نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

تأثیر کودهای پتاسیمی بر گیاه‌پالایی سرب و کادمیم در یک خاک آلوده توسط اسطوخودوس (*Lavendula Officnalis* L.)

*زهره محمدیان[۱]، احمد غلامعلی‌زاده آهنگر[۲]، مریم قربانی[۳] و زینب محکمی[۴]
[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، [۲]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه زابل،
[۳]عضو هیأت علمی گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، [۴]عضو هیأت علمی پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از گیاهان دارویی برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین راهکاری اقتصادی، ارزان و موثر می‌باشد. جابجایی گسترده مواد طبیعی و آلاینده‌ها به قسمت‌های مختلف زیست‌محیطی (خاک، آب زیرزمینی و اتمسفر) فشار شدیدی بر توانایی خودپالایی خاک وارد نموده است. تجمع آلاینده‌ها هم برای انسان و هم اکوسیستم در معرض آن موجب نگرانی شده است. در میان آلاینده‌ها، فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن وآثار زیان‌بار فیزیولوژیک بر جانداران حتی در غلظت‌های کم، اهمیتی ویژه دارند. سرب و کادمیم از جمله فلزات سنگینی هستند که از منابع و مصارف گوناگون به آب، خاک، گیاه و نهایتاً به زنجیره غذایی انسان و حیوانات راه می‌یابند و خسارت‌هایی جدی به بار می‌آورند. بنابراین، انجام پژوهش‌هایی در راستای پالایش این عناصر از محیط زیست ضروری است. روش‌های مختلفی برای پالایش خاک‌های آلوده وجود دارد که عمدتاً بسیار گران و پرهزینه بوده و به این دلیل استفاده از روش‌های کم‌هزینه‌تر برای رفع آلودگی خاک‌ها می‌تواند به پالایش و استفاده بهینه از این خاک‌ها کمک نماید. یکی از روش‌های نوین و کم‌هزینه برای پالایش خاک‌های آلوده، استفاده از گیاهان (*Phytoremediation*) می‌باشد. گیاه‌پالایی یک تکنولوژی در حال ظهور است که با بهره‌گیری از گیاهان و سپس ریزجانداران موجود در ریزوسفر برای حذف کردن، تغییر دادن یا محدود کردن مواد شیمیایی سمی در خاک، رسوبات، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و حتی اتمسفر استفاده می‌شود. مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند زیست‌توده گیاهی و جذب فلز توسط گیاه را افزایش دهد. در این رابطه مقدار و منابع کودی پتاسیمی دارای اهمیت خاصی هستند. پتاسیم در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه نه تنها از نظر مقدار موجود در بافت‌های گیاهی بلکه از نظر وظایف فیزیولوژیکی و شیمیایی و فعال کردن آنزیم‌های گیاهی، مهم‌ترین کاتیون می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات منابع مختلف پتاسیم بر غلظت کادمیم و سرب و ارتقای گیاه‌پالایی آن توسط گیاه اسطوخودوس (*Lavendula Officnalis* L.) است.

مواد و روش‌ها: این طرح تحقیقاتی مشتمل بر دو آزمایش مستقل- به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی، آزمایش اول شامل دو فاکتور کودهای پتاسیمی (کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم و نیترات پتاسیم در دو سطح

* مسئول مکاتبه: zohre.mohamadiyan@gmail.com

۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به همراه شاهد) و کلریدکادمیم در (دو سطح: صفر و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و آزمایش دوم شامل دو فاکتور کودهای پتاسیمی مشابه آزمایش اول و نیترات سرب در (دو سطح: صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با سه تکرار، بر روی گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavendula Officnalis* L.) در گلخانه دانشگاه به اجرا درآمد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کودهای پتاسیمی اثر معناداری بر غلظت سرب و کادمیم در شاخساره و ریشه گیاه داشتند. همچنین بر طبق نتایج این پژوهش در خاک آلوده به کادمیم (سطح ۱۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک)، بیش‌ترین غلظت کادمیم در شاخساره گیاه (۲/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه) و در ریشه (۱/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه) با مصرف ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کلرید پتاسیم به‌دست آمد. در خاک آلوده به سرب (سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک)، بیش‌ترین غلظت سرب در شاخساره گیاه (۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم کلرید پتاسیم به‌دست آمد و در ریشه (۹/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه)، در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم کلرید پتاسیم حاصل شد که البته غلظت سرب در سطح مذکور با سطح ۱۱۰ میلی‌گرم سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نشان نداد. نتایج نشان‌دهنده توانایی زیاد گیاه اسطوخودوس برای جذب فلزات سنگین از خاک‌های آلوده است. تجمع بیش‌تر کادمیم و سرب در ریشه اسطوخودوس نسبت به شاخساره از یافته‌های دیگر این پژوهش بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج آزمایش گلدانی و تجزیه‌های آزمایشگاهی این گیاه برای گیاه جذبی کادمیم و سرب در فناوری گیاه پالایی مناسب می‌باشد و مصرف کودهای پتاسیمی به‌ویژه کلرید پتاسیم نیز می‌تواند کارآیی گیاه‌پالایی خاک آلوده به کادمیوم و سرب را بهبود بخشد. بررسی‌های بیش‌تر در شرایط مزرعه مفید خواهد بود و توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسطوخدوس، سرب، کادمیم، کودهای پتاسیمی، گیاه‌پالایی

