Journal of Research in Environmental Health
Volume 10, Issue 3, Autumn 2024

Evaluation of the Concentration of Heavy Metals Pb, Zn and Cd in the Leaves of the Ornamental Species of *Bougainvillea Glabra* and *Cassia Floribunda* of Mahshahr Port

Zahra Khazaei
Master's student of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Azita Koshafar
* Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
(Corresponding Author)
Azitakoosh1348@gmail.com
Sina Attar Roshan
Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Received: 2024/04/21
Accepted: 2024/08/11
Doi:10.22038/jreh.2024.25341

Abstract

Background and Objective: The toxicity and persistence of heavy metals in the environment have necessitated usingtrees as biological indicators. This study aimed to evaluate the concentrations of heavy metals, including Pb, Zn, and Cd, in the leaves of two commonly cultivated ornamental plant species, *Bougainvillea glabra* (paper flower) and *Cassia floribunda* (burhan flower), known for their adaptability in urban environments, within the green spaces of Mahshahr Port in 2024.

Materials and Methods: This descriptive-analytical research involved the collection of leaf samples from*Bougainvillea glabra* and *Cassia floribunda* trees across 13 regions of Mahshahr City, with three replications in June 2024. Chemical digestion was performed using the Jackson (1980) method, which involves acid digestion of plant material to release heavy metals for analysis. Heavy metal concentrations were measured using a Perkin Elmer 900T atomic absorption spectrophotometer (USA).

Results: The mean concentrations of Cd, Pb, and Zn in the leaves of *Bougainvillea glabra* were 0.108, 0.154, and 1.705 mg/kg, respectively. In contrast, the concentrations in *Cassia floribunda* were 0.120, 0.184, and 1.996 mg/kg, respectively. Statistically, Cd ($P=0.008$) and Pb ($P=0.035$) concentrations were significantly higher in *Cassia floribunda*than in *Bougainvillea glabra* ($P<0.05$). However, the Zn levels in *Cassia floribunda*were slightly higher but not statistically significant ($P=0.844$, $P>0.05$). The detected concentrations of Cd, Pb, and Zn in both species were below permissible limits set by the World Health Organization (WHO), indicating minimal contamination.

Conclusion: The concentrations of Cd, Pb, and Zn in the leaves of *Cassia floribunda* and *Bougainvillea glabra* were within normal limits and below the standard permissible levels. However, based on the findings, these two species are unsuitable for phytoremediation of heavy metals. These results highlight the broader potential of ornamental plants as cost-effective tools for urban environmental management and pollution assessment, though further studies are needed to identify more effective species for phytoremediation purposes.

Keywords: Heavy Metals, Ornamental Plants, *Bougainvillea Glabra*, *Cassia Floribunda*, Mahshahr Port

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy ofthis licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Khazaei Z, Koshafar A, AttarRoshan S. Evaluation of the Concentration of Heavy Metals Pb, Zn and Cd in the Leaves of the Ornamental Species of *Bougainvillea Glabra* and *Cassia Floribunda* of Mahshahr Port**.** *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2024; 10(3):63-80.

بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در برگ گونه‌های زینتی گل‌کاغذی (*Bougainvillea glabra*) و برهان‌گلی (*Cassia floribunda*) در بندر ماهشهر

زهرا خزائی
دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه محیط-زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاداسلامی، اهواز، ایران
آزیتا کوشافر
* گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاداسلامی، اهواز، ایران.
(نویسنده مسئول)
Azitakoosh1348@gmail.com
سینا عطاروشن
گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاداسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۵/۲۱
نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: سمیت و پایداری فلزات سنگین در محیط‌زیست سبب استفاده از درختان به‌عنوان شاخص زیستی شده است. این تحقیق با هدف ارزیابی فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در برگ دو گونه از گیاهان زینتی گل‌کاغذی و برهان‌گلی در فضای سبز شهری بندر ماهشهر در سال ۱۴۰۳ انجام شد.

مواد و روش‌ها: روش تحقیق از نوع توصیفی ـ تحلیلی بود. نمونه‌های برگ درختان گل‌کاغذی و برهان‌گلی از ۱۳ منطقه با ۳ تکرار در خرداد ماه سال ۱۴۰۳ در شهرستان بندر ماهشهر تهیه شدند. هضم شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه با استفاده از روش جکسون ۱۹۸۰ انجام شد. جهت سنجش فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer مدل 900T ساخت کشور آمریکا استفاده گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت کادمیوم، سرب و روی در برگ گل‌کاغذی ۰/۱۰۸، ۰/۱۵۴ و ۱/۷۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ برهان‌گلی به ترتیب ۰/۱۲۰، ۰/۱۸۴ و ۱/۹۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین غلظت کادمیوم (P-value = ۰/۰۰۸) و سرب (P-value =۰/۰۳۵) در برگ گیاه برهان‌گلی بالاتر از گل‌کاغذی به دست آمد (P<۰/۰۵). میزان روی در برگ گیاه برهان‌گلی بالاتر از گل‌کاغذی بود (P-value = ۰/۸۴۴)، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گیاهان نشان می‌دهد که مقادیر فلزات سنگین در برگ برهان‌گلی بالاتر از گل‌کاغذی بود و بر اساس تجزیه‌وتحلیل آماری آزمون مستقل اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: میزان کادمیوم، سرب و روی در برگ گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در محدوده‌ی طبیعی بود. همچنین کادمیوم، سرب و روی در مقایسه با مقادیر مجاز استاندارد پایین‌تر می‌باشند. با توجه به نتایج، به نظر می رسد این دو گونه مورد مطالعه جهت گیاه‌پالایی فلزات سنگین مناسب نمی‌باشند.

کلید واژه‌ها: فلزات سنگین، گیاهان زینتی، گل کاغذی، برهان گلی، بندر ماهشهر

استناد: خزائی ز، کوشافر آ، عطاروشن س. بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در برگ گونه‌های زینتی گل‌کاغذی (*Bougainvillea glabra*) و برهان‌گلی (*Cassia floribunda*) در بندر ماهشهر. *فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۴۰۳؛۱۰(۳): ۶۳-۸۰.

مقدمه

آلودگی محیط‌زیست توسط فلزات سنگین سمی یک موضوع نگران‌کننده‌ی جهانی است و کیفیت طبیعی هوا، آب و خاک را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. فعالیت‌های انسان‌زاد تا حد زیادی مسئول آلودگی گسترده‌ی فلزات سنگین در محیط هستند که تأثیرات مضری بر سلامت انسان دارد (۱). فلزات سنگین به‌دلیل سمی‌بودن و ماندگاری در محیط، عامل اصلی آلودگی محیط زیست هستند (۲). فلزات سنگین می‌توانند به‌طور طبیعی یا از فعالیت‌های انسانی منشأ بگیرند. منابع طبیعی فلزات سنگین شامل فرسایش خاک، هوازدگی سنگ و فعالیت‌های آتشفشانی است و صنعتی‌شدن جوامع، رسوبات اتمسفری، کودهای دامی، پساب‌های شهری و کشاورزی و استفاده‌ی گسترده از کودهای مصنوعی همگی عواملی هستند که در حضور فلزات سنگین در محیط زیست نقش دارند (۳،۴) بیش از ۵۰ عنصر در جدول تناوبی به‌عنوان فلزات سنگین شناسایی شده است که شامل فلزات واسطه، متالوئیدها، لانتانیدها و اکتینیدها می‌شود. قلع، روی، بور، جیوه، مس، نیکل، کادمیوم، کبالت، وانادیم، استرانسیوم، تیتانیوم، آرسنیک، سرب، مولیبدن و کروم نمونه‌ای از فلزات سنگین می‌باشند (۵). بدیهی است که فلزات سنگین مانند آهن، بور، مس، نیکل و روی برای رشد گیاه در غلظت‌های کمی حیاتی هستند، با این‌حال، در غلظت‌های فراتر از حد حداکثر غلظت[1]، برای گیاهان و حیوانات کشنده می‌شوند (۶). در سرتاسر جهان، اثرات سمیت فلزات به‌دلایل مشکلات سلامتی و بهداشتی انسانی و آثار محیط‌زیستی در حال افزایش است، زیرا فلزات سنگین می‌توانند وارد زنجیره‌ی غذایی شده و تحت بزرگنمایی زیستی قرار گیرند و اثرات همزمان بر سلامت انسان و تغییرات محیطی داشته باشند (۷).

در میان همه‌ی موجوداتی که ویژگی‌های تحمل و انباشت فلزات سنگین را تکامل داده‌اند، گیاهان نمونه‌ای جذاب از سازگاری با محیط‌های آلوده هستند و این توانایی را دارند که کیفیت‌های پیچیده‌ای را از طریق فرآیند انتخاب طبیعی ایجاد کنند (۸). تقریباً ۷۰۰ گونه‌ی گیاهی از ۳۰۰۰۰۰ گیاه آوندی موجود قادر به انباشتگی بیش از حد فلزات سنگین هستند (۹). آن‌ها با طیف گسترده‌ای از گروه‌های طبقه‌بندی نشان داده می‌شوند، در مناطق جغرافیایی مختلف وجود دارند و تنوع گسترده‌ای از ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و اکولوژیکی را ارائه می‌دهند (۱۰). فلزات سنگین می‌توانند با شرکت در واکنش‌های متابولیکی و با عمل به‌عنوان ریزمغذی‌ها مانند آهن، کبالت، مس، منگنز، روی و مولیبدن نقش مهمی در رشد گیاهان داشته باشند (۱۱،۱۲). با این وجود هنگامی که آن‌ها از غلظت آستانه خود فراتر می‌روند، برای رشد گیاه سمی در نظر گرفته می‌شوند (۸). فلزات سنگین طیف گسترده‌ای از اثرات مضر در گیاهان را به‌همراه دارند و این مسئله به‌ویژه برای عناصری مانند آرسنیک، کادمیوم، سرب و کروم گزارش شده است (۱۳). برخی از عناصر فلزی دیگر مانند آلومینیوم، آنتیموان، جیوه و نیکل نیز برای بررسی اثرات مضر آن‌ها در رشد گیاه در صورت وجود بالاتر از غلظت آستانه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال، سمیت آلومینیوم در گیاهان با افزایش جهانی خاک‌های اسیدی (۴۰ درصد از زمین‌های زراعی جهان) مرتبط است، زیرا سمی‌ترین ترکیبات آلومینیوم سه‌ظرفیتی تحت مقادیر pH اسیدی موجود است (۱۴).

