ORIGINAL ARTICLE

The Effect of Chemical Additives on the Uptake and Accumulation of Pb and Cd in Native Plants of North of Iran

Abdoliman Amouei[1],
Amir hossein Mahvi[2],
Kazem Naddafi[2]

[1] Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Para Medicene and Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
[2] Department of Environmental Health, Heath Sciences Research Center, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciencec, Tehran, Iran

(Received December 14, 2010 ; Accepted December 24, 2011)

Abstract

Background and purpose: Using plants for cleaning up the soil contaminated with pollutants, especially heavy metals increased in the last decade. Decrease in the availability of heavy metals in soil by plants is one of the major challenges of phytoremediation. This study was conducted to determine the role of EDTA, ammonium citrate and ammonium phosphate in the mobility and availability of Pb and Cd in soil by native plants of Mazandaran Province.

Materials and methods: In this study, sampling was randomly done from the soil around the highway and industrial and agricultural areas in two cities of Amol and Babol. Three native plants of northern areas in Iran, namely, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, and *Zea maize*, were studied. Lead and cadmium concentration in the soil and plant samples was determined by Atomic Absorption Spectrometry (AAS) Perkin-Elmer 603.

Results: In EDTA treatment, maximum concentration of lead in *Zea maize*, *Amaranthus retroflexus* and *Abutilon theophrasti* was 686.5, 538 and 264.5 mg/Kg, respectively, while maximum cadmium concentration (36, 43, 66) was observed in *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti* and *Zea maize*. Minimum lead concentration existed in *Abutilon theophrasti* (15 mg/Kg) and minimum cadmium was in *Zea maize* (5.5 mg/Kg) which was related to ammonium phosphate treatment in the studied plants. In EDTA and ammonium citrate treatments, mean concentration of lead in the shoots of *Amaranthus retroflexus* and *Abutilon theophrasti* were more than that of the roots (contrary to *Zea maize*), while cadmium concentration in roots of plants was more than shoots in all treatments. In this study, maximum lead and cadmium concentration existed in *Zea maize* and *Amaranthus retroflexus*, respectively.

Conclusion: There is considerable amount of uptake of heavy metals such as lead and cadmium in the soil by non-edible plants (*Amaranthus retroflexus* and *Abutilon theophrasti*). Moreover, low concentration of heavy metals is observed in the soils around the industrial areas of the northern provinces of Iran. Therefore, phytoremediation technology is a fundamental step toward preserving the environment and promoting the health of the society.

Key words: Lead, cadmium, soil, plants, additives, phytoremediation

J Mazand Univ Med Sci 2012; 22(86): 116-124 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و یکم شماره ۸۶ بهمن سال ۱۳۹۰ (۱۲۴-۱۱۶)

تاثیر مواد افزودنی شیمیایی خاک بر میزان جذب و تجمع سرب و کادمیم در گیاهان بومی شمال ایران

عبدالایمان عموئی[۱]
امیر حسین محوی[۲]
کاظم ندافی[۲]

چکیده

سابقه و هدف : در دهه اخیر، کاربرد گیاهان جهت پاک سازی خاک‌های آلوده به ترکیبات آلاینده به ویژه فلزات سنگین افزایش چشمگیری داشته است. یکی از چالش‌های جدی در این روش، کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین خاک توسط گیاهان می‌باشد. این پژوهش، جهت بررسی نقش ترکیبات شیمیایی فسفات آمونیوم، سیترات آمونیوم و EDTA بر میزان تحرک و قابلیت دسترسی سرب و کادمیم در خاک توسط گیاهان بومی استان مازندران انجام گرفته است.

مواد و روش ها : دراین پژوهش از خاک اطراف بزرگراه و مناطق صنعتی و کشاورزی شهرهای آمل و بابل، به صورت کاملاً تصادفی نمونه برداری شد. از ۳ گونه بومی گیاهان منا طق شما لی کشور با نام‌های گاوپنبه (Abutilon theophrasti)، گیاه تاج خروس وحشی (Amaranthus retroflexus) و ذرت (Zea maize)، استفاده شد. میزان غلظت سرب و کادمیم در نمونه‌های خاک و گیاه به کمک دستگاه جذب اتمی مدل Perkin-Elmer مدل ۶۰۳ آزمایشگاه آنالیز دانشگاه تهران تعیین گردید.

یافته ها : بیشینه غلظت سرب (۶۸۶/۵، ۵۳۸، ۲۶۴/۵) بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب در گیاهان ذرت، تاج خروس وحشی و گاو پنبه و بیشینه میزان کادمیم (۶۶، ۴۳، ۳۶) به ترتیب در گیاهان تاج خروس وحشی، گاو پنبه و ذرت وجود داشته که به تیمارهای حاوی EDTA مربوط می‌باشد. کمینه سرب، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گیاه گاو پنبه و کمینه کادمیم، ۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گیاه ذرت وجود داشته که به تیمارهای دارای فسفات آمونیوم مربوط می‌باشد. میانگین سرب در اندام‌های هوایی گیاهان تاج خروس وحشی و گاو پنبه در تیمارهای EDTA و سیترات آمونیوم بیشتر از اندام‌های زیرزمینی (بر خلاف گیاه ذرت)، در حالی‌که غلظت کادمیم در کلیه تیمارها، در ریشه گیاهان بیشتر از ساقه و برگ بوده است. در این مطالعه، گیاهان ذرت و تاج خروس وحشی به ترتیب بیشترین میزان سرب و کادمیم را دارا بوده‌اند.

