گیاه‌پالایی عنصر سرب به وسیله برخی از گونه‌های درختی در خاک‌های آلوده شهری (تهران)

بهروز کُرد*[۱]، امین خادمی[۲]، سارا پورعباسی[۳]

۱*، ۲ و۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، گروه مهندسی فضای سبز، ملایر، ایران، صندوق پستی: ۶۵۷۱۸/۱۱۷

behrouzkord@iau-malayer.ac.ir

چکیده

ارزیابی میزان تجمع عناصر سمّی در خاک و گیاهان در محیط زیست، از نظر سلامت و حیات موجودات زنده بسیار مهم و ضروری است. این تحقیق با هدف بررسی میزان پالایش خاک‌های آلوده به سرب بوسیله گونه‌های درختی کاج الداریکا (*Pinus Eldarica* Medw.)، سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* Greene.)، اقاقیا (*Robinia peseudoacacia*)، زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill) و نارون (*Ulmus carpinifolia var umbraculifera* Rehd.) در سطح شهر تهران صورت پذیرفت. برای این منظور در فصل تابستان در رویشگاه‌های آلوده (آزادی، بهمن و بازار) و رویشگاه شاهد (اقدسیه) با توجه به جهت باد غالب، یک ترانسکت انتخاب و نمونه‌برداری از برگ‌ها و ریشه‌های سطحی درختان در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در ۳ تکرار صورت پذیرفت و میزان غلظت سرب موجود در هر یک از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد. نتایج مطالعات نشان داد که گونه‌های کاج الداریکا، سرو نقره‌ای و اقاقیا به ترتیب بیشترین غلظت سرب را در اندام هوایی (۱۴٫۳۹ ppm، ۱۱٫۹۱ppm و ۹٫۷۲ppm) و بیشترین ضریب انتقال سرب از اندام زیرزمینی به اندام هوایی (به ترتیب ۳٫۴۹، ۲٫۹۹ و ۲٫۸۲) را دارا بوده‌اند. با توجه به این موضوع و شرایط سازگاری مناسب، این سه گونه می‌توانند به منظور پالایش خاک‌های آلوده به عنصر سرب در مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: تهران، گونه‌های درختی، گیاه‌پالایی، آلودگی خاک، سرب.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

فلزات سنگین در اثر فرسایش طبیعی سنگ‌ها و فعالیت‌های بشری مانند احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی، استخراج از معادن، تصفیه سنگ‌های حاوی فلزات، فاضلاب‌های شهری، آفت‌کش‌ها، مواد رنگی و باتری‌ها وارد محیط زیست می‌گردند (۱۳). آلودگی خاک به عناصر سنگین یکی از مهمترین مشکلات زیست محیطی در جهان محسوب می‌شود. میزان این فلزات در خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی همچون سنگ مادر، منابع آلاینده صنعتی، کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی و پساب‌های صنعتی و شهری بوده که با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط محیطی، روند تجمع و انباشت آن‌ها در لایه‌های خاک متفاوت است. سرب به عنوان یکی از سازنده‌های فرعی خاک محسوب شده و از عوامل مؤثر بر پراکندگی آن در خاک می‌توان به نوع و سن خاک، غلظت در اتمسفر، جهت باد و نوع پوشش گیاهی اشاره نمود (۳). سرب در واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهان نقش مشخصی نداشته و به علت شباهت شیمیایی با عناصر ضروری، امکان جذب آن توسط گیاهان وجود دارد (۲۳). یکی از روش‌های زیست‌پالایی خاک‌های آلوده که در آن از گیاهان مقاوم جهت پالایش ترکیبات آلی و معدنی استفاده می‌گردد، گیاه‌پالایی[1] نام دارد. در این روش با انجام عصاره‌کشی گیاهی نسبت به جذب و جمع‌آوری آلاینده‌ها در بافت‌های گیاهان اقدام می‌شود (۲۱).

