Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

حذف سرب از خاک های آلوده توسط گیاه نی معمولی

(*Pharagmites australis*)

ملیحه امینی [۱*]

m.amini@ujiroft.ac.ir

حامد حق پرست [۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲ **تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۷**

چکیده

زمینه و هدف: دفع فلزات سمی طی فعالیت های انسانی، آلودگی بسیاری از خاک ها را به همراه داشته است. تجمع فلزات کمیاب موجب از بین رفتن حاصل‌خیزی خاک و تباهی منابع آب در بسیاری از کشورها گردیده است. در سال های اخیر روش گیاه پالایی با بهره گیری از گونه های گیاهی مختلف از راه حل های با اهمیت در کنترل آلودگی خاک بوده است.

روش بررسی: در تحقیق حاضر از گیاه نی معمولی (*Pharagmites australis*) برای جداسازی فلز سرب از خاک های آلوده در قالب تالاب مصنوعی استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور و سه تکرار اجرا گردید. بر این اساس مقدار سرب و سطوح مختلف غلظت سرب که موجب تنش در گیاه می شدند، به دست آمدند.

یافته ها: نتایج آزمایش در شرایط گل‌خانه نشان داد با افزایش غلظت سرب در تیمارهای آزمایشی میزان جذب آن توسط بافت های زیرزمینی و اندام های هوایی گیاه افزایش می یابد هرچند تجمع فلزات در بافت های زیرزمینی معنی دار بوده است و انتقال آن و تجمع در بافت های هوایی گیاه خیلی کم‌تر گزارش شده است. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد افزایش غلظت سرب در بافت‌های گیاه نی تالابی تحت تاثیر سطوح تنش این فلز تابع یک منحنی درجه دوم با ضرایب تباین بالای ۹۰٪ و در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردید.

بحث و نتیجه گیری: به طور کلی نی تالابی گیاهی نسبتا مقاوم در برابر تنش فلز سنگین سرب، دارای فاکتور انتقال پایین و ظرفیت بالایی برای تجمع این فلز در ریشه خود می‌باشد.

واژه های کلیدی: گیاه پالایی، *Pharagmites australis* ، تالاب مصنوعی، سرب، خاک های آلوده.

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت. ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دکتری علوم محیط زیست، شرکت مهندسین مشاور افق هسته ای، تهران، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.5, July, 2020

Phytoremediation of Lead from Contaminated Soil Using *Pharagmites Australis*

Malihe Amini [1 *]
m.amini@ujiroft.ac.ir
Hamed Haghparast [2]

Admission Date:May 28, 2018 Date Received: January 21, 2017

Abstract

Background and Objective: Antropogenic heavy metals discharge in to the precious environment has been a key burden of modernity. Excess trace elements have driven the fertile soil and water mediums in to unstable and fragile states in many countries. In recent years bio-remediation approaches via various plants species, has been highlited as prior strategies in soil pollution control.

Method: The present study aims to assess phytoremediation *of Pharagmites australis* (common reed) for lead contamination in constructed wetland. Experimental design was performed in an entirely randomized plan having two factors and three replications. Accordingly lead and levels of metal stress were obtained.

Findings: According to indoor expriments results, any increment in lead concentration enhances root-shoot metal absorbing. However, impressive accumulation of heavy metals was in roots and its translocation and accumulation in shoot was reported in lesser portions. Results of regression analysis showed concentration increment of lead in *P.australis* organs under these metal stress condition which was fixed as a quadratic function with R^2 >90 ($p<0.01$).

Discussion & Conclusion: *P.australis* showed high relatively resistant to lead stress. High accumulation capacity for metals in roots and low heavy metal translocation factor were observed during the present study.

Keywords: Phytoremediation, *Pharagmites Australis*, Constructed Wetland, Lead, Soil Contamination.