استنتاج : با توجه به میزان جذب قابل توجه فلزات سنگین سرب و کادمیم موجود در خاک توسط گیاهان غیرخوراکی مناطق شمالی کشور (تاج خروس وحشی و گاو پنبه) و وجود غلظت‌های پایین فلزات سنگین در خاک‌های اطراف مناطق صنعتی استان‌های سرسبز شمال کشور، استفاده از تکنولوژی گیاه پالایی، گامی بسیار اساسی در راستای حفظ محیط زیست و تامین و ارتقای سطح سلامت در جامعه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سرب، کادمیم، خاک، گیاهان، مواد افزودنی، گیاه پالایی

مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از گیاهان جهت پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به دلایل ارزانی، سادگی، استفاده از انرژی خورشید، مقبولیت همگانی، انجام در محل، فقدان باقی‌مانده مواد و ترکیبات

مولف مسئول: عبدالایمان عموئی- بابل: دانشگاه علوم پزشکی بابل، دانشکده پیرا پزشکی E-mail: Imnamou@yahoo.com
۱. گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده پیراپزشکی و بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بابل
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
تاریخ دریافت : ۸۹/۹/۲۳ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۹۰/۴/۳۰ تاریخ تصویب : ۹۰/۱۰/۳

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

سمی، حفظ و نگهداری کیفیت‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک، رویکردی طبیعی و زیست محیطی، افزایش ظرفیت‌های طبیعی و پوشش‌های گیاهی، جلوگیری از فرسایش خاک، کنترل نشتاب و جلوگیری از نفوذ آن به آب‌های زیر زمینی، تلطیف هوا از طریق جذب ذرات و گازهای آلاینده و به ویژه گاز کربنیک و در نتیجه آن تعدیل اثر گلخانه‌ای در اتمسفر، از توجه بسیار زیادی برخوردار گردیده است(۵-۱).

تحقیقات در زمینه کاربرد گیاهان و درختان در پاکسازی خاک‌های آلوده به ترکیبات مختلف آلی و معدنی و به ویژه فلزات سنگین در چند سال اخیر اهمیت زیادی یافته است. بررسی مروری منابع علمی و مقالات نشان می‌دهد که موضوع استفاده از گیاهان در پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین را اولین بار Chaney و همکاران در سال ۱۹۹۷ در آمریکا به صورت عملی ارائه نموده‌اند(۲). هم اکنون نیز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه پاکسازی محیط زیست و خاک‌های مناطق آلوده توسط محققین مختلف در سطح دنیا در حال انجام است(۱۲-۶).

به‌طور کلی یکی از مشکلات و محدودیت‌های روش‌های پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین توسط گیاهان، کمبود یا عدم قابلیت دسترسی و تحرک بسیاری از فلزات سنگین در خاک می‌باشد. بسیاری از گیاهان جهت افزایش میزان جذب مواد مغذی کم محلول و غیرقابل دسترس، از ریشه خود مواد آلی ویژه‌ای همچون ترکیبات کیلیت کننده ترشح می‌نمایند. این نوع ترکیبات نیز سبب افزایش قابلیت دسترسی و انحلال ترکیبات کم محلول یا نا محلول فلزات سنگین در خاک می‌شوند(۱۹-۱۳). در یک مطالعه، از ترکیبات شیمیایی مختلف نظیر EDTA، EGTA، CDTA، DTPA، اسید سیتریک و اسید مالئیک به منظور افزایش قابلیت جذب و تجمع سرب در گیاه خردل هندی استفاده گردید. طبق نتایج این مطالعه تأثیر مواد EDTA، CDTA و DTPA در انحلال و افزایش جذب و تجمع فلز سرب در اندام‌های هوایی گیاه مزبور بیشتر از سایر کیلیت‌کننده‌ها بوده است(۲۰).

با توجه به این موضوع که روش‌های پاکسازی خاک‌های آلوده از فلزات سنگین توسط گیاهان در مناطق دارای آلودگی‌های کم و متوسط بسیار مطلوب می‌باشد، موضوع کاربرد و استفاده گیاهان در پاکسازی و زیست پالایی خاک‌های آلوده با توجه به وجود پوشش‌های گیاهی فراوان و متراکم و نیز وجود خاک‌های با آلودگی کم فلزات سنگین در مناطق مختلف استان مازندران، روشی بسیار ایده آل و مطلوب خواهد بود. در این پژوهش، به منظور افزایش میزان تحرک فلزات سنگین سرب، کادمیم و روی در خاک و افزایش قابلیت دسترسی آن‌ها در گیاهان بومی استان مازندران، از ترکیبات شیمیایی فسفات آمونیوم، سیترات آمونیوم و EDTA استفاده شده است.

