

The Study of the Traceability of Lead Heavy Metal in the Leaves of Eucalyptus (Eucalyptus Microtheca) and Burhan (Albizia Lebbeck) Trees in Shush City

Abdoreza Pour Gholam Khabaz

Department of Environment, Ahvaz Branch,
Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Maryam Mohammadi Rozbahani

* Department of Environment, Ahvaz Branch,
Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
(Corresponding author) :
Mmohammadiroozbahani@yahoo.com

Received: 2023/05/14

Accepted: 2023/09/14

Doi: 10.22038/jreh.2024.23862

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Purpose: This study aimed to investigate Pb pollution levels in the urban area of Shush City, utilizing dominant tree species as biological tracers.

Materials and Methods: Sampling was conducted over one year, targeting two tree species, Albizia lebbeck and Eucalyptus microtheca, at four locations with varying traffic levels in the urban area. Soil samples were collected from zero to 30 cm where the trees were situated, and leaves were gathered from 2 meters above the ground, covering four cardinal directions and performed in triplicate. 120 leaf and soil samples were transported to the laboratory for chemical analysis.

Results: The highest average concentration of Pb in the winter of 2018 was recorded as 1183.2 ± 4.6 mg/kg in the soil beneath the trees at the high-traffic station and 95.1 ± 2.4 mg/kg in the unwashed leaves of Albizia lebbeck at the low-traffic station. During the summer season of 2019, Pb concentrations were $1056 \pm 2.7 \pm 3.3$ mg/kg in the soil beneath the trees at the high-traffic station and 95.3 ± 1.4 mg/kg in the unwashed leaves of the Albizia lebbeck tree at the low-traffic station.

Conclusion: With bioaccumulation coefficients in all samples remaining below 1, it can be concluded that neither Albizia lebbeck nor Eucalyptus microtheca species possess a significant capacity for transferring heavy metals from the soil to their aerial organs. Additionally, they do not appear to absorb the available lead within their growth environment, making them unsuitable as bio-tracer plants.

Keywords: Heavy Metal Pollution, Lead Metal, Pollution Biomarker, Eucalyptus Microtheca, Albizia Lebbeck

► **Citation:** PourGholam Khabaz A, Mohammadi Rozbahani M. The Study of the Traceability of Lead Heavy Metal in the Leaves of Eucalyptus (Eucalyptus Microtheca) and Burhan(Albizia Lebbeck) Trees in Shush City. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2024; 9(4): 403-416.

مطالعه قابلیت ردیابی فلز سنگین سرب در برگ درختان اوکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*) و برهان (*Albizia lebbek*) در شهرستان شوش

چکیده

زمینه و هدف: سرب جزء فلزات سمی می‌باشد که نقش زیستی در بدن موجودات زنده ندارد و می‌تواند منجر به مسمومیت و بیماری در انسان شود. این مطالعه به منظور بررسی وضعیت آلودگی به سرب با گونه‌های درختی غالب کاشته شده در محدوده شهری شهرستان شوش به عنوان ردیاب زیستی انجام شد. **مواد و روش‌ها:** نمونه‌برداری از ۲ گونه برهان و اوکالیپتوس در طول یک سال در ۴ ایستگاه پرترافیک و کم‌ترافیک در محدوده شهری انجام شد. نمونه‌گیری از خاک محل رویش درخت‌ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و نمونه برگ گیاهان از ارتفاع ۲ متر از سطح زمین در چهار جهت و در سه تکرار صورت گرفت. نمونه‌های برگ و خاک به تعداد ۱۲۰ عدد برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. **یافته‌ها:** بیشترین میانگین غلظت سرب در زمستان ۱۳۹۸ در خاک پای درختان در ایستگاه پرترافیک $1183/2 \pm 4/6$ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های شسته‌نشده درخت برهان در ایستگاه کم‌ترافیک $95/1 \pm 4/2$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در فصل تابستان ۱۳۹۹ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان سرب در خاک پای درختان ایستگاه پرترافیک $1056/2 \pm 7/3$ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های شسته‌نشده درخت برهان در ایستگاه کم‌ترافیک $95/3 \pm 1/4$ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. **نتیجه‌گیری:** با توجه به این که میزان ضریب تجمع زیستی در هیچ یک از نمونه‌ها بیشتر از ۱ نبود، می‌توان نتیجه گرفت گونه‌های برهان و اوکالیپتوس توانایی چندانی برای انتقال سرب موجود در خاک به اندام هوایی خود، همچنین توانایی جذب سرب احتمالی موجود در فضای رشد خود را ندارند و نمی‌توان آن‌ها را جزء گیاهان زیست ردیاب در نظر گرفت.

کلید واژه‌ها: آلودگی فلزات سنگین، ردیابی فلز سرب، نشانگر زیستی آلودگی، اوکالیپتوس، برهان

عبدالرضا پورغلام خباز

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

مریم محمدی روزبهانی

* گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول):

Mmohammadiroozbahani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۳

نوع مقاله: پژوهشی

◀ **استناد:** پورغلام خباز ع، محمدی روزبهانی م. مطالعه قابلیت ردیابی فلز سنگین سرب در برگ درختان اوکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*) و برهان (*Albizia lebbek*) در شهرستان شوش. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. زمستان ۱۴۰۲؛ ۹(۴): ۴۰۳-۴۱۶.

منابع مختلف محیط‌زیست به دلیل فعالیت‌های انسانی از جمله صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و فولاد، سوزاندن سوخت‌های فسیلی، دفع پساب‌های شهری و روستایی، استفاده زیاد از کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی، حمل و نقل و ترافیک‌های شهری و جاده‌ای و فعالیت‌های معادن و فلزات، دچار تغییرات و عدم توازن شده است (۱،۲). مطالعات متعددی در مورد تعامل انسان با محیط اطراف خود و تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط فیزیکی، هوا، آب یا خاک بحث کرده‌اند (۳-۵).

یکی از آلاینده‌های خطرناک و مهم که در نتیجه فعالیت‌های صنعتی باعث تخریب محیط‌زیست و منابع خاک و آب شده است، انباشته شدن بیش از حد مواد سمی مانند فلزات سنگین هستند (۶). فلزات سمی در بیشتر موارد به دلیل رشد روز افزون صنایع و کشاورزی به هوا، آب و خاک وارد می‌شوند (۷) که استخراج یا خارج کردن این آلاینده‌ها از اکوسیستم‌ها دشوار است (۸). با توجه به اینکه فلزات سنگین می‌توانند بر موجودات زنده و محیط‌زیست آن‌ها تأثیرات منفی داشته باشند (۹)، برای کاهش و حذف آلودگی فلزات سنگین روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. اصلاح با روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تکنیک‌هایی هستند که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰). با این حال، این تکنیک‌ها از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی گران هستند و علاوه بر این می‌توانند اثرات مضر بر ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته باشند (۱۱).

سرب یک فلز سمی است که مقادیر بالای آن در خاک انباشته می‌شود (۱۲). فعالیت‌های انسان ساخت از جمله استفاده بالای سرب در صنایع مختلف منجر به افزایش غلظت این فلز در خاک‌های شهری شده است (۱۳). سرب به دلیل پایداری شیمیایی تجزیه نمی‌شود و برای مدت طولانی تری در خاک باقی می‌ماند (۱۴). همچنین سرب در ریشه، ساقه و برگ درختان و گیاهان انباشته می‌شود (۵)، اما در دسترس بودن، حلالیت و تحرک سرب در گیاهان بسیار کم است، زیرا سرب با سولفات‌ها، فسفات‌ها و سایر مواد شیمیایی در ریزوسفر رسوب می‌کند (۸). سرب در نتیجه آلودگی‌های مختلف وارد هوا، خاک و آب می‌شود و در نتیجه می‌تواند در بافت‌های

مختلف گیاهان انباشته شده و وارد زنجیره غذایی انسان شود (۱۲)، در نهایت سرب با ورود به بدن انسان و جذب در برخی اندام‌های بدن، موجب بیماری‌زایی، مسمومیت و سرطان در کودکان و بزرگسالان می‌گردد (۵). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض سرب باعث کم خونی همراه با افزایش فشار خون می‌شود که به‌طور عمده در افراد مسن و میانسال است. آسیب شدید به مغز و کلیه‌ها در بزرگسالان و کودکان، با قرار گرفتن در معرض سطوح بالای سرب که منجر به مرگ می‌شود، مرتبط است. در زنان باردار، مواجهه زیاد با سرب ممکن است باعث سقط جنین شود. قرار گرفتن در معرض سرب مزمن باعث کاهش باروری در مردان می‌شود. نوزادان و کودکان به سطوح پایین سرب حساس هستند و سبب مشکلات رفتاری، نقص یادگیری و کاهش ضریب هوشی می‌گردد (۱۲،۱۳).