کادمیوم برای موجودات زنده و انسان بسیار سمی شناخته شده است و دارای فعالیت بیولوژیکی در موجودات زنده نمی‌باشد. کادمیوم از طریق فعالیت‌های انسانی متعدد در محیط‌زیست، وارد اکوسیستم‌ها می‌شود (۱۵). انباشته شدن کادمیوم در گیاهان در خاک‌های آلوده با کادمیوم به‌دلیل تحرک زیاد آن در خاک‌های آلوده مشکلات جدی را برای سلامت حیوانات و انسان‌ها ایجاد می‌کند (۱۶). سمیت کادمیوم بر اندام‌های متعدد بدن انسان تأثیر می‌گذارد، اما عمدتاً در کلیه‌ها تجمع می‌یابد و باعث آسیب‌های جدی ازجمله آسیب لوله‌های کلیوی و سنگ‌های کلیه می‌شود. بنابراین به‌راحتی می‌تواند به بدن انسان منتقل شود و در اندام‌های مختلف در سطح بالایی ذخیره شود (۱۷). سمیت کادمیوم باعث آسیب جدی به کبد و استخوان می‌شود و می‌تواند جذب کلسیم را در بدن کاهش دهد. کادمیوم کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلف مانند تکمیل فلز، سرامیک، الکترونیک، منسوجات،

[1]- Maximum Concentration Limit

رنگدانه‌ها، عکاسی، حشره‌کش‌ها، متالورژی، باتری‌ها، مواد شیمیایی مصنوعی و آبکاری الکتریکی دارد (۱۵).

سرب یکی از فراوان‌ترین فلزات سنگین است و اثرات سمی آن به‌دلیل پایداری در محل آلوده و پیچیدگی مکانیسم در مسمومیت بیولوژیکی، باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی و سلامتی می‌شود (۱۸). سرب برای کودکان خطرناک است که در صورت وجود غلظت غیرطبیعی در مایعات بدن، منجر به عقب‌ماندگی ذهنی می‌شود. سرب یک فلز خاکستری مایل به آبی طبیعی است که به مقدار کم در پوسته‌ی زمین موجود است (۱۹). منابع آلودگی سرب را می‌توان به دو دسته‌ی عمده‌ی صنعتی و خانگی تقسیم کرد. قرار گرفتن در معرض سرب صنعتی عمدتاً به‌دلیل ذرات تولیدشده از سوزاندن زغال‌سنگ و برشته‌کردن موادمعدنی مانند پیریت‌های آهن، دولومیت، آلومینا و غیره است. قرار گرفتن در معرض سرب خانگی عمدتاً از پخت‌وپز با استفاده از سوخت‌های جامد به‌عنوان مثال زغال‌سنگ، زیست توده، زباله‌های کشاورزی، رنگ‌ها، لعاب‌های سرامیکی، داروهای آرایشی و بهداشتی، آب آشامیدنی و غذا و غیره سرب سمی قوی است و حتی به مقدار بسیار کم مضر است (۲۰،۲۱).

روی به‌دلیل خواص متالورژیکی و شیمیایی مفید آن به‌طور گسترده در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشترین کاربرد آن در گالوانیزه‌کردن محصولات آهن و فولاد برای ایجاد پوشش ضدخوردگی است (۲۲). از نظر مصرف جهانی سالانه، روی چهارمین فلز پس از فولاد، آلومینیوم و مس است (۲۳). روی از طریق فعالیت‌های صنعتی مانند استخراج فلزات، سوزاندن ضایعات و تولید فولاد در محیط زیست منتشر می‌شود. مسمومیت با روی می‌تواند علائم حاد مانند ادرار خونی، گرفتگی شکم و شکم، نارسایی کبدی، نارسایی کلیه، استفراغ، درد اپی‌گاستر، حالت تهوع، اسهال و هم‌چنین علائم مزمن مانند کم‌خونی و آسیب پانکراس ایجاد کند (۲۴،۲۵).

گل‌کاغذی با نام علمی *Bougainvillea glabra* و نام انگلیسی bougainvillea یک گیاه بالارونده بومی آمریکای جنوبی، کشور برزیل و متعلق به خانواده Nyctaginaceae است. این گیاه در آب‌وهوای گرم زندگی می‌کند و دارای بازار پسندی زینتی عالی هستند. گل‌کاغذی یا بوگنویل به دلیل اهمیت باغبانی آن در سراسر جهان شناخته شده است و به علت رنگ شاخه‌های آن که معمولاً به عنوان گل شناخته می‌شود (۲۶). گیاه برهان‌گلی با نام علمی *Cassia floribunda* و نام انگلیسی goden showy از خانواده‌ی Fabaceae به نام کاسیا نیز معروف است (۲۷). خاستگاه گیاه برهان‌گلی مناطق معتدل بوده و در مناطق گرمسیری در شرایط نور خورشید بهترین رشد را دارد و از اواخر اسفند ماه تا خرداد ماه گل می‌دهد (۲۸).

با توجه به این‌که در شهر ماهشهر صنایعی مانند پتروشیمی‌های مختلف وجود دارد آلودگی ناشی از فلزات سنگین در این شهر بالا می‌باشد و سبب آلوده‌شدن آب و خاک و هوا می‌شود بنابراین بررسی میزان فلزات سنگینی که توسط گیاهان جذب می‌شوند و بررسی گیاهانی که جاذب این فلزات سنگین هستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هم‌چنین تاکنون تحقیقی در رابطه با جذب فلزات سنگین توسط گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در فضای سبز شهر ماهشهر انجام نشده است.

روش‌کار

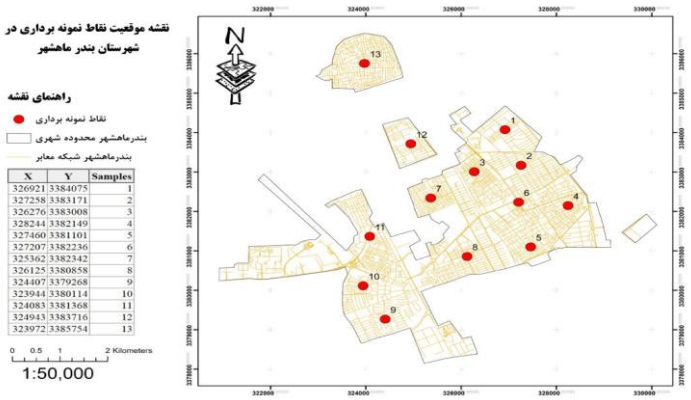
محدوده‌ی تحقیق

بندر ماهشهر یکی از بنادر مهم در استان خوزستان واقع در جنوب غرب ایران می‌باشد که در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه واقع شده است. بندر ماهشهر دارای دو منطقه شهرداری منطقه ۱ (ماهشهر قدیم) و منطقه ۲ (ناحیه صنعتی) تشکیل شده است. ماهشهر قدیم از محلات کوی آزادگان، فاز ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ کوی گلستان، کوی سعدی، شهرک طالقانی (کوره‌ها)، شهرک رجیی (زنجیر)، شهرک مدنی تشکیل شده است. از خیابان‌های اصلی بافت قدیم می‌توان به خیابان امام خمینی (ره)، شهید منتظری، سعیدی، مطهری، شریفی، طالقانی، باهنر، ۲۲ بهمن و هم‌چنین بازار قدیم (بازار جنگ‌زده‌ها یا بازار روز) اشاره کرد. ماهشهر جدید (ناحیه صنعتی) در پی ایجاد بندر صادراتی نفت به‌وجود آمده است. ناحیه صنعتی از محلات ۲۱۸ دستگاه، ۵۲ دستگاه، کارگری‌ها، SQها، کوی توحید (آتلانتیک)، کمپ A، کویتی‌ها، فارابی، ۱۸۰ دستگاه و بازار تشکیل شده است.