تائبی و همکاران (۲) گیاه‌پالایی را روشی مناسب برای پالایش خاک‌های آلوده عنوان نمودند و اظهار داشتند که افزایش میزان آلودگی خاک به بیش از حد آستانه تحمل گیاه، سبب بروز سمّیت و کاهش راندمان گیاه‌پالایی می‌شود. سامانی‌مجد و همکاران (۵) بیشترین میزان غلظت سرب را در عمق سطحی خاک (۱۰-۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری نمودند که این موضوع نشان‌دهنده جذب و تثبیت آن در سطح خاک می‌باشد. علاءالدینی (۷) کاهش وزن تَر و خشک ریشه‌ها، اندام‌های هوایی، طول ریشه، ساقه و سطح پهنک برگ را از جمله اثرات فیزیولوژیکی آلودگی ناشی از سرب بر روی پارامترهای رشد گیاه عنوان نمود. بسالت‌پور و همکاران (۱) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که فلزات سنگین موجود در خاک سبب کاهش رشد و عملکرد ماده خشک اندام هوایی و بازده گیاه‌پالایی می‌گردند. Marry و همکاران (۱۹) اظهار داشتند که میزان جذب سرب توسط گیاهان متناسب با غلظت آن در محیط (اتمسفر و خاک) افزایش می‌یابد. Berrow و همکاران (۱۰) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که جذب فلزات سنگین از خاک توسط گیاهان به نوع و غلظت فلزات موجود در خاک، زیست فراهمی[2] عناصر و نوع گونه گیاهی بستگی دارد. Kabata و Pendias (۱۶) بیان نمودند که میزان بارگیری و تجمع فلزات سنگین در خاک به عوامل مختلفی نظیر pH، درصد مواد آلی، بافت و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک وابسته است. Lasat (۱۸) پارامترهایی نظیر بردباری، سیستم ریشه‌ای، فاکتور انتقال[3]، سرعت رشد بالا و بیومس گیاهی را در فرآیند گیاه‌پالایی مؤثر دانست. Shanker و همکاران (۲۴) بیان نمودند که هر چه آلودگی خاک نسبت به عناصر سنگین بیشتر باشد، احتمال انباشتگی آن‌ها در اندام‌های درختان افزایش

[1] Phytoremediation

[2] Bioavailability
[3] Translocation Factor

Archive of SID

www.SID.ir

می‌یابد. Harju و همکاران (۱۴) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که میزان تجمع سرب در پوست و چوب درختان در مناطق آلوده بیشتر بوده که این موضوع نشان‌دهنده تأثیر مستقیم آلودگی هوا می‌باشد. Celik و همکاران (۱۲) در مطالعات خود به این نکته اشاره نمودند که میزان بیومس بالا و شرایط سازگاری مناسب گونه‌های گیاهی می‌تواند نقش مهمی در پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین داشته باشد. Onder و Dursun (۲۲) اظهار داشتند که سرب شکل‌گیری برگ‌ها، رشد ریشه‌ها و شاخه‌های درختان را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. این تحقیق با هدف بررسی گونه‌های درختی کاج الداریکا (*Pinus eldarica* Medw.)، سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* Greene.)، اقاقیا (*Robinia peseudoacacia* L.)، زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) و نارون (*Ulmus carpinifolia var umbraculifera* Rehd.) نسبت به تجمع عنصر سرب موجود در خاک در شهر تهران انجام شده است تا گونه‌هایی که ابرانباشتگر[1] مفید این عنصر می‌باشند، شناسایی شده و در مناطق آلوده مورد استفاده قرار گیرند.

