دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره شانزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

بررسی اثر فاصله از منبع و نوع گونه بر توانایی جذب فلزات سنگین توسط گونه‌های درختی اطراف کارخانه سیمان نهاوند

عیسی سلگی [1*]، علی زمانیان [2]، فوزیه بیگ محمدی [3]

[1] دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر
[2] کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر، ملایر
[3] دانشجوی دکتری آلودگی‌های محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر، ملایر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲

چکیده

این مطالعه اثر فاصله، نوع گونه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر توانایی جذب فلزات سنگین توسط گونه‌های درختی اطراف کارخانه سیمان نهاوند را بررسی می‌نماید. در مطالعه‌ی حاضر خاک فواصل ۳۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متری اطراف کارخانه سیمان نهاوند و برگ گونه‌های درختی شامل اقاقیا (*Robinia Pseudoacacia L*)، صنوبر (*Populus nigra L*)، سنجد (*Elaeagnus angustifolia L*)، زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و سرو خمره‌ای (*Thuja orientalis L*) مورد نمونه‌برداری قرار گرفت و پس از آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها به روش هضم تر، غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، منگنز، نیکل و روی) با استفاده از دستگاه جذب اتمی در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین برای نمونه‌های خاک pH، EC و ماده آلی محاسبه شد. اثر فاصله، اثر گونه و اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر تجمع فلزات سنگین با استفاده آزمون کروسکال والیس بررسی شد. به‌منظور تعیین گونه با تجمع دهندگی بالا دو شاخص انباشت فلزات سنگین و شاخص تجمع زیستی به‌کار گرفته شد. نتایج نشان داد بین گونه‌های مختلف ازنظر مقدار فلزات سنگین در برگ اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد ($p<0.05$). براساس نتایج به‌دست‌آمده اثر فاصله روی تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مورد بررسی برای برخی فلزات سنگین معنی‌دار بود. براساس شاخص انباشت فلزات، گونه سنجد از تجمع بالاتری برای مجموع فلزات سنگین مورد بررسی برخوردار است و با توجه به مقادیر شاخص تجمع زیستی گونه‌های موردمطالعه برای کادمیوم، منگنز و روی انباشتگر متوسط محسوب می‌شوند. 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 در تجمع فلزات سنگین این‌گونه جهت کنترل آلودگی در مناطق آلوده به چندین فلز سنگین پیشنهاد می‌شود.

[*] نویسنده مسئول: e.solgi@yahoo.com; e.solgi@malayeru.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

واژه‌های کلیدی: **تجمع فلزات سنگین، گونه‌های درختی، کارخانه سیمان نهاوند، شاخص MAI**

مقدمه

افزایش آلودگی آب‌وخاک باعث ایجاد مسائل و مشکلات محیط زیستی زیادی می‌شود. آلوده شدن منابع آب‌وخاک به ترکیبات مختلف آلی و معدنی به‌دلیل ارتباط نزدیک این دو با تغذیه موجودات زنده و به‌دلیل دخالت مستقیم آن‌ها در تأمین غذای موجودات زنده ازنظر جنبه‌های محیط‌زیستی و سلامت انسان دارای اهمیت است (جهانتاب و همکاران، ۱۳۹۵). خاک به‌عنوان یکی از اجزاء اصلی محیط، نقش اساسی در تأمین زندگی جانداران دارد و گیاهان از مهم‌ترین بخش‌های زنجیره حیات وابسته به این بستر خاکی هستند. آثار مخرب ناشی از آلاینده‌ها ابتدا با ورود و انباشت در خاک آغازشده و سپس به پیکره گیاهان وارد می‌شود که باعث اختلال در رشد طبیعی گیاهان و صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌ها می‌شود (تمرتاش و همکاران، ۱۳۹۶). در این میان آلودگی خاک به فلزات سنگین به‌دلیل پراکنش گسترده، تجمع زیستی بالا و نیمه‌عمر بیولوژیکی طولانی سبب تهدید جنبه‌های کمی و کیفی امنیت غذایی شده و سلامتی موجودات زنده را به خطر می‌اندازند (Yousaf et al., 2017). عمده‌ترین منبع رهاسازی فلزات سنگین فعالیت‌های صنعتی، معدن کاری، مصرف سوخت فسیلی، دفع زباله‌های شهری و صنعتی و کاربرد آفت‌کش‌ها و لجن فاضلاب در بخش کشاورزی است (Kiran et al., 2017).

کارخانه سیمان از طریق انتشار گردوغبار حاوی عناصر سنگین ابتدا هوا را آلوده کرده و سپس از طریق هوا، به خاک و رسوب منتقل می‌شود و درنهایت گیاهان، جانوران و انسان در معرض این آلودگی قرار می‌گیرند (Addo et al., 2012). سیمان خالص معمولاً از ۲۵، ۲۱، ۲۰ و ۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم کروم، مس، سرب و روی ساخته‌شده است و در هنگام تولید ۱ Kg سیمان حدود۰/۰۷ Kg گردوغبار تولید می‌شود (Olowoyo et al., 2015).

خاک و گیاهان رشد یافته در مجاورت مناطق صنعتی به‌خوبی قادرند غلظت تشدید شونده فلزات سنگین را نشان دهند، بنابراین در بسیاری از موارد به‌عنوان زیست ردیاب بار آلودگی منطقه مورداستفاده قرار می‌گیرند (عطاآبادی و همکاران، ۱۳۸۸). روند رو به رشد افزایش جمعیت و نیاز به احداث کارخانه‌ها در نقاط مختلف نیازمند بررسی میزان و نوع آلودگی این صنایع است تا از نتایج این پژوهش‌ها جهت ارائه راه‌حل‌هایی برای رفع و یا کاهش آلاینده‌ها از محیط‌زیست استفاده شود (Addo et al., 2012). از بین روش‌های مختلف برای حذف فلزات سنگین به‌کارگیری گیاهان به‌علت اقتصادی بودن و سازگاری گیاهان با محیط‌زیست از روش‌های مؤثر است که با استفاده از آب، خاک و هوا در تغییر شرایط بوم‌شناختی مشارکت مهمی دارند و می‌توان از آن‌ها برای پاک‌سازی بوم نظام‌های آلوده به انواع آلاینده‌ها استفاده نمود (منتظری و همکاران، ۱۳۹۷).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

گیاهان اجزای اساسی در اکوسیستم‌ها هستند، زیرا انتقال عناصر از محیط‌زیست غیرزنده به زنده را بر عهده‌دارند (Martínez-Lopez et al., 2014). گونه‌های گیاهی در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین، می‌توانند بخشی از این فلزات را جذب کنند و به این طریق تا حدی از آلودگی محیط بکاهند (Burken et al., 2011). استفاده از گیاهان برای کاهش آلودگی یک فناوری با هزینه کم و ساده است که از گیاهان علوفه‌ای، چوبی و بوته‌ای به‌منظور حذف، تثبیت و بی‌اثر کردن آلاینده‌ها مانند فلزات سنگین در خاک استفاده می‌کنند (Zoufan et al., 2013). کاشت درختان یکی از استراتژی‌های کاهش اثرات مواجهه با گردوغبار سیمان است (Yahaya et al., 2013).

برای ارزیابی توانمندی گیاهان و معرفی آن‌ها برای پالایش آلودگی، باید بعد از مشخص کردن مقدار فلزات سنگین قابل‌استخراج در نمونه‌های گیاهی و خاک شاخص‌های مختلف را محاسبه نمود و براساس این شاخص‌ها، گونه مناسب برای پالایش خاک‌های آلوده معرفی شود (طویلی و همکاران، ۱۳۹۷). شاخص انباشت فلزات سنگین به‌عنوان یک شاخص مهم جهت انتخاب گونه مناسب برای گیاه پالایی کاربرد دارد (Giacomino et al., 2016). برگ گیاهان به‌طور هم‌زمان عناصر مختلف را تجمع می‌دهد، بنابراین برای ارزیابی عملکرد کلی سمیت فلزات سنگین در گیاهان از شاخص انباشت فلزات استفاده می‌شود. گیاهانی با مقادیر بالاتر MAI باید به‌عنوان حائل بین مناطق آلوده و غیر آلوده در نظر گرفته شوند (Hu et al., 2014). همچنین شاخص تجمع زیستی قابلیت گیاه را در جذب فلزات سنگین از خاک و تجمع آن‌ها را در داخل اندام‌ها (ریشه، ساقه یا برگ‌ها) نشان می‌دهد این شاخص از نسبت غلظت فلزات سنگین در داخل اندام‌های گیاهی به غلظت آن‌ها در خاک به‌دست می‌آید (Tang et al., 2019). در مطالعات مختلف هم‌زمان با بررسی آلودگی خاک به فلزات سنگین و به‌منظور تعیین اثرات کارخانه سیمان بر بخش زنده اکوسیستم، از گیاهان به‌عنوان ردیاب زیستی استفاده‌شده و به بررسی آلودگی فلزات سنگین در آن‌ها پرداخته‌اند. ازجمله؛ پورخباز و جوانمردی (۱۳۹۷) غلظت فلزات سنگین در پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان بهبهان توسط بیواندیکاتورهای گیاهی تعیین کردند. منتظری و همکاران (۱۳۹۵) غلظت سرب، روی و مس در خاک و گونه مرتعی *Kochia prostrate* (L.) *Schrad* در اطراف کارخانه سیمان فیروزکوه بررسی نمودند. پناه و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی گیاه پالایي کادمیوم، روي، سرب و منگنز در برگ ۹ گونه درختي اطراف کارخانه سیمان ایلام پرداختند؛ صائب و همکاران (۱۳۹۳) غلظت فلزات سنگین در برگ گونه‌های گیاهی اطراف کارخانه سیمان پیوند گلستان را مطالعه نمودند. اولوویو و همکاران (Olowoyo et al., 2015). فلزات سنگین را در خاک و گیاهان اطراف کارخانه سیمان پرتوریا، آفریقای جنوبی ردیابی نمودند؛ ایسیکلی و همکاران (Isikli et al., 2006) در خاک و برگ گیاهان یک منطقه روستایی در ترکیه در معرض قرار گرفتن با کادمیوم ناشی از انتشار گردوغبار سیمان را بررسی نمودند؛ ادو و همکاران (et

