مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص ۲۹-۲۰

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 2, Summer 2009, p.20-29

بررسی اثرات کمپوست بقایای نیشکر و EDTA (اتیلن دی امین ترا استیک اسید) در کشت کلزا جهت پالایش خاکهای آلوده به کادمیم، سرب و نیکل

مصطفی چرم*-آذین علیزاده[۱]

تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۲۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۱۰

چکیده

از گیاهان می توان برای پاکسازی خاک از آلاینده‌ها استفاده کرد ولی این امر ممکن است سالها و یا حتی چندین دهه وقت لازم باشد. به همین دلیل گیاه پالایی به همراه مواد شیمیایی اصلاح کننده مطرح است. گیاه پالایی شیمیایی عبارتست از استفاده از ترکیبات شیمیایی و مواد آلی برای بهبود راندمان پالایش عناصرفلزی توسط گیاهان . این تحقیق با هدف مقایسه تأثیر کلات کننده‌های سنتزی(EDTA) و کمپوست ضایعات نیشکردر پالایش خاک آلوده به عناصر کادمیم ، سرب و نیکل تحت کشت کلزا، به صورت آزمایش گلخانه ای اجرا شد. یک نمونه خاک زراعی با دو سطح آلودگی ۸۰۰ و ۱۶۰۰ پی پی ام به روش اسپری کردن آلوده شد. به تعدادی از نمونه‌ها ی خاک، کمپوست بقایای نیشکر به مقادیر ۲۰ و۵۰ تن در هکتار اضافه شد. تعداد ۵ بذر کلزا با قوه نامیه ۹۵ درصد در گلدانها کاشته شد.۲ هفته پس از کاشت به تعدادی دیگر از گلدانها EDTA به مقادیر صفر و۱۰و۲۰ میلی مول بر کیلوگرم همراه با آب آبیاری اضافه شد . ۸ هفته پس از کاشت گیاهان برداشت شدند و آنالیز خاک و گیاه صورت گرفت. نتایج نشان داد کاربرد EDTA و کمپوست بقایای نیشکر غلظت کادمیم، سرب و نیکل را در اندام هوایی گیاه و ریشه کلزا به ترتیب (۴/۳ و ۴/۱)، (۴ و ۴/۲) و (۲/۸ و ۲/۹) برابر نسبت به شاهد افزایش داد. حلالیت عناصر آلاینده در خاک در نمونه‌هایی که کلات دریافت کرده بودند نسبت به نمونه‌های شاهد (خاک بدون آلودگی) در سطح احتمال ۱ درصد به طور معنی داری بیشتر بود و این افزایش در نمونه‌های با سطح بالای کلات کننده به مراتب بیشتر از سطح کم آنان بود. تأثیر کمپوست و EDTA در انتقال عنصر کادمیم از ریشه به اندامهای هوایی در مقایسه با شاهد معنی دار بود. در سطح زیاد آلودگی خاک، EDTA و کمپوست نقش مؤثری بر انتقال نیکل از ریشه به اندام‌های هوایی در مقایسه با شاهد نشان دادند. نتایج نشان داد که تأثیر کمپوست و EDTA بر ضریب انتقال و شاخص جذب عناصر در مقایسه با شاهد معنی دار بود. افزایش شاخص جذب در تیمارهای کمپوست را می توان به نقش مثبت کمپوست در بهبود خواص فیزیکی ، شیمیایی و حاصلخیزی خاک مرتبط دانست و کاهش شاخص جذب در تیمارهای با سطح زیاد EDTA را می توان به ایجاد سمیت در گیاه و کاهش عملکرد آن نسبت داد.

واژه‌های کلیدی : گیاه پالایی، EDTA، کمپوست نیشکر، فلزات سنگین ، شاخص جذب

مقدمه

خاک به عنوان یکی از منابع طبیعی دیر تجدید شونده نقش مهمی در چرخه عناصر آلی و معدنی ایفا می کند. آلودگی زیست محیطی بخصوص آلودگی عناصر شیمیایی یکی از فاکتورهای اصلی در تخریب زیست کره محسوب می شود. عناصری که بالاترین خطر را برای محیط زیست دارند برلیم ، کادمیم ، مس ، جیوه ، نیکل ، سرب ، سلنیم ، وانادیم و روی می باشند (۱۱). این عناصر از طریق زنجیره غذایی وارد بدن شده و بدین ترتیب سلامت انسان را مورد تهدید قرار می دهند. مثال بارز در این مورد بروز بیماری خاصی در بین کشاورزان ژاپنی است ، این بیماری که نتیجه ورود کادمیم به بدن است با کم کاری کلیه‌ها و تخریب بافت استخوانی همراه است. سرب از دیگر عناصر کمیاب است که بطور عمده در اثر احتراق بنزین سرب دار وارد هوا شده و در نهایت وارد خاک می شود. ورود سرب به بدن با اثرات مختلفی همراه است که از آن جمله می توان به جلوگیری از تولید هموگلوبین در خون و آسیب‌های ذهنی بویژه در کودکان اشاره کرد (۱). با توجه به خطرات زیست محیطی عناصر سنگین ، موضوع استفاده از گیاهان به منظور پالایش محیط زیست از عناصر فلزی فوق در دهه‌های اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته

۱ – به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(* نویسنده مسئول: E-mail :mchorom@yahoo.com)

است. گیاهانی که برای پاکسازی خاک از آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می گیرند اصطلاحا" انباشتگر نامیده می شوند. با گیاهانی که در دسترس هستند برای پاکسازی خاک ممکن است سال‌ها وقت لازم باشد. بلی لاک و همکاران، هونگ و کانینگهام گیاه پالایی تیمار شده با مواد شیمیایی را مطرح کردند (۳و ۸).