نمونه‌برداری

در این تحقیق برگ درختان برهان‌گلی و گل‌کاغذی از ۱۳ محل در مناطق مختلف در بندر ماهشهر نمونه‌برداری شد (**شکل ۱**). به‌منظور انجام این مطالعه دو گونه‌ی درختی

زینتی فضای سبز شهرستان ماهشهر، گل‌کاغذی و برهان‌گلی مد نظر قرار گرفتند و از هر گونه تعداد ۳۹ درختچه به‌صورت تصادفی سیستماتیک جهت برداشت نمونه‌ی برگ انتخاب شد. موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه شامل طول و عرض جغرافیایی ثبت گردید (**جدول ۱**) و نمونه‌برداری در خرداد ماه فصل بهار سال ۱۴۰۳ از هر ایستگاه با ۳ تکرار انجام شد. لازم به ذکر است نمونه‌ها به ترتیبی در سطح فضای سبز شرح انتخاب شدند تا یک پوشش کلی ایجاد و معرف کل فضای سبز شهر ماهشهر باشند. نمونه‌برداری برگ از ارتفاع بیش از ۵۰ سانتیمتر از سطح زمین در چهار جهت جغرافیایی اصلی انجام و نمونه‌ها جهت برآورد غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه به آزمایشگاه منتقل شدند.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری برگ درختان گل‌کاغذی و برهان‌گلی در شهرستان ماهشهر

جدول ۱. مناطق مورد مطالعه نمونه‌برداری برگ درختان گل‌کاغذی و برهان‌گلی در شهرستان ماهشهر

ایستگاه	نام محل نمونه‌برداری	مختصات جغرافیایی
۱	خیابان قائم	۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۳ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۷ ثانیه شرقی
۲	خیابان کنعانی	۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۰۷ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه و ۰۸ ثانیه شرقی
۳	خیابان سعیدی	۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه و ۲۸ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۷ ثانیه شرقی
۴	بلوار ۱۷ شهریور	۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۴۱ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه شرقی
۵	خیابان گلستان ۵	۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۴۹ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۱۳ ثانیه شرقی
۶	بلوار کوثر	۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۱۰ ثانیه شرقی
۷	بلوار دانشجو	۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۰۸ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۰۸ ثانیه شرقی
۸	پارک مهر و ماه	۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۰۷ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی
۹	پارک کوثر	۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۱۱ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۰۵ ثانیه شرقی
۱۰	خیابان فارابی	۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه و ۵۶ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۰۲ ثانیه شرقی
۱۱	خیابان دانشگاه	۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۰۲ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۰۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی
۱۲	خیابان رازی	۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۴۳ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۰۳ ثانیه شرقی
۱۳	اتوبان آزادی	۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه و ۲۸ ثانیه شمالی ـ ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۷ ثانیه شرقی

سنجش فلزات سنگین

پس از شستشوی نمونه‌های برگ در آزمایشگاه با استفاده از آب مقطر دو بار تقطیر شده، نمونه‌ها در دستگاه ماکروویو MicroSYNTH ساخت شرکت Mileston ایتالیا به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل خشک گردید. نمونه‌ها پس از پودر شدن به کمک هاون چینی از الک ۶۳ میکرون عبور داده شد تا از پودر نرم حاصل‌شده به کمک ترازوی دیجیتال TE214S ساخت شرکت Sartorius آلمان با دقت چهار رقم اعشار مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه جهت استفاده در فرآیند هضم جدا گردد.

هضم نمونه‌های مورد مطالعه با استفاده از روش جکسون ۱۹۸۰ انجام شد. در این روش ۰/۵ گرم از نمونه‌ی پودرشده برگ گیاه به ارلن ۱۰۰ سی‌سی منتقل و پس از افزودن ۱۰ سی‌سی تیزاب سکانی و قرار دادن شیشه ساعت بر روی ارلن، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعد حرارت‌دادن ارلن‌ها بر روی هیتر با دمای ۷۰ الی ۸۰ درجه سانتی‌گراد زیر هود به ملایمت آغاز شد تا بخار خرمایی‌رنگ از تمام نمونه‌ها متصاعد گردید. در این هنگام مقدار ۳ سی‌سی تیزاب سکانی به هر یک از ارلن‌ها اضافه و مجدداً عملیات حرارت‌دادن با شدت بیشتر ادامه یافت. این عمل تا اکسیداسیون کامل مواد گیاهی یعنی زمانی که محلول به رنگ زرد و یا بی‌رنگ تبدیل شود ادامه داشت. بعد از خنک‌شدن ظروف مقداری آب مقطر به نمونه‌ها اضافه و پس از عبوردادن محلول از کاغذ صافی شماره‌ی ۴۵، نمونه‌های درون بالون ژوژه ۵۰ سی‌سی با اسیدنیتریک ۱٪ به حجم ۵۰ سی‌سی افزایش داده شدند. در نهایت غلظت فلزات سنگین روی، سرب و کادمیوم در هر نمونه محلول به کمک دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. در این تحقیق جهت سنجش فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer مدل 900T ساخت کشور آمریکا استفاده شد. روش سنجش کادمیوم و سرب به روش کوره گرافیکی و روی به روش شعله بود. مقدار حساسیت برای عناصر مختلف در روش جذب اتمی در حدود ۰/۰۰۰۱ تا ۲۰ppm است (۲۹).

تجزیه‌وتحلیل آماری

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسم جدول‌ها از برنامه‌های SPSS نسخه ۲۴ و اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد. جهت تعیین معنی‌داری اختلاف بین متغیرهای مطالعه در سطح ۰/۰۵ از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه آنووا و به‌منظور برآورد میزان همبستگی بین متغیرها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. در این مطالعه به‌منظور مقایسه میانگین از آزمون مقایسه میانگین چند پاسخی دانکن استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج نرمالیتی داده‌های فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گیاهان گل‌کاغذی و برهان‌گلی در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون کلموگروف ـ اسمیرنف و پارامترهای چولگی و کشیدگی نشان می‌دهد که نتایج فلزات سنگین نرمال بودند. در آزمون کلموگروف ـ اسمیرنف در هر موردی که میزان P-value از ۰/۰۵ بیشتر باشد به این مفهوم است که متغیر مورد بررسی دارای توزیع نرمال بوده است. با توجه به نتایج آزمون کلموگروف ـ اسمیرنف همه داده‌های فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گل‌کاغذی و برهان‌گلی نرمال نبود. در خروجی آزمون چولگی و کشیدگی داده‌ها با SPSS میزان خطای استاندارد نیز قابل مشاهده است. برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها باید نسبت چولگی و نسبت کشیدگی محاسبه گردد. این نسبت از تقسیم چولگی و کشیدگی بر خطای استاندارد آن قابل محاسبه است. اگر عدد حاصل در بازه ۲ و ۲- قرار گیرد، می‌توان توزیع داده‌ها را نرمال در نظر گرفت. با توجه به نتایج چولگی و کشیدگی داده‌های فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گل‌کاغذی و برهان گلی، می‌توان بیان کرد که داده‌ها در توزیع نرمال بودند (**جدول ۲**).

جدول ۲. نتایج آزمون کلموگروف ـ اسمیرنف کادمیوم، سرب و روی برگ گل‌کاغذی و برهان‌گلی شهرستان ماهشهر

فلزات	درختان	آماره آزمون	درجه آزادی	P-value	چولگی	کشیدگی
کادمیوم	برهان گلی	۰/۰۲۷	۳۸	۰/۳۲۰	۰/۱۶۵	-۱/۱۶۵
	گل کاغذی	۰/۶۷۵	۳۸	۰/۲۵۰	-۱/۴۸۴	۱/۰۴۵
سرب	برهان گلی	۰/۲۳۴	۳۸	۰/۲۶۷	۱/۸۷۲	۱/۳۵۳
	گل کاغذی	۰/۸۷۶	۳۸	۰/۴۵۴	-۱/۴۷۰	۱/۵۵۱
روی	برهان گلی	۰/۵۱۲	۳۸	۰/۱۲۸	۰/۷۸۲	-۰/۲۹۹
	گل کاغذی	۰/۱۱۵	۳۸	۰/۵۵۵	۰/۷۹۹	۰/۰۱۰

کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف‌معیار، خطای استاندارد و واریانس فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گل‌کاغذی و برهان‌گلی فضای شهری شهرستان ماهشهر در **جدول ۳** ارائه شده است. مقایسه میانگین غلظت فلزات

سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گیاهان نشان می‌دهد که مقادیر فلزات سنگین در برگ برهان‌گلی بالاتر از گل‌کاغذی بود و بر اساس تجزیه‌وتحلیل آماری آزمون مستقل اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵).

جدول ۳. پارامترهای آماری کادمیوم، سرب و روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برگ گل‌کاغذی و برهان‌گلی ماهشهر

درختان	فلزات سنگین	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف‌معیار	خطای استاندارد	واریانس
برهان‌گلی	کادمیوم	۰/۱۱۷	۰/۱۲۴	۰/۱۲۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰
	سرب	۰/۱۷۲	۰/۲۱۸	۰/۱۸۴	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳	۰
	روی	۱/۸۳۰	۲/۲۳۳	۱/۹۹۶	۰/۱۲۷	۰/۰۳۵	۰/۰۱۶
گل‌کاغذی	کادمیوم	۰/۰۹۸	۰/۱۱۲	۰/۱۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰
	سرب	۰/۱۱۴	۰/۱۷۴	۰/۱۵۴	۰/۰۱۷	۰/۰۰۴	۰
	روی	۱/۶۱۴	۱/۸۷۰	۱/۷۰۵	۰/۰۷۶	۰/۰۲۱	۰/۰۰۶

میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ برهان‌گلی و گل‌کاغذی فضای شهری شهرستان ماهشهر در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است. مقادیر فلز روی در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت (P<۰/۰۵)، اما میزان سرب و کادمیوم برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه شهرستان ماهشهر اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (P<۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین غلظت کادمیوم در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۵ (۰/۱۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۷ (۰/۱۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P<۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین غلظت سرب در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۴ (۰/۲۱۸ میلی-گرم بر کیلوگرم) و ۲ (۰/۱۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P<۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین غلظت روی در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۴ (۲/۲۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۱۱ (۱/۸۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P>۰/۰۵) **(جدول ۴)**.