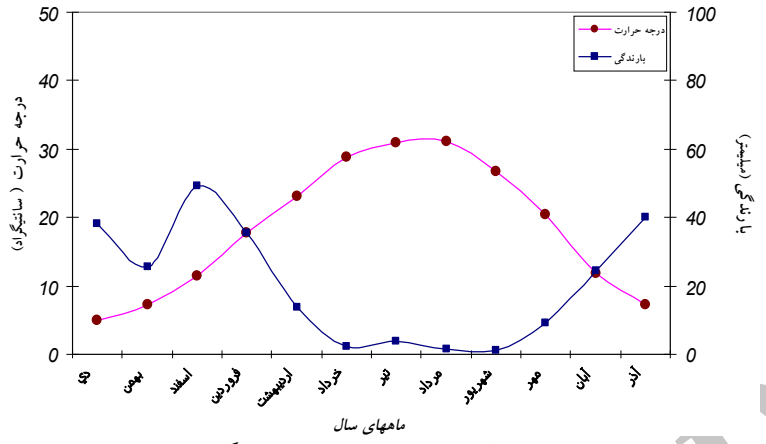
مواد و روش‌ها

شهر تهران در ´۸ °۵۱ تا ´۳۷ °۵۱ طول شرقی و ´۳۴ °۳۵ تا ´۵۰ °۳۵ عرض شمالی قرار گرفته و ارتفاع آن نسبت به سطح آب‌های آزاد از ۱۱۰۰ متر در جنوب تا ۱۷۰۰ متر در شمال در نوسان می‌باشد. در این تحقیق به دلیل اینکه مناطق مورد مطالعه در محدوده ایستگاه‌های هواشناسی مهرآباد و شمال تهران قرار داشتند، کلیه آمار و ارقام هواشناسی در طی یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۷-۱۳۷۸) از این ایستگاه‌ها استخراج گردید (۴). براساس آمارهای ایستگاه هواشناسی مهرآباد، میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۵٫۵ میلی‌متر، متوسط حرارت سالیانه ۱۸٫۴۵ درجه سانتیگراد، اقلیم منطقه نیمه خشک سرد و تعداد ماه‌های خشک ۷ ماه می‌باشد (شکل ۱). این در حالی است که برطبق آمارهای ایستگاه هواشناسی شمال تهران، میانگین بارندگی سالیانه ۴۴۴ میلی‌متر، متوسط حرارت سالیانه ۱۵٫۶ درجه سانتی‌گراد، اقلیم منطقه نیمه مرطوب سرد و تعداد ماه‌های خشک ۶ ماه بوده است (شکل ۲).

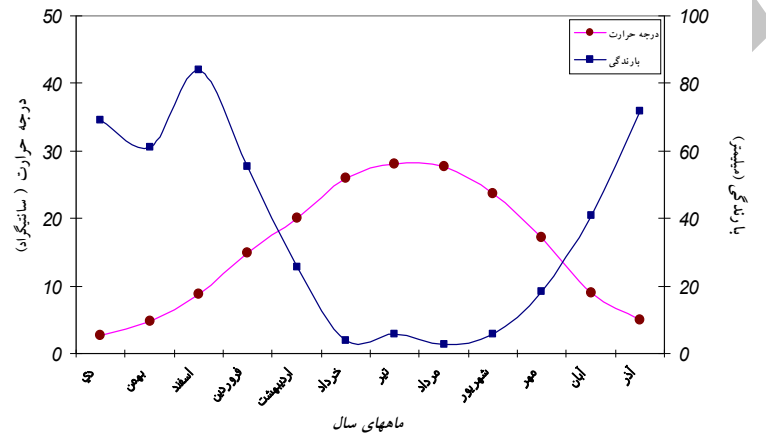
[1] Hyperaccumulator

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: منحنی آمبروترمیک با استفاده از آمارهای ایستگاه هواشناسی مهرآباد



شکل ۲: منحنی آمبروترمیک با استفاده از آمارهای ایستگاه هواشناسی شمال تهران

با استفاده از گزارشات سازمان حفاظت محیط زیست، شرکت کنترل کیفیت هوا و سازمان حمل و نقل و ترافیک در خصوص میزان آلودگی هوا، میدان آزادی (آزادی)، خیابان پانزده خرداد (بازار) و میدان بهمن (بهمن) به عنوان رویشگاه‌های آلوده و خیابان شهید لنگری (اقدسیه) به عنوان رویشگاه شاهد (با توجه به پایین بودن میزان آلودگی) در سطح شهر تهران در نظر گرفته شدند (شکل ۳). سپس گونه‌های کاج الداریکا، سرو نقره‌ای، اقاقیا، زبان گنجشک و نارون که به صورت غالب و مشترک در بین رویشگاه‌ها وجود داشتند، به عنوان گونه‌های درختی جهت مطالعه انتخاب شدند. در هر رویشگاه با توجه به جهت باد غالب، یک ترانسکت انتخاب و نمونه‌برداری از برگها و ریشه‌های سطحی درختان در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در ۳ تکرار صورت پذیرفت. در نمونه‌برداری از اجزای درختان، نمونه‌های برگ به دقت از محل دمبرگ جدا شده و با توجه به طرز قرار گرفتن برگ‌های موجود در تاج هر درخت، ترتیبی اتخاذ شد تا برگ‌های انتخابی از کل محدوده حاشیه تاج باشند. در خصوص ریشه درختان نیز نمونه‌برداری از اطراف هر درخت و در عمق سطحی خاک صورت پذیرفت (۱۲و۲۲).

