نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۳۵-۲۸

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 3, Fall 2009, p. 28-35

اثر کلرید پتاسیم بر جذب کادمیوم توسط کلزا و آفتابگردان در یک خاک آلوده

فاطمه خسروی*[۱] – غلامرضا ثواقبی فیروز آبادی[۲] – حسن فرحبخش[۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۸

چکیده

استفاده از گیاهان برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین راهکاری اقتصادی، ارزان و موثر می باشد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر کلرید پتاسیم بر جذب کادمیوم و ارتقای گیاه پالایی آن توسط کلزا *(Brassica napus L.)* و آفتابگردان *(Helianthus Annuus L.)*، در یک خاک آلوده به کادمیوم (Cadmium) منطقه انگوران استان زنجان اجرا شد. در طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، چهار سطح پتاسیم (صفر(شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم K_2O در کیلوگرم خاک به صورت KCl) به کار رفت و رقم هیبرید آذر گل آفتابگردان و دو صفر کلزای بهاره به طور جداگانه کشت گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای KCl اثرات معنی داری ($P<0.01$) بر تولید ماده خشک ریشه و اندام هوایی ، غلظت، جذب و فاکتور انتقال کادمیوم (TF)، داشتند. بیشترین مقدار جذب کادمیوم توسط آفتابگردان (۸۴/۵۷ میکروگرم در گلدان) و کلزا (۶۴/۱۰ میکروگرم در گلدان) با مصرف ۲۰۰ میلی گرم K_2O در کیلوگرم خاک به دست آمد. فاکتور انتقال کادمیوم در کلزا (۲/۵) بزرگتر از آفتابگردان (۱/۶) شد. بنابراین بر اساس نتایج آزمایش گلدانی و تجزیه‌های آزمایشگاهی این گیاهان برای گیاه جذبی کادمیوم در فناوری گیاه پالایی مناسب می‌باشند و مصرف KCl نیز می‌تواند کارآیی گیاه پالایی خاک آلوده به کادمیوم را بهبود بخشد. بررسی‌های بیشتر در شرایط مزرعه مفید خواهد بود و توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: گیاه پالایی، آفتابگردان، کلزا، کلرید پتاسیم و جذب کادمیوم

مقدمه

آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر اثرات زیان آور بر فون و فلور خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آبشویی موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت به خطر افتادن سلامتی افراد جامعه و دیگر موجودات زنده می‌شود. اگرچه فلزات سنگین می‌توانند به طور طبیعی و از طریق هوا دیدگی سنگ‌ها و کانی‌ها و طی فرایند خاک سازی در خاک تجمع یابند ولی این منبع طبیعی در مقایسه با آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسان از جمله احداث کارخانجات صنعتی، استخراج معادن، سوخت‌های فسیلی، مصرف کودهای شیمیایی و آلی، فاضلاب‌های صنعتی و لجن فاضلاب دارای اهمیت کمی می‌باشد. در بین فلزات سنگین، فلز کادمیوم به دلیل تحرک و پویایی زیاد در خاک و جذب توسط گیاه، سمیت قابل توجه و نیمه عمر بیولوژیکی حدود ۲۰ سال و بروز عوارضی از جمله نارسایی کبد و کلیه، بیماری‌های قلبی-عروقی، استخوانی، ریوی و غیره در انسان دارای اهمیت خاصی می‌باشد (۱۶). لذا پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین از جمله کادمیوم امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد. آلودگی خاک به فلزات سنگین را می‌توان با روش‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و زیستی به صورت درجا (In-Situ) و غیر درجا (Ex-Situ) پالایش نمود (۷). فناوری گیاه پالایی[۴] یا استفاده از گیاهان برای پالایش آلاینده ها از خاک، آب و رسوب به عنوان فناوری نسبتاً جدید از طریق ریشه صافی[۵]، گیاه تثبیتی[۶]، گیاه جذبی[۷]، گیاه تصعیدی[۸] و گیاه تخریبی[۹] موجب برداشت، تخریب یا محبوس کردن آلاینده ها می‌گردد (۱۳). بهترین

۱،۲،۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: Email: fatemehk_30@yahoo.com)

4- Phytoremediation
5- Rhizofiltration
6- Phytostabilization
7- Phytoextraction
8- Phytovolatilization
9 - Phytodegradation

