

تاثیر پنج اصلاح گر معدنی بر کاهش جذب برخی فلزات سنگین در شرایط آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی

رامین سلماسی^۱، مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۰۲

چکیده

آبیاری زمین‌های زیر کشت سبزی‌های خوراکی به‌وسیله پساب‌های آلوده، موجب می‌شود که فلزات سنگین در این گیاهان انباشته شوند. تثبیت فلزات سنگین در محل با استفاده از اصلاح‌گرهای معدنی، روشی است که برای کاهش جذب فلزات به‌وسیله گیاهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. براین اساس، در پژوهش حاضر، بررسی کارایی پنج نوع اصلاح گر معدنی، برای تثبیت فلزات سنگین خاک‌های کشاورزی اطراف شهرستان تبریز که با پساب‌های آلوده آبیاری می‌شوند، مد نظر بوده است. بدین منظور، نیم گرم از پنج اصلاح گر کلسیت، ایلیت، هماتیت، زئولیت و بنتونیت و ۱۰ نمونه خاک برداشت‌شده از خاک‌های واقع در شمال غرب شهرستان تبریز، محلول‌های حاوی عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، مس و روی اضافه شد. بعد از دو ساعت قرار دادن در دستگاه تکان دهنده، غلظت این پنج عنصر در محلول‌های صاف شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. با استفاده از آزمون دانکن، مقایسه میانگین‌ها انجام و در نهایت، اصلاح‌گرهای بهینه در این رابطه مشخص شد. نتایج نشان داد، تفاوت آشکاری بین مواد اصلاح گر از لحاظ میزان جذب پنج عنصر وجود دارد، به طوری که بیشترین میزان جذب عناصر کادمیوم، نیکل و روی مربوط به کلسیت؛ بیشترین میزان جذب عناصر سرب و مس مربوط به هماتیت و برای هر پنج عنصر کمترین میزان جذب مربوط به ایلیت بوده است. همچنین، کلسیت، زئولیت، بنتونیت و هماتیت ظرفیت جذب بالاتر معنی‌داری در سطح پنج درصد برای عناصر کادمیوم، نیکل و روی نسبت به تمام خاک‌های مورد آزمایش داشتند. در مورد سرب، بالاترین میزان جذب با استفاده از اصلاح‌گرهای کلسیت و هماتیت (بدون تفاوت معنی‌دار با هم) صورت گرفت. کلسیت، هماتیت و زئولیت بالاترین میزان جذب مس را داشتند، در حالی که بیشترین میزان جذب این عنصر در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با دو ماده اصلاحی دیگر، به‌وسیله هماتیت داشت. کلسیت و هماتیت اصلاح‌گرهایی بودند که با اضافه شدن به ۱۰ نمونه خاک مورد آزمایش، توانستند باعث افزایش معنی‌دار (در سطح پنج درصد) ظرفیت جذب پنج آلاینده کادمیوم، مس، روی، نیکل و سرب شوند و بدین‌وسیله کاهش جذب عناصر یاد شده در گیاهان زیر کشت مناطق کشاورزی اطراف شهرستان تبریز را موجب شوند.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، پاک‌سازی خاک، تثبیت، فلزات سنگین، کارایی

مقدمه

کاربرد آن‌ها را در زمین‌های کشاورزی محدود می‌کند (Sherameti, ۲۰۰۶). در میان این عوامل، اغلب مقدار فلزات سنگین موجود در خاک، تعیین‌کننده اصلی محدودیت کاربرد پساب‌ها در خاک‌های کشاورزی است (Iskandar, ۱۹۸۹).

روش‌های کنونی پاک‌سازی خاک‌های آلوده علاوه بر پرهزینه بودن، ممکن است خطراتی برای کاربران داشته باشند و نیز پسماندهای ثانویه تولید نمایند.

کاربرد پساب‌های شهری و صنعتی در خاک‌های کشاورزی، باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌شود. همچنین، این پساب‌ها منبع با ارزشی از مواد آلی و عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف به‌شمار می‌روند (Prasad, ۲۰۰۸). با این وجود، پساب‌ها شامل آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین، ترکیبات آلی ناخواسته و پاتوژن‌ها و دیگر مواد زیان‌آور هستند که

^۱ نویسنده مسئول: raminsalmasi@yahoo.com

موثری باعث کاهش تحرک مس و سرب شده است و علت آن را مربوط به افزایش واکنش خاک حاصل از اضافه شدن آهک گزارش نمودند.

