فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۵، شماره ۱، صفحه ۸۸-۷۸ (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2018.116228

بررسی نقش گیاهان مرتعی در پالایش خاک‌های آلوده به سرب و روی اطراف معدن سرب و روی آهنگران ملایر

بهروز کُرد[1*]، فضل‌اله صفی‌خانی[2]، امین خادمی[3] و سارا پورعباسی[3]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر، ایران، پست الکترونیک: behrouzkord@gmail.com

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۸

چکیده

آلودگی خاک به فلزات سنگین یکی از مهمترین مشکلات زیست‌محیطی در جهان محسوب می‌شود. در محیط‌های آلوده گونه‌های خاصی از گیاهان توانایی رشد و سازگاری و جذب فلزات سنگین را دارند. این تحقیق با هدف ارزیابی توان گیاه‌پالایی گونه‌های کلاه میرحسن، گون اسبی، جوسیخ، جاز و گیس پیرزن در جذب سرب و روی موجود در خاک در معدن سرب و روی آهنگران شهرستان ملایر انجام شد. برای این منظور در فصل تابستان در رویشگاه‌های آلوده و شاهد، نمونه‌برداری از بافتهای هوایی و زیرزمینی گیاهان در قالب طرح آماری بلوکهای کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد که میزان غلظت سرب و روی در بافت هوایی و زیرزمینی گیاهان در رویشگاه‌های آلوده بیشتر از رویشگاه شاهد بود. در بین گونه‌های مورد مطالعه، بیشترین میزان جذب سرب و روی در بافت هوایی گون اسبی با غلظت به‌ترتیب ۱۱۸٫۶ و ۱۹۰٫۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاهی محاسبه شد. بیشترین میزان جذب سرب و روی در بافت زیرزمینی جاز به‌ترتیب ۴۱٫۰۷ و ۶۷٫۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاهی اندازه‌گیری شد. همچنین گونه‌های گون اسبی، کلاه میرحسن و جوسیخ بیشترین ضریب انتقال سرب ۳٫۳۹، ۳٫۱۹ و ۳٫۱۶ و روی ۳٫۲۴، ۳٫۰۶ و ۲٫۹۲ را داشتند. با توجه به این موضوع و شرایط سازگاری مناسب، گونه‌های گون اسبی، کلاه میرحسن و جوسیخ می‌توانند به‌منظور پالایش خاکهای آلوده به سرب و روی در مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، روی، سرب، گیاه‌پالایی، گیاهان مرتعی، معدن آهنگران، ملایر.

مقدمه

فلزات سنگین از آلاینده‌های خطرناک زیست‌محیطی هستند که از طریق ورود به زنجیره غذایی سبب بروز خطراتی برای انسان، گیاهان و سایر موجودات زنده می‌شوند. این فلزات از طریق فعالیت‌های بشری مانند احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی، استخراج معادن، تصفیه سنگ‌های حاوی فلزات، فاضلاب‌های شهری، سموم کشاورزی و فرسایش طبیعی سنگ‌ها می‌توانند به بیوسفر وارد شوند (Samani Majd *et al.*, 2007). میزان فلزات سنگین در خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی همانند سنگ مادر، منابع آلاینده صنعتی، کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی و پساب‌های صنعتی و شهری بوده که با توجه

Archive of SID
www.SID.ir

به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط محیطی، روند تجمع و انباشت آنها در لایه‌های خاک متفاوت است (Environmental Protection Agency, 2006). از عوامل مؤثر بر پراکندگی این عناصر در خاک می‌توان به نوع و سن خاک، غلظت در اتمسفر، میزان بارندگی، جهت و سرعت وزش باد و نوع پوشش گیاهی اشاره نمود (Dabiri, 2000). برخی از این فلزات مانند روی، مس و نیکل در مقادیر کم به‌عنوان عناصر کم‌مصرف برای رشد گیاهان لازم و ضروری هستند و بوسیله ریشه از خاک جذب می‌شوند. عناصری مانند سرب نیز اگرچه در واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهان کارکرد مشخصی نداشته اما به علت شباهت شیمیایی با عناصر ضروری امکان جذب آنها توسط گیاهان وجود دارد (Baghaie *et al.*, 2007).

