

Phytoremediation of Cd, Zn, Pb and Mn in leaf of nine trees species around the cement factory (phytoremediation of heavy metals in trees species)

ABSTRACT

Background & objective: Cement factories are considered as one of the most important pollution sources, especially heavy metals pollution. At present, Phytoremediation is known as one of the best strategies to eliminate or reduce these pollutants. In the present study the phytoremediation ability of Cd, Zn, pb and Mn by nine trees species including Ailanthus glandulosa, Fraxinus rotundifolia, Robinia Pseudo Acasia, Ulmus umbraculifera, Eucalyptus microtheca, Quercus branti, Cupressus arizonica, Pinus eldarica and Cupressus sempervirens were investigated around the Ilam Cement Factory.

Materials & Methods: For measuring the deposition of metals in the leaves of studied species, 0.2 grams of their biomasses were separately weighed then 4 ml nitric acid (65%) was added to each sample. After 24-hincubation at room temperature, the proportions of considered metals were determined by atomic absorption spectrometry.. The obtained results were analyzed by SPSS 20 software using Kolmogrov-Smirnov, Leven and One-way ANOVA Tests.

Results: Results showed that the amount of Cd in electro filter of factory was approximately close to the amount of Cd deposited in leaves of considered species, however; the amounts of pb, zn and mn in electro filter of factory were much more than the amounts of these three metals in leaves. The maximum and minimum accumulation of pb were related to Eucalyptus microtheca and Cupressus sempervirens respectively. In addition, the maximum and minimum amounts of deposited Mn were in Ailanthus glandulosa and Pinus eldarica respectively. The results also indicated that the maximum and minimum accumulation of Zn were in Quercus branti and Fraxinus rotundifolia respectively.

Conclusion: It can be concluded from the results; the broad-leaf species are much more efficient than narrow-leaf ones in heavy metals remediation, so; it is suggested that in future development plans of green space, the broad-leaf species, especially Quercus branti, Ailanthus glandulosa Desf and Eucalyptus microtheca are more considered.

Document Type: Research article

Keywords: tree species, heavy metals, Ilam Cement Factory, Phytoremediation.

► **Citation:** Panah a, Karamshahi A, Mirzaei J, Darabi M. Phytoremediation of Cd, Zn, Pb and Mn in leaf of nine trees species around the cement factory (phytoremediation of heavy metals in trees species). *Journal of Research in Environmental Health*.Autumn 2016;2 (3) : 212-220.

Amin panah

M.Sc. Department of Forest science, School of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

Abdolali Karamshahi

* Assistant Professor, Department of Forest science, School of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. (Corresponding author)

E-mail: a.karamshahi@ilam.ac.ir & karamshahi64@yahoo.com

Javad Mirzaei

Assistant Professor, Department of Forest science, School of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

Mohsen Darabi

M.Sc. Department of Forest science, School of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

Received: 11 November 2016

Accepted: 15 December 2016

گیاه پالایی کادمیوم، روی، سرب و منگنز در برگ ۹ گونه درختی اطراف کارخانه سیمان (گیاه پالایی فلزات سنگین در گونه‌های درختی)

چکیده

زمینه و هدف: صنایع سیمان از آلاینده‌های صنعتی، به خصوص آلودگی فلزات سنگین محسوب می‌شوند. امروزه گیاه پالایی یکی از بهترین روش‌ها برای حذف و یا کاهش آلودگی فلزات سنگین می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی توان گیاه پالایی کادمیوم، روی، سرب و منگنز بر روی گونه‌های عرعر، زبان گنجشک، افاقیا، نارون چتری، اکالیپتوس، بلوط، سرو سیمین، کاج تهران و سرو شیراز در اطراف کارخانه سیمان ایلام انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای اندازه گیری فلزات ترسیب شده در برگ گونه‌های مورد بررسی، ۰/۲ گرم از ماده خشک گیاهی (برگ) توزین و به هر نمونه ۴ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس توسط دستگاه جذب اتمیک مدل novAA-P400 میزان فلزات مورد نظر در نمونه‌ها قرائت شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ۲۰ و آزمون‌های Kolmogrov-Smirnov, Leven و One way Anova انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان کادمیوم در الکتروفیلتر کارخانه تقریباً نزدیک به میزان کادمیوم ترسیب شده در برگ گونه‌ها می‌باشد، اما میزان سرب، روی و منگنز در الکتروفیلتر کارخانه خیلی بیشتر از میزان ترسیب این سه فلز در برگ گونه‌ها بود. بیشترین و کمترین مقدار ترسیب سرب به ترتیب مربوط به اکالیپتوس و سرو شیراز بود. علاوه براین بیشترین مقدار ترسیب منگنز در عرعر و کمترین میزان مربوط به کاج تهران بود. نتایج همچنین نشان داد بیشترین مقدار ترسیب روی مربوط به بلوط و کمترین مقدار مربوط به زبان گنجشک و بیشترین مقدار ترسیب کادمیوم مربوط به عرعر و کمترین مقدار مربوط به کاج تهران بود.