پژوهشگران در مطالعات و تحقیقات متعددی غلظت فلزات سنگین از جمله سرب را در گونه‌های مختلف درختان گزارش کردند (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴). در یک مطالعه شاخص زیستی سرب در گونه‌های موروس آلبا^۱ و اوکالیپتوس کامالدولنسیس^۲ در یک شهر صنعتی پاکستان نشان داد که برگ درختان می‌تواند شاخص خوبی برای غلظت سرب استفاده شود، در حالی که گونه موروس آلبا به‌عنوان یک شاخص زیستی و تجمع‌گر زیستی خوب برای سرب گزارش شد (۵). همچنین برگ گونه‌های سدر^۳ و کهور^۴ از قابلیت تجمع و انباشت سرب و برخوردار بوده و می‌توان از آن‌ها در مناطق آلوده صنعتی و شهری به‌عنوان گونه بیش اندوز^۵ در برداشت و استخراج گیاهی^۶ استفاده کرد (۱۵). بیشترین جذب سرب در برگ گیاه ختمی^۷ ۴۷/۸۲ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شده است که نشان دهنده توانایی بالای این گیاه در تجمع عنصر سرب را در برگ و ریشه خود می‌باشد، بنابراین گیاه ختمی می‌تواند جاذب خوبی برای

1. *Morus alba*
2. *Eucalyptus camaldulensis*
3. *Ziziphus spina-christi*
4. *Prosopis cineraria*
5. *Hyperaccumulator*
6. *Phytoextraction*
7. *Althea officinalis*

خاک وجود دارد. همچنین از آنجایی که فلز سرب یکی از رایج ترین مخاطرات شهری در مناطق صنعتی و پرجمعیت می باشد، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی پتانسیل گیاه پالایی رایج ترین گونه های درختی موجود شهری و استفاده از برگ درختان اوکالیپتوس و برهان به عنوان نشانگرهای زیستی فلز سنگین سرب در محدوده شهری شهرستان شوش به عنوان ردیاب زیستی انجام پذیرفت.

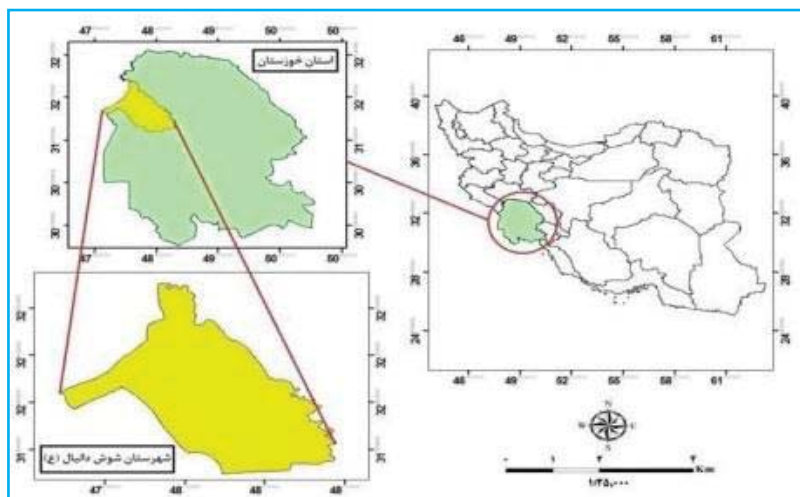
روش کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

شوش، شهرستانی در شمال غربی استان خوزستان از جنوب با مرکز استان (اهواز)، از شرق با شهرستان های شوشتر و دزفول، از شمال و غرب با شهرستان های اندیمشک، دهلران (در استان ایلام) و دشت آزادگان همسایه است (شکل ۱). شوش با مختصات جغرافیایی $48^{\circ}15'00''$ طول شرقی و $32^{\circ}12'00''$ عرض شمالی و با ارتفاع ۸۷ متر از سطح دریا، دارای آب و هوایی گرم و خشک، در کنار رودخانه شاوور شاخه ای از کرخه و در اراضی نسبتاً همواری واقع شده است (۲۲).

سرب باشد (۱۶). توانایی برگ درخت اوکالیپتوس در کشور مصر در تجمع و تحمل استرس فلزات سرب و کادمیوم باعث می شود که این گونه کاندید مناسبی برای بازیابی شرایط آلوده به فلزات سنگین باشد (۱۷). در تحقیق دیگری گزارش شده است که دو گونه سدر^۱ و کنوکارپوس^۲ در کشور عربستان توانایی بالایی در تجمع سرب در ریشه و برگ خود نسبت به سایر گیاهان دارند (۱۸). مطالعه توزیع فلزات سنگین با استفاده از درختان جنس اوکالیپتوس به عنوان شاخص زیستی نشان داده است که دو گونه اوکالیپتوس گراندیس^۳ و اوکالیپتوس تریتیکورنیس^۴ درختان مناسبی برای جذب کادمیوم و سرب از محیط هستند و اوکالیپتوس تریتیکورنیس گونه مناسب تری جهت زیست پالایی سرب و کادمیوم می باشد (۱۹). پژوهشگران گزارش کردند که انباشت فلزات سنگین سرب و نیکل در برگ درخت برهان^۵ و درختچه کنوکارپوس^۶ می توانند فلز نیکل و سرب از خاک را استخراج کنند که کنوکارپوس دارای قابلیت بیشتری در جذب نیکل نسبت به برهان است (۲۰، ۲۱).

چالش های تحقیقاتی مختلفی در انتخاب مناسب ترین گونه های درختی بر اساس پاسخ های فیزیولوژیکی آن ها در برابر آلودگی هوا و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شهرستان شوش

نمونه برداری

برای تعیین ایستگاه های نمونه برداری با توجه به موضوع پروژه ابتدا نقشه جامع شهر شوش مورد بررسی قرار گرفت و سپس با در نظر

1. *Ziziphus spina-christi*
2. *Conocarpus erectus*
3. *Eucalyptus grandis*
4. *Eucalyptus tereticornis*
5. *Albizia lebeck*
6. *Conocarpus erectus*