بررسی پوشش‌های گیاهی طبیعی در مناطق صنعتی و معدنی آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت عناصر فلزی در آنها، از جنبه‌های علمی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به‌عنوان رویکردی بیولوژیک در پاکسازی محیط‌های آلوده و زیست‌ردیابی آلودگی مورد توجه قرار گرفته است (Gao and Zhu, 2003). گونه‌های خاصی از گیاهان چوبی و مرتعی، قارچها، گلسنگ‌ها و جلبک‌ها توانایی جذب و انباشت مقادیر زیادی از عناصر سنگین موجود در خاک را داشته، بدون اینکه آثار سمّی آشکار در آنها ایجاد گردد (Rezvani *et al.*, 2006). به این گونه‌ها بیش‌اندوز (Hyper accumulator) گفته می‌شود و می‌توان از آنها به‌منظور پالایش ترکیبات آلی و معدنی خاک استفاده نمود (Yaron *et al.*, 1996). برای اینکه یک گونه گیاهی به‌عنوان بیش‌اندوز یک عنصر سنگین شناخته شود باید غلظت آن در اندام هوایی به آستانه تحمل برسد، که برای عناصر مختلف این میزان به نوع و مقدار فلزات موجود در خاک، زیست فراهمی (Bioavailability) عناصر و نوع گونه‌های گیاهی بستگی دارد (Akbarpour Saraskanroud *et al.*, 2012). یکی از روش‌های زیست‌پالایی خاک‌های آلوده، گیاه‌پالایی (Phytoremediation) نام دارد که در آن با انجام عصاره‌کشی گیاهی نسبت به جذب و جمع‌آوری عناصر سنگین در بافت‌های گیاهی اقدام می‌شود (McGrath *et al.*, 2000). در این فرایند پارامترهایی مانند بردباری، سیستم ریشه‌ای قوی، فاکتور انتقال (Translocation Factor)، سرعت رشد بالا و زیست‌توده گیاهی مؤثر هستند (Lasat, 2000) و از مزایای آن نسبت به سایر روش‌ها می‌توان به سادگی، ارزان بودن، سازگاری با محیط‌زیست و امکان بهره‌گیری از آن در سطح وسیع اشاره نمود (Mattina *et al.*, 2003). در این روش گیاهان باید قابلیت رشد و سازگار شدن با محیط آلوده را داشته باشند در حالی که نیاز آبی و غذایی کمتری دارند (Paz-Ferreiro *et al.*, 2014).

این تحقیق با هدف ارزیابی توان گیاه‌پالایی گونه‌های گیاهی کلاه میرحسن (*Acantholimon olivieri* (Jaub. and Spach) Boiss.)، گون اسبی (*Astragalus glaucacanthus* Fisch.)، جوسیخ (*Ebenus stellata* Boiss.)، جاز (*Scariola orientalis* (Boiss) Sojak subsp Orientalis.) و گیس پیرزن (*Stipa barbata* Desf.) در اطراف معدن سرب و روی آهنگران شهرستان ملایر نسبت به تجمع و تحمل سرب و روی در خاک انجام شد تا گونه‌هایی که بیش‌اندوز این فلزات می‌باشند، شناسایی شده و برای پالایش خاک‌های آلوده در مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: معدن سرب و روی آهنگران در محدوده جغرافیایی ″۳۵ ′۵۹ °۴۸ طول شرقی و ″۸ ′۱۱ °۳۴ عرض شمالی، با مساحت تقریبی ۲۵ کیلومتر مربع در جنوب‌شرقی استان همدان و در ۲۳ کیلومتری شرق شهرستان ملایر در منطقه حفاظت شده لشگردَر واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع این معدن از سطح دریا از ۲۰۴۵ متر در جنوب تا ۲۷۵۰ متر در شمال در نوسان می‌باشد (Department of Geology, 2015). میانگین بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه ۱۳۳٫۷۷ میلی‌متر و متوسط حرارت سالیانه آن ۱۳٫۶۵ درجه سلسیوس است. اقلیم منطقه نیمه‌خشک سرد و تعداد ماه‌های خشک ۶ ماه می‌باشد (Department of Meteorology, 2015).