نتیجه‌گیری: گونه‌های پهن برگ ترسیب بیشتری از فلزات سنگین را دارند، لذا پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های آبی توسعه فضای سبز، کاشت گونه‌های پهن برگ به ویژه گونه‌های بلوط، عرعر و اکالیپتوس در اولویت قرار گیرند.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلیدواژه‌ها: فلزات سنگین، کارخانه سیمان ایلام، گونه درختی، گیاه پالایی.

امین پناه

کارشناس ارشد، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

عبدالعلی کرشاهی

* استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

مسئول مکاتبات: ایلام، دانشگاه ایلام، دانشکده کشاورزی، گروه علوم جنگل

ایمیل: karamshahi64@yahoo.com

جواد میرزایی

استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

محسن دارایی

کارشناس ارشد، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۵

◀ **استناد:** پناه الف، کرشاهی ع، میرزایی ج، دارایی م. گیاه پالایی کادمیوم، روی، سرب و منگنز در برگ ۹ گونه درختی اطراف کارخانه سیمان (گیاه پالایی فلزات سنگین در گونه‌های درختی). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۵؛ ۲(۳): ۲۱۲-۲۲۰.

مقدمه

کارخانه‌های سیمان یکی از آلاینده‌ترین صنایع موجود در کل دنیا هستند. کارخانه‌های سیمان منشأ اصلی آلودگی برای منابع اطراف خود هستند که انتشار انواع غبار را در نقاط مختلف خط تولید خود به همراه دارند. این ذرات می‌توانند به طور مکرر در هوا منتشر شده و باعث آلودگی و ایجاد اثرات منفی بر محیط اطراف خود شوند (۱). مواد آلوده کننده ناشی از کارخانه سیمان به طور عمده شامل گرد و غبار متصاعد شده و فلزات سنگین می‌باشد (۲). مهم‌ترین راه ورود آلاینده‌ها و به ویژه فلزات سنگین به محیط از طریق کاربرد فاضلاب‌های شهری، حشره کش‌ها، کود دهی، صنایع رنگ سازی، کارخانجات سیمان، لاستیک سازی، سوخت خودرو و صنایع ذوب فلز می‌باشد (۳، ۴). تهدیدی که فلزات سنگین برای سلامت بشر و جانوران ایجاد می‌کنند، با پایداری طولانی مدت آنها در محیط زیست افزوده می‌شود (۵). آلودگی هوا در مناطق صنعتی باعث شده که تنها تعداد معدودی از گونه‌های جانوری و گیاهی، تاب تحمل در برابر این آلودگی را داشته باشند.

در این شرایط که آلودگی هوا به یکی از مشکلات جدی در مناطق صنعتی تبدیل شده و پدیده‌هایی مانند ریزگردها و وارونگی دما به تشدید آن دامن زده، پوشش گیاهی مناسب، یکی از مهم‌ترین راهکارهای مواجهه با این مشکل است. از این رو، امروزه توجه بیشتری به گیاهان به عنوان چاره‌ای برای آلودگی هوا در مناطق صنعتی، معطوف شده است؛ چرا که گیاهان طی فرآیند فتوسنتز، با جذب دی اکسید کربن و تبدیل آن به اکسیژن، به طور طبیعی کربن اضافی هوا را جذب می‌کنند. همچنین شرایط بد آب و هوایی که در مناطق صنعتی بسیار معمول است، با افزایش تعداد درختان در آن فضاها که به صورت تصفیه کننده‌های طبیعی هوا عمل می‌کنند، بهبود خواهد یافت. اهمیت اکوسیستم‌های جنگلی و نقش آن در تصفیه مواد زائد و جذب آلاینده‌ها و گرد و غبار تا حدی است که آنها را ریه تنفسی شهرها می‌نامند (۶). درختان نقش مهمی در جذب آلاینده‌های هوا دارند. عملکردی که

علی‌رغم نقش مؤثری که در افزایش میزان رفاه و کاهش عوارض ناشی از آلودگی داراست، فاقد جایگاهی در محاسبات معمول منافع ناشی از اکوسیستم‌های جنگلی است (۷).

