Original Article

Effect of chemical compounds on the removal and stabilization of heavy metals in soil and contamination of water resources

Amouei A[1*], Mahvi AH [2], Naddafi K [2]

1- Department of Environmental Health, Faculty of Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, I. R. Iran.
2- Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, I. R. Iran.

Received January 7, 2012; Accepted April 18, 2012

Abstract:

Background: Nature of heavy metals in chemical compounds and their solubility in soil is so important in the transition of these hazardous materials into plants and water resources and such compounds pose a serious threat to human health. This study was carried out to evaluate the stabilization and solubility of Pb, Cd and Zn in contaminated soil using different chemical compounds.

Materials and Methods: In this cross-sectional descriptive study, 36 soil samples were collected randomly from the industrial areas of Amol (Iran). Concentrations of Pb, Cd and Zn in samples were determined using an atomic absorption spectrophotometer. Moreover, solubility and removal of the heavy metals were investigated using potassium chloride, ammonium phosphate, ammonium acetate and DTPA.

Results: Concentrations of Pb, Cd and Zn in soil samples were 206±59.8, 11.6±1.8 and 1148±465mg/kg, respectively. The mean solubility concentrations for Pb, Cd and Zn with ammonium phosphate, DTPA, ammonium acetate and distilled water (control) were 11, 1.5 114.5; 191, 7.1, 648.5; 115, 6.2, 476 and 17, 3.4, 193, respectively.

Conclusion: Ammonium phosphate plays an important role in the stabilization and DTPA and ammonium acetate in the solubility and removal of heavy metals in soil. Therefore, ammonium phosphate application can be useful to prevent heavy metal contamination of the underground water resources.

Keywords: Heavy metals, Stabilization, Solubility, Removal, Remediation, Contaminated soil

* **Corresponding Author.**
Email: Imnamou@yahoo.com
Tel: 0098 111 223 4366
Fax: 0098 111 223 4367

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences November, 2012; Vol. 16, No 5, Pages 420-425

Please cite this article as: Amouei A, Mahvi AH, Naddafi K. Effect of chemical compounds on the removal and stabilization of heavy metals in soil and contamination of water resources. ***Feyz*** 2012; 16(5): 420-5.

نقش ترکیبات شیمیایی بر میزان حذف و تثبیت فلزات سنگین در خاک و آلودگی منابع آب

عبدالایمان عموئی [1*]، امیرحسین محوی [2]، کاظم ندافی [2]

خلاصه:

سابقه و هدف: نوع ترکیبات شیمیایی حاوی فلزات سنگین در خاک، نقش بسیار مهمی را در انتقال آنها به داخل گیاهان و منابع آب ایفا نموده و می‌توانند تهدیدی جدی بر سلامت انسان باشند. در پژوهش حاضر میزان انحلال و تثبیت سرب، کادمیوم و روی توسط ترکیبات شیمیایی مختلف در خاک‌های آلوده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد وروش‌ها: در این مطالعه توصیفی مقطعی، ۳۶ نمونه از خاک‌های مورد نظر به‌صورت کاملاً تصادفی از مناطق صنعتی شهرستان آمل نمونه‌برداری شد. غلظت سرب، کادمیوم و روی در نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. سپس، میزان انحلال و حذف عناصر مزبور توسط کلرید پتاسیم، فسفات آمونیوم، استات آمونیوم و DTPA مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج: غلظت سرب، کادمیوم و روی در نمونه‌های خاک بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب ۵۹/۸±۲۰۶، ۱/۸±۱۱/۶ و ۴۶۵±۱۱۴۸ تعیین گردید. میانگین غلظت انحلال سرب، کادمیوم و روی توسط فسفات آمونیوم به‌ترتیب ۱۱، ۱/۵ و ۱۱۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، توسط DTPA ۱۹۱، ۷/۱ و ۶۴۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، توسط استات آمونیوم ۱۱۵، ۶/۲ و ۴۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و توسط آب مقطر (شاهد) ۱۷، ۳/۴ و ۱۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: بر اساس این پژوهش، فسفات آمونیوم در تثبیت و ترکیبات DTPA و استات آمونیوم در انحلال و حذف فلزات سنگین در خاک نقش مهمی را ایفا می‌نمایند. بنابراین، کاربرد فسفات آمونیوم جهت جلوگیری از ورود فلزات سنگین به منابع آب‌های زیرزمینی مفید خواهد بود.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، تثبیت، انحلال، حذف، پالایش، خاک آلوده