بسیاری از خاک‌های زیرکشت سبزیجات منطقه شمال‌غرب شهر تبریز، به دلیل کمبود منابع آب با پساب‌های شهری و صنعتی بخش‌های گوناگون این شهر آبیاری می‌شوند. در بعضی از اراضی زیرکشت، از لجن این پساب‌ها به‌عنوان کود بهره‌گیری می‌شود. پیامد کاربرد این پساب‌ها و لجن آن‌ها، انباشت فلزات سنگین در خاک‌های این مناطق می‌باشد (Taghipour, ۲۰۰۹) و با توجه به جذب این فلزات به‌وسیله گیاهان که به‌طور عمده سبزیجات خوراکی را شامل می‌شود، می‌تواند گیاهان را به این آلاینده‌ها آلوده سازد. برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آلودگی فلزات سنگین در این خاک‌ها، لازم است تا روش‌های ارزان قیمت پاک‌سازی خاک که مناسب برای کاربرد در خاک‌های سطحی بوده و باعث تخریب ساختمان و حاصل‌خیزی خاک نشود، به‌کار گرفته شود.

در پژوهش حاضر، هدف این است که براساس بررسی‌های آزمایشگاهی، کارایی اصلاح‌گرهای معدنی گوناگون برای جذب فلزات سنگین موجود در خاک‌ها تعیین شود. اصلاح‌گری که جذب بالاتری از آلاینده‌ها را داشته باشد، به‌وسیله گیاهان کمتر جذب می‌شود و به‌این ترتیب زیان کمتری متوجه آن‌ها و مصرف‌کنندگان خواهد شد. برای این منظور از خاک‌های آبیاری شده با پساب موجود در اطراف شهرستان تبریز استفاده شد.

مواد و روش‌ها

از مناطق کشاورزی واقع در شمال‌غرب شهرستان تبریز (منطقه اسپیران)، ۱۰ نمونه خاک از قسمت‌های سطحی (۱۵-۵ سانتی‌متر) هر نمونه به‌میزان حدود دو کیلوگرم که زیر کشت نبود، ولی در مجاورت اراضی زیرکشت قرار داشت، برداشت شد. براساس نقشه خاک منطقه، خاک‌ها حالت همگنی داشتند و تغییرات کمی در آن‌ها وجود داشت، در نتیجه به ۱۰ نمونه خاک اکتفا شد. در آزمایشگاه بر روی نمونه‌های خاک آزمایش‌های واکنش خاک در گل اشباع با به‌کارگیری

یکی از راه‌های مهار فلزات سنگین، استقرار و تثبیت آن‌ها در محل براساس کاهش تحرک و ایزوله نمودن آن‌ها به‌وسیله کاربرد مواد اصلاح‌کننده، می‌باشد. مواد اصلاح‌گر این توانایی را دارند که از تحرک و فراهمی فلزات در خاک، به‌وسیله فرآیندهایی مانند جذب سطحی، رسوب، تشکیل کمپلکس یا ترکیبی از این فرآیندها، بکاهد (Sherameti, ۲۰۰۶) و موجب کاهش اثرات زیان‌بار فلزات سنگین بر روی پذیرنده‌های محیط‌زیست مانند ریزجانداران، گیاهان، حیوانات و منابع آب شوند.

پژوهش‌های انجام شده در رابطه با کارایی اصلاح‌گرهای بوکسیت، زئولیت طبیعی و آهک در تثبیت سرب، کادمیوم و روی در خاک‌های آلوده (Garau, ۲۰۰۲) نشان داد که افزودن این اصلاح‌گرها در سطح پنج درصد باعث کاهش حلالیت فلزات سنگین شده است. اضافه شدن واکنش خاک‌ها به‌عنوان ساز و کار اصلی این بی‌تحرک‌سازی در موارد آهک و بوکسیت ارزیابی شد. نتایج آزمایش گلخانه‌ای در خصوص نقش آهک، کمپوست و اکسید روی بر کاهش جذب کادمیوم به‌وسیله گندم (Tse-Ming, ۲۰۰۴) نشان داد که هر سه این اصلاح‌گرها به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش جذب کادمیوم به‌وسیله گندم شدند (از غلظت کادمیوم قابل حل، می‌توان غلظت این عنصر را در گندم پیش‌بینی نمود).