نتایج مطالعه فرسون و همکاران (۱۹۹۴) در منطقه شیکاگو، حاکی از جذب روزانه ۹/۸ تن PM_{۱۰} و افزایش ۴ درصدی در کیفیت هوا در این منطقه بود (۸). همچنین مطالعاتی در زمینه کاهش آلودگی توسط درختان و کاهش نرخ مرگ و میر و مراجعه به مراکز درمانی نیز انجام گرفته است. نتایج مطالعه پاو و ویلیس (۲۰۰۴) که در انگلیس انجام شد، نشان داد که جذب دو آلاینده اکسید گوگرد و PM_{۱۰} توسط درختان جنگل‌های انگلیس، سالانه موجب کاهش ۷-۵ مورد مرگ و میر و ۶-۴ مورد مراجعه به مراکز درمانی می‌شود که ارزش این عملکرد درختان در سال ۲۰۰۱ به میزان هزار پوند انگلیس برآورد شده است (۹). گیاه پالایی یا به عبارتی کاهش آلودگی محیط توسط گیاهان، یک راه بسیار مؤثر جهت بهبود کیفیت هوا در مناطق آلوده است (۱۰). تحقیقات زیادی در زمینه گیاه پالایی فلزات سنگین انجام شده است. شعبانیان و چراغی (۲۰۱۳) در مطالعه خود که به منظور مقایسه گیاه پالایی فلزات سنگین (کادمیوم، روی، سرب و منگنز) در ۲ منطقه شاهد و آلوده بر روی گونه‌های درختی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که انباشت کادمیوم، روی، سرب و منگنز در برگ گونه‌های مورد مطالعه در منطقه آلوده با اختلاف معنی داری بیشتر از منطقه شاهد است (۱۱). خادمی و کرد (۲۰۱۰) در تحقیقات خود که با هدف بررسی میزان جذب سرب در اندام‌های درختان چنار و زبان گنجشک در دو منطقه شاهد و آلوده انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که میزان جذب سرب در اندام‌های گونه چنار بیشتر از گونه زبان گنجشک است (۱۲). کنشلو و اقتصادی (۲۰۱۰) در مطالعه خود نشان دادند که دو گونه آکاسیا استوفیلا و پده بیشترین سرب و گونه‌های اکالیپتوس کامالدولنسیس و شیشم بیشترین مقدار کادمیم را در خود ذخیره می‌کنند (۱۳). بنابراین با توجه به نقش مهم این پالاینده‌ها در کاهش آلودگی هوا، استقرار محافظان طبیعی در مناطق آلوده مخصوصاً در اطراف کارخانه‌ها و معادن که

بوده و دارای شرایط اعتدال آب و هوایی خاصی می باشد (۱۵).



شکل ۱. موقعیت کارخانه سیمان ایلام

در این مطالعه میزان فلزات سنگین کادمیوم (Cd)، روی (Zn)، سرب (Pb) و منگنز (Mn) در برگ ۸ گونه درختی کاشته شده شامل عرعر، زبان گنجشک، اقیا، نارون چتری، اکالیپتوس، سرو سیمین، کاج تهران، سرو شیراز و بلوط غرب که به صورت طبیعی در حاشیه کارخانه سیمان ایلام وجود دارد، سنجیده شد. با توجه به یکسان بودن شرایط برای گونه‌ها اعم از فاصله و موقعیت قرار گرفتن آنها از کارخانه، نمونه برداری از برگ گونه‌های مورد بررسی در ۶ تکرار انجام شد. همزمان با نمونه برداری برگ، از الکتروفیلتر کارخانه نیز نمونه برداری شد. برای اندازه گیری فلزات ترسیب شده در برگ گونه‌های مورد بررسی، ۰/۲ گرم از ماده خشک گیاهی (برگ) توزین و به هر نمونه ۴ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند، سپس به مدت ۶-۵ ساعت در آون ۹۰ درجه قرار گرفته تا NO تبخیر شود. بعد از خنک شدن، نمونه‌ها با کاغذ صافی، صاف شده و با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شدند. سپس توسط دستگاه جذب اتمیک مدل novAA-P400

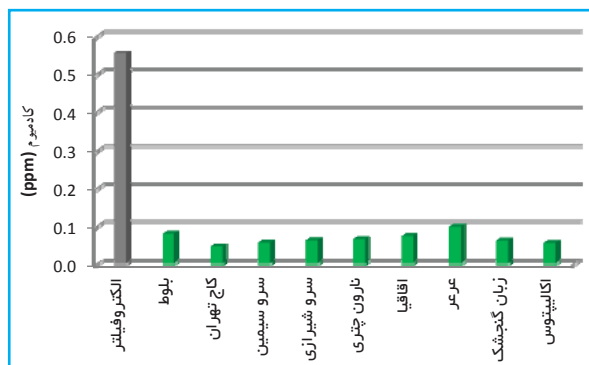
مواد آلاینده را به اطراف خود منتقل می کنند، برای کاهش این آلاینده‌ها و جلوگیری از انتقال آنها به سایر مناطق می تواند بسیار مهم باشد (۱۴).