مقدمه

امروزه علاوه بر آلودگی‌های ناشی از سوخت مواد نفتی و صنعت، آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست‌محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر کاهش عملکرد محصول، پایداری تولیدات کشاورزی و سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد (۱۴). در بین فلزات سنگین، فلز کادمیم به‌دلیل تحرک و پویایی زیاد در خاک و جذب توسط گیاه، سمیت قابل‌توجه و نیمه‌عمر بیولوژیکی حدود ۲۰ سال را دارا می‌باشد (۲۴). اثرات سوء ناشی از جذب کادمیم اضافی در محصولات کشاورزی را می‌توان کاهش و توقف رشد ریشه، چوب‌پنبه‌ای شدن و صدمه دیدن ساختار داخلی و خارجی ریشه، کاهش هدایت هیدرولیکی آب در ریشه، تداخل با جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل، کلروز برگ و رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی و به‌ویژه آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز برشمرد (۱). نقش بیولوژیکی خاصی برای سرب در گیاهان شناخته نشده است علائم سمیت سرب در گیاهان به‌صورت تیره شدن رنگ برگ‌ها، توقف رشد قسمت هوایی، کاهش زیست‌توده، کاهش سنتز کلروفیل و حتی ناهنجاری‌های کروموزومی دیده شده است (۳۵). آلودگی خاک به فلزات سنگین را می‌توان با روش‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و زیستی به‌صورت درجا (In-Situ) و غیردرجا

(Ex-Situ) پالایش نمود (۱۲). فناوری گیاه‌پالایی یا استفاده از گیاهان برای پالایش آلاینده‌ها از خاک، آب و رسوب به‌عنوان فناوری نسبتاً جدید از طریق ریشه صافی، گیاه تثبیتی، گیاه جذبی، گیاه تصعیدی و گیاه تخریبی موجب برداشت، تخریب یا محبوس کردن آلاینده‌ها می‌گردد و بهترین رهیافت گیاه‌پالایی، جذب و انتقال آلاینده‌ها از خاک به گیاه بدون تخریب ساختمان خاک و تغییر در باروری آن است (۱۹). کارآیی گیاه جذبی در پالایش خاک بستگی به دو عامل زیست‌توده تولیدی و غلظت فلز در زیست‌توده دارد بنابراین می‌توان با اعمال تیمارهای مناسب و مدیریت زراعی خوب تولید زیست‌توده و زیست‌فراهمی فلز در خاک و جذب آن توسط گیاه را افزایش داد (۱۵). مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند زیست‌توده گیاهی و جذب فلز توسط گیاه را افزایش دهد در این رابطه مقدار و منابع کودی پتاسیمی دارای اهمیت خاصی هستند پتاسیم در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه نه تنها از نظر مقدار موجود در بافت‌های گیاهی بلکه از نظر وظایف فیزیولوژیکی و شیمیایی و فعال کردن آنزیم‌های گیاهی، مهم‌ترین کاتیون می‌باشد، بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که برهم‌کنش پتاسیم و کادمیم می‌تواند در خاک و گیاه روی دهد (۳۱). سالاردینیو همکاران (۱۹۹۳) اثر کادمیم و منابع کودی پتاسیم را بر غلظت کادمیم در سیب‌زمینی 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 (۲۹) در آزمایشی تأثیر نیتروژن، فسفر و کلرید پتاسیم بر غلظت کادمیوم در آفتابگردان و جو بررسی شد، نتایج به‌دست آمده نشان داد که با مصرف نیتروژن و کلریدپتاسیم 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 زیست‌فراهمی آن برای جذب توسط گیاه، نسبت داده شد (۳۶). پژوهشگران گزارش کردند که با مصرف کلرید پتاسیم آزادسازی کادمیوم تجمع‌یافته در خاک افزایش یافته هچنین غلظت کادمیوم در برگ‌های فوقانی گیاه تالاسپی در خاک‌های دارای پتاسیم بالاتر بیش‌تر بود (۲۲). اسطوخودوس با نام علمی (*Lavendula Officnalis* L.) گیاهی چندساله و همیشه سبز از خانواده نعناعیان (*Labiatae* یا *Lamiaceae*) است. ارتفاع گیاه بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، گل‌ها به‌صورت خوشه‌ای انتهایی و مجتمع در رأس ساقه می‌باشد. دوران گلدهی با توجه به شرایط محیطی و آب و هوایی منطقه اواخر بهار تا شهریورماه گزارش شده است (۶، ۲۵). پژوهش‌ها نشان داده است گیاه اسطوخودوس برای تولید هر یکصد کیلوگرم گل، ۰/۸کیلوگرم نیتروژن، ۰/۲ کیلوگرم اکسید فسفر و ۰/۸ کیلوگرم اکسید پتاس از خاک جذب می‌کند (۲۸).