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی معدن سرب و روی آهنگران

روش نمونه‌برداری: در منطقه مورد مطالعه بر مبنای مشاهدات صحرایی، ۴ رویشگاه (۳ رویشگاه دارای آلودگی و ۱ رویشگاه شاهد و بدون آلودگی) در شعاع ۵۰۰-۰ متری از محل انباشت باطله‌های معدن به‌منظور نمونه‌برداری از گونه‌های گیاهی و خاک در نظر گرفته شد. در انتخاب رویشگاه‌ها سعی بر آن شد که آنها از سری خاک، ارتفاع و شیب یکسانی برخوردار باشند. سپس گونه‌های گیاهی کلاه میرحسن، گون اسبی، جوسیخ، جاز و گیس پیرزن که به‌صورت غالب و مشترک در بین رویشگاه‌ها وجود داشتند به‌عنوان گونه‌های گیاهی مورد بررسی انتخاب شدند (جدول ۱). در فصل تابستان در هر رویشگاه با توجه به جهت باد غالب، یک ترانسکت انتخاب و نمونه‌برداری از بافت‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان با انجام آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوکهای کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. این بلوک‌ها با توجه به شعاع برداشت نمونه‌ها مورد توجه قرار گرفتند. با در نظر گرفتن تیمارهای مورد مطالعه (رویشگاه، گونه‌های گیاهی، بافت‌های هوایی و زیرزمینی، فلزات سنگین سرب و روی و تکرار آزمایش‌ها)، تعداد ۲۴۰ نمونه تهیه شد که پس از کُدگذاری به آزمایشگاه انتقال داده شدند. سپس نمونه‌های گیاهی بوسیله اسید کلریدریک ۰/۰۱ نرمال و آب مقطر شسته شده و پس از جداسازی اندام هوایی و زیرزمینی، در آون تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت و در حرارت ۷۵ درجه سلسیوس 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 سلسیوس استفاده شد. پس از صاف کردن عصاره‌ها، میزان غلظت سرب و روی در هریک از نمونه‌های گیاهی به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد. همچنین فاکتور انتقال بر مبنای نسبت غلظت عنصر در بافت هوایی به غلظت همان عنصر در بافت زیرزمینی مطابق رابطه ۱ محاسبه گردید (Lasat, 2000).

$$TF = C_{shoot} / C_{root}$$ رابطه ۱

در هر رویشگاه، نمونه‌برداری از خاک در منطقه فعال ریشه و در عمق‌های ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متری انجام شد. در آزمایشگاه نمونه‌های خاک در دمای محیط خشک و بوسیله چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و خصوصیات خاک شامل بافت خاک به روش

Archive of SID
www.SID.ir

هیدرومتری، pH گل اشباع به وسیله دستگاه pH متر، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و قرائت با فلیم فتومتر، نیتروژن کل به روش Bremmer و Mulvaney (۱۹۸۲) فسفر قابل جذب به روش اولسن، آهک به روش تیتراسیون با سود (Black *et al*,. 1965) و میزان غلظت کل و قابل جذب سرب و روی به روش عصاره‌گیری با DTPA تعیین شد (Klute, 1986).

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{15}$ انجام شد. برای این منظور از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه برای قضاوت معنی‌دار بودن تأثیر تیمارها بر روی مؤلفه‌های مورد تحقیق و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین مؤلفه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید.

جدول ۱- گونه‌های گیاهی نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه

خانواده	نام علمی	نام فارسی	فرم رویشی	کاربرد
Plumbaginaceae	*Acantholimon olivieri* (Jaub. & Spach) Boiss.	کلاه میرحسن	بوته‌ای	حفاظتی
Papilionaceae	*Astragalus glaucacanthus* Fisch.	گون اسبی	بوته‌ای	حفاظتی- مرتعی
Papilionaceae	*Ebenus stellata* Boiss.	جوسیخ	بوته‌ای	مرتعی- حفاظتی
Asteraceae	*Scariola orientalis* (Boiss) Sojak subsp Orientalis.	جاز	علفی چند ساله	علوفه‌ای
Poaceae	*Stipa barbata* Desf.	گیس پیرزن	علفی چند ساله	مرتعی

نتایج

الف) غلظت سرب و روی در خاک: نتایج حکایت از آن دارد که خاک منطقه مورد مطالعه از نوع قلیایی با میانگین pH برابر ۷/۴۹، با بافت متوسط، لومی شنی و دارای درصد کمی مواد آلی می‌باشد (جدول ۲). به دلیل معدنی بودن منطقه، دامنه تغییرات غلظت سرب و روی در مکان‌های نمونه‌برداری خاک زیاد بود. حداکثر و حداقل غلظت سرب به‌ترتیب ۶۷۵۰ و ۴۱۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حداکثر و حداقل غلظت روی به‌ترتیب ۱۱۸۱۲/۵ و ۶۸۸/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به رویشگاه‌های الف و د (شاهد) بود. همچنین نتایج نشان داد که بین مقادیر سرب و روی کل و قابل جذب در رویشگاه‌های آلوده و شاهد در سطح خطای ۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در رویشگاه‌های مورد مطالعه