مطالعه حاضر با هدف مقایسه میزان ترسیب کادمیوم (Cd)، روی (Zn)، سرب (Pb) و منگنز (Mn) در برگ ۹ گونه که ۸ گونه درختی کاشته شده شامل عرعر (Ailantus glandulosa)، زبان گنجشک (Fraxinus rotundifolia)، اقایا (Robinia Pseudo Acasia)، نارون چتری (Ulmus umbraculifera)، اکالیپتوس (Eucalyptus microtheca)، سرو سیمین (Cupressus arizonica)، کاج تهران (Pinus eldarica) و سرو شیراز (Cupressus sempervirens) و همچنین بلوط غرب (Quercus Branti) که به صورت طبیعی در حاشیه کارخانه سیمان ایلام وجود دارد و همچنین مقایسه میزان ترسیب این فلزات در الکتروفیلتر کارخانه با میزان ترسیب این فلزات در برگ این گونه‌ها انجام شد تا گونه‌هایی که بیشترین ترسیب فلزات را دارند، شناسایی شده و در درختکاری‌های آبی در منطقه در اولویت کاشت قرار گیرند.

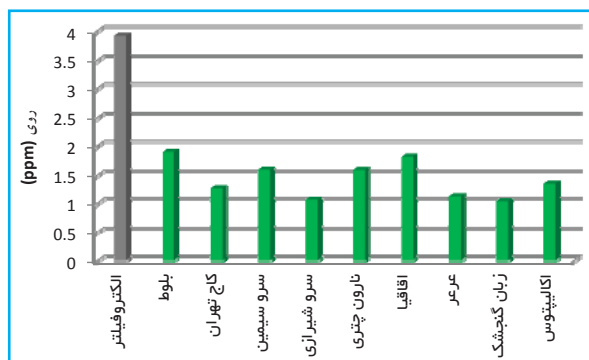
روش کار

کارخانه سیمان ایلام در فاصله ۱۲ کیلومتری از شهر ایلام و در شهرستان سیروان قرار گرفته است (شکل ۱). کارخانه در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $46^{\circ} 29' 51''$ تا $46^{\circ} 30' 52''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $33^{\circ} 42' 55''$ تا $33^{\circ} 43' 40''$ شمالی، و در ارتفاع ۱۳۱۰ متری از سطح دریا در حاشیه منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ که یک منطقه جنگلی است، احداث شده است. این منطقه دارای اقلیمی با زمستان‌های سرد همراه با ریزش برف و باران و تابستان‌های نسبتاً معتدل، میانگین درجه حرارت متوسط روزانه $16/5$ درجه سانتی گراد و میانگین درجه حرارت حداکثر روزانه ۲۲ درجه سانتی گراد، میانگین گرم‌ترین ماه ۲۸ درجه سانتی گراد و حداقل درجه حرارت ۱۵ درجه سانتی گراد زیر صفر و رطوبت نسبی سال $48/6$ و بارندگی متوسط ۵۲۳ میلی‌متر

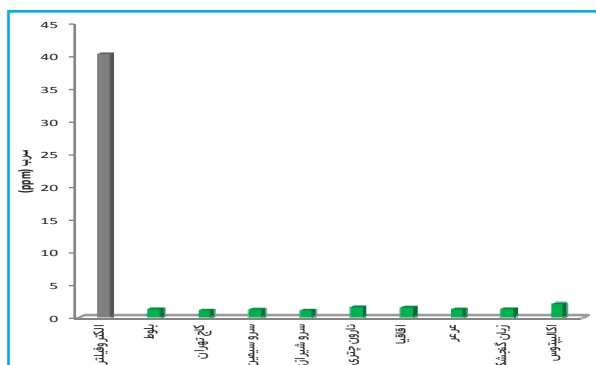
گونه عرعر بیشترین میزان ترسیب فلزات منگنز و کادمیوم را داشت، همچنین بیشترین میزان ترسیب روی در بلوط و بیشترین میزان سرب در گونه اکالیپتوس وجود داشت. از طرفی کمترین میزان ترسیب کادمیوم در کاج تهران، روی در زبان گنجشک، سرب در سرو سیمین و منگنز در کاج تهران مشاهده شد (نمودار ۱، ۲، ۳، ۴).