در بررسی ظرفیت جذب فلزات سنگین به‌وسیله کانی‌های گوناگون Garcia-Sanchez و همکاران (۱۹۹۹) به این نتیجه رسیدند که زئولیت مصنوعی توانایی بالایی در نگه‌داشت کاتیون‌های یک و دو ظرفیتی دارد. یافته‌های پژوهش Chlopeka و Adriano (۱۹۹۷) بر روی چهار نوع خاک به‌منظور بررسی اثر کانی‌های زئولیت و آپاتیت بر روی کادمیوم، سرب و روی در بافت ذرت نشان داد که میزان سرب در برگ‌های این گیاه ۵۰ درصد و در خاک تیمار شده با آپاتیت، کادمیوم به‌میزان ۲۰ درصد کاهش داشت. همچنین، پژوهش Gworek (۱۹۹۲) بر روی اثر افزودن زئولیت مصنوعی بر میزان کادمیوم در کاهو نشان داد که میزان این عنصر در برگ‌ها و ریشه‌های آن به‌ترتیب ۸۵ و ۴۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. Jalali و Jalali (۲۰۰۹) نشان دادند تیمار آهک به‌طور

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها (درصد جذب فلزات به وسیله پنج نوع اصلاح‌گر و ۱۰ نمونه خاک) بررسی شد و از طریق آنالیز واریانس، اختلاف تیمارها بررسی شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، با استفاده از آزمون دانکن مقایسه میانگین تیمارها انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقادیر آهک و مواد آلی ۱۰ نمونه خاک برداشت شده از منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است، خاک‌های مورد استفاده در این بررسی از لحاظ ویژگی‌ها، متنوع هستند. واکنش آن‌ها در بازه قلیایی ضعیف تا قلیایی، هدایت الکتریکی از ۰/۱۹ تا ۰/۵۶ دسی‌زیمنس بر متر، ظرفیت تبادل کاتیونی از ۱۲/۵ تا ۲۴/۷ سانتی‌مول بر کیلوگرم، میزان کربنات کلسیم معادل از ۱۲۰ تا ۲۳۵ گرم بر کیلوگرم و میزان مواد آلی از ۱۷/۱ تا ۳۷/۵ سانتی‌مول بر کیلوگرم متغیر است. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده توزیع نرمال همه داده‌ها در سطح پنج درصد می‌باشند.

دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با دستگاه هدایت سنج، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش باور، میزان آهک به روش تیتراسیون و میزان مواد آلی به روش وایکلی بلک انجام شد (Page و همکاران، ۱۹۶۵ و Klute و همکاران، ۱۹۶۵).

بعد از آن، از روش‌های آزمایشگاهی برای تعیین ظرفیت جذب فلزات سرب، کادمیوم، نیکل، روی و مس با استفاده از اصلاح‌گرهای مختلف و نمونه‌های خاک، استفاده شد. به این صورت که نیم گرم از اصلاح‌گرهای معدنی آهک، زئولیت، اکسیدهای آهن، اکسید منگنز، بنتونیت و نمونه‌های خاک برداشت شده از زمین‌های مختلف در پنج تکرار درون فلاسک ریخته و به آن‌ها، ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰۱ مولار از عناصر سرب، کادمیوم، نیکل، مس و روی اضافه شد. غلظت‌های یاد شده معادل در حدود ۵۰ سال آبیاری با آب آلوده این مناطق می‌باشد که براساس غلظت متوسط از پیش اندازه‌گیری شده، محاسبه شده است. بعد از این که نمونه‌ها در تکان‌دهنده رفت و برگشتی به مدت دو ساعت قرار گرفت، از صافی عبور داده شد و غلظت این عناصر با دستگاه جذب اتمی Elmer Perkin مدل ۵۶۰ با دقت در حد ppm اندازه‌گیری شد. اختلاف بین میزان کل فلز اضافه شده و میزان اندازه‌گیری شده در محلول صاف شده، مقدار جذب فلز را نشان می‌دهد که به صورت درصد محاسبه شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