رویشگاه		عمق (cm)	بافت	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	شوری	اسیدیته	درصد آهک	درصد مواد آلی	کربن آلی (٪)	پتاسیم (ppm)	ازت کل (٪)	فسفر (ppm)
آلوده	الف	۰-۱۰	لومی شنی	۱۸/۵	۲۵/۹	۵۵/۶	۰/۴۶	۷/۲۶	۴۳/۳	۰/۵۱	۰/۷۶	۲۶۵	۰/۲۲	۸/۸
		۱۰-۲۰	لومی شنی	۱۹/۹	۲۸	۵۲/۱	۰/۳۹	۷/۳۵	۵۰/۱	۰/۶۳	۰/۹۱	۲۸۰	۰/۲۷	۹
	ب	۰-۱۰	لومی شنی	۱۷/۲	۱۹/۶	۶۳/۲	۰/۴۷	۷/۳۷	۵۰	۰/۴۵	۰/۶۸	۲۰۵	۰/۱۶	۷/۹
		۱۰-۲۰	لومی شنی	۱۸/۴	۲۱/۸	۵۹/۸	۰/۴	۷/۴۲	۶۳/۵	۰/۴۹	۰/۷۹	۲۲۰	۰/۲	۸/۵
	ج	۰-۱۰	لومی شنی	۱۶/۷	۱۷/۹	۶۵/۴	۰/۳۹	۷/۴۸	۴۷/۳	۰/۴۳	۰/۵۳	۱۷۰	۰/۲۱	۶/۱
		۱۰-۲۰	لومی	۱۷/۶	۶۹/۹	۱۲/۵	۰/۳۴	۷/۵۹	۵۸/۱	۰/۵۲	۰/۵۹	۱۹۰	۰/۲۴	۶/۶
شاهد	د	۰-۱۰	لومی شنی	۱۵/۱	۱۴/۹	۷۰/۰	۰/۵	۷/۶۸	۳۹/۵	۰/۵۶	۰/۸	۱۹۵	۰/۲۷	۱۰/۲
		۱۰-۲۰	لومی	۱۶	۷۵/۲	۸/۸	۰/۵۴	۷/۷۶	۵۱/۱	۰/۶۷	۱/۰۵	۲۲۵	۰/۳۳	۱۱

جدول ۳- غلظت کل و قابل جذب سرب و روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) در نمونه‌های خاک

	رویشگاه			
	آلوده			شاهد
	الف	ب	ج	د
سرب کل	d ۶۷۵۰	c۳۵۶۳/۵	b۱۵۶۰	**a۴۱۷/۵**
روی کل	d۱۱۸۱۲/۵	c۶۲۳۶/۱۳	b۲۷۲۹/۰۲	**a۶۸۸/۷۸**
سرب قابل جذب	d۱۴۷	c۸۱/۵	b۷۴	**a۱۱/۳**
روی قابل جذب	**d۲۳۹/۹**	**c۱۴۰/۱۸**	**b۱۲۸/۷۶**	**a۱۹/۰۹**

حروف متفاوت در هر سطر بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد است.

ب) غلظت سرب و روی در بافت هوایی: نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان غلظت سرب و روی در بافت هوایی گونه گون اسبی و در رویشگاه الف به‌ترتیب ۱۱۸/۶ و ۱۹۰/۶۹ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین میزان آن در بافت هوایی گونه گیس پیرزن و رویشگاه د (شاهد) به‌ترتیب ۸/۳ و ۱۰/۹۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۴ و ۶). آزمون تجزیه واریانس نیز حکایت از آن داشت که تأثیر رویشگاه بر انباشتگی غلظت سرب و روی در بافت هوایی گونه‌های گیاهی

Archive of SID

www.SID.ir

در سطح خطای ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵ و ۷)، به‌نحوی‌که غلظت این عناصر در بافت هوایی گیاهان مورد بررسی در رویشگاه الف از بیشترین میزان و در رویشگاه د (شاهد) از کمترین میزان برخوردار بوده است.

جدول ۴- میزان غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در وزن خشک بافت هوایی گونه‌های گیاهی

گونه گیاهی / رویشگاه		کلاه میرحسن	گون اسبی	جوسیخ	جاز	گیس پیرزن
	الف	d۹۸/۱	d ۱۱۸/۶	d ۸۶/۲	c۵۲/۶	**c۴۷/۳**
آلوده	ب	c ۶۵/۴	c ۷۹/۰۶	c ۵۷/۴	b ۳۵/۰۶	**b ۳۰/۵**
	ج	b ۵۰/۳	b ۶۰/۸	b ۴۴/۱	b۲۷/۱	**b ۲۴/۲**
شاهد	د	**a ۱۷/۳**	**a ۲۰/۹**	**a ۱۵/۲**	**a ۹/۲**	**a ۸/۳**

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد است.

جدول ۵- تجزیه واریانس غلظت سرب در بافت هوایی گونه‌های گیاهی تحت تأثیر رویشگاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	معنی‌داری
رویشگاه	۳	۲۴۸۲/۷۹	۸۲۷/۵۹	۷۵۲۳۵/۴۵	۰/۰۰۱**
گونه	۴	۳۸۵/۱۲	۹۶/۲۸	۸۷۵۲/۷۲	۰/۰۰۰**
رویشگاه × گونه	۱۲	۴۳/۸۸	۳/۶۵	۳۳۱/۸۱	۰/۰۱۲*
خطا	۱۰۱	۱/۲۰	۰/۰۱۱		
کل	۱۲۰	۲۹۱۲/۹۹			

*: معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد.

