JEHE Journal of Environmental Health Engineering , 2026; 14(2):268-283 Original Article
Alborz University of Medical Sciences

Biomonitoring of lead metal using leaves of three native tree species in Ahvaz city

Received: 05 July 2026, Accepted: 01 September 2026

Raziyeh Mashalpour Fard[1], Maryam Mohammadi Rouzbahani[1*], Sima Sabzalipour[1], Sina Attarroshan[1], Roshana Behbash[1]

[1] *Department of Environment, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*

***Corresponding Author:**
Mmohammadiroozbahani@iau.ac.ir

How to Cite This Article:
Mashalpour Fard R, Mohammadi Rouzbahani M, Sabzalipour S, Attarroshan S, Behbash R. Biomonitoring of lead metal using leaves of three native tree species in Ahvaz city. Journal of Environmental Health Engineering. 2026;14(2):268-83.

DOI:

ABSTRACT

Background: Lead is a toxic metal for living organisms and humans that is widely distributed in the environment. This study aimed to evaluate lead pollution in the metropolis of Ahvaz using biological indicators of the leaves of Albizia lebbeck, Prosopis cineraria and Eucalyptus globulus, comparing three urban tree species at seven stations, comparing washed and unwashed leaves, investigating the relationship between soil and leaves, and evaluating the transfer of elements from soil to leaves.

Materials and Methods: In this study, 21 washed leaf samples, 21 unwashed leaf samples, and 21 soil samples at the base of trees were collected from seven stations in the Ahvaz metropolitan area in the summer of 2025, each with 3 replicates. Soil samples were digested using the EPA3050 method and tree leaf digestion using the Johnson method. Lead metal was measured in leaf and soil samples using the atomic absorption method.

Results: The highest lead concentration in the three studied species was found in the leaves of the melon tree, 79 mg kg^{-1}. Also, the highest average lead value in the soil samples was 175.03 mg kg^{-1}. Linear regression analysis of lead metal showed that the level of correlation between unwashed and washed leaf samples was relatively strong (R^2=0.637). The highest and lowest lead BAF for *Eucalyptus globulus* leaves was 0.647 and 0.321, respectively.

Conclusion: Based on the bioaccumulation index of lead metal in leaf samples of trees studied in Ahvaz city, it is interpreted that the concentration of lead from the soil at the foot of *Albizia lebbeck*, *Prosopis cineraria* and *Eucalyptus globulus* was not absorbed into their leaves.

Keywords: Tree leaves, Lead, Bio indicator, Toxic metals, Ahvaz industrial metropolis

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

Copyright © 2026 The Authors.
Published by Alborz University of Medical Sciences
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).Non-commercial uses of the work are permitted,provided the original work is properly cited.

JEHE Alborz University of Medical Sciences
مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، صفحات ۲۶۸ تا ۲۸۳
مقاله پژوهشی

پایش زیستی فلز سرب با استفاده از برگ سه گونه درختان بومی سطح شهر اهواز

تاریخ دریافت : ۱۴۰۵/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۰

راضیه مشعل پور فرد[۱]، مریم محمدی روزبهانی[۱*]، سیما سبزعلیپور[۱]، سینا عطار روشن[۱]، روشنا بهباش[۱]

[۱] گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
Mmohammadiroozbahani@iau.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:
Mashalpour Fard R, Mohammadi Rouzbahani M, Sabzalipour S, Attarroshan S, Behbash R. Biomonitoring of lead metal using leaves of three native tree species in Ahvaz city. Journal of Environmental Health Engineering. 2026;14(2):268-83.

DOI:

چکیده

زمینه و هدف: سرب یکی از فلزات سمی برای موجودات زنده و انسان می باشد که به طور گسترده در محیط‌زیست پراکنش دارد. این تحقیق با هدف ارزیابی آلودگی فلز سرب در کلانشهر اهواز با استفاده از شاخص زیستی برگ درختان برهان (*Albizialebbeck*)، کهور (*Prosopis cineraria*) و اوکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*)، مقایسه سه گونه درخت شهری در هفت ایستگاه، مقایسه برگ‌های شسته شده و شسته‌نشده، بررسی ارتباط خاک و برگ و ارزیابی انتقال عناصر از خاک به برگ انجام شد.

مواد و روش ها: در این تحقیق ۲۱ نمونه برگ شسته شده، ۲۱ نمونه برگ شسته نشده و ۲۱ نمونه خاک پای درختان از هفت ایستگاه در سطح کلانشهر اهواز در فصل تابستان سال ۱۴۰۴ هر کدام با ۳ تکرار جمع‌آوری شدند. هضم نمونه‌های خاک به روش EPA3050 و هضم برگ درختان به روش جانسون انجام گردید. فلز سرب در نمونه های برگ و خاک به روش جذب اتمی سنجش شد.

یافته ها: بالاترین غلظت سرب در سه گونه مورد مطالعه، در برگ درخت کهور ۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. همچنین بیشترین میانگین مقادیر سرب در نمونه‌های خاک ۱۷۵/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی فلز سربنشان داد سطح ارتباط بین نمونه های برگ شسته نشده و شسته شده نسبتا قوی (R^2=۰/۶۳۷) است. بیشترین و کمترین میزان شاخص تجمع زیستی فلز سرب مربوط به برگ درخت اوکالیپتوس به ترتیب ۰/۶۴۷ و ۰/۳۲۱ به دست آمد.

نتیجه گیری: بر اساس شاخص تجمع زیستی فلز سرب در نمونه های برگ درختان مورد مطالعه سطح شهر اهواز، چنین تفسیر می شود که غلظت سرب از خاک پای درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور در برگ آن ها جذب نشده است.

واژه های کلیدی: برگ درختان، سرب، شاخص زیستی، فلزات سمی، کلانشهر صنعتی اهواز

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

مقدمه

سرب، سمی‌ترین فلز پراکنده در سراسر جهان است که برای مدت طولانی در محیط زیست پایدار می‌ماند و تمایل به انباشت زیستی در موجودات زنده را دارد و به همین دلیل پژوهشگران در سطوح مختلف و منابع گوناگون بر روی سرب پژوهش می کنند[1]. سرب از نظر تاریخی به دلیل خاصیت چکش‌خواری بالا، نقطه ذوب پایین، مقاومت در برابر خوردگی و توانایی پیوند با سایر فلزات، در رنگ‌ها، جواهرات، لوازم الکترونیکی، لحیم‌کاری، لوله‌کشی شهری و صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است[2]. منابع مختلف ورود سرب به محیط‌زیست شامل دود ناشی از فعالیت‌های صنایع و پساب و پسماندهای کارخانه‌ها، دود خروجی اگزوز وسایل نقلیه سبک و سنگین و پسماندهای شهری می‌باشد و معمولاً در خاک‌ها، رسوبات و آب‌های طبیعی یافت می‌شود[3]. سرب وقتی در خاک حل می‌شود، تحرک بسیار کمی دارد، به همین دلیل پس از آلودگی، خاک مستعد آلوده ماندن به سرب است. اگر میزان آلودگی زیاد باشد، این امر ممکن است عواقب نامطلوبی برای حاصلخیزی خاک داشته باشد. علاوه بر این، گیاهانی که در خاک‌های غنی از سرب رشد می‌کنند، سرب را جذب می‌کنند و بنابراین غلظت سرب در گیاهان ممکن است کمی افزایش یابد[4]. سرب موجود در جو به طور عمده به صورت ذرات معلق بسیار ریز وجود دارد و ممکن است در فواصل طولانی به وسیله باد غالب و بارش باران منتقل شود[5]. غلظت سرب در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی طی سال های گذشته به صورت تصاعدی افزایش یافته است. آب‌های سطحی به دلیل مجاورت در کنار شهرها، بیمارستان‌ها، کارخانه ها و زمین های کشاورزی به سرب آلوده می شوند و آب‌های زیرزمینی می‌توانند از طریق آلودگی ناشی از تغذیه آب‌های سطحی، نشت از محل‌های دفن زباله، عملیات معدن‌کاری و زهکشی اسیدی معادن و سایر منابع، به سرب آلوده شوند[6, 7].

