مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۴۰۲، سال ۱۱، شماره ۲ : ۱۳۰-۱۴۵

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین با استفاده از نشانگرهای زیستی درختان کهور (*Prosopis juliflora*) و نخل (*Phoenix dactylifera*) اطراف کارخانه فولاد شادگان

سید علیرضا کلبتی[۱]، مریم محمدی روزبهانی[۲*]، سینا عطار روشن[۳]

۱،۲،۳. گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۹

چکیده

زمینه و هدف: درختان یکی از شاخص‌های زیستی مناسب در مناطق صنعتی و کارخانه‌ها هستند که با استفاده از پایش آن‌ها می‌توان وضعیت آلودگی فلزات سنگین منابع خاک را تعیین کرد. این تحقیق با هدف پایش زیستی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و آهن با استفاده از نشانگرهای زیستی گیاهی کهور (*Prosopis juliflora*) و نخل (*Phoenix dactylifera*) در کارخانه فولاد شادگان انجام شد.

مواد و روش ها: با توجه به موقعیت جغرافیایی کارخانه تعداد ٤ ایستگاه انتخاب شد که ٢٤ نمونه خاک و ۷۲ نمونه برگ به صورت تصادفی با ۳ تکرار، از ٤ جهت مختلف جغرافیایی جمع‌آوری شد. به منظور بررسی انباشت زیستی فلزات در برگ درختان از ضریب تجمع زیستی استفاده گردید.

یافته ها: نتایج تحلیل واریانس (ANOVA) نشان می دهد تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های خاک، درخت نخل و کهور برای غلظت فلزات سرب، کادمیوم، نیکل و آهن وجود داشت ($P<0.05$). بیشترین غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه ۱ به ترتیب در نخل شسته نشده، نخل شسته شده، کهور شسته نشده و کهور شسته شده بود. در ایستگاه ۲ و ٤ غلظت فلزات کادمیوم، آهن و نیکل در نخل شسته نشده بیش از شسته شده می باشد و تنها فلز سرب در نخل شسته شده دارای غلظتی بیش از نخل شسته نشده می باشد. در ایستگاه ۳ در گیاه کهور نیز غلظت فلزات کادمیوم، آهن و نیکل در نمونه های شسته نشده بیشتر از برگ شسته شده بود، فقط غلظت فلز سرب در گیاه شسته شده بیش از کهور شسته نشده به دست آمد.

نتیجه گیری: غلظت فلزات سنگین در نمونه های خاک نسبت به برگ درختان نخل و کهور بالاتر به دست آمد، بنابراین با توجه به اینکه جذب از طریق خاک کم بوده احتمال ورود آلاینده ها از طریق نزولات خشک اتمسفری وجود دارد. به نظر می رسد کشت گیاه نخل و کهور در صنعت فولاد پتانسیل‌هایی دارد که می‌تواند به بهبود کیفیت خاک و پالایش آن کمک کند.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، نشانگرهای زیستی، گیاه پالایی، درخت کهور، درخت نخل

* گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
نویسنده مسئول: Mmohammadiroozbahani@yahoo.com ، شماره تماس: ۰۹۱۶۱۶۲۳۵۶۴

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

مقدمه

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌های محیط‌زیست می‌باشند که به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاص خطرات مهمی نظیر سمیت، پایداری، انباشت زیستی و بزرگنمایی زیستی دارند[1]. فلزات سنگین به‌دلیل عدم تجزیه زیستی ممکن است توسط بافت‌های موجودات زنده و گیاهان جذب شده و در نتیجه چرخه طولانی را آغاز کرده و صدمات جبران‌ناپذیری را بر گیاهان، جانوران و انسان وارد کنند[2]. فلزات سنگین در پوسته زمین وجود دارند و تراز طبیعی آن‌ها به نوع مواد مادری طبیعی خاک و فرآیندهای تشکیل خاک بستگی دارد. الگوی توزیع فلزات سنگین در خاک به دو منبع طبیعی و فعالیت‌های انسانی وابسته می‌باشد. اثرات انسان‌ساخت ورود فلزات سنگین به محیط‌زیست شامل فعالیت‌های صنایع و کشاورزی، دفن پسماند و پساب‌های شهری و حمل و نقل هستند[3,4].

خاک و گیاهان دو بخش اساسی محیط‌زیست انسان به شمار می‌روند. این دو قسمت به‌طور مستقیم در ارتباط با یکدیگر بوده و هر گونه اختلال در سیستم طبیعی خاک منجر به عدم رشد طبیعی گیاهان خواهد شد[5]. درخصوص آلوده شدن منابع گیاهی از طریق صنعت فولاد بیشترین خطر آلودگی مربوط به خروج فلزات سنگین به صورت گرد و غبار از واحدهای مختلف تولید و جذب این عناصر به‌طور مستقیم توسط گیاه یا ورود این عناصر به منابع خاک منطقه و در نهایت ورود به ریشه گیاهان می باشد[6]. به این ترتیب انباشته شدن فلزات سنگین جذب شده در اندام‌های گیاهان در غلظت هایی بیش از حد استاندارد منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه و آلوده شدن زنجیره غذایی و به مخاطره افتادن سلامت جوامع انسانی می گردد[7].

فلزات سنگین سلامت انسان را به مخاطره می اندازند و به‌دلیل تاثیرات مخرب بهداشتی و محیطی همواره مورد توجه پژوهشگران و کارشناسان محیط‌زیست بوده‌اند و از آلاینده‌های اصلی محیط‌زیست به شمار می‌روند[2]. کادمیم عنصری غیرضروری برای بدن است که از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده اتمسفری ناشی از کارخانجات صنعتی، پساب مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود کشاورزی، وارد بوم سامانه می‌شود[8]. نگرانی های زیست‌محیطی درمورد فلز کادمیوم به دلیل سمیت بالا فراوان بوده و حتی مقادیر کم آن نیز مضر است[9]. سرب فلز سمی که به پیوندهای عصبی آسیب رسانده و موجب بیماری‌های خونی و مغزی می‌شود[5]. تماس طولانی با این فلز می‌تواند باعث بیماری‌های کلیه و دردهای شکمی شود. علائم مسمومیت با سرب شامل دل درد، سردرد، خستگی، بی‌قراری و بی‌اشتهایی، استفراغ، تشنج و اغما، کاهش قدرت یادگیری و حافظه، اختلالات رفتاری، لرزش، قولنج روده ای، درد عضلانی، افزایش فشار خون، کم خونی، کاهش تعداد اسپرم و ناباروری است[10,11]. نیکل به‌طور گسترده در بیوسفر وجود دارد و از نظر فراوانی در پوسته زمین بیست و چهارمین عنصر نسبت به عناصر دیگر می‌باشد[11]. نیکل در محیط بیشتر در خاک و رسوب به همراه ذراتی که حاوی آهن یا منگنز هستند، وجود دارد[12]. تنفس هوا با دود سیگار و دخانیات، خوردن مواد غذایی و آب حاوی نیکل و تماس با سکه‌ها و فلزات حاوی نیکل، منابع اصلی آلودگی انسان با این فلز هستند[13].