جدول ۴. غلظت کادمیوم، سرب و روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های شهرستان ماهشهر

ایستگاه ها	کادمیوم	سرب	روی
۱	^{a}۰/۱۲۲±۰/۰۰۴	^{a}۰/۱۷۵±۰/۰۱۶	^{a}۱/۹۴۱±۰/۱۱۱
۲	^{b}۰/۱۱۸±۰/۰۰۳	^{b}۰/۱۷۲±۰/۰۲۲	^{a}۱/۸۷۷±۰/۱۵۶
۳	^{c}۰/۱۲۳±۰/۰۰۲	^{c}۰/۱۸۸±۰/۰۱۱	^{a}۲/۱۱۱±۰/۲۲۲
۴	^{d}۰/۱۱۹±۰/۰۰۱	^{d}۰/۲۱۸±۰/۰۱۸	^{a}۲/۲۳۳±۰/۱۱۷
۵	^{e}۰/۱۲۴±۰/۰۰۴	^{a}۰/۱۷۶±۰/۰۱۹	^{a}۲/۰۱۴±۰/۱۵۴
۶	^{d}۰/۱۱۹±۰/۰۰۱	^{e}۰/۱۷۹±۰/۰۲۴	^{a}۱/۹۸۷±۰/۱۰۳
۷	^{f}۰/۱۱۷±۰/۰۰۲	^{a}۰/۱۷۶±۰/۰۲۱	^{a}۱/۸۸۲±۰/۱۲۷
۸	^{b}۰/۱۱۹±۰/۰۰۱	^{c}۰/۱۸۹±۰/۰۱۱	^{a}۱/۹۶۵±۰/۱۶۵
۹	^{a}۰/۱۲۲±۰/۰۰۴	^{e}۰/۱۷۹±۰/۰۱۵	^{a}۲/۰۶۴±۰/۱۵۶
۱۰	^{g}۰/۱۲۰±۰/۰۰۲	^{f}۰/۱۹۲±۰/۰۲۹	^{a}۲/۲۱۷±۰/۱۷۸
۱۱	^{h}۰/۱۲۱±۰/۰۰۲	^{g}۰/۱۸۳±۰/۰۲۶	^{a}۱/۸۳۰±۰/۱۱۲
۱۲	^{a}۰/۱۲۲±۰/۰۰۴	^{h}۰/۱۷۸±۰/۰۲۲	^{a}۱/۹۴۰±۰/۱۱۸
۱۳	^{b}۰/۱۱۸±۰/۰۰۲	^{i}۰/۱۹۳±۰/۰۱۲	^{a}۱/۸۹۹±۰/۱۲۷

حروف انگلیسی متفاوت (a، b، c و ...) در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ (P= ۰/۰۵) را نشان می‌دهد.

مقادیر فلزات سنگین کادمیوم و سرب در برگ گل‌کاغذی در ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵)، اما در مورد میزان روی در برگ گل‌کاغذی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بالاترین و

پایین‌ترین غلظت کادمیوم در برگ گل‌کاغذی در ایستگاه‌های ۷ و ۱۰ (۰/۱۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۶ (۰/۰۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P<۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین غلظت سرب در برگ گل‌کاغذی در ایستگاه‌های ۸ (۰/۱۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۵ (۰/۱۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P<۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین غلظت روی در برگ گل‌کاغذی در ایستگاه‌های ۹ (۱/۸۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۷ (۱/۶۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P>۰/۰۵) (**جدول ۵**).

جدول ۵. غلظت کادمیوم، سرب و روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برگ گل‌کاغذی در ایستگاه‌های شهرستان ماهشهر

ایستگاه ها	کادمیوم	سرب	روی
۱	^{a}۰/۱۰۲±۰/۰۰۹	^{a}۰/۱۶۱±۰/۰۱۲	^{a}۱/۷۷۴±۰/۳۶۱
۲	^{b}۰/۱۰۸±۰/۰۰۳	^{b}۰/۱۵۱±۰/۰۲۲	^{a}۱/۷۵۶±۰/۲۷۶
۳	^{c}۰/۱۱۱±۰/۰۰۴	^{c}۰/۱۵۸±۰/۰۴۱	^{a}۱/۶۶۳±۰/۳۵۶
۴	^{d}۰/۱۰۷±۰/۰۰۱	^{d}۰/۱۵۶±۰/۰۳۲	^{a}۱/۶۴۷±۰/۲۲۷
۵	^{d}۰/۱۰۷±۰/۰۰۱	^{e}۰/۱۱۴±۰/۰۲۱	^{a}۱/۶۷۱±۰/۱۲۷
۶	^{e}۰/۰۹۸±۰/۰۰۳	^{f}۰/۱۲۱±۰/۰۱۲	^{a}۱/۶۴۷±۰/۱۸۹
۷	^{f}۰/۱۱۲±۰/۰۰۵	^{g}۰/۱۶۹±۰/۰۱۴	^{a}۱/۶۱۴±۰/۱۲۵
۸	^{d}۰/۱۰۷±۰/۰۰۱	^{h}۰/۱۷۴±۰/۰۲۵	^{a}۱/۶۲۱±۰/۱۱۵
۹	^{g}۰/۱۱۰±۰/۰۰۲	^{i}۰/۱۶۶±۰/۰۴۳	^{a}۱/۸۷۰±۰/۱۱۰
۱۰	^{f}۰/۱۱۲±۰/۰۰۵	^{g}۰/۱۶۸±۰/۰۵۵	^{a}۱/۷۴۶±۰/۱۱۲
۱۱	^{c}۰/۱۱۱±۰/۰۰۵	^{j}۰/۱۴۸±۰/۰۶۵	^{a}۱/۷۸۶±۰/۳۱۱
۱۲	^{h}۰/۱۰۹±۰/۰۰۴	^{d}۰/۱۵۶±۰/۰۲۳	^{a}۱/۷۱۰±۰/۲۷۹
۱۳	^{c}۰/۱۱۱±۰/۰۰۵	^{k}۰/۱۶۴±۰/۰۳۳	^{a}۱/۶۶۲±۰/۲۸۹

حروف انگلیسی متفاوت (a، b، c و ...) در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ (P= ۰/۰۵) را نشان می‌دهد.

مقایسه‌ی تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد که فلزات سنگین کادمیوم و سرب در برگ دو گیاه برهان‌گلی و گل‌کاغذی در هر ایستگاه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). غلظت کادمیوم، سرب و روی در برگ برهان‌گلی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه شهرستان ماهشهر بالاتر از گل‌کاغذی به دست آمد (P<۰/۰۵)، اما درمورد فلز روی در برگ دو گیاه برهان‌گلی و گل‌کاغذی در هر ایستگاه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد (P>۰/۰۵) (**جدول ۶**).

جدول ۶. مقایسه غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برگ برهان‌گلی با گل‌کاغذی در ایستگاه‌های مورد مطالعه شهرستان ماهشهر

ایستگاه	کادمیوم		سرب		روی	
	برهان‌گلی	گل‌کاغذی	برهان‌گلی	گل‌کاغذی	برهان‌گلی	گل‌کاغذی
۱	^{a}۰/۱۲۲±۰/۰۰۴	^{b}۰/۱۰۲±۰/۰۰۹	^{a}۰/۱۷۵±۰/۰۱۶	^{b}۰/۱۶۱±۰/۰۱۲	^{a}۱/۹۴۱±۰/۱۱۱	^{a}۱/۷۷۴±۰/۳۶۱
۲	^{a}۰/۱۱۸±۰/۰۰۳	^{b}۰/۱۰۸±۰/۰۰۳	^{a}۰/۱۷۲±۰/۰۲۲	^{b}۰/۱۵۱±۰/۰۲۲	^{a}۱/۸۷۷±۰/۱۵۶	^{a}۱/۷۵۶±۰/۲۷۶
۳	^{a}۰/۱۲۳±۰/۰۰۲	^{b}۰/۱۱۱±۰/۰۰۴	^{a}۰/۱۸۸±۰/۰۱۱	^{b}۰/۱۵۸±۰/۰۴۱	^{a}۲/۱۱۱±۰/۲۲۲	^{a}۱/۶۶۳±۰/۳۵۶
۴	^{a}۰/۱۱۹±۰/۰۰۱	^{b}۰/۱۰۷±۰/۰۰۱	^{a}۰/۲۱۸±۰/۰۱۸	^{b}۰/۱۵۶±۰/۰۳۲	^{a}۲/۲۳۳±۰/۱۱۷	^{a}۱/۶۴۷±۰/۲۲۷
۵	^{a}۰/۱۲۴±۰/۰۰۴	^{b}۰/۱۰۷±۰/۰۰۱	^{a}۰/۱۷۶±۰/۰۱۹	^{b}۰/۱۱۴±۰/۰۲۱	^{a}۲/۰۱۴±۰/۱۵۴	^{a}۱/۶۷۱±۰/۱۲۷
۶	^{a}۰/۱۱۹±۰/۰۰۱	^{b}۰/۰۹۸±۰/۰۰۳	^{a}۰/۱۷۹±۰/۰۲۴	^{b}۰/۱۲۱±۰/۰۱۲	^{a}۱/۹۸۷±۰/۱۰۳	^{a}۱/۶۴۷±۰/۱۸۹
۷	^{a}۰/۱۱۷±۰/۰۰۲	^{b}۰/۱۱۲±۰/۰۰۵	^{a}۰/۱۷۶±۰/۰۲۱	^{b}۰/۱۶۹±۰/۰۱۴	^{a}۱/۸۸۲±۰/۱۲۷	^{a}۱/۶۱۴±۰/۱۲۵
۸	^{a}۰/۱۱۹±۰/۰۰۱	^{b}۰/۱۰۷±۰/۰۰۱	^{a}۰/۱۸۹±۰/۰۱۱	^{b}۰/۱۷۴±۰/۰۲۵	^{a}۱/۹۶۵±۰/۱۶۵	^{a}۱/۶۲۱±۰/۱۱۵
۹	^{a}۰/۱۲۲±۰/۰۰۴	^{b}۰/۱۱۰±۰/۰۰۲	^{a}۰/۱۷۹±۰/۰۱۵	^{b}۰/۱۶۶±۰/۰۴۳	^{a}۲/۰۶۴±۰/۱۵۶	^{a}۱/۸۷۰±۰/۱۱۰
۱۰	^{a}۰/۱۲۰±۰/۰۰۲	^{b}۰/۱۱۲±۰/۰۰۵	^{a}۰/۱۹۲±۰/۰۲۹	^{b}۰/۱۶۸±۰/۰۵۵	^{a}۲/۲۱۷±۰/۱۷۸	^{a}۱/۷۴۶±۰/۱۱۲
۱۱	^{a}۰/۱۲۱±۰/۰۰۲	^{b}۰/۱۱۱±۰/۰۰۵	^{a}۰/۱۸۳±۰/۰۲۶	^{b}۰/۱۴۸±۰/۰۶۵	^{a}۱/۸۳۰±۰/۱۱۲	^{a}۱/۷۸۶±۰/۳۱۱

