بررسی نقش گونه‌های زبان‌گنجشک و سرو نقره‌ای در زیست‌پالایی فلز سنگین کادمیوم (مطالعه موردی شهر اصفهان)

سعید کاردار[۱*]، رضا فاطمی طلب[۲]، کیوان صائب[۳] و امین خادمی[۴]

چکیده

فعالیت‌های صنعتی باعث ورود مقادیر فراوانی از عناصر سنگین به اتمسفر می‌شود و استفاده از گونه‌های گیاهی می‌تواند در ارزیابی و کاهش آلودگی هوا با این فلزات موثر باشد. این تحقیق با هدف بررسی میزان جذب کادمیوم در اجزای درختان زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) در شهر اصفهان صورت پذیرفت. برای این منظور در رویشگاه‌های آلوده و شاهد در پایان فصل بهار و تابستان، نمونه‌هایی از برگ‌ها و ریشه‌های سطحی درختان به صورت خطی و تصادفی در سه تکرار تهیه گردید و میزان غلظت کادمیوم موجود در هر یک از آنها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان جذب کادمیوم در اندام‌های هوایی گونه سرو نقره‌ای بیشتر از زبان‌گنجشک اتفاق می‌افتد و در گونه‌های مورد مطالعه جذب کادمیوم در برگ بیشتر از ریشه می‌باشد. همچنین جذب کادمیوم در اندام‌های مختلف گونه‌ها، در رویشگاه آلوده بیشتر از سایر رویشگاه‌ها بوده و بالاترین میزان جذب کادمیوم در شهریور ماه و کمترین مقدار آن در خرداد ماه مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: زیست پالایی، کادمیوم، سرو نقره‌ای، **زبان گنجشک، اصفهان.**

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی محیط زیست، تهران، ایران.
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آباده، گروه مهندسی محیط زیست، آباده، ایران.
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آباده، گروه مهندسی محیط زیست، تنکابن ،ایران.
۴- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر، گروه مهندسی فضای سبز، ملایر، ایران.
* نویسنده مسئول Email: kardar1976@yahoo.com

مقدمه

آلودگی محیط زیست به وسیله مواد آلاینده حاصل از فعالیتهای گوناگون بشری از جمله فعالیتهای کشاورزی، صنعتی، هسته‌ای و فاضلاب شهری سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی، اقتصادی و بهداشتی شده است. امروزه با درک مشکلات زیست محیطی به وجود آمده، تلاش‌های فراوانی به منظور پاکسازی محیط زیست صورت گرفته است و بدین منظور روش-های مختلفی ابداع و به کار گرفته شده است (۶). فلزات سنگین در محیط تجزیه نمی‌شود، بنابراین نیاز به خارج کردن آنها از محیط می‌باشد. از طرفی هزینه‌های بسیار گزاف روش‌های فیزیکی و شیمیایی سبب تلاش در جهت دست‌یابی به روش‌های ارزان‌تری شده است. بدین ترتیب از منابع بیولوژیک محیط زیست جهت پاک‌سازی نقاط آلوده به انواع آلاینده‌ها کمک گرفته شده که موفقیت‌های قابل توجهی در این زمینه کسب شده که ارزش تجاری نیز پیدا کرده‌اند (۴).

از جملهٔ این روش‌ها، استفادهٔ از برخی گیاهان و میکروارگانیزم هایی که سبب کاهش آلودگی محیط زیس می‌شوند، که به زیست پالایی معروف می‌باشد. در این روش از قابلیت گیاهان، باکتری‌ها، قارچ‌ها، گلسنگ‌ها، جلبک‌های آب‌های شیرین و غیره جهت پاکسازی و رفع آلودگی خاک، آب و هوا از آلاینده‌ها استفاده می‌شود. بعضی از گیاهان می‌توانند به طور کامل و یا جزیی مواد آلاینده موجود در خاک، لجن، رسوبات، آبهای زیرزمینی و سطحی و هوا را در خود جمع کنند که به این فرآیند انباشت گیاهی گفته می‌شود. این گیاهان از فرایندهای بیولوژیک متنوع گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی خود در جهت کمک به کاهش و رفع آلودگی استفاده می‌کنند (۷). کادمیوم که در تایر خودروها وجود دارد از طریق استهلاک خودروها و ترافیک به محیط شهری وارد می‌شود. به علت شرایط نامناسب خاک در مناطق آلوده، استقرار و رشد گیاهان با مشکل مواجه می‌شود، به این دلیل، شناسایی گونه‌های مناسب گیاهی که شرایط سخت محیط را تحمل نموده و توانایی زیادی برای جذب و انباشت فلزات سنگین داشته باشند در افزایش کارایی روش گیاه پالایشی تاثیر مهمی دارد. بررسی پوشش گیاهی در شهرهای آلوده و تعیین غلظت فلزات سنگین در آنها می‌تواند در شناسایی گونه‌های ابرانباشتگر مفید واقع شود (۵ و ۱۰).