آماده‌سازی و هضم شیمیایی

برای آماده‌سازی نمونه‌های گیاه نیز ابتدا نیمی از برگ‌های جمع‌آوری شده در هر ایستگاه با استفاده از آب مقطر دی یونیزه مورد شستشو قرار گرفت. سپس با استفاده از قیچی برگ‌ها را به قطعات کوچکتر تقسیم نموده و در پاکت‌های کاغذی و درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده تا خشک شوند. پس از خشک شدن نمونه‌ها توسط هاون چینی برگ‌ها را به شکل پودر در آورده و سپس ۰/۵ گرم از گیاه پودر شده با استفاده از ترازو توزین گردید. برای آماده‌سازی نمونه‌های خاک ابتدا خاک‌ها را در کوزه‌های چینی ریخته و در آون به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن خاک‌ها را از الک ۶۳ میکرون عبور داده و با استفاده از هاون چینی خاک‌ها را پودر کرده، سپس به میزان ۰/۵ گرم جهت آزمایش توزین شدند (۲۳). برای هضم نمونه‌های گیاه، ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده گیاه به ارلن ۱۰۰ سی‌سی منتقل گردید و سپس ۵ سی‌سی اسید نیتریک غلیظ به هر کدام از نمونه‌ها اضافه نموده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن‌ها به مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار داده شد، سپس ارلن‌ها را بر روی هیتر با دمای ۸۰ الی ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز گردید تا بخار خرمایی رنگی از تمامی نمونه‌ها متصاعد شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه مقدار ۲ سی‌سی آب اکسیژنه ۳۰ درصد به هر یک از ارلن‌ها اضافه کرده و عمل حرارت دادن شدیدتر شده تا اکسیداسیون مواد گیاهی به اتمام رسید. این عمل تا زمانی ادامه یافت که حجم نمونه به ۲ الی ۳ سی‌سی کاهش یافته و نمونه کاملاً بی‌رنگ شد. پس از بی‌رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن پس از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و درون بالون ژوژه ۵۰ سی‌سی ریخته و با اسید نیتریک ۱۰ درصد به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد. سپس درون ظرف پلاستیکی قرار داده تا میزان سرب موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردد (۲۴). برای هضم نمونه‌های خاک ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده خاک به ارلن ۱۰۰ سی‌سی منتقل گردید و ۵ قطره اسید

گرفتن غالبیت گیاهان و ترافیک مناطق مختلف، ایستگاه‌های مورد مطالعه در نظر گرفته شدند. به طور کلی ۴ ایستگاه شامل ۲ ایستگاه به‌عنوان مناطق پرترافیک، ۲ ایستگاه به‌عنوان مناطق کم‌ترافیک انتخاب گردید. وجود گیاهان مورد بررسی در این پروژه از نکات قابل توجه در انتخاب ایستگاه‌های مورد نظر بود. پس از انتخاب ایستگاه‌ها با استفاده از دستگاه GPS مکان دقیق نمونه‌برداری از نظر مختصات منطقه تعیین و یادداشت گردید (جدول ۱).

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی محل نمونه برداری برگ درختان در شهرستان شوش

نام ایستگاه	منطقه	X	Y
پرترافیک ۱	بلوار امام خمینی	۲۴۰۸۸۲	۳۹۵ ۳۵۶۵۴۷۶
پرترافیک ۲	جنب حرم دانیال (ع)	۲۴۰۱۰۷	۳۹۵ ۳۵۶۴۹۷۶
کم‌ترافیک ۱	خیابان بوعلی	۲۴۱۲۴۷	۳۹۵ ۳۵۶۷۳۷۵
کم‌ترافیک ۲	ابراهیم آباد	۲۴۰۰۶۵	۳۹۵ ۳۵۶۵۵۹۳

با توجه به این که یافتن رابطه بین خاک و گیاه مورد نظر بود هر دو می‌بایست از یک ایستگاه برداشت می‌شد و با در نظر گرفتن ایستگاه‌های انتخاب شده، از گیاهان غالب مناطق، اوکالیپتوس و برهان به عنوان گیاهان درختی مورد آزمایش قرار گرفتند و نمونه‌های خاک نیز برداشت گردید. نمونه‌برداری در دو فصل زمستان ۱۳۹۸ و تابستان ۱۳۹۹ انجام گردید. جهت نمونه‌برداری درختان موجود در ایستگاه‌ها، برگ‌ها از ارتفاع ۲ متری در ۴ جهت مختلف با استفاده از قیچی باغبانی برداشت شدند. با در نظر گرفتن دو فصل تابستان و زمستان و همچنین برای درختان در دو گروه شسته‌شده و شسته‌نشده از هر درخت اوکالیپتوس و برهان با ۳ تکرار نمونه‌برداری انجام گردید که در مجموع ۴ ایستگاه ۹۶ نمونه برگ درختاندر کیسه‌های نایلونی قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند که پس از انتقال به آزمایشگاه در ۲ گروه شسته‌شده و شسته‌نشده طبقه‌بندی شدند. برای نمونه‌برداری خاک، نمونه‌ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر به وسیله بیلچه از پای درختانبا ۳ تکرار و در مجموع ۴۸ نمونه خاک جمع‌آوری شد و در کیسه‌های نایلونی جداگانه بسته‌بندی گردید.

تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های سرب خاک و درختان و رسم جداول و نمودارها از برنامه نرم افزاری اس پی اس نسخه ۲۰ و اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده گردید. آزمون‌های آماری انجام شده بر روی داده‌ها شامل آزمون‌های تی مستقل و تعیین ضریب همبستگی پیرسون بود.

یافته‌ها

در فصل زمستان، در بلوار امام خمینی و جنب حرم دانیال (ع) به عنوان مناطق پرترافیک شوش، غلظت فلز سرب بین برگ شسته‌شده و شسته‌نشده درخت اوکالیپتوس و برهان اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$). همچنین در خیابان بوعلی و ابراهیم آباد به عنوان مناطق کم‌ترافیک شوش، غلظت فلز سرب بین برگ شسته‌شده و شسته‌نشده درخت اوکالیپتوس و برهان در زمستان، اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$). در فصل زمستان، در برگ شسته‌شده اوکالیپتوس، بالاترین غلظت سرب 85 ± 3 میلی‌گرم بر کیلوگرم در منطقه پرترافیک بلوار امام خمینی و در برگ شسته‌نشده اوکالیپتوس نیز برگ منطقه بلوار امام خمینی $86/1 \pm 4/1$ بالاترین غلظت را داشت. در برگ درخت برهان، برگ شسته‌شده خیابان بوعلی به عنوان منطقه کم‌ترافیک با $92/8 \pm 4$ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ درخت شسته‌نشده درختان برهان برگ این منطقه $96/1 \pm 4/2$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت فلز سرب را داشت (جدول ۲).

کلریدریک ۱ نرمال به هر کدام از نمونه‌ها اضافه نموده و ارلن‌ها را به شکل دورانی تکان داده تا خاک و اسید کاملاً با هم مخلوط گردید، سپس از آن ۵ تیزاب سلطانی به هر کدام از ارلن‌ها اضافه کرده و دوباره تکان داده شدند. سپس ارلن‌ها را بر روی هیتر برقی با دمای ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده تا رنگ نمونه‌ها تیره گردید. بعد از آن به هریک از نمونه‌ها ۳ سی سی اسید پرکلریک اضافه نموده و مجدداً ارلن‌ها را بر روی هیتر قرار داده تا حجم نمونه‌ها به ۲ الی ۳ سی سی کاهش یافته پس از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و درون بالون ژوزه ۵۰ سی سی ریخته و با اسید کلریدریک ۱ نرمال به حجم ۵۰ سی سی رسانده شد. سرب موجود در عصاره بدست آمده توسط دستگاه اتمیک ایزوربشن به روش جذب اتمی قرائت گردید (۲۵).

ضریب تجمع زیستی

مقدار غلظت اندازه‌گیری شده در واحد وزن نمونه بر اساس رابطه ۱ محاسبه شده است که A عدد قرائت شده بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم، V حجم نهایی محلول هضم شده نمونه (۵۰ سی سی) و M وزن نمونه برداشت شده (در کلیه نمونه‌های خاک و گیاه ۱ گرم) می‌باشد. این رابطه بیانگر نحوه محاسبه غلظت اندازه‌گیری شده فلز در واحد وزن نمونه‌های گیاهی و خاک است که از تقسیم شدن ضرب مقدار فلز قرائت شده بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم و حجم نهایی محصول هضم شده بر وزن نمونه برداشت شده بدست آمد:

$$A = \frac{A \times V}{M} \times 100$$

رابطه ۱:

جدول ۲. مقایسه غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برگ درختان مورد مطالعه شهرستان شوش در زمستان ۱۳۹۸

گونه مورد مطالعه	نام منطقه	وضعیت برگ شماره ایستگاه	شسته‌شده	شسته‌نشده
اوکالیپتوس (Eucalyptus microtheca)	بلوار امام خمینی	ایستگاه پرترافیک ۱	85 ± 3^a	$86/1 \pm 4/1^a$
	جنب حرم دانیال (ع)	ایستگاه پرترافیک ۲	$82/7 \pm 3/8^a$	$81/1 \pm 4/1^a$
	خیابان بوعلی	ایستگاه کم‌ترافیک ۱	$77/9 \pm 5^a$	$79 \pm 5/4^a$
	ابراهیم آباد	ایستگاه کم‌ترافیک ۲	$83/3 \pm 4/4^a$	$84/1 \pm 4/9^a$
برهان (Albizia lebeck)	بلوار امام خمینی	ایستگاه پرترافیک ۱	$75/1 \pm 3/8^a$	$77/5 \pm 3/9^a$
	جنب حرم دانیال (ع)	ایستگاه پرترافیک ۲	$61/7 \pm 2/9^a$	$61/6 \pm 2/7^a$
	خیابان بوعلی	ایستگاه کم‌ترافیک ۱	$92/8 \pm 4^a$	$96/1 \pm 4/2^a$
	ابراهیم آباد	ایستگاه کم‌ترافیک ۲	$39/6 \pm 3/9^a$	$41 \pm 3/4^a$

حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($P > 0/05$).