این گیاه بومی اروپا می‌باشد و چون در ایران به‌صورت خودرو رشد نمی‌کند، تهیه و تولید آن صرفاً از طریق کشت امکان‌پذیر است تاکنون پژوهشی در مورد توانایی جذب فلزات سنگین به‌وسیله این گیاه صورت نگرفته است. با توجه به اهمیت موضوع آلودگی خاک با کادمیوم و سرب و تأثیر عوامل مدیریتی از جمله کوددهی بر جذب کادمیوم و سرب توسط گیاه و پالایش خاک‌های آلوده به روش گیاه‌پالایی، این پژوهش با هدف بررسی اثرات منابع مختلف پتاسیم بر گیاه‌پالایی خاک آلوده به کادمیوم و سرب توسط گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavendula Officnalis* L.) به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این طرح تحقیقاتی مشتمل بر دو آزمایش مستقل- به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، آزمایش اول شامل دو فاکتور کودهای پتاسیمی شامل کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم و نیترات پتاسیم در دو سطح ۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به همراه شاهد (در مجموع: ۷ تیمار) و کلریدکادمیم در (دو سطح: صفر و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و آزمایش دوم شامل دو فاکتور کودهای پتاسیمی مشابه آزمایش اول و نیترات سرب در (دو سطح: صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم با سه تکرار، بر روی گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavendula Officnalis* L.) در گلخانه دانشگاه به اجرا درآمد. خاک مورد استفاده از عمق صفر تا بیست سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل تهیه و پس از هوا خشک نمودن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتری (۴)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با هدایت‌سنج الکتریکی و pH در خاک به روش الکترود شیشه‌ای در عصاره اشباع خاک، نیتروژن کل به روش کجلدال (۲۷)، فسفر قابل‌جذب به روش عصاره‌گیر اولسن (۲۶) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100) و پتاسیم قابل‌جذب با استفاده از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (۱۳) و قرائت با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. میزان کادمیم و سرب قابل‌جذب خاک با DTPA عصاره‌گیری و توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید (۲۱). به‌منظور آلوده‌سازی خاک از کلرید کادمیم با غلظت ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و سرب از نیترات سرب با غلظت ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم استفاده شد. این نمک‌ها به‌صورت محلول در آب به خاک اضافه گردید. سپس سطوح ۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم K_2O از سه منبع کودی کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم و سولفات پتاسیم به همراه شاهد (بدون مصرف کود پتاسیمی) به خاک اضافه شد و به‌مدت یک ماه با دمای ثابت ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری گردید تا برهم‌کنش آلاینده، کودهای پتاسیمی و خاک تکوین یافته و شرایط آلودگی طبیعی‌تر باشد. رطوبت گلدان‌ها به روش توزین در حد ظرفیت زراعی مزرعه نگه‌داری شد. سپس خاک آماده شده به گلدان‌های۳ کیلوگرمی اضافه شد. در داخل هر گلدان۳ قلمه ریشه‌دار شده اسطوخودوس (*Lavendula Officnalis* L.) کشت شد. دو ماه بعد از کشت، شاخساره گیاهان از سطح طوقه برداشت گردیده و هواخشک گردید. ریشه‌ها نیز به‌وسیله شستشو با آب مقطر و به آرامی از خاک جدا شده و داخل آون ۵۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲ روز خشک گردید. سپس وزن خشک شاخساره و ریشه با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ دیجیتالی تعیین و نمونه‌ها جهت انجام تجزیه گیاه آسیاب و عصاره گیاهی به روش خاکسترسازی خشک آماده شد و در عصاره غلظت پتاسیم با استفاده از دستگاه شعله- نورسنج قرائت گردید (۱۰). برای تعیین غلظت عنصر سرب و کادمیم در شاخساره و ریشه اسطوخودوس از روش هضم با HNO_3 غلیظ و آب اکسیژنه ۳۰ درصد استفاده شد (۳) و غلظت سرب و کادمیم در عصاره گیاه به‌وسیله دستگاه جذب اتمی شیاتزو مدل UNICAM919AA تعیین گردید.