بخش اعظم استان و شهر اصفهان به لحاظ استقرار واحدهای صنعتی آلوده ساز، وضعیت ترافیکی خاص و سنگین، موقعیت جغرافیایی، وجود کارگاههای کوچک و بزرگ در معرض خطر آلودگی هوا، خاک و آب قرار گرفته‌اند. روی همین اصل مطالعات مربوط به تعیین میزان و نوع آلاینده های ناشی از ترافیک شهری و صنعتی و غیره موجود در هوا و خاک می‌تواند راهگشای ارائه راه حل‌های عملی در جهت سالم‌سازی محیط زیست قرار گیرد. هدف اصلی این تحقیق، بررسی میزان جذب فلز کادمیوم از خاک و هوا با استفاده از گونه‌های درختی سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک موجود در فضای سبز شهری اصفهان و معرفی گیاهان زیست ردیاب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه

شهر اصفهان در طول جغرافیایی "۳۹ °۵۱ شرقی و عرض ´۳۸ °۳۲ شمالی و ارتفاع ۱۵۷۰ متری از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۱۶٫۳ سانتیگراد و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، اقلیم خشک سرد می باشد. با توجه به گزارش سازمان محیط زیست و ترافیک شهرداری اصفهان، خیابان آزادی و احمدآباد به عنوان رویشگاه آلوده و خیابان صباحی به عنوان رویشگاه شاهد در نظر گرفته شدند. سپس گونه‌های درختی سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک که بصورت غالب

و مشترک در همه رویشگاه‌ها وجود داشتند به عنوان گونه‌های مورد مطالعه انتخاب گردیدند.

روش کار

با توجه به انتخاب گونه درختی خزان کننده و همیشه سبز، عملیات نمونه‌برداری به گونه‌ای تنظیم شد که معرف کل فصل تابستان باشد. بدین ترتیب با توجه به وضعیت آب و هوایی منطقه خصوصاً سرعت و جهت باد، عملیات نمونه‌برداری در پایان خرداد ماه و شهریور ماه انجام شد (۶ و ۱۰). در هر رویشگاه با توجه به جهت باد غالب، یک ترانسکت انتخاب شد و نمونه‌برداری از برگ‌ها و ریشه‌های سطحی به صورت کاملاً تصادفی در ۳ تکرار صورت پذیرفت (۶ و ۹). با در نظر گرفتن تیمارهای مورد مطالعه، تعداد ۷۲ نمونه تهیه شد که پس از کدگذاری به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس نمونه‌ها با آب شسته شده و در آون تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت و درجه 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 کادمیوم در هر یک از نمونه‌ها به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد. (۸). همچنین در هر رویشگاه با استفاده از پمپ نمونه‌برداری، اقدام به نمونه‌برداری از هوا و تعیین غلظت عنصر کادمیوم در هر یک از نمونه‌ها گردید (۲). تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار Spss انجام شد. برای این منظور از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه برای قضاوت معنی‌دار بودن تأثیر تیمارها بر روی مؤلفه‌های مورد تحقیق در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج

غلظت در اتمسفر

با توجه به جدول ۱ غلظت کادمیوم در اتمسفر در رویشگاه آزادی و در شهریور ماه از بیشترین میزان (۴٫۳۶ ppb) و در رویشگاه صباحی و خرداد ماه از کمترین میزان (۰٫۳۳ ppb) برخوردار می‌باشد.

