاری و فضای سبز شهری، در نظر گرفتن معیارهایی همچون سازگاری گونه، نیاز آبی و مقابله با آفات و بیماری‌ها در کنار قدرت گیاه‌پالایی سبب استفاده از گونه‌های مناسب‌تر در محیط زیست شهری اهواز می‌شود که در پژوهش‌های آتی می‌توان به آن توجه کرد.

همچنین مقدار ضریب تجمع زیستی در هر دو گونه در مناطق کم‌ترافیک بیشتر از مناطق پرترافیک حاصل شد که نشان می‌دهد با افزایش آلودگی هوا، قابلیت این گونه‌ها در انتقال فلزات سنگین از خاک به برگ کاهش می‌یابد. در پژوهشی نشان داده شد که عملکرد گونه‌های مختلف گیاهی در جذب آلاینده‌های هوا در ایستگاه‌های متفاوت، یکسان نیست، بلکه با توجه به خصوصیات محیطی (از جمله شدت آلودگی هوا) تغییر می‌یابد که مؤید یافته‌های پژوهش حاضر است [۲۲]. در تضاد با یافته‌های این پژوهش، در تحقیقی درباره درخت خرزهره (*Nerium oleander*) در ایتالیا نتیجه گرفته شد که با افزایش آلودگی هوا، ضریب تجمع زیستی در این درخت افزایش می‌یابد [۲۳]. از جمله دلایل کم بودن فاکتور تجمع زیستی درباره فلز سرب در هر دو گونه می‌توان گفت که سرعت جذب سرب در گیاهان، پس از ورود این فلز به خاک کاهش می‌یابد که دلیل آن تشکیل ترکیبات نامحلول نظیر کربنات و سولفات است. همچنین در صورت جذب توسط ریشه‌های گیاه، این فلز به بخش‌های بیرونی ریشه، آپوپلاست و دیواره سلولی متصل می‌شود و کمتر در اختیار اندام هوایی قرار می‌گیرد [۱۵]. در تأیید این نتایج، گفته شده که سرب به دلیل تحرک کمتر نسبت به کادمیوم، بیشتر به جذب توسط ذرات خاک تمایل دارد و به مقدار کم در اندام‌های هوایی پوشش گیاهی (مانند برگ) تجمع می‌یابد [۲۴]. بر این اساس به دلیل کمتر از یک بودن فاکتور تجمع زیستی فلز سرب، دو گونه برهان و کنوکارپوس برای استخراج

References

- [1]. Venkatram, A., and Schulte, N. (2018). *Urban Transportation and Air Pollution*. Elsevier Press, London.
- [2]. Torkashvand, V., Mohammadi Rouzbahni, M. and Babaeinezhad, T. (2018). Survey of heavy metals (Pb, Ni, Cr, and Cd) bio-accumulation in the leaves of (*Albizia lebbek* and *Eucalyptus camadulensis*) (case study: Iran National Steel Industrial Group). *Journal of Neyshabur University of Medical Science*, 6(1): 33-43.
- [3]. Hashisho, Z., and El-Fadel, M. (2004). Impacts of traffic-induced lead emissions on air, soil and blood lead levels in Beirut. *Environmental Monitoring and Assessment*, 93(1-3):185-202.
- [4]. Sarwar, N., Imran, M., Shaheen, MR., Ishaque, W., Kamran, MA., Matloob, A., Rehim, A., and Hussain, S. (2017). Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives. *Chemosphere*, 171: 710-21.