دو ماه‌نامه علمی– پژوهشی فیض، دوره شانزدهم، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۱، صفحات ۴۲۵-۴۲۰

مقدمه

فلزات سنگین معمولا بر حسب ویژگی‌هایی نظیر چکش خواری یا قابلیت مفتول شدن، رسانایی، دوام و پایداری، نوع لیگاند و عدد اتمی بزرگ‌تر از ۲۰ تعریف می‌شوند. مهم‌ترین فلزات سنگین آلاینده محیط زیست بر حسب میزان سمیت جیوه، کادمیوم، سرب، کروم و روی می‌باشند [۱]. سرب جزء سموم سیستمیک بوده و تماس با مقادیر زیاد آن می‌تواند سبب عقب ماندگی ذهنی، اختلالات رفتاری، و مشکلات عضلانی و استخوانی گردد. هم‌چنین، این فلز سمی در اندام‌های گوناگون به‌ویژه در مغز تجمع نموده که سبب مسمومیت و سرانجام مرگ انسان می‌شود [۲]. کادمیوم یک فلز سنگین بالقوه سمی بوده که می‌تواند در بدن انسان مجتمع گردیده و بیش از ۱۰سال در بدن انسان باقی بماند. از مهم‌ترین عوارض حاد تماس با کادمیوم در انسان نقص عملکرد سیستم‌های کلیوی، تنفسی و استخوانی می‌باشد [۱]. رشد بی‌رویه فعالیت‌های صنعتی و تخلیه مواد زاید جامد و فاضلاب‌های شهری و صنعتی سبب افزایش غلظت بیش از پیش این‌گونه از ترکیبات سمی و خطرناک در خاک و سایر منابع پذیرنده محیط زیست گردیده است [۳]. این نوع آلاینده‌های صنعتی و انسان‌ساخت می‌توانند توسط ریشه گیاهان و محصولات کشاورزی جذب گردیده و ضمن ورود به زنجیره غذایی، سرانجام به بدن انسان وارد شوند. این‌گونه عناصر سمی، ضمن عبور از خلل و فرج لایه‌های مختلف خاک وارد سفره‌های آب زیرزمینی گردیده و منابع آب شرب در جوامع مختلف را آلوده می‌نمایند [۴]. یکی از روش‌های امید بخش جهت مهار فلزات سنگین در خاک و عدم ورود آنها به زنجیره غذایی، کاربرد ترکیبات شیمیایی تثبیت‌کننده این‌گونه فلزات سمی در خاک است [۵،۶]. تثبیت شیمیایی یک تکنیک مناسب برای کاهش انحلال آلاینده‌ها در خاک می‌باشد [۷]. از ویژگی‌های مهم ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در تثبیت آلاینده‌های خاک غیرفعال نمودن سریع اثرات سمی فلزات سنگین، برخورداری از تاثیرات دراز مدت، ارزانی و آسانی کاربرد است [۸،۹]. مکانیسم‌های موثر در این تکنولوژی با توجه به نوع ماده افزودنی و میزان و ماهیت آلودگی متفاوت می‌باشد. مهم‌ترین مکانیسم‌های مورد استفاده

[1] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بابل

[2] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

* **نشانی نویسنده مسئول:**
بابل، دانشگاه علوم پزشکی بابل، گروه مهندسی بهداشت محیط

تلفن: ۰۱۱۱۲۲۳۴۳۶۶ **دورنویس:** ۰۱۱۱۲۲۳۴۳۶۷

پست الکترونیک: Imnamou@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۷ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۹۱/۱/۳۰