Archive of SID
www.SID.ir

رهیافت گیاه پالایی، جذب و انتقال آلاینده ها از خاک به گیاه بدون تخریب ساختمان خاک و تغییر در باروری آن است. در این روش با استفاده از گیاهان بیش اندوز یا فرا انباشت[1] نسبت به جذب فلز توسط گیاه و برداشت زیست توده و خارج نمودن از منطقه آلوده اقدام می‌شود (۱۳). واژه بیش اندوز برای اولین بار توسط Brooks و همکاران (۵) به کار رفت و منظور گیاهانی است که می‌توانند ۱۰۰ برابر بیشتر از گونه‌های غیر بیش اندوز فلز یا سایر آلاینده ها را جذب کنند. احتمالاً بهترین بیش اندوز شناخته شده فلزات گیاه کیسه چوپان[2] است (۶). کارآیی گیاه جذبی در پالایش خاک بستگی به دو عامل زیست توده تولیدی و غلظت فلز در زیست توده دارد. بنابراین می‌توان با اعمال تیمارهای مناسب و مدیریت زراعی خوب تولید زیست توده و زیست فرا همی فلز در خاک و جذب آن توسط گیاه بیش اندوز را افزایش داد (۱۲). سالار دینی و همکاران در آزمایشی که انجام دادند ، اثر کادمیوم و منابع کودی پتاسیم را بر غلظت کادمیوم در سیب زمینی بررسی و گزارش نمودند که غلظت این فلز در غده و دمبرگ در تیمار سولفات پتاسیم ۲۰ تا ۳۰ درصد کمتر از تیمار کلرید پتاسیم بود (۲۰). در آزمایشی تأثیر نیتروژن، فسفر و کلرید پتاسیم بر غلظت کادمیوم در آفتابگردان و جو بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که با مصرف نیتروژن و کلرید پتاسیم غلظت کادمیوم در گیاه افزایش یافت که این افزایش در آفتابگردان بیشتر از جو بود. در این بررسی تأثیر نیتروژن به اثر مثبت آن در رشد گیاه و تأثیر کلرید به تشکیل کمپلکس‌های محلول کادمیوم و افزایش زیست فراهمی آن برای جذب توسط گیاه، نسبت داده شد (۲۷). آنو و همکاران نیز گزارش کردند که با مصرف کلرید پتاسیم آزادسازی کادمیوم تجمع یافته درخاک افزایش یافت. همچنین غلظت کادمیوم در برگهای فوقانی گیاه کیسه چوپان در خاکهای دارای پتاسیم بالاتر، بیشتر بود (۲۵).

ساکارای و هوآنگ نیز نشان دادند که تجمع کادمیوم در دانه گندم دوروم با شوری خاک همبستگی مثبت داشت (۲۱). سو و همکاران گزارش کردند که با مصرف کود سولفات پتاسیم، جذب کادمیوم توسط اندام هوایی کلزا افزایش و آلودگی خاک با این فلز کاهش یافت (۲۴).

با توجه به اهمیت موضوع آلودگی خاک با کادمیوم و تأثیر عوامل مدیریتی از جمله کوددهی بر جذب کادمیوم توسط گیاه و پالایش خاک‌های آلوده به روش گیاه پالایی، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کلرید پتاسیم بر گیاه پالایی خاک آلوده به کادمیوم به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک خاک آهکی آلوده (Typic haplocalcid) که از منطقه انگوران واقع در ۱۳۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان زنجان تهیه شده بود، انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت شده از عمق صفر تا ۲۵ سانتیمتر پس از آماده سازی وگذرانیدن از الک دو میلیمتری، با روش‌های استاندارد (۱۹و۱) اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول یک آورده شده است. با توجه به مقدار کادمیوم اولیه خاک (۳/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) با اضافه کردن نمک نیترات کادمیوم غلظت کادمیوم کل خاک به ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم رسانیده شد.

برای اجرای آزمایش گلخانه‌ای، گلدان‌های ۳ کیلوگرمی با خاک گذرانیده از الک ۴ میلیمتری پر شد و در یک طرح آماری بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار، تأثیر سطوح مختلف کلرید پتاسیم (صفر(شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم K_2O ازمنبع کلرید پتاسیم بر روی دو گیاه آفتابگردان رقم هیبرید آذرگل *(Helianthus annuus L.)* وکلزای بهاره رقم دو صفر *(Brassica napus L.)* در دو آزمایش جداگانه اعمال گردید. سایر عناصر غذایی نیز با توجه به نتایج آزمون خاک مصرف شد. در هر گلدان ۵ عدد بذر آفتابگردان رقم هیبرید آذرگل و ۱۵ عدد بذر کلزای بهاره رقم دو صفر که از موسسه اصلاح نهال و بذر تهیه شده بود، در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. دو هفته بعد از کشت تعداد بوته‌های آفتابگردان به ۲ عدد وکلزا به ۵ عدد در هر گلدان کاهش داده شد. در طول دوره رشد، آبیاری با آب مقطر جهت نگهداری رطوبت در حد ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه (FC = 22.3%) به روش توزین انجام می‌شد. ۲ ماه بعد از کاشت گیاهان از دو سانتی‌متری سطح خاک برداشت شده و ریشه ها با آب مقطر شستشو و به آرامی از خاک جدا شده و پس از هوا خشک کردن به مدت ۳ روز داخل خشک کن با دمای $70^{\circ}C$ نگهداری گردید. سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان تعیین شد. نمونه ها جهت انجام تجزیه شیمیایی آسیاب گردیده و عصاره گیاهی آفتابگردان وکلزا به روش خشک سوزانی آماده شد و غلظت کادمیوم عصاره با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو-۶۷۰ اندازه گیری شد (۴).

