تأثیر شوری بر گیاه پالایی کادمیوم از خاک‌های آلوده

مریم سلیمی[۱]، محمد مهدی امین[۲]، افشین ابراهیمی[۳]، اکبر قاضی‌فرد[۴]، پیام نجفی[۵]، حسین امینی[۶]، پروین رزمجو[۷]، مرضیه وحید دستجردی[۸]

چکیده

مقدمه: گیاه پالایی یکی از روش‌های مورد استفاده در حذف آلاینده‌ها است که ضمن سادگی، ارزان قیمت و مؤثر بودن، باعث تخریب محیط زیست نمی‌شود. هدف این تحقیق، گیاه پالایی خاک آلوده به فلز سنگین کادمیوم و بررسی هم‌زمان تأثیر مقادیر مختلف هدایت الکتریکی و مقایسه توان اصلاح کننده‌های آلی لجن فاضلاب و کمپوست شهری برای بالابردن راندمان جذب فلز به وسیله گل آفتابگردان است.

روش‌ها: آزمایش‌های این تحقیق در طرح اسپلیت پلات شامل ۲۴ گلدان، به صورت تصادفی با سه تکرار در فاصله زمانی خرداد تا مرداد ماه ۱۳۸۹ انجام گردید. به منظور تعیین تأثیر شوری بر کارایی جذب فلز توسط گیاه آفتابگردان، از آب آبیاری با مقادیر مختلف هدایت الکتریکی (در دامنه ۰، ۲، ۴ و dS/m ۶) استفاده گردید. همچنین اثر ترکیبات اصلاح کننده آلی شامل لجن فاضلاب و کمپوست شهری برای بالابردن راندمان جذب فلز نیز مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: بیشترین مقدار جذب کادمیوم در هدایت الکتریکی dS/m ۶ در بستر لجن، در ریشه ۰/۷ ± ۵/۸، در ساقه ۳/۶ ± ۱۱/۸ و در برگ mg/kg ۰/۰ ± ۸/۴ بود که باعث کاهش وزن خشک گیاه شد و بیشترین آن در تیمار کمپوست بود.

نتیجه‌گیری: آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری، مقدار کادمیوم جذب شده در ریشه، ساقه و برگ گیاه افزایش می‌یابد. همچنین میزان جذب کادمیوم در تیمار لجن نسبت به تیمار کمپوست بیشتر بود. بنابراین کاربرد هدایت الکتریکی و لجن فاضلاب باعث افزایش میزان حذف کادمیوم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گیاه پالایی، کادمیوم، شوری، کمپوست، لجن.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۹۰/۰۸/۱۰ *پذیرش مقاله: ۹۰/۱۱/۱۵*

---

* این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی به شماره ۳۸۹۲۶۶ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ، اصفهان، ایران.

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. (نویسنده مسؤول)

Email: amin@hlth.mui.ac.ir

۳- استادیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴- دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۵- دانشیار، گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۶- کارشناس ارشد، گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۷- کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۸- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

مقدمه

محیط زیست به وسیله فلزات سنگین از طریق فعالیت‌هایی مانند معادن، ذوب فلزات، تولید سوخت و انرژی، کاربرد لجن فاضلاب، کمپوست و کود در زمین‌های کشاورزی و نیز زائدات زباله سوزها آلوده می‌شود (۲، ۱). سمیت کادمیوم برای انسان و دیگر موجودات زنده بیشتر از روی و مس است که از عناصر ضروری برای گیاهان و حیوانات محسوب می‌شوند (۳). بروز بیماری ایتای ایتای در ژاپن وجود کادمیوم در محیط زیست را به عنوان یک عامل خطرناک برای سلامت انسان نشان داد. کادمیوم در انسان باعث از دست دادن حس بویایی، سرطان، سکته مغزی، آمفیزم، و پوکی استخوان می‌شود (۴). چندین روش برای حذف فلز از خاک آلوده وجود دارد، مانند شستشوی خاک، روش‌های شیمیایی و روش‌های بیولوژیکی که هزینه مهندسی زیادی را شامل می‌شوند و نیز اثرات نامطلوبی بر فعالیت‌های بیولوژیکی بر جای می‌گذارند (۶-۵).