روش های فیزیکی و شیمیایی مختلفی جهت حذف فلزات سنگین از محیط توسعه یافته‌اند که استفاده از برخی از آن‌ها به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد و از طرف دیگر به لحاظ اکولوژیکی اثرات منفی بر روی ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد[10]. استفاده از موجودات زنده به عنوان راهکارهای بیولوژیکی موثر در حذف فلزات سنگین از محیط، از آن جهت که دوستدار محیط‌زیست بوده، کمترین هزینه را به لحاظ اقتصادی دارد و در سال های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است که به این روش‌ها زیست‌پالایی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

گفته می شود. چنانچه از گیاهان برای پاکسازی محیط استفاده گردد، به روش مذکور گیاه‌پالایی[1] می‌گویند[14،15]. گیاهان جهت رشد در خاک های آلوده به فلز سنگین از سه راهکار استفاده می‌نمایند، گونه های اجتناب کننده[2] که غلظت عنصر در بخش هوایی، حتی در غلظت های بالای آن در خاک، در مقادیر پایینی نگه داشته می شود، گونه های شاخص[3] یا متحمل که میزان فلزات سنگین در گیاه با غلظت عناصر مذکور در خاک یکسان است و گونه‌های تجمع دهنده[4] که قادر به تغلیظ فلز در بخش هوایی خود، بیش از غلظت عنصر در خاک می‌باشند. گیاهان بیش اندوز[5] زیر گروهی از گیاهان تجمع دهنده هستند که می توانند در خاک های آلوده به فلزات، بدون بروز علائم سمیت، چرخه زندگی خود را تکمیل نماید[16،17]. بررسی فلزات سنگین در برخی گونه های درختی اطراف کارخانه سیمان نهاوند گزارش شده است که با توجه معنی‌دار بودن اثر فاصله و نوع گونه و همچنین ارتباط بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با تجمع فلزات سنگین در برگ گیاه، این فاکتورها به هنگام طراحی و کاشت سیستم‌های کنترل آلودگی فلزات سنگین در نواحی آلوده بایستی مدنظر قرار گیرند و به‌دلیل قابلیت بالای گونه سنجد[6] در تجمع فلزات سنگین این‌گونه جهت کنترل آلودگی در مناطق آلوده به چندین فلز سنگین پیشنهاد می شود[18]. در یک مطالعه در مجاورت کارخانه فولاد در استان خوزستان گزارش شده است که برگ گونه‌های سدر و کهور[7] از قابلیت تجمع و انباشت کادمیوم، سرب و آهن برخوردار بوده و می‌توان از آن‌ها در مناطق آلوده صنعتی و شهری به‌عنوان گونه بیش اندوز در برداشت و استخرج گیاهی[8] بهره برد[6]. غلظت فلزات در پوشش گیاهی درختان او کالیپتوس[9]، کنوکارپوس[10] و گیاه علفی[11] اطراف مناطق صنایع تولید فولاد در جنوب شرق شهر اهواز از حد آستانه تعریف شده برای گیاهان بیش تجمع دهنده کمتر است، با این حال تصور می شود که گونه‌های گیاهی انتخاب شده توانایی تجمع و انباشت فلزات مطالعه شده را در بخش هوایی خود دارند[19]. در مطالعات دیگری بر روی برگ درخت برهان[12] و درختچه کنوکارپوس[13] گزارش شده است که که کنوکارپوس دارای قابلیت بیشتری در جذب نیکل نسبت به برهان است و می توانند فلز نیکل و کادمیوم از خاک را استخراج کنند[20،21]. در پژوهشی تجمع فلزات سنگین آهن، منگنز، سرب و کادمیوم در برگ گونه‌ی بومی کنار[14] در کارخانه فولاد اکسین خوزستان نشان داد که درختان کنار تنها قادر به جذب کادمیوم با ضریب بیشتر از یک از خاک هستند و استفاده از این درختان در مناطقی مانند خوزستان یا مناطقی با شرایط اقلیمی و خاکی مشابه که آلودگی کادمیوم وجود دارد، با توجه به ملاحظات محیط‌زیستی لازم باشد[22]. همچنین بیشترین مقدار جذب سرب در گیاه ختمی[15] در برگ ۴۷/۸۲ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است و این گیاه دارای توانایی بالایی در تجمع عنصر سرب را در برگ و ریشه خود دارد، بنابراین گیاه ختمی می تواند جاذب خوبی برای سرب باشد[23].

این تحقیق با هدف پایش زیستی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و آهن با استفاده از نشانگرهای زیستی گیاهی کهور و نخل در کارخانه فولاد شادگان انجام شد.

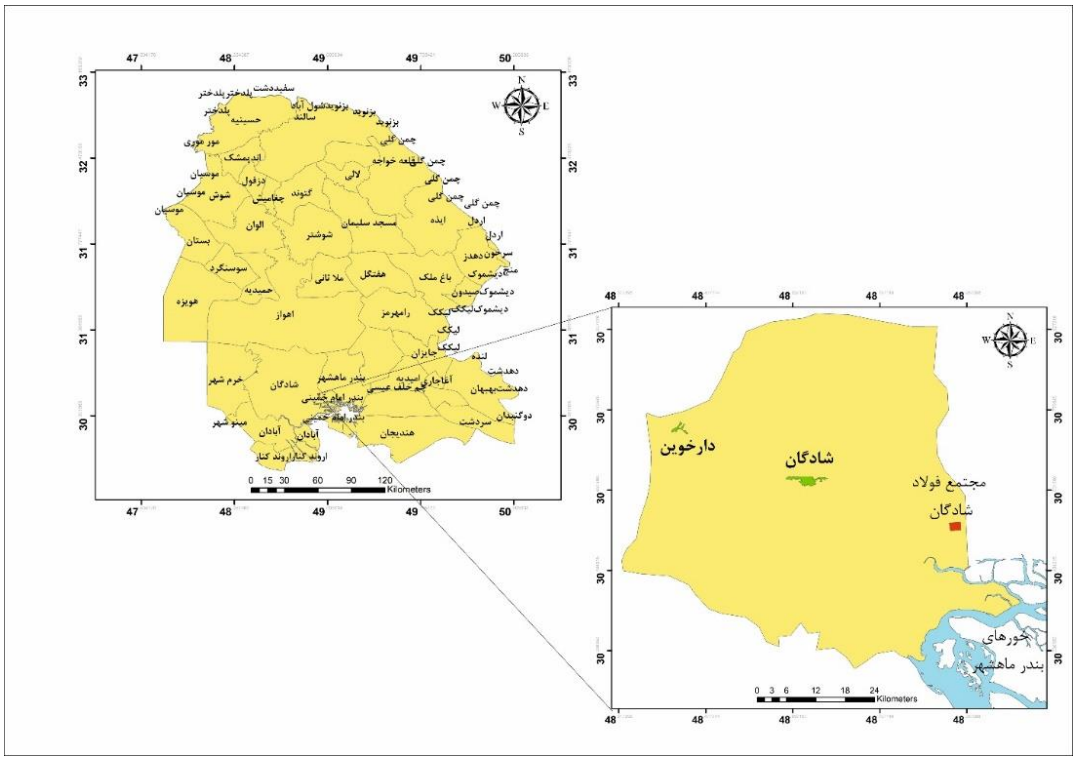
[1]- *Ziziphus spina-christi*
[2]- *Prosopis cineraria*
[3]- *Phytoextraction*
[4]- *Eucalyptus camaldulensis*
[5]- *Conocarpus erectus*
[6]- *Taraxacum kotschyi*
[7]- *Conocarpus erectus*
[8]- *Ziziphus spina-christi*
[9]- *Althea officinalis*
[10]- *Prosopis juliflora*
[11]- *Phoenix dactylifera*

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شادگان شهری است در جنوب غربی ایران که در بخش‌های جلگه ای استان خوزستان واقع شده است. شهرستان شادگان از شمال به شهرستان اهواز، از شرق به بندر ماهشهر و بندر امام از غرب به شهرستان های خرمشهر، آبادان و از جنوب به خلیج فارس و خورهای ماهشهر محدود می‌گردد. کارخانه فولاد شادگان یکی از هشت طرح مطالعات جامع فولاد کشور در راستای توسعه اشتغال در منطقه محروم شادگان در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی این شهرستان (شکل ۱). در سال ۱۳۸۲ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. افزایش چند برابری تولید و راه اندازی فاز دوم کارخانه فولادسازی که به دنبال تولید بیلت، با ظرفیت ۸۰۰ هزار تن است، چشم انداز دیگر شرکت فولاد شادگان برای امسال و سال ۱۴۰۱ است. فعالیت اصلی فولاد شادگان در حال حاضر تولید آهن اسفنجی می باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی کارخانه فولاد شادگان

نمونه‌برداری

برای تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری ابتدا نقشه جامع شرکت فولاد شادگان، مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله مطالعه میدانی با توجه به موقعیت جغرافیایی شرکت، تعداد ٤ ایستگاه در محدوده مطالعاتی انتخاب شد. سپس با استفاده از دستگاه GPS مکان دقیق نمونه برداری از نظر طول و عرض جغرافیایی منطقه تعیین و یادداشت گردید. نمونه برداری به صورت تصادفی با توجه به گلباد منطقه و در چهار جهت جغرافیایی از هر درخت صورت گرفت. جهت نمونه برداری از گیاهان درختی موجود در ایستگاه ها، برگ‌ها از ٤ جهت مختلف با استفاده از قیچی باغبانی برداشت و از هر درخت با ۳ تکرار نمونه برداری انجام گرفت و جهت انتقال به آزمایشگاه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

در کیسه های کاغذی قرار داده شد. با توجه به موقعیت جغرافیایی ۲٤ نمونه خاک و ۷۲ نمونه برگ جمع آوری گردید.