گیاه پالایی شیمیایی عبارتست از استفاده از ترکیبات شیمیایی و مواد آلی برای بهبود راندمان پالایش عناصر فلزی توسط گیاهان است. در گیاه پالایی شیمیایی از ترکیبات اصلاحی مانند اسید سیتریک ، EDTA (Ethylenediamine tetraacetic acid)، CDTA (Cyclohexyleinitrilo tetraacetic acid)، به منظور افزایش حلالیت عناصر فلزی در خاک بکار گرفته شده است (۱۰). گیاه پالایی شیمیایی روشی است که در آن از کلات کننده‌های مختلف جهت افزایش جذب فلزات توسط گیاه استفاده می شود. در این حالت ماده خشک تولید شده افزایش یافته و موجب می گردد مقدار زیادی عناصر فلزی که با تیمارهای شیمیایی اعمال شده، جذب گیاه گردند. کمپلکس این کلات کننده‌ها با عناصر سنگین در مقایسه با کلات کننده‌های آلی پایداری بیشتری در خاک دارد. در میان اصلاح کننده‌ها ، EDTA به عنوان ماده ای که حلالیت فلزات را در خاک افزایش می دهد و اثرات کافی بر واجذبی عناصر سنگین مخصوصاً سرب از خاک دارد معرفی شده است. یافته‌های محققان زیادی اثبات می کند که کمپلکس فلز با EDTA در خاک می تواند حلالیت فلز را به خوبی افزایش دهد و ضریب انتشار فلز را در خاک زیاد کند. لذا پتانسیل گیاه برای برداشت فلز افزایش می یابد (۱۹). لومبی در مطالعه ای، گیاه پالایی طبیعی و گیاه پالایی تیمار شده با مواد شیمیایی را به کمک یک آزمایش گلدانی مقایسه نمودند. دراین مقایسه گیاه پالایی طبیعی برای استخراج روی و کادمیم توسط گیاه کیسه چوپان و گیاه پالایی شیمیایی (تیمارشده با EDTA) توسط ذرت در خاک آلوده شده توسط لجن فاضلاب مورد مطالعه قرارگرفتند. نتایج نشان داد که در تیمار EDTA ، حلالیت عناصر سنگین در هر دو خاک افزایش یافته ولی این موجب تجمع عناصر کمیاب بیشتر در اندامهای هوایی ذرت نشد (۱۲). در تحقیق دیگری که توسط سالت انجام شد کاربرد ۵ میلی مول EDTA بر کیلوگرم خاک در بهبود گیاه پالایی گیاه سوپر جاذب خردل هندی بسیار مؤثر تشخیص داده شد. چون ریشه‌های این گیاه ظرفیت بالایی در جذب کادمیم در دیواره‌های سلولی خود دارند، لذا کاربرد این ماده در افزایش جابجایی این عنصر از ریشه به اندامهای هوایی بسیار مفید بود و بنظر می رسد EDTAتوانایی ویژه ای در تخریب سلولهای دیواره ریشه دارد (۱۶). بعضی یافته‌های دیگر مبتنی بر این حقیقت هستند که در صورتی انتقال کمپلکس سرب یا کادمیم با EDTA از ریشه به اندامهای هوایی صورت می گیرد که سطح این عناصر در ریشه به اندازه کافی بالا باشد تا علائم سمیت آشکار شده و گیاه احساس خطر نماید لذا ریشه از طریق آوندها این ماده اضافی را از خود دور می کند (۱۸). چن و زیانگ دنگ گزارش نمودند کاربرد ۱۰ میلی مول EDTA برکیلوگرم خاک باعث بروز آثار سمیت در برگهای گیاه خردل هندی و کاهش وزن خشک گیاه در مقایسه با شاهد شد و غلظت سرب در محلول خاک ۲۴ ساعت بعد از کاربرد کلات ، ۸۵ برابرافزایش یافت (۵). در تحقیق دیگری که توسط جیانگ و لائو انجام شد سطوح مختلف آلودگی توسط کادمیم از ۱۰ تا ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شد. کاربرد ۲۰۰ میلی گرم برکیلوگرم خاک از EDTA در این خاکهای آلوده تحت کشت خردل هندی نمایانگر این مسأله بود که در غلظتهای کمتر از ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم ، غلظت کادمیم در گیاه شاهد و گیاهان تحت کلات یکسان بود ولی در غلظت بیش از۱۵۰ میلی گرم بر کیلو گرم کادمیم خاک ، نمونه‌های تحت تیمار EDTA افزایش چشمگیری در برداشت کادمیم از ریشه به اندامهای هوایی نشان دادند که این افزایش، همراستا با افزایش غلظت محلول کادمیم در خاک بود (۹). در زمینه گیاه پالایی شیمیایی در خاکهای اهکی و خصوصا" در ایران اطلاعات زیادی وجود ندارد لذا این پژوهش با اهداف زیر انجام شد.

۱- بررسی اثر EDTA و کمپوست بقایای نیشکر در جذب عناصر آلاینده توسط اندام‌های هوایی و ریشه گیاه کلزا و در خاک.

۲- تعیین ضریب انتقال و شاخص جذب عناصر آلاینده در گیاه کلزا تحت تأثیر کلات‌های سنتزی و کمپوست بقایای نیشکر

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر EDTA و کمپوست بقایای نیشکر و افزایش نقش گیاه پالایی کلزا در کاهش آلودگیهای سه عنصر کادمیم ، سرب و نیکل، آزمایشات گلدانی به صورت طرح کامل تصادفی با سه غلظت متفاوتEDTA با سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مول بر کیلو گرم خاک ، و کمپوست بقایای نیشکر با سطوح صفر،۲۰ و ۵۰ تن در هکتار و دو تیمار مختلف غلظت عناصر ، که شامل ۲ سطح غلظت عناصر کادمیم ، سرب و نیکل مجموعاً ۸۰۰ (۵۰ کادمیم ، ۲۵۰ نیکل و۵۰۰ سرب) و ۱۶۰۰ (۱۰۰ کادمیم ، ۵۰۰ نیکل و ۱۰۰۰ سرب) میلی گرم بر کیلو گرم خاک با سه تکرار در ۴۸ گلدان اجرا شد. نمونه خاک از زمین‌های اطراف دانشکده کشاورزی دا نشگاه شهید چمران برداشت شد. خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه ، هوا خشک و کوبیدن از الک ۲ میلی متری عبور داده شد ، سپس برخی خواص فیزیکی و شیمیایی اولیه آن و کمپوست اندازه گیری شد (جدول۱). جهت آلوده کردن خاکها، به ازاء هر۱۰ کیلوگرم خاک ۲ لیتر محلول شامل ۲ سطح غلظت عناصر کادمیم ، سرب و نیکل مجموعاً ۸۰۰ و۱۶۰۰ میلی گرم بر کیلو گرم خاک جداگانه اسپری شد. خاک کاملاً مخلوط گردید و به مدت ۲ هفته نگهداری شد. پس از آن گلدا نهای