با در نظر گرفتن تیمارهای مورد مطالعه، تعداد ۱۲۰ نمونه تهیه شد که پس از کد گذاری به آزمایشگاه

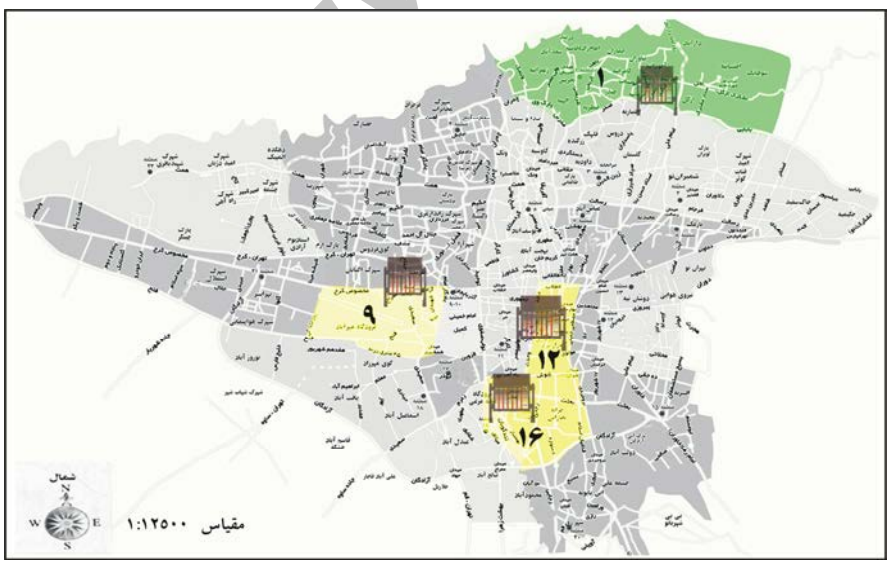
Archive
www.SID.ir

انتقال داده شدند. سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شده و در آون تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت و در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. نمونه‌های خشک شده بوسیله آسیاب برقی پودر شده و برای عصاره‌گیری از روش هضم با اسید نیتریک ۴ نرمال در حرارت ۹۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. پس از صاف کردن عصاره‌ها، میزان غلظت سرب در هر یک نمونه‌ها به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد (۱۵).

در هر رویشگاه، نمونه‌برداری از خاک زیر پوشش درختان در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری انجام پذیرفت (۹و۱۲). در آزمایشگاه علاوه بر تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌های خاک در دمای محیط خشک و بوسیله چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و غلظت سرب موجود در هر یک از آن‌ها با توجه به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید (۱۷).

همچنین به دلیل نوع مطالعه و به منظور تعیین غلظت سرب در هوا، در طی فصل تحقیق با استفاده از پمپ نمونه‌برداری، اقدام به نمونه‌برداری از هوا (به مدت ۴۵ دقیقه و حجم ۱۵۰ لیتر) در هر رویشگاه گردید و سپس غلظت سرب موجود در نمونه‌ها تعیین شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار Spss انجام شد. برای این منظور از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه برای بررسی معنی‌دار بودن تأثیر تیمارها بر روی مؤلفه‌های مورد تحقیق و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین مؤلفه‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید.



شکل۳: نحوه استقرار ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در مناطق مورد مطالعه (۶)

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج

نتایج نشان داد که میزان غلظت سرب در اتمسفر در رویشگاه آزادی از حداقل ۱۶٫۴۵ppm در تیر ماه تا ۱۹٫۶۳ ppm در شهریور ماه، رویشگاه بازار از حداقل ۸٫۲۶ ppm در مرداد ماه تا ۱۱٫۱۷ ppm در شهریور ماه، رویشگاه بهمن از حداقل ۱۱٫۰۶ ppm در تیر ماه تا ۱۴٫۲۹ ppm در شهریور ماه و رویشگاه اقدسیه از حداقل ۱٫۲۸ ppm در تیر ماه تا ۳٫۰۹ ppm در شهریور ماه در نوسان بوده است (جدول۱).

جدول۱: میزان غلظت سرب موجود در اتمسفر

رویشگاه	غلظت سرب (ppm)		
	تیر	مرداد	شهریور
آزادی	۱۶٫۴۵	۱۷٫۳۴	۱۹٫۶۳
بازار	۹٫۱۵	۸٫۲۶	۱۱٫۱۷
بهمن	۱۱٫۰۶	۱۳٫۲۱	۱۴٫۲۹
اقدسیه	۱٫۲۸	۲٫۸۴	۳٫۰۹

نتایج حاکی از آن است که خاک مناطق مورد مطالعه جزء خاک‌های آهکی و غیر شور بوده و از نظر ماده آلی فقیر محسوب می‌گردد. بافت این خاک‌ها لومی رسی و به دلیل کمی مواد آلی، ذرات رس در آن‌ها نقش ویژه‌ای دارند (جدول ۲).