جدول۱. میزان غلظت کادمیوم موجود در اتمسفر (ppb)

زمان	رویشگاه		
	آزادی	احمدآباد	صباحی
خرداد	۳/۰۶	۲/۶۶	۰/۳۳
شهریور	۴/۳۶	۳/۴۴	۰/۸۰

خصوصیات خاک و میزان غلظت کادمیوم در خاک

خاک مناطق مورد مطالعه عمدتاً از نوع بافت سنگین (لومی رسی) و غیر آهکی هستند که از حاصل-خیزی بالایی برخوردار نیست و درصد مواد آلی پایین است. میزان غلظت فلزات مورد مطالعه در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. مشخصات فیزیکی، شیمیایی و میزان غلظت عناصر مورد بررسی در نمونه‌های خاک رویشگاه‌ها

رویشگاه	عمق (Cm)	بافت	رس ٪	سیلت ٪	شن ٪	اسیدیته	کربن آلی ٪	پتاسیم (ppm)	ازت کل ٪	فسفر (ppm)	غلظت کادمیوم (ppm)
آزادی	۱۰- ۰	لومی-رسی	۴۸	۳۱٫۴	۲۰٫۶۰	۷٫۳۶	۰٫۶۷	۲۸۰	۰٫۲۱	۴٫۶	۸٫۱۷
	۲۰- ۱۰	لومی-رسی	۴۴٫۲	۳۱٫۵۴	۲۴٫۲۶	۷٫۱۲	۰٫۷۲	۳۰۰	۰٫۲۸	۵/۱	۳٫۸۴
احمدآباد	۱۰- ۰	لومی-رسی	۴۱٫۵	۳۷٫۱	۲۱٫۴۰	۷٫۴۵	۰٫۸۱	۲۱۰	۰٫۱۵	۶٫۹	۵٫۲۹
	۲۰- ۱۰	لومی-رسی	۴۰	۳۵٫۹۶	۲۴٫۰۴	۷٫۲۶	۱٫۰۲	۲۲۵	۰٫۲۲	۷٫۶	۲٫۴۲
صباحی	۱۰- ۰	لومی-رسی	۴۴٫۰۸	۲۱٫۹۲	۳۴	۷٫۷۰	۰٫۹۳	۲۰۵	۰٫۲۷	۱۰٫۳	۱٫۰۷
	۲۰- ۱۰	لومی-رسی	۵۶٫۷۴	۲۴٫۷۳	۱۸٫۵۳	۷٫۸۶	۱٫۱۵	۲۳۰	۰٫۳۶	۱۱٫۰	۰٫۵۱

غلظت در اندام هوایی (برگ)

بیشترین میزان غلظت کادمیوم در درختان سرو نقره‌ای و در رویشگاه آزادی با ۹٫۹۶ ppm و کمترین میزان این عنصر در درختان زبان‌گنجشک و رویشگاه صباحی با ۲٫۲۳ ppm می‌باشد (جدول ۳).

آزمون تجزیه واریانس نیز حاکی از آن است که تأثیر رویشگاه بر انباشتگی غلظت عنصر کادمیوم در برگ گونه‌های درختی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴) به نحوی که غلظت این عنصر در برگ درختان در رویشگاه آزادی از بیشترین میزان و در رویشگاه صباحی از کمترین میزان برخوردار بوده است.

جدول ۳. اثر ایستگاه‌های مورد مطالعه بر میزان غلظت کادمیوم در برگ گونه‌های درختی

گونه	ایستگاه		
	خیابان آزادی	خیابان احمدآباد	خیابان صباحی
سرو نقره‌ای	۹٫۹۶	۸٫۴۵	۳٫۸۴
زبان کنجشک	۵٫۹۲	۴٫۱۹	۲٫۲۳

جدول ۴. تجزیه واریانس غلظت کادمیوم در برگ درختان تحت تأثیر رویشگاه و گونه‌های درختی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رویشگاه	۲	۲۲۹/۴۵۷	۱۱۴/۷۲۹	۴۳۵/۴۰۶	۰٫۰۰۱*
گونه	۱	۳۵/۰۸۶	۳۵/۰۸۶	۱۳۳/۱۵۴	۰٫۰۰۱*
رویشگاه × گونه	۲	۰/۵۶۵	۰/۲۸۳	۱/۰۷۳	۰٫۳۵۵
خطا	۳۰	۷/۹۰۵	۰/۲۶۳		
کل	۳۵	۲۷۳/۰۱۳			

