علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره ده، دی ماه ۹۸

ارزیابی توان گیاه درمنه دشتی در گیاه پالایی سرب و نیکل در منطقه دفن پسماند محمدآباد قزوین

ساناز خرمی پور[۱]*

sanazkhoramipour@yahoo.com

رویا مافی غلامی [۲]

علی جهانی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۹ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۶**

چکیده:

زمینه و هدف: این پژوهش در مرکز دفن زباله محمدآباد قزوین با هدف بررسی تعیین غلظت فلزات سنگین (سرب و نیکل) در گیاه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) و خاک منطقه صورت گرفت.

روش بررسی: به منظور انجام مطالعه سه پلات استقرار یافت. در هر پلات از گیاه مورد مطالعه با ۱۰ تکرار نمونه‌برداری انجام گردید. همچنین ۱۰ نمونه از خاک نیز تهیه گردید. به منظور بررسی تفاوت معنی‌دار غلظت فلزات، داده‌ها مورد تجزیه واریانس دو طرفه برای گیاه و تجزیه واریانس یک طرفه برای خاک قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن استفاده گردید.

یافته ها: نتایج نشان داد که خاک سه پلات از نظر غلظت فلزات تفاوت معنی‌داری ندارند. همچنین با انجام آزمون t غیرجفتی این نتیجه حاصل گردید که بین اندام هوایی و ریشه گونه از نظر غلظت سرب تفاوت معنی‌داری وجود ندارد اما از نظر غلظت نیکل این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. میانگین غلظت سرب در اندام‌های هوایی و ریشه *A.sieberi* به ترتیب (۲/۳۵ $mgkg^{-1}$) و (۳/۱۹ $mgkg^{-1}$) و برای فلز نیکل (۲/۴۴ $mgkg^{-1}$) و (۲/۹۹ $mgkg^{-1}$) می باشد.

بحث و نتیجه گیری: فاکتورهای تجمع و انتقال نشان داد که گیاه مورد مطالعه با BCF=۰/۳۳و۱/۱۰ و TF=۰/۸۱و۰/۷۸ به ترتیب برای فلزات سرب و نیکل، برای پالایش فلز سرب از خاک‌های آلوده مناسب است.

واژه های کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین (سرب و نیکل)، گیاه *Artemisia sieberi*.

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران*(مسوول مکاتبات).

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.10, December, 2019

An Investigation on the Possibility of Heavy Metal (Pb and Ni) Phytoremediation from Plant Artemisia Sieberi in Mohammadabad Waste Disposal Site in Ghazvin

Sanaz Khorami Pour [1*]
sanazkhoramipour@yahoo.com
Roya Mafi Gholami [2]
Ali Jahani [3]

Accepted: 2018.03.07 Received: 2017.08.20

Abstract

Background and Objective: This study was conducted in *Mohammadabad* waste disposal site in Ghazvin in order to determine the concentration of Ni and Pb in *Artemisia sieberi* and in region's soil.

Method: Three plots were selected. Ten random samples from root and shoot of the plant and also from the soil were collected. Two-way and one-way ANOVA were used to assess the differences of metal concentrations in roots and shoots of the plants, and in the soil of the plots, respectively. Duncan Test was applied to compare the average concentrations of metals in different plots.

Findings: The results revealed that the soil of the different plots does not have a significant difference in Ni and Pb concentrations. No significant difference was observed between the metal concentrations in roots and shoots of the plants. The mean concentration of lead in the *A.sieberi* aerial and root organs was 2.35 $mgkg^{-1}$ and 3.19 $mgkg^{-1}$, respectively, and for the nickel metal 3.14 $mgkg^{-1}$ and 2.99 $mgkg^{-1}$ respectively.

Discussion and conclusion: Bio concentration and transmission factors for Ni and Pb (TF=0.78; 0.81 and BCF=1.10; 0.33, respectively) suggested that *A.sieberi* is an appropriate plant to remove Pb from soil.

Key Words: Soil Pollution, Heavy Metals (Ni, and Pb), *Artemisia sieberi*.

1- Assistant Professor, Department of Environment, Management Faculty, Islamic Azad University, West Tehran Branch, Tehran, Iran. * (Corresponding Author)
2- Assistant Professor, Department of Environment, Management Faculty, Islamic Azad University, West Tehran Branch, Tehran, Iran.
3- Assistant Professor, University of Environment, Karaj, Iran.