شاخص‌های زیستی آلودگی، از جمله گونه‌های مختلف گیاهی، به طور مداوم فلزات سنگین را از منابع انسانی و طبیعی از طریق خاک، آب و هوا جذب می‌کنند[8]. فرآیند جذب منجربه انباشت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف گیاهان می‌شود که اغلب به عنوان شاخص‌های زیستی برای اندازه‌گیری آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند[9]. در حالی که درختان به طور گسترده برای پایش زیستی فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، شکاف قابل توجهی در تحقیقات در مورد استفاده از پاسخ‌های برگ برای پایش آلودگی هوا، به ویژه فلزات سنگین، و شناسایی گونه‌هایی که در برابر آلاینده‌های محیطی مقاوم هستند، وجود دارد[10]. برگ‌های درختان ظرفیت بیشتری برای جذب فلزات دارند و در مقایسه با سایر قسمت‌های درخت، مانند گل‌ها و پوست، به عنوان عوامل پایش زیستی مؤثرتر هستند[11]. در مناطق شهری، آلودگی صنعتی و حمل و نقل بر انباشت فلزات سنگین در گیاهان تأثیرگذار می‌باشند. شدت این تأثیر بر اساس توزیع زمانی و مکانی آلاینده‌های هوا و تحت تأثیر شرایط هواشناسی و توپوگرافی منطقه‌ای متفاوت است[12].

انباشته شدن یک فلز سمی توسط گیاهان، وجود آن در خاک را تأیید می‌کند، اما بسیاری از درختان فلزات سنگین را در بخش‌های بالای زمین نظیر برگ‌ها و پوست در مقادیری بسیار بیشتر از آنچه در محلول خاک وجود دارد، متمرکز می‌کنند[10]. اگرچه تعیین منبع فلزات سنگین اغلب دشوار است، اما درختان می‌توانند به عنوان زیست‌پاینده‌های مؤثر برای تشخیص غلظت‌های پایین آلاینده‌ها، چه از خاک و چه از اتمسفر، مورد استفاده قرار گیرند[11]. اگرچه گاهی اوقات تشخیص بین مقدار فلز جذب شده از خاک و فلز رسوب شده روی برگ‌ها دشوار است، اما درختان، به عنوان موجوداتی با عمر طولانی، اثرات تجمعی آلودگی محیطی را از خاک و اتمسفر منعکس می‌کنند[8].

درختان به عنوان نوع اصلی گیاه مناطق شهری آلوده، به دلیل عمر طولانی و شناسایی و نمونه‌برداری آسان نسبت به سایر گیاهان به طور گسترده در پایش زیستی فلزات سنگین مورد مطالعه قرار می‌گیرند[10]. نمونه‌های متعددی از درختان به

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

عنوان زیست‌پایشگر آلودگی هوا و خاک محیط‌های شهری استفاده شده‌اند، به عنوان مثال پژوهشگران انباشت زیستی فلز سرب را در برگ درختان کهور (*Prosopis juliflora*) و نخل (*Phoenix dactylifera*) اطراف کارخانه فولاد شادگان[11]، برهان (*Albizia lebbeck*) و اوکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*) کارخانه گروه ملی صنعتی ایران[13]،کنار (*Ziziphus spina-christi*) و کهور (*Prosopis cineraria*)[14]، چنار در شهر رشت[15]، کهور پاکستانی (*Prosopis juliflora*) و کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) بندر ماهشهر[16]، برهان (*Albizia lebbeck*) و کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*)[17]، برهان (*Albizia lebbeck*) و اوکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*) شهرستان شوش[18]را گزارش کردند.

اگرچه مطالعات پیشین به طور عمده بر استفاده از پوشش گیاهی و برگ درختان به‌عنوان زیست‌نشانگر آلودگی فلزات سنگین در منطقه تمرکز داشته‌اند، مطالعه حاضر با یک رویکرد مقایسه‌ای، سه گونه درخت شهری شامل اکالیپتوس، برهان و کهور را در هفت محدوده شهری اهواز بررسی کرده است. همچنین در این مطالعه، علاوه بر تعیین غلظت فلزات سنگین، بررسی هم‌زمان برگ‌های شسته‌شده و شسته‌نشده امکان ارزیابی نسبی سهم آلودگی سطحی برگ در مقایسه با تجمع داخلی عناصر را فراهم کرده است. افزون بر این، مطالعه حاضر ارتباط بین غلظت عناصر در خاک و برگ و همچنین انتقال عناصر از خاک به برگ را مورد ارزیابی قرار داده و شاخص انتقال (TF) فلز سرب را برای مقایسه گونه‌ها و ایستگاه‌های مختلف محاسبه کرده است. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی غلظت فلز سنگین سرب به وسیله شاخص تجمع زیستی برگ درختان برهان، کهور و اوکالیپتوس در مناطق هفت گانه کلانشهر صنعتی اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

به منظور تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به هدف، ابتدا نقشه جامع و پایه شهر اهواز بررسی شد و سپس با در نظر گرفتن غالب گیاهان و ترافیک در مناطق مختلف، ایستگاه‌های مطالعاتی در نظر گرفته شدند. پس از انتخاب ایستگاه‌ها، محل دقیق نمونه‌برداری از نظر طول و عرض جغرافیایی منطقه با استفاده از دستگاه GPS تعیین و یادداشت خواهد شد. تعداد ایستگاه‌های مطالعاتی در مجموع ۷ ایستگاه شامل ۳ منطقه پرترافیک، ۳ منطقه کم ترافیک و ۱ ایستگاه شاهد بود. جامعه آماری شامل ۷ ایستگاه، درختان برهان، کهور و اوکالیپتوس در دو گروه برگ‌های شسته شده و شسته نشده و فلز سرب بود. بنابراین نمونه ها از ۷ منطقه شهر اهواز و در هر ایستگاه بطور تصادفی از ۳ گونه درخت از ارتفاع دو تا سه متری سطح زمین و از چهار سوی تاج درخت در فصل تابستان ۱۴۰۴ برداشت شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه به دو گروه شسته شده و شسته نشده تقسیم شدند. نمونه های خاک نیز از پای درختان از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در ایستگاه های مختلف جمع آوری گردید. در مجموع ۱۲۶ نمونه برگ درخت (۶۳ نمونه برگ شسته شده درختان و ۶۳ نمونه برگ شسته نشده)، از هر گونه درخت (برهان، اوکالیپتوس و کهور) ۴۲ نمونه برگ (۲۱ نمونه برگ شسته شده و ۲۱ نمونه برگ شسته شده) و ۲۱ نمونه خاک پای درختان با ۳ تکرار جمع‌آوری شد.

آماده سازی نمونه‌ها

ابتدا برگ‌های گونه‌های گیاهی به دو گروه شسته شده و شسته نشده تقسیم شدند. نمونه‌های برگ ابتدا به آرامی با آب جاری شست‌وشو داده شدند و سپس سه مرتبه با آب دیونیزه آبکشی شدند تا ذرات و آلودگی‌های باقی‌مانده از سطح برگ حذف شوند. شست‌وشو به صورت ملایم انجام شد تا از آسیب مکان یکی به سطح برگ جلوگیری شود. سپس نمونه‌ها در دستگاه ماکروویو MicroSYNTH

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

ساخت شرکت Mileston ایتالیا به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به طور کامل خشک گردید. نمونه ها پس از پودر شدن به کمک هاون چینی، از الک ۶۳ میکرون عبور داده شده، پودر نرم حاصل به کمک ترازوی دیجیتال TE214S ساخت شرکت Sartorius آلمان با دقت چهار رقم اعشار به مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه وزن شدند. ابتدا نمونه های خاک از الک ۶۳ میکرونی غربال شدند تا مواد اضافی جدا شوند. سپس نمونه‌ها در دستگاه ماکروویوو MicroSYNTH ساخت شرکت Mileston ایتالیا به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به طور کامل خشک گردید.