با توجه به آنالیز داده‌ها، اختلاف معنی‌داری در میزان غلظت سرب در عمق‌های ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک در رویشگاه‌های مختلف مشاهده شد. با توجه به جدول ۲، رویشگاه آزادی در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری دارای بیشترین میزان غلظت سرب و رویشگاه اقدسیه در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری دارای کمترین مقدار غلظت سرب می‌باشد.

جدول۲: مشخصات فیزیکی، شیمیایی و میزان غلظت سرب موجود در نمونه‌های خاک در رویشگاه‌های مورد مطالعه

مشخصات خاک / رویشگاه	عمق	بافت	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	شوری	اسیدیته	درصد آهک	درصد مواد آلی	کربن آلی (٪)	پتاسیم (ppm)	ازت کل (٪)	فسفر (ppm)	غلظت سرب (ppm)
آزادی	۲۰-۰	لومی‌رسی	۴۶٫۸۷	۳۳٫۵۳	۱۹٫۶۰	۰٫۴۳	۷٫۳۶	۴۵٫۸۳	۰٫۵۰	۰٫۷۱	۲۶۰	۰٫۲۱	۵٫۴	۱۹٫۰۹
	۴۰-۲۰	لومی‌رسی	۴۸٫۲۱	۲۷٫۵۳	۲۴٫۲۶	۰٫۳۸	۷٫۱۲	۵۱٫۱۶	۰٫۶۵	۰٫۹۰	۲۷۰	۰٫۲۸	۵٫۷	۴٫۷۵
بهمن	۲۰-۰	لومی‌رسی	۳۶٫۴۷	۴۲٫۱۳	۲۱٫۴۰	۰٫۴۴	۷٫۴۵	۵۱	۰٫۳۶	۰٫۵۷	۱۸۰	۰٫۱۵	۷٫۷	۱۲٫۰۸
	۴۰-۲۰	لومی‌رسی	۳۰٫۵۶	۴۵٫۴۰	۲۴٫۰۴	۰٫۳۸	۷٫۲۶	۶۴٫۶۰	۰٫۴۲	۰٫۶۴	۲۰۰	۰٫۲۲	۸٫۶	۳٫۱۷
بازار	۲۰-۰	لومی‌رسی	۴۳٫۵	۴۲٫۳	۱۴٫۲	۰٫۴۱	۷٫۶۵	۴۹٫۱۳	۰٫۴۴	۰٫۶۹	۱۵۰	۰٫۲۳	۸٫۸	۹٫۳۶
	۴۰-۲۰	لومی	۳۴	۴۵٫۲	۲۰٫۸	۰٫۳۹	۷٫۴۱	۵۷٫۰۶	۰٫۶	۰٫۸۷	۱۷۰	۰٫۲۵	۹٫۵	۲٫۴۷
اقدسیه	۲۰-۰	لومی‌رسی	۲۱٫۸۶	۳۴٫۰۶	۴۴٫۰۸	۰٫۵۰	۷٫۷۰	۴۰٫۵۰	۰٫۵۸	۰٫۸۴	۱۹۰	۰٫۲۷	۱۱٫۱	۲٫۱۶
	۴۰-۲۰	لومی‌شنی	۱۸٫۵۳	۲۴٫۷۳	۵۶٫۷۴	۰٫۵۲	۷٫۸۶	۵۲٫۱۶	۰٫۷۰	۱٫۰۸	۲۱۰	۰٫۳۶	۱۱٫۳	۰٫۵۴

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج مطالعات نشان داد که بیشترین میزان غلظت سرب در درختان کاج تهران موجود در رویشگاه آزادی با ۱۸٫۵۷ ppm و کمترین میزان آن در درختان زبان گنجشک موجود در رویشگاه اقدسیه با ۱٫۲۱ ppm مشاهده شد. همچنین آزمون دانکن سطوح مختلف میانگین‌ها را در هر رویشگاه در ۵ طبقه قرار داده است (جدول ۳).

نتایج آزمون تجزیه واریانس نیز نشان داد که تأثیر رویشگاه بر انباشتگی عنصر سرب در برگ گونه‌های درختی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). به نحوی که غلظت سرب در برگ درختان در رویشگاه آزادی از بیشترین میزان و در رویشگاه اقدسیه (شاهد) از کمترین میزان برخوردار بوده است (جدول ۳).