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Addo al., 2012) آلودگی فلزات سنگین در خاک و گیاهان در محدوده کارخانه سیمان در ولتا (کشور غنا) را مطالعه کردند؛ الود و همکاران (AL-Oud ra al., 2011). توزیع فلزات سنگین در خاک و گیاهان اطراف کارخانه سیمان در شهر ریاض، عربستان سعودی را بررسی نمودند؛ ادجوح (Adejoh, 2016) به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک و گیاه در نزدیکی یک کارخانه سیمان در شمال نیجریه پرداختند.

در مطالعات اندکی از شاخص‌های انباشت فلزات سنگین و شاخص تجمع زیستی به‌منظور مطالعه‌ی آلودگی فلزات سنگین در گیاهان اطراف کارخانه سیمان استفاده‌شده است اما در مطالعه‌ی حاضر از این شاخص‌ها باهدف بررسی توانایی گیاهان اطراف کارخانه سیمان نهاوند در جذب فلزات سنگین استفاده‌شده است. همچنین در این مطالعه اثر نوع گونه، فاصله از کارخانه سیمان و خصوصیات خاک (pH، EC، ماده آلی و میزان فلزات سنگین خاک) روی جذب فلزات سنگین بررسی‌شده است.

مواد و روش‌ها

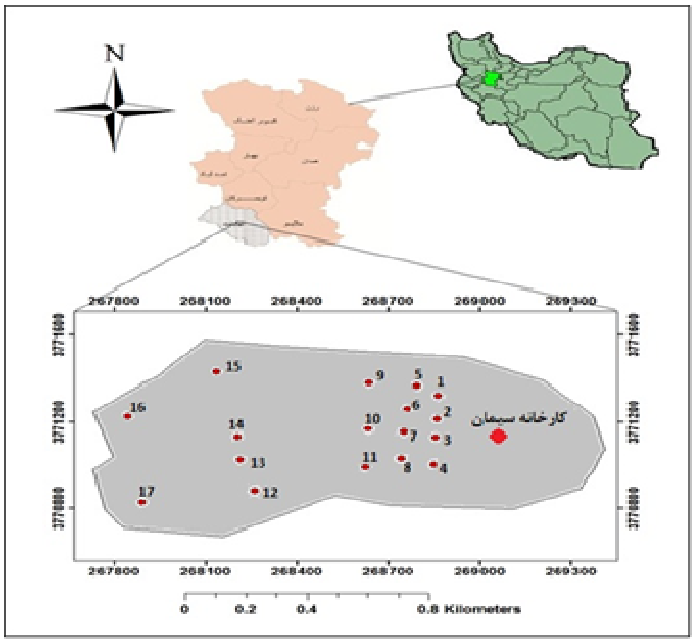
منطقه موردمطالعه

موقعیت کارخانه سیمان نهاوند به‌عنوان منطقه موردمطالعه "۴۸°۲۹′۵۴/۴۳ طول جغرافیایی و "۳۴°۳′۱۶/۳۵ عرض جغرافیایی است. این کارخانه به مساحت ۶۵ هکتار در فاصله ۱۷ کیلومتری شهر نهاوند واقع‌شده است. موقعیت منطقه موردمطالعه در شکل ۱ ارائه‌شده است. به‌منظور کنترل آلودگی کارخانه سیمان چندین گونه درختی در فواصل مختلف کارخانه کشت‌شده است. گونه‌های مورد بررسی در این مطالعه شامل اقاقیا (*Robinia Pseudoacacia* L.)، صنوبر (*Populus nigra* L)، سنجد (*Elaeagnus angustifolia* L)، زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و سرو خمره‌ای (*Thuja orientalis* L) می‌باشند.

روش نمونه‌برداری

در این مطالعه به روش سیستماتیک تصادفی از فواصل ۳۰۰،۵۰۰،۸۰۰،۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متری کارخانه سیمان نهاوند از خاک و گونه‌های گیاهی رشد کرده در این فواصل نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های خاک از اطراف هرگونه و از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری برداشت شدند. با توجه به رشد گونه‌های درختی در هر محدوده برای فاصله ۳۰۰ متری اقاقیا، صنوبر، سنجد و سرو خمره‌ای؛ برای ۵۰۰ متری اقاقیا، صنوبر، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای؛ برای ۸۰۰ متری صنوبر، سنجد و سرو خمره‌ای؛ برای ۱۰۰۰ متری اقاقیا، صنوبر، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای و برای ۲۰۰۰ متری دو گونه صنوبر و سنجد مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. به‌طوری‌که نمونه برگ از قسمت‌های مختلف گیاه به مقدار کافی برداشت شد و در فواصل مختلف برای هرگونه سه درخت به‌طور تصادفی انتخاب و مورد نمونه‌برداری قرار گرفت.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه و نقاط نمونه‌برداری

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی کدگذاری شده به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های خاک چند روز متوالی در دمای محیط هوا خشک شدند. سپس از دو الک ۲ میلی‌متری و ۰/۱۴۹ میلی‌متری عبور داده شدند. جهت سنجش فلزات سنگین و خصوصیات خاک (pH، EC و ماده آلی) به‌ترتیب نمونه‌های عبور داده‌شده از الک ۰/۱۴۹ و الک ۲ میلی‌متری استفاده شد. نمونه‌های برگ نیز طی چند روز در دمای اتاق هوا خشک و سپس با استفاده از آسیاب کاملاً خرد شدند و برای اندازه‌گیری پارامترهای موردنظر در شرایط استاندارد نگه‌داری شدند.

آنالیزهای آزمایشگاهی

برای اندازه‌گیری pH و Ec نمونه‌های خاک نسبت ۱ به ۵ خاک (۵ گرم) به آب (۲۵ سی‌سی) استفاده شد و این مخلوط به‌مدت ۲ ساعت روی شیکر قرار داده شد. سپس مقادیر pH عصاره‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (AZ 86552) و EC با استفاده از EC متر (AZ 86505) سنجش شد. به‌منظور اندازه‌گیری درصد ماده آلی ۲۵ گرم نمونه خاک به‌مدت ۴ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

گراد در داخل کوره قرار گرفت و از اختلاف وزن ایجادشده درصد ماده آلی خاک به‌دست آمد (ASTM D2974-00, 2000). جهت سنجش فلزات سنگین از روش هضم تر استفاده شد بدین ترتیب که به دو گرم خاک ترکیبی از سه اسید شامل ۴، ۱۲ و ۴ میلی‌لیتر HNO_3، HCL و $HCLO_4$ اضافه و به‌مدت ۶ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد گرما داده شد. پس از اتمام عملیات هضم، نمونه‌ها توسط کاغذ واتمن ۴۲ صاف‌شده و با آب دو بار تقطیر به حجم ml25 رسیدند. درنهایت غلظت فلزات (Cd،Mn،Zn و Ni توسط دستگاه جذب اتمی (ContrAA 700) تعیین شد. به‌منظور هضم نمونه‌های برگ به ۲ گرم از نمونه ترکیبی از سه اسید شامل ۴، ۱۲ و ۴ میلی‌لیتر HNO_3، HCL و $HCLO_4$ اضافه‌شده و به‌مدت ۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد گرما داده شد. نمونه‌ها پس از سرد شدن از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند و با استفاده از آب دو بار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسیده شدند. جهت کنترل کیفیت آنالیزهای انجام‌شده، نمونه شاهد که تنها محتوای مواد مورداستفاده جهت هضم است؛ نیز در کنار سایر نمونه‌ها آنالیز شد.

شاخص‌های تجمع زیستی و انباشت فلزات

در مطالعه حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل گونه‌های اقاقیا، سنجد، صنوبر، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای به‌عنوان جاذب فلزات سنگین دو شاخص BCF و MAI برآورد شد. روابط آن‌ها در زیر ارائه‌شده است. شاخص تجمع زیستی از تقسیم غلظت فلز سنگین در بافت گیاهی (ریشه و یا اندام هوایی) به غلظت همان عنصر در خاک به‌دست می‌آید (Arnot and Gobas, 2006). براساس تقسیم‌بندی بینی و همکاران (Bini et al., 1995) گونه که دارای BCF بین ۱۰-۱، ۱-۰/۱،۰/۱-۰/۰۱ و کم‌تر از ۰/۰۱ باشد به‌ترتیب بیش انباشت‌گر، متوسط انباشت‌گر، کم انباشت‌گر و غیر انباشت‌گر می‌باشد.