پلاستیکی ۴ کیلو گرمی را از خاک پر کرده و کودهای اوره، سولفات پتاسیم و دی آمونیم فسفات به نسبت ۲:۱:۱ اضافه شد. همچنین کمپوست به میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم به تعدادی از گلدانها اضافه شد و به مدت دو هفته در دمای اطاق و ۵۰ درصد رطوبت وزنی نگهداری شدند. برخی از خصوصیات شیمیایی کمپوست در جدول ۱ نشان داده شده است. غلظت کل عناصر Cd, Ni ,Pb, Cu, Mn, Zn, Fe, در کمپوست بقایای نیشکر اندازه گیری شد. تعداد ۵ بذر کلزا با قوه نامیه ۹۵ درصد در گلدانها کاشته شد. آبیاری گلدانها ۲ بار در هفته به شکلی که آبی از گلدانه خارج نشود صورت گرفت. از EDTA به مقادیر مورد نظر محلولهایی درست کرده و پس از ۲ هفته از کاشت در طی ۳ مرحله همراه با آب آبیاری به تعددی از گلدانها اضافه شد. رشد گیاهان همراه با آبیاری کلیه گلدا نها در دوره ۸ هفته در محیط گلخانه انجام گرفت. بعد از گذشت این زمان گیاهان بطور کامل از گلدانها جدا و نمونه‌های خاک از محل اطراف ریشه گیاه برداشت شد. نمونه‌های گیاهی به روش سه اسید در مخلوط اسیدنیتریک، اسیدسولفوریک و اسیدهیپوکلریک هضم گردید (۲). نمونه‌های خاک در پایان آزمایش، هوا خشک و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. هدایت الکتریکی در عصاره اشباع، pH در گل اشباع، درصد شن، سیلت و رس به روش هیدرومتری، ماده آلی به روش اکسایش تر، ازت کل به روش کجلدال، سدیم و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم، فسفر به روش اولسن و غلظت سایر کایتون‌ها و آنیون‌ها با روش تیتراسیون اندازه گیری شد (۲). اندازه گیری غلظت عناصر در گیاه به روش سه اسید و در خاک به روش استخراج با DTPA (Dienthylennetrinitrilo penta acetic acid) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. از نرم افزار SPSS جهت انجام بررسی‌های آماری استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت کادمیم، سرب و نیکل در اندام هوایی گیاه

در هر دو سطح کم و زیاد آلودگی خاک کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری موجب افزایش غلظت عناصر کادمیم، سرب و نیکل در اندام هوایی گیاه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول۲). کمپوست نیشکر بر خلاف کلاتهای سنتزی (EDTA) موجب افزایش رشد گیاهان، شادابی و ایجاد بیومس بیشتر شده و باعث سمیت در گیاه نشد. کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت کادمیم در اندام هوایی گیاه شد که در این تأثیر اثر کمپوست قوی تر از EDTA مشاهده شد. به طوری که کمپوست باعث ۳/۸ برابر افزایش در غلظت کادمیم در اندام هوایی گیاه نسبت به شاهد شد. همچنین در خاک با آلودگی کم کاربرد EDTA باعث ۴/۳ برابر افزایش در غلظت کادمیم در اندام هوایی گیاه در مقایسه با شاهد شد. کمپوست نیز با ۴/۱ برابر افزایش در غلظت کادمیم در اندامهای هوایی گیاه اثر معنی داری بر غلظت این عنصر داشت. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات‌هالیم و همکاران همخوانی دارد. آنها مقادیر متفاوت اسید هومیک را (۱ و۲ درصد) به خاک اضافه نمودند و مشاهده کردند که غلظت کادمیم در اندامهای هوایی گیاه تنباکو در مقایسه با شاهد افزایش یافت بطوریکه با کاربرد اسید هومیک به سرعت غلظت کادمیم در اندامهای هوایی گیاه افزایش یافت و به بیش از ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم رسید. شاید یکی از دلایل افزایش سرعت تحرک و غلظت کادمیم در اندام گیاه پس از کاربرد اسید هومیک، کاهش pH خاک از ۷/۲ به ۶/۶ باشد. این کلات کننده‌ها برخلاف کلات کننده‌های سنتزی موجب کاهش رشد و ایجاد سمیت در گیاه نمی شوند (۷). کاربرد کمپوست و EDTA به‌طور معنی داری باعث افزایش غلظت سرب در اندام هوایی گیاه در مقایسه با شاهد شد که اثر کمپوست ، قوی تر از EDTA دیده شد. به طوری که کمپوست باعث افزایش ۷/۴ برابر در غلظت سرب در اندام هوایی گیاه در مقایسه با شاهد در سطح آلودگی زیاد خاک شد و EDTA با ۴/۳ برابر افزایش در مرتبه دوم قرار گرفت (جدول۲). اگر چه غلظت کل اولیه سرب در کمپوست زیاد می باشد ولی به دو دلیل اثر آن در معنی دار بودن بین تیمارها نمی تواند چشمگیر باشد. اولا" میزان متوسط کمپوست اضافه شده به خاک گلدانها ده گرم بود که با توجه به اثر رقت نمی توان گفت غلظت سرب در این تیمار در حالت استخراج با DTPA اختلاف معنی داری با خاک شاهد خواهد داشت. ثانیا" با توجه به اضافه کردن مقادیر ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلو گرم سرب به گلدانها مقادیر اولیه می تواند چشمگیر نباشد. در خاک با سطح کم آلودگی ، کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت سرب در اندام هوایی گیاه شد که در این مورد ، EDTA و کمپوست هر کدام به میزان ۴ برابر موجب افزایش غلظت سرب در اندام هوایی گیاه شدند. لائو و شن (۲۰۰۵) تأثیرEDTA ، (EDDS (-Ethylendiamine disuccinic acid و اسید سیتریک را در گیاه پالایی خاک آلوده به عناصر کادمیم و سرب بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که EDTA ، غلظت سرب و کادمیم را در اندامهای هوایی گیاه ذرت و لوبیا افزایش داد (۱۳). در تحقیقی که توسط چن و زیانگ دنگ انجام شد تأثیر EDTA در افزایش برداشت سرب توسط اندامهای هوایی گیاه*Hemidesmus indicus* بررسی و مشخص شد که کاربرد ۲ گرم بر کیلوگرم از این کلات کننده در خاک موجب افزایش غلظت سرب در اندام هوایی گیاه به میزان ۱/۳ برابر در مقایسه با گیاه شاهد شد (۵). در خاک با آلودگی زیاد،کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت نیکل در اندام‌های هوایی گیاه شد که در این تأثیر اثر کمپوست قوی تر از EDTA دیده شد. به طوری که کمپوست باعث ۲/۱ برابر افزایش