جدول۳. میزان غلظت سرب (ppm) در برگ گونه‌های درختی در رویشگاه‌های مورد مطالعه

گونه‌های درختی / رویشگاه	کاج تهران	سرو نقره‌ای	اقاقیا	نارون	زبان گنجشک
آزادی	۱۸٫۵۷	۱۵٫۰۱	۱۳٫۰۹	۱۰٫۴۲	۷٫۱۸
بهمن	۱۶٫۶۱	۱۳٫۴۰	۱۱٫۵۸	۹٫۹۴	۵٫۶۴
بازار	۱۴٫۹۵	۱۲٫۴۴	۱۰٫۱۲	۸٫۳۴	۳٫۸۹
اقدسیه	۷٫۴۶	۶٫۸۱	۴٫۱۰	۲٫۹۴	۱٫۲۱

جدول۴: تجزیه واریانس غلظت سرب در برگ درختان تحت تأثیر رویشگاه و گونه‌های درختی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	*F*	*P*
رویشگاه	۳	۷۵۲٫۳۶۲	۲۵۰٫۷۸۷	۸۳۵۹۵٫۷۸	۰٫۰۰۰*
گونه	۴	۱۱۶٫۷۰۴	۲۹٫۱۷۶	۹۷۲۵٫۳۳	۰٫۰۰۲*
رویشگاه × گونه	۱۲	۱۳٫۲۹۸	۱٫۱۰۸	۳۶۹٫۳۹	۰٫۰۱۴*
خطا	۱۰۱	۰٫۳۶۴	۰٫۰۰۳		
کل	۱۲۰	۸۵۵٫۷۲۸			

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

نتایج نشان داد که بیشترین میزان غلظت سرب در درختان نارون موجود در رویشگاه آزادی با ۱۰٫۵۱ ppm و کمترین میزان آن در درختان کاج تهران موجود در رویشگاه اقدسیه با ۱٫۹۱ ppm مشاهده شد. همچنین آزمون دانکن سطوح مختلف میانگین‌ها را در هر رویشگاه در ۵ طبقه قرار داده است (جدول ۵).

نتایج آزمون تجزیه واریانس نیز نشان داد که تأثیر رویشگاه بر انباشتگی عنصر سرب در ریشه گونه‌های درختی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (جدول۶). به نحوی که غلظت سرب در ریشه درختان در رویشگاه آزادی از بیشترین میزان و در رویشگاه اقدسیه (شاهد) از کمترین میزان برخوردار بوده است (جدول ۵).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: میزان غلظت سرب (ppm) در ریشه گونه‌های درختی در رویشگاههای مورد مطالعه

گونه‌های درختی / رویشگاه	کاج تهران	سرو نقره‌ای	اقاقیا	نارون	زبان گنجشک
آزادی	۶٫۱۰	۵٫۴۷	۴٫۶۳	۱۰٫۵۱	۸٫۸۴
بهمن	۵٫۲۹	۴٫۸۶	۳٫۶۵	۸٫۹۷	۸٫۱۶
بازار	۳٫۱۷	۳٫۶۱	۲٫۹۸	۷٫۷۹	۶٫۷۳
اقدسیه	۱٫۹۱	۲٫۰۱	۲٫۲۷	۴٫۴۱	۴٫۰۳

جدول ۶: تجزیه واریانس غلظت سرب در ریشه درختان تحت تأثیر رویشگاه و گونه‌های درختی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	*F*	*P*
رویشگاه	۳	۵۱۸٫۱۱۵	۱۷۲٫۷۰۵	۸۶۳۵۲٫۵	۰٫۰۰۱*
گونه	۴	۸۳٫۳۶۷	۲۰٫۸۴۱	۱۰۴۲۰٫۸۷	۰/۰۶۶
رویشگاه * گونه	۱۲	۱۰٫۲۲۹	۰٫۸۵۴	۴۲۶٫۲۱	۰٫۰۱۰*
خطا	۱۰۱	۰٫۲۶۱	۰٫۰۰۲		
کل	۱۲۰	۶۱۱٫۹۷۲			

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

نتایج مقایسه میزان غلظت سرب در اندام‌های هوایی و زیرزمینی (جدول ۷) نشان داد که گونه‌های درختی کاج تهران، سرو نقره‌ای و اقاقیا با نسبت انتقال (TF) به ترتیب **۳/۴۹**، **۲/۹۹** و **۲/۸۲** بیشترین توانایی انتقال سرب از اندام‌های زیرزمینی به هوایی را دارا می‌باشند.