سنجش فلزات

برای آماده‌سازی نمونه های گیاه ابتدا نیمی از برگ های جمع آوری شده در هر ایستگاه با استفاده از آب مقطر دی یونیزه مورد شستشو قرار گرفت. سپس در پاکت های کاغذی و درون دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ٤۸ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند پس از خشک شدن نمونه ها توسط هاون چینی و آسیاب برقی برگ ها را به شکل پودر در آورده و پس از غربال کردن با استفاده از الک ٦۳ میکرون، ۱ گرم از گیاه پودر شده با استفاده از ترازو با دقت چهار رقم اعشار توزین شدند[۲٤]. برای هضم شیمیایی، برگ درختان به مدت ٤۸ ساعت در دستگاه آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و سپس توسط آسیاب پودر شده و از الک ٦۳ هزار میکرون عبور داده شدند. برای هضم نمونه های گیاه، ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده گیاه به ارلن CC ۱۰۰ منتقل و سپس توسط پیپت CC ۵ اسید نیتریک غلیظ به هر کدام از نمونه‌ها اضافه شده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن ها به مدت ۲٤ ساعت زیر هود قرار گرفت. سپس ارلن ها را بر روی هیتر با دمای ۸۰ الی ۹۰ درجه سانتی گراد در زیر هود قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز تا بخار خرمایی رنگی از تمامی نمونه‌ها متصاعد شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه مقدار CC ۲ آب اکسیژنه ۳۰ درصد به هر یک از ارلن ها اضافه و آن‌ها به صورت دورانی تکان داده شدند و دوباره روی هیتر گذاشته و عمل حرارت دادن شدیدتر شده و هر ۱۵ دقیقه با کم شدن حجم محلول باید مجددا CC ۲ آب اکسیژنه ۳۰ درصد به آن افزوه شود تا زمانی که محلول به رنگ زرد کم رنگ و یا بی رنگ شد و در این مرحله اکسیداسیون مواد گیاهی به اتمام رسید. این عمل تا زمانی ادامه یافت که حجم نمونه به ۲ الی CC ۳ کاهش یافته و نمونه کاملاً بی رنگ شد. پس از بی رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن پس از خنک شدن ظرف، سپس مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و با عبور از کاغذ صافی واتمن ٤۰ با استفاده از قیف محلول را به درون بالون ژوژه CC ۵۰ که از قبل اسیدشویی شده است ریخته و با اسید نیتریک ۱۰٪ آن را به حجم CC ۵۰ رسانده، سپس آن را به ظرف پلی اتیلنی درب دار منتقل کرده تا میزان نیکل، آهن کادمیوم و سرب موجود در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردد[۲۵].

برای آماده سازی نمونه های خاک ابتدا خاک ها را در ظرف های شیشه ای مخصوص نمونه خاک ریخته و در دستگاه آون به مدت ٤۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده تا کاملا خشک شدند. پس از خشک شدن نمونه ها در هاون چینی پودر شده و از الک ٦۳ میکرون عبور داده و به میزان ۱ گرم با استفاده از ترازو به دقت چهار رقم اعشار جهت آزمایش توزین شدند[۲٤]. برای هضم نمونه های خاک از روش EPA 3050 استفاده شد. در این روش ابتدا نمونه‌های جمع آوری شده به مدت ۲٤ ساعت در دستگاه آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و سپس توسط آسیاب پودر شده و از الک ٦۳ هزار میکرون عبور داده شدند. سپس ۰/۵گرم از نمونه پودر شده خاک به ارلن CC ۱۰۰ منتقل و توسط پیپت 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 آن CC ۵ تیزاب سلطانی به هر کدام از ارلن ها اضافه کرده و دوباره تکان داده، سپس ارلن ها را بر روی هیتر برقی با دمای ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه در زیر هود حرارت داده تا رنگ نمونه ها تیره گردد و بخار اسید از آن خارج شود سپس به هریک از نمونه ها CC ۳ اسید پرکلریک اضافه نموده و مجدداً ارلن ها را بر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

روی هیتر قرار داده تا حجم نمونه ها به ۲ الی ۳ cc کاهش یافته پس از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به محلول اضافه کرده و با استفاده از قیف و کاغذ صافی واتمن ٤٠، درون بالون ژوژه ۵۰ cc ریخته و با اسید کلریدریک ۱ نرمال آن را به حجم ۵۰ cc رسانده و در آخر محلول نهایی را به ظرف پلی اتیلنی درب دار قرار داده شد تا میزان آهن، نیکل، کادمیوم و سرب موجود در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردد[۲۶].

شاخص تجمع زیستی

به منظور بررسی انباشت زیستی فلزات در برگ درختان و مشخص شدن انتقال این فلزات در اندام های گیاه از شاخص های ضریب تجمع زیستی BCF استفاده گردید (رابطه ۱) که در این رابطه Metal (plant part) غلظت فلزات سنگین در بافت گیاه و Metal(substrate) غلظت فلزات سنگین در خاک می‌باشد[۲۷]:

رابطه ۱:

$$BCF = \frac{\text{Metal (plant part)}}{\text{Metal (substrate)}}$$

تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های فلزات سنگین با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد و برای بررسی و تحلیل غلظت فلزات مورد مطالعه از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) و Tukey و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون t مستقل برای هر یک از فلزات استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین غلظت فلزات سنگین در برگ درختان کهور و نخل و خاک کارخانه شادگان در جدول ۱ آمده است. بیشترین غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه ۱ به ترتیب در نخل شسته نشده، نخل شسته شده، کهور شسته نشده و کهور شسته شده بود. در مقایسه بین دو گیاه کهور و نخل نیز بیشینه غلظت فلز کادمیوم در گیاه نخل گزارش شده است. غلظت فلز آهن در این ایستگاه نیز بیشینه خود را در گیاه نخل شسته نشده، نخل شسته شده،کهور شسته نشده و کهور شسته شده وجود داشت. در مقایسه نیز غلظت فلز آهن در گیاه نخل بسیار بیشتر از گیاه کهور بود. بیشینه غلظت فلز نیکل دیگر فلز مورد بررسی در ایستگاه ۱ به ترتیب در کهور شسته نشده، نخل شسته نشده، نخل شسته شده و کهور شسته شده به دست آمد.. این فلز نیز در گیاه نخل میانگین غلظت بیشتری نسبت به گیاه کهور داشت. فلز سرب دیگر فلز سنگین مورد مطالعه بیشینه غلظت خود را به ترتیب در نخل شسته شده، نخل شسته نشده، کهور شسته نشده و کهور شسته شده بود. غلظت سرب نیز در گیاه نخل نسبت به گیاه کهور بالاتر به دست آمد. در ایستگاه ۲ غلظت فلزات کادمیوم، آهن و نیکل در نخل شسته نشده بیش از شسته شده می باشد و تنها فلز سرب در نخل شسته شده دارای غلظتی بیش از نخل شسته نشده می باشد. در ایستگاه ۳ در گیاه کهور نیز غلظت فلزات کادمیوم، آهن و نیکل در نمونه های شسته نشده بیشتر از برگ شسته شده بود، فقط غلظت فلز سرب در گیاه شسته شده بیش از کهور شسته نشده به دست آمد. در ایستگاه ٤ نیز مانند ایستگاه های دیگر فلزات کادمیوم، نیکل و آهن در نخل شسته نشده دارای غلظتی بیش از نخل شسته می باشند و تنها فلز سرب در گیاه شسته شده بیش از شسته نشده می باشد (جدول ۱).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برگ درختان کهور و نخل و خاک کارخانه فولاد شادگان

