علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره سیزدهم، شماره یک، بهار ۹۰

بررسی غلظت نیکل درخاک و تعدادی از گونه های گیاهی طبیعی اطراف معدن سرب و روی آهنگران در استان همدان

فرخ لقا امینی [۱] *

amini_fl@yahoo.com

نورالله میرغفاری [۲]

بهروز عشقی ملایری [۳]

تاریخ دریافت:۸۶/۹/۲ **تاریخ پذیرش:۸۷/۴/۱۰**

چکیده

فلزات سنگین از آلاینده های خطرناک زیست محیطی هستند که از طریق ورود به زنجیره غذایی موجب بروز خطرات بهداشتی برای انسان، گیاهان و سایر موجودات زنده می شوند. در خاک های آلوده به فلزات سنگین، استفاده از گیاهانی که توانایی رشد، سازگاری و جذب فلزات را دارند، به عنوان یکی از روش های پاک سازی این خاک ها مطرح است. این روش را گیاه پالایشی[۴] می نامند. در این تحقیق، غلظت نیکل در خاک و شش گونه گیاهی شامل Centaurea virgata lam. (گل گندم بوته ای)، Euphorbia cheiradenia (فرفیون خوشه ای)، Scariorbia orientalis (گاو چاق کن)، Cardaria droba (ازمک)، Gundelia tourmefotii (کنگر خوراکی)، Euphorbia macroclada (فرفیون شاخه ضخیم) در اطراف معدن سرب و روی آهنگران، واقع در جنوب شرقی استان همدان اندازه گیری گردید. تجزیه آماری داده‌ها در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی نامتعادل انجام گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت غلظت نیکل در ریشه و اندام هوایی گونه های گیاهی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار است. بیشترین و کم ترین مقدار جذب نیکل در اندام هوایی به ترتیب در Euphorbia macroclada و Centaurea virgata . lam با مقادیر ۲۳ و ۶/۷ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک بود. غلظت نیکل در اندام هوایی گیاهان با pH (r= -۰/۳۳۱)، ظرفیت تبادل کاتیونی (r= -۰/۸۳) و درصد ماده آلی (r= -۰/۴۶) خاک همبستگی معکوس و با شوری (r=۰/۳۷)، غلظت کل (r=۰/۲) و قابلیت جذب نیکل (r=۰/۷) در خاک همبستگی مستقیم نشان می دهد.

واژه های کلیدی: آلودگی خاک، گیاه، معادن، نیکل، گیاه پالایشی، فلزات سنگین.

۱- کارشناس ارشد- پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ- گروه رنگ و محیط زیست

۲- استادیار- دانشگاه صنعتی اصفهان- دانشکده منابع طبیعی- گروه مهندسی محیط زیست

۳- استادیار- دانشگاه بوعلی همدان – دانشکده علوم- گروه زیست شناسی

4-Phytoremediation

مقدمه

آلاینده ها از جمله عوامل مختل کننده اکوسیستم ها به شما می روند و در این میان "فلزات سنگین" به دلیل اثرات فیزیولوژیکی آن ها بر موجودات زنده در غلظت های کم حایز اهمیت شناخته شده اند (۱). فلزات سنگین به طور طبیعی در مقادیر مختلف در محیط وجود دارند. مقدار آن ها در خاک تحت تاثیر عوامل مختلفی همچون سنگ مادر، وجود منابع آلوده کننده، کاربرد کودهای آلی و شیمیایی در کشاورزی و استفاده از پساب های صنعتی و شهری در آبیاری متفاوت می باشد(۲). منابع آلاینده محیط زیست به فلزات سنگین را می توان در قالب منابع طبیعی و منابع ناشی از فعالیت های بشر تقسیم بندی نمود. استخراج و فراوری مواد معدنی به خصوص معادن فلزی نقش مهمی در تخریب و آلودگی محیط زیست دارند. برخی از فلزات سنگین نظیر مس، روی و نیکل در مقادیر کم به عنوان عناصر کم مصرف برای رشد گیاهان ضروری هستند و به وسیله ریشه از خاک جذب می شوند(۳).