**: معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد.

جدول ۶- میزان غلظت روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در وزن خشک بافت هوایی گونه‌های گیاهی

گونه گیاهی / رویشگاه		کلاه میرحسن	گون اسبی	جوسیخ	جاز	گیس پیرزن
	الف	۱۵۴/۸۶ d	۱۹۰/۶۹ d	۱۳۷/۲۳ d	۸۰/۱۵ c	۷۰/۷۸ c
آلوده	ب	۱۰۲/۹۱ c	۱۲۰/۴۴ c	۸۴/۵۴ c	۵۱/۶۹ b	۴۱/۵۸ b
	ج	۸۱/۸۹ b	۹۵/۳۲ b	۶۵/۷۹ b	۳۹/۲۷ b	۳۳/۷۵ b
شاهد	د	۲۶/۵۴ a	۳۴/۴۸ a	۲۱/۷۱ a	۱۱/۵۲ a	۱۰/۹۴ a

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- تجزیه واریانس غلظت روی در بافت هوایی گونه‌های گیاهی تحت تأثیر رویشگاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	معنی‌داری
رویشگاه	۳	۴۰۹۶٫۶۰	۱۳۶۵٫۵۳	۷۵۸۶۲٫۷۷	۰٫۰۰۰**
گونه	۴	۶۳۵٫۴۴	۱۵۸٫۸۶	۸۸۲۵٫۵۵	۰٫۰۰۲**
رویشگاه × گونه	۱۲	۷۲٫۴۱	۶٫۰۴	۳۳۵٫۵۵	۰٫۰۰۸**
خطا	۱۰۱	۱٫۸۹	۰٫۰۱۸		
کل	۱۲۰	۴۸۰۶٫۳۴			

**: معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد.

ج) غلظت سرب و روی در بافت زیرزمینی: نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان غلظت سرب و روی در ریشه گونه جاز و در رویشگاه الف به‌ترتیب با مقدار ۴۱٫۰۷ و ۶۷٫۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین میزان آن در ریشه گونه کلاه میرحسن و در رویشگاه د (شاهد) به‌ترتیب با مقدار ۵٫۴۱ و ۸٫۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۸ و ۱۰). نتایج تجزیه واریانس حکایت از آن داشت که تأثیر رویشگاه بر انباشتگی غلظت سرب و روی در ریشه گونه‌های گیاهی در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۹ و ۱۱)، به‌نحوی‌که غلظت این عناصر در ریشه گیاهان مورد بررسی در رویشگاه الف از بیشترین میزان و در رویشگاه د (شاهد) از کمترین میزان برخوردار بود.

جدول ۸- میزان غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در وزن خشک بافت زیرزمینی گونه‌های گیاهی

رویشگاه / گونه گیاهی		کلاه میرحسن	گون اسبی	جوسیخ	جاز	گیس پیرزن
	الف	۳۰٫۶۵ c	۳۷٫۰۶ c	۲۶٫۹۳ c	۴۱٫۰۷ d	۳۶٫۹۵ d
آلوده	ب	۲۰٫۴۳ b	۲۰٫۷ b	۱۷٫۶۵ b	۲۸٫۳۷ c	۲۴٫۶ c
	ج	۱۵٫۹۱ b	۱۸٫۵ b	۱۳٫۷۸ b	۱۹٫۱۲ b	۱۷٫۰۷ b
شاهد	د	۵٫۴۱ a	۶٫۰۳ a	۵٫۷۵ a	۹٫۶۷ a	۶٫۴۷ a

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد است.

جدول ۹- تجزیه واریانس غلظت سرب در بافت زیرزمینی گونه‌های گیاهی تحت تأثیر رویشگاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	معنی‌داری
رویشگاه	۳	۱۶۵۷٫۹۶	۵۵۲٫۶۵	۱۸۴۲۱۶٫۶۶	۰٫۰۰۲**
گونه	۴	۲۶۶٫۷۷	۶۶٫۶۹	۲۲۲۳۰	۰٫۰۴۳*
رویشگاه × گونه	۱۲	۳۲٫۷۳	۲٫۷۲	۹۰۶٫۶۶	۰٫۰۰۱**
خطا	۱۰۱	۰٫۸۳	۰٫۰۰۳		
کل	۱۲۰	۱۹۵۸٫۲۹			

*: معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد. **: معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۰- میزان غلظت روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در وزن خشک بافت زیرزمینی گونه‌های گیاهی