شامل رسوب، تشکیل کمپلکس، جذب و تغییر در پتانسیل اکسیداسیون یک آلاینده است [۱۱-۹]. در سال‌های اخیر، به‌منظور تثبیت و مهار فلزات سنگین در خاک و جلوگیری از ورود این‌گونه ترکیبات سمی به داخل منابع آب از مواد شیمیایی تثبیت‌کننده استفاده می‌گردد. از ترکیبات عمده مورد کاربرد در این زمینه می‌توان به ترکیبات فسفاته، لجن فاضلاب‌های شهری، کود کمپوست حاصل از پسماندهای جامد شهری و کشاورزی، خاکستر گدازه‌های آتش‌فشانی و نیز سرباره‌های حاصل از صنایع ذوب فلزات اشاره نمود [٦-۳]. از سوی دیگر می‌توان با استفاده از ترکیبات شیمیایی و افزایش قابلیت انحلال ترکیبات آلاینده فلزی همراه با کاربرد گیاهان و میکروارگانیسم‌های موجود در خاک به حذف فلزات سنگین از خاک و محیط زیست اقدام نمود [۱۳،۱۲]. قبل از هر گونه اقدامی در زمینه پاک‌سازی و پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، تعیین و ارزیابی قابلیت انحلال آنها در خاک بسیار ضرروی است [١٦-۱۲]. بنابراین تعیین و ارزیابی قابلیت انحلال فلزات سنگین در خاک و میزان دسترسی و جذب آنها توسط گیاهان و سایر موجودات زنده از موضوعات بسیار مهم است [۱۸،۱۷]. عوامل متعددی نظیر دانه‌بندی و بافت خاک، میزان رطوبت، اسیدیته و کربن آلی خاک و نیز تولید و ترشح ترکیبات آلی کمپلکس ساز و کیلیت‌کننده از ریشه گیاهان (Phyto-chelatins) بر قابلیت دسترسی و حذف فلزات سنگین در خاک مؤثر می‌باشند [۱۹،۱۸]. مهم‌ترین مواد شیمیایی مورد استفاده در انحلال و حذف فلزات سنگین در خاک‌های آلوده شامل کلرید کلسیم [۲۰]، اسید سیتریک [۲۱] و عوامل شیمیایی کمپلکس‌ساز یا کیلیت‌کننده همچون EDTA (اتیلن دی آمین ترا استیک اسید) و DTPA (دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید) [۲۲] می‌باشند. در یک تحقیق توسط کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا، تاثیر برخی از ترکیبات شیمیایی کیلیت کننده نظیر ان- استامیندو ایمینو دی استیک اسید (ADA)، اس- کربوکسی متیل- ال سیستئین (SCMC) و پیریدین دی کربوکسیلیک اسید (PDA) بر میزان حذف و انحلال سرب، مس و روی موجود در خاک مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، ماده ADA کارآیی بیشتری در حذف فلزات سنگین در خاک دارا بوده است [۲۳]. در مطالعه Nelson و همکاران، نقش ترکیبات کیلیت کننده و اسیدهای آلی در حذف فلزات سنگین سرب، کادمیوم و کروم در خاک مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش نشان داد که عنصر کادمیوم سریع تر از فلزات سرب و کروم از خاک حذف می‌شود. هم‌چنین، ترکیبات کیلیت کننده نسبت به اسیدهای آلی، کارآیی بیشتری در حذف فلزات سنگین مورد مطالعه دارا بوده‌اند [٢٤]. در تحقیق نقی پور و همکاران، درصد حذف فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در خاک های آلوده توسط ترکیب EDTA مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق میزان حذف سرب خاک توسط محلول ۰/۱ مولار EDTA بیشتر از روی و کادمیوم بوده است [۲۵]. در پژوهش حاضر، نقش ترکیبات مختلف شیمیایی بر کاهش یا افزایش انحلال و حذف فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در خاک و منابع آب مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

