Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۲
تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۲۹-۱۹

*حمیدرضا پورخباز[۱]
سعیده جوانمردی[۲]

تعیین غلظت فلزات سنگین در پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان بهبهان توسط بیواندیکاتورهای گیاهی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱٤

چکیده

یکی از مهم‌ترین اشکال آلودگی کارخانجات سیمان، آلودگی هوا از طریق ورود ذرات معلق به اتمسفر می‌باشد. این غبارات شامل مقادیری از فلزات سنگین هستند. تحقیق حاضر با هدف ردیابی میزان فلزات سنگین حاصل از گرد و غبار کارخانه سیمان بهبهان به محیط‌زیست از طریق درختان اکالیپتوس (Eucalyptus camaldulensis) و کنار (Ziziphus spina-christi) به‌عنوان پایشگرهای زیستی انجام گردید. نمونه‌برداری به صورت سیستماتیک تصادفی جهت اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین (کروم، نیکل، کادمیوم و سرب) از برگ درختان مذکور انجام و مقدار آن از طریق دستگاه جذب اتمی ICP- AES تعیین گردید.

- میانگین غلظت عناصر کروم، نیکل، کادمیوم و سرب در اکالیپتوس به‌ترتیب ۲/۲۹، ۱۱/٦٤، ۰/۰٦، ۱/٦۲ppm بود.

- همچنین میانگین غلظت عناصر کروم، نیکل، کادمیوم و سرب در کنار ۱/٦٦، ٤/۳۸، ۰/۰٤، ۲/۰۷ ppm بود. نتایج نشان داد غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در گونه‌های گیاهی در مکان‌ها و جهات مختلف و گونه‌های مختلف، متفاوت بودند. تنها میانگین غلظت فلزات کروم و نیکل در گیاه اکالیپتوس و کروم در گیاه کنار از استاندارد جهانی بالاتر بود، همچنین با افزایش فاصله از منبع آلودگی میزان این عناصر در گیاه کاهش یافت.

کلید واژه‌ها: آلودگی محیط‌زیست، ردیابی فلزات سنگین، بیواندیکاتورها، کارخانه سیمان، بهبهان.

*۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان. (نویسنده مسئول). E-mail: Pourkhabbaz@bkatu.ac.ir
۲- عضو هیات علمی گروه محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

مقدمه

امروزه آلودگی محیط‌زیست به‌ویژه فلزات سنگین از مسائل مهمی است که جوامع مختلف با آن روبه‌رو هستند، به‌طوری‌که این عناصر توسط ته‌نشست‌های خشک و تر وارد خاک گردیده و در گیاهان تجمع می‌یابند (Schilling and Lehman, 2002: 1163; Deboudt et al, 2004: 339). فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیک آن‌ها بر روی موجودات زنده (Adriana, 1986: 473) باعث صدمه زدن به درختان و پوشش گیاهی می‌گردد (Wang and Schaap, 1988: 35). بررسی پوشش گیاهی طبیعی در مناطق آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت این عناصر در گونه‌های گیاهی از جنبه‌های علمی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار است. تعیین این فلزات در خاک، گردوغبار، گیاهان و رسوبات در پایش آلودگی‌های زیست‌محیطی بسیار مهم می‌باشد (Al-Khashman and Shawabkeh, 2006: 388). به‌طور کلی نتایج تحقیقات انجام گرفته حاکی از آن است که گونه‌های خاصی از گیاهان توانایی رشد، سازگاری و جذب فلزات سنگین را در این مناطق دارا بوده و معمولاً تراکم و تنوع پوشش گیاهی در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین کم‌تر از مناطق غیر آلوده اطراف است (Mirghaffari, 2005: 637). بنابراین انتخاب شاخص‌های زنده[۳] مناسب، به‌عنوان یک روش مفید جهت به دست آوردن اطلاعات تحلیلی مهم از آلودگی با فلزات سنگین می‌باشد (Pourkhabbaz and Pourkhabbaz, 1998: 145). برگ گیاهان عالی از سال (۱۹۵۰) برای زیست ردیابی فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفت (Akosy and Sahin, 1999: 85). تحقیقات Calzoni (2007) نشان داد که تجمع سرب، کروم و نیکل در برگ Rosa rugosa بیش‌تر به‌واسطه رسوب اتمسفری است تا جذب از خاک. Akosy et al (2000) میزان غلظت فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی خاک را مورد بررسی قرار دادند، نتایج به‌دست آمده حاکی از بیش‌تر بودن میزان این عناصر در اطراف مناطق صنعتی نسبت به مناطق غیر صنعتی بود. Ross (1994) نیز در تحقیقی مشابه نشان داد که بیش از ۹۰ درصد سرب و بیش از ۸۰ درصد کروم و روی موجود در برگ گیاهان مختلف از اتمسفر منشأ می‌گیرد. Ilias and Nelson (2007) تأثیر غبار سیمان بر پارامترهای فیزیولوژیکی برگ زیتون را بررسی نمودند، نتایج تحقیق نشان داد که غبار سیمان، کلروفیل نوع a برگ را کاهش و کلروفیل نوع b آن را افزایش می‌دهد. در هر صورت گزارش شده که کارخانه‌های سیمان منبع اصلی انتشار فلزات سنگین در محیط زیست بوده، همچنین تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که میزان این فلزات در اطراف این کارخانه‌ها بالاست (IŞikli et al, 2003: 116; Al-Khashman and Shawabkeh, 2006: 390; Abimbola et al, 2007: 165; Gbadebo and Bankole, 2007: 37; Mandal and Voutchkov, 2011: 51).