جدول ۷: نسبت غلظت عنصر سرب در اندام هوایی به زیرزمینی در گونه‌های درختی مورد مطالعه

گونه درختی	TF
کاج تهران (*Pinus Eldarica* Medw.)	۳٫۴۹
سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* Greene.)	۲٫۹۹
نارون (*Ulmus carpinifolia var umbraculifera* Rehd.)	۰٫۹۸
اقاقیا (*Robinia peseudoacacia* L.)	۲٫۸۲
زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.)	۰٫۶۴

بحث

در رویشگاه‌های آلوده میزان غلظت سرب در اندام هوایی و زیرزمینی درختان بیشتر از رویشگاه شاهد بوده و به ترتیب اقدسیه، بازار، بهمن و آزادی افزایش نشان می‌دهد. علت این امر را می‌توان اینگونه بیان نمود که بالاتر بودن غلظت سرب در اتمسفر و تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله pH، غلظت کل و قابل جذب سرب در خاک رویشگاه‌های آلوده سبب

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش غلظت در اندام‌های درختان گردیده است. Marry و همکاران (۱۹) در تحقیقات خود بیان نمودند که میزان جذب سرب توسط گیاهان متناسب با غلظت آن در محیط (اتمسفر و خاک) افزایش می‌یابد. واثقی و همکاران (۸) اظهار داشتند که با افزایش pH خاک، رسوب عناصر فلزی به صورت هیدروکسیدها و کربنات‌های نامحلول و کمپلکس‌های آلی افزایش یافته و قابلیت دسترسی فلزات سنگین موجود در خاک برای گیاهان کاهش می‌یابد.

نتایج نشان داد که غلظت سرب در اندام هوایی (برگ) درختان بیشتر از ریشه آن‌ها بوده است. افزایش غلظت سرب در اندام هوایی را می‌توان به بالا بودن غلظت کل سرب در خاک و توانایی جذب و انتقال آن از ریشه به برگ ارتباط داد. Lasat (۱۸) در بررسی‌های خود ضریب انتقال سرب از اندام زیر زمینی به اندام هوایی را از مهمترین عوامل افزایش آن در اندام هوایی (برگ و شاخه) گیاهان ذکر نمود. Mattina و همکاران (۲۰) نیز در گیاه‌پالایی و عصاره‌کشی گیاهی، فاکتور انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به هوایی را بسیار مهم عنوان نمودند و اظهار داشتند که از آن عمدتاً به منظور شناسایی گونه‌های فرا انباشت‌کننده استفاده می‌گردد.

با توجه به اینکه در گیاه‌پالایی فلزات سنگین، نسبت انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به اندام هوایی (فاکتور انتقال) بسیار مهم و ضروری است، نتایج نشان داد که گونه‌های کاج تهران، سرو نقره‌ای و اقاقیا بیشترین توانایی را جهت انتقال سرب نشان داده‌اند. Alan و همکاران (۹) اظهار داشتند که نسبت انتقال در گیاهان انباشتگر[1] بزرگتر از ۱ و در گیاهان دافع[2] کمتر از ۱ است. Brooks (۱۱) بیان نمود که گونه‌های گیاهی می‌توانند سرب را به اندام هوایی خود انتقال دهند که کمترین انباشتگی از این عنصر را در اندام زیرزمینی خود داشته باشند.

در مباحث گیاه‌پالایی فلزات سنگین باید به فاکتورهای بردباری گیاه در برابر فلزات، سیستم ریشه‌ای گیاهان، توانایی انتقال از اندام زیرزمینی به اندام هوایی (فاکتور انتقال)، سرعت رشد و زیتوده بالا توجه نمود. در این تحقیق با توجه به نکات ذکر شده گونه‌های درختی کاج تهران، سرو نقره‌ای و اقاقیا گونه‌هایی مناسب جهت پالایش خاک‌های آلوده به سرب می‌باشند که می‌توانند در مناطق مشابه نیز توصیه گردند.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان بررسی استفاده از گونه‌های درختی و درختچه‌ای به عنوان نشانگر فلزات سنگین بوده است و بدینوسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر به دلیل حمایت مالی در انجام این تحقیق صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

۱. بسالت‌پور، ع.ا.؛ حاج‌عباسی، م.ع.؛ خوشگفتارمنش، ا.ح. و افیونی، م.، ۱۳۸۷. بررسی پالایش‌های خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی اطراف پالایشگاه تهران به روش تحریک گیاهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۴): ۳۵-۲۲.

[1] Accumulators

[2] Excluders

Archive of SID
www.SID.ir

۲. تائبی، ا.؛ سامانی‌مجد، س. و ابطحی، س.م.، ۱۳۸۶. ارتباط عوامل ترافیکی با غلظت سرب و کادمیوم در خاک حاشیه خیابان‌های شهری. پژوهشنامه حمل و نقل، ۴(۳): ۲۰۵-۱۹۵.