مواد و روش ها

الف- تهیه و آماده‌سازی خاک نمونه

در این مطالعه، خاک‌های نمونه با غلظت‌های معینی از ترکیبات نیترات سرب و کادمیم (به ترتیب با غلظت‌های ۴۰۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، کاملاً مخلوط و به داخل گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی منتقل گردید. جهت تثبیت اجزای خاک و فلزات سنگین مزبور و شبیه سازی شرایط آلودگی مصنوعی با شرایط آلودگی طبیعی، کلیه تیمارهای حاوی خاک‌های آلوده به مدت بیش از ۶ ماه در شرایط هوای آزاد قرار داده شد.

ب- شناسایی و انتخاب گیاهان مورد مطالعه

در این مطالعه سعی بر آن بود که از گیاهان بومی منطقه شمال کشور استفاده گردد. با توجه به خصوصیات گیاهان مناسب جهت پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین همچون سرعت رشد زیاد، جثه بزرگ، رشد و مقاومت در محل‌های آلوده،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

غیرخوراکی بودن و پراکنش مناسب، اقدام به مطالعه، شناسایی و انتخاب تعدادی از این نوع گیاهان گردید. در ا ین پژوهش، از ۳ گونه بومی گیاهان منا طق شمالی کشور با نام‌های گاو پنبه (Abutilon theophrasti)، گیاه تاج خروس وحشی (Amaranthus retroflexus) و ذرت (Zea maize)، استفاده شد. گیاه گاوپنبه به‌عنوان علف هرز در مزارع و باغ‌های اکثر مناطق استان‌های مازندران و گیلان یافت می‌شود. این گیاه علاوه بر داشتن بیوماس زیاد و غیر خوراکی بودن از قدیم الایام جهت تهیه نخ و دوختن لباس، انواع سبد و حصیر در میان روستاییان استان‌های مازندران و گیلان کاربرد داشته است. بنابراین می‌توان از این گیاه به عنوان یک گزینه مناسب جهت پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین استفاده نمود. گیاه تاج خروس وحشی نیز به‌عنوان علف هرز مناطق وسیعی از زمین‌های کشاورزی استان‌های گیلان و مازندران مطرح و پراکنش وسیعی در این مناطق دارد. این گیاه دارای جثه نسبتا بزرگ بوده است و در پاکسازی خاک‌های آلوده به رادیو سزیوم ناشی از فاجعه چرنوبیل در مناطق وسیعی از کشور اکراین مورد استفاده قرار گرفته کارآیی بسیار مناسبی را در حذف و پاکسازی ماده رادیو اکتیو سزیوم از خاک دارا بوده است. در این مطالعه، از گیاه ذرت با وجود خوراکی بودن به علت داشتن جثه بزرگ و نیز قابلیت جذب و تجمع مناسب فلزات سنگین استفاده گردید. عملیات آماده سازی و انتقال خاک و کاشت گیاهان مورد نظر در داخل هر یک از تیمارها به صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی(Completely Random Block Design) انجام شد. با توجه به تعداد گیاه(۳)، تعداد فلز سنگین(۲)، تعداد ترکیبات شیمیایی مورد استفاده و نمونه شاهد(۴) و تعداد تکرار(۳)، مجموع تیمارهای این مطالعه ۷۲ عدد بدست آمد. جهت برخورداری کلیه تیمارها از شرایط محیطی و محیطی (تابش خورشید، میزان درجه حرارت و رطوبت، میزان بارندگی و جهت بادها) یکسان و همسان، در طول زمان نگهداری و داشت گیاهان، موقعیت مکانی هر یک از تیمارها به صورت متناوب در هر هفته تغییر می‌کرد. در این پژوهش، از غلظت ۱ میلی‌مولار برای هر یک از مواد افزودنی خاک، استفاده شده است. عملیات افزودن ترکیبات شیمیایی مورد نظر به خاک، در زمان حداکثر رشد و تولید بیوماس گیاهان و ۹۰ روز پس از کاشت آن‌ها انجام گردید. عملیات آبیاری به‌صورت مرتب و در زمان‌های معین و حداقل هفته‌ای ۳ بار و با ظروف با حجم مشخص و به‌صورت دستی انجام گرفت.

ج- اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک

۱ گرم از نمونه خاک هر یک از گلدان‌ها، پس از خشک و آسیاب کردن، با ترازوی دیجیتالی Aqualytic با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین، هضم و عصاره‌گیری با اسیدهای نیتریک و کلریدریک ۵۰ درصد بر روی اجاق برقی در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. نمونه‌های مورد نظر با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ در داخل بالن ۵۰ میلی‌لیتری صاف و جهت اندازه‌گیری میزان غلظت سرب و کادمیم از دستگاه جذب اتمی Perkin-Elmer مدل ۶۰۳ آزمایشگاه آنالیز دانشکده علوم دانشگاه تهران استفاده شد.

د- اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در نمونه های گیاه

۲ گرم از نمونه گیاه، با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین و با مخلوط اسیدهای نیتریک، پرکلریک و سولفوریک هضم گردید. عملیات هضم نمونه‌ها، ابتدا در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و سپس تا دمای ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد (نقطه جوش اسیدپرکلریک) و تا تشکیل بخارات سفید رنگ و بی‌رنگ شدن نمونه ها ادامه یافت. محتویات بشر به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و با آب مقطر غیر یونیزه به حجم رسانیده، با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد. میزان غلظت فلزات سنگین موردنظر در نمونه صاف شده به

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

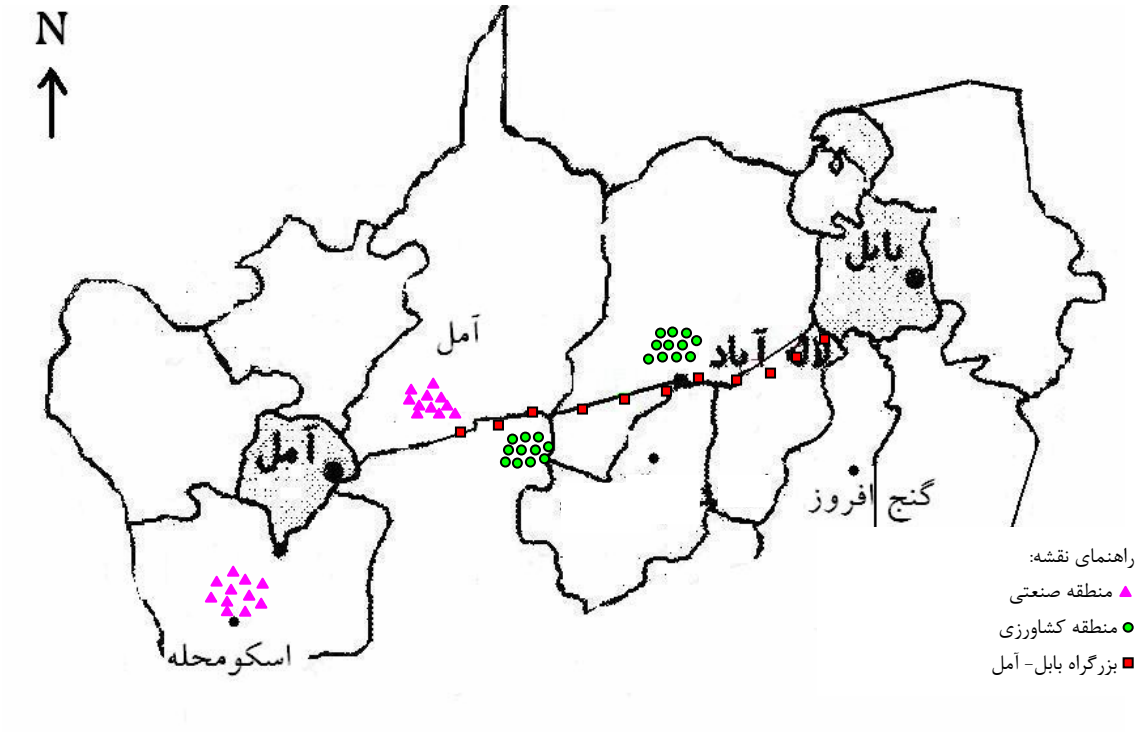
کمک دستگاه جذب اتمی مدل Perkin-Elmer مدل ۶۰۳ آزمایشگاه آنالیز دانشگاه تهران تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج این پژوهش با سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ به صورت آزمون‌های t و Anova در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت.

یافته ها

الف- اثر مواد افزودنی شیمیایی خاک بر میزان جذب و تجمع فلز سرب در گیاهان

بر اساس نتایج این پژوهش، حداکثر میزان غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی و هوایی هر یک از گیاهان مورد نظر به تیمارهای حاوی EDTA مربوط بوده است (نمودارهای شماره ۱، ۲ و ۳). تجزیه و تحلیل آماری با Anova نیز مبین این موضوع است. که بین میانگین میزان سرب در تیمارهای شاهد و تیمارهای EDTA، هم در اندام‌های زیرزمینی و هم در اندام‌های هوایی هر یک از گیاهان مذکور اختلاف وجود داشته که این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (p<۰/۰۵). همچنین میانگین غلظت سرب در اندام‌های هوایی گیاهان تاج خروس وحشی و گاو پنبه در تیمارهای حاوی EDTA و سیترات آمونیوم بیشتر از اندام‌های زیر زمینی آن‌ها گزارش گردید (نمودارهای شماره ۱ و ۲). در حالی که میانگین میزان سرب در اندام‌های زیرزمینی گیاه ذرت در کلیه تیمارهای مورد پژوهش (نمودار شماره ۳)، بیشتر از اندام‌های هوایی این گیاه بوده (بر خلاف گیاهان گاو پنبه و تاج خروس وحشی) که این تفاوت در میان تیمارهای حاوی EDTA و سیترات آمونیوم از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (p< ۰/۰۵). کمترین میزان سرب در اندام‌های مختلف گیاهان مورد بررسی مربوط به تیمارهای دارای فسفات آمونیوم بوده که این تفاوت نیز در میان کلیه تیمارها (به جز در تیمار شاهد) از لحاظ آماری معنی‌دار است (p< ۰/۰۵). در این مطالعه، گیاه ذرت در بین گیاهان مورد بررسی، بیشترین میزان سرب را در ریشه خود دارا می‌باشد.