مقدمه

در حال حاضر یکی از چالش های اساسی در زمینه محیط زیست، افزایش تدریجی غلظت فلزات سنگین در خاک به سبب عدم تجزیه آن ها توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. این گونه فلزات با توجه به داشتن خواص و اثرات بالقوه سیتوتوکسیک، کارسینوژنیک و موتاژنیک، مخاطرات جدی را بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده وارد می‌نماید. فلزات سنگین از راه‌های مختلف وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌شوند، فاضلاب‌ها، مواد دفعی حاصل از فعالیت کارخانه‌ها، زباله‌ها، گردو غبار و... راه-های معمول ورود فلزات سنگین به زنجیره‌های غذایی هستند. آلودگی به فلزات سنگین نه تنها با فعالیت انسان حاصل می‌گردد بلکه به طور طبیعی در مقادیر مختلف در محیط به ویژه خاک وجود دارند (۱). در این بین مراکز دفن زباله به عنوان یکی از کانون‌های تولید و تجمع فلزات سنگین مطرح هستند. عمده‌ترین مشکل محل دفن مواد زاید جامد شهری، شیرابه و گاز تولید شده در اثر تجزیه زباله‌های دارای ترکیبات آلی می‌باشد. ویژگی‌های خاص ترکیب زباله شهری در ایران از جمله درصد بالای مواد فسادپذیر و رطوبت و همچنین شرایط خاص اقلیمی نظیر بارندگی کم و تبخیر زیاد سبب شده است که شیرابه حاصل دارای بار آلودگی بالایی از فلزات سنگین در مقایسه با کشورهای صنعتی باشد (۲). این فلزات سنگین چون از بین نرفته و تجزیه نمی‌شوند بنابراین در خاک‌ها و رسوبات تجمع نموده و به دلیل توانایی تجمع‌پذیری زیستی این گونه مواد، سلامت موجودات زنده به خصوص انسان را از طریق ورود به زنجیره‌های غذایی با خطرات بسیاری مواجه می‌نماید (۳).

به طور کلی نتایج تحقیقات انجام گرفته حاکی است که گونه‌های خاصی از گیاهان مرتعی توانایی رشد و سازگاری و جذب فلزات سنگین را دارا می‌باشند. جذب فلزات سنگین از خاک توسط گیاهان مرتعی بستگی به نوع و غلظت فلزات موجود در خاک، دست یابی زیستی عناصر و نوع گونه گیاهی دارد. برخی از گونه-های گیاهی توانایی جذب و انباشت مقادیر زیادی از عناصر سنگین را دارند بدون این که آثار سمی آشکار برای آن‌ها ایجاد نماید. بنابراین، می‌توان از این ویژگی گیاهان برای پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به ویژه در مراتع استفاده نمود. 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 می‌شوند. بررسی پوشش گیاهی طبیعی در مراتع آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت عناصر فلزی در گونه‌های گیاهی از جنبه‌های علمی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار است (۴).

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

مرکز دفن پسماند محمدآباد در ۲۰ کیلومتری جاده قزوین به بوئین زهرا، با وسعت ۱۱۰ هکتار قرار دارد. این منطقه بین ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. در سایت مورد نظر بواسطه کمی بارندگی (۳۰۰-۲۰۰ میلی‌متر) و طولانی بودن فصل خشک، پوشش گیاهی قابل توجه نیست و تنها شامل گیاهانی از قبیل درمنه دشتی(Artemisia sieberi) فرفیون (Euphorbia helioscopia)، گون (Astragalus gossypinus) و خارشتر (Alhagi camelicum) است. شیب این منطقه ۰ تا ۱۵ و دارای اقلیم سرد و نیمه خشک است و جهت باد غالب غربی-شرقی است (۵).

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های شیمیایی

برای نمونه‌برداری از خاک و گیاه مورد نظر، ۳ پلات با ابعاد ۵۰ * ۵۰ متر انتخاب گردید. به دلیل این که بررسی غلظت فلزات سرب و نیکل در چهار جهت به دلیل بار مالی امکان پذیر نبود و از طرفی اثر باد در جابجایی فلزات سنگین در بسیاری از پژوهش‌ها

به اثبات رسیده است (۶ و ۷)، بنابراین پلات‌های انتخابی به منظور نمونه‌برداری در جهت باد و با فواصل ۵۰۰ متری در نظر گرفته شدند.

تعداد ۱۰ نمونه از گیاه *Artemisia sieberi* در داخل هر پلات به صورت تصادفی برداشت شدند. روش آماده سازی نمونه‌های گیاهی روش خاکستر خشک بود. جهت آنالیز و سنجش میزان غلظت سرب و نیکل، بعد از جدا کردن اندام هوایی و ریشه، به مقدار ۱ الی ۲ گرم از نمونه‌ها داخل ارلن گذاشته شدند و ارلن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند تا نمونه‌ها خشک شود. سپس وزن خشک نمونه‌ها به دست آورده شد و ارلن‌ها به مدت ۴۸-۲۴ ساعت در کوره در دمای ۵۰۰ درجه قرار داده شد تا خاکستر شود. در مرحله بعد از اسیدنیتریک ۴ مولار برای هضم اسیدی نمونه‌ها استفاده شد و با اسید ۱ درصد دیونیزه به حجم رسانده شدند و با دستگاه جذب اتمی (Varian (FS) 240 AA، USA Company) غلظت نمونه‌ها قرائت گردید. بعد از مشخص کردن میزان فلزات سنگین در

نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده، برای ارزیابی کارایی گیاهان شناسایی شده به منظور پالایش آلودگی، شاخص‌های BCF(BioConcentration Factor) و TF(Translocation Factor) با استفاده از فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شد:

$$BCF = \frac{\text{غلظت فلز سنگین در مواد گیاهی برداشت شده } \left(\frac{mg}{kg}\right)}{\text{غلظت فلز سنگین در محلول خاک } \left(\frac{mg}{kg}\right)} \quad (۱)$$

$$TF = \frac{\text{غلظت فلز سنگین در بخش‌های هوایی گیاه } \left(\frac{mg}{kg}\right)}{\text{غلظت فلز سنگین در ریشه } \left(\frac{mg}{kg}\right)} \quad (۲)$$

نمونه‌های خاک نیز با ۱۰ تکرار از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر در داخل هر پلات به صورت تصادفی تهیه گردید. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه خشک و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، اسیدیته، کربن آلی، درصد کربنات کلسیم، شوری با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (۸)، کربن آلی به روش والکلی و بلاک (۹)، میزان آهک توسط دستگاه کالسیمتری، شوری خاک توسط دستگاه هدایت الکتریکی و pH خاک توسط دستگاه pH متر تعیین گردید. برای تعیین غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل نیز، نمونه‌های خاک از الک ۱۵۰ میکرون عبور داده شدند. در مرحله بعد از اسیدنیتریک ۴ مولار (نسبت حجمی ۱:۸ خاک به ترکیب نهایی) جهت عصاره‌گیری استفاده شد (۱۰) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی غلظت نمونه‌ها قرائت گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از حصول از نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، به منظور بررسی وجود تفاوت در غلظت سرب و نیکل در اندام‌های گیاهی (ریشه و برگ) در سه پلات نمونه‌برداری، بر روی داده‌ها آزمون تجزیه واریانس دوطرفه صورت گرفت و برای تعیین تفاوت معنی‌دار در غلظت فلزات ذکر شده در نمونه‌های خاک پلات‌های مورد مطالعه، داده‌ها مورد تجزیه واریانس یک طرفه قرار گرفتند. همچنین برای بررسی معنی‌داری ارتباط بین سرب و نیکل در اندام‌های ریشه و برگ گیاه و خاک و همچنین بررسی ارتباط بین فاکتورهای شیمیایی و غلظت سرب و نیکل در ریشه و اندام هوایی از همبستگی پیرسون استفاده گردید.

یافته ها

بیشینه، کمینه، میانگین و انحراف معیار غلظت‌های به دست آمده در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- بیشینه، کمینه، میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل در نمونه‌های مورد مطالعه بر حسب $mgkg^{-1}$ وزن خشک

Table 1- Maximum, minimum, average and standard deviation of heavy lead and nickel metals in samples studied in terms of $mgkg^{-1}$ dry weight

شماره پلات	نمونه	سرب				نیکل			
		بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار
پلات ۱	اندام هوایی	۵/۲۱	۱/۱۷	۲/۹۷	۱/۶۲	۳/۳۴	۰/۴۶	۱/۶۹	۰/۹۴
	ریشه	۵/۵۴	۱/۰۵	۳/۲۲	۱/۵۵	۳/۰۶	۱/۵۳	۲/۱۷	۰/۵۴
	خاک	۹/۷۰	۲/۵۸	۶/۵۳	۲/۳۱	۱۵/۲۳	۱۳/۸۲	۱۴/۴۲	۰/۴۶
پلات ۲	اندام هوایی	۵/۹۸	۱	۳/۱۹	۱/۷۶	۳/۳	۱/۳۵	۲/۵۰	۰/۶۸
	ریشه	۳/۴۶	۱/۲۵	۲/۲۷	۰/۷۶	۷/۰۱	۰/۹۲	۳/۹۴	۱/۹۶
	خاک	۱۰/۴۲	۲/۴۶	۶/۲۵	۲/۴۹	۱۹/۵۲	۱۳/۰۹	۱۶/۳۱	۲/۱۳
پلات ۳	اندام هوایی	۷/۰۳	۱/۱۲	۴/۸۰	۲/۰۳	۲/۴۳	۱/۲۳	۱/۹۶	۰/۴۲
	ریشه	۷/۸۶	۲/۰۵	۴/۰۴	۲/۱۴	۲/۶۷	۱/۴۸	۱/۹۹	۰/۳۹
	خاک	۸/۷۹	۰/۸۹	۴/۸۶	۲/۲۰	۲۴/۹۲	۱۲/۶۷	۱۷/۶۲	۴/۱۹

تشریح خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

در جدول ۲ مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک پلات‌های نمونه-برداری آورده شده است. اندازه‌گیری EC در این خاک‌ها نشان داد که این خاک‌ها جزو خاک‌های شور بوده و از نظر ماده آلی فقیر می‌باشند (کم تر از یک درصد). بافت خاک نیز شنی رسی لومی تا رسی لومی است و جزو خاک‌های تقریبا قلیایی هستند.