1- Assistant Prof, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran. ***(**Corresponding Authors)
2- Ph.D, Environmental Science, Ofogh Consulting Engineers (OCE), Environmental Research Department, Tehran, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با افزایش جمعیت، روند آلوده شدن منابع آب تشدید شده و بشر نیازمند روش هایی نو و ارزان برای پالایش و بهبود کیفیت آب‌گردیده است(۱). همچنین با توسعه و تمرکز غیراصولی صنایع، منابع طبیعی در خطر نابودی قرار گرفته و میزان آلودگی های بیوسفر افزایش چشم‌گیری داشته است (۲). فلزات سمی از جمله آلاینده‌های محیط‌زیستی هستند که عمدتا از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی بشر منشا می‌گیرند و در تمام نقاط جوامع صنعتی یافت می‌شوند (۳ و۴). فلزات سمی اغلب به فرم اکسید، هیدرواکسید، سیلیکات، سولفات و یا به‌صورت جذب شده بر روی رس، سیلیکات و ماده آلی یافت می‌شوند و ممکن است از دو منبع طبیعی و انسانی منشا بگیرند (۵ و ۶).

سرب از جمله فلزات سمی محسوب می‌شود که دارای کارکرد زیستی مشخصی نمی‌باشد و قادر است در گیاهان و سایر موجودات زنده ایجاد مسمومیت نماید. این فلز به دلیل پراکنش گسترده در مناطق شهری و صنعتی و خطر بالقوه آن برای محیط زیست و سلامت انسان‌ها و حیوانات، منشأ نگرانی‌های متعددی گردیده است(۷ و ۸). سرب نه تنها فعالیت ریزجانداران خاک را تحت تأثیر قرار داده و سبب از دست رفتن حاصل خیزی خاک می‌شود، بلکه باعث بروز تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد گیاهان و در نهایت کاهش عملکرد آن‌ها نیز می‌گردد (۹). زیان سرب بیش‌تر ناشی از توان جابجایی کم آن در محیط زیست و رسوب پذیری بالای آن می‌باشد (۱۰و ۱۱). از جمله اثرات منفی سرب بر رشد گیاهان می‌توان به اثر آن در کاهش زی‌توده بخش‌های ریشه‌ای، هوایی و کاهش عملکرد اشاره کرد. همچنین موجب کاهش بیوسنتز کلروفیل از طریق کاهش غلظت عناصر ضروری منیزیم و آهن در برگ‌ها، ایجاد کمپلکس با پروتئین‌های فتوسنتزی و افزایش فعالیت کلروفیلاز جهت تجزیه کلروفیل می گردد. سرب از طریق اختلال در فعالیت طبیعی ناقل‌های غشاء سلول‌های ریشه باعث کاهش جذب عناصر ضروری مانند کلسیم، منیزیم و آهن نیز می‌شود و در نتیجه گیاهان تیمار شده با سرب علایم کمبود این عناصر ضروری را نشان می‌دهند. این فلز به واسطه ورود به زنجیره های غذایی در بدن انسان‌ها و حیوانات تجمع می‌یابد و سلامتی آن‌ها را به مخاطره می‌اندازد (۱۲). مسمومیت ناشی از سرب در کودکان باعث آسیب‌های عصبی می‌شود که این صدمات منجر به کاهش ضریب هوشی، از دست دادن حافظه کوتاه مدت، ناتوانی در یادگیری و اختلالات هماهنگی اعضاء می‌گردند (۱۳).

روش های متداول پاک‌سازی مناطق آلوده، اغلب هزینه بر بوده و امکان استفاده از آن‌ها در سطوح وسیع وجود ندارد و گاهی اوقات تاثیرات ناخواسته و نامطلوب بر خاک و محیط می گذارند (۲). بنابراین استفاده از روش های زیستی و دوست‌دار طبیعت که آلودگی جدیدی به طبیعت تحمیل نمی کنند در اولویت قرار دارند. فرآیند گیاه پالایی آلاینده‌های محیط زیستی شامل استفاده از گیاهان به منظور برداشت آلاینده‌ها از خاک و سپس انتقال آن‌ها به بافت‌های هوایی گیاه می‌باشد. این تکنیک مناسب ترین روش جهت پالایش خاک‌های آلوده محسوب می‌شود. در واقع پالایش سبز با گیاهان آبزی روشی نو، کارآمد و ارزان برای بهبود کیفیت آب و پساب است (۱). این فناوری طبیعی و دوست دار محیط زیست، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه، از لحاظ زیبایی خوشایند، مطلوب برای موجودات زنده خاک، افزایش دهنده‌ی تنوع زیستی و منشا یافته از انرژی نور خورشید است و از همه مهم‌تر آن که فناوری گیاه‌پالایی قادر به حفظ حاصل‌خیزی خاک حتی پس از زدودن فلزات سمی می‌باشد (۱۴). در این تکنولوژی از گیاهان مقاوم به تنش فلزات سمی جهت اصلاح و پالایش خاک‌های آلوده به فلزات استفاده می‌شود و شناخت گیاهان با توان مقاومت یا تجمع بالای فلزات می‌تواند در این فرایند مؤثر واقع شود (۱۵). به طورکلی گیاه پالایی بهتر است توسط گیاهان بومی به‌جای گیاهان غیربومی و اصلاح شده ژنتیکی انجام شود (۱۶). یک گیاه ایده‌آل برای فرآیندهای گیاه پالایی باید دارای مقاومت بالا به تنش فلزات سمی، تولید زیست توده بالا، توان جذب زیاد، تکثیر آسان و رشد سریع بوده و همچنین نسبت به شرایط نامساعد محیطی مقاوم باشد (۱۷). هدف از این مطالعه بررسی میزان تجمع عنصر سرب در گیاه نی تالابی و توانایی این گیاه در کاهش