غلظت نیکل در اندام هوایی در مقایسه با شاهد شد پس از کمپوست ، EDTA با ۱/۹ برابر افزایش در رتبه دوم قرار گرفت. با توجه به اضافه کردن مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در کیلو گرم نیکل به گلدانها غلظت اولیه در تیمارها نمی تواند چشمگیر باشد. در خاک با آلودگی کم کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت نیکل در اندام هوایی گیاه شد. کمپوست با ۲/۹ برابر افزایش در مرتبه اول، EDTA با ۲/۸ برابر در مرتبه بعدی قرار گرفت.

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت کادمیم،سرب و نیکل در ریشه گیاه

در هر دو سطح آلودگی خاک تاثیر EDTA و کمپوست موجب کاهش غلظت کادمیم در ریشه در مقایسه با شاهد شد که بیانگر توانایی این دو تیمار در انتقال کادمیم از ریشه به اندام هوایی است (جدول ۳). ولی در مورد سرب و نیکل کاربرد کلات کننده‌ها موجب افزایش غلظت این دو عنصر در ریشه گردید. کاربرد سطح بالای دو تیمار موجب افزایش غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه در مقایسه با سطح کم آنها شد. پس گیاهان دو مرحله مهم را پیش رو دارند. ۱- ورود کمپلکس کلات فلز به ریشه ۲- انتقال این کمپلکس کلات فلز از بین آندودرم و شکافهای نوار کاسپارین. بدین شکل عنصر وارد ریشه شده و به اندامهای هوایی انتقال می یابد. شاید یکی از علل تخریب ناقلین ریشه‌ها ایجاد سمیت توسط کلات کننده‌ها باشد (۴). به نظر می رسد که EDTA می تواند سلولهای جدار ریشه و یا ناقلین دیگر را که بر روی سلولهای ریشه قرار دارند تخریب کند و عبور خود را به همراه فلزی که کلات کرده هموار نماید (۶). در خاک با آلودگی زیاد کاربرد EDTA و کمپوست به ترتیب موجب ۳/۳ و ۲/۲ برابر کاهش در مقایسه با شاهد در غلظت کادمیم در ریشه گیاه شد که بیانگر توانایی اثر انها در انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی گیاه می باشد (جدول۳). همچنین در خاک با آلودگی کم کاربرد EDTA و کمپوست به ترتیب باعث ۲/۲ ر ۲ برابر کاهش غلظت این عنصر در ریشه در مقایسه با شاهد شد. در تحقیقی که توسط لائو و همکاران (۲۰۰۴) انجام شد مشخص گردید که با افزایش میزانEDTA از صفر به ۱۲ میلی مول بر کیلوگرم نسبت مس ، روی ، سرب وکادمیم در اندامهای هوایی به ریشه خردل هندی افزایش یافت. بعضی گونه‌های کیسه چوپان به احتمال قوی ناقلین ویژه برای کادمیم بر روی ریشه‌هایشان دارند که موجب جذب زیاد کادمیم توسط ریشه می‌شود. به نظر می رسد این ناقلین تأثیر زیاد خود را بر روی جذب کادمیم از طریق کاهش دادن قدرت جذب روی توسط ریشه می‌گذارند و به نوعی رقابت روی با کادمیم را کاهش می‌دهند (۱۴).

(جدول ۱)- خصوصیات شیمیایی کمپوست بقایای نیشکر و خاک

	بافت	EC_e	pH	N	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	Cd*	Ni
	خاک	dS/m		٪			mg/kg						
کمپوست	-	۶/۴۷	۷/۴	۰/۸۰	۰/۵۰۰	۰/۴۸۰	۶۰۰	۷۶/۴	۲۳۵/۲	۳۱/۴	۴۲/۳	___	۷۰
خاک	SCL	۲/۵۵	۷/۸	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۲۱	۳۰/۰	۱۸/۰	۸/۰	۳/۰	___	۱

*غلظت کادمیم در نمونه‌ها کمتر از تشخیص دستگاه بود

(جدول ۲) - میانگین اثر تیمارها بر غلظت عناصر در اندام هوایی (میلی گرم بر کیلوگرم)

تیمار	سطح زیاد آلودگی			سطح کم آلودگی		
	Cd	Pb	Ni	Cd	Pb	Ni
شاهد	۶۷/۳۳ a	۱۱/۸۳ a	۹۶/۵۴ a	۴۱/۰۹ a	۹/۹۳ a	۶۰/۳۹ a
EDTA	۲۲۶/۷۱ b	۵۱/۲۷ b	۱۸۰/۸۱ b	۱۷۵/۷۲ b	۳۶/۴۲ b	۱۶۷/۷۰ b
کمپوست	۲۵۶/۷۱ c	۸۷/۶۸ c	۲۰۶/۵۸ c	۱۶۸/۸۸ c	۳۱/۳۵ b	۱۷۶/۶۰ c

(جدول۳)- میانگین تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر در ریشه (میلی گرم بر کیلوگرم)

تیمار	سطح زیاد آلودگی			سطح کم آلودگی		
	Cd	Pb	Ni	Cd	Pb	Ni
شاهد	۵۳/۷۰ c	۱۲۷/۲۹ a	۷۹/۹۸ a	۲۸/۵۷ b	۱۲۴/۱۲ a	۶۱/۲۸ a
EDTA	۱۶/۵۴ a	۲۱۰/ ۷۱ b	۱۵۷/۴۴ c	۱۳/۴۰ a	۲۰۳/۷۴ b	۱۵۶/۱۴ b
کمپوست	۲۴/۴۳ b	۲۴۱/۸۰ c	۱۴۲/۱۸ b	۱۴/۱۸ a	۲۱۴/۵۷ b	۱۶۸/۳۴ c

در خاک با آلودگی زیاد تأثیر اثر کمپوست و EDTA به ترتیب با ۲/۵و ۲/۲ برابر افزایش غلظت سرب در ریشه در مقایسه با شاهد بود. همچنین در خاک با آلودگی کم تأثیر EDTA و کمپوست به ترتیب ۱/۶ و ۱/۷ برابر افزایش در غلظت سرب در ریشه در مقایسه با شاهد در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول۳). در خاک با آلودگی زیاد کاربرد کمپوست و EDTA نیز با ۱/۸ برابر افزایش در غلظت نیکل در ریشه گیاه در مقایسه با شاهد، در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. در خاک با آلودگی کم کاربرد کمپوست موجب ۲/۸ برابر افزایش در غلظت نیکل در ریشه گیاه در مقایسه با شاهد شد. EDTA موجب ۲/۶ برابر افزایش در غلظت نیکل در ریشه در مقایسه با شاهد شد (جدول۳).