شماره خاک	واکنش خاک خمیر اشباع	توانایی رسانایی الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر	ظرفیت تبادل کاتیونی سانتی‌مول بر کیلوگرم	ماده آلی گرم بر کیلوگرم	کربنات کلسیم معادل گرم بر کیلوگرم
۱	۹/۱۴	۰/۳۱	۲۰/۲	۳۷/۵	۲۰۰
۲	۸/۷۳	۰/۳۸	۱۴/۴	۲۷/۳	۱۵۰
۳	۹/۴۲	۰/۲۰	۱۹/۷	۱۳/۶	۱۷۰
۴	۹/۴۱	۰/۴۰	۲۲/۲	۳۰/۸	۱۶۰
۵	۹/۴۰	۰/۲۱	۲۱/۷	۱۷/۱	۱۲۰
۶	۸/۹۶	۰/۲۰	۱۲/۵	۲۳/۹	۱۴۰
۷	۹/۲۲	۰/۲۱	۲۴/۷	۲۷/۳	۱۸۵
۸	۹/۳۳	۰/۲۰	۲۲/۲	۱۸/۸	۱۷۸
۹	۹/۴۳	۰/۵۶	۲۱/۰	۱۷/۲	۲۱۰
۱۰	۹/۵۴	۰/۱۹	۲۳/۱	۲۰/۵	۲۳۵

که بین مواد اصلاح‌گر از لحاظ میزان جذب پنج عنصر تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود دارد.

مقایسه جذب نسبی مواد اصلاحی: براساس داده‌های به دست آمده از جدول ۲، ملاحظه می‌شود

همکاران (۱۹۹۵) نیز نشان داد عناصر کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی بر روی سطوح مونت‌موریلونیت جذب بالاتری نسبت به دو کانی ایلیت و بایدلایت داشته‌اند که با یافته‌های این پژوهش هم‌خوانی دارد. همچنین، Xueyuan و همکاران (۲۰۱۰) برای جذب این پنج عنصر بر روی سطوح دارای بار دائمی مونت‌موریلونیت، ترتیب $Pb > Cu > Ni = Zn = Cd$ و برای سطوح حاوی بار موقت این کانی، ترتیب $Pb > Cu > Zn > Cd > Ni$ را ارائه نمودند.

در مورد هماتیت، افزایش جذب سرب نسبت به کادمیوم و نیکل، به‌تعمیل بیشتر سرب برای جذب بر روی سطوح اکسیدهای فلزات نسبت به کادمیوم و نیکل ربط داده شده است. تمایل زیاد سرب به جذب بر روی سطوح اکسیدهای فلزات، ناشی از ثابت هیدرولیز بالای آن و در نتیجه تمایل زیاد این عنصر به هیدرولیز می‌باشد (Chubin, ۱۹۸۱). افزایش جذب نیکل نسبت به کادمیوم با استفاده از بنتونیت توسط Puls و Hinrich (۱۹۹۸) گزارش شده است. افزایش جذب سرب نسبت به کادمیوم بر روی سطوح ایلیت در یافته‌های Miller و Zaparro (۲۰۰۱) آمده است.

به‌طوری‌که کلسیت بیشترین میزان جذب عناصر کادمیوم، نیکل و روی؛ هماتیت بیشترین میزان جذب عناصر سرب و مس و برای هر پنج عنصر، کمترین میزان جذب مربوط به ایلیت بوده است. در این پژوهش، بیشترین میزان جذب بر روی کلسیت بین سه عنصر کادمیوم، نیکل و روی، مربوط به روی بوده است و بعد از آن، کادمیوم قرار دارد. نتایج پژوهش Zachara و همکاران (۱۹۹۱) نیز جذب بالای این سه عنصر را بر روی سطوح کلسیت نشان داد، با این تفاوت که بالاترین میزان جذب را برای عنصر روی به‌دست آوردند. این تفاوت‌ها در جذب پنج عنصر، هم به ویژگی‌های سطح جذب‌کننده و هم به خصوصیات یون در فاز محلول بستگی دارد. از ویژگی‌های سطح جذب‌کننده می‌توان نوع مکان‌های تبادلی (پر انرژی در مقایسه با کم انرژی)، تراکم بار الکتریکی در واحد سطح، مکان فضایی بار الکتریکی، امکان تشکیل کمپلکس‌های سطحی محیط داخلی از طریق ایجاد پیوندهای کووالانس با سطح و از خصوصیات یون در فاز محلول می‌توان درصد عنصر به‌صورت کمپلکس محلول و نوع این کمپلکس‌ها و شعاع یونی عنصر را نام برد (Sposito, ۱۹۸۹). یافته‌های Rybicka