ایستگاه	نوع برگ	درختان	کادمیوم	آهن	نیکل	سرب
اول	شسته شده	کهور	۰/۰۰۸	۷۹/۷۶۰	۰/۱۴۵	۰/۱۰۲
		نخل	۰/۰۴۴	۱۰۲/۱۷۲	۰/۳۱۱	۰/۱۹۰
	شسته نشده	کهور	۰/۰۴۳	۱۱۴/۳۸۰	۰/۵۴۶	۰/۱۶۸
		نخل	۰/۰۷۵	۱۸۳/۹۷۴	۰/۵۲۶	۰/۱۷۷
	خاک پای درختان		۰/۲	۳۸۳/۵۷۵	۶/۱۲۴	۹/۱۴۶
دوم	شسته شده	کهور	۰/۰۱۰	۷۲/۸۷۱	۰/۲۶۶	۰/۱۴۰
		نخل	۰/۰۰۷	۶۲/۹۶۴	۰/۱۸۰	۰/۱۶۰
	شسته نشده	کهور	۰/۰۲۳	۸۹/۳۶۵	۰/۳۵۵	۰/۱۸۵
		نخل	۰/۰۲۹	۱۰۲/۲۶۵	۰/۵۲۲	۰/۱۴۱
	خاک پای درختان		۰/۰۶۶	۳۶۳/۷۱۹	۶/۹۰۶	۶/۳۵۸
سوم	شسته شده	کهور	۰/۰۰۶	۶۹/۶۸۰	۰/۲۳۸	۰/۲۷۰
		نخل	۰/۰۰۸	۶۹/۱۲۲	۰/۰۶۰	۰/۰۷۲
	شسته نشده	کهور	۰/۰۱۵	۸۳/۵۶۱	۰/۵۰۲	۰/۱۵۵
		نخل	۰/۰۱۶	۹۶/۸۰۶	۰/۳۵۲	۰/۱۶۱
	خاک پای درختان		۰/۱۰۵	۴۷۶/۸۵۵	۶/۰۴۴	۱۲/۷۳۹
چهارم	شسته شده	کهور	۰/۰۱۰	۷۲/۸۷۱	۰/۲۶۶	۰/۱۴۰
		نخل	۰/۰۰۵	۸۲/۴۱۴	۰/۴۱۹	۰/۲۱۷
	شسته نشده	کهور	۰/۰۱۴	۹۲/۸۶۵	۰/۲۸۹	۰/۱۱۱
		نخل	۰/۰۱۶	۱۳۵/۰۵۱	۰/۵۸۱	۰/۱۶۱
	خاک پای درختان		۰/۰۵۳	۳۹۰/۷۸۸	۷/۳۷۹	۱۰/۸۵۷
میانگین	کهور		۰/۰۰۹	۸۲/۱۸	۰/۳۲۷	۰/۱۶۲
	نخل		۰/۰۲۵	۱۰۴/۳۴	۰/۳۶۹	۰/۱۶۰
	خاک		۰/۱۰۶	۴۰۳/۷۳	۶/۶۱	۹/۷۷

به منظور بررسی اختلاف غلظت فلزات سنگین در گیاه کهور، نخل و خاک آزمون ANOVA بر روی داده انجام گرفته و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج تحلیل واریانس (ANOVA) نشان می دهد که مقدار شاخص معنی‌داری برای هر کادمیوم، آهن، سرب و نیکل کمتر از ۰/۰۵ بود که تفاوت معنی داری بین گروه‌های خاک، درخت نخل و کهور برای غلظت فلزات سرب (Sig=0.00)، کادمیوم (Sig=0.00)، نیکل (Sig=0.00) و آهن (Sig=0.00) وجود داشت (P<0.05).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

جدول ۲. نتایج آزمون ANOVA غلظت فلزات سنگین بین درختان نخل، کهور و خاک کارخانه فولاد شادگان

فلزات		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
کادمیوم	بین گروهی	۰/۰۲۰	۲	۰/۰۱۰	۱۲/۲۴	۰۰/۰
	درون گروهی	۰/۰۳۶	۴۴	۰/۰۰۱		
	مجموع	۰/۰۵۶	۴۶			
آهن	بین گروهی	۴۱۳۸۹۶/۶۰	۲	۲۰۶۹۴۸/۳۰	۱۸۳/۶۹	۰۰/۰
	درون گروهی	۴۹۵۶۹/۲۰	۴۴	۱۱۲۶/۵۷		
	مجموع	۴۶۳۴۶۵/۸۰	۴۶			
نیکل	بین گروهی	۱۷۲/۸۹	۲	۸۶/۴۴	۱/۴۸	۰۰/۰
	درون گروهی	۲/۵۶	۴۴	۰/۰۵۸		
	مجموع	۱۷۵/۴۵	۴۶			
سرب	بین گروهی	۴۳۷/۴۵	۲	۲۱۸/۷۲	۴۰۳/۹۰	۰۰/۰
	درون گروهی	۲۳/۸۲	۴۴	۰/۵۴۲		
	مجموع	۴۶۱/۲۸	۴۶			

بررسی غلظت فلزات بین برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور و نخل در جدول ۳ ارائه شده است. درمورد فلز کادمیوم واریانس در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور برابر نبودند (P= 0.026) و میزان کادمیوم در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور اختلاف معنی داری وجود داشت (P= 0.001). فلز آهن واریانس در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور برابر نبودند (P= 0.002) و میزان آهن در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور اختلاف معنی داری وجود داشت (P= 0.001). برای فلز نیکل سطح معنی داری هر دو گروه کهور شسته نشده و شسته شده ۰/۱۳۸ بود و از آنجایی که این عدد از ۰/۰۵ بیشتر بود، واریانس هر دو گروه یکسان می‌باشد و میزان P=0.000 بین این دو گروه بر اساس غلظت فلز نیکل کمتر از P value می‌باشد که نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین هر دو گروه کهور شسته نشده و شسته شده بر اساس غلظت این فلز به دست آمد (P<0.05). درمورد فلز سرب واریانس در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور برابر نبودند (P= 0.002) و میزان سرب در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت کهور اختلاف معنی داری وجود نداشت (P= 0.796).

درمورد فلز کادمیوم واریانس در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت نخل برابر نبودند (P= 0.196) و میزان کادمیوم در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت نخل اختلاف معنی داری وجود نداشت (P= 0.06). فلز آهن واریانس در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت نخل برابر نبودند (P= 0.009) و میزان آهن در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت نخل اختلاف معنی داری وجود داشت (P= 0.001). برای فلز نیکل سطح معنی داری هر دو گروه نخل شسته نشده و شسته شده ۰/۱۱۸ بود و از آنجایی که این عدد از ۰/۰۵ بیشتر بود، واریانس هر دو گروه یکسان می‌باشد و میزان P=0.000 بین این دو گروه بر اساس غلظت فلز نیکل کمتر از P value می‌باشد که نشان دهنده اختلاف

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

معنی‌دار بین هر دو گروه نخل شسته نشده و شسته شده بر اساس غلظت این فلز به دست آمد ($P<0.05$). درمورد فلز سرب واریانس در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت نخل برابر نبودند ($P= 0.000$) و میزان سرب در برگ های شسته شده و شسته نشده درخت نخل اختلاف معنی داری وجود نداشت ($P= 0.996$) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون t غلظت فلزات سنگین برگ شسته شده و شسته نشده درختان کهور و نخل کارخانه فولاد شادگان