هضم شیمیایی نمونه‌های برگ

هضم نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش جانسون (۱۹۵۹) انجام شد[۱۹]. در این روش، برای هضم نمونه‌های گیاهی، ۰/۵گرم از نمونه گیاهی پودر شده به یک ارلن مایر ۱۰۰cc منتقل شد، سپس به هر یک از نمونه‌ها ۵cc اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در زیر هود با شیشه ساعت روی ارلن مایر قرار داده شد. سپس ارلن‌های مایر روی هیتر با دمای ۸۰ تا ۹۰۰ قرار داده شدند و حرارت‌دهی ملایم شروع شد تا بخار قهوه‌ای رنگ از همه نمونه‌ها متصاعد شود. پس از ۱۰ دقیقه، ۲cc پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به هر یک از ارلن‌های مایر اضافه شد و حرارت‌دهی تشدید شد تا اکسیداسیون مواد گیاهی کامل شود. این فرآیند تا زمانی که حجم نمونه به ۲ تا ۳cc کاهش یابد و نمونه کاملاً بی‌رنگ شود، ادامه یافت. پس از اینکه نمونه کاملاً تغییر رنگ داد و حجم آن پس از سرد شدن ظرف کاهش یافت، مقداری آب مقطر به آن اضافه شد و در بالن حجمی ۵۰ سی‌سی ریخته شد و با اسید نیتریک ۱۰ درصد به حجم ۵۰cc رسانده شد[۱۹]. سپس، در ظرف پلاستیکی قرار داده شد تا میزان سرب موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی خوانده شد.

هضم شیمیایی نمونه‌های خاک

برای هضم نمونه های خاک از روش EPA3050 استفاده گردید. در این روش ۰/۵گرم از نمونه پودر شده خاک به کمک ترازوی دیجیتال TE214S ساخت شرکت Sartorius آلمان توزین و به ارلن ۱۰۰cc منتقل شد و ۵ قطره اسید کلریدریک ۱ نرمال به هر کدام از نمونه ها اضافه نموده و ارلن ها را به شکل دورانی تکان داده تا خاک و اسید کاملاً با هم مخلوط گردد بعد از آن۵cc تیزاب سلطانی به هر کدام از ارلن ها اضافه کرده و دوباره تکان داده شد، سپس ارلن ها را بر روی هیتر برقی با دمای ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده تا رنگ نمونه ها تیره گردد. بعد از آن به هریک از نمونه ها ۳ cc اسید پرکلریک اضافه نموده و مجدداً ارلن ها را بر روی هیتر قرار داده تا حجم نمونه ها به ۲ تا ۳cc کاهش یافته پس از از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و درون بالون ژوژه ۵۰cc ریخته و با اسید کلریدریک ۱ نرمال آنبه حجم ۵۰cc رسانده شد. فلز سرب موجود در عصاره بدست آمده توسط دستگاه اتمیک ابزوربشن به روش جذب اتمی قرائت گردید[۲۰].

سنجش سرب

جهت سنجش فلز سرب از دستگاه Perkin Elmer مدل ۹۰۰T ساخت کشور آمریکا استفاده شد. مقدار حساسیت برای عناصر مختلف در روش جذب اتمی به وسیله این مدل تجاری دستگاه ۰/۰۰۰۱ تا ۲۰ ppm است.

شاخص تجمع زیستی

شاخص تجمع زیستی، مشخص کننده توانایی گیاهان برای تحمل و انباشت فلزات سنگین در اندام‌ها بوده که این پارامتر با استفاده از غلظت فلز سرب در برگ تقسیم بر غلظت فلز سرب در خاکپای درخت محاسبه شد (رابطه ۱). درگونه‌های دفع کننده فلز مقدار عددی شاخص تجمع زیستی کوچکتر از ۱ و در گونه‌های بیش انباشتگر بزرگتر از ۱ است[۲۱].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

رابطه ۱: غلظت فلز سرب در خاک پای درخت ÷ غلظت فلز سرب در برگ درخت = شاخص تجمع زیستی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای این منظور، از نرم‌افزار آماری SPSS 26 استفاده شد. برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای مقایسه میانگین غلظت سرب مورد مطالعه در نمونه‌های برگ درختان و وجود یا عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در میانگین غلظت سرب بین برگ‌های شسته شده و شسته نشده گونه، از آزمون T مستقل و تحلیل واریانس ANOVA استفاده شد.

یافته‌ها

در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، پیش از انجام آزمون های آماری، به منظور آنالیز توزیع داده ها و جهت تعیین نوع آزمون (پارامتریک یا ناپارامتریک) از آزمون کلموگروف ـ اسمیرنوف استفاده شد. نتایج آزمون کلموگروف ـ اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند، لذا از آزمون های پارامتریک برای تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آزمون کلموگروف ـ اسمیرنوف فلز سرب برای نمونه های برگ درختان و خاک کلانشهر اهواز

		اوکالیپتوس	برهان	کهور	خاک
پارامترهای نرمال	میانگین	۵۸/۵۴۲	۵۹/۹۷۱	۵۷/۴۴۷	۱۲۸/۶۸۶
	انحراف استاندارد	۹/۳۱۸	۹/۶۱۵	۱۴/۰۶۸	۳۶/۵۷۸
اختلاف‌ها	مطلق	۰/۱۳۴	۰/۱۵۷	۰/۱۲۰	۰/۱۸۱
	مثبت	۰/۱۳۴	۰/۱۲۹	۰/۱۲۰	۰/۱۶۹
	منفی	-۰/۱۱۲	-۰/۱۵۷	-۰/۰۹۶	-۰/۱۸۱
آماره کلموگروف ـ اسمیرنوف		۰/۵۰۱	۰/۶۵۲	۰/۹۶۹	۰/۶۱۵
سطح معنی‌داری		۰/۹۶۳	۰/۷۸۹	۰/۳۰۵	۰/۸۴۵

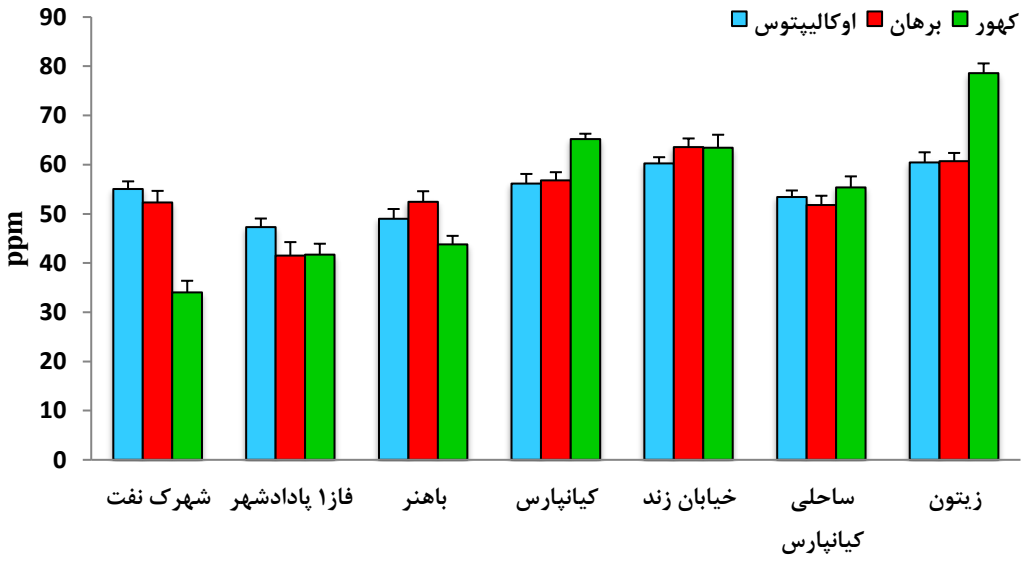
نتایج آزمون t نشان داد که بین مقادیر سرب در برگ‌های گونه اوکالیپتوس، برهان و کهور اختلاف معنی دار وجود داشت ($P<۰/۰۵$). سطح معنی‌داری برای فلز سرب ۰/۰۵ بوده است. این نتایج نشان می دهد که مکان نمونه برداریدر سطح غلظت سرب در نمونه های برگ اوکالیپتوس، برهان و کهور اثرگذار بوده است. غلظت سرب در نمونه های خاک نیز اختلاف معنی داری داشت و نتایج نشان داد که مکان نمونه‌برداری بر سطح غلظت سرب در نمونه های خاک اثرگذار بوده است (جدول ۲).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۲. نتایج آزمون t فلز سرب برای نمونه های برگ درختان و خاک کلانشهر اهواز