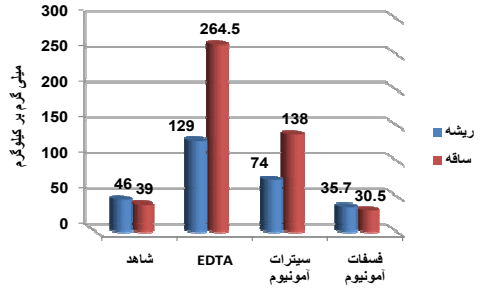


تصویر شماره ۱: نقاط نمونه برداری از مناطق مورد مطالعه در شهرستان های آمل و بابل

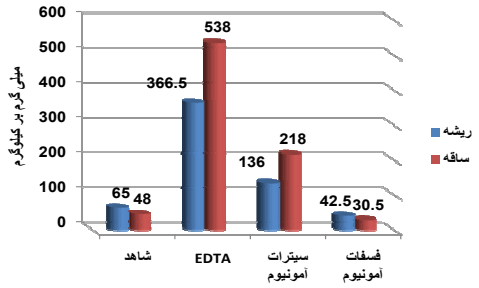
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

جدول شماره ۱: ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میانگین غلظت سرب، کادمیم و روی در خاک‌های مورد مطالعه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم(n= ۲۱۹)

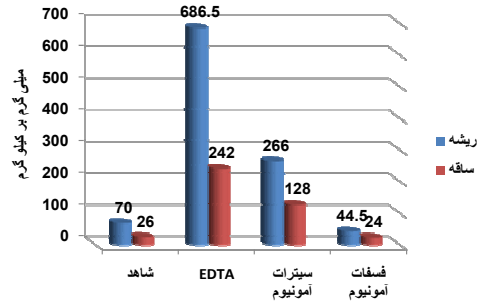
pH	CEC Meq/100gr	کربن آلی (درصد)	ماسه (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	سرب (mg/kg)	کادمیم (mg/kg)	روی (mg/kg)
۷/۵- ۶/۵	۱۱ -۱۵/۵	۴۱ -۵۳	۳۴/۵	۴۶/۵	۱۹	۱۰۶ ± ۵۹/۸	۲/۶ ± ۱/۸	۱۴۸ ± ۶۶



نمودار شماره ۱: میانگین غلظت سرب در اندام های مختلف گیاه گاو پنبه



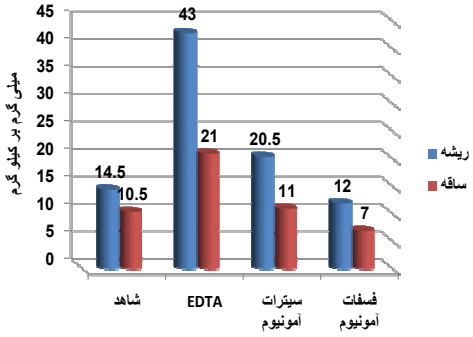
نمودار شماره ۲: میانگین غلظت سرب در اندام های مختلف گیاه تاج خروس وحشی



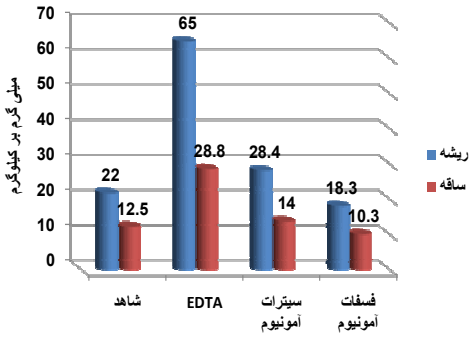
نمودار شماره ۳: میانگین غلظت سرب در اندام های مختلف گیاه ذرت

ب- اثر افزایش مواد افزودنی خاک بر میزان جذب و تجمع فلز کادمیم در گیاهان

در این مطالعه، میانگین میزان غلظت کادمیم در ریشه گیاهان مورد بررسی در کلیه تیمارها بیشتر از ساقه و برگ بوده به‌طوری که این اختلاف از لحاظ آماری نیز معنی دار است (p<۰/۰۵). همچنین میانگین میزان غلظت این فلز توسط گیاهان مختلف در تیمارهای حاوی EDTA بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد(نمودارهای شماره ۴ و ۵ و۶). تجزیه و تحلیل آماری با Anova این تفاوت را از لحاظ آماری معنی‌دار نشان می‌دهد (p<۰/۰۵). در این تحقیق، میانگین میزان غلظت کادمیم در اندام‌های زیر زمینی و هوایی گیاه تاج خروس وحشی (نمودار شماره ۵) بیشتر از سایر گیاهان مورد مطالعه بوده که این تفاوت هم از لحاظ آماری به‌طور کلی معنی‌دار است (p< ۰/۰۵).