بالاترین غلظت سرب $۸۲/۹ \pm ۳/۷$ میلی گرم بر کیلوگرم در منطقه پرتراپیک بلوار امام خمینی و در برگ شسته نشده اوکالیپتوس نیز برگ منطقه بلوار امام خمینی $۸۳/۸ \pm ۳/۷$ بالاترین غلظت را داشت. در برگ درخت برهان، برگ شسته شده خیابان بوعلی به عنوان منطقه کم تراپیک $۹۳/۵ \pm ۳/۵$ میلی گرم بر کیلوگرم و در برگ درخت شسته نشده درختان برهان برگ این منطقه $۹۵/۱ \pm ۳/۴$ میلی گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت فلز سرب را داشت (جدول ۳).

در تابستان ۱۳۹۹، غلظت فلز سرب بین برگ شسته شده و شسته نشده درخت اوکالیپتوس و برهان در بلوار امام خمینی و جنب حرم دانیال (ع) به عنوان مناطق پرتراپیک شوش، اختلاف معنی داری نداشت ($P > ۰/۰۵$). در مناطق کم تراپیک شوش (خیابان بوعلی و ابراهیم آباد) نوع برگ درخت اوکالیپتوس و برهان استفاده شده جهت سنجش غلظت فلز سرب (شسته شده و شسته نشده)، تفاوت معنی داری در غلظت سرب نداشتند ($P > ۰/۰۵$). در فصل تابستان، در برگ شسته شده اوکالیپتوس،

جدول ۳. مقایسه غلظت سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) در برگ درختان مورد مطالعه شهرستان شوش در تابستان ۱۳۹۹

گونه مورد مطالعه	نام منطقه	وضعیت برگ شماره ایستگاه	شسته شده	شسته نشده
اوکالیپتوس (<i>Eucalyptus microtheca</i>)	بلوار امام خمینی	ایستگاه پرتراپیک ۱	$۸۲/۹ \pm ۳/۷^a$	$۸۳/۸ \pm ۳/۷^a$
	جنب حرم دانیال (ع)	ایستگاه پرتراپیک ۲	$۸۰/۳ \pm ۳/۷^a$	$۸۰/۵ \pm ۳/۱^a$
	خیابان بوعلی	ایستگاه کم تراپیک ۱	$۷۶/۱ \pm ۳^a$	$۷۷ \pm ۳/۵^a$
	ابراهیم آباد	ایستگاه کم تراپیک ۲	$۷۸/۱ \pm ۳/۵^a$	$۷۹ \pm ۳/۶^a$
برهان (<i>Albizia lebeck</i>)	بلوار امام خمینی	ایستگاه پرتراپیک ۱	$۷۳/۵ \pm ۳^a$	$۷۶/۱ \pm ۳^a$
	جنب حرم دانیال (ع)	ایستگاه پرتراپیک ۲	$۶۵/۴ \pm ۳/۵^a$	$۶۷/۳ \pm ۳/۵^a$
	خیابان بوعلی	ایستگاه کم تراپیک ۱	$۹۳/۵ \pm ۳/۵^a$	$۹۵/۱ \pm ۳/۴^a$
	ابراهیم آباد	ایستگاه کم تراپیک ۲	$۴۴/۹ \pm ۳/۷^a$	$۴۶/۷ \pm ۳/۱^a$

حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین میانگین ها است ($P > ۰/۰۵$)

بالاتر از بلوار امام خمینی بود ($P < ۰/۰۵$). غلظت فلز سرب خاک با میانگین $۸۳۸/۹ \pm ۳۰۸/۰۱$ میلی گرم بر کیلوگرم در مقایسه با غلظت سرب خاک در منطقه کم تراپیک ($۲۸۶/۶۵ \pm ۷/۱۴$) میلی گرم بر کیلوگرم) با اختلاف معنی دار بالاتر بود ($P < ۰/۰۵$). غلظت فلز سرب در خاک در مقایسه با برگ مناطق پرتراپیک و کم تراپیک بالاترین غلظت را داشت و در میان خاک مناطق مختلف، خاک منطقه پرتراپیک بلوار امام خمینی $۱۱۸۳/۴ \pm ۲/۶$ میلی گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت سرب را داشت. غلظت فلز سرب در خاک در مقایسه با برگ مناطق پرتراپیک و کم تراپیک بالاترین غلظت را داشت و در میان خاک مناطق مختلف، خاک منطقه پرتراپیک بلوار امام خمینی $۱۰۵۶/۷ \pm ۲/۳$ میلی گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت سرب را داشت (جدول ۴).

در فصل زمستان ۱۳۹۸، غلظت فلز سرب بین دو ایستگاه منطقه پرتراپیک و دو ایستگاه منطقه کم تراپیک اختلاف معنی دار داشت ($P < ۰/۰۵$) به این ترتیب بلوار امام خمینی در منطقه پرتراپیک و خیابان بوعلی در منطقه کم تراپیک غلظت سرب بالاتری در خاک در مقایسه با ایستگاه های جنب حرم دانیال (ع) (منطقه پرتراپیک) و ابراهیم آباد (منطقه کم تراپیک) داشت ($P < ۰/۰۵$). غلظت فلز سرب خاک با میانگین $۹۲۸/۹۵ \pm ۳۵۸/۴۳$ میلی گرم بر کیلوگرم در مقایسه با غلظت سرب خاک در منطقه کم تراپیک $۲۸۷/۹۵ \pm ۲۳/۵۴$ میلی گرم بر کیلوگرم با اختلاف معنی داری بالاتر بود ($P < ۰/۰۵$). در فصل تابستان ۱۳۹۹، غلظت فلز سرب خاک بین دو ایستگاه منطقه کم تراپیک اختلاف معنی داری نداشت ($P > ۰/۰۵$)، اما در منطقه پرتراپیک غلظت فلز سرب خاک منطقه جنب حرم دانیال

جدول ۴. مقایسه غلظت سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) در خاک مورد مطالعه شهرستان شوش در زمستان ۱۳۹۸

فصل مورد مطالعه	نام منطقه	ایستگاه	غلظت سرب	میانگین
زمستان ۱۳۹۸	بلوار امام خمینی	ایستگاه پرتراپیک ۱	$1183/4 \pm 2/6^a$	$928/95 \pm 358/43$
	جنب حرم دانیال (ع)	ایستگاه پرتراپیک ۲	$676/5 \pm 2/3^b$	
	خیابان بوعلی	ایستگاه کم‌ترافیک ۱	$304/6 \pm 1/8^a$	$287/95 \pm 23/54$
	ابراهیم آباد	ایستگاه کم‌ترافیک ۲	$271/3 \pm 4/9^b$	
تابستان ۱۳۹۹	بلوار امام خمینی	ایستگاه پرتراپیک ۱	$1056/7 \pm 2/3^a$	$838/9 \pm 308/01$
	جنب حرم دانیال (ع)	ایستگاه پرتراپیک ۲	$621/1 \pm 2/3^b$	
	خیابان بوعلی	ایستگاه کم‌ترافیک ۱	$281/6 \pm 4/7^a$	$286/65 \pm 7/14$
	ابراهیم آباد	ایستگاه کم‌ترافیک ۲	$291/7 \pm 3/8^a$	

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($P > 0/05$).