مقدار جذب از حاصلضرب غلظت در ماده خشک محاسبه گردید. فاکتور انتقال[3] فلز کادمیوم از نسبت غلظت فلز در اندام هوایی گیاه به غلظت آن در ریشه به دست آمد (۱۰). نتایج و داده‌ها در قالب طرح آماری بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت (۲۲). گروه بندی میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2003 استفاده گردید.

1- Hyperaccumulator
2- Thlaspi caerulescens
3-Translocation Factor

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول۱)- برخی خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش

فسفر	پتاسیم	کادمیم	منگنز	آهن
$mgkg^{-1}$ خاک	$mgkg^{-1}$ خاک	$mgkg^{-1}$ خاک	$mgkg^{-1}$ خاک	$mgkg^{-1}$ خاک
۱۷/۹۷	۲۸۳/۴	۳/۲	۶۲/۹	۰/۱۰۳

(ادامه جدول ۱)

رس	pH	Ec (1:1)	کربن آلی	FC*	وزن مخصوص ظاهری	N	Cl	SO_4^{2-}	آهک
درصد	(1:1)	dSm^{-1}	درصد	درصد	(gcm^{-3})	درصد	$meqL^{-1}$	$meqL^{-1}$	درصد
۴۶/۹۶	۷/۶۱	/۶۱	۱/۱۱	۲۲/۳	۱/۲۴	۳/۴۴	۲۳/۷۴	صفر	۱۶/۱

* رطوبت ظرفیت مزرعه

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت و جذب کادمیوم اندام هوایی و ریشه در سطح یک درصد ($P<\%1$) معنی دار شد. بالاترین غلظت کادمیوم ریشه در تیمار۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم K_2O (در کلزا ۳/۵ و در آفتابگردان ۴/۸۸ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) به دست آمد. غلظت کادمیوم ریشه گیاه آفتابگردان در این تیمار نسبت به شاهد ۲۱ درصد افزایش نشان داد در حالی که این افزایش در ریشه کلزا برابر ۱۶ درصد بود. غلظت کادمیوم اندام هوایی آفتابگردان و کلزا نیز در این تیمار بیشتر از سایر تیمارها بود. مقدار جذب کادمیوم نیز در این تیمار (۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم K_2O) از سایر تیمارها بیشتر بود واختلاف معنی داری را در سطح یک درصد نشان داد (نمودارهای ۱و۲). میزان جذب کادمیوم در آفتابگردان ۸۴/۵۷ و در کلزا ۶۴/۱۰ میکروگرم در گلدان به دست آمد که در گیاه آفتابگردان نسبت به کلزا ۱۳/۲ درصد افزایش جذب مشاهده می‌شود (نمودار۳).

ریشه گیاه، کادمیوم را عمدتاً به صورت یون فلزی Cd^{2+} از محلول خاک جذب می‌کند. طبق نظر آلووی جذب فلزات سنگین از جمله کادمیوم به دو صورت جذب فعال و غیر فعال می‌باشد و مقادیر فلزات سنگین جذب شده توسط گیاهان با غلظت و گونه‌های شیمیایی این فلزات در محلول خاک، انتقال فلزات از محلول خاک به سطح ریشه و از سطح ریشه به داخل سلول‌های ریشه و انتقال فلزات جذب شده از ریشه به اندام هوایی کنترل می‌گردد و گونه ها و ارقام گیاهی از نظر توانایی در جذب، تجمع و مقاومت به فلزات سنگین متفاوت می‌باشند(۴). طبق نظر گرانت و همکاران (۸) یون کلرید بسته به غلظت آن در محلول می‌تواند با کادمیوم تشکیل کمپلکس دهد به طوری که اگر غلظت کلرید (Cl^-) در محلول به بیش از ۱۰ میلی مولار (۳۵۵ میلی گرم در لیتر) افزایش یابد، گونه $CdCl^+$ در محلول از Cd^{2+} فراوان تر خواهد بود که این غلظت کلر در آبهای آبیاری معمول است و محلول خاک ممکن است به دلیل تبخیر و تعرق دارای غلظت‌های بیشتر یون کلرید شود که کمپلکس‌های $CdCl^{2-n}_n$ شیمی کادمیوم محلول در خاکهای شور را کنترل می‌کنند و مشخص شده است که این کمپلکس ها می‌توانند تحرک کادمیوم در خاک را از طریق واکنش‌های زدایش و یا واجذب[1] و تشکیل کمپلکس افزایش دهند.