گیاه پالایی نوعی تکنولوژی بر پایه استفاده از گیاهان است که کم هزینه و با محیط زیست سازگار است (۷) و جزء روش‌های اصلاح در محل محسوب می‌گردد. در این روش، ترمیم خاک بدون حفاری محل آلوده انجام می‌شود. تکنولوژی ترمیم خاک‌های آلوده توسط این روش تخریب یا تغییر شکل مواد آلوده کننده، غیر متحرک‌سازی آلاینده‌ها برای کاهش تنش زیستی و جداسازی آلوده کننده‌ها از توده خاک می‌باشد (۸). از سوی دیگر، کاربرد گیاه پالایی باعث احیای مکان، حفاظت از فعالیت بیولوژیکی، ساختار فیزیکی و خصوصیات شیمیایی خاک می‌شود (۱۰، ۹). این تکنولوژی یک تکنولوژی نوپدید است (۱۱) و پتانسیل بالایی در پاک‌سازی مکان‌های آلوده دارد (۱۲). این تکنولوژی با استفاده از انرژی خورشید و گیاهان و میکروارگانیسمهای ریزوسفریک مربوط به آن‌ها، فلزات آلاینده موجود در خاک، رسوبات، آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی و حتی آلاینده‌های موجود در اتمسفر را حذف یا تجزیه می‌کند (۱۳، ۱۱). چندین جایگزین برای گیاه پالایی از جمله تثبیت گیاهی (Phytostabilization) و استخراج گیاهی (Phytoextraction) وجود دارد. در تثبیت گیاهی، فلزات در خاک یا ریشه بی‌تحرک می‌شوند و در استخراج گیاهی، آلاینده‌ها از خاک جذب ریشه و اندام هوایی گیاه می‌شوند (۱۴-۱۳). قابلیت دسترسی کادمیوم خاک به وسیله گیاه تحت تأثیر ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار ماده آلی و شوری خاک قرار دارد. در این میان، شوری باعث افزایش حلالیت کادمیوم خاک و جذب آن به وسیله گیاه می‌شود (۱۵).

هدف از این مطالعه تعیین تأثیر مقادیر مختلف هدایت الکتریکی (EC) به عنوان شاخص شوری آب آبیاری بر غلظت جذب شده عنصر کادمیوم، مقایسه اصلاح کننده‌های خاک شامل لجن فاضلاب و کمپوست شهری بر غلظت جذب شده کادمیوم در بخش‌های مختلف گیاه و مقدار توده تولید شده گیاه در اثر کاربرد آب آبیاری حاوی مقادیر متفاوت شوری و اصلاح کننده‌های لجن فاضلاب و کمپوست شهری بوده است.

روش‌ها

طراحی آزمایش

این مطالعه در خرداد ماه ۱۳۸۹ در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. خاک مورد استفاده در تحقیق، از نزدیکی معدن باما واقع در منطقه ایرانکوه، در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب غرب اصفهان در ارتفاع ۱۷۵۰ متری سطح دریا، با میانگین بارندگی ۱۴۰ میلی‌متری در سال تهیه گردید.

کمپوست زائدات شهری از کارخانه کمپوست اصفهان بعد از تکمیل مراحل پردازش و لجن مورد نیاز از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر اصفهان به عنوان اصلاح کننده خاک تهیه شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک، کمپوست و لجن بعد از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلی‌متری در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این تحقیق از ۲۴ گلدان پلاستیکی با قطر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. از آنجا که خصوصیات اصلی گیاهان مورد استفاده جهت گیاه پالایی شامل توانایی جذب فلزات و تجمع آن‌ها در اندام هوایی گیاه، قابلیت تحمل زیاد در برابر فلزات، رشد سریع و تولید توده زیاد (۱۷-۱۶) بود و گل آفتابگردان (Helianthus annuus) می‌توانست فلزات را در