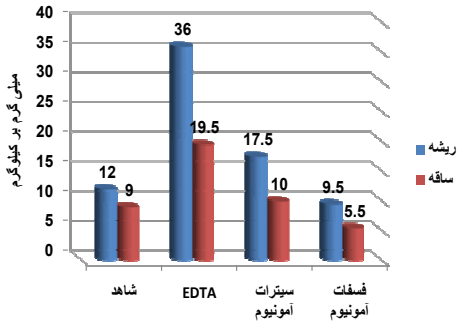


نمودار شماره ۴: میانگین غلظت کادمیم در اندام‌های مختلف گیاه گاوپنبه



نمودار شماره ۵: میانگین غلظت کادمیم در اندام های مختلف گیاه تاج خروس وحشی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]



نمودار شماره ۶: میانگین غلظت کادمیم در اندام های مختلف گیاه ذرت

بحث

فلز سرب و اغلب ترکیبات آن از جمله مواد شیمیایی دارای قابلیت انحلال اندک در خاک می‌باشد و لذا به صورت طبیعی توسط گیاهان و سایر موجودات خاک زی به میزان بسیار کم جذب خواهند شد(۱۴). یکی از روش‌های پاکسازی و حذف فلزات سنگین و به ویژه فلز سرب در گیاهان کاربرد مواد شیمیایی تقویت‌کننده و عوامل کیلیت‌کننده نظیر EDTA می‌باشد. مطالعات و بررسی‌های محققین مختلف در این زمینه مؤید آن است که عوامل یا ترکیبات کیلیت کننده (Chelating Agents) نظیر EDTA و DTPA بر افزایش قابلیت انحلال و دسترسی فلزات سنگین مختلف بسیار مؤثر خواهند بود(۲۲،۲۱). در یک پژوهش، استفاده از یک ماده اسیدی در خاک‌های قلیایی، در کنار EDTA، میزان تجمع فلز سرب را در گیاهان مورد مطالعه ۲ برابر افزایش داد(۲۳). Blaylock و همکارانش نشان دادند که میزان جذب فلز سرب توسط گیاهان به عوامل گوناگونی نظیر نوع و گونه گیاه و میزان غلظت و نوع فلزات سنگین در خاک بستگی دارد(۲۰). طبق نتایج این تحقیق، میانگین میزان غلظت سرب در اندام‌های هوایی گیاهان تاج خروس وحشی و گاو پنبه در تیمارهای حاوی EDTA و سیترات آمونیوم از اندام‌های هوایی آن‌ها زیادتر بوده که علت این امر را می‌توان به نقش EDTA و سیترات آمونیوم در انحلال و افزایش قابلیت دسترسی فلز سرب در خاک و جذب و انتقال آن توسط گیاهان مذکور نسبت داد. در یک مطالعه، در خاک‌های آلوده به سرب با غلظت ۶۰۰ mg/kg توسط EDTA، مقدار ۵۰۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم وزن گیاه در اندام‌های هوایی و میزان ۴۷۶ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم وزن گیاه در ریشه گیاه خردل هندی (Indian mustard) جذب و تجمع گردید(۲۰). یافته‌های این تحقیق، نتایج حاصله از مطالعه حاضر را تأیید می‌نماید. در این پژوهش، گیاه ذرت بر خلاف گیاهان گاوپنبه و تاج‌خروس وحشی، بیشترین میزان سرب را در ریشه داشته است. این در حالی است که گیاه مذکور در برخی از تیمارها (تیمار حاوی EDTA) از قابلیت دسترسی مناسبی نسبت به فلز سرب برخوردار بوده است. در این زمینه بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که بعضی از گیاهان نظیر ذرت در جذب و تجمع فلزات سنگین، به ویژه فلز سرب از خاک، از مکانیسم‌های خاص و بسیار پیچیده‌ای جهت جذب و تجمع سرب در اندام‌های زیرزمینی و نیز ممانعت از ورود و انتقال سرب به طرف اندام‌های هوایی استفاده می‌نمایند(۱۱،۱۰). در این پژوهش، میانگین میزان غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی گیاهان در تیمارهای شاهد و نیز در تیمارهای دارای فسفات آمونیوم از اندام‌های هوایی آن‌ها بیشتر بوده است. در توجیه این پدیده باید گفت که فلز سرب و ترکیبات آن در خاک معمولاً کم محلول و دارای قابلیت دسترسی اندک بوده به‌طوری‌که قادر به جذب و انتقال سرب از خاک به ریشه و از ریشه به داخل قسمت‌های مختلف گیاه نیستند. به همین دلیل، معمولاً میزان غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی گیاهان بیشتر از اندام‌های هوایی آن‌ها می‌باشد. از سوی دیگر فسفات موجود در خاک نیز با فلز سرب ترکیب شده و تشکیل ترکیبات کم محلول و یا نامحلول را در خاک می‌دهد. طبق مطالعات انجام شده مشخص گردید که فسفات موجود در خاک می‌تواند در مجاورت فلز سرب به ترکیبی بسیار نامحلول به نام "کلروپیرومورفیت سرب"