در این مطالعه نیز، هدف تعیین میزان فلزات سنگین در درختان اطراف کارخانه سیمان بهبهان و میزان آلایندگی آن‌ها می‌باشد. با توجه به نزدیکی کارخانه به منطقه شهری، همجواری آن به نواحی مسکونی روستایی و اراضی کشاورزی و دامی بررسی غلظت فلزات سنگین حاصل از آن ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور میزان غلظت عناصر کروم، نیکل، کادمیوم و سرب در دو گونه درختی کنار و اکالیپتوس، به‌عنوان درختان غالب منطقه، اندازه‌گیری شد.

۳- Bioindicators

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

محدوده مورد مطالعه

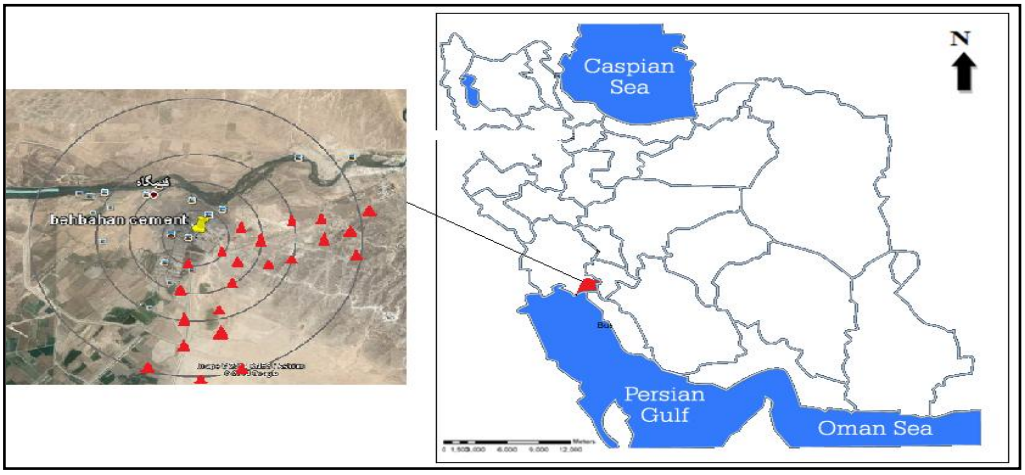
کارخانه سیمان بهبهان در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی در فاصله ۵ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان بهبهان در استان خوزستان واقع شده است. این کارخانه به میزان ۲۳۰۰ تا ۲۶۰۰ تن سیمان در روز تولید می‌کند. غبار و گازهای خروجی از دودکش‌های این کارخانه حاوی بسیاری از مواد آلاینده به‌ویژه فلزات سنگین است. از لحاظ اقلیمی این منطقه بر اساس روش دومارتن با ضریب خشکی برابر با ۱۰/٤ دارای اقلیمی نیمه خشک و بر اساس روش آمبرژه با ضریبی برابر با ۳۱/۷۲ در محدوده اقلیم خشک می‌باشد. در اطراف منطقه موردنظر بیش‌ترین پوشش گیاهی درختی با توجه به شرایط اقلیمی، اکالیپتوس و کنار می‌باشد.

مواد و روش ها

۱- نمونه‌برداری از برگ درختان

با توجه به میزان و جهت پراکنش آلاینده‌های هوا از کارخانه سیمان و نزدیکی آن به شهر بهبهان، برای انجام مطالعه حاضر، از نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی استفاده گردید. مکان‌های نمونه‌برداری در فواصل ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متر در جهات جنوبی و شرقی کارخانه در نظر گرفته شد (شکل ۱). در این ارتباط دو نمونه از درختانی که فراوانی بیشتری در سراسر منطقه داشتند، به نام اکالیپتوس و کنار در نظر گرفته شد. با توجه به پراکنش اندک و متفاوت این پوشش گیاهی در مکان‌های موردنظر و با در نظر گرفتن هزینه‌های بالای آزمایشگاهی و حداقل تعداد نمونه‌های مورد نیاز جهت انجام آنالیزهای آماری، در هر ایستگاه، نمونه‌برداری از برگ هر درخت در ۵ تکرار به‌طور تصادفی و به‌صورت دو ترکیبی انجام گرفت. که از هر درخت ۱۰ برگ جهت آنالیز ترکیبی استفاده گردید (Sawidis et al, 1995: 120; pourkhabbaz et al, 2015: 353). البته با توجه به جهت وزش باد غالب، از فاصله ۱۰ کیلومتری غرب منطقه نیز به‌عنوان نقطه کنترل، ۵ نمونه از هر گونه درختی برداشت شد. جهت شمالی منطقه، کوهستانی و فاقد پوشش گیاهی مورد نظر جهت مطالعه بود. نمونه‌ها در شرایط آفتابی و از ارتفاع ۵-٤ متری سطح زمین از درختان ۱۰ تا۲۰ ساله جمع‌آوری و سپس در پاکت‌های کاغذی نگهداری شد تا فساد آن‌ها به حداقل برسد. برای جلوگیری از هر گونه آلودگی نمونه‌ها از طریق دست، هنگام نمونه‌برداری از دستکش‌های پلی اتیلن استفاده گردید.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026