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

غلظت در اندام زیرزمینی (ریشه)

نتایج نشان داد که بیشترین میزان غلظت کادمیوم در درختان زبان‌گنجشک و در رویشگاه آزادی با ppm ۳٫۳۶ و کمترین میزان آن در درختان سرو نقره‌ای و در رویشگاه صباحی به ترتیب با ppm ۱٫۵۴ می‌باشد (جدول ۵).

آزمون تجزیه واریانس نیز نشان داد که تأثیر رویشگاه بر انباشتگی غلظت کادمیوم در ریشه گونه‌های درختی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد به طوری که غلظت این عناصر در ریشه درختان در رویشگاه آزادی از بیشترین میزان و در رویشگاه صباحی (شاهد) از کمترین میزان برخوردار بوده است (جدول ۶).

جدول ۵. اثر ایستگاه‌های مورد مطالعه بر میزان غلظت کادمیوم در ریشه گونه‌های درختی

گونه	ایستگاه		
	خیابان آزادی	خیابان احمدآباد	خیابان صباحی
سرو نقره‌ای	۳٫۳۶	۲٫۵۲	۱٫۵۴
زبان‌گنجشک	۴٫۲۱	۳٫۶۳	۲٫۰۶

جدول ۶. تجزیه واریانس غلظت کادمیوم در ریشه درختان تحت تأثیر رویشگاه و گونه‌های درختی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رویشگاه	۲	۱۵/۴۹۰	۷/۷۴۵	۱/۰۴۴	۰٫۰۰۱*
گونه	۱	۰/۳۸۲	۰/۳۸۲	۲۱/۱۵۶	۰/۳۱۵
رویشگاه * گونه	۲	۰/۲۷۵	۰/۱۳۸	۰/۳۷۶	۰٫۲۶۹
خطا	۳۰	۱۰/۹۸۲	۰/۳۶۶		
کل	۳۵	۲۴۵/۶۱۲			

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

نسبت غلظت در اندام هوایی به زیرزمینی

با توجه به نتایج جدول‌های ۳ و ۵ ضریب انتقال کادمیوم در گونه‌های سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک به ترتیب ۲٫۹۸ و ۱٫۲۵ برآورد گردید و این گونه‌ها توانسته‌اند به نوعی این عنصر را به اندام‌های هوایی خود انتقال دهند.گونه سرو نقره‌ای کمترین انباشتگی را در اندام زیرزمینی خود داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

میزان غلظت کادمیوم در برگ و ریشه درختان مورد مطالعه در رویشگاه‌های آلوده بیشتر از رویشگاه شاهد می‌باشد. وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت این عناصر در رویشگاه‌های مختلف را می‌توان به میزان غلظت در اتمسفر و تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله وجود ذرات رسی، pH، غلظت کل و قابل جذب عناصر در خاک ارتباط داد. مطالعات گذشته به تناسب غلظت عناصر در محیط (اتمسفر و خاک) با قابلیت جذب آنها بوسیله گیاهان اشاره نموده‌اند (۱ و۹). Laster *et al* (2006) در تحقیقات خود بیان نمودند که میزان جذب کادمیوم توسط گیاهان متناسب با غلظت آن در محیط افزایش می‌یابد.

بین درصد ذرات رس موجود در خاک و میزان جذب کادمیوم در درختان مورد مطالعه رابطه معنی‌دار وجود دارد. در این خصوص می‌توان به تحقیقات Samani-majd *et al* (2007) و Taebi *et al* (2007) اشاره نمود که اظهار داشتند کلوئیدهای رسی