بررسی پوشش گیاهی طبیعی در مناطق آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت عناصر فلزی در گونه های گیاهی از جنبه های علمی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی نتایج تحقیقات انجام گرفته حاکی است که گونه های خاصی از گیاهان توانایی رشد و سازگاری و جذب فلزات سنگین را در این شرایط دارا بوده و معمولاً تراکم و تنوع پوشش گیاهی در خاک های آلوده به فلزات سنگین کم تر از مناطق غیر آلوده اطراف است(۲).

جذب فلزات سنگین از خاک توسط گیاهان بستگی به نوع و غلظت فلزات موجود در خاک، دستیابی زیستی[1] عناصر و نوع گونه گیاهی دارد(۴). برخی از گونه های گیاهی توانایی جذب و انباشت مقادیر زیادی از عناصر سنگین را دارند بدون این که آثار سمی آشکار برای آن ها ایجاد نماید. به این گونه ها، ابرانباشتگر[2] یا گفته می شود(۵). اولین ابرانباشتگر در سال ۱۸۸۵ میلادی در اروپا شناخته شد و سپس صدها گونه در سراسر جهان کشف شد. گونه گیاهی *Alyssum murale* به عنوان یک گونه انباشتگر نیکل شناخته شده است(۶).

بنابراین، می توان از این ویژگی گیاهان برای پاک سازی خاک های آلوده به فلزات سنگین استفاده نمود. در این روش که گیاه پالایشی نامیده می شود فلزات سنگین موجود در خاک های آلوده به وسیله گیاهان جذب شده و از طریق برداشت گیاهان می توان نسبت به دفن و یا انجام تیمارهای دیگر اقدام نمود. اقتصادی بودن و سازگاری آن با محیط زیست از جمله مزایای این روش پاک سازی نسبت به سایر روش ها می باشد(۷).

محققان ضروری بودن عنصر نیکل را برای کامل نمودن چرخه حیات موجودات زنده و همچنین عدم امکان جایگزینی سایر عناصر به جای این عنصر به اثبات رسانده اند. با وجود این آلودگی خاک و گیاهان به این عنصر مشکلاتی را برای انسان و سایر موجودات در پی دارد. میانگین غلظت نیکل در خاک های دنیا ۴۰میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. نیکل خاک به میزان بسیار زیادی به طبیعت مواد مادری بستگی دارد. برای مثال خاک های تشکیل یافته از مواد مادری سرپانتین می تواند حاوی ۱۰۰تا ۷۰۰ میلی گرم برکیلوگرم نیکل باشد(۱).

نیکل اضافه در خاک باعث بالا رفتن غلظت آن در گیاهان می شود. مطالعات نشان می دهد که این عنصر با غلظت ۱۰۰میلی گرم بر کیلوگرم به عنوان یک عنصر ضروری در گیاهان مطرح می باشد و غلظت بالای نیکل در گیاهان باعث زردی در برگ گیاهان و کاهش میزان تولید می شود(۸). علاقه به پروژه جذب نیکل در گیاهان به طور عمده با گزارش ریوس و همکارانش به وجود آمد. طبق بررسی های انجام شده تاکنون حدود ۳۱۷ گونه گیاهی به عنوان ابر انباشتگر نیکل شناسایی شده که در دو گروه بزرگ دسته بندی می شود: ۱- خانواده ها و تیپ های ژنتیکی مناطق حاره مانند Violaceae، Buxaceae و Euphorbiaceae ۲- خانواده ها و تیپ های ژنتیکی مناطق شمالی

1-Bioavailability
2-Hyperaccumulator

مانندBrassicaceae. امروزه تحقیقات متعددی از جمله مهندسی ژنتیک برای افزایش کارایی گیاهان جهت پاک سازی خاک های آلوده صورت گرفته است(۹).