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

تبدیل شود(۱۹). نتایج مطالعه مذکور نیز با دستاوردهای این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به محدودیت‌های موجود در روش‌های پاکسازی خاک‌های آلوده با گیاهان، امروزه دانشمندان در صدد یافتن روش‌هایی جهت افزایش کارآیی حذف و پاکسازی فلزات سنگین از خاک می‌باشند. یکی از روش‌های مزبور، استفاده از روش‌های تثبیت آلودگی در خاک به کمک ترکیبات شیمیایی است(۲۵). در این پژوهش، گیاهان مختلف برحسب حداکثر میزان جذب و تجمع سرب در اندام‌های زیرزمینی و هوایی رتبه‌بندی گردیده که در زیر نتایج این رتبه‌بندی ارائه شده است.

(۱۲۷)گاو پنبه< (۳۶۷) تاج خروس< (۶۸۶) ذرت → اندام زیرزمینی

(۲۴۳) ذرت < (۲۶۵) گاو پنبه < (۵۳۸) تاج خروس → اندام هوایی

در این مطالعه، میانگین میزان غلظت کادمیم در اندام های زیرزمینی گیاهان مختلف در تیمارهای مورد و شاهد از اندام های هوایی آن‌ها بیشتر می‌باشد. عده‌ای از دانشمندان بر این باورند که در صورت وجود مقدار نسبتاً زیاد فلز روی در داخل خاک و یا گیاه، طی مکانیسم‌های خاصی، از جذب فلز کادمیوم به ریشه و یا انتقال آن از ریشه به سمت اندام‌های هوایی توسط گیاهان ممانعت می شود. هنوز مکانیسم های مسئول این پدیده کاملاً شناخته نشده است. ولی بعضی از محققین بر این عقیده‌اند که در این حالت فلز کادمیوم در داخل و اکوئول های ریشه و به شیوه (Compartmentation) تجمع یافته و از حرکت آن‌ها به بیرون از سلول ریشه و واکوئول‌های آن جلوگیری می گردد(۲۳،۲۲،۱۷). در عین حال محققین دیگر در این زمینه نظرات مخالف داشته و بر این باورند که مکانیسم‌های جذب و انتقال کادمیوم و روی در گیاهان کاملاً از هم مستقل بوده و هر یک از آن‌ها می‌توانند به صورت جداگانه در هر یک از گیاهان جذب و تجمع یابند(۱۹-۱۷). نتایج این مطالعه نیز با یافته‌های محققین گروه اول مطابقت داشته به‌طوری‌که مقادیر ناچیزی از فلز کادمیم در اندام‌های هوایی جذب و تجمع یافته است. مطابق یک مطالعه، گیاهان ذرت، گیاه کنف (Hemp) و نوعی از گیاه تاج خروس (Amaranth)، بیشترین میزان جذب فلزات کادمیم، نیکل، مس و روی را در خاک‌های آلوده کشور دانمارک به خود اختصاص داده‌اند(۲۱). در مطالعه دیگر اثر عوامل کیلیت‌کننده بر روی نمونه‌های مخلوط (Cd ، Zn ، Pb و Ni) در خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بررسی مشخص گردید که EDTA تنها بر افزایش قابلیت انحلال و جذب سرب و کادمیم در گیاهان مؤثر نبوده بلکه می‌تواند بر روی قابلیت دسترسی سایر عناصر سنگین در خاک و گیاهان نیز اثرگذار باشند(۲۳). در بررسی حاضر، اثر ماده سیترات آمونیوم بر میزان غلظت کادمیم در گیاهان مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این مطالعه مبین آن است که اگر چه ماده مذکور بر جذب فلز کادمیم توسط گیاهان مؤثر بوده است؛ اما این اختلاف میزان غلظت کادمیم در تیمارهای شاهد با تیمارهای حاوی ماده سیترات آمونیوم از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. در تحقیق برخی از محققین تأثیر اسید سیتریک بر جذب فلز کادمیم در گیاهان مثبت بوده است(۲۳،۲۲) که در این زمینه می‌توان علت تفاوت نتایج را به نوع ماده افزودنی (سیترات آمونیوم)، نوع گیاه و شرایط خاک مورد استفاده در این دو مطالعه نسبت داد. در این تحقیق نیز تأثیر ماده فسفات آمونیوم بر میزان جذب فلز کادمیم در گیاهان مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این قسمت از مطالعه حاکی از آن است که ماده فسفات آمونیوم باعث کاهش میزان جذب فلز کادمیم در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان مختلف شده است.