رابطه ۱ $$BCF=\frac{C\ plant\ tissue}{C\ soil}$$

در این رابطه Cplant tissue: غلظت فلز سنگین در بافت گیاهی و Csoil: غلظت فلز سنگین در خاک است. ازآنجاکه گیاهان قادرند به‌طور هم‌زمان چندین فلز سنگین را در خود انباشته نمایند شاخص MAI برای بررسی مقدار انباشت هم‌زمان فلزات گوناگون توسط هرگونه با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Monfared et al., 2013; Liu et al., 2007).

رابطه ۲ $$MAI=\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{j=1}^{N} I_j$$

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

که در آن N تعداد فلزات اندازه‌گیری شده، I_j برای هر فلز از تقسیم میانگین غلظت در اندام گیاه به مقدار انحراف معیار آن به‌دست می‌آید.

تجزیه و تحلیل آماری

پیش از انجام آنالیزهای آماری نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene's test مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی اثر گونه در جذب فلزات سنگین مقایسه میانگین بین گونه‌های مختلف حاضر در هر فاصله با استفاده از آزمون کروسکال والیس انجام شد. همچنین جهت بررسی اثر فاصله، یک‌گونه خاص در فواصل مختلف با استفاده از آزمون کروسکال والیس مقایسه شدند. برای مقایسه دوبه‌دو آزمون U Mann-Whitney به‌کار گرفته شد. به‌منظور بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین خاک، گیاه و فاکتورهای خاک از آزمون اسپیرمن استفاده شد. آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 و رسم نمودارها و محاسبه شاخص‌ها با استفاده Excel 2013 انجام شد.

نتایج

اطلاعات توصیفی

اطلاعات توصیفی فلزات سنگین در گونه‌های مختلف و خاک اطراف آن‌ها به تفکیک فواصل موردمطالعه در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه‌شده است. براساس نتایج جدول ۱ در فاصله ۳۰۰ متری که نزدیک‌ترین فاصله به منبع آلودگی است برای کادمیوم و منگنز به‌ترتیب گونه‌های سنجد، صنوبر، اقاقیا و سرو خمره‌ای بیشترین تا کمترین غلظت را دارا می‌باشند و بیشترین غلظت کادمیوم (۰/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و منگنز (۱۰۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به گونه سنجد می‌باشد در این فاصله صنوبر از بیشترین مقدار روی و سرو خمره‌ای از بیشترین مقدار نیکل برخوردار بودند. به‌طورکلی در تمام فواصل مورد بررسی و برای همه گونه‌ها از بین فلزات سنگین به‌ترتیب کادمیوم، نیکل، روی و منگنز از کمترین به بیشترین مقدار فلزات سنگین قرار گرفتند (جدول ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین (mg/kg) در برگ گونه‌های مختلف به تفکیک فواصل موردمطالعه

گونه	فلزات سنگین	۳۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
Robinia Pseudoacacia L.	Cd	۰/۴۱±۰/۱۸	۰/۵±۰/۰۰۸	-	۰/۸±۰/۰۲۹	-
	Ni	۴/۰۳±۱/۱۲	۲/۴۱±۰/۱۰	-	۲/۳۵±۱/۲۵	-
	Mn	۷۲/۲±۲۰	۳۸/۶±۲/۲	-	۵۸/۳±۲/۳	-
	Zn	۱۳/۹±۲/۸	۵/۸±۰/۳۲	-	۹/۵۹±۴/۷	-
Populus nigra L	Cd	۰/۴۳±۰/۰۲	۰/۶۶±۰/۲۳	۰/۴۶±۰/۰۱	۰/۶۲±۰/۰۴	۰/۷±۰/۱۲
	Ni	۲/۸±۰/۳	۱/۴±۰/۲۵	۲/۷۴±۱/۰۶	۱/۷±۰/۰۹	۴/۳±۱/۶
	Mn	۸۵/۶±۱/۸	۹۳/۰۷±۱۵/۶	۸۴/۴±۱/۱	۸۲/۲±۵/۱	۶۶/۶±۲۰
	Zn	۲۰/۸±۹/۵	۱۸/۳±۳/۳	۲۶/۲±۷/۵	۲۸/۶±۰/۷	۲۹/۰۴±۱/۹۵
Elaeagnus angustifolia L	Cd	۰/۵۷±۰/۱۵	-	۰/۳۶±۰/۰۱	-	۰/۳۵±۰/۰۱
	Ni	۴/۹±۰/۴۸	-	۳±۲/۴	-	۲/۲±۰/۰۹
	Mn	۱۰۷/۸±۲۲/۲	-	۷۵/۶±۱/۷	-	۷۵/۲±۰/۹
	Zn	۱۲/۸±۱/۶	-	۷/۶±۶/۴	-	۸/۳±۰/۲
Thuja orientalis L	Cd	۰/۳۵±۰/۰۱	۰/۳±۰/۰۱	۰/۳۲±۰/۰۱	۰/۳۳±۰/۰۱	-
	Ni	۱۲/۹±۳/۱	۰/۸۶±۰/۵	۲/۰۸±۰/۶۹	۷/۶±۲/۲	-
	Mn	۵۴/۹±۵/۲	۵۳/۱±۴/۵	۲۹/۱±۵/۲	۵۲/۸±۱/۳	-
	Zn	۹/۴±۰/۲۷	۲/۹±۲/۴	۶/۰۹±۰/۷	۹/۱±۰/۵۴	-
Fraxinus excelsior	Cd	-	۰/۳±۰/۰۰۸	-	۰/۴۸±۰/۱۵	-
	Ni	-	۵۵/۸±۳/۰۱	-	۵۲/۵±۲۰/۵	-
	Mn	-	۳/۳±۰/۴۷	-	۴/۶±۲/۱	-
	Zn	-	۱۰/۰۱±۱/۱	-	۱۹/۶±۲۳/۹	-

- بیانگر عدم حضور گونه در این فاصله است.

براساس نتایج جدول ۲ ملاحظه شد در فاصله ۳۰۰ متری مقادیر فلزات سنگین در خاک اطراف گونه سنجد بیشتر از سایر گونه‌ها است و در فاصله ۵۰۰ متری خاک اطراف صنوبر و زبان‌گنجشک از بالاترین مقادیر فلزات سنگین برخوردارند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین (mg/kg) در خاک اطراف گونه‌های مختلف به تفکیک فواصل موردمطالعه

گونه	فلزات سنگین	۳۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
Robinia Pseudoacacia L.	Cd	۰/۹۴±۰/۰۱۴	۰/۹۴±۰/۰۱۴	-	۰/۹۷±۰/۰۰۵	-
	Ni	۲۲۵/۲±۲/۷۱	۱۳۴/۶±۸/۸۳	-	۲۳۷/۹±۳۳/۱	-
	Mn	۲۲۳/۲±۵/۵۷	۲۰۴/۶±۴/۳۸	-	۱۹۹/۶±۴۴/۰۶	-
	Zn	۴۵/۵±۰/۶۶	۳۱/۶۳±۰/۴۵	-	۴۷/۳±۱/۸۵	-
Populus nigra L	Cd	۰/۹۹±۰/۰۲۳	۰/۹۴±۰/۰۲۲	۱/۰۳±۰/۰۲۷	۰/۹۲±۰/۰۱۴	۰/۹۱±۰/۰۲
	Ni	۱۹۰/۵±۸/۸	۲۷۵±۶/۰۳	۲۰۷/۷±۵/۹۹	۲۵۹/۳±۱/۲۵	۲۴۸/۸±۳/۱۰
	Mn	۲۴۵/۹±۰/۴۰	۲۰۷±۵/۳۷	۲۳۰/۲±۲/۱۸	۱۸۴/۶±۶/۰۹	۲۴۰/۵±۰/۷۱
	Zn	۴۴/۹±۰/۹۴	۴۶/۴۴±۰/۲۹	۳۹/۱۷±۰/۰۵۲	۴۳/۲۱±۰/۵۴	۴۱/۰۶±۰/۳۸
Elaeagnus angustifolia L	Cd	۱/۲۱±۰/۰۱۹	-	۰/۸۸±۰/۰۵	-	۰/۸۶±۰/۰۰۵
	Ni	۲۵۹/۷±۶/۱۰	-	۱۵۰/۷±۵۱/۹۰	-	۲۵۲/۶±۶/۳
	Mn	۴۰۴/۹±۳/۸۱	-	۱۶۴/۲±۳۲/۴۲	-	۱۹۹/۸±۳۰/۷
	Zn	۴۶/۴۶±۱/۲	-	۳۵/۷۴±۱۲/۴۱	-	۳۶/۵۴±۱۵/۰۳
Thuja orientalis L	Cd	۱/۰۳±۰/۰۲۵	۰/۸۵±۰/۰۲۵	۰/۹۰±۰/۰۰۵	۱/۱۱±۰/۱۱	-
	Ni	۱۲۹/۴±۱۰/۵۸	۱۶۰±۴/۹۴	۲۲۰/۵±۴/۲	۲۲۶/۸±۱/۳۹	-
	Mn	۲۲۷/۲±۰/۸۱	۱۵۶/۹±۳/۳۸	۱۸۷/۵±۴/۳	۲۲۶/۰۴±۱/۴۹	-
	Zn	۳۹/۵۷±۰/۴۱	۴۰/۹۲±۰/۹۴	۴۰/۱۸±۱/۲۷	۴۱/۲۶±۱/۲۸	-
Fraxinus excelsior	Cd	-	۱/۰۶±۰/۹۵	-	۰/۹۵±۰/۰۱۵	-
	Ni	-	۱۸۹/۲±۲/۳۳	-	۱۱۹/۵±۶/۲۳	-
	Mn	-	۲۱۸/۴±۱/۵۹	-	۱۸۱/۰۸±۷	-
	Zn	-	۴۶/۳۷±۰/۳۶	-	۳۰/۷۴±۲/۹۸	-

- بیانگر عدم حضور گونه در این فاصله است.