نمودار ۱. میزان ترسیب کادمیوم در برگ گونه‌های مورد مطالعه و الکترفیلتر



نمودار ۲. میزان ترسیب روی در برگ گونه‌های مورد مطالعه و الکترفیلتر



نمودار ۳. میزان ترسیب سرب در برگ گونه‌های مورد مطالعه و الکترفیلتر

میزان فلزات مورد نظر (کادمیوم، منگنز، روی و سرب) با دقت ۱ ppb نمونه‌ها قرائت شدند (۱۶). در این تحقیق از نمونه‌های الکتروفیلتر عصاره گرفته شد که برای این کار ۱۰ گرم از نمونه خاک را در ارلن ریخته و ۲۰ میلی لیتر محلول دی تترافسفریک اسید به آن اضافه شد. ارلن‌ها توسط شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه به مدت ۲ ساعت تکان داده شدند. در انتها محتویات از کاغذ صافی عبور داده شدند و به وسیله دستگاه جذب اتمیک مدل novAA-P400 میزان فلزات سنگین مورد نظر (کادمیوم، روی، منگنز و سرب) قرائت شدند (۱۷).

جهت بررسی نرمالیت و همگنی داده‌های به دست آمده به ترتیب از آزمون Kolmogorov-smirnov و Leven استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ۲۰ انجام شد. جهت مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح ۹۵ درصد از آزمون One way ANOVA و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan استفاده شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، گونه‌های مورد بررسی از نظر جذب منگنز اختلاف معنی داری داشتند ($p=0/05$)، در حالی که بین گونه‌ها از نظر فلزات روی، کادمیوم و سرب اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p=0/05$) (جدول ۱).

جدول ۱. آنالیز واریانس ترسیب فلزات سنگین در برگ گونه‌های درختی مورد مطالعه

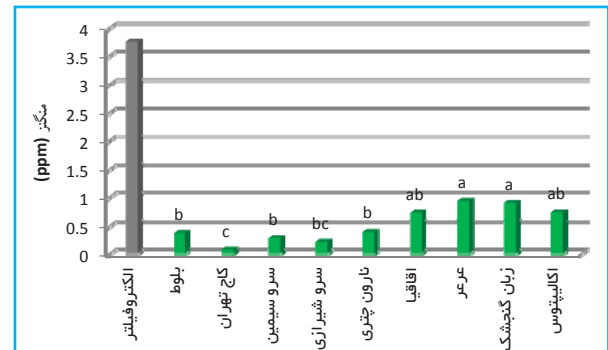
عنصر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
کادمیوم	۸	۰/۰۰۱	۰/۹۹۷	۰/۴۸۴
روی	۸	۰/۳۱۹	۱/۶۲۳	۰/۱۸۷
سرب	۸	۰/۳۲۲	۱/۵۳۲	۰/۲۱۵
منگنز	۸	۰/۲۹۸	۸/۷۷۲	*۰/۰۰۰

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۹ درصد

نتایج نشان داد که گونه‌های پهن برگ از نظر ترسیب فلزات سنگین موفق تر از گونه‌های سوزنی برگ می باشند؛ به طوری که

سایر عناصر بستگی دارد (۲۱). تعدادی دیگر از آنها مانند سرب، کادمیوم، کروم و جیوه غیر ضروری بوده و حتی در غلظت های کم نیز برای گیاهان سمی هستند (۲۲، ۲۳). گونه های گیاهی در محیط های آلوده به فلزات سنگین می توانند بخشی از این فلزات را جذب کنند و به این طریق تا حدی از آلودگی محیط بکاهند. همچنین قابلیت و توانایی انباشت فلزات سنگین در گونه های گیاهی مختلف می تواند متفاوت باشد (۱۰)، که این پدیده احتمالاً به صفات فیزیولوژیک گونه ها مربوط می باشد؛ به طوری که برخی گونه های گیاهی به عنوان گیاهان سوپر جاذب تا حد زیادی می توانند فلزات سنگین را از محیط جذب کنند، بدون اینکه خودشان دچار آسیب جدی شوند، در حالی که برخی گونه های گیاهی توانایی جذب پایین تری داشته و ممکن است در محیط های آلوده به فلزات سنگین در اثر مسمومیت آسیب دیده و از بین بروند (۲۳). بنابراین بایستی از گونه های سازگار با محیط استفاده کرد که در این تحقیق به بررسی گونه های سازگار با شرایط خاص حاشیه کارخانه سیمان ایلام پرداخته شد.