الف. نمونه برداری و آماده سازی خاک

این پژوهش یک مطالعه توصیفی مقطعی می‌باشد. ۲۵ کیلوگرم از خاک ۵۰ نقطه از شهرک صنعتی آمل واقع در بخش جنوبی شهرستان آمل و در نزدیکی منطقه امامزاده عبدالله به‌صورت کاملا تصادفی نمونه‌برداری گردید. نمونه‌های مزبور به کمک یک دستگاه مخلوط کن دستی مخصوص بتن کاملا بهم زده شد. سپس از سه نقطه توده خاک مزبور به‌میزان ۵۰۰ گرم برداشت شده و در داخل اجاق با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. نمونه خشک شده مجددا توزین و آسیاب شده و از سرند پلی اتیلنی با سوراخ‌های به قطر دو میلی‌متر گذرانیده شد [٢٦]. در این مطالعه، پارامترهای pH، CEC، کربن آلی و بافت خاک مورد بررسی قرار گرفت (جدول شماره ۱).

ب. مواد افزودنی و اندازه‌گیری فلزات سنگین در خاک

از ترکیبات شیمیایی گوناگون شامل کلرید پتاسیم، فسفات آمونیوم، استات آمونیوم و ماده دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید (DTPA) یک مولار به‌عنوان نمونه‌های مورد و از آب مقطر به‌عنوان نمونه شاهد استفاده شد (جدول شماره ۱). محلول بافری فتالات پتاسیم ۰/۱ مولار جهت حذف تاثیر اسیدیته نمونه‌های مختلف به‌کار برده شد. با توجه به تعداد مواد افزودنی (٤)، تعداد فلز (۳) و تعداد تکرار (۳) مجموع نمونه‌های مورد نیاز ۳٦ عدد به‌دست آمد. جهت آماده‌سازی و تهیه هر نمونه مورد آزمایش، مقدار ۰/۵ گرم خاک آماده شده را با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین نموده، به داخل ظروف پلی‌اتیلنی ۱۵۰ میلی‌لیتری منتقل کرده و به‌کمک یک دستگاه Shaker مداری با ۷۵ دور در دقیقه به‌مدت ۱۲ ساعت هم‌زده شد [٢٦]. نمونه‌های مورد نظر با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ در داخل بالن ۵۰ میلی‌لیتری صاف شده و جهت اندازه‌گیری میزان غلظت سرب، کادمیوم و روی از دستگاه جذب اتمی Perkin- Elmer مدل ٦۰۳ آزمایشگاه آنالیز دانشکده علوم دانشگاه تهران استفاده شد (جدول