شکل ۱: توزیع مکان‌های نمونه‌برداری در منطقه مطالعاتی

۲- روش تجزیه

نمونه‌های برگ درختان ابتدا در دمای اتاق خشک و سپس به مدت ۲ روز در اون در دمای حدود۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس نمونه‌ها توسط هاون پودر گشته و برای انجام آزمایش‌ها هضم اسیدی آماده شدند. برای تعیین فلزات سنگین در نمونه‌های برگ، نیم گرم نمونه آماده شده و پودر شده (وزن خشک[4]) در ارلن ۵۰ میلی‌لیتر ریخته و به آن ٦ میلی‌لیتر اسید نیتریک ٦۵ درصد اضافه گردید، درب هر ظرف را بسته و به مدت یک شب در دمای اتاق جهت هضم اولیه نگه‌داری شد. سپس به هر یک از نمونه‌ها مقدار ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۲-۷۰ درصد اضافه و جهت هضم نهایی در دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۲ ساعت روی حمام شن قرار گرفتند. پس از سرد شدن محلول هضم شده، به آن آب مقطر اضافه گردید و از کاغذ صافی واتمن با قطر ۱۱۰ میلی‌متری عبور داده و وارد ارلن گردید و سپس به حجم ۵۰ میلی‌لیتری رسانده شد (Backstrom and Danielsson, 1990, 36; Baker and Shur, 1982: 16; Sawidis et al., 1995: 120). محلول نهایی جهت تعیین غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی ICP-AES تجزیه گردید.

یافته ها و بحث

توانایی گونه‌های گیاهی به عنوان بیواندیکاتور در جذب آلاینده‌ها فرق می‌کند (Alaimo et al, 2000: 48)، همچنین غلظت فلزات سنگین در برگ گونه‌های مختلف درختان تفاوت قابل توجهی نشان می‌دهد (Pourkhabbaz and Pourkhabbaz, 1998: 146). (جداول ۱ و ۲) خلاصه‌ای از غلظت‌های چهار فلز سنگین را در ٤۵ نمونه از برگ درختان اطراف کارخانه سیمان نشان می‌دهد، که نتایج نشان از حضور چهار عنصر با غلظت‌های مختلف در این درختان است. بر این اساس، بررسی‌ها در مورد گونه اکالیپتوس نشان داد که میانگین کل مقادیر کروم، نیکل، کادمیوم و سرب به‌ترتیب ppm ۲/۲۹، ۱۱/٦٤، ۰/۰٦ و ۱/٦۲ (جدول ۱) و این مقادیر در گونه کنار به‌ترتیب ppm ۱/٦٦،

4- Dry Weight

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

۴/۳۸، ۰/۰۴ و ۲/۰۷ می‌باشد (جدول ۲). در هر صورت غلظت این فلزات در هر دو گونه بالاتر از مقادیر آن‌ها در نمونه‌های کنترل است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تجمع فلز سرب در گیاه اکالیپتوس کم‌تر از گیاه کنار و برعکس تجمع فلزات کروم، نیکل و کادمیوم بیش‌تر است. بالاترین میانگین در هر دو جهت و هر دو گونه اکالیپتوس و کنار مربوط به نیکل به‌ترتیب به میزان ppm ۱۱/۶۴ و ۴/۳۸ و کم‌ترین میانگین مربوط به فلز کادمیوم به‌ترتیب ppm ۰/۰۶ و ۰/۰۴ بود. غلظت متوسط این فلزات در گونه اکالیپتوس به‌صورت Ni >> Cr > Pb >> Cd و در گونه کنار به‌صورت Ni > Pb > Cr >> Cd است. نتایج نشان داد که مقادیر سرب موجود در برگ گونه اکالیپتوس از ۰/۵۴ تا ۲/۷۰ و در گونه کنار از ۰/۳۲ تا ۳/۸۲ ppm متغیر بود. به طوری‌که برگ درختان واقع در فاصله ۱۰۰ متری نسبت به سایر مکان‌ها غلظت بالاتری از سرب را داشت. ذرات سرب معلق در هوا، آزادانه و بدون هیچ‌گونه ممانعتی توسط شاخ و برگ گیاهان جذب می‌شود (Alaimo et al., 2000: 50). نتایج نشان داد مقادیر کروم در نمونه‌ها در محدوده ۰/۸۶ تا ۳/۱۹ ppm بود که با توجه به گونه درخت و مکان نمونه‌برداری، مقادیرش متغیر می‌باشد. بالاترین مقادیر عناصر در فاصله ۱۰۰ متری کارخانه به دلیل غبار خروجی آن بود، که با دور شدن از آن و نزدیکی به نواحی مسکونی از مقادیر فلزات سنگین در هر دو گونه گیاهی کاسته شد. بر اساس نتایج آزمون آنالیز واریانس، اختلاف میانگین در بین فواصل مورد آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار شد ($P < 0.01$)، که (شکل‌های ۹-۲) نشان‌دهنده این موضوع می‌باشند، به‌طوری‌که با روند تغییرات فاصله، مقادیر فلزات در دو گونه گیاهی نیز تغییرات متفاوتی را نشان دادند. بیش‌ترین تغییرات مربوط به سرب در جهت جنوبی می‌باشد و سایر عناصر در هر دو جهت و در هر دو گونه (همچنین سرب در جهت شرقی) تغییرات یکنواختی را نشان دادند. نتایج آزمون آماری بیانگر این موضوع است که میزان تغییرات این عناصر (به استثناء عنصر سرب) تحت تأثیر جهت نمی‌باشد. البته مقایسه مقادیر عناصر سنگین در نقاط کنترل (جداول ۱ و ۲) نشان از تفاوت چشمگیرشان با سایر نقاط بود.