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی

پارامترهای شیمیایی	فواصل مورد بررسی				
	۳۰۰ متر	۵۰۰ متر	۸۰۰ متر	۱۰۰۰ متر	۲۰۰۰ متر
اسیدیته (pH)	۷/۲۰	۷/۳۶	۷/۷۰	۷/۴۸	۷/۶۷
هدایت الکتریکی (EC)	۰/۳۹	۰/۲۱۶	۰/۲۱۱	۰/۲۳۹	۰/۱۵
درصد ماده آلی	۷/۹۷	۶/۲۵	۷/۷۷	۷/۴۲	۹/۲

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موردمطالعه در فواصل مختلف در جدول ۳ آمده است. براساس این نتایج خاک موردمطالعه قلیایی و غیر شور می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

بررسی اثر گونه بر تجمع فلزات سنگین

نتایج آزمون کروسکال والیس به‌منظور بررسی اثر گونه بر تجمع فلزات سنگین برگ در جدول ۴ ارائه‌شده است. این نتایج نشان داد در فاصله ۳۰۰ متر گونه‌های مورد بررسی ازنظر فلزات سنگین روی و نیکل؛ در فاصله ۵۰۰ متری ازنظر تجمع فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، منگنز و روی؛ در فاصله ۸۰۰ متر ازنظر کادمیوم و منگنز؛ در فاصله ۱۰۰۰ متر در مورد کادمیوم و نیکل و در فاصله ۲۰۰۰ متر ازنظر کادمیوم و نیکل دارای اختلاف آماری معنی‌داری هستند ($P<0.05$). بنابراین به‌طورکلی بین گونه‌های مختلف ازنظر تجمع فلزات سنگین مختلف اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد در نتیجه اثر گونه بر تجمع فلزات سنگین در برگ گونه‌های مورد بررسی معنی‌دار است.

جدول ۴- نتایج مقایسه گونه‌های مختلف در هر یک از فواصل مورد بررسی ازنظر غلظت فلزات سنگین

فلزات سنگین		۳۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
Cd	Chi-Square	۵/۳۵	۱۰/۳۸	۷/۲	۹/۱۵	۳/۸
	سطح معنی‌داری	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵
Ni	Chi-Square	۹/۶۶	۹/۹۷	۱/۰۶	۸/۰۷	۳/۸
	سطح معنی‌داری	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۵	۰/۰۴	۰/۰۵
Mn	Chi-Square	۶/۸۹	۹/۴۶	۷/۲	۶/۸	۰/۰۴
	سطح معنی‌داری	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۸۲
Zn	Chi-Square	۸/۲۳	۱۰/۳۸	۵/۶	۳/۹	۰/۴۲
	سطح معنی‌داری	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۲	۰/۵۱
	درجه آزادی	۳	۳	۲	۳	۱

بررسی اثر فاصله از منبع بر تجمع فلزات سنگین

جهت بررسی اثر فاصله، غلظت فلزات سنگین در هرگونه برای فواصل مختلف با استفاده از آزمون کروسکال والیس مقایسه شد. در جدول ۵ نتایج این مقایسه ارائه‌شده است. براساس این نتایج بین فواصل مختلف برای اقاقیا از نظر Cd و Mn برای صنوبر بین Cd و Ni؛ در مورد سنجد بین Cd، Ni، Mn و Zn و در زبان‌گنجشک تنها در مورد Cd اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد ($P<0.05$). بنابراین به‌طورکلی اثر فاصله بر تجمع فلزات سنگین در برگ گونه‌های مورد بررسی معنی‌دار می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

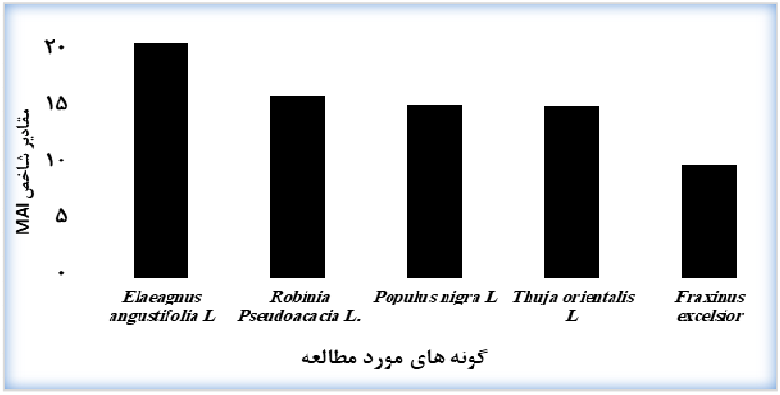
جدول ۵- نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین هرگونه در فواصل مختلف

گونه	درجه آزادی		Cd	Mn	Zn	Ni
Robinia Pseudoacacia L	۲	Chi-Square	۵/۶	۶/۴	۳/۸۲	۳/۲۸
		سطح معنی‌داری	۰/۰۶	۰/۰۳۹	۰/۱۴۸	۰/۱۹۳
Populus nigra L	۴	Chi-Square	۱۰/۷۶	۶/۵۶	۲/۹۳	۱۱/۵۶
		سطح معنی‌داری	۰/۰۲۹	۰/۱۶۱	۰/۵۶	۰/۰۲۱
Elaeagnus angustifolia L	۲	Chi-Square	۵/۹۵	۵/۴۲	۳/۸۲	۳/۸۲
		سطح معنی‌داری	۰/۰۵۱	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۴
Thuja orientalis L	۳	Chi-Square	۸/۰۷	۸/۲۳	۹/۶۶	۱۰/۳۸
		سطح معنی‌داری	۰/۰۴۴	۰/۰۴۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶
Fraxinus excelsior	۱	Chi-Square	۳/۸۵	۰/۴۲۹	۰/۴۲۹	۰/۴۲۹
		سطح معنی‌داری	۰/۰۵۰	۰/۵۱۳	۰/۵۱۳	۰/۵۱۳

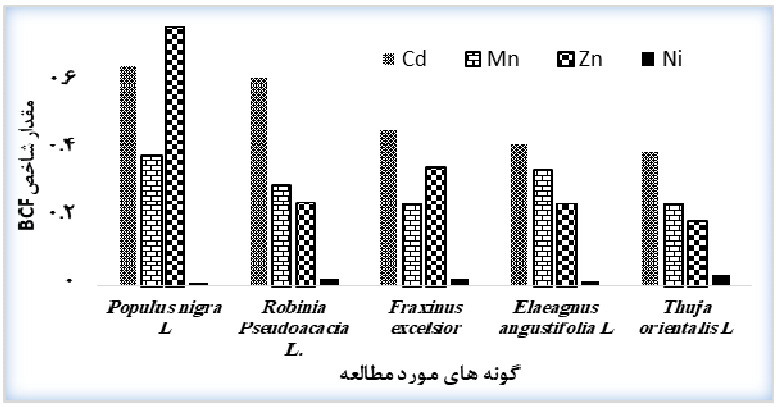
شاخص‌های تجمع و انباشت فلزات سنگین

به‌منظور تعیین وضعیت کلی تجمع فلزات سنگین در گونه‌های موردمطالعه، شاخص انباشت فلزات برای آن‌ها محاسبه شد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه‌شده است. براساس این نتایج ملاحظه گردید که از بین گونه‌های مورد بررسی گونه سنجد بالاترین مقدار شاخص انباشت فلزات را دارد و برای مجموع فلزات مورد بررسی تجمع دهنده بهتری است و پس‌ازآن اقاقیا از چنین شرایطی برخوردار است. جهت تعیین قابلیت گونه‌های مختلف به‌عنوان تجمع دهنده هر یک از فلزات سنگین مورد بررسی از شاخص BCF استفاده شد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه‌شده است. گونه‌های مورد بررسی کمترین و بیشترین مقدار شاخص BCF را به‌ترتیب در مورد نیکل و کادمیوم داشتند و گونه اقاقیا بالاترین مقدار شاخص BCF را برای Cd، Mn و Zn به خود اختصاص داده و در مورد Ni با اندکی اختلاف گونه سنجد مقدار بالاتری دارا می‌باشد. همچنین به‌طورکلی گونه‌های مورد بررسی برای Cd بالاترین مقدار شاخص BCF را داشتند. براساس طبقه‌بندی بینی و همکاران (Bini et al., 1995) گونه‌های موردمطالعه برای Cd، Mn و Zn انباشتگر متوسط و برای Ni برخی گونه‌ها در بعضی فواصل کم انباشتگر و برخی دیگر غیر انباشتگر محسوب می‌شوند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۲- وضعیت گونه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه ازنظر شاخص MAI



شکل ۳- وضعیت گونه‌های مختلف در منطقه موردمطالعه ازنظر شاخص BCF برای فلزات سنگین مورد بررسی

ارتباط بین فلزات سنگین در گونه‌های درختی با خصوصیات خاک

نتایج آزمون اسپیرمن به‌منظور بررسی ارتباط بین فلزات سنگین در گونه‌های درختی و خصوصیات خاک (pH، EC، ماده آلی و فلزات سنگین در خاک) در جدول ۶ ارائه‌شده است. در اقاقیا Ni با pH خاک و کادمیوم با EC همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد ($P<0.05$). در سرو خمره‌ای Ni و Zn با pH خاک همبستگی منفی و معنی‌داری ($P<0.05$) و با EC رابطه مثبت و معنی‌داری داشتند ($P<0.01$). Cd در سنجد، صنوبر و سرو خمره‌ای با Cd خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد ($P<0.01$). Ni در سرو خمره‌ای با Mn و Cd خاک؛ در اقاقیا و صنوبر با Mn خاک؛ در سنجد با Cd خاک دارای رابطه مثبت و معنی‌داری ($P<0.01$) و در زبان‌گنجشک با کادمیوم خاک دارای رابطه منفی و معنی‌دار بود ($P<0.05$). به‌طورکلی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (pH، EC،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

ماده آلی و میزان فلزات سنگین در خاک) بر میزان جذب فلزات سنگین در گونه‌های مورد بررسی مؤثر است.