جدول ۲- مقایسه میانگین داده‌های آزمایش درصد جذب فلزات به‌وسیله پنج نوع اصلاح‌گر و ۱۰ نمونه خاک

مقایسه میانگین‌ها					اصلاح‌گر و نمونه خاک
روی	مس	نیکل	سرب	کادمیوم	
۹۴/۷ ^{ab} ± ۲/۱	۸۲/۵ ^{bc} ± ۰/۶	۷۸/۰ ^a ± ۰/۰	۸۴/۰ ^a ± ۲/۶	۹۱/۰ ^{a*} ± ۱/۰	کلسیت
۹۱/۷ ^{ab} ± ۲/۱	۸۵/۰ ^{bc} ± ۱/۱	۶۷/۷ ^c ± ۱/۱	۷۰/۰ ^c ± ۲/۱	۸۶/۷ ^b ± ۲/۵	ژئولیت
۹۳/۳ ^{ab} ± ۰/۶	۷۴/۰ ^d ± ۱/۲	۷۵/۰ ^b ± ۱/۰	۷۴/۰ ^b ± ۳/۰	۷۳/۰ ^{ef} ± ۳/۰	بنتونیت
۸۶/۷ ^{cd} ± ۳/۲	۷۰/۰ ^e ± ۰/۳	۵۶/۷ ^{gh} ± ۱/۵	۵۵/۳ ^e ± ۴/۰	۷۱/۰ ^{fg} ± ۲/۶	ایلیت
۹۱/۷ ^b ± ۰/۶	۹۰/۵ ^a ± ۰/۲	۷۵/۳ ^b ± ۱/۱	۶۴/۳ ^d ± ۲/۵	۹۲/۷ ^a ± ۲/۱	هماتیت
۸۶/۳ ^d ± ۲/۹	۸۵/۰ ^{bc} ± ۱/۵	۵/۰ ^h ± ۱/۰	۴۴/۰ ⁱ ± ۲/۶	۸۷/۷ ^b ± ۰/۶	۱
۷۶/۰ ^g ± ۳/۵	۸۱/۳ ^d ± ۰/۲	۵۷/۳ ^{gh} ± ۲/۱	۴۸/۰ ^h ± ۱/۰	۸۵/۳ ^b ± ۳/۰	۲
۷۱/۱ ^h ± ۲/۱	۸۵/۰ ^{bc} ± ۲/۱	۵۷/۰ ^{gh} ± ۱/۰	۳۸/۳ ^j ± ۰/۶	۷۹/۷ ^c ± ۱/۵	۳
۷۰/۳ ^h ± ۱/۵	۷۷/۰ ^e ± ۱/۳	۵۵/۰ ^h ± ۲/۰	۵۱/۳ ^{fgh} ± ۰/۶	۶۷/۳ ^h ± ۰/۶	۴
۷۰/۱ ^h ± ۱/۵	۷۶/۶ ^e ± ۰/۴	۶۳/۳ ^d ± ۱/۰	۵۱/۳ ^{fgh} ± ۱/۵	۶۸/۶ ^{gh} ± ۱/۵	۵
۷۸/۳ ^{fg} ± ۱/۵	۷۳/۰ ^e ± ۰/۵	۵۹/۳ ^{ed} ± ۲/۱	۴۷/۷ ^{gh} ± ۱/۵	۷۱/۷ ^{gh} ± ۱/۱	۶
۶۹/۰ ^h ± ۱/۰	۷۹/۵ ^{fg} ± ۱/۲	۶۱/۰ ^{de} ± ۰/۶	۵۴/۰ ^{ef} ± ۱/۰	۷۵/۳ ^{de} ± ۱/۵	۷
۹۰/۰ ^{bc} ± ۱/۰	۸۳/۱ ^d ± ۲/۱	۶۱/۳ ^{de} ± ۰/۶	۵۴/۰ ^{ef} ± ۱/۰	۷۵/۳ ^{de} ± ۱/۵	۸
۸۱/۰ ^{ef} ± ۲/۰	۶۵/۴ ^{ef} ± ۰/۳	۵۸/۳ ^{ef} ± ۰/۶	۵۲/۰ ^{efg} ± ۱/۰	۷۱/۳ ^{fg} ± ۰/۶	۹
۸۲/۰ ^e ± ۲/۶	۶۶/۰ ^{ef} ± ۲/۱	۵۷/۳ ^{fgh} ± ۲/۱	۵۵/۷ ^e ± ۱/۰	۷۱/۰ ^{fg} ± ۱/۰	۱۰