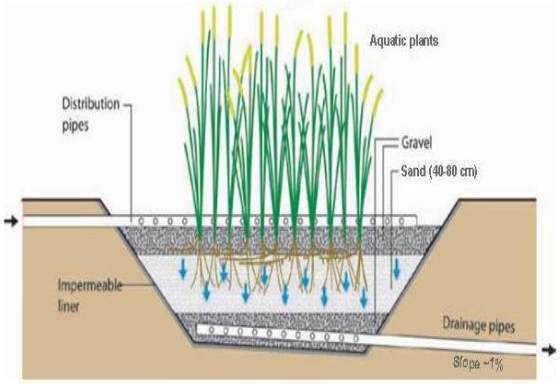
www.SID.ir

خطر آلودگی فلزات سمی در منابع آب و خاک می باشد. با توجه به ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک، در صورتی که این گیاه سایر ویژگی‌های لازم برای گیاه پالایی از جمله مقاومت به تنش و قابلیت بالای جذب را داشته باشد، می‌تواند در پالایش آلودگی‌های متمرکز[1] مرتبط با فلزات سمی استفاده شود.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه نمونه برداری و آماده سازی تیمارها

آزمایش‌ها در گل‌خانه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت واقع در جنوب شرق استان کرمان انجام شد. نمونه خاک از زمینی با سابقه زراعی برداشت و مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌برداری خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری انجام و خاک مورد نظر از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد و دو کیلوگرم خاک به ازاء هر گل‌دان وزن شد و درون ظرف های پلاستیکی ریخته شد. اضافه کردن سولفات سرب از طریق ساخت محلول آبی انجام شد و آبیاری در حد ظرفیت مزرعه انجام شد و گل‌دان ها به مدت ۲۰ روز رها شدند تا برهم‌کنش آلاینده‌های خاک تدوین پیدا کنند و شرایط آلودگی خاک به عناصر سنگین تا حدی شبیه شرایط طبیعی موجود در زمین آلوده گردد.



شکل ۱- نمایی از گیاه پالایی در تالاب مصنوعی

Figure 1. View of phytoremediation in constructed wetland

تیمارها شامل ۸ سطح فلز (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و ۳ تکرار برای هر تیمار بود که مجموعا شامل ۲۴ گل‌دان گردید. انتخاب سطوح فلزی براساس افزایش مقدار حضور فلز در خاک گل‌دان و امکان بررسی میزان پالایش فلز توسط گیاه نی معمولی بود (۱۸). آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شدند. غده‌های گیاه نی تالابی پس از شست‌شو با آب مقطر، سه غده در هر گل‌دان کاشته شد و آبیاری گل‌دان‌ها تا حد ظرفیت زراعی در طول دوره رشد (۳ ماه) انجام شد (۸) (شکل ۱).

برداشت گیاه و روش های آنالیز

پس از رشد گیاهان طی یک دوره سه ماهه، برداشت اندام هوایی و ریشه گیاهان به طور جداگانه انجام شد و توسط آب مقطر شسته شدند. هضم نمونه ها به روش سوزاندن خشک صورت گرفت. فلز سرب به روش عصاره‌گیری با DTPA آماده (۱۹) و اندازه گیری غلظت سرب با دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer -Analyst 400) انجام شد (۲۰). دقت اندازه گیری دستگاه جذب اتمی در حد ppm بود و مقدار غلظت اولیه سرب در نمونه خاک شاهد ۰/۲۵ mg/kg اندازه گیری گردید.