ضریب انتقال کادمیم،سرب و نیکل

ضریب انتقال هر عنصر از تقسیم غلظت عنصر در اندام هوایی به غلظت کل عنصر در خاک بدست می آید. ضریب انتقال با این که قدرت نسبی گیاهان و یا تیمارهای مختلف را برای پالایش عناصر فلزی از خاک نشان می دهد ، ولی برای ارزیابی نهایی کافی نمی‌باشد. از آنجایی که علاوه بر غلظت عنصر ، میزان ماده خشک اندام هوایی نیز در تعیین پتانسیل پالایش عناصر نقش مهمی دارد لذا برای ارزیابی نهایی قدرت گیاه پالایی گیاهان ، این پارامتر کافی نیست (۱). در خاک با آلودگی زیاد و کم بالاترین ضریب انتقال کادمیم در تیمار با سطح زیاد کمپوست دیده شد و پس از آن تیمار EDTA قرار داشت که همگی از شاهد بزرگتر بودند (جدول۴). اثرات تیمارها بر ضریب انتقال سرب در هر دو سطح آلودگی خاک نسبت به‌شاهد معنی داراست. تحرک سرب در خاک و گیاه کم است. سرب تمایل زیادی برای تجمع در ریشه دارد و انتقال این عنصر از ریشه به اندام‌های هوایی با مقاومت زیادی روبرو می باشد ، که نتایج بیانگر این حقیقت می باشند. به طور کلی جذب سرب توسط ریشه به صورت غیرفعال صورت می گیرد ولی ریشه‌های موئین می توانند مقادیری از آن را جذب و در سلولهای دیواره ریشه ذخیره نمایند (۱). بالاترین ضریب انتقال سرب در تیمار با سطح زیاد کمپوست دیده می شود و پس از آن تیمار EDTA قرار دارد که همگی از شاهد بزرگترند (جدول۵). بالاترین ضریب انتقال نیکل نیز در تیمارهای با سطح زیاد کمپوست دیده می شود که بیانگر قدرت این کلات در انتقال عناصر از خاک به گیاه است. تیمارهای دیگر نیز همگی از شاهد بزرگترند (جدول۶).

شاخص جذب،کادمیم سرب و نیکل

شاخص جذب هر عنصر از حاصلضرب ضریب ماده خشک در غلظت عنصر در اندام هوایی به دست می آید. ضریب ماده خشک نیز از تقسیم وزن ماده خشک یک گونه به حداکثر ماده خشک تولیدی در آزمایش به دست می آید. شاخص جذب یک معیار نسبی برای تعیین پالایش عناصر فلزی در خاک می باشد و در واقع در استخراج عناصر فلزی از خاک قویترین معیار برای تعیین پتانسیل گیاه پالایی می‌باشد (۱). حداکثر شاخص جذب کادمیم ، در تیمارهای کمپوست دیده می‌شود که علت آن افزایش وزن ماده خشک اندام هوایی در اثر کاربرد مواد آلی است. تیمارهای دیگر نیز همگی از شاهد بزرگترند و در گروه‌های مختلف قرار می گیرند (جدول۴).

به طور کلی شاخص جذب سرب در مقایسه با کادمیم و نیکل از اعداد کوچکتری تشکیل شده که علت آن کمتر بودن غلظت سرب در اندام هوایی گیاه می باشد. افزایش شاخص جذب در تیمارهای کمپوست را می توان به تأثیر مثبت مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مرتبط دانست. مواد آلی با بهبود خصوصیات ذکر شده موجب افزایش جذب عناصر کم مصرف و پر مصرف شده ، به همین دلیل رشد و تکامل گیاه بهتر صورت گرفته است (جدول۵).

بعضی مواقع غلظت عنصر در اندام هوایی افزایش می یابد ولی شاخص جذب کاهش می یابد. مثلاً همانگونه که مشخص شده است در تیمارهای با سطح زیاد EDTA، با وجودی که غلظت عنصر نیکل در اندام هوایی افزایش یافته ولی شاخص جذب کاهش یافته است که به دلیل ایجاد سمیت می باشد که موجب کاهش عملکرد اندام هوایی گردیده است (جدول۶). حداکثر شاخص جذب نیکل را در تیمارهای کمپوست می بینیم و پس از آن تیمارهای سطح کم EDTA قرار دارد. کاهش شاخص جذب در تیمارهای با سطح زیاد EDTA را می‌توان به ایجاد سمیت در گیاه و کاهش عملکرد آن نسبت داد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقی که لائو و همکاران انجام دادند مطابقت دارد. آنها کاربرد مقادیر متفاوت EDTA را در جذب سرب توسط اندامهای هوایی دو گیاه Coronariom و لوبیا بررسی نمودند. با افزودن مقادیر متفاوت EDTA (۰/۵ ، ۱، ۱/۵ ، ۳ ،۵ میلی مول بر کیلوگرم خاک) ، غلظت سرب در اندام هوایی گیاه کورونواریوم افزایش یافت. افزودن ۵ میلی مول بر کیلوگرم EDTA به خاک غلظت سرب را در اندام هوایی گیاه به ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم رساند . کاربرد ۵ میلی مول بر کیلوگرم EDTA ، غلظت سرب را در اندام هوایی گیاه لوبیا به ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم رسانید (۶).