جدول ۶- رابطه بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در خاک با میزان فلزات سنگین در گونه‌های درختی

		خاک Cd	خاک Zn	خاک Ni	خاک Mn	خاک EC	خاک PH	گیاه Cd	گیاه Mn	گیاه Zn	گیاه Ni	ماده آلی خاک
Thuja orientalis L	Cdخاک	۱										
	Znخاک	-۰/۱۲	۱									
	Niخاک	۰/۲۲	.۰/۴۰	۱								
	Mnخاک	۰/۹**	-۰/۳۹	-۰/۰۳	۱							
	ECخاک	۰/۸۴**	-۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۸۰**	۱						
	PHخاک	-۰/۷۱**	۰/۲۱	۰/۲۱	-۰/۷۳**	-۰/۶۱*	۱					
	Cdگیاه	۰/۷۴**	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۵۸*	۰/۵۵	-۰/۵۴	۱				
	Mnگیاه	۰/۵۰	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۳۷	۰/۵۱	-۰/۵۶	۰/۶۰*	۱			
	Znگیاه	۰/۸۱**	-۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۷۶**	۰/۷۱**	-۰/۶۳*	۰/۸۷**	۰/۴۹	۱		
	Niگیاه	۰/۸۳**	-۰/۳۸	-۰/۱۴	۰/۹۳**	۰/۷۵**	-۰/۶۶*	۰/۶۸*	۰/۴۲	۰/۸۱**	۱	.
	ماده آلی خاک	۰/۰۲	-۰/۰۷	۰/۲۳	-۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۵۶	-۰/۱۴	-۰/۴۳	-۰/۰۵	۰/۰۳	۱
Fraxinus excelsior	Cdخاک	۱										
	Znخاک	۰/۷۵	۱									
	Niخاک	۰/۲۹	۰/۷۷	۱								
	Mnخاک	۰/۷۵	۱**	۰/۷۷	۱							
	ECخاک	۰/۳۵	۰/۶۱	۰/۷۹	۰/۶۱	۱						
	PHخاک	-۰/۹۲**	-۰/۷۷	-۰/۳۱	-۰/۷۷	-۰/۲۰	۱					
	Cdگیاه	-۰/۴۹	-۰/۸۲*	-۰/۹۴**	-۰/۸۲*	-۰/۷۰	۰/۴۸	۱				
	Mnگیاه	۰/۳۷	۰/۰۸	-۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۵۳	-۰/۲۰	۰/۰۸	۱			
	Znگیاه	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۵۳	-۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۹۴**	۱		
	Niگیاه	-۰/۸۱*	-۰/۳۷	۰/۰۸	-۰/۳۷	-۰/۲۶	۰/۷۱	۰/۰۲	-۰/۷۷	-۰/۷۱	۱	
	ماده آلی خاک	۰/۰۸	-۰/۱۴	-۰/۵۸	-۰/۱۴	-۰/۸۰	-۰/۳۱	۰/۴۹	-۰/۳۱	-۰/۲۳	-۰/۱۴	۱
Robinia Pseudoacacia L	Cdخاک	۱										
	Znخاک	۰/۵۶	۱									
	Niخاک	۰/۳۶	۰/۶۳	۱								
	Mnخاک	-۰/۲۷	-۰/۲۱	۰/۴۱	۱							

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

ادامه جدول (۶)

		Cdخاک	Znخاک	Niخاک	Mnخاک	ECخاک	PHخاک	Cdگیاه	Mnگیاه	Znگیاه	Niگیاه	ماده آلی خاک
Robinia Pseudoacacia L	ECخاک	-۰/۶۱	-۰/۲۱	-۰/۰۲	۰/۴۷	۱						
	PHخاک	۰/۴۱	-۰/۲۰	-۰/۵۰	-۰/۴۱	-۰/۷۷*	۱					
	Cdگیاه	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۱۱	-۰/۴۶	-۰/۷۶*	۰/۴۴	۱				
	Mnگیاه	۰/۰۲	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۰۶	۱			
	Znگیاه	-۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۴۰	۰/۲۶	-۰/۳۲	۰/۰۳	۰/۸۶**	۱		
	Niگیاه	-۰/۵۲	-۰/۲۰	۰/۴۱	۰/۸۶**	۰/۵۸	-۰/۶۷*	-/۳۸۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۱	
	ماده آلی خاک	۰/۱۲	۰/۶۵	۰/۱۳	-۰/۳۵	۰/۱۶	-۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۶۵	۰/۵۰	-۰/۱۳	۱
Populus nigra L	Cdخاک	۱										
	Znخاک	-۰/۱۵	۱									
	Niخاک	-۰/۵۱	۰/۳۷	۱								
	Mnخاک	۰/۲۵	-۰/۱۰	-۰/۷۷**	۱							
	ECخاک	۰/۳۳	۰/۴۱	-۰/۴۰	۰/۴۴	۱						
	PHخاک	-۰/۲۷	-۰/۱۶	-۰/۰۸	۰/۲۷	-۰/۲۱	۱					
	Cdگیاه	-۰/۶۸**	۰/۰۱	۰/۷۳**	-۰/۴۲	-۰/۳۹	۰/۲۲	۱				
	Mnگیاه	۰/۶۰*	۰/۳۰	۰/۰۶	-۰/۰۵	۰/۴۰	-۰/۴۹	-۰/۱۵	۱			
	Znگیاه	-۰/۰۱	-۰/۴۱	-۰/۰۶	۰/۰۱	-۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۳۶	-۰/۰۷	۱		
	Niگیاه	-۰/۰۳	-۰/۵۶*	-۰/۶۵**	۰/۶۸**	-۰/۰۷	۰/۳۲	-۰/۲۳	-۰/۵۱*	۰/۰۲	۱	
	ماده آلی خاک	-۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۳۰	-۰/۱۵	۰/۳۱	-۰/۳۱	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۲۲	-۰/۲۶	۱
Elaeagnus angustifolia L	Cdخاک	۱										
	Znخاک	۰/۷۱*	۱									
	Niخاک	۰/۳۸	۰/۴۸	۱								
	Mnخاک	۰/۷۵*	۰/۶۱	۰/۷*	۱							.
	ECخاک	۰/۳۰	۰/۰۴	-۰/۱۰	۰/۱۸	۱						
	PHخاک	۰/۳۷	۰/۳۵	-۰/۰۹	-۰/۱۰	۰/۱۶	۱					
	Cdگیاه	۰/۹**	۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۵۸	۰/۳۳	۰/۵۸	۱				
	Mnگیاه	۰/۵۱	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۵۵	۰/۶۵	۱			
	Znگیاه	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۴۳	۰/۲۵	۰/۰۰۸	۰/۵۰	۰/۵۵	۱		
	Niگیاه	۰/۸**	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۵۶	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۸۳**	۰/۳۱	۰/۶۱	۱	
	ماده آلی خاک	-۰/۲۵	-۰/۲۳	-۰/۰۸	۰/۰۰	-۰/۶۸*	-۰/۴۲	-۰/۳۳	-۰/۵۳	-۰/۲۳	-۰/۰۸	۱