در مطالعه حاضر میزان کادمیوم در الکتروفیلتر کارخانه (۵۵/۰ ppm) تقریباً نزدیک به میزان کادمیوم ترسیب شده در برگ گونه ها بود، اما میزان سرب (۴۰/۲۵ ppm)، روی (۳/۹۲ ppm) و منگنز (۳/۷۴ ppm) در الکتروفیلتر کارخانه خیلی بیشتر از میزان ترسیب این سه عنصر در برگ گونه ها بود. نتیجه جالب توجه اینکه گونه های پهن برگ از نظر ترسیب فلزات سنگین بسیار موفق تر از گونه های سوزنی برگ بودند (۱۵). از دلایل این نتیجه می توان به زادآوری طبیعی گونه های عرعر و اقاچیا اشاره کرد. همچنین ترتیب ترسیب فلزات سنگین در بین گونه ها به گونه ای بود که ۳ گونه سرو سیمین، سرو شیرازی و کاج تهران در رده های آخر ترسیب قرار داشتند. گونه عرعر که بیشترین ترسیب منگنز و کادمیوم را در بین گونه ها داشت، با توجه به سرشت اکولوژیکی خاصی که دارد، گونه ای بسیار مؤثر در نواحی آلوده می باشد. از طرفی وجود زادآوری طبیعی این گونه در منطقه نشان می دهد که این گونه علاوه بر تحمل شرایط



نمودار ۴. میزان ترسیب منگنز در برگ گونه های مورد مطالعه و الکتروفیلتر

بحث

در تحقیقات بسیاری ثابت شده که مواد آلاینده صنعتی و به ویژه کارخانه سیمان، تأثیر بسزایی بر محیط اطراف و پوشش گیاهی می گذارد. در مطالعه لی و همکاران (۲۰۰۷) ثابت شد که وجود فلز منگنز به طور معنی داری باعث کاهش کلروفیل و شاخص های رشد مانند ارتفاع ساقه، قطر پایه، زیست توده، سطح کل برگ و همچنین افزایش اسید آبسازیک، پلی آمین و اسیدهای آمینه آزاد مانند پرولین و هیستیدین در گونه *Populous cathayana* شده است (۱۸). در مطالعه بدر و همکاران (۲۰۱۰) که غلظت عناصر فلزی کادمیوم، آهن، روی، کبالت، کروم، نیکل و سرب در خاک و مقاومت جذب فلز در اندام های مختلف گیاه را بررسی کردند، غلظت فلزات سنگین در خاک به ترتیبی بود که بیشترین مقدار در فلز روی و کمترین مقدار در کادمیوم قرار داشت (۱۹). عبدالله و اقبال (۱۹۹۷) در مطالعه خود، بسته شدن روزه های برگ های گونه *Iphonia gratioides* را در اثر گرد و غبار سیمان مشاهده کردند. همچنین آنها ثابت کردند که رسوب گرد و غبار با مسدود کردن روزه ها باعث ایجاد خسارت به فتوسنتز در گونه *Quercus cocifera* می شود (۲۰).

اختلاف بین تاثیرگذاری عناصری که برای گیاهان سمی هستند و آن ها که اثر سودمند دارند و یا حتی ضروری به شمار می آیند، کاملاً مشخص نیست. اثر یک عنصر روی گیاه نه تنها به خواص شیمیایی آن عنصر، بلکه به غلظت آن و همچنین غلظت

خاص منطقه، قادر به زادآوری نیز بوده است. همچنین گونه بلوط که بیشترین میزان ترسیب فلز روی را داشت، به واسطه داشتن تاج گسترده و پهن و همچنین برگ‌های کرک دار آن، گونه ای بسیار مقاوم جهت جنگل کاری می باشد. از طرفی این گونه بومی منطقه نیز می باشد. گونه اکالیپتوس نیز به دلیل داشتن برگ‌های خاص خود بیشترین میزان ترسیب سرب را داشت و به نظر می رسد گونه ای با مقاومت زیاد نسبت به آلودگی‌های کارخانه سیمان باشد. بیشترین مقدار ترسیب کادمیوم در بین گونه‌های مورد مطالعه در گونه عرعر (0.098 ppm) بود. همچنین بیشترین مقدار ترسیب منگنز همانند کادمیوم در بین گونه‌های موجود مربوط به گونه عرعر (0.093 ppm) بود. در این مطالعه ثابت شد گونه عرعر همانند اکثر پهن برگان از لحاظ ترسیب فلزات سنگین و مقاومت بالا در برابر آلودگی هوا موفق تر از سوزنی برگان است که با نتایج مجنونیان (۱۹۹۵) همخوانی داشت (۲۵).