محاسبه فاکتور انتقال[2]

به منظور ارزیابی توانایی گیاه در انتقال فلزات سمی از ریشه به اندام هوایی، فاکتور انتقال طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۲۱).

$$\text{فاکتور انتقال} = \frac{\text{غلظت عنصر مورد نظر در ریشه}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در اندام هوایی}}$$

محاسبه فاکتور تجمع[3]

به منظور ارزیابی توانایی گیاه در انتقال فلزات سمی از خاک به ریشه و اندام هوایی، فاکتور تجمع فلزات در اندام های زیرزمینی و اندام های هوایی طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۲۲).

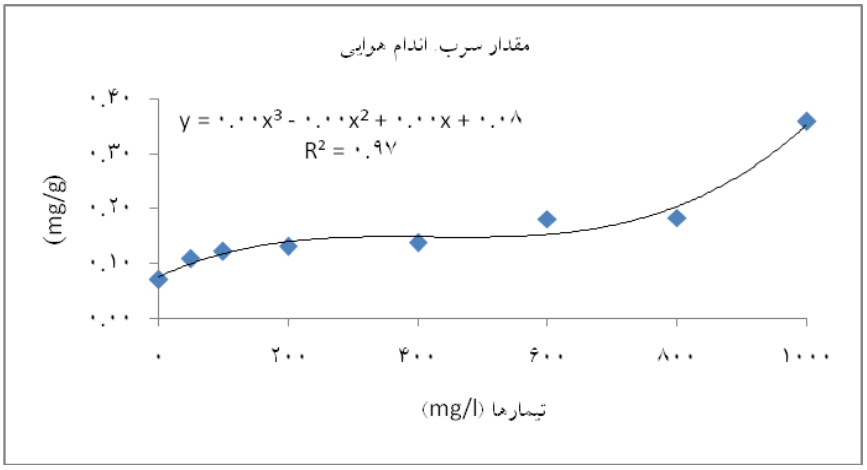
$$\text{فاکتور تجمع} = \frac{\text{غلظت عنصر مورد نظر در اندام هوایی یا ریشه}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در خاک}}$$

1 - point pollution

2 - Translocation Factor
3 - Bioaccumulation Factor

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- روند تغییرات تجمع فلز سرب در اندام های هوایی گیاه

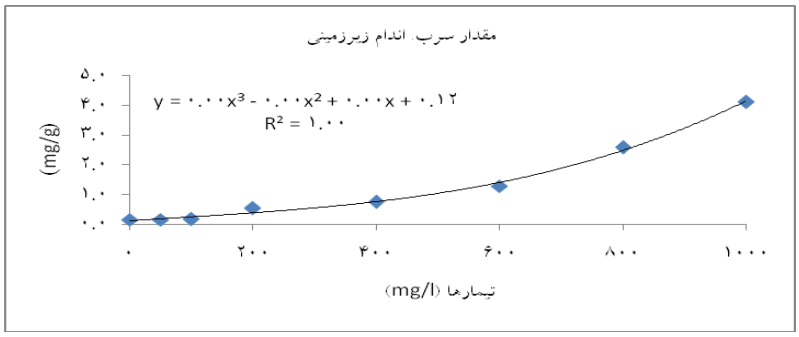
Figure 2. Trend of lead accumulation in the aboveground plant parts

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین تیمارها با غلظت‌های مختلف فلز سرب بر میزان جذب سرب در اندام های هوایی گیاه

Table 1. A comparison of means with different concentrations of lead in lead absorption in the aboveground plant parts

تیمارها. غلظت سرب (mg/l)	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
غلظت سرب. اندام هوایی (mg/g)	۰/۰۷۱۵	۰/۱۰۹۶	۰/۱۲۳	۰/۱۳۲۵	۰/۱۳۸۳	۰/۱۸۲۳	۰/۱۸۴	۰/۳۶
معنی داری تیمارها	b	b	b	b	b	b	b	a