لازم به توضیح است که به علت شرایط نامناسب خاک در مناطق آلوده، استقرار و رشد گیاهان با مشکل مواجه می باشد(۲). به این دلیل، شناسایی گونه های 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 مناطق معدنی و تعیین غلظت فلزات سنگین در آن ها می تواند در شناسایی گونه های ابرانباشتگر مفید واقع شود. هدف اصلی این تحقیق، بررسی غلظت نیکل در تعدادی از گونه های طبیعی غالب در اطراف معدن سرب آهنگران واقع در جنوب شرقی استان همدان است.

مواد و روش ها

محل مورد مطالعه

معدن سرب و روی آهنگران با مشخصات جغرافیایی″۳۵ ′۵۹ °۴۸ طول شرقی و ″۸ ′۱۱ °۳۴ عرض شمالی، به صورت یک هجده ضلعی با مساحت تقریبی ۲۵/۲۹ کیلومتر مربع در قسمت غربی ایران، جنوب شرقی استان همدان در فاصله ۹۵کیلومتری همدان و ۲۳ کیلومتری شرق شهرستان ملایر واقع گردیده است. بلند ترین نقطه در محدوده معدن آهنگران چکاد کوه آهنگران است که حدود ۲۷۵۰متر از سطح دریا ارتفاع دارد و ارتفاع پست ترین نقطه در این ناحیه ۲۰۴۵ متر است. معدن و حوضچه های ترسیب در داخل محدوده (جنوب شرقی) منطقه حفاظت شده لشگر که یکی از زیستگاه های عمده حیات وحش استان همدان می باشد، واقع شده است(شکل ۱). از سال ۱۳۶۵ عملیات اکتشاف در محدوده ای به وسعت ۱۶۰هکتار با حفر تونل و ریل گذاری آغاز شده است(۱۰).

شکل۱- نقشه موقعیت جغرافیایی معدن سرب و روی آهنگران

نقاط نمونه برداری و اندازه گیری

در این منطقه ۶ مکـان بـرای نمونـه بـرداری خـاک و گیاهان انتخاب گردید. مکـان هـای انتخـابی بـه منظـور نمونـه برداری در شعاع حدود ۸۰۰-۵۰۰ متر از محـل انباشـت باطلـه های معدن در نظر گرفته شدند. نمونه های خاک از عمق صـفر تا ۲۰ سانتی متری خاک اطراف معدن و حوضچه های انباشـت باطله های معدن و با توجه بـه مشـاهدات صـحرایی و بـه طـور تصادفی و مرکب (از چهار نقطـه مختلـف در هـر مکـان نمونـه برداری) تهیه گردید. جمع آوری نمونـه هـای گیـاهی در اواخـر بهار و تابستان انجام گرفت. از هر مکان کـه نمونـه گیـاهی بـه طور کامل (ریشه و اندام هوایی) برداشـت شـد، نمونـه بـرداری خاک نیز صورت گرفت. نمونه های خاک پس از خشـک شـدن در معرض هوا، آسیاب شد و از الـک ۲ میلـی متـری عبـور داده شدند(۱۱).

بافـت خـاک بـه روش هیـدرومتری، کربنـات کلسـیم معادل از طریق خنثی سازی با اسید سولفوریک، ظرفیت تبـادل کاتیونی (CEC) به روش استات سدیم و آمونیـوم، pH و EC با استفاده از گل اشباع تعیین گردیدند. به منظور تعیین غلظـت کل فلز در خاک از اسید نیتریک ۴ مولار جهـت عصـاره گیـری استفاده شد و عصاره گیری خاک برای تعیین میزان قابل جذب این عنصر به وسیله محلول DTPA-TEA انجام گرفت (۱۱).

شکل ۲- مراحل اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و غلظت عنصر نیکل در خاک و گیاه

گونه های گیاهی با استفاده از کتاب فلور ایران (۱۲) شناسایی شدند. جهت آنالیز و سنجش میزان نیکل در نمونه های گیاهی (بعد از جدا کردن ریشه و اندام هوایی) گیاهان با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون $80^{\circ}c$ قرار داده شدند. نمونه‌های گیاهی آسیاب شده و به کمک اسید نیتریک و آب اکسیژنه عصاره‌گیری و غلظت نیکل توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المراندازه گیری گردید (۱۱).

تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و از طریق تجزیه واریانس یک طرفه صورت گرفت(۱۳) و به منظور مطالعه تاثیر پارامترهای مختلف خاک بر مقدار جذب نیکل به وسیله گونه های گیاهی، محاسبه ضرایب همبستگی نیز انجام گرفت.

نتایج

مشخصات خاک

برخی از ویژگی های نمونه های خاک سطحی در مکان های نمونه برداری در جدول ۱ ارایه شده است. خاک منطقه مورد مطالعه از نوع قلیایی با میانگین pH برابر ۷/۵ و هدایت الکتریکی (EC_e) حدود ۲/۴دسی زیمنس بر متر می باشد. بافت آن لوم سیلتی، دارای ۰/۵ درصد ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی معادل meq/100g ۱۹/۱و ۲ درصد آهک می باشد.

جدول۱- برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در نقاط نمونه برداری

نقاط نمونه برداری	PH	EC_e (dS/m)	CEC (meq/100g)	ماده آلی %	آهک %	بافت
۱	۷/۵	۰/۳۳	۲۰	۰/۶	۲/۴۵	**لومی**
۲	۷/۵	۴/۸	۱۷/۵	۰/۵۶	۱	**لوم شنی**
۳	۷/۶	۱/۴	۲۱/۱	۰/۳	۱/۶۸	**لوم شنی**
۴	۷/۵	۳/۹	۱۹/۲	۰/۵۵	۲/۳۵	**لوم سیلتی**
۵	۷/۶	۱/۰	۲۰/۸	۰/۵۲	۲/۶۳	**لوم سیلتی**
۶	۷/۵	۳/۲	۱۶	۰/۳۸	۱/۹۸	**لوم سیلتی**
میانگین	۷/۵	۲/۴	۱۹/۱	۰/۵	۲	

در جدول ۲ غلظت کل و قابل جذب نیکل در نمونه های خاک نشان داده شده است. حداقل و حداکثر غلظت کل نیکل به ترتیب ۶۰/۸ و ۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به نقاط نمونه برداری۵ و۳ می باشد. غلظت معمول نیکل در خاک ۷۵-۲ میلی گرم بر کیلوگرم و حد بحرانی غلظت آن در خاک ۱۰۰ میلی گرم بر کیلو گرم می باشد(۱).

جدول ۲- غلظت کل و قابل جذب نیکل (میلی گرم بر کیلوگرم) در نمونه های خاک

نقاط نمونه برداری	۱	۲	۳	۴	۵	۶
غلظت کل	۷۱/۶	۸۴/۴	۹۲	۷۵/۲	۶۰/۸	۶۷/۶
غلظت قابل جذب	۰/۱۷۵	۰/۱۲۵	۰/۱۷۵	۰/۱۲۵	۰/۱	۰/۲۲۵

نتایج به دست آمده نشان دهنده عدم آلودگی خاک منطقه به نیکل است. غلظت کل عناصر سنگین معیار کاملی برای تعیین زیست فراهمی عناصر نیست. زیرا تنها بخشی از غلظت کل این عناصر در خاک به وسیله گیاه قابل جذب است. مقدار زیست فراهمی عناصر سنگین به پارامترهای مختلفی از جمله فرم شیمیایی عنصر موجود در محلول خاک و ویژگی های فیزیکو شیمیایی خاک نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی، اسیدیته و مقدار مواد آلی بستگی دارد. به عنوان مثال، در محیط های اسیدی، حلالیت و زیست فراهمی کاتیون های فلزی افزایش می یابد. به این دلیل، کاهش زیست فراهمی عناصر سنگین یکی از روش های بهسازی خاک های آلوده به این عناصر است(۳و۴).