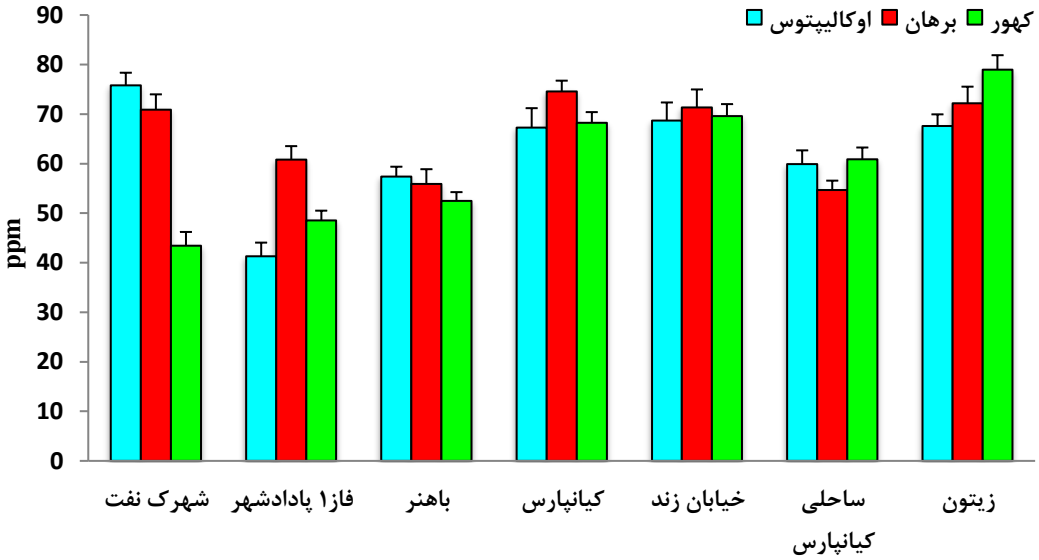
نمونه	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری	اختلاف میانگین	فاصله اطمینان از تفاوت ۹۵ درصد	
					حد پایین	حد بالا
اوکالیپتوس	۱۴/۸۴۱	۶	۰/۰۳۱	۶۲/۵۷	۵۲/۲۵	۷۲/۸۸
برهان	۲۰/۷۹۳	۶	۰/۰۰۰	۶۵/۷۷	۵۸/۰۳	۷۳/۵۱
کهور	۱۲/۴۵۴	۶	۰/۰۰۰	۶۰/۳۱	۴۸/۴۶	۷۲/۱۶
خاک	۹/۳۰۸	۶	۰/۰۰۰	۱۲۸/۶۸	۹۴/۸۵	۱۶۲/۵۱

مقایسه غلظت سرب بر اساس تحلیل واریانس یک‌طرفه در نمونه های برگ شسته شده و شسته نشده درختان برهان، کهور و اوکالیپتوس در شکل های ۱ و ۲ ارائه شده است. همچنین کمترین آن در نمونه‌های برگ شسته شده کهور (۳۴/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بیشترین میانگین غلظت سرب در ۳ گونه درخت مورد بررسی، در برگ شسته نشده گونه کهور (۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (شکل ۳). بیشترین میانگین مقادیر سرب در نمونه های خاک ۱۷۵/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پایین ترین غلظت این فلز در خاک ۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۴).

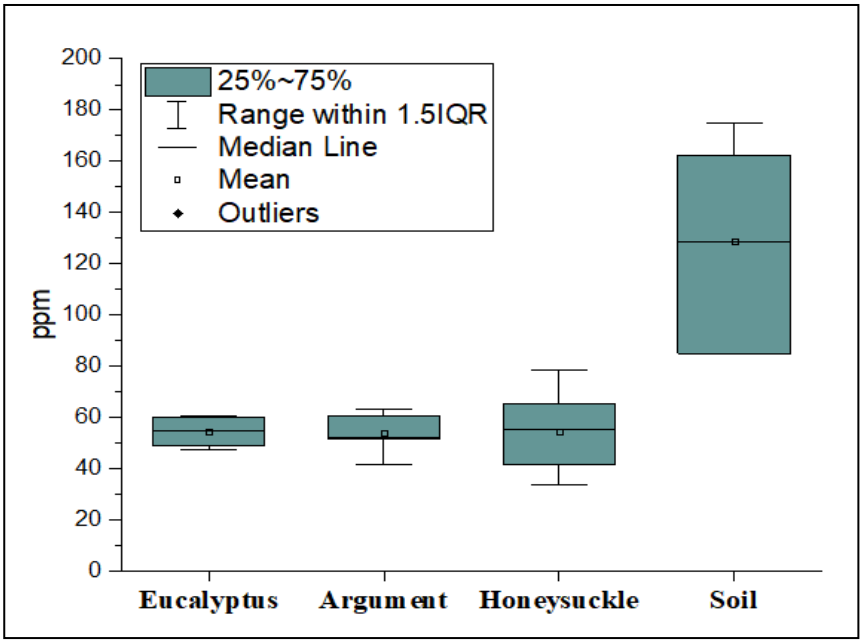


شکل ۱. مقایسه غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برگ شسته شده درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور سطح شهر اهواز

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

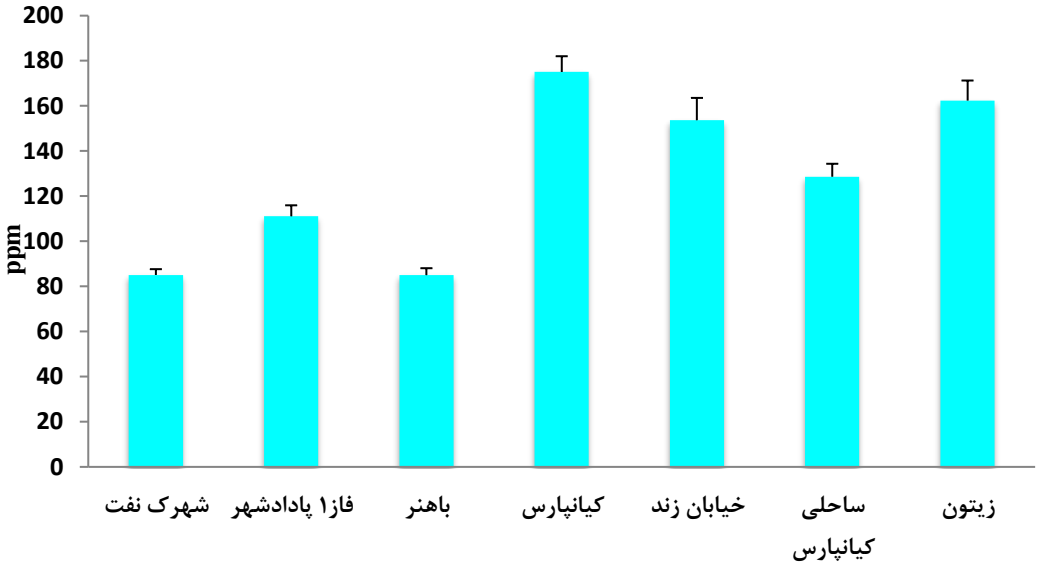


شکل ۲. مقایسه غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برگ شسته نشده درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور سطح شهر اهواز