میانگین مربعات حاصل از نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف فلز سرب بر میزان جذب سرب در ریشه گیاه نی تالابی نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دارگردید. براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد، میانگین افزایش جذب فلز سرب در تیمارهای ۶۰۰ ppm تا ۱۰۰۰ ppm در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار بودند و بنابراین نتایج مقایسه میانگین(شکل ۳ و جدول۲) بین تیمارهای متفاوت با غلظت های مختلف فلز سرب تفاوت معنی داری از نظر جذب این فلز در گیاه در رابطه با تیمارهای ۵۰ ppm تا ۴۰۰ ppm نشان ندادند و با افزایش غلظت فلز در خاک گل‌دان، مقدار جذب آن در اندام های زیرزمینی به طور معنی داری افزایش نمی یابد و این نتایج کاملاً مشابه داده های به دست آمده مربوط به میزان جذب و تاثیر غلظت های مختلف فلز سرب بر اندام های هوایی گیاه نی تالابی می باشد. بنابراین ماهیت متفاوت سرب با فلزات سمی دیگر که محیط تاثیرگذاری در فاز مایع را دارند موجب دست یابی به این نتایج گردیده است.



شکل ۳- روند تغییرات تجمع فلز سرب در اندام های زیرزمینی گیاه

Figure 3. Trend of lead accumulation in the underground plant parts

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین تیمارها با غلظت‌های مختلف فلز سرب بر میزان جذب سرب در اندام های زیرزمینی گیاه

Table 2. A comparison of means with different concentrations of lead in lead absorption in the underground plant parts

تیمارها. غلظت سرب (mg/l)	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
غلظت سرب. اندام زیرزمینی (mg/g)	۰/۱۴۴۳	۰/۱۴۶۳	۰/۱۶۸۶	۰/۵۲۵	۰/۷۴۳	۱/۲۸۷۶	۲/۵۹۲	۴/۱۰۷
معنی داری تیمارها	c	c	c	c	c	bc	b	a

به منظور ایجاد شرایط همگن در مناطق مطالعه و قابلیت مقایسه آنها پس از ساخت نقشه واحدهای همگن در پارسل‌های محدوده های مورد نظر، طبقات ارتفاعی ۶۰۰-۸۰۰ متری و ۱۵۰۰-۱۸۰۰ متری با شیب متوسط ۱۵ تا ۴۵٪ و جهت دامنه شمالی (N,NE,NW) بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و در محیط GIS جداسازی گردید. در مرحله بعد قطعات نمونه به ابعاد ۳۰×۳۰ متر مربعی به روش تصادفی در تابستان ۱۳۹۵ در مناطق تحقیق پیاده و مختصات هر پلات توسط دستگاه GPS ثبت گردید (جدول ۱). در هر پلات، ارتفاع کل درخت، قطر برابر سینه، قطر تاج در دو جهت عمود بر هم، ارتفاع شروع تاج و درصد شاخ و برگ برای همه عناصر درختی موجود اندازه گیری گردید. برای محاسبه بیوماس رو زمینی درختی از روش روابط آلومتری پیشنهادی Ponce-Hernandez و همکاران (۲۰۰۴) استفاده گردید(۲۱). به این منظور، محاسبات بیوماس درختی بر اساس مورفولوژی درختان به دو بخش تنه (Stem) و تاج (Crown)تقسیم بندی گردید (۲۲). روابط محاسبه بیوماس به شرح جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف فلز سرب بر میزان تجمع در اندام های هوایی گیاه نسبت به خاک آلوده

Table 3. Analysis of variance for the effect of lead on the accumulation in shoots of plants to contaminated soil

سرب. اندام های هوایی / خاک	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
بین گروه ها	۰/۰۷۳	۷	۰/۰۱۰	۲۹۶۷۴	۰/۰۰۰
داخل گروه ها	۰/۰۰۲	۱۶	۰/۰۰۰		
مقدار کل	۰/۰۷۵	۲۳			

به طور کلی مقدار فاکتور تجمع فلز سرب در اندام های هوایی و زیرزمینی گیاه نی تالابی ناچیز بوده است و این پدیده مربوط به ماهیت فلز سرب است که به طور عمده اثر آلایندگی را در فاز گازی نشان می دهد و میزان حلالیت پایینی در آب داراست. بنابراین به مقدار کم از خاک وارد گیاه شده و بنابراین در اندام-های هوایی و زیرزمینی هم میزان تجمع پایینی خواهد داشت. ولی میزان تجمع آن در اندام های زیرزمینی بیش‌تر از اندام های هوایی بوده است. زرین‌کمر و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی جذب و تجمع سرب در مراحل مختلف رشد و نمو بابونه آلمانی بیان کردند که میزان تجمع سرب در ریشه این گونه گیاهی نسبت به اندام های هوایی بیشتر بود (۲۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج میزان تجمع فلز سرب در اندام های هوایی و اندام های زیرزمینی گیاه نسبت به خاک آلوده