غلظت نیکل در گونه های گیاهی

گونه های مورد مطالعه در منطقه، بومی ایران بوده و جزو رویش ایران و تورانی محسوب می گردند. در اغلب مناطق خشک و نیمه خشک ناحیه ایران و توران دشتی و کوهستانی به خوبی می رویند و به خشکی مقاوم هستند(۱۲).

در جدول ۳ مشخصات گونه های مورد مطالعه و غلظت نیکل در ریشه و اندام هوایی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک ارایه شده است. بیشترین و کم ترین مقدار نیکل به ترتیب در اندام هوایی گونه *Euphorbia macroclad* (فرفیون شاخه ضخیم) با ۲۳ میلی گرم در کیلوگرم و گونه *Centaurea virgata lam.* (گل گندم بوته ای) با غلظت ۶/۷ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده گردیده است. مطالعات انجام یافته میزان نیکل در گیاهان مرتعی را در محدوده ۰/۳تا ۳/۵ میلی گرم بر کیلو گرم و حد بحرانی آن را در گیاهان ۱۰ppmتا ۱۰۰ گزارش نموده است(۱و۸). نتایج به دست آمده از این تحقیق عدم آلودگی گیاهان به این عنصر را نشان می دهد.

جدول ۳- فهرست گونه های مورد مطالعه و غلظت نیکل در ریشه و اندام هوایی گونه هایی گیاهی مورد بررسی (میلی گرم بر کیلو گرم)

گونه	خانواده		میانگین غلظت		اندام هوایی / ریشه
	نام خانواده	نام فارسی	ریشه	اندام هوایی	
Centaurea virgata lam.	Compositae	گل گندم بوته ای	۱۲/۶	۶/۷	۰/۵۳
Euphorbia cheiradenia	Euphorbiaceae	فرفیون خوشه ای	۱۹/۹۵	۱۰/۳	۰/۵۲
Scariorbia orientalis	Compositae	گاو چاق کن	۱۱	۸/۶	۰/۷۸
Cardaria droba	Cruciferea	ازمک	۷	۸/۴	۱/۲
Gundelia tourmefotii	Compositae	کنگر خوراکی	۱۶/۸	۷/۸	۰/۴۶
Euphorbia macroclada	Euphorbiaceae	فرفیون شاخه ضخیم	۲۰/۲	۲۳	۱/۱۴

برخی از محققان از نسبت غلظت فلز در بخش هوایی به غلظت آن در ریشه برای توصیف مقاومت و عکس العمل گیاه به حضور مقادیر بالای فلزات در خاک استفاده کرده اند. این نسبت در گیاهان انباشتگر بزرگ تر از ۱ و گیاهان دافع کم تر از ۱ است(۱۴). با توجه به نسبت های به دست آمده در مورد گونه های مورد مطالعه بالاترین و پایین ترین نسبت نیکل در اندام هوایی به ریشه به ترتیب مربوط به *Cardaria droba* و *Gundelia tourmefotii* می باشد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج تجزیه واریانس میانگین غلظت نیکـل در ریشـه (جدول ۴) و اندام هوایی (جدول ۵) گونه های گیاهی در نقـاط مختلف نمونه برداری نشان می دهد که اختلاف غلظت نیکـل در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است.

جدول ۴- تجزیه واریانس غلظت نیکل در ریشه گونه های گیاهی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
گونه های گیاهی	۵	۱۰۶/۵۳۷	۲۱/۳۰۷	۵/۰۵۶
خطا	۵	۲۱/۰۷	۴/۲۱۴	

معنی دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۵- تجزیه واریانس غلظت نیکل در اندام هوایی گونه های گیاهی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
گونه های گیاهی	۵	۲۱۰/۶۰۲	۴۲/۱۲۰	۵/۸۶۰
خطا	۵	۴۳/۳۳۴	۸/۶۶۷	

معنی دار در سطح احتمال ۵٪

این اختلاف معنـی دار بـه تفـاوت هـای فیزیولـوژیکی و زیستی گونه های مختلف و همچنین تغییـر خـواص فیزیکـی و شیمیایی خاک از جمله pH، شوری، غلظت کل و قابـل جـذب نیکل در خاک و سایر عوامـل در نقـاط مختلـف نمونـه بـرداری ارتباط دارد.