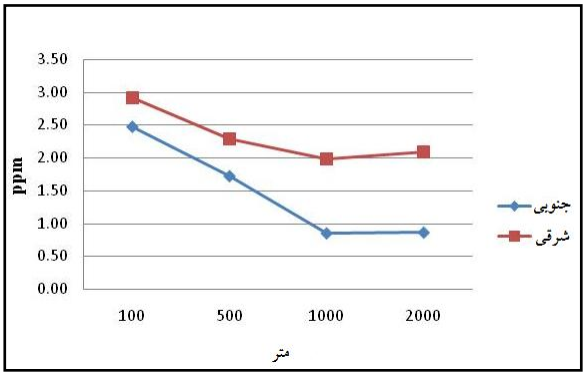
جدول ۱- توصیف آماری گونه اکالیپتوس در منطقه مورد مطالعه

عناصر	تعداد نمونه‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	نمونه کنترل
کروم	۴۵	۱/۳۹	۳/۱۹	۲/۲۹	۰/۲۳	۰/۹
نیکل	۴۵	۶/۶۵	۱۶/۶۳	۱۱/۶۴	۱/۰۷	۵/۰۳
کادمیوم	۴۵	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳
سرب	۴۵	۰/۵۴	۲/۷۰	۱/۶۲	۰/۲۵	۰/۸

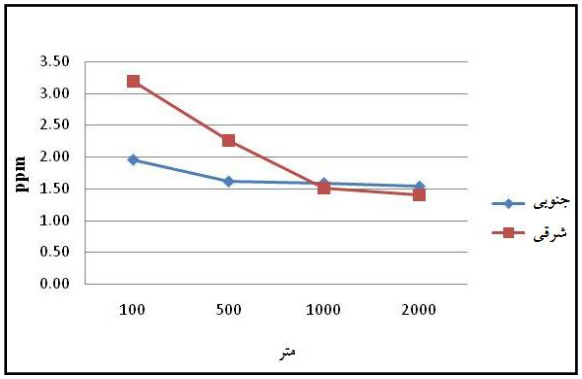
جدول ۲- توصیف آماری گونه کنار در منطقه مورد مطالعه

عناصر	تعداد نمونه‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	نمونه کنترل
کروم	۴۵	۰/۸۶	۲/۴۷	۱/۶۶	۰/۳۰	۰/۷۶
نیکل	۴۵	۲/۵۰	۶/۱۸	۴/۳۸	۰/۷۶	۲/۰۷
کادمیوم	۴۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲
سرب	۴۵	۰/۳۲	۳/۸۲	۲/۰۷	۰/۳۱	۱

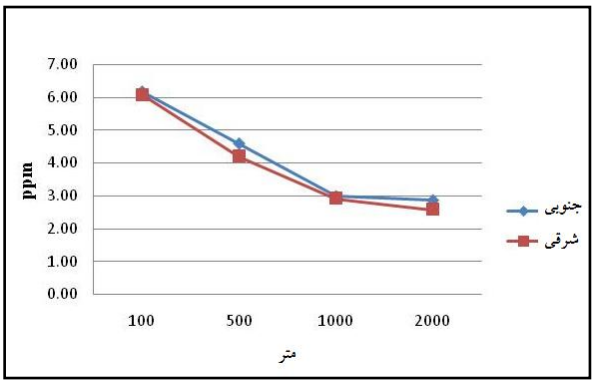
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026



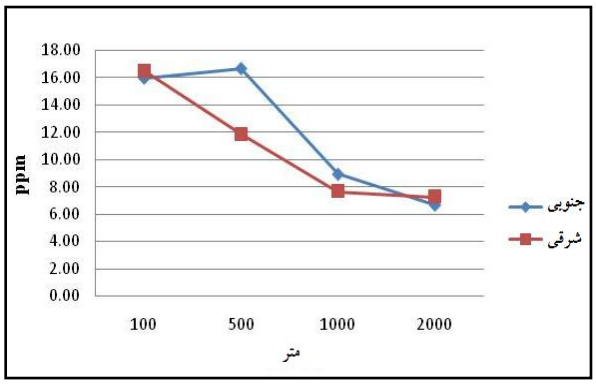
شکل ۲: تغییرات غلظت کروم در گونه کنار



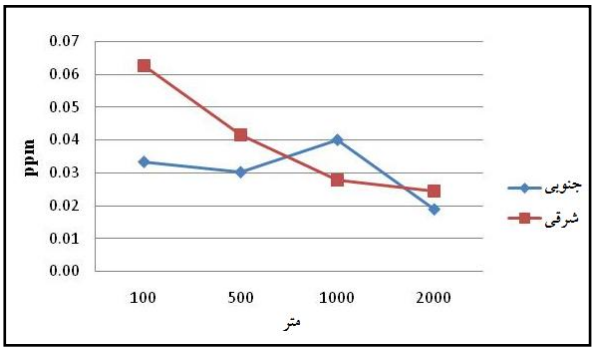
شکل ۳: تغییرات غلظت کروم در گونه اکالیپتوس