خود تجمع دهد و بیومس زیادی تولید کند (۱۳)، به عنوان گیاه مورد بررسی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

جهت کاشت گیاه مورد نظر، هر یک از گلدان‌ها با ۱۰ kg خاک پر شد و به نیمی از آن‌ها لجن و به نیم دیگر آن‌ها کمپوست با نسبت ۱۰ درصد وزنی/ وزنی اضافه شد. لازم به ذکر است گلدان‌های شاهد با آب شهر آبیاری شدند و جهت تأمین شوری در سطوح مختلف ۲، ۴ و ۶ dS/m از کلرید سدیم استفاده گردید.

تعیین خصوصیات خاک و اصلاح کننده‌ها

بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۸)، مواد آلی به روش واکلی و بلاک (۱۹)، ظرفیت تبادل کاتیونی به وسیله عصاره اشباع با NH_4^+ در pH ۷ (۲۰)، ازت کل به روش برمنر (۲۱) و کل فسفر به روش اولسن (۲۲) تعیین گردید. نمونه‌ها با استات آمونیوم ۱ نرمال استخراج شد و غلظت پتاسیم به وسیله فلیم فتومتر تعیین گردید.

pH و EC خاک در نسبت ۱:۲ خاک به آب و pH و EC کمپوست در نسبت ۱:۵ کمپوست و لجن فاضلاب به آب تعیین شد. مقدار فلزات سنگین خاک به روش هضم اسید نیتریک (۲۳) و همچنین نمونه‌های ریشه، ساقه و برگ هر گلدان به طور مجزا به وسیله آسیاب خرد شد و سپس محتوای فلزات به روش خاکستر خشک (۲۴) تعیین گردید و در نهایت به وسیله دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۰۳۰ خوانده شد.

برداشت گیاه

برداشت گیاهان ۶۰ روز بعد از کاشتن شروع شد. تمام اجزای گیاه از جمله ریشه، ساقه و برگ به وسیله آب دیونیزه شسته شد، پارامترهای اساسی رشد گیاه مانند ارتفاع گیاه، توده تازه و توده خشک گیاه تعیین شد. جهت تعیین توده خشک، اجزای گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰°C در Air-force oven قرار داده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های ارایه شده دارای میانگین حداقل ۳ تیمار است که به صورت ارزش میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. از آنالیز آماری واریانس دو طرفه به وسیله نرم‌افزار $SPSS_{۱۷}$ برای تعیین تأثیر هم‌زمان EC و نوع اصلاح کننده بر جذب فلزات سنگین به وسیله گیاه استفاده شد.

یافته‌ها

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کمپوست شهری و لجن فاضلاب و نیز محتوای روی و کادمیوم آن‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است. در جدول ۲ تأثیر شوری بر جذب کادمیوم کل به وسیله ریشه، ساقه و برگ گل آفتابگردان در نمونه جمع‌آوری شده گیاه بعد از ۶۰ روز ارایه شده است. نمودار ۱ تغییرات وزن خشک توده گل آفتابگردان در مقادیر مختلف هدایت الکتریکی بعد از ۶۰ روز کاشت گیاهان را نشان می‌دهد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کمپوست شهری و لجن فاضلاب

پارامتر	تیمار		
	خاک	لجن	کمپوست
رس (٪)	۱۰/۸۳	–	–
شن (٪)	۵۵	–	–
سیلت (٪)	۳۴/۱۷	–	–
pH	۷	۶/۵	۷
EC (dS/m)	۱/۸۶	۵/۴۹	۱۰/۱۶
مواد آلی (٪)	۰/۳۷	۴۵	۳۹
CEC (c.mol/kg)	۲۱/۸	۴۰/۱	۴۶
ازت (٪)	۰/۰۸۴	۰/۶۸	۰/۶۱
فسفر (٪)	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۲۲
کادمیوم کل (mg/kg-۱)	۴/۹۵	۵/۸۵	۵/۲۲