گونه گیاهی / رویشگاه		کلاه میرحسن	گون اسبی	جوسیخ	جاز	گیس پیرزن
آلوده	الف	۵۰٫۵۷ c	۶۱٫۱۴ c	۴۴٫۴۳ c	۶۷٫۷۶ d	۶۰٫۸۳ d
	ب	۳۳٫۷۰ b	۳۴٫۱۵ b	۲۹٫۱۲ b	۴۶٫۸۱ c	۴۰٫۵۹ c
	ج	۲۶٫۲۵ b	۳۰٫۵۳ b	۲۲٫۷۳ b	۳۰٫۵۴ b	۲۷٫۱۳ b
شاهد	د	۸٫۹۲ a	۹٫۹۴ a	۹٫۴۸ a	۱۵٫۰۸ a	۱۰٫۶۷ a

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد است.

جدول ۱۱- تجزیه واریانس غلظت روی در بافت زیرزمینی گونه‌های گیاهی تحت تأثیر رویشگاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	معنی داری
رویشگاه	۳	۲۷۳۵٫۶۳	۹۱۱٫۸۷	۷۰۱۴۳٫۸۴	۰٫۰۰۰**
گونه	۴	۴۴۰٫۱۷	۱۱۰٫۰۶	۸۴۶۶٫۱۵	۰٫۰۱۲*
رویشگاه × گونه	۱۲	۵۴٫۰۱	۴٫۵۱	۳۴۶٫۹۲	۰٫۰۰۱**
خطا	۱۰۱	۱٫۳۶	۰٫۰۱۳		
کل	۱۲۰	۳۲۳۱٫۱۷			

*: معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد. **: معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد.

د) نسبت غلظت در بافت هوایی به زیرزمینی: با توجه به اهمیت نسبت انتقال عناصر از بافت زیرزمینی به بافت هوایی یا همان فاکتور انتقال (نسبت غلظت عنصر در بافت هوایی به غلظت همان عنصر در بافت زیرزمینی)، نتایج نشان داد بین نسبت غلظت سرب و روی در بافت هوایی به بافت زیرزمینی گونه‌های مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بر این اساس گونه‌های گون اسبی، کلاه میرحسن و جوسیخ بیشترین ضریب انتقال سرب ۳٫۳۹، ۳٫۱۹ و ۳٫۱۶ و روی ۳٫۲۴، ۳٫۰۶ و ۲٫۹۲ را داشتند و توانسته‌اند به نوعی این عناصر را به بافت‌های هوایی خود انتقال داده و کمترین انباشتگی از آنها را در بافت زیرزمینی خود داشته باشند (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- نسبت غلظت سرب و روی در بافت هوایی به زیرزمینی در گونه‌های گیاهی

گونه گیاهی	فاکتور انتقال (TF)	
	سرب	روی
کلاه میرحسن	۳٫۱۹ b	۳٫۰۶ b
گون اسبی	۳٫۳۹ a	۳٫۲۴ a
جوسیخ	۳٫۱۶ b	۲٫۹۲ b
جاز	۱٫۲۶ c	۱٫۱۴ c
گیس پیرزن	۱٫۲۹ c	۱٫۱۲ c

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد است.

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

در رویشگاه‌های آلوده میزان غلظت سرب و روی در بافت هوایی و زیرزمینی گیاهان بیشتر از رویشگاه شاهد بوده و به‌ترتیب د، ج، ب و الف افزایش نشان می‌دهد. وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت این عناصر در رویشگاه‌های مختلف را می‌توان به میزان غلظت در اتمسفر و تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک ازجمله وجود ذرات رسی، pH، شوری، غلظت کل و قابل جذب سرب و روی در خاک ارتباط داد. Marry (۱۹۸۶) به تناسب غلظت عناصر در محیط (اتمسفر و خاک) با قابلیت جذب آنها بوسیله گیاهان اشاره کرده‌اند. همچنین Samani Majd و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که کلوئیدهای رسی موجود در سطح خاک با جذب عناصر سنگین، مانع آبشویی و انتقال آنها به لایه‌های پایین خاک می‌شوند و به‌همین دلیل میزان جذب عناصر توسط گیاهان افزایش می‌یابد. pH خاک نیز نقش تعیین کننده‌ای بر رفتار و دسترسی گیاهان به فلزات سنگین دارد، به‌نحوی‌که قابلیت دسترسی فلزات سنگین رابطه معکوسی با pH خاک دارد. با افزایش pH خاک، رسوب عناصر فلزی به صورت هیدروکسید و کربناتهای نامحلول و کمپلکس‌های آلی افزایش می‌یابد. Paz-Ferreiro و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که علاوه بر pH، شوری خاک نیز می‌تواند در افزایش حلالیت و جذب آنها به وسیله گیاهان تأثیر داشته باشد. Tukura و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که شوری ناشی از کلراید سدیم باعث افزایش غلظت سرب در بافت هوایی گیاهان می‌گردد. همچنین مقدار کل و قابل جذب فلزات سنگین در خاک بر مقدار جذب آنها توسط گیاهان تأثیر می‌گذارد، Sewalem و همکاران (۲۰۱۴) نیز این مطلب را تأیید می‌نمایند.