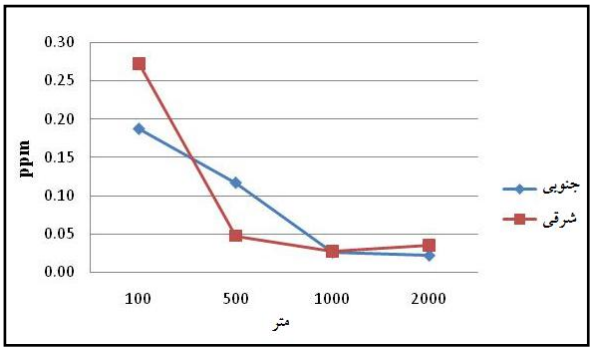
شکل ٤: تغییرات غلظت نیکل در گونه کنار



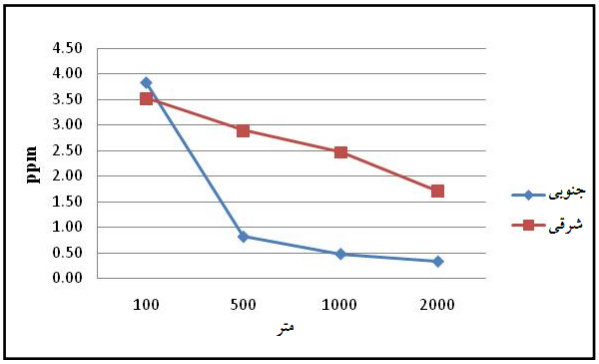
شکل ۵: تغییرات غلظت نیکل در گونه اکالیپتوس



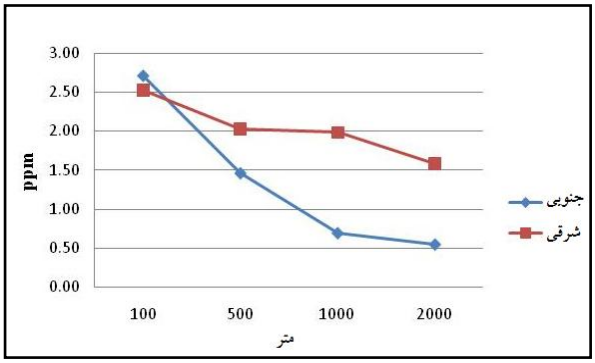
شکل ٦: تغییرات غلظت کادمیوم در گونه کنار



شکل ۷: تغییرات غلظت کادمیوم در گونه اکالیپتوس



شکل ۸: تغییرات غلظت سرب در گونه کنار



شکل ۹: تغییرات غلظت سرب در گونه اکالیپتوس

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

نتیجه‌گیری

گونه‌های درختی مورد مطالعه می‌توانند انواع ترکیبات اتمسفری را جذب و انباشته سازند، بنابراین جهت کنترل و پایش رسوبات اتمسفری به‌کار گرفته می‌شوند (Alamio, 1998: 109). برگ‌های بالغ درختان معمولاً بالاترین غلظت فلزات را دارا می‌باشند (Sawidis et al, 1995: 121). چرا که فلزات تمایل دارند در برگ‌ها متمرکز شوند به‌طوری که برخی عناصر همچون روی و مس نقش مهمی در فتوسنتز برگ بازی می‌کنند. در برخی موارد، ناهمواری سطح خارجی برگ‌ها و نیز ساختار میکروسکوپی سطح برگ (روزنه‌ها، سلول‌های اپیدرمی و کرک‌ها)، در به دام انداختن و انباشتگی ذرات هوا نقش مؤثری دارد. بین دو گونه درخت مورد مطالعه تفاوت‌هایی مشاهده می‌گردد که از همه مهم‌تر اندازه برگ و ناهمواری سطح برگ می‌باشد.

بزرگی برگ گونه اکالیپتوس و ناهموار بودن آن نسبت به برگ گونه کنار در به دام انداختن فلزات سنگین نقش قابل توجهی دارد، که نتایج تحقیق مبین آن می‌باشد. میزان عناصر در جهت شرقی به‌طور کلی بیش‌تر از جهت جنوبی است که دلیل آن جهت وزش باد غالب به سمت شرق می‌باشد، اما تغییرات یکنواخت میزان عناصر را برای هر دو گونه در هر دو جهت تا حدودی می‌توان مشاهده نمود. مقادیر بالای عناصر در فاصله ۱۰۰ متری از منبع آلودگی مشاهده شد، که نشانه آلودگی خروجی کارخانه سیمان به این فلزات می‌باشد اما با افزایش فاصله میزان عناصر کاهش یافت. به‌طوری‌که کاهش غلظت کروم تا فاصله ۲۰۰۰ متری از کارخانه در جهات شرقی و جنوبی در گیاه اکالیپتوس و تا فاصله ۵۰۰ متری در جهت شرقی و ۲۰۰۰ متری در جهت جنوبی در گیاه کنار ادامه داشت. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد غلظت فلزات سنگین تا فاصله ۱۰۰۰ متری متأثر از منبع آلودگی بوده و با افزایش فاصله تغییرات چشمگیری مشاهده نمی‌شود.