بررسی تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر محلول در خاک

در دو سطح آلودگی خاک کاربردEDTA و کمپوست موجب افزایش غلظت سرب، کادمیم و نیکل قابل جذب در خاک گردید (نمودارهای ۱و۲و۳). کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری غلظت سرب را در محلول خاک به ترتیب با ۱/۷ و ۱/۴ برابر افزایش

(جدول٤)- میانگین اثرات تیمارها بر ضریب انتقال و شاخص جذب کادمیم

تیمارها	ضریب انتقال کادمیم در سطح زیاد آلودگی خاک	ضریب انتقال کادمیم در سطح کم آلودگی خاک	شاخص جذب کادمیم در سطح زیاد آلودگی خاک mg/kg	شاخص جذب کادمیم در سطح کم آلودگی خاک mg/kg
شاهد (صفر)	۰/۷۰۳۸۱ ^{a}	۰/۸۰۹۹۳^{a}	۶/۶۱۶۷۰^{a}	۱/۲۱۸۴۴^{a}
10mmol/kg soil EDTA	۲/۲۲۵۲^{b}	۲/۵۲۰۰۰^{b}	۱۵/۴۵۴۷۸^{c}	۴/۶۱۵۰۰^{c}
20mmol/kg soil EDTA	۲/۳۱۵۵۶^{c}	۴/۰۱۶۶۷^{d}	۱۱/۴۱۶۸۹^{b}	۲/۰۲۱۴۴^{b}
کمپوست25 g/kg soil	۲/۴۱۰۰۰^{d}	۲/۸۱۰۰۰^{c}	۱۳۲/۱۳۶۷^{d}	۷۸/۱۱۸۸۹^{d}
کمپوست50g/kg soil	۲/۷۱۰۰۰^{e}	۴/۳۰۰۰۰^{e}	۲۲۰/۰۹۶۷^{e}	۱۵۰/۴۲۳۳^{e}

(جدول ٥)- میانگین اثرات تیمارها بر ضریب انتقال و شاخص جذب سرب

تیمارها	ضریب انتقال کادمیم در سطح زیاد آلودگی خاک	ضریب انتقال کادمیم در سطح کم آلودگی خاک	شاخص جذب کادمیم در سطح زیاد آلودگی خاک mg/kg	شاخص جذب کادمیم در سطح کم آلودگی خاک mg/kg
شاهد (صفر)	۰/۰۱۰۰۰۰^{a}	۰/۰۲۱۷۱۵^{a}	۱/۳۲^{a}	۰/۲۹۱^{a}
10mmol/kg soil EDTA	۰/۰۴۰۲۵۶^{b}	۰/۰۵۱۶۷^{b}	۲/۳۸^{b}	۰/۷۲۷^{c}
20mmol/kg soil EDTA	۰/۰۶۱۳۱۳^{c}	۰/۱۱۹۳۳^{e}	۲/۸۴^{c}	۰/۴۱۴^{b}
کمپوست25 g/kg soil	۰/۰۷۱۰۰۰^{d}	۰/۰۶۱۳۳^{c}	۴۰/۶۱^{d}	۱۸/۰۲^{d}
کمپوست50g/kg soil	۰/۱۲۰۰۰۰^{e}	۰/۰۷۱۰۰۰^{d}	۹۴/۱۰^{e}	۳۴/۲۴^{e}

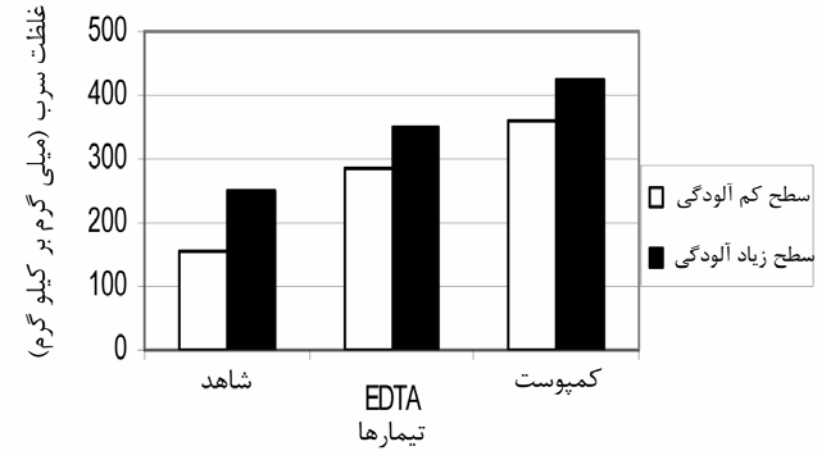
(جدول ٦)- میانگین اثرات تیمارها بر ضریب انتقال و شاخص جذب نیکل

تیمارها	ضریب انتقال کادمیم در سطح زیاد آلودگی خاک	ضریب انتقال کادمیم در سطح کم آلودگی خاک	شاخص جذب کادمیم در سطح زیاد آلودگی خاک mg/kg	شاخص جذب کادمیم در سطح کم آلودگی خاک mg/kg
شاهد (صفر)	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۹/۲^{a}	۱/۲۱^{a}
10mmol/kg soil EDTA	۰/۲^{a}	۰/۶۱^{b}	۱۱/۹۰^{c}	۴/۴۲^{c}
20mmol/kg soil EDTA	۰/۴^{b}	۰/۷۱^{c}	۹/۷۰^{b}	۱/۷۲^{b}
کمپوست25 g/kg soil	۰/۴^{b}	۰/۷۱^{c}	۱۱۵/۴۹^{d}	۱۰۱/۶۹^{d}
کمپوست50g/kg soil	۰/۴۲^{d}	۰/۷۳^{d}	۱۸۰/۱۵^{e}	۱۲۰/۴۵^{e}

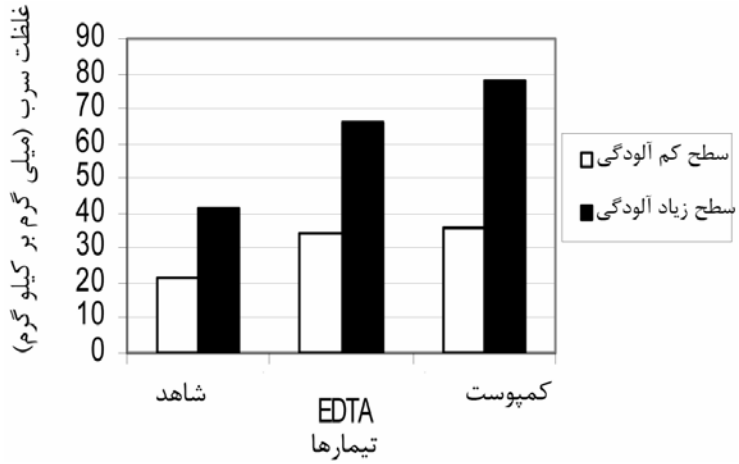
نسبت به خاک شاهد باعث شد. همچنین در خاک با آلودگی کم کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری غلظت سرب را در خاک در مقایسه با خاک شاهد افزایش داد (نمودار ۱). نتایج این تحقیق با نتایج لائو و همکاران همخوانی دارد. آنها پس از کاربرد مقادیر متفاوت EDTA و EDDS (۰ تا ۵۰ میلی مول بر کیلوگرم) مشاهده نمودند که غلظت سرب و کادمیم محلول در خاک افزایش یافت و در کاربرد سطح زیاد کلات کننده غلظت عناصر سنگین در خاک در مقایسه با خاک شاهد به ۲۰ برابر رسید (۱۳).

کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت کادمیم خاک به ترتیب با ۱/۹ و ۱/۶برابر نسبت به شاهد قرار گرفتند .همچنین در خاک با آلودگی کم کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت کادمیم خاک با ۱/۷ و ۱/۶ برابر افزایش نسبت به شاهد بود (نمودار ۲). رام کنز و همکاران (۱۵) بر این عقیده اند که EDTA به شدت کادمیم را کلات می‌کند و تحرک این فلز را در خاک زیاد می کند ولی جذب فلز توسط گیاه به نسبت افزایش حلالیتش در خاک ، افزایش نمی یابد (۱۵). در خاک با آلودگی زیاد ،کاربرد کمپوست وEDTA با ۱/۵ و ۱/۳ برابر به طور معنی داری باعث افزایش غلظت نیکل نسبت به خاک شاهد شد. همچنین در خاک با آلودگی کم، کاربرد کمپوست و EDTA به طور معنی داری باعث افزایش غلظت نیکل با ۲ و ۱/۷ برابر نسبت به خاک شاهد شد (نمودار ۳). کمپلکس EDTA با فلزات در برابر تجزیه میکروبی پایدار است. در تحقیقی نشان داده شد که بعد از ۴ هفته فقط ۶/۷ درصد از EDTA با سرعت کم تجزیه شد و این سرعت

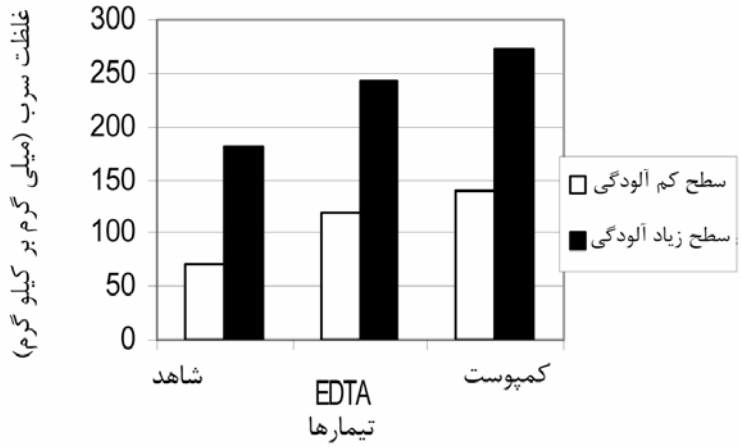
تجزیه ، در خاک زیرین کمتر از خاک سطحی است. کلاتها توانایی جدا کردن فلزات را از ماتریکس خاک دارند و می توانند آنها را به آوند ریشه منتقل کنند. در میان کلاتهای سنتزی EDTA مؤثرترین تشخیص داده شد در افزایش غلظت محلول فلزات ولی از مضراتش ایجاد سمیت در گیاه ، افزایش آبشویی فلزات و ورودشان به آب زیر زمینی است (۱۷).



(نمودار ۱) – میانگین تاثیر تیمارها بر غلظت سرب در خاک گلدانها



(نمودار ۲)- میانگین تاثیر تیمارها بر غلظت کادمیم در خاک گلدانها



(نمودار۳) - میانگین تاثیر تیمارها بر غلظت نیکل در خاک گلدانها

نتیجه گیری

جذب کادمیم در ریشه گیاه کلزا در تیمارهای کمپوست و EDTA نسبت به شاهد کاهش معنی داری را نشان داد. در صورتیکه جذب عناصر نیکل و سرب در ریشه گیاه کلزا بطور معنی داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد. کاربرد کمپوست بقایای نیشکر و EDTA غلظت عناصر سنگین کادمیم ، سرب و نیکل را در اندام هوایی گیاه کلزا زیاد کرد. حلالیت عناصر سنگین در خاک در نمونه‌هایی که کمپوست و EDTA دریافت کرده بودند نسبت به نمونه‌های شاهد در سطح احتمال ۵ درصد به طور معنی داری بیشتر بود. تأثیر کمپوست و EDTA در مقایسه با شاهد درهر دو سطح آلودگی خاک در انتقال عنصرکادمیم از ریشه به اندامهای هوایی معنی دار بود. در هر دو سطح آلودگی خاک در انتقال عنصرسرب از ریشه به اندامهای هوایی تأثیر تیمارها در مقایسه با شاهد در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود و در سطح زیاد آلودگی خاک ، در انتقال عنصر نیکل از ریشه به اندامهای هوایی EDTA و کمپوست قوی ظاهر شدند و تأثیر ویژه کمپوست بر ضریب انتقال و شاخص جذب عناصر در مقایسه با شاهد معنی دار بود. حداکثر ضریب انتقال کادمیم ، سرب و نیکل در تیمارهای کمپوست دیده شد و تیمار EDTA در مرتبه بعدی قرار گرفت. حداکثر شاخص جذب عناصر نیز در تیمارهای کمپوست دیده شد. که علت آن را می توان به تأثیر مثبت مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مرتبط دانست که زمینه رشد و تکامل بهتر گیاه را فراهم می کند. کاهش شاخص جذب در تیمارهای با سطح زیاد EDTA را میتوان به ایجاد سمیت در گیاه و کاهش عملکرد آن نسبت داد. بر اساس نتایج بدست آمده، میزان ۲۰۰ گرم کمپوست بر کیلوگرم خاک و ۱۰ میلی مول EDTA بر کیلو گرم خاک می تواند در پالایش خاک از عناصر سنگین فوق موثر باشد.