با توجه به میزان جذب قابل توجه فلزات سنگین سرب و کادمیم موجود در خاک توسط گیاهان غیر خوراکی مناطق شمالی کشور (تاج خروس وحشی و گاو پنبه) در این تحقیق وجود غلظت‌های پایین این گونه آلاینده‌های سمی و خطرناک در خاک‌های

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

اطراف مناطق صنعتی استان‌های سرسبز شمال کشور، استفاده از روش و تکنولوژی گیاه پالایی و کاشت گیاهان بومی، گامی بسیار اساسی در راستای حفظ محیط زیست و تأمین و ارتقای سطح سلامت در جامعه خواهد بود. از سوی دیگر، می‌توان با کاربرد کودهای آلی دارای فسفات نظیر کود کمپوست در خاک‌های آلوده به سرب و کادمیم، سبب افزایش تثبیت و مهار این نوع از فلزات سمی در خاک گردید و از حرکت و نفوذ آنها به داخل آب‌های زیرزمینی و به طور کلی از ورود به زنجیره غذایی جلوگیری نمود.

References

1. ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). Phytotechnology technical and regulatory guidance and decition trees, revised. Washington Dc: Interstate Technology & Regulatory council, Phytotechnologies Team, Tech Reg Update. 2009; Avaliable from: www.itrcweb.org. Accessed June 15, 2010.
2. Amouei AI, Mahvi AH, Naddafi K. Effect on heavy metals Pb, Cd and Zn availability in soils by amendments. J Babol Univ Med Sci 2006; 7(4): 26-31 (Persian).
3. Iskandar IK, Kirkham MB. Trace elements in soil, bioavailability, flux and transfer, 2001, Lewis publishers.
4. Salt D. Phytoremediation: A novel strategy, Biotech, 1995; 13: 465-471.
5. MC-Grath SP, Shen ZG, Zhao FJ. Heavy metal uptake and chemical changes in the rhizosphere of the plants grown in contaminated soils. Plant and Soil 1997; 188: 153-59.
6. Baker AJM, Reeves RP, Hajar ASM. Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metalophyte Thlaspi caeralesent. New Phytol 1994; 127: 61-68.
7. Raskin I, Kumar P, Dushenkov S, salt D. Bioconcentration of heavy contaminated site. J Environ-Qual 1994; 26: 1424-1430.
8. Chaney RLM, Malik YM, Li SL, Brown JS, Baker AJM. Phytoremediation of soil metals. Current-opin-in Biotech 1997; 23: 1120- 28.
9. Lasat MM. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms, Review and analyses with heavy metals. J Environ Qual 2002; 31(1): 109-120.
10. Huang JW, Cunningham SD, Chen WR. Phytoremodiation of lead contaminated soils. E.S.T 1997; 31: 800-805.
11. Kumar PBA, et al. Phytoextaction: The use of plants to remove heavy metals from soils. E. S.T 1997; 50: 1232-1238.
12. Pichtel JK, Kuroiwa H, Sawyer T. Distribution of Pb, Cd and Ba in soils and plants of two contaminated sites. Environ Pollut 2000; 110(1): 171-178.
13. Blaylock MJ, Huang AJ, Dushenkov SM. Phytoremediation of lead- contanimated soil at a Newjersy brownfield site remediation, 2003; 19(3): 93-101.
14. Marchiol L, Assolari S, Saccop P, Zerbi G. Phytoremediation of heavy metals by Canols (Brassica napus) and radish (Raphanus sativus) grown on multicontaminated soil. Environ Pollut 2004; 132(2): 21-27.
15. Lin CC, Lin HL. Remediation of soil contaminated with the heavy metal. J Hazard Mater 2005; 122(Issues 1–2): 7-15.
16. Meers E, Lamsal S, Vervaeke P, Hopgood M. Availability of heavy metals for uptake by Salix viminalis on a moderately contaminated dredged sediment disposal site. Environ Pollut 2005; 137(Issue 2): 354-364.
17. ABE T, Fukami M, Ogasawara M. Cadmium

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]

accumulation in the shoots and roots of 93 weed species. Soil Science and Plant Nutrition 2005; 54(Issue 4): 566-573.

18. Romkens P, Bouwman L, Japenga J, Draaisma C. Potentials and drawbacks of chelate-enhanced phytoremediation of soils. Environ Pollut 2002; 116(1): 109-121.
19. Blaylock MJ, Salt D, Dushenkov S. Enhanced accumulation of Pb indian mustarad by soil applied chelating agents. E.S.T 1997; 31: 860-865.
20. Clemente R, Walker DJ, Pilar M. Uptake of heavy metals and As by Brassica juncea grown in a contaminated soil in Aznalcollar (Denmark): The effect of soil amendments. Environ Pollut 2005; 138(3): 13-20.
21. Danish EPA. Plants can remediate contaminated soil. Availabe at: www.Danish EPA. Accessed May 10, 2010.
22. Barona A, Aranguiz I, Elias A. Metal association in soils before and after EDTA extractive decontamination. Environ Pollut 2001; 113(4): 79-85.
23. Turgut C, Katie Pepe M, Cutright TJ. The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr and Ni from soil using Helianthus annus. Environ Pollut 2004; 131(1): 147-154.
24. Chrysochoov M, Dermatas D, Grubb D. Phosphate application to firing range soils for Pb immobilization: The unclear role of phosphate. J Hazard Mater 2007; 144(1-2): 1-14.
25. Chen HM, Zheng CR, Shen ZG. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals. Chemosphere 2000; 41(3): 229-234.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-20]