مقایسه غلظت عناصر مورد نظر با استانداردهای موجود نشان می‌دهد که در گیاه اکالیپتوس تنها میزان عناصر کروم و نیکل و در گیاه کنار، فقط عنصر کروم از حد مجاز بیشتر می‌باشد (Alaimo et al, 2000: 50). میزان کروم در فواصل ۱۰۰ و ۵۰۰ متری (شرقی) در گونه اکالیپتوس و فواصل ۱۰۰ متری (جنوبی) و ۱۰۰ و ۵۰۰ متری (شرقی) در گونه کنار بیش‌تر از حد استاندارد (۱-۰/۲ ppm) بود. عنصر نیکل فقط تا فاصله ۵۰۰ متری از کارخانه میزان آن در گیاه اکالیپتوس از حد استاندارد بالاتر(۱۰-۱ ppm) بود. مقدار طبیعی سرب در گیاهانی که در نواحی غیرآلوده (پاک) رشد و نمو می‌کنند، ثابت و حدود ۰/۱ تا $۱۰\mu gg^{-1}$ می‌باشد (Alaimo et al, 2000: 51). نتایج تحقیق حاضر نیز میزان سرب در نمونه‌های شاهد گونه‌های اکالیپتوس و کنار را به‌ترتیب ۰/۸ و ۱ ppm تعیین نمود. Akbari (2002) طی پژوهشی بر روی تعیین غلظت سرب در خاک داخل و خارج کارخانه سیمان بهبهان، نشان داد که میزان سرب در خاک محوطه کارخانه ۹۰/۶۱ mg/kg و با افزایش فاصله از کارخانه تا ۳۹/۹۴ mg/kg کاهش یافت، که نتیجه گرفت که فعالیت کارخانه سیمان می‌تواند یکی از عوامل اصلی انتشار غیریکنواخت سرب می‌باشد. همان‌طور که ذکر شد مقدار میانگین غلظت عناصرسنگین نمونه‌های گیاهی، با افزایش فاصله از کارخانه سیمان از یک فرایند کاهشی پیروی می‌کند و داده‌ها نشان داد که بالاترین مقدار اکثر فلزات در نزدیک کارخانه اتفاق

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

افتاده است. به‌عنوان مثال، بالاترین مقدار نیکل و کادمیوم در شعاع ۱۰۰ متری مشاهده شد. البته با توجه به موقعیت جاده اختصاصی کارخانه در جهت شرقی، چنین نتیجه می‌شود که الگوی پراکنش غلظت فلزات در تحقیق حاضر علاوه بر انتشارات کارخانه سیمان از انتشارات ترافیکی نیز پیروی می‌کند. نتایج تحقیقات pourkhabbaz et al (2015) در تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و سرب در خاک‌های اطراف محدوده کارخانه سیمان بهبهان توسط شاخص‌های آلودگی خاک از جمله شاخص غنی‌شدگی نیز این موضوع را اثبات می‌کند. آن‌ها نتیجه گرفتند کارخانه سیمان همراه با انتشارات ناشی از ترافیک وسایط نقلیه دلیل اصلی آلودگی برخی فلزات سنگین است، به‌طوری‌که بالاترین غلظت فلزات نیز در نزدیک کارخانه یافت شده است.

Ward et al (1977) نیز در تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در خاک سطحی حاشیه خیابان‌ها، به رابطه میزان این عناصر با فاصله از جاده اشاره نموده و نتایج حاکی از کاهش تدریجی غلظت فلزات سنگین خاک با افزایش فاصله از خیابان بود. Milan And Garsia (1998) غلظت فلزات کادمیوم، مس، آهن، منگنز، سرب و روی را در خاک حاشیه بزرگراه‌های شهری با جریان ترافیکی متفاوت در گیپوزکوا اسپانیا اندازه‌گیری کردند، که نتایج حاکی از تغییرپذیری غلظت سرب، روی و کادمیوم با فاصله از بزرگراه بود (Carlosena et al, 1998: 755). IŞikli et al (2003) همانند تحقیق حاضر، جهت بررسی میزان آلودگی حاصل از کارخانه سیمان در نواحی روستایی اطراف، میزان کروم در گیاه Cynodon dactylan را تعیین نمودند، و غلظت آن را با میزان فاصله از کارخانه مرتبط دانستند به‌طوری‌که میزان آن بین ۲۲/۳۸ و ۱٦٦/۸٤ ppm متغیر بود. Al-Shawabkeh and Khashman (2006) مشخص نمودند که میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی خاک در اطراف کارخانه سیمان ناحیه Qadissiya اردن بالاترین مقدار را داشته و با افزایش فاصله این مقدار کاهش می‌یابد Bermudez et al (2010) نیز میزان فلزات سنگین در اطراف کارخانه سیمان را تابع جهت وزش باد غالب می‌دانند و غلظت عناصر مس، سرب، نیکل، کروم و کادمیوم را بالاتر از حد استاندارد تعیین نمودند. در تحقیق حاضر نیز با عنایت به کوهستانی بودن شمال منطقه و عدم وجود درختان مورد مطالعه و با در نظر گرفتن جهت باد غالب (غرب به جنوب شرقی) و تاثیر منبع آلودگی، نقطه کنترل در فاصله ۱۰ کیلومتری منبع آلودگی در جهت غرب تعیین گردید. غلظت عناصر سنگین در جهت‌های شرقی و جنوبی در مقایسه با نمونه شاهد نشان از بالا بودن غلظت آن‌ها (در حدود ۵۰ درصد) بود، که این موضوع اثر جهت باد غالب بر غلظت عناصر سنگین را اثبات می‌کند. Rodriguez et al (2012) تجمع فلزات سنگین کادمیوم، مس آهن، منگنز، نیکل و روی را در درختان اطراف کارخانه ذوب آلومینیوم از جمله اکالیپتوس تعیین و ارتباط مثبت بین مقادیر این فلزات و مسافت را تا شعاع دو کیلومتر تأیید نمودند.Sardabi and Jabeen and Khattak (2013) در ردیابی فلزات سنگین، حساسیت برگ‌های اکالیپتوس به‌عنوان پایشگر زیستی نسبت به فلزات سنگین کروم، کادمیوم، مس، نیکل و سرب را نشان می‌دهند. همچنین Wang (2013) در نتیجه‌ای مشابه با تحقیق حاضر علت اصلی تجمع فلزات سنگین در خاک و گیاهان محدوده کارخانه سیمان را غبارات حاصل از آن می‌داند. در هر صورت، پراکنش و مقادیر بالای فلزات در نمونه‌های