جهت ارتباط سرب در برگ درختان و خاک از همبستگی پیرسون استفاده شد. بین غلظت فلز موجود در خاک با سطح فلز موجود در برگ گیاه برهان شسته‌شده و همبستگی مثبت در سطح $0/05$ وجود داشت. بین غلظت فلز موجود در خاک با سطح فلز موجود در برگ گیاه اوکالیپتوس شسته‌شده و همبستگی مثبت در سطح $0/05$ وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵. بررسی همبستگی بین سرب موجود در خاک و برگ گیاه برهان شسته‌شده

خاک	برگ شسته‌شده برهان	برگ شسته‌نشده برهان	برگ شسته‌شده اوکالیپتوس	برگ شسته‌نشده اوکالیپتوس
۱	$0/726^*$	$0/723^*$	$0/141$	$0/144$
برگ شسته‌شده برهان	$0/726^*$			
برگ شسته‌نشده برهان	$0/723^*$	۱		
برگ شسته‌شده اوکالیپتوس	$0/141$		۱	
برگ شسته‌نشده اوکالیپتوس	$0/144$			۱

*همبستگی در سطح $0/05$ درصد تجزیه و تحلیل شده است.

در فصل زمستان ۱۳۹۸، بالاترین ضریب تجمع زیستی با $0/30$ درصد در برگ اوکالیپتوس شسته‌نشده و کمترین میزان تجمع زیستی با $0/06$ درصد در برگ برهان شسته‌شده اندازه‌گیری شد. بالاترین ضریب تجمع زیستی در مناطق کم‌ترافیک و کمترین ضریب تجمع زیستی در مناطق پرتراپیک بود. در مورد برگ درخت اوکالیپتوس و برهان، بالاترین ضریب تجمع زیستی در دو منطقه کم‌ترافیک خیابان بوعلی و ابراهیم‌آباد و کمترین ضریب تجمع زیستی در منطقه پرتراپیک اندازه‌گیری شد. در فصل تابستان ۱۳۹۹، بالاترین ضریب تجمع زیستی در برگ اوکالیپتوس در منطقه پرتراپیک جنب حرم دانیال (ع) و کمترین ضریب تجمع زیستی در برگ این گیاه در منطقه کم‌ترافیک خیابان بوعلی اندازه‌گیری شد. در مورد درخت برهان، بالاترین ضریب تجمع زیستی در مناطق کم‌ترافیک ابراهیم‌آباد بود. در برگ اوکالیپتوس و نیز برهان، هم در برگ شسته‌شده و هم شسته‌نشده، ضریب تجمع زیستی در مناطق کم‌ترافیک بالاترین درصد را داشت. مقایسه ضریب تجمع زیستی بین دو فصل تابستان و زمستان در برگ درختان اوکالیپتوس و برهان نشان داده شد که در برگ

در منطقه کم ترافیک خیابان بوعلی در زمستان و تابستان بالاتر از سایر نقاط بود. در هر دو منطقه کم ترافیک و پر ترافیک شوش در زمستان ۱۳۹۸ و تابستان ۱۳۹۹، درخت اوکالیپتوس در مقایسه با درخت برهان ضریب تجمع زیستی بالاتری برای فلز سرب داشت (جدول ۶).

شسته نشده و شست شده درخت اوکالیپتوس مناطق پرترافیک، ضریب تجمع زیستی تابستان در مقایسه در زمستان و در برگ درخت شسته نشده و شست شده اوکالیپتوس مناطق کم ترافیک، زمستان در مقایسه با تابستان ضریب تجمع زیستی بالاتر بود. در برگ درختان برهان شسته شده و شست نشده، ضریب تجمع زیستی

جدول ۶. ضریب تجمع زیستی سرب (درصد) در برگ گیاهان نسبت به خاک، در مناطق کم ترافیک و پر ترافیک شهرستان شوش

گیاه ایستگاه	فصل زمستان ۱۳۹۸				فصل تابستان ۱۳۹۹			
	اوکالیپتوس		برهان		اوکالیپتوس		برهان	
	شسته شده	شسته نشده	شسته شده	شسته نشده	شسته شده	شسته نشده	شسته شده	شسته نشده
پر ترافیک	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۰۹
کم ترافیک	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۳۱
	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱	۰/۱۵

بحث

سالهای گذشته برخی مطالعات گزارش کردند که یکی از دلایل افزایش سرب موجود در خاک های سطحی مناطق کنار جاده ای و با حجم ترافیک بالا، بنزین و سوخت غیر استاندارد و کیفیت پایین مورد استفاده در خودروهای سبک و سنگین می باشد (۳۲-۳۵). مشکلات زیست محیطی مرتبط با بنزین سرب در جایی که بزرگراه ها نزدیک به زمین های کشاورزی هستند تشدید می شود. این به این دلیل است که سرب انباشته شده را می توان با ریزش مستقیم جوی روی گیاهان یا جذب گیاه از خاک به زنجیره غذایی منتقل کرد (۳۶،۳۷).

بیشترین میزان سرب نمونه های برگ در زمستان ۱۳۹۸ و در تابستان ۱۳۹۹ مربوط به برگ نشسته درختان برهان در ایستگاه کم ترافیک ۱ بود. کمترین میزان سرب نمونه های برگ در زمستان ۱۳۹۸ و در تابستان ۱۳۹۹ مربوط به برگ شسته درختان برهان در ایستگاه کم ترافیک ۲ بود. درمورد مکانیسم جذب سرب در درخت برهان با توجه به اینکه ضریب انتقال زیستی کمتر از ۱ می باشد، در صورتی می توان با قطعیت اعلام نظر نمود که میزان سرب در ریشه گیاه هم اندازه گیری شود. در حال حاضر ممکن است فرایند تبخیر

نتایج این تحقیق در ایستگاه های مورد مطالعه شهرستان شوش نشان داد که بیشترین میانگین غلظت سرب نمونه های خاک در زمستان ۱۳۹۸ و تابستان ۱۳۹۹، در منطقه پرترافیک ۱ به دست آمد. همچنین کمترین میانگین غلظت سرب نمونه های خاک در زمستان ۱۳۹۸ در ایستگاه کم ترافیک ۲ و در تابستان ۱۳۹۹ در منطقه کم ترافیک ۱ مشاهده شد. در تحقیق حاضر تجزیه و تحلیل مقادیر سرب در خاک نشان داد که بیشترین غلظت در مناطق ترافیک بالا مشاهده شد و غلظت سرب در خاک های سطحی و مسکونی شهرستان شوش در محدوده پس زمینه این عنصر در پوسته زمین (۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم) و شیل (۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم) بالاتر بود (۱۰،۲۶) که با نتایج بسیاری از پژوهشگران در مناطق مختلف جهان (ترکیه، امارات، لهستان و اندونزی) مطابقت و هم خوانی داشت (۲۷-۳۰). حمل و نقل خودروها و ترافیک شهری یکی از منابع آلودگی سرب در خاک نزدیک های سطحی با تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان است (۳۱). تجمع سرب ناشی از ترافیک در خاک به میزان سرب بنزین، حجم ترافیک و همچنین شرایط هواشناسی بستگی دارد (۲۸). در