بحث

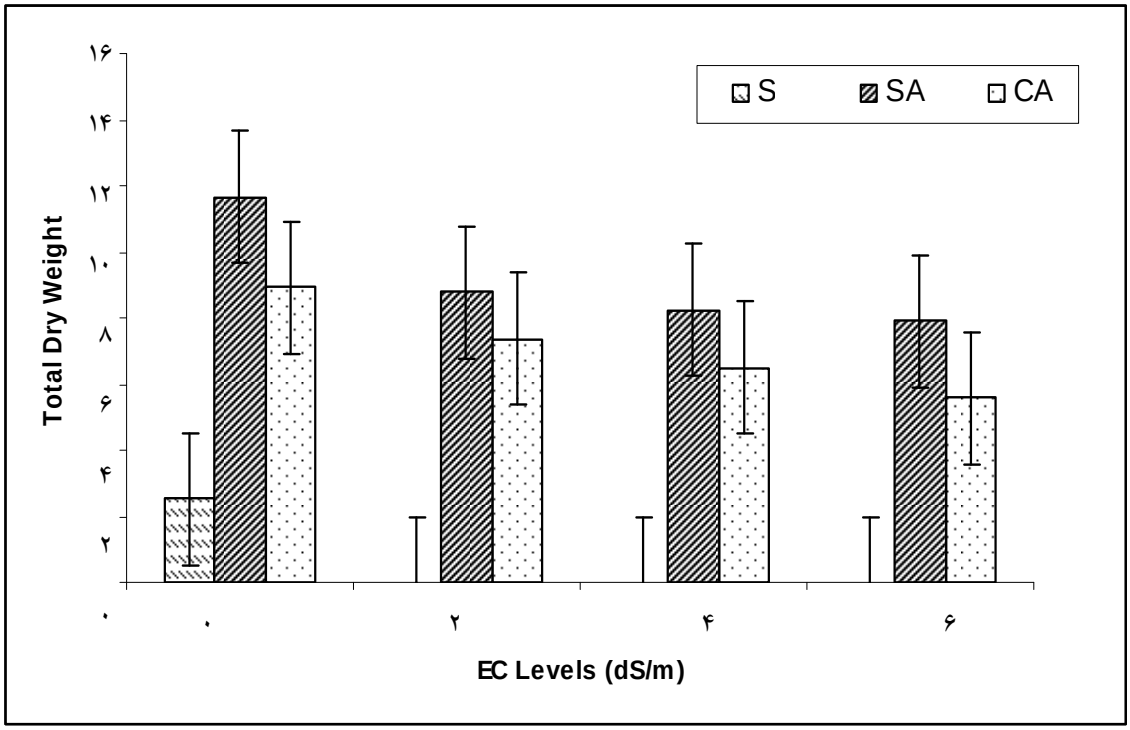
خصوصیات خاک و اصلاح کننده‌ها

همانگونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، لجن تصفیه‌خانه فاضلاب و کمپوست زائدات شهری میزان مواد آلی، ازت، فسفر و ظرفیت تبادل یون کاتیونی بیشتری نسبت به خاک دارد. از سوی دیگر، pH لجن فاضلاب کمتر از خاک و کمپوست زائدات شهری با خاک یکسان است.

www.mui.ac.ir

جدول ۲: تأثیر شوری بر جذب کادمیوم کل (µg/g وزن خشک) به وسیله ریشه، ساقه و برگ گل آفتابگردان در نمونه جمع‌آوری شده گیاه بعد از ۶۰ روز