جدول ۲-برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پلات‌های مطالعاتی

Table 2- Some physical and chemical properties of the soil of the studied plots

شماره پلات	EC ds/m	pH	کربنات کلسیم (M.E/100)	ماده آلی (٪)	ماسه (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
پلات ۱	۱/۲۵	۷/۹	۱۴/۲	۰/۳۲	۲۴	۴۳	۳۳
پلات ۲	۲/۵۳	۷/۵	۱۲/۶	۰/۲۲	۵۵	۲۷	۱۸
پلات ۳	۱/۷۲	۷/۷	۱۴/۴	۰/۲۴	۵۲	۲۷	۲۱

غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک

نمونه‌های خاک در سه پلات مورد مطالعه مورد تجزیه واریانس یک طرفه قرار گرفتند و نتایج نشان داد که بین خاک‌های سه پلات از نظر میزان غلظت فلز سرب و نیکل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳).

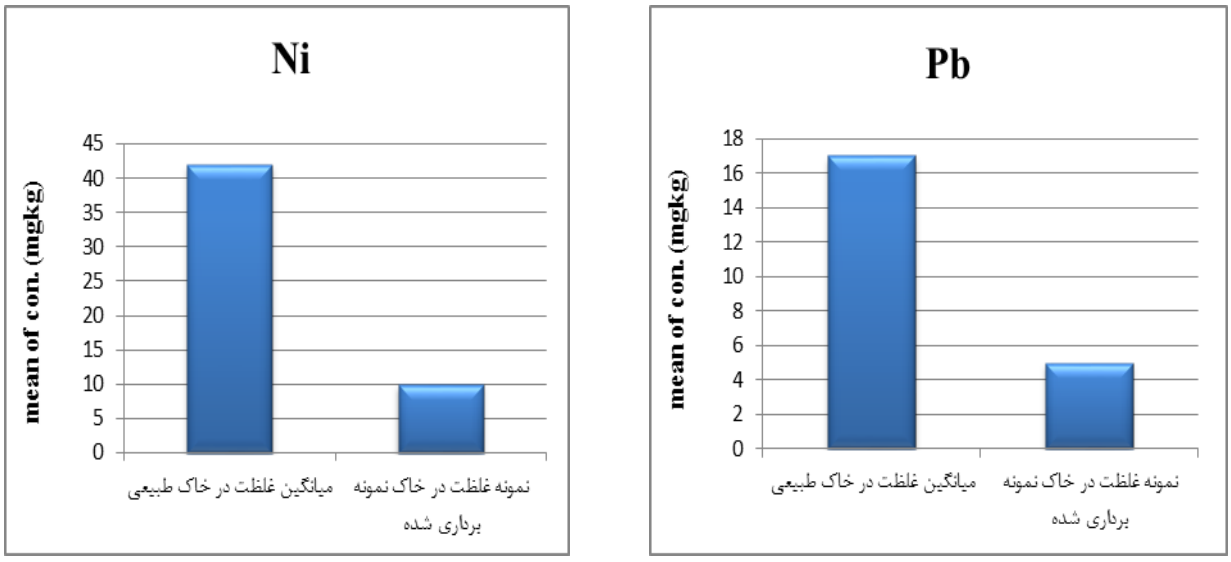
جدول ۳- نتایج واریانس غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک پلات‌های مختلف

Table 3- Results of variance of lead and nickel concentrations in different plots

عناصر اندازه‌گیری شده	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
سرب	خاک	۲	۸/۰۶	۱/۴۷ ns
	خطا	۲۷	۵/۴۴	
نیکل	خاک	۲	۲۵/۹۸	۳/۴۹ ns
	خطا	۲۷	۷/۴۴	

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بر اساس گزارش Dalenberg و Driel (۱۱) که نقش رسوب جو در غلظت فلزات سنگین در محصولات زراعی را مورد بررسی قرار داده، متوسط غلظت سرب و نیکل در خاکی که در معرض آلودگی خاصی به ویژه آلودگی شدید ناشی از جو قرار ندارد و در این مقاله خاک طبیعی نامیده شده، به ترتیب ۱۹ و ۵۰ $mgkg^{-1}$ می‌باشد، در حالی که میانگین غلظت سرب و نیکل موجود در خاک منطقه نمونه‌برداری شده به ترتیب ۵/۸۸ و ۱۲/ ۱۶ $mgkg^{-1}$ است که از حد متوسط این فلزات در خاک‌های طبیعی کم تر می‌باشد، بنابراین بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک‌های منطقه، میزان آلودگی خاک منطقه به سرب و نیکل کم تر از حد متوسط این فلزات در خاک می‌باشد (نمودار ۱).