منابع

۱- صلحی ، م. ۱۳۸۴ . گیاه پالایی خاکهای آلوده به عناصر سرب و روی و استفاده از رادیو ایزوتوپ روی جهت مطالعه رفتار روی در خاک وگیاه . پایان نامه دوره دکترا ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه صنعتی اصفهان : ۱۰۰ -۱ ص .

۲- غازان شاهی ، ج . ۱۳۷۶ . آنالیز خاک و گیاه . انتشارات هما، ۲۷۲ ص .

3- Blaylock, M. J., D. E. Dushenkov, O. Zakharov, C. Gussman, Y. Kapullnik, B. D. Ensley, and I. Raskin. 1997. Enhanced accumulation of Pb in indian mustard by soil- applied chelating agents Environ. Sci. Technol. 31: 860-865.

4- Cakmak, I., L. Ozturk, H. Marschner, H. Ekiz. 1996. Zinc-efficient wild grasses enhance release of phytosiderophores under Zn deficiency. J. Plant Nutr.19:551-563 .

5- Chen , y., Xiangdong , L.,Z. 2004. Leaching and uptake of heavy metals by ten different species of plants during an EDTA-assisted phytoextraction process.Chemosphere 57, 187-196.

6- Chunling Luo, Zhenguo shen, Laiqing Lou, xiangdong Li. 2006. EDDS and EDTA- enhanced phytoextraction of metals form artificially contaminated soil and residual effects of chelate compounds. Environmental Pollution 144. 862- 871.

7- Halim, M.,Conte, P.,Piccolo,A. 2003. Potential availability of heavy metals to phytoextraction from contaminated soils induced by exogenous humic substances. Chemosphere 52,265-275.

8- Huang, J. W., S. D. Cunningham. 1996. Lead phytoextraction species variation in lead uptake and translocation . New Phytol. 134: 75- 84.

9- Jiang, X.J.,Luo,Y.M.(1999). Soil Cd availability to Indian mustard and environmental risk following EDTA addition to Cd-contaminated soil. Chemospher 50,pp.813-818.

10- Kayser, A., K. Wenger, W. Attinger, H. R. Felix, S. K. Gupta and R. Schullin. 2000. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd and Cu from calcareous Soil: The Use of NTA and Sulphur Amendments. Environ. Sci. Technol. 24: pp.217- 225.

11- Knox, A. S., A. P. Gamerdignger. D. C. Adriano, R. K. Kolla and T. Kaplan. 1999. Sources and practices contributing to soil contamination. PP. 53- 62. In: T. Kaplan(Ed) Bioremediation of contaminated soils, Am. Soc. Agron., Madison, WI.

12- Lombi, E. 2000. Phytoremediation of heavy-metal contaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. J. Environ. Qual, v.30,pp.1919-1926.

13- Luo, C.L.,Shen, Z.G.Li, X.D. 2005. Enhanced phytoextraction of cu, pb, zn and cd with EDTA and EDDS. Chemosphere 59, 1-11.

14- Luo,L.Q.,Shen,Z.G.,Li, X.D. 2004. The copper tolerance mechanisms of Elsholtzia haichowensis, a plant from copper-enriched soils.Environ. Exp.Bot.51, pp.111-120.

15- Romkens , P., Bouwman , L.Japenga , J. and Draaisma , C. 2002. Potential and drowbacks of chelate-enhanced phytoremediation of soil. Environ. Pollut. 116, pp.109-121.
16- Salt, A. 1997. Effect of EDTA on metal accumulation by aquacultcered seedling of Indian mustard. Environ. Sci . Technol 31 6(1997),pp.1936-1644.
17- Tiedje , J.M. 1975. Microbial degradegtion of ethylene diaminetetra acetate in soil and sediments. Appl. Microbial. 30 , pp. 327- 329.
18- Vasil, A.D. 1998. The role of EDTA in lead transport and a accumulation by Indian mustard. Plant Physiol. pp.447-453.
19- Wallace, A. 1974. Soil pH, excess lime and chelating agent on micronutrients in soybeans and bush beans. Agron. J.66. pp.698-700.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 2, Summer 2009, p.20-29

مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص ۲۹-۲۰

Comparison of synthetic chelates and compost at enhancing phytoextraction of Cd, Ni and Pb from contaminated soil under canola cultivation

M. Chorom[*] -A. Alizadeh[1]

Abstract

The plants which can be used to clean up the soil of heavy metals contamination are named phytoremedation. Phytoremediation has received increasing attention because of its low environmental impact and cost-effectiveness. But, it is slowly process and needs long time. In such reson, chelating agents have been proposed to improve the efficiency of phytoextraction by increasing solubility of target metals from soil. Synthetic chelates and low molecular weight organic acids are the most common chemical amendments that have been used in chemically assisted phytoextraction of metals from soils. The objective of this work was comparison of EDTA and sugarcane by product compost in enhancing phytoextraction of Cd, Pb, and Ni by canola in an artificially contaminated soil. Two levels of contamination (800 and 1600 ppm) were performed. The soil were placed in dark condition for 2 weeks and compost of sugarcan were applied in two levels (20 and 50 ton per hectar). A number of 5 canola seeds with grower power 95% germination were cultivated. Two weeks after cultivation, the treatments included EDTA in numbers of (0,10,20mmol /kg soil) with irrigated water were added to the pots. Eight weeks after cultivating the plants cut as well as the analysis of the soil and the plant in the laboratory was made. All treatments significantly increased the concentrations of Cd, Pb and Ni in the shoots of plants compared with the control. Therefore, the influence of EDTA and compost were observed more powerful for enhanced phytoextraction of the heavy metals. The effectiveness of EDTA and compost to stimulating the accumulation of Cd, Pb and Ni in shoots plants were (4.3 and 4.1), (4 and 4.2) and (2.8, and 2.9) times more respectively, than the control. Also, the results of this study indicated that all treatments were superior in terms of solubilizing soil Pb, Cd and Ni for root uptake and translocation into shoots Canola but, in different levels.

Key words: Phytoremediation, EDTA, Compost of sugarcane, Heavy metals, Uptake index

(* - Corresponding author Email: mchorom@yahoo.com)
1- Assis. Prof. and Former Grad. Student of Soil Sci., College Of Agric., Shahid Chamran Uni. Ahvaz Iran, respectively