در این مطالعه بیشترین مقدار ترسیب سرب در بین گونه‌های مورد مطالعه در گونه اکالیپتوس بود (2.06 ppm) بود. همچنین بیشترین مقدار ترسیب فلز روی در این مطالعه، مربوط به گونه بلوط (1.89 ppm) بود که این نتیجه با نتایج مطالعه دومینگویز و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی داشت. آنها در مطالعه خود ثابت کردند که گونه Oak Holm که یکی از گونه‌های بلوط است، بردباری بالایی در برابر آلودگی خاک به کادمیوم و روی را دارد و ریشه آن در جذب این فلزات توانایی بالایی دارد (۲۶). مسن بودن پایه‌های طبیعی بلوط، یکی دیگر از دلایل ترسیب بیشتر در این گونه نسبت به ۸ گونه دیگر که دست کاشت هستند، می باشد. همچنین وهابی و قدسی (۱۹۸۵) در مطالعه خود گزارش کردند که مقدار فلزات سنگین موجود در اندام‌های پایه‌های مسن نسبت به پایه‌های جوان بیشتر است (۲۷). در نهایت می توان نتیجه گرفت که کاشت درختان با برگ پهن بر کاشت درختان سوزنی برگ ارجحیت دارد، زیرا حجم بیشتری از ریزگردها و آلاینده‌ها را در مناطق آلوده جذب می کنند.

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر نوع گونه درختی بر روی مقدار انباشت فلزات سنگین کادمیوم، روی، سرب و منگنز تأثیرگذار است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که توانایی انباشت فلزات در گونه‌های درختی مورد بررسی، متفاوت است. به منظور حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب بیشتر و کاهش اثرات غبار ناشی از کارخانه سیمان و با توجه به کارکرد کمربند سبز در تصفیه غبار سیمان خروجی کارخانه و همچنین ماده ۱۹ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا که اشاره دارد "واحدهای تولیدی مکلفند حداقل ۱۰ درصد از فضای اختصاص یافته جهت احداث واحدهای تولیدی و خدماتی را به فضای سبز اختصاص دهند" که به نظر می رسد سطح فضای سبز در اطراف کارخانه سیمان ایلام کمتر از این مقدار باشد، بایستی سطح فضای سبز در منطقه افزایش یابد تا علاوه بر جذب آلاینده ها، به زیبایی منظر منطقه نیز کمک کند. علاوه بر این به منظور کاهش اثرات گرد و غبار منتشره، بایستی علاوه بر اقدامات ذکر شده، از انتشار این ذرات از مبدأ نیز جلوگیری کرد. از طرفی دیگر جلوگیری از آلودگی هوا توسط کارخانه‌های سیمان باید اجباری شود تا از آلودگی منابع طبیعی جلوگیری شود. به‌علاوه باید تحقیقات گسترده ای برای ایجاد سامانه‌های غبارگیری با راندمان بالا انجام شود.

نتیجه گیری: گونه‌های درختی پهن برگ در زمینه جذب آلاینده‌های کارخانه سیمان (فلزات سنگین) بسیار موفق تر از گونه‌های سوزنی برگ می‌باشند که از دلایل آن می توان به زادآوری طبیعی گونه‌های عرعر و افاقیا اشاره کرد. همچنین ترتیب ترسیب فلزات سنگین در بین گونه‌ها به گونه‌ای بود که ۳ گونه سرو سیمین، سرو شیرازی و کاج تهران در رده‌های آخر ترسیب قرار داشتند. گونه عرعر که بیشترین ترسیب منگنز و کادمیوم را در بین گونه‌ها داشت، با توجه به سرشت اکولوژیکی خاصی که دارد، گونه ای بسیار مؤثر در نواحی آلوده می باشد. از طرفی وجود زادآوری طبیعی این گونه در منطقه نشان می دهد که این گونه علاوه بر تحمل شرایط خاص منطقه، قادر به زادآوری نیز بوده است. همچنین گونه بلوط که بیشترین میزان