نمودار ۱- مقایسه متوسط غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک طبیعی منطقه نمونه‌برداری

Chart 1- Comparison of the average concentration of lead and nickel metals in the natural soil of the sampling area

غلظت فلزات سرب و نیکل در گیاه

در ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف یک نمونه‌ای، داده‌ها مورد آزمون قرار گرفتند و نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس چندطرفه غلظت سرب و نیکل در اندام‌های مختلف گیاه *A.sieberi* (ریشه و برگ) در سه پلات مورد نظر آورده شده است. با توجه به مقدار p برای منابع تغییر مختلف نتیجه می‌شود که پلات‌های مختلف بر روی مقدار غلظت فلز سرب و نیکل اثر معنی‌داری داشته و اندام‌های مختلف گیاهی و اثر متقابل پلات*اندام‌ها بر روی مقدار فلز سرب و نیکل تاثیر معنی‌دار نداشته است، مقایسه میانگین‌های سرب و نیکل در اندام‌های گیاه در پلات‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد که بین مقادیر سرب و نیکل در ۳ پلات اختلاف معنی‌داری وجود دارد به گونه‌ای که بیش ترین مقدار سرب در اندام‌های گیاه در پلات ۳ و کم ترین مقدار در پلات ۲ وجود دارد. اما بین میانگین پلات ۱ و ۲ اختلاف معنی-داری مشاهده نشد و برای فلز نیکل، نتایج آزمون دانکن نشان داد که پلات دوم، بیش ترین مقدار میانگین نیکل را در اندام‌های گیاه به خود اختصاص داد و نسبت به دو پلات دیگر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جداول ۴، ۵ و ۶).

جدول ۴- میانگین غلظت سرب و نیکل ($mgkg^{-1}$) در اندام‌های هوایی و ریشه *A.sieberi*

Table 4- The mean lead and nickel concentrations ($mgkg^{-1}$) in the aerial parts and roots of *A. Sieberi*

فلز سنگین	ریشه	اندام هوایی
سرب	۳/۱۹	۲/۳۵
نیکل	۲/۹۹*	۲/۴۴*

* در هر ردیف، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۵- غلظت سرب و نیکل ($mgkg^{-1}$) در نمونه گیاهی *A.sieberi* و مقادیر BCF و TF

Table 5- Lead and Nickel concentration ($mgkg^{-1}$) in *A. sieberi* plant samples and BCF and TF amounts

فلز	BCF	TF	اندام زیرزمینی	اندام هوایی
سرب	۱/۱۰	۰/۷۸	۳/۱۹	۲/۳۵
نیکل	۰/۳۳	۰/۸۱	۲/۹۹	۲/۴۴

مقدار BCF در مورد این گیاه برای ارزیابی غلظت فلز سرب در اندام‌های زیرزمینی، نشان داد که غلظت این فلز در ریشه بیش تر از خاک است (BCF>۱) بود، در حالی‌که برای فلز نیکل بالعکس است، یعنی غلظت فلز نیکل در خاک بیش تر از ریشه می‌باشد. فاکتور انتقال (TF) برای تعیین انتقال فلزات تجمع یافته در ریشه به بخش‌های هوایی گیاه است. گونه‌های با TF کمتر از یک بیش ترین تجمع فلز را در بافت‌های زیرزمینی داشته و پتانسیل استفاده به فلزات سنگین به صورت سیستم ریشه صافی را دارا می‌باشند. لرستانی و همکاران (۱۲) در تحقیق خود برای بررسی کارایی گیاه‌پالایی ۱۱ گونه‌ی مرتعی گونه‌های با TF کم تر از یک

را گونه‌های مناسب برای پالایش خاک‌های آلوده به منیزیم، آهن، مس و روی معرفی کردند. در این مطالعه مقدار TF برای فلز سرب و نیکل در این گیاه کم تر از یک می‌باشد و این موضوع گویای این حقیقت است که تجمع این فلزات بیش تر در بخش ریشه بوده است (جدول ۵).

جدول ۶- نتایج واریانس غلظت سرب در اندام‌های مختلف گیاهی (ریشه و برگ) در سه پلات مورد مطالعه

Table 6- Results of variance of lead concentration in different plant organs (root and leaf) in the three plots studied

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
پلات	۲	۲/۰۶	۱/۹۹^{ns}
اندام گیاهی	۱	۱۱/۸۶	۱۱/۴۱*
پلات*اندام گیاهی	۲	۱۶/۰۸	۱۵/۴۷*
خطا	۵۴	۰/۹۸	-

* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است.

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۷- نتایج واریانس غلظت نیکل در اندام‌های مختلف گیاهی (ریشه و برگ) در سه پلات مورد مطالعه

Table 7- Results of variance of nickel concentration in different plant organs (root and leaf) in the three plots studied

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
پلات	۲	۱۵/۸۲	۱۴/۵۳*
اندام گیاهی	۱	۴/۴۸	۴/۱۲^{ns}
پلات*اندام گیاهی	۲	۲/۷۲	۲/۵^{ns}
خطا	۵۴	۱/۰۸	-

* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است.