بررسی انجام شده، وجـود همبسـتگی معکـوس میـان غلظت نیکل در اندام هوایی گیاهان با pH خـاک را (r = -۰/۳۳۱) نشان می دهد. pH خاک نقش تعیین کننده ای بر رفتـار و دسترسی گیاهان به فلزات سنگین دارد. قابلیت دسترسی فلزات سنگین رابطه معکوس با pH خاک دارد. با افزایش pH خـاک، رسوب عناصر فلزی به صـورت هیدروکسـیدها و کربنـات هـای نامحلول و کمپلکس های آلی افزایش می یابد. بنابراین، قابلیـت دسترسی فلزات سنگین موجود در خاک برای گیاهـان کـم تـر می شود (۱۵).

علاوه بر pH، شوری خاک نیز مـی توانـد در افـزایش حلالیت فلزات و جذب آن ها بـه وسـیله گیاهـان تـاثیر داشـته باشد. خوش گفتارمنش و همکاران گـزارش کردنـد کـه شـوری ناشی از کلرید سـدیم باعـث افـزایش غلظـت کـادمیم در انـدام هوایی گندم گردیده است (۲). نتایج حاصل از این تحقیق نیز با توجه به همبستگی مثبت بین شوری خاک و مقدار نیکل جذب شـده در انـدام هـوایی گیاهـان مـورد بررسـی (r=۰/۳۷) ایـن موضوع را تایید می‌نماید. مطالعات نشان مـی دهـد کـه قابلیـت دستیابی زیستی برخی عناصر کمیاب به وسـیله گیاهـان تحـت تاثیر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک اسـت. بـر همـین اسـاس بـا افزایش CEC خـاک قابلیـت دسترسـی زیسـتی اکثـر عناصـر کمیاب کاهش می یابد. مواد آلی عـلاوه بـر افـزایش CEC بـه دلیل آن که عناصر کمیاب را کمپلکس می کنند، باعث کـاهش قابلیت دسـتیابی زیسـتی مضـاعف ایـن عناصـر مـی شـوند(۳). همبستگی منفی میان CEC و میزان قابل جذب نیکل در اندام هوایی گیاهان (r=-۰/۸۳) و همبستگی منفی میان در صد مواد آلی خاک و میزان قابل جذب نیکل در اندام هوایی گیاهان مورد بررسی (r=-۰/۴۶) با سایر مطالعات انجام شده مطابقت دارد.

یافته های این تحقیق نشان داد کـه غلظـت نیکـل در نمونه های خاک و گیاهان در منطقه مورد مطالعـه در محـدوده مجاز تعیین شده برای آن قرار دارد. در بـین گونـه هـای مـورد بررسی، *Euphorbia macroclada* دارای بیشـترین مقـدار

جذب نیکل در ریشه و اندام هوایی و به ترتیب به مقدار ۲۰/۲ و ۲۳ میلی گرم بر کیلو گرم ماده خشک بود. میزان جذب نیکل در اندام هوایی و ریشه نشان می دهد که در *Cardaria droba* (ازمک) و *Euphorbia macroclada* (فرفیون شاخه ضخیم) نسبت جذب در اندام هوایی به ریشه بزرگ تر از ۱ است و توانایی آن ها در انتقال نیکل از ریشه به اندام هوایی بیشتر از گونه‌های دیگر است.