تیمار	شوری (dS/m)			
	۰	۲	۴	۶
ریشه				
خاک	۳/۶ ± ۰/۵	-*	-	-
تیمار لجن	۳/۹ ± ۰/۷	۴/۲ ± ۰/۹	۴/۶ ± ۰/۹	۵/۸ ± ۰/۷
تیمار کمپوست	۲/۹ ± ۰/۵	۳/۴ ± ۰/۲	۴/۷ ± ۰/۹	۴/۸ ± ۱/۱
ساقه				
خاک	۴/۹ ± ۰/۳	-	-	-
تیمار لجن	۵ ± ۰/۱	۶/۴ ± ۰/۰۸	۸/۵ ± ۳/۲	۱۱/۸ ± ۳/۶
تیمار کمپوست	۴/۶ ± ۰/۱	۴/۷ ± ۱/۱	۵/۸ ± ۰/۰۴	۶/۱۴ ± ۰/۰۱
برگ				
خاک	۴/۳۱ ± ۱/۰	-	-	-
تیمار لجن	۴/۴ ± ۰/۰	۴/۷ ± ۰/۰	۶/۰ ± ۰/۰	۸/۴ ± ۰/۰
تیمار کمپوست	۴/۱ ± ۰/۰	۴/۳ ± ۰/۱	۵/۲ ± ۰/۰۱	۵/۴ ± ۰/۰۳



نمودار ۱: تغییرات وزن خشک توده گل آفتابگردان در سه تکرار در سطوح مختلف EC (۰، ۲، ۴ و dS/m ۶) ۶۰ روز بعد از کاشت گیاهان (S خاک، SA تیمار لجن، AC تیمار کمپوست)

www.mui.ac.ir

تجمع فلزات سنگین در گیاه

جذب کادمیوم به وسیله گیاه: نتایج موجود در جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش EC، جذب کادمیوم به وسیله گیاه افزایش می‌یابد که این نتیجه در ساقه غالب‌تر از ریشه و برگ است. در خاک اصلاح شده به وسیله لجن، کادمیوم در اندام مختلف گیاه از جمله ریشه، ساقه و برگ بیشتر از خاک اصلاح شده با کمپوست تجمع می‌یابد. در خاک کنترل SC در ECهای ۲، ۴ و dS/m ۶ هیچ گیاهی قادر به رشد نبود. حداکثر میزان جذب در مقدار هدایت الکتریکی dS/m ۶ در خاک اصلاح شده با لجن فاضلاب و کمپوست به ترتیب ۵/۸ و μg/g ۴/۸۲ در ریشه، ۱۱/۱ و μg/g ۶/۱۴ در ساقه، ۸/۴ و μg/g ۵/۴ در برگ بوده است.

نتایج حاصل از این مطالعه با تحقیق انجام شده به وسیله Ozkutlu و همکاران مشابه است (۲۵). ایشان گزارش نمودند با افزایش کلرید سدیم، غلظت کادمیوم در برگ گیاه افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مقدار کلرید سدیم در آب آبیاری، غلظت کادمیوم در محلول خاک و جذب کادمیوم به وسیله گیاه افزایش می‌یابد. جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش EC توسط کلرید سدیم، مقدار Cl^- بیشتری وارد خاک گلدان می‌شود. در نتیجه، گیاه متناسب با این افزایش، کادمیوم بیشتری جذب می‌کند. این نتیجه در راستای نتایج مطالعه انجام شده به وسیله خوش‌گفتار و همکاران است که نشان داد با افزایش شوری، غلظت کادمیوم در اندام هوایی متناسب با مقدار کلرید سدیم افزایش می‌یابد. چون یون کلر با کادمیوم کمپلکس‌هایی به شکل CdCl، $CdCl_4$ و $CdCl_3$ با حلالیت بالا را تشکیل می‌دهد و در واقع کاربرد یون کلر باعث انحلال کادمیوم می‌شود (۱۵).

Hattori و همکاران به بررسی کاربرد کلر و pH کم خاک بر تجمع کادمیوم در گیاهان گل آفتابگردان، کنف و سورگوم پرداختند و در مورد جذب کادمیوم توسط گل آفتابگردان بیان نمودند که کادمیوم در حضور Cl^- به صورت محلول در می‌آید و به وسیله گل آفتابگردان جذب می‌شود و از طریق انتقال از آوند به برگ‌ها، تجمع آن در قسمت‌های هوایی گیاه افزایش می‌یابد (۲۶).

نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان می‌دهد که نوع خاک در جذب کادمیوم توسط ساقه و برگ گل آفتابگردان مؤثر است ($P < ۰/۰۰۰$). واثقی و همکاران نشان دادند که افزایش لجن باعث افزایش رشد گیاه و نیز افزایش مقدار جذب فلزات در اندام هوایی گیاه می‌شود (۲۷). بالا بودت غلظت کادمیوم جذب شده توسط گیاه در بستر لجن نسبت به خاک کنترل و بستر کمپوست می‌تواند به علت کم بودن pH در بستر لجن باشد؛ چون این کاهش باعث افزایش جذب کادمیوم می‌شود. Ramachandran و D'Souza نیز در مطالعه خود که به بررسی تأثیر کمپوست شهری و لجن فاضلاب بر جذب فلزات سنگین پرداخته بودند، بیان کردند که هر چه pH اسیدی باشد جذب کادمیوم نیز بیشتر است (۲۸).

تأثیر شوری بر وزن خشک گیاه

نمودار ۱نشان می‌دهد که وزن خشک گیاه آبیاری شده در آب شور به طور قابل توجهی نسبت به گیاه آبیاری شده با آب غیر شور کاهش می‌یابد. آنالیز آماری واریانس دو طرفه نیز نشان داد که بین تأثیر کاربرد مقادیر مختلف شوری و نوع اصلاح کننده خاک، با وزن خشک گیاه ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($P < ۰/۰۰۰$).

نتایج این مطالعه در راستای نتایج Mohamedin و همکاران است که گزارش داد که استرس شوری پارامترهای رشد و ماکرو و میکرونوترینت‌ها را در گیاه کاهش می‌دهد. این کاهش به علت اثر شوری است که آب جذب شده و فعالیت متابولیکی گیاه را کم می‌کند (۲۹). نتایج نشان می‌دهد که گیاهان در خاک کنترل، تحمل شوری را نداشته‌اند و استفاده از کلرید سدیم باعث جلوگیری از رشد آن‌ها شده است. وزن خشک آفتابگردان رشد داده شده به وسیله آب غیر شور افزایش می‌یابد (نمودار ۱). همچنین وزن خشک گیاه رشد داده شده در خاک اصلاح شده با لجن، بیشتر از گیاه رشد داده شده در خاک اصلاح شده با کمپوست شهری است.

در مجموع می‌توان گفت که شوری آب‌های آبیاری ناشی از مقادیر مختلف کلرید سدیم، به دلیل ایجاد کمپلکس بین یون‌های کلرور و کادمیوم، باعث افزایش قابلیت دسترسی بیولوژیکی کادمیوم به وسیله گیاه می‌شود. از سوی دیگر،

www.mui.ac.ir

کاربرد لجن فاضلاب به عنوان اصلاح کننده خاک نیز بر حلالیت کادمیوم در خاک می‌افزاید. بنابراین دو عامل ذکر شده فوق می‌توانند باعث افزایش جذب کادمیوم به وسیله گیاه و در نهایت افزایش قابلیت گیاه پالایی شوند.

در پایان، می‌توان نتیجه گرفت که شوری ایجاد شده به وسیله کلرید سدیم به دلیل تشکیل کمپلکس کلر با کادمیوم، قابلیت جذب بیولوژیکی آن را توسط گیاه افزایش می‌دهد، در نتیجه از یون کلر به منظور افزایش توان گیاه پالایی گیاه توسط کادمیوم می‌توان استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

از راهنمایی‌های بی‌شائبه آقایان دکتر مهران هودجی، دکتر مجید افیونی، مهندس حمیدرضا پورزمانی، مهندس رضا قنبری، مهندس حشمت‌اله نورمرادی، مهندس حسین فرخزاده و خانم مهندس بنفشه لطف‌الهی که با راهنمایی‌های خود در اجرای این تحقیق به ما یاری رساندند، قدردانی می‌گردد.