۳. دبیری، م.، ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست (هوا- آب- خاک- صوت). انتشارات اتحاد، تهران، ۳۹۹ صفحه.

۴. سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۸. آمار و اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور. http://www.weather.ir/farsi/statistics/index.aspx.

۵. سامانی‌مجد، س.؛ تائبی، ا. و افیونی، م.، ۱۳۸۶. آلودگی خاک حاشیه خیابان‌های شهری به سرب و کادمیوم. مجله محیط شناسی، ۳۳ (۴۳): ۱۰-۱.

۶. شرکت کنترل کیفیت هوا (وابسته به شهرداری تهران).، ۱۳۸۷. گزارشات آلودگی هوای شهر تهران http://www.aqcc.ir/default.aspx.

۷. علاءالدینی، ع.، ۱۳۸۶. بررسی اثرات فیزیولوژیک ناشی از آلودگی سرب بر پارامترهای رشد و محتوای پروتئینی گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۶۶ صفحه.

۸. واثقی، س.؛ افیونی، م.، شریعتمداری، ح. و مبلی، م.، ۱۳۸۲. اثر لجن فاضلاب و pH خاک بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف و فلزات سنگین. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۷(۳): ۱۰۶-۹۵.

9. Alan, J.M.; Baker, M.; McGrath, S.P.; Reeves, R.D. and Smith, J.A.C., 2000. Metal Hyperaccumulator Plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal polluted soils, in phytoremediation of contaminated soil and water. Terry, N. and Banuelos, G. ED., CRC Press LLC, 85-107.
10. Berrow, M.L. and Burridge, J.C., 1991. Uptake, distribution and effect of metal compounds on plants, in metals and their compounds in the environment. Merrian, E. Ed,. VCH Verlagsgesellshaft, Weinheim, 399-410.
11. Brooks, R.R., 1998. Plants that hyperaccumulate heavy metal.CAB International, New York, 380p.
12. Celik, A.; Kartal, A.; Akdogan, A. and Kaska, Y., 2005. Determination of heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio Pseudo-acacia L. Environment International 31, 105-112.
13. Environmental Protection Agency (EPA)., 2006. Air Quality Criteria for Lead. Volume I & II: 1588 p. http://www.epa.gov/
14. Harju, L.; Saarela, K.E.; Rajander, J.; Lill, J.O.; Heselius, S.L.; Lindroos, A. and Mattsson, K., 2005. Elemental analyses of pine bark and wood in an environmental study. Journal of Science of the Total Environment, 343: 231-241.
15. James, D.W. and Wells, K.L., 1990. Soil sample collection and handing technique based on source and degree of field variability. Soil Testing and Plant Analysis. Third edition. Soil science society of America, 25-44. In: R.L. Westerman (ed.).
16. Kabata, A.A. and Pendias, H., 1994. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 61-68.
17. Klute, A., 1986. Method of soil analysis. Part1: Physical methods. Soi. Sci SOC. Ameri. J. 432-449.
18. Lasat, M.M., 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil. Journal of Hazardous Substance Research, 2: 1-25.
19. Marry, R.H.; Tiller, K.G. and Alston, A.M., 1986. The effect of contamination of soil with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plant. Journal of Plant and Soil, 91: 115-128.

Archive of SID

www.SID.ir

20. Mattina, M.J.I.; Lannucci-Berger, W.; Musante. C. and White, J.C., 2003. Concurrent plant uptake of heavy metal and persistent organic pollutants from soil. Environmental Pollution 124, 375-378.
21. McGrath, S.P.; Dunham, S.J. and Correl, R.L., 2000. Potential for phytoextraction of zinc and cadmium from soils using hyperaccumulator plants, in phytoremediation of contaminated soil and water. Terry, N. and Banuelos, G. Sd., CRC Press LLC, 109-128.
22. Onder, S. and Dursun, S., 2006. Air borne heavy metal pollution of *Cedrus libani* (A. Rich.) in the city center of Konya (Turkey). Journal of Atmospheric Environment, 40: 1122-1133.
23. Pais, I. and Jones, J.B., 1997. The Handbook of Trace Elements, St. Lucie Press, Boca Raton, Florida, 223p.
24. Shanker, A.K.; Cervantes, C.; Loza-Tavera, H. and Avudainayagam, S., 2005. Chromium toxicity in plants. Enveironment International 31, 739-753.

Archive of SID

www.SID.ir