گیاهی^۱ اتفاق افتاده باشد یا فرایند تغلیظ گیاهی^۲، قطعاً گیاه مورد نظر بیش انباشتگر^۳ نمی باشد. مقایسه گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که بین میزان سرب موجود در نمونه های گیاهی هر دو گونه، تفاوت معنی دار وجود داشت. ($P < 0/05$). همچنین بین میزان تجمع فلز سرب هرگونه گیاهی در مناطق با ترافیک مختلف تفاوت معنی دار وجود نداشت ($P > 0/05$) که حاکی از عدم ارتباط شدت های مختلف تجمع سرب در گونه های گیاهی با میزان ترافیک است. در مورد توانایی استفاده از گونه ها به عنوان بیواندیکاتور فلز سرب، با توجه به اینکه میزان ضریب تجمع زیستی در هیچ یک از نمونه ها بیشتر از ۱ نبود، می توان نتیجه گرفت گونه های اوکالیپتوس و برهان توانایی چندانی برای انتقال فلز سنگین سرب موجود در خاک به اندام های هوایی خود ندارند و نمی توان آن ها را جزء گیاهان شاخص زیستی قوی دانست و بیشتر برای استفاده جهت کاهش آلودگی و تطیف هوا مناسب هستند. در نهایت طی مقایسه میانگین مقادیر فلز سرب در دو فصل، اختلاف معناداری بین برگ شسته شده و شسته نشده هر دو گونه مشاهده نگردید. در برگ اوکالیپتوس و برهان، هم در برگ شسته شده و هم شسته نشده، ضریب تجمع زیستی سرب در مناطق کم ترافیک بالاترین درصد را داشت. همچنین بالاترین ضریب تجمع زیستی در برگ اوکالیپتوس شسته نشده گزارش شد، زیرا در فصل زمستان مقادیر سرب در برگ درخت اوکالیپتوس بالاتر از درخت برهان بود. چنین به نظر می رسد که با توجه به مطالعات مختلف بر روی درخت اوکالیپتوس، این گونه توانایی جذب سرب از خاک های آلوده در غلظت های بالا را دارد (۵،۱۷،۱۹). پژوهشگران گزارش کردند که تجمع زیستی فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم و مس در درخت اوکالیپتوس نسبت به درختان برهان و انجیر برگ ریز بهتر بوده و درخت اوکالیپتوس این فلزات را با ظرفیت مناسبی در برگ های خود جذب و انباشته کرده (۱۷،۲۰) که نتایج این تحقیق را تایید می کند. همچنین در تحقیقی نشان داده شد که فلزات سرب و کادمیوم به وسیله دو گونه اوکالیپتوس گراندیس^۴ و اوکالیپتوس

1. Phytovoltalization
2. Phytoextraction
3. Hyperaccumulator
4. Eucalyptus grandis

تریتیکورنیس^۵ از محیط جذب می شوند و این درختان توانایی گیاه پالایی مناسبی دارند (۱۹) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. گونه های مختلف درختان و گیاهان بر اساس جذب و انباشت فلز سرب به دو گروه تقسیم بندی می شوند (۳۸،۳۹)، برخی از درختان سرب را به طور کلی حذف و درون ریشه خود انباشته می کنند، اما گروه دوم درختان مقادیر بالای سرب را در برگ های خود تجمع می دهند که گیاهان بیش از حد تجمع دهنده هستند (۴۰،۴۱). برهان گونه ای گرمسیری از درختان بوده که دارای رشد سریعی می باشد (۴۲) که پژوهشگران متعددی گزارش کردند که برهان گونه مناسبی جهت گیاه پالایی عناصر سمی نظیر کادمیوم، کروم و سرب بوده است (۴۳،۴۴). اوکالیپتوس درختی بومی استرالیا است که برای تثبیت گیاهی خاک های آلوده پیشنهاد شده اند، زیرا میزان متوسط تا کم تجمع فلزات سنگین در زیست توده های زیرزمینی، در نتیجه خطر انتقال آلاینده ها به شبکه غذایی کاهش می یابد (۴۵،۴۶).

ضریب تجمع زیستی برگ گونه های مورد مطالعه در ۴ ایستگاه و دو فصل مورد مطالعه محاسبه شد و با توجه به اینکه میزان این ضریب در هیچ یک از گیاهان بیشتر از ۱ نبود، می توان نتیجه گرفت گونه های درختی برهان و اوکالیپتوس توانایی چندانی برای تجمع فلز سنگین سرب در برگ های خود ندارند و نمی توان آن ها را جزء گیاهان بیش انباشت کننده قوی دانست. با توجه به اینکه مطالعات و تحقیقات مختلفی گیاه پالایی فلزات سنگین درختان مختلف از جمله برهان و اوکالیپتوس را گزارش کردند (۲۰،۲۱،۴۳،۴۴،۴۵)، اما باید توجه داشت که برخی از درختان مانند اوکالیپتوس و برهان می توانند تحت شرایط تجربی مقدار مشخصی از فلزات سنگین را در برگ های خود جمع کنند مناسب بودن گونه انتخابی باید برای شرایط خاص و نوع آلاینده ها ارزیابی شود (۴۷،۴۸). سرب به طور طبیعی در گیاهان وجود دارد اما برای رشد و نمو آن ها غیر ضروری در نظر گرفته می شود. محتوای سرب نمونه های برگ درختان اوکالیپتوس و برهان به طور کلی بالاتر از سطح معمول سرب گیاهان بود که توسط کاباتا-پندیاس و

5. Eucalyptus tereticornis

به ترتیب در خاک پای درختان ایستگاه پرتراپیک $۱۰۵۶/۲ \pm ۷/۳$ میلی گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های شسته نشده درخت برهان در ایستگاه کم‌تراپیک $۹۵/۳ \pm ۱/۴$ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. تسهیل دولتی موضوع دسترسی مردم به خودروهای با سوخت پاک مطابق استانداردهای جهانی جهت کاهش منابع سیار آلاینده و اتخاذ مشوق‌های قانونی لازم به منظور استفاده بیشتر مردم از وسایل نقلیه غیرموتوری، بویژه در سفرهای شهری تک نفره جزء پیشنهادهای کاربردی و اجرایی این تحقیق می‌باشند. همچنین پیشنهاد می‌گردد سرب موجود در هوا در ایستگاه‌های متفاوت تراپیکی همزمان با بررسی غلظت فلز سنگین سرب یا فلزات سنگین دیگر در خاک و پوشش گیاهی دیگر نیز بررسی گردد. با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد تردد خودروها و حجم بالای تراپیک می‌تواند سبب انتشار سرب در هوا و در نهایت انتقال و انباشت در برگ درختان و خاک شود.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله حاصل پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می‌باشد که با کد ۱۰۶۲۹۴۱۳۱۹۸۰۷۲۱۱۳۹۸۱۱۲۳۸۷ در سامانه پژوهش‌یار ثبت شده است. نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می‌باشد که با کد ۱۰۶۲۹۴۱۳۱۹۸۰۷۲۱۱۳۹۸۱۱۲۳۸۷ در سامانه پژوهش‌یار ثبت شده است. نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی را از معاونت پژوهشی دانشگاه اعلام می‌نمایند. شایان ذکر است با توجه به نوع روش این مطالعه در رابطه با حقوق مادی و معنوی جوامع انسانی و آسیب‌های وارد شده به حیات وحش هیچ‌گونه نقشی وجود نداشته است.

پندسیاس ۲۰-۲/۰ میلی گرم بر کیلوگرم ارائه شده است، اما آن‌ها نشان دهنده تأثیری هستند که تراپیک وسایل نقلیه می‌تواند بر سطوح آلاینده‌های هوا داشته باشد (۴۹). فلز سرب یک عنصر سمی است که رشد گیاه برهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد که ممکن است به دلیل تجمع سرب در خاک باشد که به طور فیزیکی مانع جذب آب از ریشه به شاخه می‌شود و با سرعت فتوسنتز مرتبط است که عمدتاً با محتوای آب و جذب دی اکسیدکربن مرتبط است (۵۱، ۵۰). مطالعات دیگر بر روی گیاه برهان نشان داد که طول ریشه، اندام هوایی و گیاهچه با افزایش غلظت سرب به شدت تحت تأثیر قرار گرفتند که ممکن است به دلیل کاهش در تشکیل سلول جدید و افزایش طول سلول در ناحیه گسترش ریشه باشد (۵۲، ۲۱، ۲۰). در یک مطالعه در کشور مصر گزارش شده است که درخت اوکالیپتوس در جذب و انباشته کردن فلزات سرب و کادمیوم گونه درختی مناسبی می‌باشد (۱۷). همچنین برگ درخت برهان^۱ و درختچه کنوکارپوس^۲ نیز می‌توانند فلز نیکل و سرب خاک را جذب کنند که کنوکارپوس دارای قابلیت بیشتری در جذب نیکل نسبت به برهان است (۲۱، ۲۰).