References

1. Chehregani A, Noori M, Yazdi HL. Phytoremediation of heavy-metal-polluted soils: screening for new accumulator plants in Angouran mine (Iran) and evaluation of removal ability. Ecotoxicol Environ Saf 2009; 72(5): 1349-53.
2. Wang J, Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future. Biotechnol Adv 2009; 27(2): 195-226.
3. Zheng N, Wang Q, Zheng D. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. Sci Total Environ 2007; 383(1-3): 81-9.
4. Lalor GC. Review of cadmium transfers from soil to humans and its health effects and Jamaican environment. Sci Total Environ 2008; 400(1-3): 162-72.
5. Khan AG. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. J Trace Elem Med Biol 2005; 18(4): 355-64.
6. Pulford ID, Watson C. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees--a review. Environ Int 2003; 29(4): 529-40.
7. Liphadzi MS, Kirkham MB. Availability and plant uptake of heavy metals in EDTA-assisted phytoremediation of soil and composted biosolids. South African Journal of Botany 2006; 72(3): 391-7.
8. Ghosh M, Singh S. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products. Applied Ecology and Environmental Res 2005; 3(1): 1-18.
9. Clemente R, Almela C, Bernal MP. A remediation strategy based on active phytoremediation followed by natural attenuation in a soil contaminated by pyrite waste. Environ Pollut 2006; 143(3): 397-406.
10. Mora A, Ortegacalvo J, Cabrera F, Madejon E. Changes in enzyme activities and microbial biomass after ?in situ? remediation of a heavy metal-contaminated soil. Applied Soil Ecology 2005; 28(2): 125-37.
11. Ouyang Y. Phytoremediation: modeling plant uptake and contaminant transport in the soil-plant-atmosphere continuum. Journal of Hydrology 2002; 266(1-2): 66-82.
12. Marchiol L, Fellet G, Perosa D, Zerbi G. Removal of trace metals by Sorghum bicolor and Helianthus annuus in a site polluted by industrial wastes: a field experience. Plant Physiol Biochem 2007; 45(5): 379-87.
13. Pivetz BE. Ground Water Issue: Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites [Online]. 2001; Available from: URL: www.epa.gov/nrmrl/pubs/540s01500/epa_540_s01_500.pdf/.
14. Doumett S, Lamperi L, Checchini L, Azzarello E, Mugnai S, Mancuso S, et al. Heavy metal distribution between contaminated soil and Paulownia tomentosa, in a pilot-scale assisted phytoremediation study: influence of different complexing agents. Chemosphere 2008; 72(10): 1481-90.
15. Khoshgoftar A, Karimian H, Kalbasi N, Van Der Zee M, Parker S. Salinity and zinc application effects on phytoavailability of cadmium and zinc. Soil Science Society of America Journal 2004; 68(6): 1885-9.
16. Chaney R, Li Y, Angle J, Baker A, Reeves R, Brown S. Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems: approaches and progress. In: Terry N, Banuelos GS, editors. Phytoremediation of contaminated soil and water.New York: Lewis Publishers; 2000. p. 129-58.
17. Fellet G, Marchiol L, Perosa D, Zerbi G. The application of phytoremediation technology in a soil contaminated by pyrite cinders. Ecological Engineering 2007; 31(3): 207-14.