بنابراین بایستی در درخت‌کاری‌های آتی اولویت با گونه‌های پهن برگ به ویژه بلوط، اکالیپتوس و عرعر باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات آقایان دکتر علی یاسینی، عضو هیئت علمی دانشگاه ایلام (گروه مدیریت) و مهندس مهدی آذر کردار که در این مقاله نویسندگان را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Taherzadeh Mousavian S, Taheri Abkenar, k. Effect of sediment of Cement plant Dust Pollution on the Plant Species of surrounding areas of plant. 1 st international conference on cement industry, energy and environment, 11-13 Feb; 2013. (Persian)
2. Abbasi J, Salari, M. Environmental pollution of cement factories. Fifths Conference on Mining Engineering; 2006. (Persian).
3. Dinakar N, Nagajyothi PC, Suresh S, Udaykiran Y, Damod haram T. Phytotoxicity of cadmium on protein, praline and antioxidant enzyme activities in growing Arachis hypogaea L. seedling. J Environ Sci 2008; 20: 199-206.
4. Pal M, Horvath E, Janda T, Paldi E, Szalai G. Physiological changes and defense mechanisms induced by cadmium stress in maize. J Plant Nutr Soil Sci 2006; 169: 239-246.
5. Gisbert C, Ros R, De Haro A, Walker DJ, Bernal MP, Serrano R, Navarro J. plant genetically modify Ed that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation. Biochemical and Biophysical Research Communications 2003; 303: 440-445.
6. Kuehn E. Planning the City Climate. Landscape; 1959. P. 3-9.
7. Sharzei G, Mobarghei N. Estimating the V alue of Forest Ecosystem for Sulfur Dioxide Pollutant Gas Absorption Function. Eenvironmental Sci 2009; Vol.6, No.3 (Persian).
8. Mc Pherson EG, Nowak DJ, Rowntree, AA. Chicago's Urban Forest: result of the Chicago Urban Forest Climate Project. North Eastern Forest Experimental Station, Delaware, NEFES; 1994.
9. Powe NA, Willis KG. Mortality and morbidity benefits of pollution (PM10 and SO2) attributable to woodland in Britain. Environmental Management 2004; 70(3): 119-128.
10. Burken J, Vroblesky D, Balouet JC. Phytoforensics, Dendrochemistry Phytoscreening: Delineating Contaminants from Past and New Green Tools for Present. Environmental Sci & Technology 2011; 45(15): 6218-6226.
11. Shabanian N, Cheraghi C. Comparison of hytoremediation of heavy metals by woody species used in urban forestry of Sanandaj city. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2013; Vol. 21 No. (Persian).
12. Khademi A. kord B. use chlorophyll and Plants for elimination of main air pollutants. Journal of sci and techniques Natural Resources 2010; 5(1). (Persian).
13. keneshloo H, Eghtesadi A. The effect of afforestation in reduction oil pollution (heavy metals). Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources 2011; Vol. 64, No.2, 185-197 (Persian).
14. Bahmanpoor H. Environmental considerations and porting activities in metropolitans with an emphasis on urban green spaces. Journal of Physical Education 2011; 32(2): Vol 10, No 2 (Persian).
15. Noorpoor A, Kazemi N. Dispersion Modeling of Air Pollutants from the Ilam Cement Factory Stack. Journal of Civil and Environmental Engineering 2014; 44(1)125-137. (Persian).
16. Celik A, Kartal AA, Akdogan A, Kaska Y. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia. Environment International 2005; 31(3): 105-112.
17. Lindsay, W., and Norvell, W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 1978; 42(3): 421-428.
18. Lei, Y., Korpelainen, H., and Li, CH. Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting Populus cathayana populations. Chemosphere 2007; 68(4): 686-694.
19. Badr, N., Fawzy, M., and Al Qahtani, k.m, (2010). Phytoremediation and Ecological Solution to heavy Metal polluted soil and Evaluation of plant Removal a bility, Journal of world applied sciences 2010; 16 (9) : 1292-1301.
20. Abdullah C, Iqbal M. Response of automobiles stone and cement particulate matters on stomatal clogging of plants. Geobios 1997; 79(17): 91-107.
21. Martines LL, Mourato PM. Effect of excess copper on tomato plants: Growth parameters, enzyme, chlorophyll, and mineral content. J Plant Nutr 2006; 29(11) : 2179-2198.
22. Rubio C, Lucas JRD, Gutierrez AJ, Glez-Weller D, Perez B,

- Caballero JM, Revert C, Hardisson A. Evaluation of metal concentrations in mentha herbal teas (*Mentha piperita* L. *Mentha pulegium* L and *Mentha* species) by inductively coupled plasma spectrometry. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* 2012; 71(4): 11-17.
23. Sebastiani L, Scebba F, Tognetti R. Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (*Populus deltoides maximowiczii*) and I-214 (*P. euramericana*) exposed to industrial waste. *Environmental and Experimental Botany* 2004; 52 (1): 79-88.
24. Ghosh M, Singh SP. A comparative study of cadmium hytoextraction accumulator and weed species. *Environmental Pollution* 2005; 133(6): 365–371.
25. Majnonian H. *Trees and Environment*. Iranian department of environment; 1990 (Persian).
26. Dominguez MT., Madrid F, Maranon T, Murillo JM. Cadmium availability in soil and retention in oak roots: Potential for phytostabilization. *Chemosphere* 2009; 76(4): 480–486.
27. Vahabi A, ghodosi j. the distribution of Pb in plant and soils of lahijan different tea gardens from the road. *U. jahad* 1985. (Persian).