شماره ۱). حساسیت دستگاه مورد نظر با استفاده از نورسنج شعله (Flame photometer) در حدود ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در صورت کاربرد کوره گرافیتی تا ۱ میکروگرم بر کیلوگرم بود. تنظیم طول موج جهت خواندن فلزات سرب،کادمیوم و روی به‌ترتیب در طول موج‌های ۲۸۳،۲۲۸/۵ و ۲۱۳/۹ نانومتر انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج این پژوهش جهت مقایسه دوگانه میزان استخراج فلزات سنگین توسط مواد افزودنی شیمیایی مختلف با آزمون t و برای مقایسه‌های چندگانه از آنالیز واریانس همراه با پس آزمون Tukey (با سطح معنی‌داری ۹۵ درصد) با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در خاک‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۲ ارائه شده است. مطابق جدول شماره ۳، فسفات آمونیوم کمترین و DTPA بیشترین میزان انحلال و حذف فلزات سرب، کادمیوم و روی را در میان ترکیبات شیمیایی مختلف دارا بوده است. در این مطالعه میزان انحلال فلز سرب توسط ماده فسفات آمونیوم از نمونه شاهد (آب مقطر) نیز کمتر می‌باشد. به‌طوری که این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار است (P=۰/۰۳). میانگین میزان استخراج فلز روی در خاک توسط مواد افزودنی مختلف شامل فسفات آمونیوم، کلرید پتاسیم، استات آمونیوم و DTPA (جدول شماره ۳) به‌ترتیب ۱۱٤/۵، ۲۷۲، ٤۷٦ و ٦٤۸/۵ و با آب مقطر (نمونه شاهد) ۱۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده که از لحاظ آماری نیز این تفاوت‌ها معنی‌دار می‌باشد (P=۰/۰۲). میزان غلظت سرب انحلالی توسط ترکیبات فسفات آمونیم، کلرید پتاسیم، استات آمونیوم و DTPA به‌ترتیب ۱۱، ۸٦/۵، ۱۱۵ و ۱۹۱ و با آب مقطر ۱۷ میلی-گرم بر کیلوگرم به‌دست آمده که این مقادیر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد (P=۰/۰۱). میزان انحلال کادمیوم در مجاورت این نوع مواد افزودنی به ترتیب ۱/۵، ۵، ٦/۲ و ۷/۱ و با آب مقطر ۳/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده که این مقادیر از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (P=۰/۰٤). درصد انحلال و حذف فلز روی توسط فسفات آمونیوم، کلرید پتاسیم، استات آمونیوم و DTPA به‌ترتیب ۹/۹، ۲۳/۷، ٤۱/۵ و ٥٦/۵ درصد، درصد حذف سرب توسط مواد افزودنی مورد استفاده به‌ترتیب ۵/۳، ٤۱/۹، ۵۵/۸ و ۹۲/۷ درصد و میزان درصد حذف کادمیوم توسط این‌گونه ترکیبات شیمیایی به‌ترتیب ۱۲/۹، ٤۳/۱، ۵۳/٤ و ٦۲/۲ درصد به-دست آمد.

جدول شماره ۱- مشخصات پارامترهای مورد اندازه‌گیری در آزمایش‌های مختلف در این پژوهش [۲٦]

ردیف	نام پارامتر/آزمایش	نام روش	ماخذ
۱	pH خاک	دوغاب خاک با نسبت دقیق ۱۰ به ۱ با pH متر دیجیتالی	نشریه فنی موسسه خاک و آب، شماره ۸۹۳
۲	CEC خاک	استخراج با استات آمونیوم و اندازه گیری با روش Flame	نشریه فنی موسسه خاک و آب، شماره ۱۰۲٤
۳	دانه بندی و بافت خاک	هیدرومتری و دیاگرام مثلث	نشریه فنی موسسه خاک و آب، شماره ۸۹۳
٤	کربن آلی خاک	والکلی- بلاک	نشریه فنی موسسه خاک و آب، شماره ۱۰۲٤
۵	عصاره گیری فلزات سنگین	هضم با اسیدهای نیتریک و کلریدریک و هیدروژن پراکساید	نشریه فنی موسسه خاک و آب، شماره ۱۰۲٤
٦	اندازه گیری فلزات سنگین	دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی "Perkin Elmer" مدل ٦۰۳	آزمایشگاه آنالیز، دانشکده علوم دانشگاه تهران

جدول شماره ۲- ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میانگین غلظت سرب، کادمیوم و روی در خاک‌های مورد مطالعه

pH	CEC Meq/100gr	کربن آلی (٪)	ماسه (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	سرب (mg/kg)	کادمیوم (mg/kg)	روی (mg/kg)
٦/۵- ۷/۵	۱۱ -۱۵/۵	٤۱ -۵۳	۳٤/۵	٤٦/۵	۱۹	۲۰٦ ± ۵۹/۸	۱۱/٦ ±۱/۸	۱۱٤۸±٤٦۵

جدول شماره ۳- میزان استخراج فلزات سنگین بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با مواد افزودنی