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی آلودگی با استفاده از گیاهان می‌تواند برای نظارت بر محیط‌زیست مفید باشد. عناصر فلزی سنگین بیشتر در برگ گیاهان تجمع پیدا می‌کند (Subhashini and Swamy, 2013) بنابراین برگ گیاهان بخصوص در نواحی صنعتی و در مناطق شهری که اغلب گلسنگ و خزه از بین رفته‌اند، می‌تواند به‌عنوان ردیاب زیستی عمل کند (Tomasevic et al., 2004). در مطالعه حاضر با بررسی آلودگی فلزات سنگین در برگ گیاهان و خاک اطراف کارخانه سیمان نهاوند ضمن بررسی اثرات این صنعت بر آلودگی فلزات سنگین در محیط‌زیست اطراف آن، بامطالعه‌ی قابلیت تجمع فلزات سنگین در گونه‌های درختی اطراف کارخانه؛ اثر گونه، فاصله از منبع آلودگی و خصوصیات خاک بر تجمع این فلزات بررسی شد. براساس استاندارد (Kabata-Pendias, 2001) حد مجاز نیکل ۰/۱ تا ۵، کادمیوم ۰/۰۵ تا ۰/۲، منگنز ۳۰ تا ۳۰۰ و روی ۲۷ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گیاهان است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد در برخی فواصل برای بعضی گونه‌ها مقدار نیکل اندازه‌گیری شده در برگ بیش‌ازحد مجاز بوده است و در مورد گونه زبان‌گنجشک این مقدار بیش از ۱۰ برابر حد مجاز می‌باشد. برای گونه‌های مورد بررسی غلظت منگنز در برگ از حد مجاز کمتر است و این مقدار در گونه صنوبر و سنجد بیشتر از سایر گونه‌ها به‌دست آمد. برای تمام گونه‌های مورد بررسی غلظت کادمیوم بیش‌ازحد مجاز می‌باشد و در مورد روی غلظت در تمام گونه‌ها کمتر از حد مجاز بوده و در گونه صنوبر این غلظت بالاتر است. اگرچه در برخی گونه‌ها غلظت فلزات سنگین بالاتر از حد مجاز است اما گونه‌های مورد بررسی رشد فیزیولوژیکی خود را همچنان ادامه داده‌اند بنابراین به‌نظر می‌رسد این گونه‌ها مقاوم و مناسب برای گیاه پالایی باشند؛ و با استفاده ازاین‌گونه‌ها می‌توان از گونه‌های گیاهی و محصولات کشاورزی اطراف کارخانه محافظت نمود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد اثر گونه بر تجمع فلزات سنگین معنی‌دار است و بین گونه‌های مختلف ازنظر مقدار برخی فلزات سنگین در برگ اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد ($p<0.05$) که با نتایج معمری و عباسی خالکی (Moameri and Abbasi Khalaki, 2019)؛ مجیدی و همکاران (۱۳۹۴)؛ پناه و همکاران (۱۳۹۶)؛ معمری و همکاران (Moameri et al., 2017)؛ طویلی و همکاران (Tavili et al., 2019) و شعبانیان و چراغی (۱۳۹۲) مطابقت دارد. درختان می‌توانند به‌واسطه شاخ و برگ خود بستری مناسب برای تجمع ذرات معلق هوا باشند و توانایی گونه‌های مختلف در جذب به ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزلوژیکی و اکولوژیکی برگ بستگی دارد (حاتمی‌منش و همکاران، ۱۳۹۸)؛ که ازجمله می‌توان به تنوع و اقسام مختلف برگ (برگ ساده، مرکب، حاشیه‌دار یا بدون حاشیه)، شکل ظاهری برگ (برگ‌های پهن و باریک) اشاره نمود (Weerakkody et al., 2018). ناهمواری سطح خارجی برگ و نیز ساختار میکروسکوپی سطح آن (روزنه‌ها، سلول‌های اپیدرمی و کرک‌ها)، در به دام انداختن و انباشتگی ذرات نقش مؤثری دارد (پورخباز و جوانمردی،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

۱۳۹۷). سطح و شکل برگ در گونه‌های مورد بررسی در این مطالعه متفاوت است به‌طوری سرو خمره‌ای دارای برگ‌های فلس مانند به‌صورت جفت‌های متقابل؛ زبان‌گنجشک به شکل شانه‌ای مرکب، در صنوبر تخم‌مرغی شکل، در اقاقیا متناوب، مرکب تک‌شانه‌ای و بیضی‌شکل و در سنجد برگ‌ها سرنیزه‌ای یا بیضوی و پوشیده از کرک‌های شوره سری است. این تفاوت‌ها در برگ گونه‌های مورد بررسی و همچنین تفاوت در ارتفاع درخت موجب شده است جذب ذرات گردوغبار و فلزات سنگین در آن‌ها متفاوت باشد. در نتیجه اثر گونه بر تجمع فلزات سنگین معنی‌دار است درواقع گونه‌های گیاهی در محیط‌های آلوده می‌توانند بخشی از فلزات سنگین را جذب کنند و به این طریق تا حدی از آلودگی محیط بکاهند. تفاوت در قابلیت و توانایی انباشت فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی مختلف به تفاوت در صفات فیزیولوژیک‌گونه‌ها مربوط است (Burken et al., 2011).

علاوه بر نوع گونه فاصله از منبع آلودگی بر میزان تجمع فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی مؤثر است. براساس نتایج این مطالعه برای گونه سرو خمره‌ای اثر فاصله در تجمع Mn،Zn، Cd و Ni معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$) و بیشترین غلظت این فلزات سنگین در فاصله ۳۰۰ متری مشاهده شد. برای سایر گونه‌ها اثر فاصله در مورد برخی فلزات سنگین معنی‌دار است به‌طوری‌که اثر فاصله بر تجمع منگنز در اقاقیا، تجمع کادمیوم و نیکل در صنوبر و تجمع کادمیوم در زبان‌گنجشک معنی‌دار است. بنابراین به‌طورکلی اثر فاصله بر تجمع فلزات سنگین معنی‌دار بود که با نتایج منتظری و همکاران (۱۳۹۷)؛ مجیدی و همکاران (۱۳۹۴)؛ پورخباز و جوانمردی (۱۳۹۵)، جهانتاب و همکاران (۱۳۹۵) و تمرتاش و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. ازآنجاکه منبع انتشار آلودگی کارخانه سیمان گرد غبار ناشی از مراحل مختلف تولید آن است (Olowoyo et al., 2015). گردوغبار رهاشده از کارخانه در فواصل نزدیک بیشتر از فواصل دور است بر این اساس گونه‌های گیاهی نزدیک به کارخانه در معرض آلودگی بیشتر نسبت به گونه‌های دورتر قرار دارند در نتیجه بین گونه‌های حاضر در فواصل مورد بررسی ازنظر فلزات سنگین اختلاف وجود داشت و اثر فاصله بر تجمع فلزات سنگین معنی‌دار بود. نتایج همبستگی اسپیرمن نشان داد روی و نیکل در سرو خمره‌ای و نیکل در اقاقیا با pH خاک همبستگی منفی و معنی‌داری دارد. با کاهش pH، رسوب عناصر فلزی به‌صورت هیدروکسیدها و کربنات‌های نامحلول و کمپلکس‌های آلی کاهش‌یافته و قابلیت جذب فلزات موجود در خاک برای گیاهان افزایش می‌یابد بنابراین قابلیت دسترسی فلزات سنگین رابطه معکوسی با pH خاک دارد (Kord and Kademi، 2010). در اقاقیا کادمیوم با EC رابطه منفی و معنی‌دار و در سرو خمره‌ای نیکل و روی با EC رابطه مثبت و معنی‌داری داشتند. همچنین کادمیوم جذب‌شده در گونه‌های سنجد، صنوبر و سرو خمرهای با مقدار کادمیوم خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است بنابراین با افزایش کادمیوم در خاک جذب Cd در این گونه‌ها افزایش می‌یابد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین غلظت عناصر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

سنگین در گیاه و خاک می‌تواند عاملی باشد تا گونه مورد بررسی به‌عنوان یک‌گونه زیست ردیاب برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین معرفی گردد (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۱). بنابراین به‌نظر می‌رسد این گونه‌ها برای حذف کادمیوم از خاک‌های آلوده مناسب باشند. به‌طورکلی طبق نتایج به‌دست‌آمده pH، EC و مقدار فلز سنگین تأثیرگذارترین خصوصیات خاک بر تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مورد بررسی است.

به‌منظور بررسی وضعیت گونه ازنظر تجمع فلزات سنگین دو شاخص MAI و BCF به‌کار گرفته شد. براساس نتایج شاخص MAI گونه سنجد از قابلیت تجمع بالاتری برای مجموع فلزات سنگین مورد بررسی برخوردار است و به‌منظور حذف فلزات سنگین از خاک‌های آلوده‌شده با چندین فلز سنگین ازجمله کارخانه سیمان که گردوغبار آن حاوی فلزات سنگین ازجمله Hg، Zn، Pb، Mn و Cr است (Ogunkunle and Fatoba, 2014) گونه مناسب‌تری است. گیاهانی با مقادیر بالاتر MAI باید به‌عنوان حائل بین مناطق آلوده و غیر آلوده در نظر گرفته شوند (Hu et al., 2014; Khanoranga and Khalid, 2019). درواقع گیاهانی با مقادیر MAI بالاتر دارای ظرفیت انباشت خوبی هستند و به‌عنوان گونه تحمل‌پذیر نیز شناخته می‌شوند (Khanoranga and Khalid, 2019). سنجد در انواع خاک‌ها و شرایط رطوبتی مختلف یافت می‌شود و ارتفاع آن معمولاً بین ۵ تا ۱۰ متر و در بعضی نواحی تا ۱۴ متر نیز می‌رسد. درختان بالغ سنجد تحمل سیل و خشک‌سالی را دارند اما تحمل شرایط اسیدی خاک را ندارند (موسوی میرکلا و همکاران، ۱۳۹۶). در مناطق خشک و نیمه‌خشک این‌گونه به‌عنوان یک گیاه خودرو، بادشکن و آبادکننده راه‌ها و اراضی تکثیر یافته است و دارای انعطاف‌پذیری زیادی در سازگاری با شرایط محیطی است (Hosseinzadeh et al., 2003). بنابراین به‌راحتی می‌تواند در شرایط محیطی مختلف و اطراف صنایع رشد نماید از طرفی با توجه به ارتفاع مناسب این‌گونه توانایی جذب ذرات گردوغبار حاصل از کارخانه سیمان را دارد و با توجه به قلیایی بودن خاک اطراف کارخانه سیمان (Mutlu et al., 2009) این‌گونه بسیار مناسب برای کاشت در اطراف این صنایع می‌باشد. وجود کرک روی برگ سنجد از دیگر ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن برای به دام انداختن گردوغبار و فلزات سنگین حاصل از آن است.