گونه گیاهی	فلزات سنگین	آزمون Levene's		آزمون t				
		F	Sig	t	df	Sig. (2-tailed)	تفاوت میانگین‌ها	خطای استاندارد
کهور	کادمیوم	۶/۰۱	۰/۰۲۶	۴/۲۸	۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۲۲	۰/۰۰۵
	آهن	۱۳/۸۸	۰/۰۰۲	۴/۶۷	۱۶	۰/۰۰	۳۳/۴۱	۷/۱۵۲
	نیکل	۲/۴۳	۰/۱۳۸	۴/۵۸	۱۶	۰/۰۰	۰/۲۶۳	۰/۰۵۷
	سرب	۱۳/۸۳	۰/۰۰۲	-۰/۲۶	۱۶	۰/۷۹۳	-۰/۰۱۱	۰/۰۴۱
نخل	کادمیوم	۱/۷۷	۰/۱۹۶	۲۲	۰/۰۶۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۹	۱/۹۸
	آهن	۸/۲۵	۰/۰۰۹	۴/۳۰	۲۲	۰/۰۰	۵۰/۳۵	۱۱/۷۰
	نیکل	۲/۶۴	۰/۱۱۸	۴/۷۶	۲۲	۰/۰۰۰	۰/۲۵۲	۰/۰۵۳
	سرب	۱۷/۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰۶	۲۲	۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۵

بالاترین ضریب تجمع زیستی در برگ شسته نشده درخت نخل ۰/٤۳۹ در ایستگاه دوم و پایین ترین میزان این شاخص برای کادمیوم ۰/۰۲۱ در برگ شسته نشده درخت کهور در ایستگاه اول به دست آمد. برای فلز آهن بالاترین ضریب تجمع زیستی در برگ شسته نشده درخت نخل در ایستگاه اول ۰/٤۷۹ بود. پایین ترین ضریب تجمع زیستی آهن در ایستگاه سوم در برگ شسته شده درخت نخل ۰/۱٤٤ مشاهده شد. بالاترین ضریب تجمع زیستی فلزات نیکل و سرب در برگ شسته نشده درخت کهور به ترتیب در ایستگاه های اول و دوم ۰/۰۸۹ و ۰/۰۲۹ به دست آمد. برگ شسته شده نخل در ایستگاه سوم پایین ترین ضریب تجمع زیستی فلز نیکل و سرب را با به ترتیب به میزان ۰/۰۰۹ و ۰/۰۰۵ داشتند (جدول ٤). با توجه به نتایج جدول ٤ مشاهده می شود که ضریب تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل و آهن در برگ های شسته شده و شسته نشده درختان نخل و کهور پایین تر از ۱ به دست آمد.

جدول ٤. مقادیر شاخص ضریب تجمع زیستی برگ درختان کهور و نخل کارخانه فولاد شادگان

ایستگاه	نوع برگ	درختان	کادمیوم	آهن	نیکل	سرب
اول	شسته شده	کهور	۰/۰۴۰	۰/۲۰۷	۰/۰۲۳	۰/۰۱۱
		نخل	۰/۰۲۲	۰/۲۶۶	۰/۰۵۰	۰/۰۲۰
	شسته نشده	کهور	۰/۰۲۱	۰/۲۹۸	۰/۰۸۹	۰/۰۱۸
		نخل	۰/۰۳۷	۰/۴۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۱۹

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

دوم	شسته شده	کهور	۰/۱۵۱	۰/۲۰۰	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲
		نخل	۰/۱۰۶	۰/۱۷۳	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵
	شسته نشده	کهور	۰/۳۴۸	۰/۲۴۵	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹
		نخل	۰/۴۳۹	۰/۲۸۱	۰/۰۷۵	۰/۰۲۲
سوم	شسته شده	کهور	۰/۰۵۷	۰/۱۴۶	۰/۰۳۹	۰/۰۲۱
		نخل	۰/۰۷۶	۰/۱۴۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵
	شسته نشده	کهور	۰/۱۴۲	۰/۱۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۱۲
		نخل	۰/۱۵۲	۰/۲۰۳	۰/۰۵۸	۰/۰۱۲
چهارم	شسته شده	کهور	۰/۱۸۸	۰/۱۸۶	۰/۰۳۶	۰/۰۱۲
		نخل	۰/۰۹۴	۰/۲۱۰	۰/۰۵۶	۰/۰۱۹
	شسته نشده	کهور	۰/۲۶۴	۰/۲۳۷	۰/۰۳۹	۰/۰۱۰
		نخل	۰/۳۰۱	۰/۳۴۵	۰/۰۷۸	۰/۰۱۴
میانگین		کهور	۰/۰۸۴	۰/۲۰۳	۰/۰۴۹	۰/۰۱۶
		نخل	۰/۲۳۵	۰/۲۵۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۶

بحث

در این پژوهش الگوی انباشت غلظت فلزات در برگ درختان کهور و نخل به ترتیب شامل آهن، نیکل، سرب و کادمیوم بود و غلظت فلزات کادمیوم، آهن، سرب و نیکل بین خاک و برگ درختان نخل و کهور اختلاف معنی داری وجود داشت ($P<0.05$). Abass و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک و برگ درخت نخل در کشور عراق پرداختند و گزارش کردند اختلاف معنی‌داری بین غلظت فلزات سرب، نیکل، روی و کادمیوم در خاک و برگ درخت نخل وجود داشت ($P<0.05$). همچنین غلظت سرب در برگ نخل بیش از نیکل و کادمیوم می باشد[۲۸]. در مطالعه دیگری بر روی درخت کهور الگوی انباشت غلظت فلزات به ترتیب متعلق به آهن، سرب و نیکل گزارش شده است[۶].

در این تحقیق مقایسه بین گیاه کهور و نخل غلظت فلزات کادمیوم، آهن و نیکل در گیاه نخل بیش از گیاه کهور بود. به نظر می رسد توانایی درختان نخل در جذب فلزات نسبت به درختان کهور بیشتر است که می تواند به دلیل تفاوت در ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی باشد. این تفاوت‌ها در ساختار ریشه این دو گونه می‌باشد، نخل‌ها ریشه‌های بسیار بزرگ و پیچیده‌تری دارند که به طور فعال مواد معدنی از خاک جذب می‌کنند. این ریشه‌ها علاوه بر جذب آب و مواد معدنی مفید برای رشد نخل، می‌توانند مواد آلاینده مثل کادمیوم، نیکل و آهن را نیز جذب کنند[۲۹]. نخل‌ها دارای سیستم انتقال مواد آلاینده به نحوی هستند که به جلوگیری از حرکت مواد معدنی آلاینده به اندام‌های بالاتر گیاه (مثل برگ‌ها) کمک می‌کند. این امکان باعث می‌شود که فلزات که از ریشه‌ها جذب شده است، در بخش‌های زیرین گیاه بماند و به اندازه کمتری به اندام‌های مهمتری مانند میوه‌ها منتقل شود. برخی از نخل‌ها در خاک‌های خود میکروب‌ها را تشکیل می‌دهند که می‌توانند به تنظیم غلظت مواد آلاینده مانند فلزات سنگین در خاک کمک کنند. بنابراین، به دلیل ترکیب عوامل فیزیولوژیکی و بیولوژیکی، نخل‌ها معمولاً توانایی بهتری در جذب فلزات سنگین نسبت به کهورها

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

دارند[۲۸،۳۰]. مقادیر فلز کادمیوم در برگ های درخت کهور و نخل پایین تر از غلظت این فلز در خاک بود. کادمیوم به‌طور عمده در ریشه‌های گیاهان کهور ذخیره می‌شود. این فلز سنگین معمولاً از خاک جذب می‌شود و در ساقه و برگ‌های گیاه به نسبت کمتری نیز یافت می‌شود. گیاه کهور یکی از گونه‌های گیاهان تحمل‌کننده به فلزات سنگین می‌باشد[۳۱]. این گیاه از ویژگی‌های خاصی برای استفاده در فرآیندهای فیتورمدولاسیون (تخلیه فلزات از خاک) استفاده می‌شود. به دلیل توانایی جذب و انتقال کادمیوم از خاک به ریشه‌های خود، می‌توان از گیاه کهور به عنوان یک ابزار برای تصفیه خاک‌ها از کادمیوم و کاهش آلودگی زیست‌محیطی به این فلز سنگین استفاده کرد[۳۲].