نتیجه‌گیری

بالاترین ضریب تجمع‌زیستی با $۰/۳۰$ درصد در برگ اوکالیپتوس شسته نشده و کمترین میزان تجمع‌زیستی با $۰/۰۶$ درصد در برگ برهان شسته شده اندازه‌گیری شد. با توجه به این که میزان ضریب تجمع‌زیستی در هیچ یک از نمونه‌ها بیشتر از ۱ نبود، می‌توان نتیجه گرفت گونه‌های برهان و اوکالیپتوس توانایی چندان برای انتقال فلز سنگین موجود در خاک به اندام هوایی خود، همچنین توانایی جذب سرب احتمالی موجود در فضای رشد خود را ندارند و نمی‌توان آن‌ها را جزء گیاهان زیست ردیاب در نظر گرفت. بیشترین میانگین غلظت سرب در زمستان ۱۳۹۸ در خاک پای درختان ایستگاه پرتراپیک $۱۱۸۳/۲ \pm ۴/۶$ میلی گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های شسته نشده درخت برهان در ایستگاه کم‌تراپیک $۹۵/۱ \pm ۴/۲$ میلی گرم بر کیلوگرم بود. در فصل تابستان ۱۳۹۹

1. *Albizia lebeck*

2. *Conocarpus erectus*

References

- Hussain, B., Ashraf, M.N., Abbas, A., Li, J. and Farooq, M., 2021. Cadmium stress in paddy fields: effects of soil conditions and remediation strategies. *Science of the Total Environment*, 754, p.142188. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142188> PMID:33254942
- Yasir, M.W., Siddique, M.B.A., Shabbir, Z., Ullah, H., Riaz, L. and Shah, A.A., 2021. Biotreatment potential of co-contaminants hexavalent chromium and polychlorinated biphenyls in industrial wastewater: Individual and simultaneous prospects. *Science of the Total Environment*, 779, p.146345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146345> PMID:33752007
- Xuebin, Q., Tariq, A., Zhao, Z., Ashraf, M.N., Jiabin, C. and Mehmood, F., 2020. Silicon attenuates acidic and alkaline stress in wheat plant by improving nutrient availability, membrane stability index and antioxidant defense system. *International Journal of Agriculture and Biology*, 24(3), pp.553-562.
- Antoniadis, V., Shaheen, S.M., Stark, H.J., Wennrich, R., Levizou, E., Merbach, I. and Rinklebe, J., 2021. Phytoremediation potential of twelve wild plant species for toxic elements in a contaminated soil. *Environment International*, 146, p.106233. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106233> PMID:33189990
- Yasin, G., Ur Rahman, S., Yousaf, M.T.B., Azhar, M.F., Zahid, D.M., Imtiaz, M. and Hussain, B., 2021. Phytoremediation potential of *E. camaldulensis* and *M. alba* for copper, cadmium, and lead absorption in urban areas of Faisalabad City, Pakistan. *International Journal of Environmental Research*, 15, pp.597-612. <https://doi.org/10.1007/s41742-021-00330-4>
- Yang, W., Zhao, F., Wang, Y., Ding, Z., Yang, X. and Zhu, Z., 2020. Differences in uptake and accumulation of copper and zinc by *Salix* clones under flooded versus non-flooded conditions. *Chemosphere*, 241, p.125059. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125059> PMID:31606571
- Sadat Hosseini, N. and Sobhan Ardakani, S. 2023. Assessment of level and source identification of heavy metals in the surface soil of the roadside: A case study. *Journal of Research in Environmental Health*, 9 (2): 197-214. [In Persian].
- Opoku, P., Gikunoo, E., Arthur, E.K. and Foli, G., 2020. Removal of selected heavy metals and metalloids from an artisanal gold mining site in Ghana using indigenous plant species. *Cogent Environmental Science*, 6(1), p.1840863. <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1840863>
- Fazel Valipour, M.E. 2021. Investigation of soil heavy metals concentrations (As, Cd, Co, Cr and Ni) in region Dehnov Shandiz. *Journal of Research in Environmental Health*, 7 (3): 216-225. [In Persian].
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X. and Han, W., 2019. A review on heavy metals contamination in soil: effects, sources, and remediation techniques. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 28(4), pp.380-394. <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1592108>
- Salmani-Ghabeshi, S., Fadic-Ruiz, X., Miro-Rodriguez, C., Pinilla-Gil, E. and Cereceda-Balic, F., 2021. Trace element levels in native plant species around the industrial site of Puchuncavi-Ventanas (Central Chile): Evaluation of the phytoremediation potential. *Applied Sciences*, 11(2), p.713. <https://doi.org/10.3390/app11020713>
- Mitra, A., Chatterjee, S., Voronina, A.V., Walther, C. and Gupta, D.K., 2020. Lead toxicity in plants: a review. *Lead in Plants and the Environment*, pp.99-116. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21638-2_6
- Nas, F.S. and Ali, M., 2018. The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. *MOJ Ecol. Environ. Sci*, 3(4), pp.265-268. <https://doi.org/10.15406/mojes.2018.03.00098>
- Sabir, M.A., Guo, W., Nawaz, M.F., Yasin, G., Yousaf, M.T.B., Gul, S., Hussain, T. and Rahman, S.U., 2023. Assessing the effects of limestone dust and lead pollution on the ecophysiology of some selected urban tree species. *Frontiers in Plant Science*, 14, p.1144145. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1144145> PMID:37255552 PMID:PMC10225577
- Abbaszadeh, H., Mohammadi Rozbahani, M. and Sobhanardakani, S., 2019. 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* 12 (1), 87-100. [In Persian].
- Kolah Kaj, A. and Mohammadi Rozbahani, M., 2017. Survey Effectiveness of *Althea officinalis* in Pb Heavy Metal Accumulation. *Journal of Environmental Science and Technology* 19 (1), 93-102.[In Persian].
- El-Khatib, A.A., Youssef, N.A., Barakat, N.A. and Samir, N.A., 2020. Responses of *Eucalyptus globulus* and *Ficus nitida* to different potential of heavy metal air pollution. *International Journal of Phytoremediation*, 22(10), pp.986-999. <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1719031> PMID:32037853
- Alsahany, M.M., Ghoneim, A.M. and Bukhari, N.A., 2019. Transfer and accumulation of some heavy metals in native vegetation plants. *International*