جذب عناصر سنگین به وسیله خاک‌ها و مواد

اصلاح‌گر: یافته‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که کلسیت، زئولیت، بنتونیت و همتایت دارای ظرفیت جذب بالاتر معنی‌دار در سطح پنج درصد برای عناصر کادمیوم، نیکل و روی نسبت به تمام خاک‌های مورد آزمایش می‌باشند. در بین این چهار اصلاح‌گر، کلسیت بالاترین ظرفیت جذب را دارد، ولی ظرفیت جذب ایلیت تفاوت چندان زیادی با خاک‌ها ندارد. بنابراین، می‌توان مطرح نمود که افزودن چهار ماده اصلاحی یاد شده به تمام ۱۰ نوع خاک مورد آزمایش، افزایش ظرفیت جذب کادمیوم، نیکل و روی این خاک‌ها را باعث می‌شود و بیشترین افزایش مربوط به کلسیت است که با یافته‌های Freedman و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد.

آهک اضافه شده به خاک‌های آلوده با کادمیوم، منجر به کاهش ۷۵ درصدی این عنصر در ریشه‌های جو و ۵۰ درصد کاهش در ریشه‌های توتون شد (Mench و همکاران، ۱۹۹۴). علاوه بر آن، میزان سرب نیز در گیاهان یاد شده کاهش معنی‌داری پیدا نمود. در پژوهش دیگری، پژوهشگران یادشده، نقش آهک را در کاهش جذب سرب موجود در گیاهان جو و توتون به دست آوردند، اضافه کردن ایلیت تاثیری در افزایش جذب این خاک‌ها نداشت.

در مورد سرب، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد بالاترین میزان جذب به وسیله اصلاح‌گرهای کلسیت و همتایت (بدون تفاوت معنی‌دار با هم) انجام شده است. کلسیت، همتایت و زئولیت بالاترین میزان جذب مس را داشته، در حالی که بیشترین میزان جذب این عنصر با اختلاف معنی‌دار با دو ماده اصلاحی دیگر، به وسیله همتایت انجام شده است. کربنات‌ها و اکسیدهای آهن اصلاح‌گرهای اساسی برای تثبیت مس در خاک‌ها طبق پژوهش Kumpiene و همکاران (۲۰۰۸) شمرده شدند و ساز و کارهای نگه‌داشت این عنصر را رسوب کربنات‌ها و هیدروکسیدهای مس، تبادل یونی و تشکیل کمپلکس بر روی سطوح هیدروکسیدهای آهن، دانستند. در یک پژوهش گلخانه‌ای برای پاک‌سازی خاک‌های آلوده به مس و کادمیوم (Gadepalle, ۲۰۰۹) مشخص شد ترکیبی از اکسید آهن و کمپوست در کاهش جذب مس به وسیله

جو موثر بوده است. همین ترکیب و نیز مخلوط زئولیت و اکسید آهن برای کاهش جذب کادمیوم در این گونه خاک‌ها، نقش به‌سزایی داشته است.