در این تحقیق غلظت کادمیوم در برگ شسته نشده نخل و کهور بیشتر از شسته شده بود. در تحقیقی بر روی درختان کهور و کنار گزارش شده است که غلظت فلز کادمیوم در برگ گیاهان شسته نشده بالاتر از برگ شسته شده بود[۶] که نتایج این تحقیق را تایید می‌کند. Sulaiman و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی غلظت فلز کادمیوم در برگ گیاه نخل در کشور عربستان را بالا ارزیابی کردند و بیان داشتند بین غلظت این فلز در برگ نخل و خاک اختلاف معنی داری وجود داشت[۳۳]. برگ هایی که شسته نشده‌اند، ممکن است به دلیل دست‌خوردگی با مواد آلوده به کادمیوم، مقداری بیشتری از این فلز سنگین را در خود نگه داشته باشند. این اتفاق به علت زمین‌ها و مواد آلی که در خاک یا محیط رشد نخل واقع شده‌اند، رخ می‌دهد. کادمیوم از منابع مختلفی مانند آب، خاک و کودها به گیاهان منتقل می‌شود. وقتی کادمیوم به خاک و محصولات گیاهی اضافه می‌شود، این گیاهان آن را جذب می‌کنند. در صورتی که برگ درخت ها شسته نشوند، ممکن است سطح خارجی آن‌ها به مقدار بیشتری از کادمیوم آلوده شده باشد، اما با شستشو، بخشی از کادمیوم ممکن است از سطح نخل‌ها جدا شده و مقدار آلودگی آن‌ها کاهش یابد. آنچه مشهود است نقش گرد و غبار نشسته بر روی برگ های شسته نشده نخل و کهور است که سبب شده غلظت فلزات سنگین در این نمونه ها بالا باشد، از این رو در مناطق صنعتی برگ درختان می تواند یک شاخص آلودگی برای هوا باشد. در برخی موارد ناهمواری سطح خارجی برگ و نیز ساختار میکروسکوپی سطح برگ (روزنه ها، سلول های اپیدری و کرک ها) در به دام انداختن و انباشتگی ذرات هوا نقش موثری دارند[۳۴]. پژوهشگران در تحقیقات متعددی گزارش کردند که درخت کهور می تواند فلز کادمیوم را جذب می کند و می‌توان این درخت را به عنوان شاخصی برای ارزیابی آلودگی کادمیوم معرفی کرد[۶،۳۴،۳۵،۳۶].

غلظت فلز آهن در نمونه‌های برگ درخت نخل بیش از درخت کهور بوده و این مهم نیز مانند جذب فلز کادمیوم می تواند در ارتباط با ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی متفاوت این دو گونه باشد. غلظت بیشتر فلز آهن در گیاه نخل نسبت به کهور به عوامل متعددی برمی‌گردد. گیاهان نخل به طور ژنتیکی برای جذب و انباشته‌سازی فلزات سنگین مانند آهن تطابق دارند. این تطابق ژنتیکی می‌تواند باعث افزایش غلظت فلزات سنگین در گیاه نخل شود. خاصیت‌های خاک و محیط رشد نیز می‌توانند تأثیر گذار باشند. شرایط محیطی مانند pH خاک، میزان رطوبت و دما نیز می‌توانند بر جذب فلزات تأثیرگذار باشند. برخی گیاهان در شرایط خاص محیطی ممکن است بیشتر از دیگران از فلزات خاصی جذب کنند[۲۹،۳۷]. حد بحرانی فلز آهن در برگ درختان ppm ۵۰۰ می باشد و به عوامل دیگری مانند مقدار سایر عناصر غذایی بستگی دارد[۳۸] که در همه نمونه های برگ درختا نخل و کهور غلظت فلز آهن از این حد بحرانی کمتر است. مقدار آهن در برگ های شسته نشده درخت نخل و کهور بیش از شسته شده بود. در پژوهش عباس زاده و همکاران (۱۳۹۸) نیز که نتایج نشان داد که غلظت فلز آهن در برگ گیاهان شسته نشده کنار و کهور بیش از شسته شده می باشد، از این رو آنان گیاه کهور را شاخصی مناسب

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

برای بررسی سطح آلودگی هوای ناحیه صنعتی اهواز قلمداد کردند[6]. نتایج بررسی غلظت فلزات سنگین در اندام گیاه نخل در عربستان سعودی نشان داد که درخت نخل یک بیش انباشتگر می باشد[39]. تولید آهن اسفنجی در صنعت فولاد ممکن است منجر به آلودگی‌های مختلفی شود. فرآیندهای تولید آهن اسفنجی از جمله کوره‌های ذوب، گازها و ذرات معلق را به هوا انتشار می‌دهند که می‌توانند منجر به آلودگی هوای اطراف شوند. تولید آهن اسفنجی یک فرآیند صنعتی است که از مواد خام آهنی مانند مگنتیت یا هماتیت استفاده می‌کند. در این فرآیند، مواد خام به اجزای مختلف تجزیه و تحلیل می‌شوند تا آهن تصفیه شده با کیفیت بالا تولید شود. این فرآیند ممکن است به آلودگی‌های مختلفی از جمله آلودگی به فلز آهن و سرب منجر شود. Khudhur و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به ارزیابی آلودگی خاک در اطراف یک کارخانه فولاد در شهر اربیل پرداختند. نتایج آنان نشان داد که غلظت آهن بیش از مقدار سایر فلزات بود و بخشی از آن در ارتباط مستقیم با فرآیندهای کارخانه فولاد می باشد[40].

غلظت فلز نیکل نیز در نمونه‌های برگ درخت نخل بیش از درخت کهور بود و این مهم در کنار اختلاف معنی دار غلظت فلز در خاک با گیاه نخل و کهور به دست آمد. مقدار فلز نیکل نیز مانند آهن و کادمیوم در برگ های شسته نشده درخت نخل و کهور بیش از شسته شده بود. نیکل از فلزات سمی و تجزیه ناپذیر می باشد و گیاهان عنصر مذکور را از خاک و یا رسوبات جذب می نمایند[28,41,42]. بیشترین غلظت فلز نیکل در نمونه های خاک فولاد شادگان در ایستگاه های مورد بررسی در ایستگاه ٤ به دست آمد. Sistani و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی در به بررسی غلظت فلزات سنگین در اطراف ناحیه صنعتی فولاد کرمان پرداختند و نشان دادند که فلز نیکل در خاک اطراف این ناحیه دارای آلودگی در سطح متوسط است و دو منشا فعالیت های صنعت فولاد و تردد ماشین آلات را به عنوان منشا تغلیظ این فلز معرفی نمودند[43].