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

نزدیک کارخانه سیمان، نشانه آلودگی منطقه به فلزات سنگین توسط این کارخانه است، که می‌تواند اثرات منفی در سلامت ساکنین نواحی روستایی اطراف کارخانه داشته باشد. بنابراین مراکز آینده صنعتی بایستی دور از این نواحی مسکونی مستقر شوند و مراکز موجود نیز باید اقدامات احتیاطی را بکار گرفته و از فناوری‌های جدید جهت ایجاد محیط‌زیست عاری از آلودگی استفاده نمایند. در نهایت با توجه به مقادیر بالاتر از حد استاندارد فلزات کادمیوم و نیکل، بایستی به دنبال راهکارهایی برای کاهش این فلزات از خروجی کارخانجات سیمان بود. کارخانه سیمان بهبهان در بخش‌های کوره، پیش گرمکن و آسیاب سیمان دارای الکتروفیلتر از نوع ELEX و در بخش دودکش دارای فیلتر کیسه‌ای می‌باشد. به دلایل زیادی از جمله قدیمی بودن این فیلترها، عدم توزیع یکنواخت گازهای ورودی، پدیده برگشت مجدد غبار، عدم کنترل دما و رطوبت کارایی این فیلترها کاهش یافته است، که بازسازی و بهینه‌سازی این فیلترها بایستی مدنظر قرار گیرد. Darahi, et al (2004) نیز در تحقیقی وضعیت پایش، نگه‌داری و مشکلات رسوب دهنده‌های الکتروستاتیک در کارخانجات سیمان ایران را تایید نموده است. در هر صورت، این تحقیق، انجام مطالعات دیگر بر روی محیط‌زیست و سلامت عمومی را تاکید می‌کند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و سایر مطالعات، نتیجه نهایی این است که درخت اکالیپتوس می‌تواند به‌عنوان یک پایش کننده مفید زیستی برای عناصر کمیاب باشد. از این رو با کاشت درختان اکالیپتوس که توانایی جذب و تجمع فلزات سنگین را دارند، به پاک‌سازی محیط کمک شایانی می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله در قالب طرح پژوهشی با حمایت مالی معاونت آموزشی پژوهشی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان اجرا شده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

References

- Abimbola, A. F., Olusegun, O., Philips, K., Olatunji, A. S., (2007), "The sagamu cement factory, SW Nigeria: is the dust generated a potential health hazard?", ***Environ. Geochem. Health***, 2: 163-167.
- Adriana, D. C., (1986), "Trace element in the terrestrial environment", ***Journal of Springer Verlag***, 19: 470-477.
- Akbari, A., Azimzadeh, H. R., Bahan Dayyani, S., (2002), "Determination of pollution and geoaccumulation index of Pb heavy metal in soils around Behbahan cement factory", ***protection and environmental planning conference***, 1: 1-8. [In Persian].
- Akosy, A., Sahin, U., (1999), "Elaeagnus Angustifolia L. As a biomonitor of heavy metal - pollution", ***J. of Botany***, 23: 83-87.
- Aksoy, A., Sahin, U., Duman, F., (2000), "Robinia pseudo-acacia l. as a posssible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri", ***Turk. J. Bot***, 24: 279-284.
- Alamio, M. G., (1998), "Air pollution in an urban area: the mapping of stress in the dominant plants in the city of Palermo by heavy metal dosage", 6th International Congress on Aerobiology. 31 Agosto-5 Settermbe, Perugia, 109.
- Alaimo, M. G., Lipani, B., Lombardo, M. G., Orecchio, S., Turano, M., Melati, M. R., (2000), "The mapping of stress in the predominant plants in the city of Palermo by lead dosage", ***Aerobiologia***, 16: 47-54.
- Al-Khashman, O. A., Shawabkeh, R. A., (2006), "Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan", ***Environmental Pollution***, 140: 387-394.
- Backstrom, K., Danielsson, L. R., (1990), "A mechanized continuous flow system for the concentration and determination of Co, Cu, Ni, Pb, Cd, and Fe in sea water, plant and soil using graphite furnace atomic absorption", ***Marine chemistry***, 21: 33-46.
- Baker, D. E., Shur, N. H., (1982), "Atomic absorption and flame emission spectrometry", Soil Science Society of America, Madison, Dane County.
- Bermudez, G. M. A., Moreno, M., Invernizzi, R., Plá, R., Pignata, M. L., (2010), "Heavy metal pollution in topsoils near a cement plant: The role of organic matter and distance to the source to predict total and HCl-extracted heavy metal concentrations", ***Chemosphere***, 78: 375-381.
- Calzoni, G. L., (2007), "Active biomonitoring of heavy metal pollution using rosa rugosa plants", ***Environ. Pollut***., 149: 239-245.
- Carlosena, A., Andrade, A. M., Prada, D., (1998), "Searching for heavy metals grouping roadside soils as a function of motorized traffic influence", ***Talanta***, 47: 753-767.
- Darahi, H., Motesaddi Zarandi, S., Pirasteh, M. H., (2011), "Study monitoring, conservation and problems of electrostatic residuals in cement factories of Iran", ***Health Research Journal***, 3 (17): 66-74. [In Persian].
- Deboudt, K., Flement, P., Bertho, M., (2004), "Cd, Cu, Pb and zn concentration in atmospheric wet deposition at a coastal station in western euroup", ***Water, Air, and Soil Pollution***, 151: 335-359.
- Gbadebo, A. M., Bankole, O. D., (2007), "Analysis of potentially toxic metals in airborne cement dust around Sagamu, south-western Nigeria", ***J. Appl. Sci.***, 7: 35-40.
- IŞikli, B., Demir, T. A., Ürer, S. M., Berber, A., Akar, T., Kalyoncu, C., (2003), "Effects of chromium exposure from a cement factory", ***Environmental Research***, 91: 113-118.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 8:06 IRDT on Thursday June 11th 2026