۱۲	^{a}۰/۱۲۲±۰/۰۰۴	^{b}۰/۱۰۹±۰/۰۰۴	^{a}۰/۱۷۸±۰/۰۲۲	^{b}۰/۱۵۶±۰/۰۲۳	^{a}۱/۹۴۰±۰/۱۱۸	^{a}۱/۷۱۰±۰/۲۷۹
۱۳	^{a}۰/۱۱۸±۰/۰۰۲	^{b}۰/۱۱۱±۰/۰۰۵	^{a}۰/۱۹۳±۰/۰۱۲	^{b}۰/۱۶۴±۰/۰۳۳	^{a}۱/۸۹۹±۰/۱۲۷	^{a}۱/۶۶۲±۰/۲۸۹

حروف متفاوت (a، b، c و ...) در هر ردیف فلز اختلاف معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ (P= ۰/۰۵) را نشان می‌دهد.

با توجه به **جدول ۷** و تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها میانگین غلظت کادمیوم (P-value =۰/۰۰۸) و سرب (P-۰/۰۳۵ = value) در برگ گیاه برهان‌گلی بالاتر از گل‌کاغذی به‌دست آمد (P<۰/۰۵). میزان روی در برگ گیاه برهان‌گلی بالاتر از گل‌کاغذی بود (P-value =۰/۸۴۴)، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). هم چنین با توجه به **جدول ۸**، میانگین مربعات و مجموع مربعات اختلاف معنی‌داری در غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب وجود داشت (P<۰/۰۵)، اما در مورد میزان روی در برگ برهان‌گلی و گل‌کاغذی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۷. مقایسه آماری میانگین فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برگ برهان‌گلی و گل‌کاغذی شهرستان ماهشهر

فلزات سنگین	گیاهان	انحراف معیار±میانگین	P-value	Sig
کادمیوم	برهان گلی	۰/۱۲۰±۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	P<0.05
	گل کاغذی	۰/۱۰۸±۰/۰۰۴		
سرب	برهان گلی	۰/۱۸۴±۰/۰۱۲	۰/۰۳۵	P<0.05
	گل کاغذی	۰/۱۵۴±۰/۰۱۷		
روی	برهان گلی	۱/۹۹۶±۰/۱۲۷	۰/۸۴۴	P>0.05
	گل کاغذی	۱/۷۰۵±۰/۰۷۶		

جدول ۸. تحلیل واریانس (ANOVA) فلزات سنگین در برگ برهان‌گلی و گل‌کاغذی

فلزات	پارامتر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F-value	Sig
سرب	میان‌گروهی	۲۱۳۲/۴۳۵۶	۷۶	۲۸/۰۵۸۳	۳۴۲/۲۵۱	۰/۰۳۳
	درون‌گروهی	۲۱۳/۰۰۸	۳۸	۵/۶۰۵۴		
	مجموع	۲۳۴۵/۴۴۳۶	۱۱۴			
کادمیوم	میان‌گروهی	۴۵۴۵/۸۷۹۰	۷۶	۵۹/۸۱۴۱	۱۲۵/۳۰۲	۰/۰۰۲
	درون‌گروهی	۲۳۱/۴۶۵	۳۸	۶/۰۹۱۱		
	مجموع	۴۷۷۷/۳۴۴	۱۱۴			
روی	میان‌گروهی	۹۴۵۶/۴۵۳۲	۷۶	۱۲۴/۴۲۷۰	۴۰۲/۹۰۸	۰/۲۴۵
	درون‌گروهی	۷۴۱/۵۶۴۳	۳۸	۱۹/۵۱۴۸		
	مجموع	۱۰۱۹۸/۰۱۷۵	۱۱۴			

بحث

در این تحقیق دامنه غلظت کادمیوم در برگ گیاه برهان‌گلی ۰/۱۲۴-۰/۱۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین ۰/۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. هم‌چنین در برگ گیاه گل‌کاغذی دامنه‌ی غلظت کادمیوم ۰/۱۱۲-۰/۰۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین ۰/۱۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت نرمال و طبیعی کادمیوم در گیاهان ۲/۴-۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و غلظت بحرانی این فلز برای گیاهان بالاتر از ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۳۰،۳۱). در حقیقت غلظت کم از کادمیوم در گیاهان طبیعی است و سطوح کادمیوم کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بی‌خطر در نظر گرفته می‌شود (۳۲،۳۳). بنابراین با توجه به مقادیر مجاز استاندارد، میزان کادمیوم در برگ گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در محدوده‌ی طبیعی بوده است. میزان کادمیوم در برگ گونه اوکالیپتوس[1] مجاور رودخانه‌ی دجله در شهر سامرا عراق ۳/۰۱ نانوگرم بر گرم

[1]- *Eucalyptus camaldulensis*

(۳۴) و غلظت کادمیوم در برگ گونه‌های درختی آکاسیا، کهور و کُنار در منطقه کهورستان در شمال‌غربی بندرعباس ۲/۶۷، ۲/۵۶ و ۳/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۳۵) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. هم‌چنین در برگ گونه‌های درختی منطقه ماهنشان زنجان مقادیر کادمیوم در دامنه ۰/۳-۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (۳۶). با توجه به تفاوت غلظت کادمیوم در انباشته‌شدن در برگ گیاهان می‌توان چنین بیان کرد که به‌دلیل این‌که کادمیوم نقش زیستی در گیاهان ندارد و باعث کاهش میزان فتوسنتز و افزایش میزان تنفس در گیاه می‌شود (۳۷)، مقادیر مختلفی از این فلز در تحقیقات و مطالعات گزارش شده است (۴۰-۳۸).

در این تحقیق دامنه غلظت سرب در برگ گیاه برهان‌گلی ۰/۱۷۲-۰/۲۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین ۰/۱۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. هم‌چنین در برگ گیاه گل‌کاغذی دامنه غلظت سرب ۰/۱۱۴-۰/۱۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین ۰/۱۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت نرمال و طبیعی سرب در گیاهان ۰/۱-۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۳۰،۳۱). بنابراین با توجه به مقادیر مجاز استاندارد، میزان سرب در برگ گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در محدوده‌ی طبیعی بوده است. سرب یک آلاینده بسیار سمی است که در همه جا در اکوسیستم وجود دارد و مسائل زیست محیطی شدیدی ازجمله خطراتی برای سیستم‌های خاک و گیاه ایجاد می‌کند (۴۱) و حدود ۱۰ درصد از کل آلودگی تولیدشده توسط فلزات سنگین را به‌خود اختصاص می‌دهد. جذب سرب توسط تولیدکنندگان اولیه (گیاهان) بر عملکرد متابولیک، رشد و فعالیت فتوسنتزی آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. تجمع بیش از حد سرب می‌تواند تا ۴۲ درصد کاهش رشد ریشه‌ها را ایجاد کند (۴۲). در مطالعاتی غلظت سرب در سه برگ گونه اکالیپتوس[1]، سدر[2] و کهور[3] شهرستان شوش در دامنه ۹۰-۱۱۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۴۳) گزارش شده است. هم‌چنین در برگ درخت کنار[4] در اهواز میزان سرب ۱۲-۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان شده است که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. همه‌ی گیاهان قادر به جذب فلزات سنگین می‌باشند، اما درختان نقش موثرتری در جذب فلزات موجود در محیط‌های شهری دارند و می‌توانند مناطق مسکونی و مراکز تجمع انسانی را در مقابل اثرات نامطلوب آن‌ها محافظت نمایند (۴۴).