موجود در سطح خاک با جذب عناصر سنگین، مانع آبشویی و انتقال آنها به لایه‌های پایین خاک می‌گردند به همین دلیل میزان جذب عناصر توسط گیاهان افزایش می‌یابد. قابلیت دسترسی فلزات سنگین رابطه معکوسی با pH خاک دارد به نحوی که با کاهش pH، رسوب عناصر فلزی به صورت هیدروکسیدها و کربناتهای نامحلول و کمپلکس‌های آلی کاهش یافته و قابلیت جذب فلزات موجود در خاک برای گیاهان افزایش می-یابد (۶). 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 گونه سرو نقره‌ای توانایی بیشتری را جهت انتقال کادمیوم دارا می‌باشند. Lasat (2000) و Mattina *et al* (2003) اظهار داشتند از فاکتور انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به اندام هوایی می‌توان به منظور شناسایی گونه‌های فرا انباشت‌کننده استفاده نمود. Brooks (1998) بیان نمود که گیاهانی می‌توانند فلزات سنگین را به اندام هوایی خود انتقال دهند که کمترین انباشتگی از این عناصر را در اندام زیرزمینی داشته باشند. برخی از محققین نیز از نسبت غلظت فلزات در بخش هوایی به غلظت آن در ریشه به منظور توصیف مقاومت و عکس‌العمل گیاه به حضور مقادیر بالای فلزات در خاک استفاده نموده‌اند که این نسبت در گیاهان انباشتگر بزرگتر از یک و در گیاهان دافع کمتر از یک می‌باشد (۳).

در این تحقیق با توجه به نکات ذکر شده درختان سرو نقره‌ای نسبت به درختان زبان‌گنجشک گونه‌ای مناسب جهت پالایش مناطق آلوده به کادمیوم تشخیص داده شد که می‌توانند در مناطق مشابه نیز توصیه گردند. همچنین به طور کلی گیاه‌پالایی فلزات سنگین نوعی تکنیک طبیعی و پایدار، آسان، کم هزینه، بوم سازگار و قابل کاربرد در سطوح وسیع است که در آن می‌بایست به فاکتورهایی نظیر بردباری گیاه در برابر فلزات، سیستم ریشه‌ای، توانایی انتقال از اندام زیرزمینی به اندام هوایی و سرعت رشد توجه نمود.

منابع

1- Al-Shayeb, S.M., and M.R.D. Seaward. 2001. Heavy metal content of roadside soils along ring road in Riyadh (Saudi Arabia). Asian Journal of Chemistry, 13(2): 407-423.
2- Brooks, R.R. 1998. Plants that hyperaccumulate heavy metal.CAB International, New York, 380p.
3- Cooper, E.M., J.T. Sims, S.D. Cunningham, J.W. Huang, and W.R. Berti. 1999. Chelate-Assisted Phytoextraction of Lead form contaminated soils. Journal of Environmental Quality, 28: 1709-1719.
4- Huang, X.D. 2004. Responses of three grass species to creosote during phytoremediation. Journal of Environmental Pollution, 130: 453-463.
5- Kabata, P. A. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC press, 36: 4-33.
6- Kademi, A. and Kord, B. 2010. The role of broad leaf species (the plane tree and the ash) in reducing the pollution resulting from lead. Journal of science and techniques in natural resources, 1:1-12.
7- Lester, J. N., Muchuweti, M., Birkett, J. W., Chinyanga, E., Zvauya, R., and Scrimshaw, M. D. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe. Journal of Agriculture, Ecosystems & Environment, 112:41-48.
8- Majdi, H. and Persson, H. 1989. Effects of road traffic pollutants (lead and cadmium) on tree fine root along a motor road. Journal of Plant and Soil, 119(1): 1-5.
9- Marry, R.H., K.G. Tiller, and A.M. Alston. 1996. 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.
10- Mattina, M.J.I., W. Lannucci-Berger., C. Musante, and J.C. White. 2003. Concurrent plant uptake of heavy metal and persistent organic pollutants from soil. Environmental Pollution, 124: 375-378.
11- Samani-majd. S., Tabeii. A. and Afuni. M. 2007. Soil pollution in edge of city streets with lead and cadmium. Journal of environmental studies, 43:1-10.

12- Taebi. A., Samani-majd. S. and Abtahi. S.M. 2007. The association of urban traffic with leadand cadmium concentrations in edge of city streets.Transportation Research Journal(Pajouheshnameh Haml va Naghl),4:195-205.

بررسی نقش گونه‌های زبان‌گنجشک و سرو نقره‌ای در زیست‌پالایی فلز سنگین کادمیوم.....۹۶