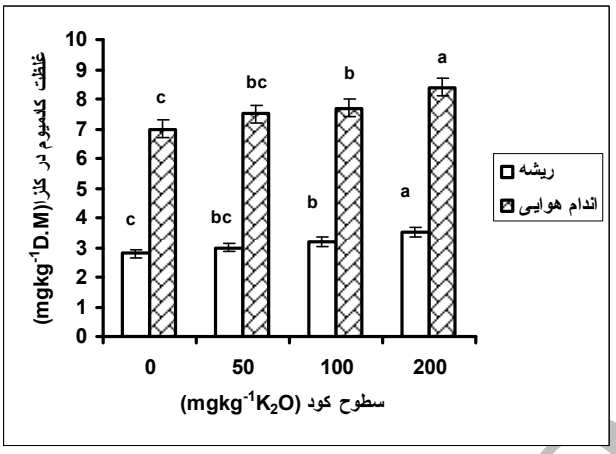
مک لاگلین وهمکاران (۱۸) گزارش دادند که افزایش یون کلرید در آب آبیاری به طور معنی داری غلظت کادمیوم را در گیاه افزایش داد. در خصوص تأثیر کودهای پتاسیمی بر میزان کادمیوم گیاهان محققین این تأثیر را بیشتر به آنیون همراه نسبت می‌دهند. گرانت وهمکاران (۹) گزارش کردند که مصرف کلرید پتاسیم غلظت کادمیوم در دانه جو را افزایش داد. اسپارو وهمکاران (۲۳) نیز گزارش کردند که مصرف KCl غلظت کادمیوم غده سیب زمینی را بیش از مصرف همان مقدار پتاسیم به صورت K_2SO_4 افزایش داد.

در پژوهش حاضر نیز افزایش غلظت وجذب کادمیوم در تیمار ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم K_2O به صورت KCl را می‌توان به تأثیر یون کلرید نسبت داد که با تشکیل گونه‌های کلرید کادمیوم در محلول موجب افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه شده است. ممکن است افزایش غظلت کادمیوم اندام هوایی به کاهش عملکرد در این تیمار نسبت داده شود که با توجه به اینکه علاوه بر غلظت، جذب نیز افزایش یافته است این برداشت درست نمی باشد. محققین تعدادی از ساز وکارهای اثر شوری یون کلرید بر جذب کادمیوم توسط گیاه را این گونه عنوان کرده اند که با افزایش NaCl تنش اسمزی ریشه گیاه افزایش می‌یابد که بر عمل غشاء تأثیر می‌گذارد و اجازه می‌دهد که کادمیوم بیشتری از محلول خاک جذب گردد. همچنین افزایش غلظت کاتیونهای مکمل می‌تواند موجب تعویض Cd^{2+} و ورود آن به محلول خاک وجذب توسط ریشه شود. با افزایش غظلت کلرید در محلول، Cd^{2+} پیوندی با کلوئیدهای خاک کمپلکس می‌گردد وغلظت کل کادمیوم در محلول افزایش یافته که جذب بعدی کادمیوم کمپلکس شده توسط ریشه را به دنبال دارد. همچنین با افزایش غلظت کلر در محلول Cd^{2+} به شکل کمپلکس در می‌آید وانتشار موثر کادمیوم در خاک و محلول به مکانهای جذب در ریشه افزایش می‌یابد.