ضریب تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل و آهن در برگ های شسته شده و شسته نشده درختان نخل و کهور پایین تر از ۱ به دست آمد. به نظر چنین می توان استنباط کرد که دو گونه نخل و کهور نسبت به فلزات کادمیوم و آهن متوسط انباشتگر و نسبت به سرب و نیکل غیرانباشتگر می باشند. در پژوهشی در ناحیه صنعتی اهواز و اطراف ناحیه فولادسازی گزارش شده است که درختان و گونه های علفی متعددی از درختان کهور، اوکالیپتوس و کنوکارپوس نسبت به فلز آهن و نیکل یک بیش انباشتگر می باشند[6,19]. به نظر می رسد تفاوت در میزان غلظت آهن در خاک های فولاد شادگان نسبت به ناحیه صنعتی اهواز که در مقدار کمتری می باشد سبب شده کهور در کارخانه فولاد شادگان متوسط انباشتگر باشد. البته می توان علت تفاوت در غلظت میان فلزات سنگین در گونه های گیاهی مختلف را به تفاوت های فیزیکی و شیمیایی خاک، ظرفیت جذب فلزات توسط گیاهان، اثرات جوی نظیر دما، سرعت باد و خصوصیات خود گیاه مانند نوع برگ، ریشه، میوه و همچنین فاصله از مناطق صنعتی نسبت داد[28,30,37]. در مجموع مقدار ضریب تجمع زیستی درخت نخل بیش از کهور است که این مهم حاکی از توانایی بالاتر این گونه برای استخراج گیاهی و انباشت فلزات از خاک می باشد، غلظت بالاتر فلزات در برگ های این گیاه نسبت به گیاه کهور تاییدی بر این مهم می باشد. گیاه کهور در طی یکسال با شرایط آلودگی محیط سازگار شده و فلزات سنگین را از بستر گرفته و در برگ خود انباشته می کند و می تواند به عنوان یک راهکار تصفیه گیاهی مورد استفاده قرار گیرد[31,32]. گیاه نخل نیز ترجیح به تجمع فلزات سنگین عموما در ریشه و برگ خود دارد و می تواند برای تصفیه گیاهی مورد استفاده قرار گیرد[44].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک، برگ درخت کهور و برگ درخت نخل حاکی از بالا بودن غلظت فلزات در نمونه های خاک نسبت به برگ درختان می باشد. با توجه به اینکه جذب از طریق خاک کم بوده احتمال ورود آلاینده ها از طریق نزولات خشک اتمسفری وجود دارد. الگوی تغییرات فلزات در خاک به صورت آهن، سرب، نیکل و کادمیوم است، اما در گیاه کهور و نخل به صورت آهن، نیکل، سرب و کادمیوم بود. میانگین کل غلظت فلزات آهن، کادمیوم و نیکل در گیاه نخل دارای غلظتی بیش از گیاه کهور به دست آمد. غلظت فلزات در برگ های شسته نشده کهور و نخل بیش از برگ های شسته شده می باشد. بین غلظت فلزات در خاک با غلظت فلزات در کهور و نخل اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این مهم می تواند در ارتباط با انتقال فلزات از خاک به ریشه گیاهان باشد. در بین ایستگاه های مورد مطالعه ایستگاه نزدیک تولید آهن اسفنجی بیشتر مقدار سرب و آهن را داشت و این حاکی از نقش این فرآیند در تولید فلزات سنگین در مجتمع فولاد شادگان می باشد. غلظت فلزات سنگین در برگ های شسته نشده بیش از برگ های شسته شده گونه نخل و کهور بود که این مهم حاکی از وجود آلودگی در هوا و نشست آن‌ها بر اندام های هوایی این دو گونه می باشد از این رو به نظر می رسد این دو گونه می توانند به عنوان نشانگر زیستی هوا در نواحی صنعتی قلمداد شوند. دو گونه نخل و کهور نسبت به فلزات کادمیوم و آهن متوسط انباشتگر و نسبت به سرب و نیکل غیرانباشتگر می باشند. پتانسیل انباشت این فلزات در درخت نخل بیش از کهور می باشد. به نظر می رسد کشت گیاه نخل و کهور در صنعت فولاد پتانسیل‌هایی دارد که می‌تواند به بهبود کیفیت خاک و پالایش آن کمک کند. گیاه نخل و کهور جذب آلاینده‌های محیطی از خاک، هوا و آب را انجام می‌دهد و می توانند نشانگرهای زیستی معتبری برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین باشند و همچنین برخی از مشکلات زیست محیطی در صنعت فولاد را بهبود می‌بخشد. پیشنهاد می شود با توجه به اهمیت pH و شوری تاثیر این دو پارامتر بر غلظت فلزات در گیاه کهور و نخل بررسی شود. همچنین غلظت فلزات در اندام های ساقه و ریشه نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا خاصیت گیاه پالایی این دوگونه مورد مطالعه به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

References

1. Khatun J, Intekhab A, Dhak D. Effect of uncontrolled fertilization and heavy metal toxicity associated with arsenic (As), lead (Pb) and cadmium (Cd), and possible remediation. Toxicology. 2022;26:153274.
2. Kumar D, Malik S, Rani R, Kumar R, Duhan JS. Behavior, risk, and bioremediation potential of heavy metals/metalloids in the soil system. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali. 2023;2:1-23.
3. Selahvarzi M, Sobhanardakani S, Hemmasi A H, Taghavi L, Ghoddousi J. Contamination and source apportionment of iron, zinc, cadmium and chromium elements in surface soil of Khorramabad county, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;15(4):651-670. [In Persian].
4. Torbati S, Esmailbegi Kermani S. Determining the concentration of Ag, Pb and Zn elements in some indigenous plant species grown in Zarshouran mining area, northwestern Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(3):379-398. [In Persian].
5. Khan I, Awan SA, Rizwan M, Ali S, Zhang X, Huang L. Arsenic behavior in soil-plant system and its detoxification mechanisms in plants: A review. Environmental Pollution. 2021;286:117389.
6. 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].
7. Yaashikaa PR, Kumar PS, Jeevanantham S, Saravanan R. A review on bioremediation approach for heavy metal detoxification and accumulation in plants. Environmental Pollution. 2022;301:119035.
8. Farahmandian P, Mohammadian-Hafshejani A, Fadaei A, Sadeghi R. Relationship between cadmium exposure and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;16(2):393-412. [In Persian].
9. Saadaoui W, Gamboa-Rosales H, Sifuentes-Gallardo C, Duran-Munoz H, Abrougui K, Mohammadi A, Tarchoun N. Effects of Lead, Copper and Cadmium on Bioaccumulation and Translocation Factors and Biosynthesis of Photosynthetic Pigments in Vicia faba L.(Broad Beans) at Different Stages of Growth. Applied Sciences. 2022;12(18):8941.
10. Gong Y, Zhao D, Wang Q. An overview of field-scale studies on remediation of soil contaminated with heavy metals and metalloids: Technical progress over the last decade. Water research. 2018;147:440-460.
11. Schaumloffel D. Nickel species: analysis and toxic effects. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2012;26(1):1-6.
12. Hassan MU, Chattha MU, Khan I, Chattha MB, Aamer M, Nawaz M, Ali A, Khan MA, Khan TA. Nickel toxicity in plants: reasons, toxic effects, tolerance mechanisms, and remediation possibilities—a review. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26:12673-88.
13. Das KK, Reddy RC, Bagoji IB, Das S, Bagali S, Mullur L, Khodnapur JP, Biradar MS. Primary concept of nickel toxicity–an overview. Journal of basic and clinical physiology and pharmacology. 2018;30(2):141-52.
14. Awa SH, Hadibarata T. Removal of heavy metals in contaminated soil by phytoremediation mechanism: a review. Water, Air, & Soil Pollution. 2020;231(2):47.
15. Alizadeh S, Hashemi M. Phytoremediation to Remove ethylbenzene from Contaminated Media. Journal of Environmental Health Engineering. 2022;9(3):399-416. [In Persian].
16. Lorestani B, Cheraghi M, Soheil S A. Effect of traffic density on heavy metal content of soils and vegetation cover along roadsides, case study: City of Hamedan. Journal of Environmental Health Engineering. 2023;10(2):100-113. [In Persian].
17. Thalassinos G, Petropoulos SA, Grammenou A, Antoniadis V. Potentially toxic elements: A review on their soil behavior and plant attenuation mechanisms against their toxicity. Agriculture. 2023;13(9):1684.
18. Solgi E, Zamanian A, Beigmohammadi F. Investigating the effect of distance from source and species type on the absorption ability of heavy metals by tree species around Nahavand cement factory. Journal of Plant Ecosystem Conservation. 2020;8(16):321-343. [In Persian].
19. Zoufan P, Saadatkhah A, Rastegharzadeh S. Comparison of potentiality of heavy metals accumulation in the plants surrounding steel industries in the Mahshahr-Bandar Imam road, Ahvaz. Iranian Journal of Plant Biology. 2013;5(16):41-56. [In Persian].
20. Torkashvand V, Mohammadi Rouzbahni M, Babaeinezhad T. 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. 2018;6(1):33-43. [In Persian].
21. Rafati M, Mohammadi Rozbahani M, Naseri Monfared H. Accumulation of heavy metals (lead and nickel) by the soil and leaves of Albizia lebbeck and Conocarpus erectus from the city of Ahwaz. Journal of Forest and Wood Products. 2021;73(4):379-387. [In Persian].
22. Rafati M, Mohammadi Roozbahani M, Pirmoradi Z. Bioaccumulation of some heavy metals by the soil and leaves of Ziziphus spina-christi in Khouzestan Oxin Steel Company. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research. 2020;17(2):173-184. [In Persian].
23. Kolah Kaj A, Mohammadi Rozbahani M. Survey Effectiveness of Althea officinal in Pb Heavy Metal Accumulation. Journal of Environmental Science and Technology. 2017;19(1):93-102. [In Persian].
24. Bahemuka TE, Mubofu EB. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania. Food Chemistry. 1999;66(1):63-6.
25. Johnson CM, Ulrich A. 2. Analytical methods for use in plant analysis. Bulletin of the California agricultural experiment station. 1959.
26. 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.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