نتایج نشان داد که غلظت سرب و روی در بافت هوایی گونه‌های گیاهی بیشتر از بافت زیرزمینی (ریشه) بود. البته افزایش غلظت این عناصر در بافت هوایی را می‌توان به بالا بودن غلظت کل سرب و روی در خاک و توانایی جذب و انتقال آن از ریشه به برگ ارتباط داد. Askary و همکاران (۲۰۱۲) و Lasat (۲۰۰۰) در فرایند گیاه‌پالایی پارامترهایی مانند سیستم ریشه‌ای قوی و فاکتور انتقال عناصر از بافت زیرزمینی به هوایی را بسیار مهم عنوان کردند.

نتایج نشان داد که گونه گون اسبی بیشترین میزان جذب سرب و روی را در بافت هوایی با ۱۱۸٫۶ و ۱۹۰٫۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاهی و جاز بیشترین میزان جذب سرب و روی را در بافت زیرزمینی با ۴۱٫۰۷ و ۶۷٫۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاهی داشتند. با توجه به اهمیت نسبت انتقال عناصر از بافت زیرزمینی به بافت هوایی یا همان فاکتور انتقال (نسبت غلظت عنصر در بافت هوایی به غلظت همان عنصر در بافت زیرزمینی)، نتایج حکایت از آن دارد که گونه‌های گون اسبی، کلاه میرحسن و جوسیخ بیشترین توانایی را برای انتقال سرب و روی از بافت زیرزمینی به بافت هوایی دارند. این گونه‌ها توانسته‌اند به نوعی سرب و روی را به بافت هوایی خود انتقال دهند و کمترین انباشتگی از این عناصر را در بافت زیرزمینی خود داشته‌اند. Lasat (۲۰۰۰) اظهار داشت از فاکتور انتقال عناصر از بافت زیرزمینی به بافت هوایی می‌توان به‌منظور شناسایی گونه‌های بیش‌اندوز استفاده نمود. Brooks (۱۹۹۸) بیان کرد که گیاهانی می‌توانند فلزات سنگین را به بافت هوایی خود انتقال دهند که کمترین انباشتگی از این عناصر را در بافت زیرزمینی داشته باشند. برخی از محققان نیز از نسبت غلظت فلزات در بخش هوایی به غلظت آن در ریشه به‌منظور توصیف مقاومت و واکنش گیاه به حضور مقادیر بالای فلزات در خاک استفاده نموده‌اند که این نسبت در گیاهان انباشتگر بزرگتر از ۱ و در گیاهان دافع کمتر از ۱ می‌باشد (Marry *et al.*, 1986; McGrath *et al.*, 2000).

با توجه به قابلیت بالای ذخائر معدنی در کشور و افزایش بهره‌برداری از آنها و گسترش صنایع ذوب فلزات، کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از آنها ضروری می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که غلظت سرب و روی در نمونه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه بالا بوده که نشان‌دهنده توانایی این گیاهان در جذب و انباشت عناصر سنگین است. بر این اساس گونه‌های گون اسبی، کلاه میرحسن و جوسیخ، گونه‌هایی مناسب برای پالایش

Archive of SID
www.SID.ir

خاک‌های آلوده به سرب و روی می‌باشند که می‌توانند در مناطق مشابه نیز توصیه شوند.