ماده افزودنی	نوع فلز		
	سرب	کادمیوم	روی
فسفات آمونیوم ۱ میلی‌مولار	۱۱±۳/۵	۱/۵ ±۰/٤	۱۱٤/۵±۳٤
کلرید پتاسیم ۱ میلی‌مولار	۸٦/۵±۲٤	۵±۱/٤	۲۷۲±۱۲۱
استات آمونیوم ۱ میلی‌مولار	۱۱۵±٤۱	٦/۲±۲/۷	٤۷٦±۱۵٦
DTPA ۱ میلی‌مولار	۱۹۱±٦٤	۷/۱±۳/۵	٦٤۸/۵±۲۸۲
نمونه شاهد (آب مقطر)	۱۷±۲	۳/٤±۱/۲	۱۹۳±٤٤
P value	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۱

بحث

میانگین میزان سرب، کادمیوم و روی در نمونه‌های خاک مورد مطالعه به‌ترتیب ۲۰۶، ۱۱/۶ و ۱۱۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، حد مجاز فلزات سرب، کادمیوم و روی در خاک به‌ترتیب ۱۰۰، ۳ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد [۸]. این تحقیق مبین آن است که غلظت سرب، کادمیوم و روی در خاک‌های مناطق صنعتی مورد مطالعه بالاتر از حد مجاز و آلوده می‌باشند. یکی از پارامترهای مؤثر بر قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی (Cathion Exchange Capacity; CEC) خاک است. نتایج به‌دست آمده از تحقیقات دانشمندان مبین آن است که کاتیون‌های سدیم و کلسیم قادر به جایگزینی با فلزات سنگین بوده و سبب آزادسازی و افزایش قابلیت دسترسی آنها در خاک می‌گردند [۱۱،۱]. هم‌چنین، قابلیت دسترسی فلزات سنگین در صورت پیوند با لیگاندهای معدنی و آلی نیز افزایش می‌یابد. کلرید یکی از لیگاندهای معدنی است که می‌تواند با فلزات سنگین خاک کمپلکس نموده و آنها را در خاک به‌صورت محلول در آورد [۱۵،۱۶،۸]. در این پژوهش نیز صحت این مطلب با کاربرد ترکیب کلرید پتاسیم به اثبات رسید. کلرید آهن، کلرید کلسیم، کلرید آمونیوم و کلرید پتاسیم به‌ترتیب حداکثر انحلال و استخراج سرب را در خاک دارا می‌باشند [۱۶،۸]. در مطالعه دیگر تاثیر عوامل کیلیت کننده بر روی نمونه خاک‌های آلوده به فلزات سرب، کادمیوم، روی، مس و نیکل حاکی از آن است که ترکیبات آلی EDTA و DTPA نه تنها بر افزایش قابلیت دسترسی فلزات سرب و کادمیوم اثر داشته بلکه بر سایر فلزات سنگین نیز مؤثر می‌باشند. در این حالت ترکیبات مزبور با جذب فلزات روی، سرب و کادمیوم و تشکیل کمپلکس‌های محلول سبب افزایش انحلال و قابلیت دسترسی این‌گونه فلزات در خاک می‌شوند [۱۴]. در مطالعه حاضر نیز مشخص شد که عوامل افزودنی مورد استفاده به‌ویژه DTPA بر میزان قابلیت دسترسی سرب، کادمیوم و روی به‌صورت هم‌زمان و مخلوط در خاک اثر افزایشی دارد. بررسی محققین در این زمینه نشان می‌دهد که عوامل کیلیت کننده و کمپلکس ساز نظیر EDTA، DTPA و نیتریلوتری استیک اسید (NTA) و نیز اسیدهای آلی سیتریک، استیک و مالئیک بر افزایش قابلیت دسترسی فلزات سنگین مختلف به‌ویژه سرب و کادمیوم موثر می‌باشند [۱۴،۱۳،۹،۸،۱]. در این میان نقش EDTA نسبت به سایر مواد افزودنی خاک بر جسته‌تر بوده است [۱۴،۱۸،۱]. افزایش قابلیت دسترسی و تحرک فلزات سنگین در خاک سبب نشت و نفوذ آنها به داخل آب‌های زیر زمینی و ورود انواع آلاینده‌های سمی به داخل زنجیره غذایی خواهد شد. به‌همین علت محققین محیط زیست در جستجوی یافتن روش‌هایی جهت تثبیت و مهار فلزات سنگین در خاک می‌باشند. اخیرا در دنیا از ترکیبات شیمیایی مختلف نظیر آهک و کربنات کلسیم [۲،۶]، مواد زاید بیولوژیک همچون کودهای آلی حیوانی و گیاهی [۴،۵]، سرباره‌های فلزی و خاکستر تولیدی از کوره‌های ذوب فلزات [۶] و ریزه‌های حاصل از فرآوری چوب در صنایع چوب و کاغذ [۲] به‌منظور تثبیت فلزات سنگین مختلف در خاک استفاده می‌گردد. در مطالعه حاضر نیز ماده فسفات آمونیوم باعث کاهش میزان قابلیت انحلال و دسترسی فلزات سنگین مزبور و به ویژه سرب در خاک گردید. برخی از دانشمندان بر این اعتقادند که با توجه به افزایش قابلیت دسترسی ذاتی فلزات روی و کادمیوم در خاک، کاربرد عوامل کیلیت کننده و اسیدی تاثیر زیادی در این زمینه نخواهد داشت [۱۸،۱۷،۱۴]. این در حالی است که در این مطالعه مشخص گردید، DTPA و استات آمونیوم در افزایش قابلیت دسترسی فلزات روی و کادمیوم نقش مؤثری دارند. برخی تحقیقات نیز موید آن است که EDTA و اسید سیتریک هم به‌صورت مجزا و هم به‌صورت مخلوط بر افزایش قابلیت انحلال و دسترسی فلزات روی و کادمیوم در خاک اثر قابل توجهی دارند [۱۴،۱۷]. در کاربرد مواد افزودنی شیمیایی به‌منظور افزایش یا کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک، باید ویژگی‌هایی از قبیل ارزانی، میزان سمیت، تولید ترکیبات ثانویه و عوارض جانبی بر موجودات زنده خاک را مورد توجه قرار داد [۱۴،۸،۱].