27. Yoon J, Cao X, Zhou Q, Ma LQ. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment. 2006;368(2-3):456-464.
28. Abass MH, Hassan ZK, Al-Jabary KM. Assessment of heavy metals pollution in soil and date palm (Phoenix dactylifera L.) leaves sampled from Basra/Iraq governorate. Advances in Environmental Sciences. 2015;7(1):52-9.
29. Akensous FZ, Anli M, Meddich A. Biostimulants as innovative tools to boost date palm (phoenix dactylifera L.) performance under drought, salinity, and heavy metal (Oid) s' stresses: a concise review. Sustainability. 2022;14(23):15984.
30. Hassan I, Cotrozzi L, Haiba NS, Basahi J, Ismail I, Almeelbi T, Hammam E. Trace elements in the fruits of date palm (Phoenix dactylifera L.) in Jeddah City, Saudi Arabia. Agrochimica. 2017;61(1):75-93.
31. Usman K, Abu-Dieyeh MH, Al-Ghouti MA. 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. 2019;31(1):145-55.
32. El-Keblawy A. Causes and consequences of the invasion of the exotic Prosopis juliflora in the environment of the UAE. InThird Annual Conference for Research Funded by UAE University, Al-Ain: UAE University Press 2002 (pp. B5-B8).
33. Sulaiman M, Purayil FT, Krishankumar S, Kurup SS, Pessarakli M. Accumulation of toxic elements in soil and date palm (Phoenix dactylifera L.) through fertilizer application. Journal of Plant Nutrition. 2021;44(7):958-69.
34. Arpanaei A, Attarroshan S, Sabzalipour S, Arpanaei I. 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. 2021;13(4):747-766. [In Persian].
35. Maleki S, Jems H, Derikvand S, Nasiri A. Evaluation of heavy metal pollution levels in leaves, soil and dust samples of Prosopis cineraria Druce (L.) in the Bandar Abbas. Forest Research and Development. 2023;9(1):95-114. [In Persian].
36. Mirdadi M, Nohegar A. 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. 2022;12(2):1-18. [In Persian].
37. Angulo-Bejarano PI, Puente-Rivera J, Cruz-Ortega R. Metal and metalloid toxicity in plants: An overview on molecular aspects. Plants. 2021;10(4):635.
38. Phuong HT, Ba VN, Thien BN, Hong LT. Accumulation and distribution of nutrients, radionuclides and metals by roots, stems and leaves of plants. Nuclear Engineering and Technology. 2023;55(7):2650-5.
39. Hassan I, Cotrozzi L, Haiba NS, Basahi J, Ismail I, Almeelbi T, Hammam E. Trace elements in the fruits of date palm (Phoenix dactylifera L.) in Jeddah City, Saudi Arabia. Agrochimica. 2017;61(1):75-93.
40. Khudhur NS, Khudhur SM, Ahmad IN. An Assessment of heavy metal soil contamination in a Steel Factory and the surrounding area in Erbil City. Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences. 2018;9(1):1-1.
41. Gajewska E, Skłodowska M. Nickel-induced changes in nitrogen metabolism in wheat shoots. Journal of Plant Physiology. 2009;166(10):1034-44.
42. Li S, Yang D, Tian J, Wang S, Yan Y, He X, Du Z, Zhong F. Physiological and transcriptional response of carbohydrate and nitrogen metabolism in tomato plant leaves to nickel ion and nitrogen levels. Scientia Horticulturae. 2022;292:110620.
43. Sistani N, Moeinaddini M, Khorasani N, Hamidian A, Ali-Taleshi M, Azimi Yancheshmeh R. Heavy metal pollution in soils nearby Kerman steel industry: metal richness and degree of contamination assessment. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(1):75-86. [In Persian].
44. Habib HR, Awadh SM, Muslim MZ. Toxic heavy metals in soil and some plants in Baghdad, Iraq. Al-Nahrain Journal of Science. 2012;15(2):1-6.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]

Journal of Environmental Health Engineering, January 2023; Vol.11, No. 2: 130 - 145

Evaluation of heavy metal pollution using biological markers of *Prosopis juliflora* and palm *Phoenix dactylifera* trees around Shadgan Steel Factory

Seyed Alireza Kelbati[1], Maryam Mohammadi Rouzbahani[*2], Sina Attar Roshan[3]

[1, 2, 3] *Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*

Email: Mmohammadiroozbahani@yahoo.com

Received: 26 February 2024, Accepted: 7 April 2024

ABSTRACT

Background: Trees are one of the appropriate biological indicators in industrial areas and factories, and by monitoring them; it is possible to determine the state of heavy metal contamination of soil resources. This research was carried out with the aim of biological monitoring of heavy metals lead, cadmium, nickel and iron using plant biomarkers of *Prosopis juliflora* and *Phoenix dactylifera* in Shadgan Steel Factory.

Methods: According to the geographical location of the factory, 4 stations were selected, where 24 soil samples and 72 leaf samples were collected randomly with 3 repetitions, from 4 different geographical directions. In order to investigate the bioaccumulation of metals in tree leaves, the bioaccumulation coefficient was used.

Results: The results of analysis of variance (ANOVA) show that there was a significant difference between soil, palm tree and mesquite groups for the concentration of lead, cadmium, nickel and iron metals ($P<0.05$). The highest concentration of cadmium metal in station 1 was in unwashed palm, washed palm, unwashed *Prosopis juliflora* and washed *Prosopis juliflora*, respectively. In stations 2 and 4, the concentration of cadmium, iron and nickel metals in unwashed *Phoenix dactylifera* is more than that of washed *Phoenix dactylifera*, and only lead metal in washed *Phoenix dactylifera* has a concentration higher than that of unwashed *Phoenix dactylifera*. In station 3, the concentration of cadmium, iron and nickel metals in unwashed leaves was higher than in washed leaves, only the concentration of lead metal in the washed plant was higher than unwashed *Prosopis juliflora.*

Conclusion: There was no significant difference for lead metal between washed and unwashed leaves ($P>0.05$) and this could be due to the accumulation in the lower parts of the plant, hence *Phoenix dactylifera* tree leaves and *Prosopis juliflora* is not a suitable biomarker for this metal. Considering that absorption through the soil is low, there is a possibility of pollutants entering through dry atmospheric precipitation. The accumulation potential of lead, cadmium, nickel and iron heavy metals was higher in *Phoenix dactylifera* tree than in *Prosopis juliflora.*

Keywords: heavy metals, biological markers, plant treatment, *Prosopis juliflora*, *Phoenix dactylifera*

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.130]