Okhovvat و Mohammady (۲۰۰۹) نقش معنی‌دار بنتونیت طبیعی را در جذب سرب و کادمیوم موجود در خاک‌های آلوده، نشان دادند. در مورد نقش زئولیت در توانایی تثبیت‌کنندگی بالای عناصر، یافته‌های Querol و همکاران (۲۰۰۶) نقش زئولیت را در کاهش آب‌شویی کادمیوم، مس، نیکل و روی نشان داد که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. در پژوهش Hamidpour و همکاران (۲۰۱۰)، در خصوص تحرک و فراهمی عناصر سرب و کادمیوم در گیاه ذرت نشان داده شد که غلظت این دو عنصر در ریشه‌ها و ساقه‌های ذرت موقعی که در بستر زئولیتی رشد یافته‌اند، کمتر از موقعی است که در بستر بنتونیتی بودند. در نتیجه توانایی جذب سرب و کادمیوم به وسیله زئولیت بیشتر از بنتونیت بود. یافته‌های پژوهش Mahmoodabady و همکاران (۲۰۰۹) در ارزیابی گلخانه‌ای کاهش سمیت سرب با کاربرد زئولیت بر روی گیاه سویا نشان داد، کاربرد سرب تنها در خاک، باعث افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در گیاه و کاهش وزن خشک ریشه و شاخساره و کاربرد توام سرب و زئولیت، کاهش معنی‌دار غلظت سرب و افزایش وزن خشک ریشه و شاخساره شد. همچنین، Garcia-Sanchez و همکاران (۱۹۹۹) نیز تاثیر زئولیت در خروج آلاینده‌های کاتیونی از خاک‌های آلوده را نشان دادند. یافته‌های پژوهشی Gworek (۱۹۹۲) نقش زئولیت مصنوعی در کاهش میزان کادمیوم در ۸۵ درصد از برگ‌های کاهو و ۴۵ درصد ریشه‌های این گیاه را به اثبات رساند.

در مجموع، می‌توان مطرح نمود که در بین پنج اصلاح‌گر مورد استفاده در این پژوهش، کلسیت و همتایت مشترک بین این پنج اصلاح‌گر هستند که در صورت اضافه شدن به ۱۰ نوع خاک مورد آزمایش در این پژوهش (در حدود ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)، می‌توانند باعث افزایش ظرفیت جذب در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار پنج فلز کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی در این خاک‌ها شوند.

بدین‌وسیله کاهش جذب و انباشت عناصر یاد شده در گیاهان زیر کشت مناطق کشاورزی اطراف شهرستان تبریز را موجب شده و از مخاطرات ناشی از انباشت این فلزات می‌کاهند.