نتیجه‌گیری

با توجه به‌ویژگی منحصر به فرد فسفات آمونیوم در کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین سرب و کادمیوم، کاربرد این ماده همراه با کودهای شیمیایی دارای سرب و کادمیوم در تثبیت و مهار این‌گونه فلزات سمی در خاک و ممانعت از ورود آنها به داخل محصولات کشاورزی و آب‌های زیر زمینی مؤثر می‌باشد. هم‌چنین، استفاده از ترکیبات کلیت کننده نظیر DTPA و استات آمونیوم در غلظت‌های مناسب سبب افزایش قابلیت دسترسی، جذب و پاک‌سازی فلزات سنگین به‌ویژه سرب و کادمیوم در خاک‌های آلوده مناطق صنعتی از طریق کاشت گیاهان و درختان مناسب و توسعه فضای سبز و پوشش‌های گیاهی خواهد شد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات بهداشتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران که اعتبار مالی این طرح پژوهشی را فراهم نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References:

[1] Iskandar IK, Kirkham MB. Trace elements in soil, bioavailability, flux and transfer. 4th ed. Lewis Publishers; 2005. p. 30-52.

[2] Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants. 5th ed. CRC press, Boca Raton, Florida; 2006. p. 43-5.

[3] Kumpiene J, Lagerkvist A, Maurice C. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendment- a review. ***Waste Manag*** 2008; 28(1): 215- 25.

[4] Misra V, Chaturvedi PK. Plant uptake/ bioavailability of heavy metals from the contaminated soil after treatment with humus soil and hydroxyapatite. ***Environ Monit Assess*** 2007; 133(1-3): 169-76.

[5] Lee TM, Lai HY, Chen ZS. Effect of chemical amendments on the concentration of Cadmium and Lead in long-term contaminated soils. Chemosphere 2004; 57(10): 1459-71.

[6] Lee SH, Lee JS, Choi YJ, Kim JG. In situ stabilization of Cadmium, Lead and Zinc contaminated soil using various amendments. ***Chemosphere*** 2009; 77(8): 1069-75.