Table 4. Results in the accumulation of lead in the aboveground and underground parts plants to contaminated soil

عنصر	مقدار فلز	فاکتور تجمع	فاکتور تجمع
سرب		اندام هوایی/خاک	اندام زیرزمینی/خاک
	۰	۰/۱۱۰	۰/۲۲۳
	۵۰	۰/۱۵۶	۰/۲۰۹
	۱۰۰	۰/۰۲۳	۰/۰۳۲
	۲۰۰	۰۲۰۰	۰/۰۸۰
	۴۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۴۶
	۶۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳
	۸۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸
	۱۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲۲
Sig		۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف فلز سرب بر میزان تجمع در اندام های زیرزمینی گیاه نسبت به خاک آلوده

Table 5. Analysis of variance for the effect of lead on the concentration in the underground parts of plants to contaminated soil

سرب. اندام های زیرزمینی / خاک	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
بین گروه ها	۰/۱۶۴	۷	۰/۰۲۳	۳/۸۳۲	۰/۰۱۲
داخل گروه ها	۰/۰۹۸	۱۶	۰/۰۰۶		
مقدار کل	۰/۲۶۲	۲۳			

بررسی میزان انتقال فلز سرب از ریشه به اندام های هوایی

میانگین مربعات حاصل از نتایج تجزیه واریانس اثر فلز سرب، غلظت‌های مختلف و اثرات متقابل بر میزان فاکتور انتقال[1] (میزان انتقال سرب از ریشه به اندام های هوایی) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دارگردید (جدول ۶).

1 - Translocation Factor

www.SID.ir

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف فلز سرب بر میزان انتقال در اندام های هوایی گیاه نسبت به اندام‌های زیرزمینی گیاه

Table 6. Analysis of variance for the effect of lead on the transition in the aboveground parts of plants to underground part of plants

سرب. اندام های هوایی / اندام های زیرزمینی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
بین گروه ها	۲/۵۵۲	۷	۰/۳۶۵	۴/۱۴۶	۰/۰۰۹
داخل گروه ها	۱/۴۰۷	۱۶	۰/۰۸۸		
مقدار کل	۳/۹۵۹	۲۳			

مقایسه میانگین میزان فاکتور انتقال در تیمارهای مختلف نیز در جدول (۷) ارایه شده است. فاکتور انتقال در سرب از تیمار شاهد تا غلظت ppm ۱۰۰ افزایشی ولی پس از آن با افزایش غلظت، کاهشی بوده است. زرین‌کمر و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی فاکتور انتقال سرب در مراحل مختلف رشد و نمو بابونه آلمانی بیان کردند که این گونه با تجمع سرب در ریشه به خصوص در مراحل اولیه رشد این توانایی را دارد که از انتقال این فلز به بخش هوایی و بروز سمیت در گیاه جلوگیری کند (۲۵) که در تحقیق حاضر نیز همین مساله موجب تجمع کم‌تر سرب در اندام های هوایی گیاه نسبت به ریشه گردیده است.

جدول ۷- نتایج میزان انتقال فلز سرب در اندام های هوایی گیاه نسبت به اندام های زیرزمینی گیاه

Table 7. The results of lead transfer in the aboveground parts of plants to underground parts of plant

عنصر	مقدار فلز	فاکتور انتقال
سرب		اندام هوایی/اندام زیرزمینی
	۰	۰/۴۹۵
	۵۰	۰/۷۴۹
	۱۰۰	۰/۷۲۹
	۲۰۰	۰/۲۵۲
	۴۰۰	۰/۱۸۶
	۶۰۰	۰/۱۴۱
	۸۰۰	۰/۰۷۰
	۱۰۰۰	۰/۰۸۷
Sig		۰/۰۰۹