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۸-مقایسه میانگین مقادیر سرب و نیکل در نمونه‌های گیاهی در سه پلات بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

Table 8- Comparison of mean lead and nickel concentrations in plant samples in three plots based on Duncan test at 5% probability level

پلات	سرب ($mgkg^{-1}$)	نیکل ($mgkg^{-1}$)
۱	۳/۰۹^{b}	۱/۹۳^{b}
۲	۲/۷۳^{b}	۳/۲۱^{a}
۳	۴/۴۱^{a}	۱/۹۷^{b}

با توجه به نتایج ضریب همبستگی پیرسون (جدول ۹)، بین سرب و نیکل در اندام‌های ریشه و برگ و خاک به طور جداگانه، هیچ گونه همبستگی وجود ندارد.

جدول ۹- همبستگی بین سرب و نیکل در ریشه و اندام هوایی و خاک منطقه مورد مطالعه

Table 9- Correlation between lead and nickel in the roots and aerial parts and soil of the studied area

		Pb	Ni	فلزات
ریشه	ضریب همبستگی	-۰/۱۳۴	۱	Ni
	P	۰/۴۸۱		
	تعداد	۳۰	۳۰	
	ضریب همبستگی	۱	-۰/۱۳۴	Pb
	P		۰/۴۸۱	
	تعداد	۳۰	۳۰	
اندام هوایی	ضریب همبستگی	-۰/۳۴۸	۱	Ni
	P	۰/۰۶۹		
	تعداد	۳۰	۳۰	
	ضریب همبستگی	۱	-۰/۳۴۸	Pb
	P		۰/۰۶۹	
	تعداد	۳۰	۳۰	
خاک	ضریب همبستگی	۰/۰۹۴	۱	Ni
	P	۰/۶۲۲		
	تعداد	۱	۳۰	
	ضریب همبستگی	۱	۰/۰۹۴	Pb
	P		۰/۶۲۲	
	تعداد	۳۰	۱	

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، غلظت فلزات سرب و نیکل در خاک منطقه مورد مطالعه کم تر از حد متوسط این فلزات در خاک است. دامنه نرمال غلظت سرب و نیکل در خاک‌ها به ترتیب ۱۹ و ۵۰ $mgkg^{-1}$ گزارش شده است (۱۱)، در حالیکه میانگین غلظت سرب و نیکل موجود در خاک منطقه نمونه‌برداری شده به ترتیب ۵/۳ و ۱۰/۲ $mgkg^{-1}$ است که از حد متوسط این

فلزات در خاک‌ها کم تر می‌باشد و به این معنا است که خاک این مناطق از نظر این عناصر آلوده نیستند (نمودار ۱). به طور تقریبی میانگین غلظت نیکل در خاک منطقه بیش از دو برابر غلظت سرب در آن است. این موضوع می‌تواند به دلیل جنس سنگ بستر خاک باشد، نیکل خاک به میزان بسیار زیادی به طبیعت مواد مادری بستگی دارد. برای مثال خاک‌های تشکیل یافته از مواد مادری سرپانتین می‌تواند حاوی ۱۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیکل باشد (۱۳).

مقایسه توزیع و تجمع عناصر مورد بررسی در اندام هوایی و ریشه گونه گیاهی مورد مطالعه، نشان داد که بین ریشه و اندام هوایی این گونه، از نظر غلظت سرب هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴). اما با مقایسه میانگین غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی متوجه می‌شویم که در گونه *A.sieberi* مقدار این فلز در ریشه بیش تر از اندام هوایی است. در بین گونه‌های گیاهی در یک منطقه بیابانی و یا نیمه‌بیابانی با اختلاف در شکل‌زیستی و فیزیولوژی، نحوه جذب عناصر غذایی و تجمع عناصر سنگین در اندام‌های گیاهی می‌تواند متفاوت باشد. تجمع سرب در ریشه‌ها معمولا بیشتر از تجمع سرب در اندام‌های هوایی می‌باشد (۱۴، ۱۵، ۱۶). به نظر می‌رسد با افزایش غلظت سرب در ریشه، از تحرک آن در گیاه کاسته شده و به میزان بیشتری در سلول‌های ریشه و فضاهای بینابینی ترسیب می‌یابد که علت این امر ناشی از تغییر سیستم آوندی ریشه به ساقه در محل یقه گیاه است که به صورت یک فیلتر عمل می‌نماید و موجب تجمع سرب و کند شدن فرآیند انتقال به ساقه می‌شود (۱۷). اختلاف غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گونه مورد مطالعه، معنی‌دار نشده است که باید به دنبال دلیل دیگری بود. سرب هوابرد، یک منبع اصلی آلودگی هوا است که به وسیله گیاهان به آسانی جذب می‌شود. تعدادی از مطالعات نشان دادند که سرب تجمع یافته در سطح برگ به وسیله این سلول‌ها جذب می‌شود. بیشتر آلودگی سربی، بوسیله شستن با پاک‌کننده‌ها برطرف می‌شود، اما این احتمال وجود دارد که یک مقدار قابل ملاحظه‌ای از سرب به داخل بافت گیاه انتقال یابد (۱۸).