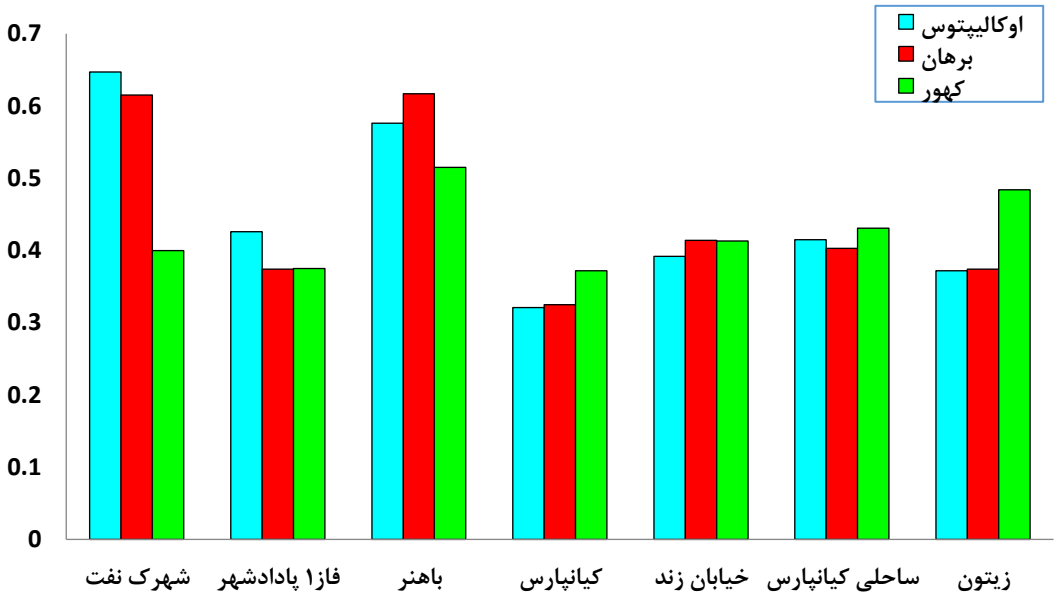
شکل ۳. محدوده غلظت سنجش شده سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نمونه های برگ درختان اوکالیپتوس، برهان، کهور و خاک پای درختان سطح شهر اهواز

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]



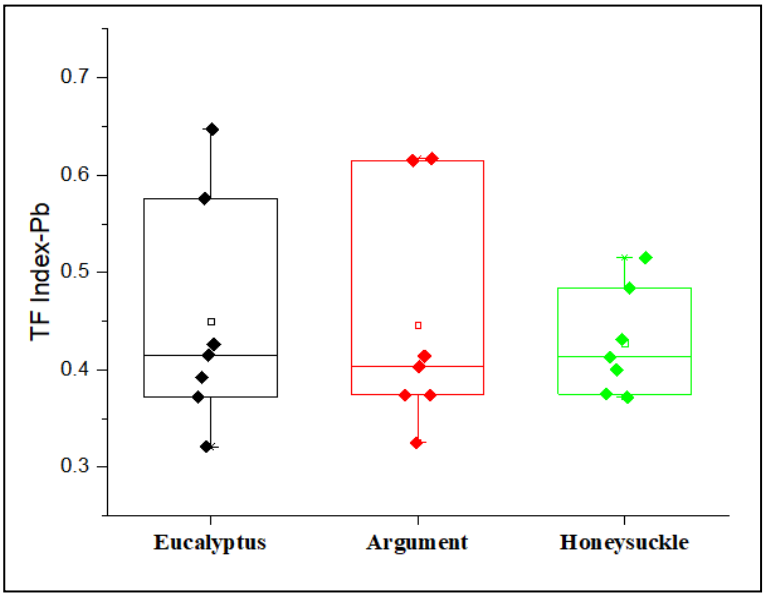
شکل ۴. مقایسه غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نمونه های خاک پای درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور سطح شهر اهواز

بیشترین میزان شاخص تجمع زیستی فلز سرب مربوط به برگ درخت اوکالیپتوس (۰/۶۴۷) و کمترین شاخص تجمع زیستی فلز سرب نیز در برگ درخت اوکالیپتوس (۰/۳۲۱) به دست آمد (شکل ۵). با توجه به شاخص تجمع زیستی، دامنه تغییرات فلز سرب در برگ درخت برهان (۰/۶۱۷-۰/۳۲۵) بیشتر از مقادیر شاخص تجمع زیستی سرب برگ درختان اوکالیپتوس (۰/۶۴۷-۰/۳۲۱) و کهور (۰/۵۱۵-۰/۳۷۲) بود (شکل ۶).



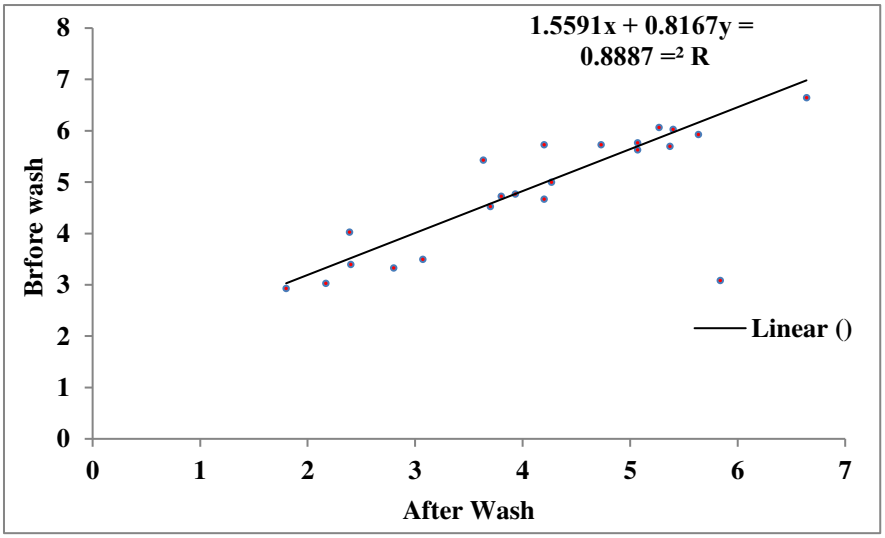
شکل ۵. شاخص تجمع زیستی سرب در برگ درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور در سطح شهر اهواز

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۶. مقایسه مقادیر شاخص تجمع زیستی فلز سنگین سرب در برگ درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور در سطح شهر اهواز

از آنالیز رگرسیون خطی برای بررسی ارتباط بین مقادیر سرب سنجش شده روی برگ نمونه‌های شسته شده و شسته نشده استفاده شد. هدف از این آنالیز، بررسی سطوح تغییر مقادیر آن در نمونه‌ها و اثر شستشوی برگ‌ها بر سطوح غلظت سرب بود. هرچه شاخص R^2نزدیک به ۱ باشد، ارتباط بین مقادیر شسته شده و شسته نشده بیشتر است. شاخص R^2سرب ۰/۶۳۷ بود که نشان دهنده سطح ارتباط بین نمونه‌های شسته نشده و شسته شده نسبتا قوی است. به این مفهوم که شستشوی برگ ها، کمترین اثر را بر غلظت آن در برگ داشته است. می توان این‌گونه تفسیر کرد که بخش زیادی از سرب ترسیب شده روی برگ درختان جذب شده است (شکل ۷).



شکل ۷. برازش رگرسیونی مقادیر سرب برگ های شسته نشده و شسته شده درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور سطح شهر اهواز

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

بحث

در این تحقیق غلظت فلز سرب در نمونه‌های برگ شسته نشده درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور بالاتر از نمونه‌های برگ شسته شده بود. پژوهشگران نیز در درختان کهور (*Prosopis juliflora*) و نخل (*Phoenix dactylifera*) اطراف کارخانه فولاد شادگان[11]، برهان (*Albizia lebbeck*) و اوکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*) کارخانه گروه ملی صنعتی ایران[13] و گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum*) در واحد صنعتی امیرکبیر[8] بالا بودن غلظت سرب در نمونه‌های برگ شسته نشده نسبت به نمونه‌های برگ شسته شده را گزارش کردند. از سوی دیگر آنالیز رگرسیون خطی ارتباط بین مقادیر سرب سنجش شده روی برگ نمونه‌های شسته شده و شسته نشده نشان دهنده سطح ارتباط بین نمونه های شسته نشده و شسته شده نسبتا قوی بود و احتمالا چنین به نظر می رسد غلظت سرب در برگ درختان از هوای آلوده و فرونشست جوی جذب و انباشت شده است. تحلیل و تفسیر دیگر این است که غلظت سرب در نمونه‌های برگ درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور بالاتر حد آستانه این فلز در گیاهان (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)[22] به دست آمد، اما غلظت سرب در نمونه‌های خاک پای درختان در مقایسه با استاندارد مجاز این فلز در خاک (۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)[23] پایین‌تر بود. فلز سرب در جو و آلاینده های هوا، اغلب به صورت ذرات معلق میکرونی وجود دارد که می تواند در فواصل طولانی به دلایل مختلف نظیر باد و باران انتقال داده شود[24]. همچنین به طور بالقوه فلز سرب به دلیل استفاده از ترکیبات آن در بنزین و دود خروجی اگزوز خودروها در محیط جو و هوا به صورت گسترده مشاهده می شود[2]. کلانشهر اهواز، با تمام منابع توسعه‌ای به دلایل مختلف با بحران آلودگی زیست‌محیطی روبرو است که در دهه‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش یافته است. اهواز در سال‌های گذشته در رسانه‌های بین‌المللی به عنوان آلوده‌ترین شهر جهان معرفی شد. صنایع بزرگ، از جمله صنایع فولاد، گروه ملی فولاد، تأسیسات شرکت نفت، فعالیت‌های حفاری و استخراج نفت و سوزاندن مزارع نیشکر از جمله مهمترین آلاینده‌های هوای اهواز هستند. علاوه بر صنایع، وسایل نقلیه موتوری را می‌توان از دیگر منابع آلودگی دانست[25، 26].