- Journal of Plant & Soil Science 28(4), 1-10. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v28i430113>
19. Nangbes, J.G., Choji, V.C., Terver, J.S. and Daring, K.E., 2018. Distribution of Heavy Metals Using Eucalyptus Spp as Bioindicator in Farmlands of Jos South LGA, Plateau State, Nigeria. *International Journal of Trend in Research and Development*, 5 (1): 60-63.
 20. Torkashvand, V., Mohammadi Rouzbahni, M. and Babaeinezhad, T. 2018. Survey of heavy metals (Pb, Ni, Cr, 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 Sciences* 6 (1), 33-43. [In Persian].
 21. Rafati, M., Mohammadi Rozbahani, M. And Naseri Monfared, H. 2021. Accumulation of heavy metals (lead and nickel) by the soil and leaves of *Albizia lebbek* and *Conocarpus erectus* from the city of Ahwaz. *Journal of Forest and Wood Products* 73 (4), 379-387. [In Persian].
 22. Moein, F., Kalantari, K., Asadi, A. & Kurd Alivand, S. 2021. Factors affecting wheat waste from the perspective of villagers in Shush. *Space Economy & Rural Development* 10 (36), 99-118.
 23. Bahemuka, T. E. & Mubofu, E. B. 1999. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania. *Food Chemistry* 66(1), 63-66. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00213-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00213-1)
 24. Johnson, C.M. & Ulrich, A. 1959. Analytical Methods for Use in Plant Analysis. Bulletin 766. University of California Agricultural Experiment Station, Berkeley, C.A.
 25. Kimbrough, D.E. & Wakakuwa, J.R. 1989. Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. *Environmental science & technology* 23 (7), 898-900. <https://doi.org/10.1021/es00065a021>
 26. Mohammadi, M., Hedayati, A.A., Forouhar Vajargah, M., Pirali, A.R. and Fallah, M. 2021. Zonation of heavy metal distribution of surface sediments in Anzali wetland Using Geographical Information System (GIS). *Journal of Research in Environmental Health*, 7 (4): 323-331. [In Persian].
 27. Yakupoglu, D., Guray, T., Sarica, D.Y. and Kaya, Z., 2008. Determination of airborne lead contamination in *Cichorium intybus* L. in an urban environment. *Turkish Journal of Botany*, 32(4), pp.319-324.
 28. Aslam, J., Khan, S.A. and Khan, S.H., 2013. Heavy metals contamination in roadside soil near different traffic signals in Dubai, United Arab Emirates. *J Saudi Chem Soc.*, 17: 315-319. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.04.015>
 29. Szwalec, A., Mundała, P., Kędzior, R. and Pawlik, J., 2020. Monitoring and assessment of cadmium, lead, zinc and copper concentrations in arable roadside soils in terms of different traffic conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, pp.1-12. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8120-x> PMID:32006114 PMCID:PMC6994438
 30. Wati, C.C., Prijono, S. and Kusuma, Z., 2015. The effect of motor vehicle emission towards lead (Pb) content of rice field soil with different clay content. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(1), pp.453-458.
 31. Enayatzamir, K., Amini, M., Savaghebi, Gh. and Abbaspour, K.C. 2008. Quantifying the effect of traffic on lead accumulation in soil: a case study in Iran. *Caspian J. Env* 32. Davies, B.E. and Holmes, P.L., 1972. Lead contamination of roadside soil and grass in Birmingham, England, in relation to naturally occurring levels. *The Journal of Agricultural Science*, 79(3), pp.479-484. <https://doi.org/10.1017/S0021859600025843>
 33. Hafen, M.R. and Brinkmann, R., 1996. Analysis of lead in soils adjacent to an interstate highway in Tampa, Florida. *Environmental Geochemistry and Health*, 18, pp.171-179. <https://doi.org/10.1007/BF01771240> PMID:24194412. *Sci.*, 6 (1): 11-17.
 34. Turer, D.G. and Maynard, B.J., 2003. Heavy metal contamination in highway soils. Comparison of Corpus Christi, Texas and Cincinnati, Ohio shows organic matter is key to mobility. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 4(4), pp.235-245. <https://doi.org/10.1007/s10098-002-0159-6>
 35. Wheeler, G.L. and Rolfe, G.L., 1979. The relationship between daily traffic volume and the distribution of lead in roadside soil and vegetation. *Environmental Pollution* (1970), 18(4), pp.265-274. [https://doi.org/10.1016/0013-9327\(79\)90022-3](https://doi.org/10.1016/0013-9327(79)90022-3)
 36. Al-Chalabi, A. and Hawker, D. 2000. Distribution of vehicular lead in roadside soils of major roads of Brisbane, Australia. *Water, Air, and Soil Pollut.* 118, 299-310. <https://doi.org/10.1023/A:1005107808235>
 37. Sutherland, R.A., Tolosa, C.A., Tack, F.M.G. & Verloo, M.G. 2000. Characterization of selected element concentrations and enrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas. *Arch. Environ. Con. Tox.* 38, 428-438. <https://doi.org/10.1007/s002440010057> PMID:10787093
 38. Morel, J.L., Mench, M. and Guckert, A., 1986. Measurement of Pb²⁺, Cu²⁺ and Cd²⁺ binding with mucilage exudates from maize (*Zea mays* L.) roots. *Biology and Fertility of Soils* 2, 29-34. <https://doi.org/10.1007/BF00638958>
 39. Wierzbicka, M., 1987. Lead translocation and localization in *Allium cepa* roots. *Canadian Journal of Botany* 65(9), 1851-1860.

- <https://doi.org/10.1139/b87-254>
40. Tu, S.I. and Brouillette, J.N., 1986. Metal ion inhibition of corn root plasma membrane ATPase. *Phytochemistry* 26(1), 65-69. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)81482-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)81482-X)
 41. Miles, C.D., Brandle, J.R., Daniel, D.J., Chu-Der, O., Schnare, P.D. and Uhlik, D.J., 1972. Inhibition of photosystem II in isolated chloroplasts by lead. *Plant physiology* 49(5), 820-825. <https://doi.org/10.1104/pp.49.5.820> PMID:16658055 PMCID:PMC366059
 42. Zakari, A. and Audu, A.A., 2021. Evaluation of potentially toxic metals (PTMs) accumulation and translocation by *Albizia lebbeck* from industrial soil. *Science World Journal*, 16(2), pp.157-161.
 43. Zakari, A. and Audu, A.A., 2021. Evaluation of potentially toxic metals (PTMs) accumulation and translocation by *Albizia lebbeck* from industrial soil. *Science World Journal*, 16(2), pp.157-161.
 44. Manikandan, M., Kannan, V., Mendoza, O.H., Kanimozhi, M., Chun, S. and Pašić, L., 2016. The contribution of endophytic bacteria to *Albizia lebbeck*-mediated phytoremediation of tannery effluent contaminated soil. *International journal of phytoremediation*, 18(1), pp.77-86. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1064351> PMID:26147743
 45. Arriagada, C.A., Herrera, M.A. and Ocampo, J.A., 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globulus* co-cultured with *Glycine max* in soil contaminated with heavy metals. *Journal of Environmental Management* 84(1), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.05.005> PMID:16837125
 46. King, D.J., Doronila, A.I., Feenstra, C., Baker, A.J. and Woodrow, I.E., 2008. Phytostabilisation of arsenical gold mine tailings using four *Eucalyptus* species: growth, arsenic uptake and availability after five years. *Science of the total environment* 406(1-2), 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.054> PMID:18801558
 47. Fine, P., Rathod, P.H., Beriozkin, A. and Mingelgrin, U., 2013. Uptake of cadmium by hydroponically grown, mature *Eucalyptus camaldulensis* saplings and the effect of organic ligands. *International journal of phytoremediation* 15(6), 585-601. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.723061> PMID:23819299
 48. Mok, H.F., Majumder, R., Laidlaw, W.S., Gregory, D., Baker, A.J. and Arndt, S.K., 2013. Native Australian species are effective in extracting multiple heavy metals from biosolids. *International journal of phytoremediation* 15(7), 615-632. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.723063> PMID:23819263
 49. Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 2000. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, Florida. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420039900>
 50. Farooqi, Z.R., Iqbal, M.Z., Kabir, M. and Shafiq, M., 2009. Toxic effects of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Albizia lebbeck* (L.) Benth. *Pak. J. Bot*, 41(1), pp.27-33.
 51. Zia-Ur-Rehman Farooqi, M.Z., Iqbal, M.K. and Muhammad, S.H.A.F.I.Q., 2011. Tolerance of *Albizia lebbeck* (L.) Benth to different levels of lead in natural field conditions. *Pak. J. Bot*, 43(1), pp.445-452.
 52. Nurnabi M, Bhowmik S, RAHMAN MS, Choudhury TR, Parsons AJ, Young SD. Modification and Application of *Albizia lebbeck* Sawdust For The Sorption of Lead (II) and Copper (II) From Aqueous Solutions. *Oriental Journal of Chemistry*. 2020 Aug 1;36(4). <https://doi.org/10.13005/ojc/360401>