1 - Desorption

Archive of SID

www.SID.ir

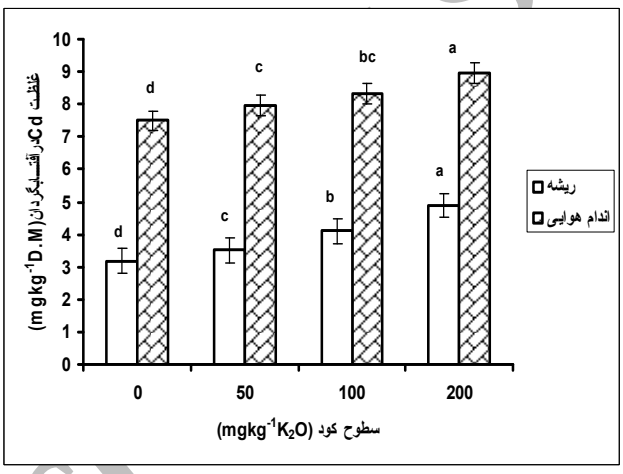


(شکل ۱)- تأثیر کلرید پتاسیم برغلظت کادمیوم درکلزا

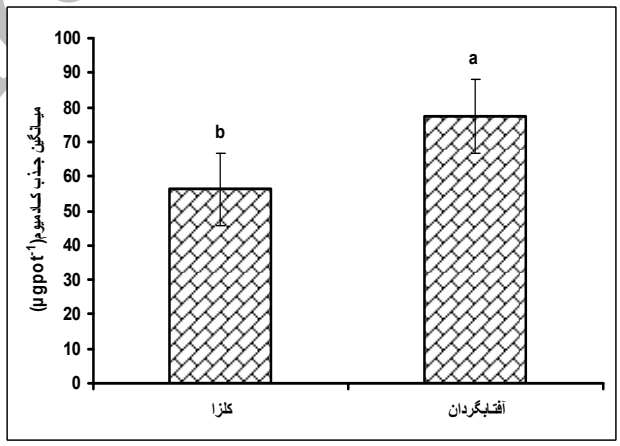
حروف مشابه: میانگین ها فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد هستند($P<0.01$)

حروف ترکیبی: اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد($P<0.05$)

حروف غیر مشابه: اختلاف معنی دار در سطح یک درصد($P<0.01$)

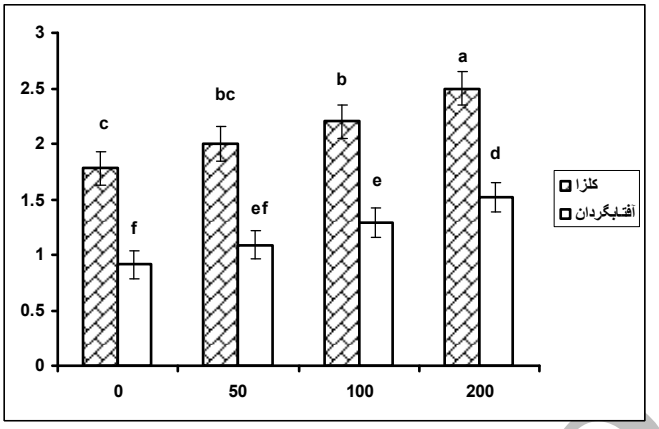


(شکل ۲)- تأثیر کلرید پتاسیم برغلظت کادمیوم در آفتابگردان



(شکل ۳)- مقایسه مقدار جذب کادمیوم توسط کلزا وآفتابگردان

www.SID.ir



(شکل٤)- تأثیر کلرید پتاسیم برفاکتورانتقال کادمیوم در کلزا و آفتابگردان

تأثیر تیمارها بر فاکتور انتقال کادمیوم نیز در سطح یک درصد ($P<0.01$) معنی دار شد. فاکتور انتقال گیاه آفتابگردان ۱۳/۸ درصد بیشتر از کلزا به دست آمد (نمودار۴).

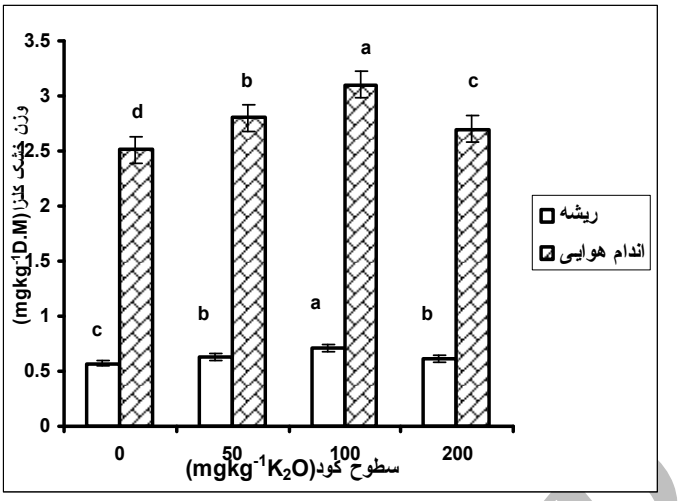
فاکتور انتقال نمایه ای است که توان انتقال عناصر از ریشه به اندام هوایی را مشخص می‌کند و این فاکتور در گیاهان بیش اندوز بیشتر از یک است.