غلظت سرب در تمامی نمونه‌های برگ درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور و خاک پای آن ها سنجش گردید و مقادیر مختلفی از این فلز در نمونه‌ها مشاهده شد. بیشترین غلظت فلز سرب در برگ گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum*) مربوط به برگ شسته نشده ۱۵/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میزان سرب در خاک پای این گیاه ۱۶/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است[8]. در یک مطالعه بر روی سه گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*)، سدر (*Ziziphus spina-christi*) و کهور (*Prosopis juliflora*) بیشترین میزان سرب نمونه‌های برگ شسته نشده درختان کهور ۷۲/۵۶ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان سرب نمونه‌های برگ مربوط به برگ شسته درختان سدر ۶۰/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است[5]. در تحقیق دیگری در مورد درختان برهان (*Albizia lebbeck*) و اوکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*) شهرستان شوش در فصل زمستان بیشترین میانگین غلظت سرب در خاک پای درختان ۱۱۸۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های شسته‌نشده درخت برهان ۹۵/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در فصل تابستان بیشترین میزان سرب در خاک پای درختان ۱۰۵۶/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های شسته‌نشده درخت برهان ۹۵/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است[18].فلز سرب نسبت به دیگر فلز سنگین مورد مطالعه در دو درخت کهور (*Prosopis juliflora*) و نخل (*Phoenix dactylifera*) در کارخانه فولاد شادگان بالاتر گزارش شده است به طوری که بیشینه غلظت سرب به ترتیب در نخل شسته شده، نخل شسته نشده، کهور شسته نشده و کهور شسته شده بوده و غلظت سرب نیز در گیاه نخل نسبت به گیاه کهور بالاتر به دست آمده است[11]. براساس نتایج یک تحقیق دیگر، غلظت فلز سرب در برگ

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

دو گونه برهان (*Albizia lebbeck*) و کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) و خاک پای این درختان دارای اختلاف معنی‌دار بوده که غلظت این فلز در برگ کنوکارپوس به‌طور معنی‌داری بیشتر از برهان گزارش شده است[17]. خاک‌های شهری به شدت تحت تأثیر ذرات فلزی معلق در هوا ناشی از ترافیک و احتراق قرار دارند[27] و درختان نیز مقادیر متفاوتی از فلزات نظیر سرب را جذب کرده و آن‌ها را در برگ‌های خود انباشته می‌کنند[28]. درختانی که در خاک‌های آلوده به سرب رشد می‌کنند، می‌توانند سرب را از طریق چسبیدن گرد و غبار و انتقال آن به بافت گیاه، جمع‌آوری کنند[29]. پژوهشگران گزارش کردند که نمونه‌های خاک کارخانه‌ی فولاد خوزستان دارای غلظت های متفاوتی از فلزات سنگین بودند که کبالت بالاترین و کادمیوم کمترین مقادیر را در خاک داشتندو فرآیندهای زمین شناسی و اقلیمی تاثیر بالاتری در آلودگی خاک دارند[30]. بنابراین با توجه به اینکه کارخانه فولاد خوزستان در محدوده شهری اهواز قرار دارد احتمالا می تواند سبب آلودگی ناشی بر روی درختان و خاک شود.

در این تحقیق شاخص تجمع زیستی سرب در برگ درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور پایین تر از ۱ به دست آمد. در گونه‌های دفع کننده فلز شاخص تجمع زیستی کوچکتر از ۱ و در گونه‌های بیش انباشتگر بزرگتر از ۱ است[21]. در تحقیقی برای فلز سرب بیشترین شاخص تجمع زیستی در برگ گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum*) با مقدار ۰/۹۵ گزارش شده است که پایین تر از ۱ بود[8]. همچنین در مطالعه دیگری شاخص تجمع زیستی سرب در دو گونه درختان برهان (*Albizia lebbeck*) و اوکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*) شهرستان شوش نیز پایین تر از ۱ گزارش شده است[18]. در تحقیقی شاخص تجمع زیستی فلز سرب در دو درخت کهور (*Prosopis juliflora*) و نخل (*Phoenix dactylifera*) در کارخانه فولاد شادگان نیز کمتر از ۱ گزارش شده است[11]. همچنین شاخص تجمع زیستی غلظت فلز سرب در برگ دو گونه برهان (*Albizia lebbeck*) و کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) نیز پایین تر از ۱ تعیین شده است[17] که نتایج این تحقیقات با داده‌های این تحقیق هم خوانی دارد، اما در برخی تحقیقات دیگر در برگ کنار (*Ziziphus spina-christi*) و کهور (*Prosopis cineraria*)[14] شاخص تجمع زیستی غلظت فلز سرب بالاتر از ۱ گزارش شده است. در مطالعات و تحقیقات متعددی، تعدادی از گونه‌های گیاهی شناسایی شده‌اند که می‌توانند مقادیر بالایی از فلز سرب را در بافت‌های خود جذب و انباشته کنند و می‌توانند در گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به سرب استفاده شوند. این گونه های گیاهی مکانیسم های خاصی برای مقابله با سطوح بالاتر سرب در محیط رشد خود دارند[31، 32، 33].کهور به علت قابلیت ایجاد سریع ریشه های جانبی، دارا بودن برگ‌های ریزان و قابلیت زیست بدون داشتن برگ، قادر به افزایش نسبت شاخه ها به ریشه و به‌طور کلی با سیستم ریشه ای با قابلیت نفوذ زیاد به اعماق خاک، می‌تواند آلاینده‌ها را از خاک جذب و انباشته کند[34]، اما برهان درختی است نسبتاً بزرگ، پرشاخه با برگ مرکب نسبتاً بزرگ و کشیده که توانایی جذب و انباشت فلزات را از فرونشست جوی در برگ را دارد[35]. در حالی که درخت اوکالیپتوس با برگ های نسبتاً پهن‌تر و بدون انحنا به منظور ایجاد فضای سبز و تلطیف هوا در مناطق صنعتی و کارخانه های ذوب فلز و کاستن آلودگی هوا و خاک جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است و توانایی جذب و تجمع فلزات سنگین را دارند[36].