همچنین در مطالعه حاضر مقادیر شاخص BCF در گونه‌های موردمطالعه برای Cd، Mn و Zn بین ۰/۱ تا ۱ است که براساس طبقه‌بندی بینی و همکاران (Bini et al., 1995) انباشتگر متوسط محسوب می‌شوند. گونه‌های مورد بررسی بیشترین مقادیر شاخص BCF را در مورد کادمیوم داشتند. گونه *Populus nigra L* بالاترین مقدار شاخص BCF را برای فلزات سنگین کادمیوم، منگنز و روی به خود اختصاص داد (شکل ۳) که با نتایج صبا و همکاران (Saba et al., 2015) مطابقت داشت. ویو و همکاران (Wu et al., 2010) این‌گونه را برای پاک‌سازی خاک‌هایی با آلودگی متوسط کادمیوم گونه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

مناسب دانستند و همچنین جوکار و همکاران (۱۳۹۵) کاشت صنوبر را در محیط‌های آلوده به کادمیوم پیشنهاد نمودند. صنوبر داری تاج و شاخه‌های کاملاً از هم بازشده است بر این اساس قادر است بخش زیادی از گرد غبار ناشی از کارخانه سیمان را به دام بیندازد. رشد سریع، تعرق زیاد، سیستم ریشه‌ای مناسب، نیازهای اکولوژیک کم و گسترهٔ جغرافیایی به نسبت وسیع، صنوبر را به‌عنوان گونه‌ای موفق در فرایند گیاه‌پالایی معرفی می‌کند (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳). به‌طورکلی گونه‌های درختی پهن‌برگ در جذب آلاینده‌های کارخانه سیمان (فلزات سنگین) بسیار موفق‌تر از گونه‌های سوزنی‌برگ می‌باشند (نور پور و کاظمی، ۱۳۹۳). در مطالعه حاضر مشابه نتایج پناه و همکاران (۱۳۹۶) گونه‌های پهن‌برگ بیشتر فلزات سنگین را تجمع دادند. زیرا پهن‌برگان فضای بیشتری را در واحد سطح اشغال می‌نمایند و بدین ترتیب حجم بیشتری از گردوغبار و آلاینده‌ها را در مناطق آلوده، جذب می‌کنند و درنهایت میزان موفقیت گیاه‌پالایی را افزایش خواهند داد.

به‌کارگیری گیاهان از روش‌های معمول برای کنترل آلودگی فلزات سنگین در اطراف صنایع است. پتانسیل و کارایی این روش تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد. در مطالعه حاضر اثر گونه و فاصله بر میزان فلزات سنگین تجمع یافته در گونه‌های مورد بررسی معنی‌دار است همچنین بین برخی خصوصیات خاک با میزان فلزات سنگین در گونه‌های درختی ارتباط وجود دارد. بر این اساس به‌منظور افزایش کارایی حذف فلزات سنگین و جلوگیری از انتشار آن باید این فاکتورها موردتوجه قرار گیرند. در مطالعه حاضر گونه سنجد که بالاترین مقدار شاخص انباشت فلزات را داشت و براساس سازگاری با شرایط اکولوژی مختلف و فیزلوژی مناسب این‌گونه برای کاشت در اطراف کارخانه سیمان به‌منظور جذب مجموع فلزات سنگین از محیط و جلوگیری از انتشار آن‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین صنوبر که برای فلزات سنگین روی، کادمیوم و منگنز انباشت‌گر متوسط تشخیص داده شد می‌تواند گونه مناسب دیگری در این زمینه باشد. کاشت و استفاده از این‌گونه‌های مقاوم با تراکم بالاتر در فواصل نزدیک به منبع انتشار آلودگی می‌تواند مؤثرتر باشد.

منابع

ابراهیمی، م.، جعفری، م.، ثواقبی، غ.ر.، آذرنیوند، ح.، طویلی، ع.، مادرید، ف. ۱۳۹۱. بررسی گیاه پالایی گونه *Phragmites australis* در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، نشریه مرتع، ۶(۱): ۱۰-۱.

پناه، ا.، کرمشاهی، ع.، میرزایی، ج.، حیدری، م. ۱۳۹۶. بررسی ترسیب فلزات سنگین در خاک و برگ درختان اکالیپتوس، سروسیمین و اقاقیا در حاشیه کارخانه سیمان شهر ایلام، فصلنامه بهداشت در عرصه، ۵ (۲): ۴۱-۳۶.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

پناه، ا.، کرمشاهی، ع.، میرزایی، ج.، دارابی، م. ۱۳۹۵. گیاه‌پالایی کادمیوم، روي، سرب و منگنز در برگ ۹ گونه درختي اطراف کارخانه سیمان (گیاه‌پالایي فلزات سنگین در گونه‌هاي درختي)، فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط، ۲(۳): ۲۲۰-۲۱۲.

پورخباز، ح.ر.، جوانمردی، س. ۱۳۹۷. تعیین غلظت فلزات سنگین در پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان بهبهان توسط بیواندیکاتورهای گیاهی، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۸(۶۲): ۲۹-۱۹.

تمرتاش، ر.، منتظری، ف.، طاطیان، م.ر.، وهاب زاده، ق. ۱۳۹۶. غلظت عناصر سنگین (مس، سرب و روی) در سه گونه مرتعی و خاک‌های مجاور اطراف کارخانه سیمان کیاسر در شمال ایران، فصلنامه علوم محیطی، ۱۴(۴): ۱۴-۱.

جوکار، م.، رستمی شاهراجی، ت.، محمدی، م.، گلیج، ا. ۱۳۹۵. استفاده از گونه‌های درختی رطوبت پسند در جذب زیستی کادمیوم در محیط‌های آلوده، مجله آب و فاضلاب، ۲۸(۴): ۷۸-۷۰.

جهانتاب، ا.، جعفری، م.، متشرع‌زاده، ب.، طویلی، ع.، ضرغام، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی گونه‌های گیاهی مقاوم به فلزات سنگین در مناطق نفت خیز (مطالعه موردی: پازنان گچساران)، نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۱۰(۴): ۴۲۵-۴۰۹.

حاتمی‌منش، م.، مرتضوی، ث.، سلگی، ع.، مهتدی، ا. ۱۳۹۸. ارزیابی ظرفیت گونه‌های درختی و درختچه‌ای در تجمع ذرات معلق هوا (PM10، PM2.5 وPM0.2)، مجله سلامت و محیط‌زیست، ۱۲(۱): ۱۲-۱.

شعبانیان، ن.، چراغی، چ. ۱۳۹۲. مقایسهٔ زیست پالایی فلزات سنگین توسط گونه‌های چوبی مورداستفاده در جنگلداری شهری سنندج، فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۱): ۱۶۵-۱۵۴.

صائب، ک.، قربانزاده، س.، کاردار، س.، خادمی، ر. ۱۳۹۳. بررسی غلظت فلزات سنگین در برگ گونه‌های گیاهی اطراف کارخانه سیمان (مطالعه موردی کارخانه سیمان گلستان)، پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر، ۱۱(۴): ۲۵۴-۲۴۵.

طویلی، ع.، جهانتاب، ا.، جعفری، م.، متشرع‌زاده، ب.، ضرغام، ن. ۱۳۹۷. پالایش خاک‌های آلوده به فلز سنگین سرب به‌وسیله گیاهان مرتعی در شرایط گلخانه‌ای، مجله علمی پژوهشی مجله پژوهش های گیاهی (زیست شناسی سابق). ۳۱ (۳): ۵۸۳-۵۹۳.

عطاآبادی، م.، هودجی، م.، نجفی، پ. ۱۳۸۸. زیست ردیابی فلزات سنگین به‌وسیلهٔ گیاهان رویش‌یافته در منطقهٔ صنعتی فولاد مبارکهٔ اصفهان، محیط شناسی، ۳۵(۵۲): ۹۲-۸۳.

علیزاده، م.، زاهدی امیری، ق.، شیرمردی، م.، شهریاری، م.ح. ۱۳۹۳، بررسی تأثیر فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و کروم) بر خصوصیات ریخت شناسی ریشهٔ نهال‌های *Populus alba L* و *Populus nigra L*، مجلهٔ جنگل ایران، ۶(۳): ۲۷۷-۲۶۷.

منتظری، ف.، تمرتاش، ر.، طاطیان، م.ر.، حجتی، م. ۱۳۹۷. پتانسیل جذب عناصر سنگین توسط گونه‌های مرتعی گون و کلاه میرحسن از خاک (مطالعه موردی: مراتع اطراف کارخانه سیمان فیروزکوه)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۵(۲): ۲۸۸-۲۷۸.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

منتظری، ف.، تمرتاش، ر.، طاطیان، م.ر.، حجتی، م. ۱۳۹۵. بررسی غلظت سرب، روی و مس در خاک و گونه مرتعی *Kochia prostrate(L.) Schrad* در اطراف کارخانه سیمان فیروزکوه، نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، ۴(۸): ۱۵۸-۱۴۵.