- Khattak, M. I., Jabeen, R., (2012), "Detection of heavy metals in leaves of Melia azedarach and Eucalyptus citriodora as biomonitoring tools in the region of Quetta Valley Pak", ***J. Bot.***, 44 (2): 675-681.
- Lu, X., Wang, L., Lei, K., Huang, J., Zhai, Y., (2009), "Contamination assessment of copper, lead, zinc manganese and nickel in street dust of Baoji", NW China: ***J. Hazard. Mater***, 161: 1058-1062.
- Mandal, A., Voutchkov, M., (2011), "Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica", Int. ***J. Geosci.***, 2: 48-54.
- Mirghaffari, N. (2005). "Study Pb concentration in some of natural plants around Pb and Zn mine in Irankouh of Esfahan", ***Journal of natural Resources***, 3 (58): 635-642. [In Persian].
- Nelson, G. D., Ilias, I. F., (2007), "Effect of inert dust on olive leaf physiological parameters", ***Env. Sci. Pollut. Res***, 14 (3): 212-214.
- Pourkhabbaz, H. R., Pourkhabbaz, A. R., (1998), "Study air pollution of Mashhad city by determination of heavy metals in tree leaves", ***Journal of Sciences***, 20: 144-152. [In Persian]
- Pourkhabbaz, H. R., Javanmardi, S., Yusefnia, H., Eslami, M., Makrouni, S., Bazm Ara, M. and Aghdar, H., (2015), Zoning of heavy metals concentration in soil of the Behbahan cement factory around using geostatistical analysis", ***Final Report of Research Project***, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology. [In Persian].
- Pourkhabbaz, A. R., Shirvani, Z., Ghaderi, M. G., (2015), "Biomonitoring of air pollution in urban regions by Platanus orientalis and Fraxinus excelsior (Case study: Shiraz city)", ***Journal of Environmental Studies***, 2: 351-360. [In Persian].
- Rodriguez, J. H., Wannaz, E. D., Salazar, M. J., Pignata, M. L., Fangmeier, A., Franzaring, J., (2012), "Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the tree foliage of Eucalyptus rostrata, Pinus radiata and Populus hybridus in the vicinity of a large aluminium smelter in Argentina", ***Atmospheric Environment***, 55: 35-42.
- Ross, S. M., (1994), "Toxic metals: fate and distribution in contaminated ecosystems", In: Ross, S. M., (Ed.), Toxic Metals in Soil-Plant Systems", John Wiley, Chichester, pp 189-243.
- Sardabi, H., Saleheh Shoushtari, M. H., Banj Shafiei, SH., Jafari, A. A., Toghraie, N., Shariat, A., Assareh, M. H., (2013), "Investigation on potential of few eucalypt species for absorbing pollutants and reserving them in their leaves", ***Iranian Journal of Forest and Poplar Research***, 21 (2): 357-372.
- Sawidis, T., Marnasidis, A., Zachariadis, G., Stratis, J., (1995), "A study of air pollution with heavy metals in Thessaloniki city (Greece) using trees as biological indicators", ***Arch. Environt. Contam. Toxicol***., 28: 118-124.
- Schilling, J. S., Lehman, M. E., (2002), "Bioindication of atmospheric heavy metal deposition in the southeastern us using moss thuidium delicatulum", ***Atmosph. Environ***., 36: 1161-1618.
- Wang, D., Schaap, W., (1988), "Air pollution impacts on plants: current research challenges", ***ISI Atlas Sci, Anim. Plant Sci***, 1 (1): 33-39.
Wang, X. S., (2013), "Magnetic properties and heavy metal pollution of soils in the vicinity of a cement plant, Xuzhou (China)", ***Journal of Applied Geophysics***, 98: 73-78.
- Ward, N., Brooks, R., Roberts, E., (1977), "Heavy metal pollution automotive emissions and its effect on roadside soils and pasture species in New Zealand", ***Environmental Science and Technology***, 11- 9: 917-920.