تأثیر تیمارها بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه در نمودارهای ۵ و ۶ آورده شده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد عملکرد ماده خشک در سطوح ۵۰ و۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم K_2O افزایش نشان داد ولی در تیمار ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم K_2O کاهش معنی داری در وزن خشک مشاهده می‌گردد. میزان کاهش در کلزا ۱۲ درصد بیشتر از آفتابگردان بود. علت کاهش تولید ماده خشک در این تیمار را می‌توان به جذب بیشتر کادمیوم توسط گیاه نسبت داد که سمیت آن موجب اختلال در رشد شده است. افزایش جذب کادمیوم موجب بروز عوارض نامطلوب در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه شده ودر نتیجه تولید ماده خشک کاهش یافته است. علائم عمومی ناشی از جذب مقادیر اضافی کادمیوم در گیاه، کاهش و توقف رشد ریشه، چوب پنبه ای شدن وصدمه به ساختمان خارجی و داخلی ریشه، کاهش هدایت هیدرولیکی آب در ریشه، تداخل در جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل و فتوسنتز و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی ذکر شده است. البته گونه ها وارقام گیاهی دارای حساسیت متفاوتی نسبت به آلاینده‌های فلزی می‌باشند اما پتاسیم می‌تواند از طریق افزایش چشمگیر رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش میزان کلروفیل و سطح برگ، هدایت روزنه ای، فعالیت فتوسنتزی و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز موجب افزایش عملکرد ماده خشک شود (۱۵). گیاه آفتابگردان وکلزا نیز به عنوان گیاهان پتاسیم دوست، نیاز بالایی به پتاسیم دارند. با توجه به مقدار عددی فاکتور انتقال کادمیوم (1<) مشخص می‌شود که گیاه آفتابگردان و کلزا می‌توانند به عنوان گیاهان بیش اندوز در خاکهای آلوده مورد استفاده قرار گیرند و تأثیر تیمارها بر افزایش مقدار فاکتور انتقال بیانگر تأثیر مثبت آنها بر افزایش راندمان گیاه پالایی می‌باشد. زیست توده کمتر تولید شده توسط کلزا با مقدار فاکتور انتقال بالای آن جبران شده و جذب کادمیوم را افزایش داده است اما چون زیست توده تولیدی آفتابگردان بیشتر است در مجموع راندمان گیاه پالایی بالاتری نسبت به کلزا دارد. همچنین ضریب انتقال بالاتر آفتابگردان را می‌توان به ریشه دهی و در نتیجه ترشحات ریشه‌ای بیشتر نسبت داد (شکل۷) (۲۶).

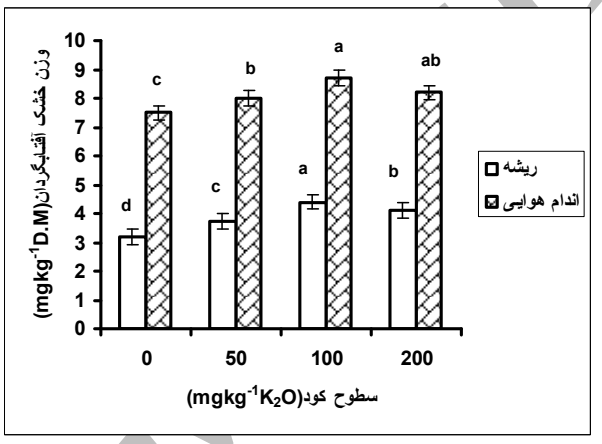
به طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که مصرف کود کلرید پتاسیم می‌تواند در افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه و به دنبال آن کارآیی گیاه پالایی خاک آلوده به کادمیوم موثر باشد که این امر می‌تواند ناشی از تشکیل گونه‌های محلول کلرید کادمیوم و افزایش غلظت کادمیوم محلول و جذب آن توسط گیاه باشد. بررسی‌های بیشتر مزرعه‌ای در خصوص تأثیر سایر عملیات مدیریتی و زراعی از جمله انتخاب نوع گونه و رقم گیاهی، کیفیت آب آبیاری، مدیریت مصرف کود و تأثیر مواد بهساز خاک بر زیست فراهمی کادمیوم و سایر فلزات سنگین وافزایش جذب آنها در گیاهان بیش اندوز و نقش فعالیت‌های زیستی خاک بر کارآیی گیاه پالایی توصیه می‌شود.