در این تحقیق دامنه‌ی غلظت روی در برگ گیاه برهان‌گلی ۱/۸۳۰-۲/۲۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین ۱/۹۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. هم‌چنین در برگ گیاه گل‌کاغذی دامنه غلظت روی ۱/۶۱۴-۱/۸۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین ۱/۷۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت نرمال و طبیعی روی در گیاهان ۴۰-۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۴۵) و حد بحرانی و خطرناک این فلز در گیاهان بالاتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۳۰،۳۱). بنابراین با توجه به مقادیر مجاز استاندارد، میزان روی در برگ گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در محدوده‌ی طبیعی بوده است. روی یک عنصر ریزمغذی ضروری است که در بسیاری از جنبه‌های رشدونمو گیاهان نقش دارد. مقادیر غیرعادی روی، بیشتر به‌دلیل فعالیت‌های انسانی، می‌تواند برای گیاهان، جانوران و انسان سمی باشد. در گیاهان، روی اضافی باعث اختلالات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می‌شود. برخی از گیاهان توانایی مقاومت در برابر روی و حتی تجمع روی در بافت‌های خود را دارند (۴۶). بالاترین میزان روی در برگ گونه‌های درختی و درختچه‌ای سرو خمره‌ای[5]، نارون[6]، زبان‌گنجشک[7] و برگ نو[8] در چهار منطقه با سطوح ترافیکی مختلف در سطح شهرستان شهرکرد، در درخت برگ نو ۳۲/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۴۷). هم‌چنین غلظت روی در برگ گونه‌های درختی آکاسیا، کهور و کُنار در منطقه کهورستان در شمال‌غربی بندرعباس ۱۹۸/۶۷۹، ۲۰۴ و ۲۲۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۳۵) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. توزیع و انتقال روی در گیاهان تحت‌تأثیر سطح روی و گونه‌های گیاهی است. هنگامی که گیاهان ذخایر روی کم تا کافی دارند، غلظت روی معمولاً در بافت در حال رشد بیشتر از بافت بالغ است. این برای ریشه‌ها، شاخه‌های رویشی و بافت‌های زایشی صادق است. در گیاهان متحمل به سطوح سمی روی، تجمع در قشر ریشه و برگ‌ها مشاهده

[1]- *Eucalyptus microtheca*
[2]- *Ziziphus spina-christi*
[3]- *Prosopis juliflora*
[4]- *Ziziphus spina-christi*
[5]- *Thuja orientalis*
[6]- *Ulmus umbraculifere*
[7]- *Fraxinus rotundifolia*
[8]- *Ligustrum ovalifolium*

شده است. در این بافت‌ها، روی در دیواره‌های سلولی تجمع می‌یابد یا در واکوئل‌ها جدا می‌شود (۴۸).

در این تحقیق بالاترین و پایین‌ترین غلظت کادمیوم در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۵ و ۷ بود ($P<۰/۰۵$). بالاترین و پایین‌ترین غلظت سرب در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۴ و ۲ بود ($P<۰/۰۵$). بالاترین و پایین‌ترین غلظت روی در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۴ و ۱۱ بود ($P>۰/۰۵$). غلظت کادمیوم، سرب و روی در ایستگاه‌های ۴ و ۵ بالاتر از سایر ایستگاه‌ها بود. ایستگاه‌های ۴ و ۵ مورد مطالعه به‌ترتیب بلوار ۱۷ شهریور و خیابان گلستان ۵ می‌باشند که جزء منطقه‌های پرتردد و ترافیک ماهشهر هستند. فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی موجود در برگ گیاهان می‌توانند از فرونشست‌های اتمسفری منشا داشته باشند که در مناطق پرتردد و ترافیک شهری، منابع انسان‌زاد مثل ترافیک، تأسیسات صنعتی، ساختمان‌سازی، فعالیت‌های صنعتی سهم بالایی در آلودگی دارند (۳۰). وجود کارخانه‌های متعدد پتروشیمی در بندر ماهشهر می‌تواند دلیلی بر وجود غلظت فلزات سنگین در برگ گیاهان گل‌کاغذی و برهان‌گلی باشد. هم‌چنین اجزای خودروها و مکانیسم عمل وسایل‌نقلیه مانند اصطکاک و سایش تایر و قطعات فلزی، گریس و مواد روغنی و دود خروجی اگزوز و سوخت فسیلی، فلزات سنگین موجود در گردوغبار شهری مانند سرب، روی و کادمیوم را نیز افزایش می‌دهند (۴۲). مناطق مسکونی و شهری معمولا دارای غلظت‌های بالای روی و سرب هستند. احتمالا فعالیت‌های صنعتی نظیر صنایع پتروشیمی و فلزی در بندر ماهشهر دلیل وجود مقادیر بالای سرب در برگ گیاهان بوده است. هم‌چنین حمل‌ونقل و ترافیک بالا از دیگر دلایل بالا بودن فلز سرب است (۱۳). روی نیز از فرسایش آلیاژهای استفاده‌شده در وسایل‌نقلیه و سایر سطوح و مواد فلزی ناشی می‌شوند (۴۶). شهر ماهشهر به‌دلیل گسترش غیرقابل کنترل بافت شهری، محدودیت شبکه و معابر جاده‌ای، افزایش چشمگیر وسایل نقلیه و استقرار صنایع بزرگ و مادر در منطقه‌ی صنعتی ماهشهر و وجود یک بندر تجاری مهم، می‌توانند سبب آلودگی منابع مختلف شوند، به‌همین دلیل بندر ماهشهر در زمره‌ی شهرهای آلوده‌ی ایران قرار دارد.

در مطالعات مختلف غلظت فلزات سنگین در برگ درختان گونه‌های کهور پاکستانی و کنوکارپوس در شهرستان ماهشهر (۴۹)، گونه‌های درختی شهر یزد (۵۰)، برگ درخت برهان[1] و درختچه کنوکارپوس[2] در فضای سبز شهر اهواز (۵۱)، پوشش گیاهی حاشیه خیابان‌های شهر همدان (۵۲)، درختان اوکالیپتوس[3] و برهان[4] شهرستان شوش (۴۳) و گیاهان زینتی میادین پرتردد مشهد (۵۳) در مناطق پرترافیک و پرتردد شهری بالاتر از سایر مناطق گزارش شده است. ماهشهر یک شهر صنعتی است که به‌دلیل وجود فرصت‌های شغلی، از دیرباز از اقشار و گروه‌های مختلف تشکیل شده است و بسیاری از مردم جویای کار از شهر و روستاهای دور و نزدیک به بندر ماهشهر مهاجرت کرده‌اند و مشغول به‌کار شده‌اند و در این شهر ساکن هستند (۵۴). هم‌چنین پهنه‌بندی تجمع زیستی فلزات سنگین نشان داده جنوب و جنوب‌شرقی شهر ماهشهر به‌دلیل تجمع مراکز صنعتی نیازمند کاشت درختان با سطح مقاوم بالا نسبت به آلودگی فلزات سنگین است (۴۹). از سوی دیگر رابطه‌ی معکوس بین غلظت تجمع‌یافته‌ی عناصر با فاصله از جاده را می‌توان با انتشار آلاینده‌ها از وسایل‌نقیله مرتبط دانست (۵۲).

در این تحقیق غلظت کادمیوم، سرب و روی در برگ برهان‌گلی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه شهرستان ماهشهر بالاتر از گل‌کاغذی به‌دست آمد ($P<۰/۰۵$) و انباشته‌شدن فلزات در دو گونه مورد مطالعه مشخص گردید. برگ‌های گیاه به‌عنوان شاخص‌های زیستی آلودگی فلزات سنگین اهمیت اکولوژیکی زیادی دارند. درختان و درختچه‌های شهری اغلب برای پایش زیستی استفاده می‌شوند (۵۵). مطالعات قبلی نشان داده است که انتقال و انباشت فلزات به‌طور قابل‌توجهی با گونه‌های گیاهی متفاوت است (۵۸-۵۶). در تحقیقی که در هند گزارش شده است که برگ‌های گل کاغذی جادویی[5]، ارجون[6]، فلوس[7] و *Polyalthia longifolia* به‌عنوان یک کاهش‌دهنده‌ی آلودگی ذرات‌معلق در مناطق شهری و صنعتی عمل می‌کند (۵۹). بنابراین وجود گیاهانی مانند گل‌کاغذی در مناطق شهری نه‌تنها برای زیباسازی منظره، بلکه برای کمک به کاهش مشکل آلودگی و هم‌چنین حفظ عملکرد

[1]- *Albizia lebbeck*
[2]- *Conocarpus erectus*
[3]- *Eucalyptus microtheca*
[4]- *Albizia lebbeck*
[5]- *Bougainvillea Mahara*
[6]- *Terminalia arjuna*
[7]- *Cassia fistula*