با توجه به نتایج تجمع زیستی سرب در برگ سه گونه درخت مورد مطالعه، چنین استنباط می شود که برگ این درختان نتوانستند به خوبی سرب را از خاک جذب کنند. پژوهشگران گزارش کردند که تمام قسمت‌های گیاه می‌توانند سرب را به طور قابل توجهی تجمع دهند[29]، اما باید توجه داشت که ظرفیت تجمع سرب در بخش‌های مختلف گیاه متفاوت است[37]. به عنوان مثال هنگامی که غلظت سرب در خاک بالاتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

شود، جذب سرب در ریشه بیشتر نیز می‌گردد، اما درختان بر جذب و انباشته شدن سرب در ریشه ـ ساقه مناسب‌تر هستند و پس از آن سبزیجات قرار دارند و گندمیان ضعیف‌ترین توانایی غنی‌سازی سرب را دارند[۳۸]. برای جذب سرب بین گیاهان ریشه‌دار، ساقه‌دار و برگ‌دار تفاوت وجود دارد، ظرفیت جذب و انباشته شدن سرب در ریشه‌ها به طور قابل توجهی بیشتر از ساقه‌ها و برگ‌ها گزارش شده است و توانایی غنی‌سازی گیاهان مختلف به سرب در درجه اول از ترتیب ریشه>ساقه>برگ پیروی می‌کند، بنابراین نشان می‌دهد که ریشه‌های گیاه اندام اصلی غنی‌سازی سرب هستند[۳۹]. سرب موجود در خاک ابتدا از طریق ریشه گیاه وارد گیاه می‌شوند، بنابراین محتوای سرب در ریشه گیاه به طور قابل توجهی بیشتر از ساقه و برگ است و اثر سمی سرب بر گیاه تا حد زیادی بر ریشه تأثیر می‌گذارد[۴۰]. پژوهشگران گزارش کردند که در برخی گونه های درختان نظیر *Brassica chinensis* و *Ipomoea aquatica*[۴۱] *Salix purpurea*[۴۲]و سرب به راحتی در ریشه گیاهان تجمع می‌یابد و انتقال آن به ساقه و برگ دشوار است، به عبارت دیگر سرب در درجه اول در ریشه‌ها تجمع می‌یابد و غلظت آن در ریشه‌ها بیشتر از ساقه‌ها و برگ‌ها است. مشخص شده است که سرب به طور عمده در ریشه‌های گیاهان مختلف تجمعمی‌یابدو غلظت سرب در طول انتقال از ریشه به ساقه و برگ نسبتاًکم است[۳۸]. دلیل احتمالی تفاوت در میزان تجمع بین بافت‌های گیاهی، انتقال محدود سرب بین ریشه‌ها و ساقه‌ها و برگ‌ها است. مهاجرت محدود سرب از ریشه‌ها به ساقه‌ها و برگ‌ها را می‌توان با مکانیسم دفع فلز در ریشه‌ها که گیاهان از آسیب در طول فتوسنتز جلوگیری می‌کنند، توضیح داد. بافت ریشه گیاه توانایی قوی در غنی‌سازی سرب از خود نشان می‌دهد، بنابراین ساکنان می‌توانند گیاهانی با ریشه‌های توسعه یافته را برای بررسی و مطالعه وضعیت سرب انتخاب کنند. علاوه بر این، بیشتر مقدار سرب در ریشه‌ها جذب می‌شود، زیرا ریشه اولین اندامی است که این فلز را در طول انتقال به زیست‌توده گیاهان در معرض قرار می‌دهد[۴۳، ۴۴].

نتیجه‌گیری

بر اساس غلظت فلز سرب و شاخص تجمع زیستی در نمونه های برگ درختان اوکالیپتوس، کهور و برهان در سطح شهر اهواز نشان داد که غلظت سرب از هوا به برگ درختان جذب و انباشت شده است و چنین به نظر می رسد که احتمالا درختان اوکالیپتوس، برهان و کهور توانایی بالایی گیاه‌پالایی فلز سرب از خاک را ندارند. همچنین با توجه به نتایج رگرسیون خطی سرب در نمونه های برگ شسته شده و شسته نشده می‌توان چنین استنباط کرد که غلظت بالای سرب ترسیب شده روی برگ درختان جذب شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که سایر فلزات سنگین نیز در برگ درختان سطح شهر اهواز و منابع آب آبیاری آن ها و خاک پای درختان مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند. اثر احتمالی عواملی مانند شرایط فصلی، بارندگی، شرایط جوی، ویژگی برگ و تعدد منابع انتشار به عنوان عوامل محدود کننده مطالعه بوده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی را از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اعلام می‌نمایند. شایان ذکر است با توجه به نوع روش مطالعه در رابطه با حقوق مادی و معنوی جوامع انسانی و آسیب‌های وارده به حیات وحش هیچ‌گونه نقشی وجود نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافع با یکدیگر ندارند.

حمایت مالی

نویسندگان مقاله در راستای کمک های مالیتشکر و قدردانی خود را از مدیریت و معاونت پژوهشی و همکاران محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهوازاعلام می نمایند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

ملاحظات اخلاقی

این مقاله حاصل پایان‌نامه گروه محیط‌زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می‌باشد. نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌هاو داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین نویسندگان هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می‌کنند.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان مقاله خانم مریم محمدی روزبهانی، راضیه مشعل پور فرد، سیما سبزعلیپور، سینا عطار روشن و روشنا بهباش در همه مراحل انجام تحقیق شامل طراحی، اجرا و نگارش مقاله مشارکت داشتند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