Archive of SID

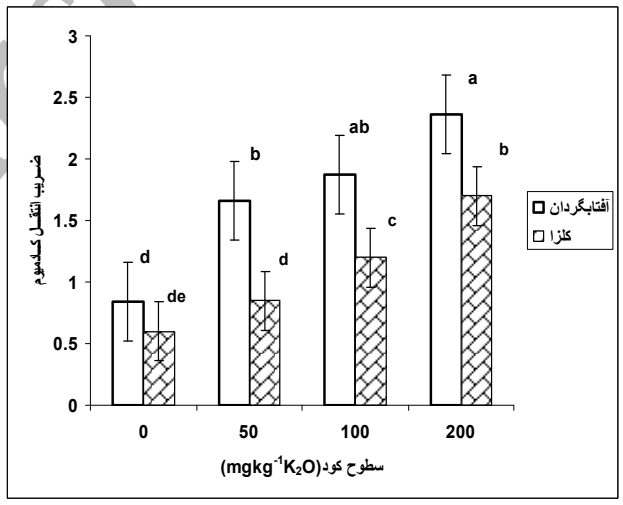
www.SID.ir



(شکل۵)- تأثیر کلرید پتاسیم بر وزن خشک کلزا



(شکل ٦)- تأثیر کلرید پتاسیم بر وزن خشک آفتابگردان



(شکل ۷)- تأثیر کلرید پتاسیم برضریب انتقال کادمیوم در کلزا وآفتابگردان

www.SID.ir

منابع

۱- احیائی م. و اصغرزاده ع. ۱۳۷۵. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۹۸۳، موسسه تحقیقات خاک وآب، تهران، ایران.

۲- ثواقبی غ.ر. و ملکوتی م.ج. ۱۳۷۹. اثرات بر هم کنش کادمیوم و پتاسیم بر تولید ماده خشک، غلظت و جذب کادمیوم و پتاسیم در گندم. مجله خاک و آب، ج. ۱۲، ش. ۹، ص. ۴۴-۵۳.

3- Alloway B. 1995. Heavy metals in soils, 2 th Edition. Blackie and sons Ltd. New York.

4- Bingham F., Sposito and G. Strong.1984. The effect of chloride on the availability of cadmium. J.Environ. Qual. ,13:71-74.

5- Brooks R. 1998. Plants that hyperaccumulate heavy metals, UK. CABI.Pub. Planata, 220:731-736.

6- Brown S., Chaney R., Angle J., and Baker A. 1995. Zinc and Cadmium uptake by hyperaccumulator Thlaspi caerulescens grown in nutrient solution. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:125-133.

7- Ghosh M., and Singh S. 2005. A review of phytoremediation of heavy metals and utilization of it's byproducts. Appl Eco and Environmental Research, 3(1):1-18.

8- Grant C., Bailey L., McLaughlin M., and Singh R. 1999. Management factors which influence cadmium concentration in crops. In:M. McLaughlin and B. singh(editors) :Cadmium in soils and plants. Kluwer Academic publishers Netherlands.

9- Grant C., Bailey L., and Therrien T. 1996. Effect of N,P and Kcl fertilizers on grain and biomass yield and Cd concentration of Sunflower and malting barley fert. Res, 45(2):153-161.

10- Gripsen V.M.J., Nelissen H.J.M., and Verkleij T.A.C. 2006. Phytoextraction with plants:A tool for sustainable management of heavy metal contaminated soils. J. Environ.Pollut, 144:77-83.

11- Hamon H., Lorens S., Holm P., Christensen T., and Mac Grath S. 1985. Changes in trace metal species and other components of the rhizosphere during growth of radish. Plant Environ., 18:749-759.

12- Kayser A., Wenger K., Keller A., Attinger W., and Schulin R. 2000. Enhancement of Phytoextraction of Zn,Cd and Cu from calcareous soil.The use of NTA and Sulfur amendments.Environ.Sci.Technol., 34:1778-1783.

13- Lombi e., zhao F., dunham S., and McGrath P. 2001. Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils.j.Environ.Qual, 30:1919-1926.

14- Ma J.F. Hiradate S., Norvell P. 2000. Form of cadmium for uptake and translocation in durum wheat under salty condition. Planta, 211:355-360.

15- Marchiol L., Letia L., Marti M., Pperssotti A., and Zerbi G. 1996. Physiological responses of two soybean cultivars to cadmium. J.Environ.Qual., 25:562-566.

16- Mauskar J.M. 2007. Cadmium –An Environment Toxicant, Central Pollution Control Board, Ministry of Environment & Forests, Govt of India, Parivesh Bhawan, East Arjun Nagar,Delhi-110032.