[7] Chen S, Xu M, Ma Y, Yang J. Evaluation of different phosphate amendments on availability of metals in contaminated soil. ***Ecotoxicol Environ Saf*** 2007; 67(2): 278-85.

[8] Singh BR, Narwall RP. Plant availability of heavy metals in a sludge treated soil. ***J Envirion Qual*** 1999; 3: 344-9.

[9] Smith SR. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste compost compared to sewage sludge. ***Eviron Int*** 2009; 35(1): 142-56.

[10] Brown S, Christensen B, Lombi E, McLaughlin M, McGrath S, Colpaert J, et al. An inter-laboratory study to test the ability of amendments to reduce the availability of Cd, Pb and Zn in situ. ***Environ Pollut*** 2005; 138(1): 34- 45.

[11] Friesl-Hanl W, Platzer K, Horak O, Gerzbek MH. Immobilising of Cd, Pb and Zn smelter: a field study in Austria over 5 years. ***Environ Geochem Health*** 2009; 31(5): 581- 94.

[12] Amouei AI, Mahvi AH, Naddafi K, Hajian K. Effect of chemical additives on the availability of heavy metals (Pb, Cd, Zn) in soil. ***J Babol Univ Med Sci*** 2005; 7(28): 26-31. [in Persian]

[13] Robinson BH. The Phytoextraction of metals from metalliferous soils. [Thesis]. Massey. University, NZ. 1997. 19-30.

[14] Ernst WH. Biovailability of heavy metals and decontamination of soils by plants. ***Appl Geochem*** 1999; 11: 163-7.

[15] Grill E, Winnacker EL, Zenk MH. Phytochelatins, a class of heavy-metal-binding peptides from plants, are functionally analogous to metallothioneins. ***Proc Natl Acad Sci U S A*** 1987; 84(2): 439-43.

[16] McGrath SP, Shen ZG, Zhao FJ. Heavy metal uptake and chemical changes in the rhizosphere of Thlaspy ochroleucum grown in contaminated soils. ***Plant and Soil*** 1997; 161: 226-41.

[17] Gupter SK, Allen C. Comparison and evaluation of extraction media and their suitability in a simple modle to predict the biological relevance of heavy metal concentration in contaminated soils. ***Int J Environ Anal Chem*** 1996; 51: 25-46.

[18] Huang JW, Cunningham SD. Lead phytoextraction: Species variation in lead uptake and translocation. ***New Phytol*** 1996; 134: 75-84.

[19] Balylock MJ, Salt DE, Dushenkow S, Raskin I. Enhanved accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. ***Environ Sci Technol*** 1997; 31: 860-5.

[20] Kuo S, Lai MS, Lin CW. Influence of solution acidity and $CaCl_2$ concentration on the removal of heavy metals from metal- contaminated rice soil. ***Environ Pollut*** 2006; 144(3): 918- 25.

[21] Lee J, Reeves RD, Brooks RR. The relation between nikel and citric acid in some nikel-accumulating plants. ***Phytochemistry*** 1998; 17: 1033-35.

[22] Li Z, Shuman LM. Extractability of zinc, cadmium and nikel in soils amended with EDTA. ***Soil Science*** 1996; 161: 226-41.

[23] Hong A, Banerji PK, Okey SK, Robert W. Chelating extraction of heavy metals from contaminated soils. ***Int Phytorem*** 2009; 5(3):155-60.

[24] Nelson C, Bricka RY, Chao AC. Evaluating acids and chelating agents for removing heavy metals from contaminated soils. ***Environ Prog*** 1997; 16(4): 274-80.

[25] Naghipour D, Mesdaghinia AR, Mahvi AH, Nouri J, Vaezi F. An experimental study of heavy metal extraction, using various concentration of EDTA in a sandy loam soils. ***Pak J Biol Sci*** 2006; 9(5): 837-42.

[26] Agriculture Ministry of Iran, Determination of Chemical parameters in soil. Technical note 2005; No. 883: 5-81.