- [5]. Rafati, M., Khorasani, N., Moraghebi, F., and Shirvany, A. (2012). Phytoextraction and Phytostabilization Potential of Cadmium, Chromium and Nickel by *Populus alba* and *Morus alba* Species. *Journal of Natural Environment*, 65(2): 181-191.
- [6]. Zhang, H., Wang, Z., Zhang, Y., Ding, M., and Li, L. (2015). Identification of traffic related metals and the effects of different environments on their enrichment in roadside soils along the Qinghai-Tibet highway. *Science of the Total Environment*, 521:160-72.
- [7]. Sabeti, H. (2009). *Forest, Trees, and Shrubs of Iran*. Yazd University Press, Yazd.
- [8]. Asif, M., Saqibm, M., Yousaf, B., Adnan, M., Yousaf, A., and Ali, A. (2014). Growth and ionic composition of buttonwood (*Conocarpus erectus* L.) in response to soil salinity and water stress. *Advances in Life Science and Technology*, 19: 43-51.
- [9]. Amiri, L., Azadi, R., Rastegarzadeh, S., and Zoufan, P. (2019). Monitoring of concentration of heavy metals in *Conocarpus erectus* in different areas of industrial city of Abadan. *Journal of Natural Environment*, 72(2): 143-157.
- [10]. Rafati, M., Mohammadi Roozbahani, M., and Pirmoradi, Z. (2020). Bioaccumulation of some heavy metals by the soil and leaves of *Ziziphus spina-christi* in Khuzestan Oxin Steel Company. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 17(2): 173-184.
- [11]. Rahmani, G., Seyedi, N., Banj Shafiei, A., Raasouli Sadeghiani, M. (2018). Effect of air pollution on leaf heavy metals concentrations (Fe, Cu, Zn and Mn) of box elder (*Acer negundo*) and oriental plane (*Platanus orientalis*) (Case study: Urmia city). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6(4):97-107.
- [12]. Qin, X., Sun, N., Ma, L., Chang, Y. and Mu, L. (2014). Anatomical and physiological responses of Colorado blue spruce to vehicle exhausts. *Environmental Science and Pollution Research*, 21: 11094-11098.
- [13]. Pourkhabbaz, AR, Shirvani, Z., and Ghaderi MG. (2015). Biomonitoring of air pollution in urban regions by *Platanus orientalis* and *Fraxinus excelsior* (Case study: Shiraz city). *Journal of Environmental Studies*, 41(2): 351-60.
- [14]. Jackson, ML. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- [15]. Hatamian, A., Rafati, M., and Farsad, F. (2020). Effect of irrigation with wastewater on lead and cadmium accumulations in the soils and plants of wheat and barley. *Journal of Water and Irrigation Management*, 9(2): 321-330.
- [16]. Gholami, A., Davami, A.H, Panahpour, A., and Amini, H. (2013). Evaluation of *Conocarpus erectus* plant as biomonitoring of soil and air pollution in Ahwaz region. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13(10): 1319-24.
- [17]. Kabata-Pendias, A. (2005). *Trace Element in Soils and Plants*. CRC Press, London.
- [18]. Dmuchowski, W., and Bytnerowicz, A. (1995). Monitoring environmental pollution in Poland by chemical analysis of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. *Environmental Pollution*, 87(1):87-104.
- [19]. Allen, SE. (1989). *Analysis of Ecological Materials*. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, London, United Kingdom.
- [20]. Ghanavati, N., Nazarpour, A., and Babanejad, T. (2019). Assessing the ecological and health risks of some heavy metals in roadside soil of Ahvaz. *Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*, 16(4): 373-90.
- [21]. Kaydan, Z., Ghanavati, N., and Nazarpour, A. (2019). Evaluation of soil pollution with heavy metals (Pb, Zn, Cu, Cr, Ni and V) in Ahvaz Parks. *Journal of Health*, 10(2): 228-239.
- [22]. Sardabi, H., Saleha Shoshtari, MH., Banj Shafiei, S., Ashraf Jafari, A., Toghraie, N., and Shariat, A. (2013). Investigation on potential of few eucalypt species for absorbing pollutants and reserving them in their leaves. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 357-72.
- [23]. Aboal, JR., Fernandez, JA., and Carballeira, A. (2004). Oak leaves and pines needles as biomonitors of airborne trace element pollution. *Environmental and Experimental Botany*, 51: 215-25.
- [24]. Bonanno, G., and Lo Giudice, R. (2010). Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. *Ecological Indicators*, 10: 639-645.
- [25]. Mortazavi, S., Ghasemi Aghbash, F., and Naderi Motiy, R. (2019). The feasibility of biomonitoring of heavy metals by wooden species of urban trees. *Journal of Forest Research and Development*, 5(1): 55-71.

Accumulation of heavy metals (lead and nickel) by the soil and leaves of *Albizia lebbeck* and *Conocarpus erectus* from the city of Ahwaz

M. Rafati*; Assist., Prof., of Environment, Technical and Engineering Faculty, North Tehran Branch, Islamic Azad university, Tehran, I.R. Iran

M. Mohammahi Roozbahani; Assist., Prof., of Department of Environment, Ahwaz Branch, Islamic Azad University, Ahwaz, I.R. Iran

H. Naseri Monfared; M.Sc. Graduated of Environment, Ahwaz Branch, Islamic Azad University, Ahwaz, I.R. Iran

(Received: 25 January 2020, Accepted: 19 May 2020)

ABSTRACT

In this study, the accumulation of heavy metals included lead and nickel in *Albizia lebbeck* ((L.) Benth) tree, and *Conocarpus erectus* (L.) shrub in urban green space were investigated. To this, two areas with low and high traffic intensity with three replications were selected in Ahwaz, and random samples were collected from tree leaves (from 2 to 3 meters height above the ground level) and soil at the bottom of the species (depth 0 to 10 cm). The results showed that in the low traffic area, the concentrations of both heavy metals in two species were significantly different, in the case of lead, the concentration of this metal in the leaf of *C. erectus* was significantly higher than that of *A. lebbeck*, but the concentration of nickel in the leaf of *A. lebbeck* was significantly higher than that of *C. erectus*. Concentrations of lead and nickel in the soil of both species in the high traffic areas were significantly higher than the low traffic areas. The bioconcentration factor for the lead metal in both species was less than 1; But, for nickel metal, the mean of bioconcentration factor for both species is greater than 1; indicating that the two species are able to extract nickel from the soil. In summary, it can be stated that according to the findings of this study, *C. erectus* is more capable of absorbing nickel than *Albizia lebbeck* and can be used in phytoremediation projects in similar areas.

Keywords: *Albizia lebbeck*, Bioconcentration, *Conocarpus erectus*, Phytoremediation, Pollutant, Traffic.

* Corresponding Author; Email: m.rafati.env@gmail.com, Tel:+982177009800