اختلاف غلظت نیکل در ریشه و اندام هوایی گونه *A.sieberi*، در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت این فلز در ریشه بیشتر از اندام هوایی است. بر طبق گزارشات Someya در سال ۲۰۰۷، در بیشتر گیاهان تجمع نیکل در ریشه بیش تر می‌باشد (۱۹).

طبق تعریف Khan (۲۰) گونه‌های بیش‌اندوز دارای یکی از این دو مشخصه هستند: ۱) غلظت فلز در بافت‌های این گیاهان بیش تر از ۰/۵ درصد کل وزن خشک گیاه است. ۲) فاکتور تجمع در این گیاهان بالاتر از یک است. در این تحقیق، گونه گیاهی مورد مطالعه، غلظت بیش تر از $mgkg^{-1}$ ۱۰۰۰ را در اندام هوایی خود نشان ندادند، بنابراین بیش‌اندوز نمی‌باشد (۹). با این وجود ممکن است که توانایی این گیاه در تحمل و تجمع فلزات سنگین، به منظور گیاه‌جذبی و یا گیاه‌تثبیتی مفید باشد. هر دو فاکتور BCF و TF می‌تواند برای ارزیابی توان گیاه برای هدف گیاه‌پالایی استفاده شود. می‌توانیم از طریق مقایسه BCF و TF توانایی گیاهان مختلف را در جذب فلزات از خاک و انتقال آن‌ها به اندام هوایی را مقایسه کنیم. تنها گیاهانی با BCF و TF بزرگ تر از یک برای گیاه‌جذبی و BCF بزرگ تر از یک و TF کم تر از یک برای گیاه تثبیتی قابل استفاده می‌باشند (۲۱).

نتایج به دست آمده در مورد اندازه‌گیری فاکتور تجمع و انتقال فلزات (جدول ۵) نشان داد که مقدار BCF فلز سرب در گونه *A.sieberi* بیش تر از یک می‌باشد و به این معنی است که غلظت این فلز در بافت‌های زیرزمینی بیش تر از خاک است. برای فلز نیکل، این فاکتور در این گونه کم تر از یک است. در مورد فلز سرب و نیکل، فاکتور انتقال برای گونه *A.sieberi* کم تر از یک می‌باشد و این گیاهان نتوانستند این فلز را به مقدار زیاد به اندام-های هوایی انتقال بدهند. فاکتور انتقال پایین سرب و نیکل از ریشه به اندام هوایی ممکن است به دلیل سمیت این فلز باشد

(۱۸). باید به این نکته توجه داشت که جذب و انتقال فلزات و توزیع آن‌ها در اندام‌های گیاهی متفاوت است که ممکن است به دلیل شرایط رشد متفاوت گیاهان نیز باشد که تحت تاثیر واکنش متقابل بین ریشه- خاک، ریشه- باکتری‌ها، ریشه- میکروریزا بوده که جذب و انتقال فلزات را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۸ و ۲۰). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گونه *A.sieberi* با BCF=۱/۱۰ و TF=۰/۷۸، می‌تواند به منظور گیاه تثبیتی فلز سرب مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج بررسی اثر پلات‌ها بر روی غلظت فلزات سرب و نیکل در ریشه و اندام‌های گونه مورد مطالعه (جدول ۶ و ۷) نشان داد که بیش ترین غلظت فلز سرب و نیکل در گونه *A.sieberi* به ترتیب مربوط به پلات سوم و دوم می‌باشند. بنابراین با وجود این که پلات اول در کنار حوضچه‌های شیرابه قرار دارد اما غلظت فلز سرب در اندام هوایی و ریشه گونه *A.sieberi* در پلات سوم بیش تر است. از جمله دلایل تاثیرگذار در این موضوع می‌توان به باد غالب منطقه و جذب اتمسفری اشاره کرد. در مطالعه‌ای که Haggar و Hibben در سال ۱۹۸۴ بر روی برخی از فلزات سنگین از جمله سرب کار کردند به این نتیجه رسیدند که جذب اتمسفری می‌تواند نقش تاثیرگذاری بر روی انتقال فلزات سنگین داشته باشد (۷).

با توجه به بررسی‌های انجام شده، خاک و گیاه منطقه مورد مطالعه از نظر فلزات سرب و نیکل در محدوده طبیعی قرار گرفته و آلوده نمی‌باشند، اما با توجه به رشد روزافزون جمعیت و تولید حجم بالایی از زباله‌ها، همچنین وجود میزان بسیار بالای عناصر سمی و خطرناک موجود در پساب و شیرابه های تولیدی در مرکز دفن محمدآباد، برای کنترل آلودگی و جلوگیری از گسترش آن پیشنهاد می‌شود بررسی‌های زیست‌محیطی در خاک و گیاهان منطقه به طور مستمر انجام گرفته و غلظت آلاینده‌های فلزی در خاک و گیاهان منطقه به طور سالیانه تعیین گردد.