اکوسیستم‌ها از طریق گرده‌افشانی بسیار مهم است (۵۶)، اما باید توجه داشت که گونه‌های برهان توانایی بیشتری نسبت به گل‌کاغذی برای انباشت فلزات سنگین دارند. به‌عنوان مثال گیاه کاسیا[1] به‌دلیل رشد خوب و تجمع کم فلزات سنگین در شاخساره‌ها، می‌تواند یک گیاه تثبیت‌کننده‌ی گیاهی بالقوه در باطله‌های معدنی با آلودگی بالا به چند فلز باشد (۶۰). در مطالعات دیگر انباشت فلزات سنگین در گونه‌های درختی برهان گزارش شده است (۴۳،۵۱) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. درختان به عنوان موجود زنده باطول عمر طولانی و عنصر اصلی فضای سبز شهری می‌توانند مقدار و شدت تجمع آلاینده‌ها را نشان دهند و در میان اندام‌های مختلف درخت، برگ‌ها نقش مهمی در فعالیت‌های سوخت‌وساز دارند که به‌طور مستقیم تحت تأثیر آلاینده‌های محیطی هستند (۶۱،۶۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر مجاز استاندارد، میزان کادمیوم، سرب و روی در برگ گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در محدوده‌ی طبیعی بوده است. غلظت کادمیوم، سرب و روی در ایستگاه‌های ۴ و ۵ بالاتر از سایر ایستگاه‌ها بود. در این تحقیق غلظت کادمیوم، سرب و روی در برگ برهان‌گلی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه شهرستان ماهشهر بالاتر از گل‌کاغذی به‌دست آمد. با توجه به نتایج چولگی و کشیدگی داده‌های فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ گل‌کاغذی و برهان‌گلی، می‌توان بیان کرد که داده‌ها در توزیع نرمال بودند. نتایج نشان داد بین فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در برگ برهان‌گلی و گل‌کاغذی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود نداشت. در این تحقیق بالاترین و پایین‌ترین غلظت کادمیوم در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۵ و ۷ بود. بالاترین و پایین‌ترین غلظت سرب در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۴ و ۲ بود. بالاترین و پایین‌ترین غلظت روی در برگ برهان‌گلی در ایستگاه‌های ۴ و ۱۱ بود. با توجه به این‌که میزان کادمیوم، سرب و روی در برگ گیاهان برهان‌گلی و گل‌کاغذی در محدوده‌ی طبیعی بوده است، در مقایسه با مقادیر مجاز استاندارد پایین‌تر می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که غلظت فلزات سنگین در ریشه و ساقه دو گونه‌ی برهان‌گلی و گل‌کاغذی و ارتباط غلظت فلزات سنگین در اندام‌های هوایی و زمینی دو گونه‌ی برهان‌گلی و گل‌کاغذی مطالعه شوند. هم‌چنین ارتباط غلظت فلزات سنگین در اندام‌های هوایی و زمینی دو گونه برهان‌گلی و گل‌کاغذی با مقادیر فلزات سنگین در خاک و آب بررسی شوند. غلظت فلزات سنگین آرسنیک، مس، کروم، نیکل و جیوه در خاک و درختان بندر ماهشهر بررسی گردند.

تشکر و قدردانی: این مقاله از بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی محیط‌زیست دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی (کد پایان‌نامه ۱۰۶۳۲۹۵۱۷۵۴۱۹۴۵۷۵۶۰۲۲۱۶۲۸۹۲۸۰۲) مربوط به دانشگاه آزاداسلامی واحد اهواز استخراج شده است. نویسندگان مقاله، تشکر و قدردانی خود را در راستای انجام این تحقیق از مدیریت و معاونت پژوهشی و همکاران محترم این دانشگاه اعلام می‌نمایند.

تعارض منافع: نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع با یکدیگر ندارند.

حمایت مالی: نویسندگان مقاله اعلام می‌نمایند که این تحقیق پشتیبان مالی نداشته است.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان کلیه 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.

سهم نویسندگان: نویسندگان مقاله خانم آزیتا کوشافر، آقای سینا عطاروشن و خانم زهرا خزائی در مراحل مختلف انجام پژوهش شامل طراحی و ایده، نمونه‌برداری، عملیات آزمایشگاهی و نگارش مقاله همکاری متقابل داشتند.

منابع

1. Narendrula-Kotha, R., Theriault, G., Mehes-Smith, M., Kalubi, K. and Nkongolo, K., 2020. Metal toxicity and resistance in plants and microorganisms in terrestrial ecosystems. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 249: 1-27.

[1]- *Cassia alata*

https://doi.org/10.1007/398_2018_22 PMid:30725190
2. Uchimiya, M., Bannon, D., Nakanishi, H., McBride, M.B., Williams, M.A. and Yoshihara, T., 2020. Chemical speciation, plant uptake, and toxicity of heavy metals in agricultural soils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(46):12856-12869. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00183 PMid:32155055
3. Xu, J., Liu, C., Hsu, P.C., Zhao, J., Wu, T., Tang, J., Liu, K. and Cui, Y., 2019. Remediation of heavy metal contaminated soil by asymmetrical alternating current electrochemistry. Nature communications, 10(1): 2440. https://doi.org/10.1038/s41467-019-10472-x PMid:31164649 PMCid:PMC6547649
4. Rastegari Mehr, M., Shakeri, A., Amjadian, K., Khalilzadeh Poshtegal, M. and Sharifi, R., 2021. Bioavailability, distribution and health risk assessment of arsenic and heavy metals (HMs) in agricultural soils of Kermanshah Province, west of Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 19: 107-120. https://doi.org/10.1007/s40201-020-00585-7 PMid:34150222 PMCid:PMC8172719
5. Okpara, E.C., Fayemi, O.E., Wojuola, O.B., Onwudiwe, D.C. and Ebenso, E.E., 2022. Electrochemical detection of selected heavy metals in water: a case study of African experiences. RSC advances, 12(40): 26319-26361. https://doi.org/10.1039/D2RA02733J PMid:36275116 PMCid:PMC9475415
6. Srivastava, N.K. and Majumder, C.B., 2008. Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. Journal of hazardous materials, 151(1): 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.101 PMid:17997034
7. Angulo-Bejarano, P.I., Puente-Rivera, J. and Cruz-Ortega, R., 2021. Metal and metalloid toxicity in plants: An overview on molecular aspects. Plants, 10(4): 635. https://doi.org/10.3390/plants10040635 PMid:33801570 PMCid:PMC8066251
8. Fryzova, R., Pohanka, M., Martinkova, P., Cihlarova, H., Brtnicky, M., Hladky, J. and Kynicky, J., 2018. Oxidative stress and heavy metals in plants. Reviews of environmental contamination and toxicology volume 245: 129-156. https://doi.org/10.1007/398_2017_7 PMid:29032515
9. Reeves, R.D., 1999. Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment. (No Title), p.193.
10. Reeves, R.D., Baker, A.J., Jaffre, T., Erskine, P.D., Echevarria, G. and van Der Ent, A., 2018. A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloid trace elements. New Phytologist, 218(2): 407-411. https://doi.org/10.1111/nph.14907 PMid:29139134
11. Yang, D., Chu, Z., Zheng, R., Wei, W., Feng, X., Zhang, J., Li, C., Zhang, Z. and Chen, H., 2021. Remediation of Cu-polluted soil with analcime synthesized from engineering abandoned soils through green chemistry approaches. Journal of Hazardous Materials, 406: 124673. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124673 PMid:33310322
12. Zheng, R., Feng, X., Zou, W., Wang, R., Yang, D., Wei, W., Li, S. and Chen, H., 2021. Converting loess into zeolite for heavy metal polluted soil remediation based on "soil for soil-remediation" strategy. Journal of Hazardous Materials, 412: 125199. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125199 PMid:33556854
13. Rahman, Z. and Singh, V.P., 2019. The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: an overview. Environmental monitoring and assessment, 191: 1-21. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7528-7 PMid:31177337
14. Von Uexkull, H.R. and Mutert, E., 1995. Global extent, development and

economic impact of acid soils. Plant and soil, 171: 1-15. https://doi.org/10.1007/BF00009558
15. Velusamy, S., Roy, A., Sundaram, S. and Kumar Mallick, T., 2021. A review on heavy metal ions and containing dyes removal through graphene oxide-based adsorption strategies for textile wastewater treatment. The Chemical Record, 21(7), pp.1570-1610. https://doi.org/10.1002/tcr.202000153 PMid:33539046
16. Carolin, C.F., Kumar, P.S., Saravanan, A., Joshiba, G.J. and Naushad, M., 2017. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. Journal of environmental chemical engineering, 5(3): 2782-2799. https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029
17. Ali, F., Kazi, T.G., Afridi, H.I. and Baig, J.A., 2018. Exposure of cadmium via smoking and drinking water on zinc levels of biological samples of malnutrition pregnant women: A prospective cohort study. Environmental toxicology and pharmacology, 63: 48-54. https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.013 PMid:30145445
18. Garcia-Leston, J., Mendez, J., Pasaro, E. and Laffon, B., 2010. Genotoxic effects of lead: an updated review. Environment international, 36(6): 623-636. https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.04.011 PMid:20466424
19. Assi, M.A., Hezmee, M.N.M., Sabri, M.Y.M. and Rajion, M.A., 2016. The detrimental effects of lead on human and animal health. Veterinary world, 9(6): 660. https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.660-671 PMid:27397992 PMCid:PMC4937060
20. Carocci, A., Catalano, A., Lauria, G., Sinicropi, M.S. and Genchi, G., 2016. Lead toxicity, antioxidant defense and environment. Reviews of environmental contamination and toxicology, pp.45-67.https://doi.org/10.1007/398_2015_5003 PMid:26670034
21. Levin, R., Vieira, C.L.Z., Rosenbaum, M.H., Bischoff, K., Mordarski, D.C. and Brown, M.J., 2021. The urban lead (Pb) burden in humans, animals and the natural environment. Environmental research, 193: 110377.https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110377 PMid:33129862 PMCid:PMC8812512
22. Frassinetti, S., Bronzetti, G.L., Caltavuturo, L., Cini, M. and Della Croce, C., 2006. The role of zinc in life: a review. Journal of environmental pathology, toxicology and oncology, 25(3). https://doi.org/10.1615/JEnvironPatholToxicolOncol.v25.i3.40 PMid:17073562
23. Alengebawy, A., Abdelkhalek, S.T., Qureshi, S.R. and Wang, M.Q., 2021. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. Toxics, 9(3): 42. https://doi.org/10.3390/toxics9030042 PMid:33668829 PMCid:PMC7996329
24. Sharma, R.K. and Agrawal, M., 2005. Biological effects of heavy metals: an overview. Journal of environmental Biology, 26(2): 301-313.
25. Sahoo, J.K., Somu, P., Narayanasamy, S., Sahoo, S.K., Lee, Y.R., Baalakrishnan, D.R., NV, R.R. and Rajendiran, S., 2022. Heavy metal ions and dyes removal from aqueous solution using aloevera-based biosorbent: A systematic review. Environmental Research, 216(Pt 4): 114669-114669. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114669 PMid:36404520
26. Ornelas Garcia, I.G., Guerrero Barrera, A.L., Avelar Gonzalez, F.J., Chavez Vela, N.A. and Gutierrez Montiel, D., 2023. Bougainvillea glabra Choisy (Nyctinaginacea): review of phytochemistry and antimicrobial potential. Frontiers in Chemistry, 11: 1276514. https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1276514 PMid:37927559 PMCid:PMC10620508
27. Alemayehu, G., Abegaz, B., Snatzke, G. and Duddeck, H., 1988. Bianthraquinones and a spermidine