با توجه به وجود ذخایر معدنی غنی در کشور و افزایش بهره برداری از آن ها و گسترش صنایع ذوب فلزات، کنترل آلودگی های زیست محیطی ناشی از آن ها ضروری است. در این میان، استفاده از گیاهان در کاهش آلودگی مناطق معدنی که عمدتاً در نواحی بیابانی و دور افتاده قرار دارند، موجب احیای اراضی تخریب شده و افزایش پوشش گیاهی در این مناطق خواهد شد. به دلیل تنوع زیاد گونه های گیاهی در کشور، شناسایی و انتخاب گونه های مناسب برای کاشت آن ها در مناطق آلوده از اهمیت زیادی برخوردار است که این امر نیازمند بررسی بیشتر انواع گونه های گیاهی در مناطق و اقلیم‌های آب و هوایی متفاوت دارد.

تقدیر و تشکر

هزینه انجام این تحقیق از محل اعتبارات طرح‌های بین دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه بوعلی همدان تامین گردیده است که بدین وسیله تشکر به عمل می آید، همچنین ازجناب آقایان مهندس خسروی و مهندس ماهشانیان به جهت همیاری در انجام این تحقیق سپاس گزاری می شود.

منابع

۱. حسینی، محمد طاهر، ۱۳۷۳،"بررسی برخی از عناصر کمیاب و آگاهی به میزان تجمع آن ها در تعدادی از خاک های اصفهان"، پایان نامه کارشناسی ارشد.، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. میرغفاری، نورالله، ۱۳۸۴، "بررسی غلظت سرب در تعدادی از گونه های گیاهی طبیعی اطراف معدن سرب و روی ایرانکوه در اصفهان"، مجله منابع طبیعی شماره ۳(۵۸)، ۶۳۵-۶۴۲.

۳. عرفان منش، مجید و مجید افیونی،۱۳۷۹، "آلودگی محیط زیست (آب، خاک و هوا)"، انتشارات ارکان، اصفهان، ص ۳۳۰.

4. Berrow, M.L. & J.C. Burridge, 1991."Uptake, Distribution, and Effects of Metal Compounds on Plants, in Metals and their Compounds in the Environment", Merrian, E. Ed., VCH Verlags gesellshaft, Weinhiem,399-410.
5. Yaron B.R. Calvet & R. Prost, 1996, "Soil Pollution: Processes and Dynamics" Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,312p.
6. McGrath S.P., S.J. Dunham & R.L. Correll, 2000, "Potential for Phytoextraction of Zinc and Cadmium from Soils Using Hyperaccumulator Plants in Phytoremediation of Contaminated Siol and Water", Terry N. & Banuelos G, Ed., CRC Press LLC, 109-128.
7. Raskin I., B.D. Ensley,2000,"Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment", John Wiley and Sons. Inc.
8. Merian E., M. Anke, M. Ihnat, M. Stoeppler, 2004, "Elements and their Compounds in the Environment", vol. 2, WILEY-VCH verlag GmbH & Co.KGaa,weinheim.
9. Terry N., G. Banuelos, 2000, " Phytoremediation of Contaminated Soil and Water", CRC Press LLC.

۱۰. اداره کل صنایع و معادن استان همدان، ۱۳۷۵، گزارش معدن سرب و روی آهنگران.

11. Rodojvic M., V.N., Bashkin, 1999, "Practical Environmental Analysis", the Royal Society of Chemistry, 466p.

۱۲. اسدی، مصطفی، علی اصغر معصومی، محبوبه خاتم ساز و ولی الله مظفریان(ویراستاران)، ۱۳۶۷-۱۳۷۹، "فلور ایران" ، انتشارات تحقیقات جنگل ها و مراتع.

۱۳. اسماعیلیان، مهدی، ۱۳۸۴، "راهنمای جامع SPSS 12 "، انتشارات ناقوس (۵۹۹ صفحه).

14. Alan J. M.,M. Baker, S.P. McGrath, R. D. Reeves & J.A.C. Smith, 2000, "Metal Hyperaccumulator Plants: a Review of the Metal-Polluted Soils, in Phytoremediation of Contaminated Soil and Water", Terry N. & Banuelos G. Ed., CRC Press LLC,85-107.

۱۵. واثقی، سکینه، مجید افیونی، حسین شریعتمداری و مصطفی مبلی،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): ص ص ۹۵-۱۰۶.