تشکر و قدردانی

با سپاس از حمایت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران غرب، کلیه اعتبار مالی طرح پژوهشی حاضر، توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب تامین شده است.

منابع:

1. Amue. A., Mahvi. A and Nadafi. K. 2012. "Reviewing the optimum operational conditions in plant purifying of soils polluted with Pb and Cd by Iran native plants", *Scientific Journal of Kordestan Medicine University*. Seventieth period, p.p. 93-102 (In Persian).
2. Abdoli, MA and Jalily, M. 2009. "Studying the effectiveness of compressed clay liners in omitting leachate pollutants of the urban waste disposal sites", *Science and Environmental Technology*. Eleventh period, p.p. 35-42 (Persian).
3. Shahmohammadi, Sh. and Habibzade, N. 2017. "Assessment of geochemical and distribution of heavy metals Pb, Cu, Zn and Ni in the Aras free trade-industrial zone" Journal of Water and Soil Resources Conservation, Vol 6, No 4. p.p. 29-44. (In Persian).
4. Jahantab E, jafari M, Motasharezadeh B, Tavili A, Zargham N. 2017 " Evaluating tolerance of plants species to heavy metals in oil polluted region (Case study: Pazanan Gachsaran)" Journal of Rangeland, Vol 10, No 4, p.p. 409-425. (In Persian).

5. Abessi O., Saeedi M., 2009, " Site Selection of a Hazardous Waste Landfill Using GIS Technique and Priority Processing, a Power Plant Waste in Qazvin Province Case Example" Journal of Environmental Sciences, Vol 6, No 4, p.p. 121-134. (In Persian).
6. Migaszewski, Z. M. and Paslawski, P. 2009. Trace element and sulphur stable isotope ratios in soils and vegetation of the Holy Cross Mountains, Geol. Quart., 40, 575.
7. Hibben, C.R and Hagar. S.S. 1984 "Comparison of cadmium and lead content of vegetable crops grown in urban and suburban gardens*"*. *Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical* ،Volume 7, Issue 1, 71–80.
8. Burd, G.I., Dixon, D.G and Glick, B.R. 2000. Plant growth – promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Can.J.Microbiol*. 46,237-245.
9. Baker, A.J.M and Walker, p.l. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. In: Shaw, A.J. (Ed), Heavy metal Tolerance in plants: Evolutionary Aspects. *CRC Press Boca Raton, FL*, pp. 155-157.
10. Brian k. Richards and Tammo s. 1998. "Metal mobility at an old, heavily loaded sludge application siye" *Environmental pollution* 99.
11. Dalenberg, J. W. and van Driel, W. 1990. Contribution of atmospheric deposition to heavy metal concentration in field crops, Netherlands J. Agric. Sci., 38, 367.
12. Lorestani, Bahare. 2010. "Identification of metal concentrations in plants and soils of Hame Kasi mine and investigation of the relationship between plants and soil factors", national conference of Human, *Environment and Sustainable development, Hamedan, Iran.* (In Persian).
13. Amini. F., Mirghafari. N and Malayeri. B. 2011. "Studying the concentration of Ni in soil and a number of other plant species around the Ahangaran Pb and Zn Mine in Hamedan Province", Environmental Science and Technology, Vol 13, No 1, p.p. 11-20 (In Persian).
14. M.R. Naderi, A. Danesh. Et al. 2014. "Evaluation the Efficiency of Six Sunflower Cultivars in Phytoextraction of Lead from a Pb-bearing Soil for Long Term" Journal of Water and Soil, Vol. 28, No. 3, p. 597-605 (In Persian).
15. Mousavi M. et al. 2012. "The investigation of lead accumulation in different parts of Garlic (Allium sativum L.) and the response of plant to lead oxidative stress" Journal of Agronomy and plant Breeding, Vol 8, No 2, p. 111-118 (In Persian).
16. Saderi. S. Z. and et al. 2011. "The study of lead uptake and accumulation by Matricaria chamomilla in various growth stages" Iranian Journal of Plant Biology, Vol 3, No 9, P. 53-62 (In Persian).
17. Conningham SD, Anderson TA and Schwab AP. 1997. Phytoremediation of soils contaminant with organic pollutants. *Advanced Agronomy*; 56: 55-64.

18. Ghyti. K., Kiyaye. MM., Rokni. N., Razavi Rohani and M., Motalebi.a. 2012."Situation of national sea and livestock food pollution with heavy metals", *Journal of food science and industry*. Num 34. Ninth period.
19. Someya N., Sato Y., Yamaguchi I., *et al*. 2007. "Allevation of nickel toxicity in plants by a rhizobacterium strain is not dependent on its siderophore production". *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 38:1155–1162.
20. Khan, A.G., kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S and Hayes, W.J. 2000. "Role of plants, mycorrhizae and phytochelatore in heavy metal contaminated land remediation". Chemosphere. 41, 197-207.
21. Tyler, L.D., and McBride. M.B. 1982. "Mobility and extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in organic mineral soil columns". J. *Soil Science*. 134(3), 198-205