منابع مورد استفاده

1. Chubin, R.G. 1981. Adsorption of Pb onto soil constituents. *Journal of Environmental Quality*, 10: 225-228.
2. Chlopeka, B. and N. Adriano. 1997. Effects of amendments on heavy metal contents in maize. *Soil Science*, 140: 230-237.
3. Freedman, Y.E., M. Magaritz and G.L. Long. 1994. Interaction of metals with mineral surfaces in natural groundwater environment. *Chemical Geology*, 116: 111-121.
4. Gadepalle, V.P. 2009. Remediation of Cu and Cd in contaminated soils using compost with inorganic amendments. *Water, Air, Soil Pollution*, 196: 355-368.
5. Garcia-Sanchez, A., A. Alastuey and X. Querol. 1999. Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils. *Science of the Total Environment*, 242: 179-188.
6. Garau, L. 2002. In situ fixation of metals in soils using bauxite residue: chemical assessment. *International Journal of Environment and Pollution*, 118: 435-443.
7. Gworek, B. 1992. Lead inactivation in soils by zeolite. *Plant Soil*, 143: 71-79.
8. Hamidpour, M., M. Afyuni, M. Kalbasi, A.H. Khoshgofarmanes and V.J. Inglezakis. 2010. Mobility and plant availability of Cd and Pb adsorbed on zeolite and bentonite. *Applied Clay Science*, 48: 342-348.
9. Iskandar, I.J. 1989. *Environmental restoration of metal contaminated soils*, CRC Press, 320 pages.
10. Jalili, A., M. Jalali. 2009. Effects of organic and chemical amendments on reduction of heavy metals transport in a polluted soil. 11th Soil Science Confrance, 23-26 (in Persian).
11. Klute, A., D.R. Nielson and R.D. Jackson. 1965. *Methods of soil analysis*. Part 2, 2ed, Agronomy Monog. 9, SA, Madison, WI.
12. Kumpiene, J., A. Lagerkvist and C. Maurice. 2008. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments, A review. *Waste Management*, 12: 215-225.
13. Mahmoodabady, M.R., B. Atarody, G. Hadarabady, M.H. Sabery. 2009. 11th Soil Science Confrance, 77-80 (in Persian).
14. Mench, M.J., V.L. Didier, M. Löffler, A. Gomez and P. Masson. 1994. A mimicked in situ remediation study of metal contaminated soils with emphasis on cadmium and lead. *Journal of Environmental Quality*, 23: 58-63.
15. Okhovvat, A., J. Mohammady. 2009. Investigation of bentonite effect in Pb and Cd adsorption. 11th Soil Science Confrance, 40-43 (in Persian).
16. Page, A.L., R.H. Miller, D.R. Keeny, D.E. Baker and J.D. Roads. 1965. *Methods of soil analysis*, Part 1., 2ed, Agronomy Monog. 9, ASA, Madison, WI.
17. Prasad, M.N.V. 2008. *Trace elements as contaminated and nutrients*, Wiley and Sons, Inc., 675 pages.
18. Puls, R.W. and L.B. Hinrich. 1998. Sorption of Cd, Ni, and Zn by Kaolinite and Montmorillonite suspensions. *SSSA*, 25: 1289-1292.
19. Querol, X., A. Alastuey and N. Moreno. 2006. Immobilization of heavy metals in polluted soils by addition of zeolite material. *Chemosphere*, 62: 171-180.
20. Rybicka, E., W. Calmano and A. Breeger. 1995. Heavy metals sorption/desorption on competing clay minerals. *Applied Clay Science*, 9: 369-381.
21. Sherameti, I. 2006. *Soil heavy metals*, Springer Verlag, 492 pages.
22. Sposito, G. 1989. *The Chemistry of soils*. Oxford University Press, 277 pages.
23. Taghipour, H. 2009. Investigation of soil pollution of around Tabriz city. Final report of Health and Nutrition Faculty, Medical Science of Tabriz University (in Persian).
24. Tse-Ming, L. 2004. Effect of chemical amendments on the concentration of Cd and Pb in long-term contaminated soils. *Chemosphere*, 57: 1459-1471.
25. Xueyuan, G., J. Evans and S.J. Barabash. 2010. Modeling the adsorption of Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn onto montmorillonite. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 74: 5718-5728.
26. Zachara, J.M., C.E. Cowan and C.T. Resch. 1991. Sorption of divalent metals on calcite. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 55: 1549-1562.
27. Zaparro, M. and K. Miller. 2001. Lead, cadmium and calcium selectivity coefficients on montmorillonite, kaolinite and illite. *Journal of Environmental Quality*, 3: 250-252.

The role of five inorganic amendments on decreasing of some heavy metals adsorption by wastewater-irrigated plants

Ramin Salmasi¹, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Eastern Azerbaijan, Iran

Received: 24 December 2012

Accepted: 22 April 2013

Abstract

Heavy metals fixation in-situ by using inorganic amendments is a method for remediation of polluted soils. The goal of this research is to determine five kinds of amendments efficiency for heavy metals fixation of waste-water-irrigated soils of Tabriz city and to suggest the best amendment/amendments. For this purpose, solutions containing Cd, Pb, Cu, Ni, and Zn were added to 0.5 gram of five amendments including calcite, hematite, zeolite, illite, and bentonite; and 10 soil samples from around of Tabriz city. After shaking, these five element concentrations were determined in filtered solution by using atomic absorption instrument. Retention capacity percentages of these elements were calculated and the best amendments were determined by using Dunkan method. There were sharp differences of heavy metals retention between amendments. Calcite had the highest retention of Cd, Ni, and Zn; hematite the highest one of Cu and Pb; and the least one was for illite. Calcite, zeolite, bentonite, and hematite had significant (in 5 % level) higher retention capacities of Cd, Ni, and Zn in compared to 10 the soil samples. The highest retention capacities were done by calcite and hematite (without significant differences) for Pb. Calcite hematite, and zeolite had the highest retention of Cu. However, the highest retention was done by illite with significant difference with other two amendments. The retention capacities of calcite and hematite amendments for the five elements were higher than all 10 soil samples in 5% level and can cause low uptake and accumulation of these elements in agricultural crops of polluted soils of around Tabriz city.

Key words: Efficiency, Fixation, Heavy metals, Pollutant, Soil remediation

¹ Corresponding author: raminsalmasi@yahoo.com