alkaloid from Cassia floribunda. Phytochemistry, 27(10): 3255-3258. https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)80037-2
28. Oladeji, O.S., Adelowo, F.E. and Oluyori, A.P., 2021. The genus Senna (Fabaceae): A review on its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology. South African Journal of Botany, 138: 1-32. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.11.017
29. Carter, S., Fisher, A., Gibson, B., Marshall, J., Russell, B. and Whiteside, I., 2017. Atomic spectrometry update: review of advances in the analysis of metals, chemicals and materials. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 32(11): 2068-2117. https://doi.org/10.1039/C7JA90046E
30. Alloway, B. J. 1995. Heavy metal in soil. New York: John Wiley and sons. Inc; 2001. P.20-28.
31. Kabata-Pendias A, Pendias H. 2011. Trace elements in soils and plants: CRC press Boca Raton. https://doi.org/10.1201/b10158
32. Mulenga, C., Phiri, D., Ortega-Rodriguez, D.R. and Meincken, M., 2023. Bioaccumulation of potentially toxic elements by indigenous and exotic trees growing around a copper leaching plant in Mufulira, Zambia. Environmental Systems Research, 12(1): 26. https://doi.org/10.1186/s40068-023-00310-x
33. Sun, S., Zuo, J., Jiang, W., Liu, D., and Li, M. 2015. Cadmium effects on mineral accumulation, antioxidant defence system and gas exchange in cucumber. Zemdirbyste Agriculture, 102: 193-200. https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.025
34. Ati, E.M., Jazar, Z.H., Ajmi, R.N. and Latif, A.S., 2023. Indication Cadmium in leaf Eucalyptus camaldulensis plant at Samarra city/Iraq. Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences, 14: 11-14.
35. Mirdadi, M. and Nohegar, A., 2022. Investigating the Effect of Air Pollution on the Accumulation of Heavy Metals in Plant Species in Arid and Desert Areas (Case Study: Acacia, Prosopis and Ziziphus C, in Kahouristan, Hormozgan Province). Environmental Erosion Research Journal, 12(2), pp.1-18. [In Persian].
36. Fakhri, A., Valadan Zoej, M.J., Safdarinezhad, A. and Yavari, P., 2022. Estimation of heavy metal concentrations (Cd and Pb) in plant leaves using optimal spectral indicators and artificial neural networks. Environmental Science and Pollution Research, 29(50): 76119-76134. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21216-8 PMid:35666414
37. Demirezen, D. and Aksoy, A., 2004. Accumulation of heavy metal in Typha angustifolia (L) and Potamogeton pectinatus(L) living in Sultan Marsh (Kayseri and Turkey). Chemosphere, 56: 685-696. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.04.011 PMid:15234165
38. Balestrasse, K.B., Benavides, M.P., Gallego, S.M. and Tomaro, M.L., 2003. Effect of cadmium stress on nitrogen metabolism in nodules and roots of soybean plants. Functional plant biology, 30(1): 57-64. https://doi.org/10.1071/FP02074 PMid:32688992
39. Mohanpuria, P., Rana, N.K. and Yadav, S.K., 2007. Cadmium induced oxidative stress influence on glutathione metabolic genes of Camellia sinensis (L.) O. Kuntze. Environmental Toxicology: An International Journal, 22(4): 368-374. https://doi.org/10.1002/tox.20273 PMid:17607728
40. Ahmad, I., Akhtar, M.J., Zahir, Z.A. and Jamil, A., 2012. Effect of cadmium on seed germination and seedling growth of four wheat (Triticum aestivum L.) cultivars. Pak. J. Bot, 44(5): 1569-1574.
41. 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): e27724.

https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27724 PMid:38500979 PMCid:PMC10945279
42. 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. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects in plants: A review. Journal of Hazardous Materials Letters, 3: 100064. https://doi.org/10.1016/j.hazl.2022.100064
43. 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].
44. 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].
45. Kaur, H. and Garg, N., 2021. Zinc toxicity in plants: a review. Planta, 253(6): 129. https://doi.org/10.1007/s00425-021-03642-z PMid:34043068
46. Balafrej, H., Bogusz, D., Triqui, Z.E.A., Guedira, A., Bendaou, N., Smouni, A. and Fahr, M., 2020. Zinc hyperaccumulation in plants: A review. Plants, 9(5): 562. https://doi.org/10.3390/plants9050562 PMid:32365483 PMCid:PMC7284839
47. Mostafavi, F., Bahmani, M., Zamani, A.R., and Jafari, A., 2022. Potential uptake of heavy metals by some tree and shrub species used in Shahrekord landscape. Journal of Environmental Science and Technology, 22 (4): 135-148. [In Persian].
48. Liu, D.Y., Liu, Y.M., Zhang, W., Chen, X.P. and Zou, C.Q., 2019. Zinc uptake, translocation and remobilization in winter wheat as affected by soil application of Zn fertilizer. Frontiers in Plant Science, 10: 426. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00426 PMid:31057568 PMCid:PMC6477674
49. 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].
50. Nazari Alamdarloo, B., Mosleh Arany, A., Shojaee Barjoee, S., Azimzadeh, H., and Kiani B. 2020. Air pollution tolerance index and heavy metals (Pb and Cd) bioaccumulation in selected plant species (trees, shrubs and herbs) in high-traffic areas of Yazd city Iranian Journal of Health and Environment, 13 (2): 299-318. [In Persian].
51. 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].
52. Lorestani, B., Cheraghi, M. and Soheil, S.A., 2023. Effect of traffic density on heavy metal content of soils and vegetation cover along roadsides, case study: City of Hamedan. Journal of Environmental Health Enginering, 10(2), pp.100-113. [In Persian]. https://doi.org/10.61186/jehe.10.2.100
53. Khoramnejadian, S. and Omrani, M., 2023. Identifying and measuring the amount of heavy metals in soil and ornamental plants in high-traffic squares of Mashhad (Case study: Squares of Revolution, Anti, Flake Ab, Taghi Abad). Journal of Environmental Science Studies, 8(1), pp.6119-6126. [In Persian].
54. Ghasemphour, A., Arbabi, A., Ebadati, N., Adibi, F., Rostam pishe, M. 2023. Analysis and explanation sprawl in industrial cities (Case study: Bandar Mahshahr). Applied Research Journal of Geographical Science, 23 (69) : 479-496. [In Persian].
55. Hu, Y., Wang, D., Wei, L., Zhang, X. and Song, B., 2014. Bioaccumulation of

heavy metals in plant leaves from Yanʹ an city of the Loess Plateau, China. Ecotoxicology and environmental safety, 110, pp.82-88. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.08.021 PMid:25199586

56. Brooks RR, Chambers MF, Nicks LJ, Robinson BH. 1998. Phytomining. Trends in Plant Science, 3: 359-362. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01283-7

57. Carrier, P., Baryla, A. and Havaux, M., 2003. Cadmium distribution and microlocalization in oilseed rape (Brassica napus) after long-term growth on cadmium-contaminated soil. Planta, 216: 939-950. https://doi.org/10.1007/s00425-002-0947-6 PMid:12687361

58. Cosio, C, Martinoia, E. and Keller, C. 2004. Hyperaccumulation of cadmium and zinc in Thlaspi caerulescens and Arabidopsis halleri at the leaf cellular level. Plant Physiology, 134: 716-725. https://doi.org/10.1104/pp.103.031948 PMid:14730081 PMCid:PMC344547

59. Kulshreshtha K., Rai A., Mohanty C.S., Roy R.K. and Sharma S. 2009. Particulate pollution mitigating ability of some plant species. International Journal of Environmental Research, 3 (1): 137-142.

60. Huang, L., Li, Y., Zhao, M., Chao, Y., Qiu, R., Yang, Y. and Wang, S., 2018. Potential of Cassia alata L. coupled with biochar for heavy metal stabilization in multi-metal mine tailings. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(3): 494. https://doi.org/10.3390/ijerph15030494 PMid:29534505 PMCid:PMC5877039

61. Chaplygin, V., Mandzhieva, S., Litvinov, Y., Kravtsova, N., Sherstnev, A., Chernikova, N. and Deryabkina, I., 2020. Zinc and cadmium accumulation in different parts of wild plants of the Asteraceae family and Triticum aestivum. E3S Web of Conferences, 169: 0-5. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016901003

62. Matakala, N., Chirwa, P.W., Mwamba, T.M. and Syampungani, S., 2023. Species richness and phytoremediation potential of mine wastelands-native trees across the Zambian Copperbelt Region. Heliyon, 9(3): e13585. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13585 PMid:36879977 PMCid:PMC9984791