18. Gee GW, Bauder JW. Particle-size analysis. In: Klute A, Editor. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods.New York: American Society of Agronomy; 1986. p. 404-9.
19. Walkley A, Black IA. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 1934; 37(1): 29-38.
20. Rhodes JD. Cation exchange capacity. In: Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour RN, Tabatabai MA, et al., editors. Methods of Soil Analysis: Chemical Methods. New York: ASA-CSSA-SSSA; 1986. p. 149-58.
21. Bremner J, Mulvaney CS. Methods of soil analysis. In: Page AL, Black CA, Miller RH, Klute A, editors. Chemical and microbiological properties.New York: American Society of Agronomy; 1982. p. 595-624.
22. Olsen SR. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Washington, DC: U.S. Dept. of Agriculture; 1954. p. 19.
23. Eaton AD, Franson MA. Standard methods for the examination of water & wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
24. Tüzen m. Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry. Microchemical Journal 2003; 74(1): 289-97.
25. Ozkutlu F, Ozturk L, Erdem H, McLaughlin M, Cakmak I. Leaf-applied sodium chloride promotes cadmium accumulation in durum wheat grain. Plant and soil 2007; 290(1-2): 323-31.
26. Hattori H, Kuniyasu K, Chiba K, Chino M. Effect of chloride application and low soil pH on cadmium uptake from soil by plants. Soil Science Plant Nutrition 2006; 52(1): 89-94.
27. Vaseghi S, Afiuni M, Shariatmadari H, Mobli M. Effects of Sewage Sludge and Soil pH on Micronutrient and Heavy Metal Availability. JWSS - Isfahan University of Technology 2003; 7(3): 95-106.
28. Ramachandran V, D'Souza TJ. Plant uptake of cadmium, zinc, and manganese in soils amended with sewage sludge and city compost. Bull Environ Contam Toxicol 1998; 61(3): 347-54.
29. Mohamedin A, El-Kader AA, Badran NM. Response of sunflower (Helianthus annuus L.) to plants salt stress under different water table depths. Journal of Applied Sciences Research 2006; 2(12): 1175-84.

Influence of Salinity on Phytoremediation of Cadmium in Contaminated Soils

***Maryam Salimi*[1], *Mohammad Mehdi Amin*[2], *Afshin Ebrahimi*[3], *Akbar Ghazifard*[4], *Payam Najafi*[5], *Hossein Amini*[6], *Parvin Razmjoo* [7], *Marzieh Vahid* Dasjerdi[8]**

Abstract

Background: Phytoremediation is one of the methods used to remove contaminants and while being simple, cheap and efficient, does not cause environmental deterioration. The aims of this study were phytoremediation of soil contaminated by Cd, the simultaneous survey of the influence of different electrical conductivity values, and comparison of two soil amendments including sludge and municipal compost in increasing of Cd uptake by sunflower.

Methods: Experiments of this study were conducted randomly with three replications in the split plot design consisting of 24 pots from June to August 2010. To determine the effect of salinity on metal uptake efficiency of the sunflower plant, irrigation water was used with different levels of electrical conductivity, in the range of 0, 2, 4 and 6 dS/m. The combined effects of organic amendments including sewage sludge and municipal compost in improving the efficiency of metal uptake was also examined.

Findings: The most Cd was absorbed in the 6 dS/m EC and in the sludge bed. The EC contents of the root, stem, and leaves were 5.8 ± 0.7, 11.8 ± 3.6 and 8.4 ± 0.0 mg/kg, respectively. It caused dry weight reduction of leaves and the most loss was observed in the treated soil with compost.

Conclusion: ANOVA showed that with increasing the EC of irrigation water, the amount of Cd absorbed by the roots, stems and leaves will increase. Cd uptake in the sludge amendment was also greater than soil treated by compost. Thus, EC and sewage sludge applications increase the uptake of cadmium.

Keywords: Phytoremediation, Cadmium, Salinity, Compost, Sludge.

* This article derived from master thesis, No: 389266

1- MSc Student, Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, and Student Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
2- Associate Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran. (Corresponding Author)
Email: amin@hlth.mui.ac.ir
3- Assistant Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
4- Associate Professor, Department of Geology, School of Earth Sciences, Isfahan University, Isfahan, Iran.
5- Assistant Professor, Department of Water Engineering, School of Agricultural, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
6- MSc, Department of Soil Science, School of Agriculture, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
7- BSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
8- MSc, Department of Environmental Health Engineering, Environment Research Center, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.