منابع مورد استفاده

- Akbarpour Saraskanroud, F., Sadri, F. and Golalizadeh, D., 2012. Phytoremediation of heavy metal (Lead, Zinc and Cadmium) from polluted soils by Arasbaran protected area native plants. Journal of Soil and Water Protection, 1(4): 53-65.
- Askary, M., Noori, M., Biegi, F. and Amini, F., 2012. Evaluation of the Phytoremediation of Robinia pseudoacacia L. In Petroleum contaminated Soils with Emphasis on the some Heavy Metals. Journal of Cell and Tissue, 2(4): 437-442.
- Baghaie, A. H., Khademi, H. and Mohammadi, J., 2007. Geostatistical analysis of spatial variability of Lead and Nickel around two industrial factories in Isfahan province. Journal of Agriculture, Sciences and Natural Resources, 14(2): 11-19.
- Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E. and Clark, F. E., 1965. Methods of soil analysis: Part 2. Agronomy, Monogr. ASA, Madison, Wisconsin (eds.).
- Brooks, R. R., 1998. Plants that hyper accumulate heavy metal.CAB International, New York, USA, 380p.
- Dabiri, M., 2000. Environment Pollution. Ettehad Punlication, Tehran. 399p.
- Department of Geology., 2015. Internal Report, Tehran, Iran. (http://www.ngdir.ir/).
- Department of Meteorology., 2015. Internal Report, "Data and Files of the Department of Meteorology", Tehran, Iran. (http://www.weather.ir/farsi/statistics/index.aspx).
- EPA., 2006. Air Quality Criteria for Lead. Volume I & II: 1588p. (http://www.epa.gov/).
- Gao, J. Z. and Zhu, L. Z., 2003. Phytoremediation and its models for organic contaminated soils. Journal of Environmental Science and Technology, 15: 302-310.
- Klute, A., 1986. Method of soil analysis. Part1: Physical methods. American.Journal of SoiL Science, SOC: 432-449.
- Lasat, M. M., 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil. Journal of Hazardous Substance Research, 2: 1-25.
- 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.
- 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. Journal of Environmental Pollution, 124: 375-378.
- McGrath, S. P., Dunham, S. J. and Correl, R. L., 2000. Potential for phytoextraction of zinc and cadmium from soils using hyper accumulator plants, in phytoremediation of contaminated soil and water. Terry, N. and Banuelos, G. Sd., CRC Press LLC: 109-128.
- Paz-Ferreiro, J., Lu, h., Fu, S., Mendez, A. and Gasco, G., 2014. Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review. Journal of Solid Earth, 5: 65-75.
- Rezvani, M., Noor Mohammadi, G. H. and Zafarian, F., 2006. Cleaning up of Contaminated Soil, Ground Water and Air by Plants. Journal of Agricultural Science, 11(1): 7-24.
- Samani Majd, S., Taebi, A. and Afyuni, M., 2007. Soil contaminated with lead and cadmium in urban roadside. Journal of Environmental Studies, 33(43): 1 -10.
- Sewalem, N., Elfeky, S. and El-Shintinawy, F., 2014. Phytoremediation of lead and cadmium contaminated soils using sunflower plants. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 10(1): 122-134.
- Tukura, B. W., Anhwange, B., Mohammed, J. and Usman, N. L., 2012. Translocation of trace metals in vegetable crops grown on irrigated soil along Mada River, Nasarawa State, Nigeria. International Journal of Modern Analytical and Separation Sciences, 1(1): 13-22.
- Yaron, B., Calvet, R. and Prost, R., 1996. Soil pollution: Processes and Dynamics. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 312p.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigating the role of rangeland plants in remediation of soils contaminated with lead and zinc

B. Kord[1*], F. Safikhani[2], A. Khademi[3] and S. Pourabbasi[3]

1*-Corresponding author, Assistance Professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Malayer Branch, Iran, Email: behrouzkord@gmail.com

2- Assistance Professor, Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO),Tehran, Iran

3- Assistance Professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Malayer Branch, Iran

Received:4/7/2016 Accepted: 9/18/2016

Abstract

Soil contamination by heavy metals is a major environmental problem in the world. In polluted environments, especial plant species can grow, adapt, absorb, and uptake heavy metals. This study was carried out to investigate the phytoremediation potential of plant species including *Acantholimon olivieri* (Jaub. & Spach) Boiss., *Astragalus glaucacanthus* Fisch., *Ebenus stellata* Boiss., *Scariola orientalis* (Boiss) Sojak subsp Orientalis. and *Stipa barbata* Desf in Ahangaran lead and zinc mine, Malayer Province. For this purpose, in polluted and controlled sites, the sampling of aerial and underground tissue was performed in a completely randomized block design with three replicates in summer 2015. The results indicated that in polluted sites, lead and zinc concentrations in aerial and underground tissues were higher as compared with control site. Among the study species, *Astragalus glaucacanthus* Fisch., had the highest value of lead and zinc absorption in aerial tissue (118.6 and 190.69 mg/kg dry matter, respectively) and *Scariola orientalis* (Boiss) Sojak subsp Orientalis., had the highest value of lead and zinc absorption in underground tissue (41.07 and 67.76 mg/kg dry matter, respectively). Also, *Astragalus glaucacanthus* Fisch., *Acantholimon olivieri* (Jaub. & Spach) Boiss., and *Ebenus stellata* Boiss., had the highest translocation factor of lead (3.39, 3.19, 3.16) and zinc (3.24, 3.06, 2.92), respectively. Our results clearly showed that these three mentioned species could be used to refine the soils polluted to lead and zinc in similar conditions.

Keywords: Soil pollution, zinc, lead, phytoremediation, rangeland plants, mine, Ahangaran, Malayer.

Archive of SID

www.SID.ir