References

1. El Youssfi M, Benabbou A, Flayou M. et al. Lead and Cadmium in Orange Juices Marketed in Morocco: A Comprehensive Survey and Human Health Risk Assessment. Biol Trace Elem Res. 2026; 204: 1936–1945 .
2. Akindele, A.F.I., Joseph, A. Health risk assessment of lead, cadmium, heavy metals and metalloids in residential paint flakes from indoor wall surfaces. Environ Monit Assess 196, 1261 .(۲۰۲٤)
3. Chayal, N.K., Kumar, A., Verma, K.S. et al. Lead exposure in Bihar, Eastern India: a risk assessment study. Environ Geochem Health 47, 368.(۲۰۲٥)
4. Zhang, P., Zhou, J., Li, X. et al. A geochemical baseline–source analysis–multidimensional risk assessment–management response framework for lead–zinc mining areas. Environ Geochem Health 47, 464 .(۲۰۲٥)
5. Ghorbani Talkhoncheh, A., & Mohammadi Rouzbahani, M. (2024). Pb heavy metal monitoring using biological indicators, Prosopis juliflora, Eucalyptus microtheca and Ziziphus spina-christi in Ahvaz city (Iran). Anthropogenic Pollution, 8 .(۱)
6. Mansouri Moghadam, S., Payandeh, K., Koushafar, A., Goosheh, M., & Mohammadi Rouzbahani, M. (2024). Level of heavy metals and environmental pollution index in Ahvaz, Southwest Iran. Scientific Reports, 14(1), 14754.
7. Siric, I., Simic, P., Mihanovic, D. et al. Soil contamination and health risk assessment of cadmium and lead exposure from four wild mushrooms in the Petrova Gora region, Croatia. Environ Monit Assess 197, 1044.(۲۰۲٥)
8. Bovard L, Mohammadi Roozbahani M. Investigation of the bioaccumulation of heavy metals Pb, Cd, Ni and Fe in the leaves of sugarcane (Saccharum officinarum): A case study of Amirkabir Company farms. J Environ Health Eng. 2025; 13 (2): 118-133. [In Persian].
9. Zeheyrifar S, Mohammadi Rozbahani M. Investigating the bioaccumulation of lead, cadmium and nickel in Soil and Beta vulgaris and Daucus Carota in the agricultural fields of Shush City. J Environ Health Eng 2024; 11 (4): 443-455. [In Persian].
10. Gkini, E., Tsakaldimi, M., Mousios, I. et al. Accumulation of metals in the leaves of different urban forest tree species and its relation to the proximity to the airport. Environ Sci Pollut Res 33, 1353–1364.(۲۰۲٦)
11. Kalbati Mosavi S A, Mohammadi Rouzbahani M, Attar roshan S. Evaluation of heavy metal pollution using biological markers of Prosopis juliflora and palm Phoenix dactylifera trees around Ahvaz Shadgan Steel Factory. J Environ Health Eng 2024; 11 (2): 130-145. [In Persian].
12. Anwar, A., Mezbah Uddin, A.H., Hasan, M.S. et al. Assessment of anthropogenic activities impact based on metals in soil and tree leaves along roadside in Bangladesh. Sci Rep 15, 6960.(۲۰۲٥)
13. 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 Eucalyotus camadulensis) (case stady: Iran National Steel Industrial Group). Journal of Neyshabur University of Medical Sciences 6 (1), 33-43. [In Persian].
14. 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. [In Persian] .
15. Tabibian S, Bidarigh S, Torabian SY. Investigation on the adsorption of heavy metal in lead in a plane species in traffic areas in Rasht. Human & Environment. 2019;17(4):39-46. [In Persian].
16. Arpanaei, A., Attarroshan, S., Sabzalipour, S. and Arpanaei, I., 2021. Bioaccumulation of some heavy metals (copper, Nickel, and lead) and air pollution tolerance index of Prosopis juliflora and Conocarpus erectus species in Mahshahr, Iran. Iranian Journal of Health and Environment, 13 (4): 747-766. [In Persian].
17. Rafati, M., Mohammadi Roozbahani, M. and Naseri Monfared, H., 2021. Accumulation of heavy metals (lead and nickel) by the soil and leaves of Albizia lebbeck and Conocarpus erectus from the city of Ahwaz. Forest and Wood Products, 73(4), pp.379-387. [In Persian].
18. Pour Gholam Khabaz A, Mohammadi Ruzbahani, M., 2024. The study of the traceability of lead heavy metal in the leaves of eucalyptus (Eucalyptus microtheca) and Burhan (Albizia lebbeck) trees in Shush city. Journal of Research in Environmental Health. 2024;9(4):403-16. [In Persian].
19. Johnson CM, Ulrich A. 2. Analytical methods for use in plant analysis. Bulletin of the California agricultural experiment station. 1959 .
20. Kimbrough DE, Wakakuwa JR. Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. Environmental Science & Technology. 1989;23(7): 898 -900.
21. Gholami, A., Davami, A.H., Panahpour, E., 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, 1319-1324.
22. Ogundele DT, Adio AA, Oludele OE. Heavy metal concentrations in plants and soil along heavy traffic roads in North Central Nigeria. Journal of environmental & analytical toxicology. 2015;5(6):1.
23. Vodyanitskii YN. Standards for the contents of heavy metals in soils of some states. Annals of agrarian science. 2016;14(3):257-63.
24. Tomasevic, M., Antanasijevic, D., Anicic, M., Deljanin, I., Peric-Grujic, A. and Ristic, M. 2013. Lead concentrations and isotope ratios in urban tree leaves, Ecological Indicators, 24, 504-509.
25. Velayatzadeh M. 2020. Air pollution sources in Ahvaz city from Iran. Journal of Air Pollution and Health, 5(2): 147-152.
26. Effatpanah, M., Effatpanah, H., Jalali, S., Parseh, I., Goudarzi, G., Barzegar, G., Geravandi, S., Darabi, F., Ghasemian, N. and Mohammadi, M.J. 2020. Hospital admission of exposure to air pollution in Ahvaz megacity during 2010–2013. Clinical Epidemiology and Global Health, 8 (2): 550-556.
27. Finster, M.E., Gray, K.A., Binns, H.J. 2004. Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: a field survey. Science of the Total Environment, 320 (2–3): 245-257.
28. 28.Zand Abbas Abadi A, Cheraghi M, Sobhanardakani S, Lorestani B, Kiani Sadr M. 2024. Evaluation of the capability of Robinia pseudoacacia and Pinus eldarica for bioremediation of heavy metals (Pb, Cr and Ni) in urban areas of Hamedan, west of Iran. Iranian Journal of Health and Environment, 16 (4): 607-628. [In Persian].
29. Collin, S., Baskar, A., Geevarghese, D.M., Ali, M.N.V.S. Bahubali, P., Choudhary, R., Lvov, V., Tovar, G.I., Senatov, F., Koppala, S. and Swamiappan, S. 2022.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects in plants: A review. Journal of Hazardous Materials Letters, 3: 100064.
30. Jafarian, F., Payandeh, Kh., Nazarpour, A., Gholami, A. and Mohsenifae. K. 2025 Evaluation of Environmental Pollution Indices of Heavy Metals in Soil around Khuzestan Steel Co. Journal of Research in Environmental Health, 11 (1): 111-125. [In Persian].
31. Hussain, J., Wei, X., Xue-Gang, L., Shah, S.R.U., Aslam, M., Ahmed, I., Abdullah, S., Babar, A., Jakhar, A.M. and Azam, T., 2021. Garlic (Allium sativum) based inter planting alters the heavy metals absorption and bacterial diversity in neighboring plants. Scientific Reports 11(1), 5833.
32. Kumar, A., Kumar, A., MMS, C.P., Chaturvedi, A.K., Shabnam, A.A., Subrahmanyam, G., Mondal, R., Gupta, D.K., Malyan, S.K., Kumar, S.S. and A. Khan, S., 2020. Lead toxicity: health hazards, influence on food chain, and sustainable remediation approaches. International Journal of Environmental Research and Public Health 17(7), 2179.
33. Usman, K., Abu-Dieyeh, M.H., Zouari, N. and Al-Ghouti, M.A., 2020. Lead (Pb) bioaccumulation and antioxidative responses in Tetraena qataranse. Scientific Reports 10(1), 17070.
34. 34.Usman, K., Abu-Dieyeh, M.H. and Al-Ghouti, M.A., 2019. Evaluating the invasive plant, Prosopis juliflora in the two initial growth stages as a potential candidate for heavy metal phytostabilization in metalliferous soil. Environmental pollutants and Bioavailability 31(1), 145-155.
35. 35.Alimoh Helen Alabi, Adewumi Comfort Adegoroye, Felicia Olubunmi Tella, Clement A. Olanrewaju, Chukwunonyelu Ebenezer Nnadozie, Lukman Shehu Mustapha, Peter Olusakin Oladoye, Kehinde Shola Obayomi. 2026. In-situ synthesis of goethite-modified-Albizia lebbeck for sequestration of Zn2+ and Pb2+ from aqueous environments: Equilibrium, isotherm, and thermodynamic studies. Cleaner Water 5, P. 100190.
36. 36 .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.
37. 37.Rahman, S.U., Qin, A., Zain, M., Mushtaq, Z., Mehmood, F., Riaz, L., Naveed, S., Ansari, M.J., Saeed, M., Ahmad, I. and Shehzad, M., 2024. Pb uptake, accumulation, and translocation in plants: Plant physiological, biochemical, and molecular response: A review. Heliyon 10(6), P. e27724.
38. 38 .Jia, L., Ma, H., Guan, Y., Zou, L., Jiang, L., Hang, Y, Feng, X, Ren, X, Tian, Y, Pan, H, Rong, S., 2022. Lead absorption capacity in different parts of plants and its influencing factors: a systematic review and meta-analysis. Environmental Science and Pollution Research 1-16.
39. 39 .Wang, G., Su, M.Y., Chen, Y.H., Lin, F.F., Luo, D. and Gao, S.F., 2006. Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edible parts of six vegetable species in southeastern China. Environmental pollution, 144(1), pp.127-135.
40. 40 .Asare, M.O., Száková, J. and Tlustoš, P., 2023. The fate of secondary metabolites in plants growing on Cd-, As-, and Pb-contaminated soils—a comprehensive review. Environmental science and pollution research, 30(5), pp.11378-11398.
41. 41 .Sun, Z.H., Zheng, C.R., Zhou, D.M. and Yang, L.Z., 2005. Effects of soil Pb pollution on growth of Brassica chinensis and Ipomoea aquatica and urease activities. Journal of Ecology and Rural Environment, 21(1), pp.38-43.
42. 42 .Cloutier-Hurteau, B., Turmel, M.C., Mercier, C. and Courchesne, F., 2014. The sequestration of trace elements by willow (Salix purpurea)—which soil properties favor uptake and accumulation?.Environmental Science and Pollution Research, 21(6), pp.4759-4771.
43. 43 .Usman, K., Abu-Dieyeh, M.H., Zouari, N. and Al-Ghouti, M.A., 2020. Lead (Pb) bioaccumulation and antioxidative responses in Tetraena qataranse. Scientific reports, 10(1), p.17070.
44. 44. Afzal, M.R., Naz, M., Wan, J., Dai, Z., Ullah, R., Rehman, S.U. and Du, D., 2023. Insights into the mechanisms involved in lead (Pb) tolerance in invasive plants—The current status of understanding. Plants, 12(11), p.2084.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]