موسوی میرکلا، ر.، منبری، م.، اسحاقی راد، ج. ۱۳۹۶. بررسی برخی از خصوصیات رویشی و اکولوژیکی گونه سنجد(*Elaeagnus angustifolia*) در استان آذربایجان غربی، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۰(۱): ۲۱۳-۲۰۰.

مجیدی، ط.، طاهری، م.، آقاجانلو، ف.، موسوی، ا.، شجاعی، م.، تکاسی، م.، مرادی، پ.، حیدری، ف. ۱۳۹۴. مقدار جذب عناصر روی، مس، کادمیوم و سرب در برگ چندگونهٔ چوبی، مجله پژوهش و توسعه جنگل، ۱(۴): ۲۷۱-۲۸۴.

نورپور، ع.ر.، کاظمی شهابی، ن. ۱۳۹۳. مدلسازی پراکنش آلاینده‌های هوا خروجی از دودکش کارخانه سیمان ایلام، نشریه مهندسی عمران و محیطزیست، ۴۴(۱): ۱۲۰-۱۰۷.

Addo, M.A., Darko, E.O., Gordon, C., Nyarko, B.J.B., Gbadago, J.K., Nyarko, E., Affum, H.A., Botwe, B.O. 2012. Evaluation of Heavy Metals Contamination of Soil and Vegetation in the Vicinity of a Cement Factory in the Volta Region, Ghana. International Journal of Science and Technology, 2 (1): 40-50.

Adejoh, I.P. 2016. Assessment of heavy metal contamination of soil and cassava plants within the vicinity of a cement factory in north central, Nigeria. Advances in Applied Science Research, 7(3): 20-27.

AL-Oud, S.S., Nadeem, M.E.A., AL-Shbel, B.H. 2011. Distribution of Heavy Metals in Soils and Plants Around a Cement Factory in Riyadh City, Central of Saudi Arabia. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 11(2):183-191 .

Arnot, J. A., Gobas, F. A. 2006. A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms. Environ Rev, 14:257-97.

ASTM D2974-00. 2000. Standard Test Method for Moisture, Ash and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils (Test Method C).

Bini, C., Gentili, L., Maleci, B., Vaselli, O. 1995. Trace elements in plants and soil of urban parks. Annexed to contaminated soil prost, INRA, Paris.

Burken, J., Vroblesky, D., Balouet, J.C. 2011. Phytoforensics, Dendrochemistry Phytoscreening: Delineating Contaminants from Past and New Green Tools for Present. Environmental Sci & Technology, 45(15): 6218–6226.

Hosseinzadeh, H., Ramezani, M., Namjo, N. 2003. Muscle relaxant activity of Elaeagnus angustifolia L. fruit seeds in mice. Journal of Ethno pharmacology. 84:275.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Hu, Y., Wang, D., Wei, L., Zhang, X., Song, B. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the Loess Plateau, China. Ecotoxicology and Environmental Safety,110: 82–88.

Isikli, B., Demir, T., Akar, T., Berber, A., Urer, S.M., Kalyoncu, C., Canbek, M. 2006. Cadmium exposure from the cement dust emissions: a field study in a rural residence. Chemosphere, 63:1546-1552.

Giacomino, A., Malandrino, M., Colombo, M.L., Miaglia, S., Maimone, P., Blancato, E., Conca, E., Abollino, O. 2016. Metal Content in Dandelion (Taraxacum officinale) Leaves: Influence of Vehicular Traffic and Safety upon Consumption as Food. Journal of Chemistry, 1-9.

Kiran, Y.K., Barkat, A., Xiao-qiang, C., Ying, F., Feng-shan, P., Lin, T., Xiao-e, Y. 2017. Cow manure and cow manure-derived biochar application as a soil amendment for reducing cadmium availability and accumulation by Brassica chinensis L. in acidic red soil. Journal of Integrative Agriculture, 16(3):725–734.

Kademi, A., Kord, B. 2010. The role of broad leaf species (the plane tree and ash) in reducing the pollution resulting from lead. Journal of science and techniques in natural resources, 1: 1-12.

Khanoranga, A., Khalid, S. 2019. Phytomonitoring of air pollution around brick kilns in Balochistan province Pakistan through air pollution index and metal accumulation index. Journal of Cleaner Production, 229: 1-34.

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, 403 p.

Liu, Y., Zhu, Y.G., Hui, D. 2007. Lead and cadmium in leaves of deciduous trees in Beijing, China: Development of a metal accumulation index (MAI). Environ Pollut, 145: 387-390.

Martínez-López, S., Martínez-Sánchez, M.J., Pérez-Sirvent, C., Bech, J., Gómez Martínez, M.C., García-Fernandez, A.J. 2014. Screening of wild plants foruse in the phytoremediation of mining-influenced soils containing arsenic in semiarid environments. Soils Sediments, 14:794–809 .

Mutlu, S., Atıcı, O., Yusuf, K. 2009. Effect of cement dust on the diversity and the antioxidant enzyme activities of plants growing around a cement factory. Fresenius Environmental Bulletin, 18(10): 1823-1827.

Monfared, S.H., Matinizadeh, M., Shirvany, A., Amiri, G.Z., Fard, R.M., Rostami, F. 2013. Accumulation of heavy metal in Platanus orientalis, Robinia pseudoacacia and Fraxinus rotundifolia. Journal of Forestry Research, 24(2): 391-395.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Moameri, M., Jafri, M., Tavili, A., Motasharezadeh, B., Zare Chahouki, M.A. 2017. Rangeland Plants Potential for Phytoremediation of Contaminated Soils with Lead, Zinc, Cadmium and Nickel (Case Study: Rangelands around National Lead & Zinc Factory, Zanjan, Iran). Journal of Rangeland Science, 7(2): 171-160.

Moameri, M., Abbasi Khalaki, M. 2019. Capability of Secale montanum trusted for phytoremediation of lead and cadmium in soils amended with nano-silica and municipal solid waste compost. Environmental Science and Pollution Research, doi: 10.1007/s11356-017-0544-7. Epub 2017 Nov 13.

Olowoyo, J.O., Mugivhisa, L.L., Busa, N.G. 2015. Trace Metals in Soil and Plants around a Cement Factory in Pretoria, South Africa. Pol. J. Environ. Stud, 24(5): 2087-2093.

Ogunkunle, C.O., Fatoba, P.O. 2014. Contamination and spatial distribution of heavy metals in topsoil surrounding a mega cement factory. Atmospheric Pollution Research, 5(2):270-282.

Subhashini, V., Swamy, A.V.V.S. 2013. Phytoremediation of Cadmium and Chromium from contaminated soils using Physalis minimalinn. American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences, 3(1):119-122.

Saba, G., Parizanganeh, A.H., Zamani, A., Saba, J. 2015. Phytoremediation of Heavy Metals Contaminated Environments: Screening for Native Accumulator Plantsin Zanjan-Iran. Int. J. Environ. Res, 9(1):309-316.

Tomasevic, M., Rajdic, S., Dord-evic, D., Tasic, M., Krstic, J., Novakovic, V. 2004. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. Environ Chem Lett, 2:151–154.

Tavili, A., Jahantab, E., Jafari, M., Motesharezadeh, B., Zargham, N., Saffari Aman, M. 2019. Assessment of TPH and nickel contents associated with tolerant native plants in petroleum-polluted area of Gachsaran, Iran, Arabian. Journal of Geosciences, 12:325-335.

Tang, C., Chen, Y., Zhanga, Q., Li, J., Zhang, F., Liu, Z. 2019. Effects of peat on plant growth and lead and zinc phytostabilization from lead-zinc mine tailing in southern China: Screening plant species resisting and accumulating metals. Ecotoxicology and Environmental Safety, 176: 42–49.

Wu, F., Yang, W., Zhang, J., Zhou, L. 2010. Cadmium accumulation and growth responses of a poplar (Populus deltoids×Populus nigra) in cadmium contaminated purple soil and alluvial soil. Journal of Hazardous Materials, 177: 268–273.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Weerakkody, U., Dover, J.W., Mitchell, P., Reiling, K. 2018. Evaluating the impact of individual leaf traits on atmospheric particulate matter accumulation using natural and synthetic leaves. Urban Forestry & Urban Greening, 30: 98-107.

Yahaya, T., Okpuzor, J., Ajayi, T. 2013. The Protective efficacy of selected phytonutrients on liver enzymes of Albino rats exposed to cement dust. Pharmacy and Biological Sciences, 8(3): 38-44.

Yousaf, B., Liu, G., Abbas, Q., Ullah, H., Wang, R., Zia-ur-Rehman, M., Niu, Z. 2017. Addition of biochar nanosheets to soil alleviate health risks of potentially toxic elements via consumption of wheat grown in an industrially contaminated soil. Chemosphere, 1:161-170.

Zoufan, P., Saadatkhah, A., Rastegharzadeh, S. 2013. Comparison of potentiality of heavy metals accumulation in the plants surrounding steel industries in the Mahshahr-Bandar Imam road, Ahvaz. Journal of Plant Biology, 5(16): 41-56.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]