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش گل‌خانه ای، مشخص شد که همراه با افزایش غلظت فلز سرب در محیط رشد گیاه، افزایش تجمع فلز در اندام‌های هوایی و زیرزمینی (ریشه و غده) گیاه نی تالابی دیده شد و میزان تجمع در اندام های زیرزمینی بیشتر از اندام‌های هوایی گیاه بود. طبق مشاهدات به نظر می‌رسد که اندام هوایی گیاه نسبت به ریشه و غده‌ها حساس‌تر است و گیاه برای بقاء خود و انجام عمل فتوسنتز در غلظت‌های بالای تنش فلزات سمی، انتقال فلزات را از ریشه به اندام هوایی

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش داده است. که احتمال دارد یکی از دلایل تحمل نسبی گیاه مورد مطالعه نسبت به غلظت‌های مسموم کننده فلزات، ممانعت از انتقال این عناصر به اندام‌های هوایی گیاه باشد. علاوه بر این، نشان دهنده نقش ریشه‌ها در نگهداری و پالایش فلزات می باشد. انباشتگی فلزات سمی در ریشه، یکی از ساز و کارهای تحمل برخی گونه‌ها محسوب می‌شود. در این گیاهان، بخش زیادی از این فلزات جذب شده، متصل به دیواره سلولی باقی می‌ماند. تا حدی که بخش عمده فلزات در بافت های گیاهی در ریشه‌ها، در ساختار دیواره سلولی، یا در فضای بین دیواره و غشا متمرکز می‌شود. در رابطه با فلز سرب با توجه به ماهیت متفاوت آن با دیگر فلزات مورد بررسی و حلالیت کم در آب، تجمع و انتقال آن در بافت های گیاهی قابل توجه نیست و بنابراین حضور فلز سرب در خاک آلوده تاثیر زیادی بر فعالیت های فیزیولوژیک گیاه نخواهد داشت و پالایش آن توسط گیاه نیز قابل توجه نیست چون عمده سرب موجود در گلدان و آب آبیاری تبخیر شده و از فاز محلول وارد فاز گازی در هوا می گردد. در تیمارهای مربوط به فلز سرب به دلیل خصوصیات فوق الذکر، فلز تاثیری بر رشد گیاه نداشته و رشد طولی گیاه مطلوب و همچنین شاخ و برگ گیاه شاداب و دارای رنگ سبز پر رنگ بوده اند. به طور کلی با توجه به ویژگی‌های گیاه نی تالابی مانند تولید بیوماس بالا، مقاومت بالا به تنش فلزات سمی، فاکتور انتقال پایین و توانایی بالا برای جذب و تجمع فلزات سمی، می‌توان گفت این گیاه برای پالایش و حذف فلزات سمی مناسب می‌باشد ولی با توجه به ماهیت فلز سرب و قرار گیری بخش عمده آن در فاز گازی، توانایی گیاه برای پالایش این فلز نسبت به دیگر فلزات سمی کم‌تر می باشد و بهتر است ردیابی سرب رها شده در طبیعت و بررسی اثرات آن در هوای آلوده مورد بررسی و توجه بیش‌تری قرار گیرد.

Reference

1. Parnian, A, Charm, M, Jafarzadeh Haghighifard, N, Dinarvand, M, Nickel phytoremediation from hydroponic environment with the help of hornbeam (*Ceratophyllum demersum* L.). Greenhouse crops science and technology. Vol. 6, pp. 75-84. 2011. (In Persian)
2. Research project of the Ministry of Science, Research and Technology, Identification and application of heavy metal overburden plants for the treatment of contaminated soils in the Alborz industrial zone. University of Tehran. 2014. (In Persian)
3. Lasat, M.M, Phytoextraction of toxic metals – A review of biological mechanisms. Journal of Environmental Qual. Vol. 31(109), pp. 120. 2002.
4. Sarmadi, M, Irani, M, Bernard, F, Study of Cadmium Tolerance and Accumulation in Licorice Seedlings. Environmental Sciences. Vol. 3, pp. 69-80. 2011. (In Persian)
5. Adriano, D.C, Trace Elements in Terrestrial Environments; Biochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. Springer-Verlag. New York. 2001.
6. Mozaffari, A, Habibi, D, Maleki, A, Babaei, F, Evaluation of the potential of several crops in reducing soil contamination with the heavy metal cadmium. Journal of Agriculture and Plant Breeding. Vol. 8 (3), pp. 1-14. 2012. (In Persian).
7. Mohammadi, S, Study of the possibility of soil contamination of cucumber production greenhouses with toxic metals and the health risk of its products in Jiroft region, M.Sc. Thesis in Agricultural Engineering - Agroecology, Jiroft University. 2015. (In Persian)
8. Fatehi, M, Effect of natural zeolite in soils contaminated with toxic metals on phytoremediation of *Cynodon Dactylon*, M.Sc. Thesis in Agricultural

www.SID.ir

Engineering - Soil Science, Jiroft University. 2015. (In Persian)