17- McLaughlin M., Maier N., Freeman K., Tiller K., Williams C., and Smart M. 1995. Effect of potassium and phosphatic fertilizer type,fertilizer Cd concentration and Zinc rate on cadmium uptake by potatoes.Fer.Res.40:63-70.

18- McLauglin M., Palmer L., Beech T., and Smart M. 1994. Increasing Soil salinity causes elevated cadmium concentrations in field-grown potato tubers.J.Environ.Qual., 23:1013-1018.

19- Helmke P.H., and Spark D.L. 1996. Potassium. pp.551-574.In: Sparks, D.L.et al., Methods of Soil Analysis. SSSA.Inc.ASA.Inc.Madison,WI.

20- Salardini A.A., Sparrow L., Holloway R., and Brrow N. 1993. Effects of potassium and zinc fertilizers, gypsum and leaching on Cd in the seed of popies, Plant Nutrition from genetic engineering to field practice. Proceedings of the international Plant Nutrition Colloquium ., 1993,Perth Australia, 795-798.

21- Sakari K., and Huang P.M. 1996. Influence of potassium chloride on desorption of Cdsorbed on hydroxyalminosilicate-montmorillinite complex.Soil Sci. Plant Nutr. 1996.

22- SAS Institue Inc. 2003. SAS Statistic, release 9. 1. SAS Inst., Cary, N. C. Saeed. M.,and R. L. Fox. 1997. Relations between suspension pH and Zinc Solubility in acid and Calcareous soils. Soil Sci., 124:199-203.

23- Sparrow L., Salardini A.A., and Bishop A. 1994. Field studies of Cd in potatoes response of Cu., Russet Burband. Aust of Agr Research , 45(1):243-249.

24- Su Ch., Sun L., Heng Sun T., Ch. L., and Guo G. 2007. Interaction between Cadmium,Lead and potassium sulfate in a Soil-Plant system. Journal of Environ. Geochem. and Health.,29(5):435-446.

25- Ueno D., Ma J.F., Iwashita T., Zhao F.J. and McGrath S.P. 2005. Identification of the form of Cd in the leaves of a superior Cd-accumulating ecotype of *Thlaspi caerulescens* using ^{113}Cd-NMR.J. Planta, 221:928-936.

26- Yang J., and Skogley E. 1990. Copper and cadmium effects on potassium adsorption and buffering capacity.Soil.Sci.Soci.Amer., 54:739-744.

27- Zhong-Qiu Z., Yong-Guan Zhu L., Smithand S.E., and Smith F.A. 2004. Effects of forms and rates of Potassium fertilizers on Cadmium uptake by spring Canola (*Brassica napus,L.*) and spring Wheat (*Triticum aestivum,L.*),Environ. Int.,vol:29,Issue:7,Pages:973-978.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 3, Fall 2009, p. 28-35

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۳۵-۲۸

The Effect of Potassium Chloride on Cadmium Uptake by Canola and Sunflower in a Polluted Soil

F. khosravi[1*] - Gh. Savaghebi Firoozabadi[2] – M. Farahbakhsh[3]

Abstract

The use of plants for remediation of heavy metals contaminated soils is an economical, cheap and effective strategy. This research was conducted in order to study the effect of potassium chloride on cadmium uptake and enhancement of it's phytoremediation by canola *(Brassica napus L.)* and sunflower *(Helianthus annuus L.)* in a cadmium polluted soil from Angoran in Zanjan province. In a randomized complete block design (RCBD), with three replications, four levels of potassium (0(control), 50,100 and 200 mg K_2O per kilogram of soil as KCl) was performed and Azargoal hybrid variety of sunflower and Double Zero variety of spring canola separately were planted in pot. The ANOVA results showed that application of KCl treatments have significantly effects ($P<0.01$) on dry matter production of root and shoot, Cd concentration, uptake and translocation factor (TF). In this study the highest amount of Cd uptake by sunflower (84.57µgpot^{-1}) and canola (64/10µgpot^{-1}) was obtained by application of 200 mg K_2O per kg of soil. The Cd translocation factor of Canola (2.5) was higher than sunflower (1.6). Therefore, based on pot experiment and lab analysis results, these crops are suitable for Cd phytoextraction in phytoremediation technology and KCl application can improve phytoremediation efficiency of cadmium polluted soil. More research under field condition can be useful and is recommended.

Key words: Phytoremediation, Sunflower, Canola, Potassium chloride and Cadmium uptake

Archive of SID

1,2,3 – M.Sc student, Associate prof., and Assistant prof., from College of Agriculture and Natural Resources , Branch of Water and Soil Engineering Soil Science Department, Respectively
(*- Corresponding author Email: fatemehk_30@yahoo.com)

www.SID.ir