9. Majer, B.J, Tscherko, D, Paschke, A, Effects of heavy metal contamination of soils on micronucleus induction in Tradescantia and on microbial enzyme activities: a comparative investigation. Mutation Research, Vol. 515, pp. 111-124. 2002.
10. Reeres, R. D., Baker, A. J. M, Metal-accunulatingplant. In phytorememediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment, 1999.
11. Garbisu, C, Alkorta, I, Phytoextraction: acosteffective plant based technology for the removal of metals from the environment. Bioresource Technology, Vol. 779, pp. 229- 236. 2001,
12. Liu, J.G, Li, K.Q, Xu, J.K, Zhang, Z.J, Ma, T.B, Lu, X.L, Yang, J.H, Zhu, Q.S, Lead toxicity, uptake, and translocation in different rice cultivars. Plant Science, Vol. 165, pp. 793-802. 2003.
13. WHO, Health and environment in sustainable development. WHO. Geneva. 1997.
14. Kirkham, M.B, Cadmium in plants on polluted soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. Vol. 137, pp. 19-32. 2006.
15. Karimi, N, Effect of different concentrations of lead on some physiological parameters of artichoke plant. Journal of Plant Production Research. Vol. 20 (1). pp. 49-62. 2013. (In Persian)
16. Lopez-Martinez, S, Gallegos-Martinez, M. E, Perez-Flores, .L. J, Gutierrez-Rojas: Contaminated soil phytoremediation by Cyperu laxus Lam. cytochrome P450 Erod-activity induced by hydrocarbonsin roots. International Journal of Phytoremediation. Vol. 10, pp. 289-301. 2008.
17. Khatib, M, Rashid Mohassel, M, Ganjali, A, Lahout, M, The effect of different concentrations of nickel on the morphophysiological properties of parsley (*Petroselinum crispum*). Iranian Journal of Crop Research. Vol. 2. pp. 295-302. 2008. (In Persian)
18. Jahan Nejati, S, Study of the effect of heavy metal stress on Aviarslam plant and determination of its phytoremediation capability in laboratory and greenhouse conditions, M.Sc. Thesis in Agricultural Engineering - Agroecology, Jiroft University. 2015. (In Persian)
19. Lindsay, W.L, Norvell, W. A, Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science and Society of American Journal. Vol. 42, pp. 421-428. 1978.
20. Alizadeh, M, Fathi, F, Torabian, A, Investigation of the accumulation of heavy metals in forage plants irrigated with wastewater in the south of Tehran Case study: Maize and alfalfa. Journal of Environmental Science. Vol. 34, pp. 137-148. 2008. (In Persian)
21. Zacchini, M, Pietrini, F, Mugnozza, G, lori, V, Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water Air Soil Pollution. Vol. 197, pp. 23-34. 2008.
22. Giuseppe, B, Comparative performance of trace element bioaccumulation and biomonitoring in the plant species *Typha domingensis*, *Phragmites australis* and *Arundo donax*, Ecotoxicology and

www.SID.ir

Archive of SID

Environmental Safety. Vol. 97, pp. 124–130. 2013.

23. Sharafi, M, Ranjbarfardavi, A, Beigi Herchegani, H, Iranipour, R, The effect of soil cobalt on some indicators of bean growth. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences). Vol. 27 (1), pp. 86-96. 2013. (In Persian)
24. Jayakumar, K, Jaleel, A.C, Azooz, M, Vijayarengan, P, Gomathinayam, M, Panneerselvam, R, Effect of different concentrations of cobalt on morphological parameters and yield components of soybean. Global Journal of Mole Science. Vol. 4, pp. 10-14. 2009.
25. Zarrin Kemar, F, Saderi, S.Z, Zeinali, H, Study of lead uptake and accumulation in different stages of growth and development of German chamomile. Plant Biology. Vol. 9, pp. 53-62. 2011. (In Persian)

www.SID.ir