روش آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اثرات ساده کودهای پتاسیمی و کادمیم و اثر متقابل آن‌ها بر

غلظت کادمیم در ریشه و شاخساره گیاه اسطوخودوس در سطح یک درصد معنادار می‌باشد (جدول ۲). مطابق (شکل ۱) در خاک آلوده به کادمیم (سطح ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم) نسبت به خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم کادمیم)، غلظت کادمیم بیش‌تری در ریشه گیاه اسطوخودوس تجمع‌یافته است. در خاک آلوده به کادمیم، بیش‌ترین غلظت کادمیم در تیمار ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کلرید پتاسیم به‌دست آمد. غلظت کادمیم در این سطح نسبت به سطح شاهد (بدون مصرف کود پتاسیمی) ۴۸/۱۸ درصد افزایش معنادار نشان داد (شکل ۱). همچنین مشاهده می‌شود که در سطوح ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات و نیترات پتاسیم نیز غلظت کادمیم به‌ترتیب ۳۹ و ۲۷ درصد نسبت به سطح شاهد افزایش معنادار یافته است (شکل ۱). ارقام گیاهی از نظر توانایی در جذب، تجمع و مقاومت به فلزات سنگین متفاوت می‌باشند (۲) طبق نظر گرانت و همکاران (۱۹۹۹) یون کلرید بسته به غلظت آن در محلول می‌تواند با کادمیوم تشکیل کمپلکس دهد به‌طوری‌که اگر غلظت کلرید در محلول به بیش از ۱۰ میلی‌مولار (۳۵۵ میلی‌گرم در لیتر) افزایش یابد، گونه $CdCl^+$ در محلول از Cd^{2+} فراوان‌تر خواهد بود که این غلظت کلر در آب‌های آبیاری معمول است و محلول خاک ممکن است به‌دلیل تبخیر و تعرق دارای غلظت‌های بیش‌تر یون کلرید شود که کمپلکس‌های $CdCl_2$-n شیمی کادمیوم محلول در خاک‌های شور را کنترل می‌کنند همچنین مشخص شده است که این کمپلکس‌ها می‌توانند تحرک کادمیم در خاک را از طریق واکنش‌های زدایش و یا واجذب و تشکیل کمپلکس افزایش دهند در خصوص تأثیر کودهای پتاسیمی بر میزان کادمیوم گیاهان، پژوهشگران این تأثیر را بیش‌تر به آنیون همراه نسبت می‌دهند (۸).

گرانت و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که مصرف کلرید پتاسیم غلظت کادمیم در دانه جو را افزایش داد (۹). اسپارو و همکاران (۱۹۹۴) نیز گزارش کردند که مصرف KCl غلظت کادمیوم غده سیب‌زمینی را بیش از مصرف همان مقدار پتاسیم به‌صورت K_2SO_4 افزایش داد (۳۳). خسروی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی دیگر گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار جذب کادمیوم توسط آفتابگردان (۸۴/۵۷ میکروگرم در گلدان) و کلزا (۶۴/۱ میکروگرم در گلدان) با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم KCl در کیلوگرم خاک به‌دست آمد (۱۷). زلجازکو و همکاران (۲۰۰۶) اثرات کادمیم، سرب و مس را بر رشد و مقدار روغن موجود در شوید، ریحان و نعناع مورد بررسی قرار دادند نتایج نشان داد، در جایی که غلظت کادمیم در محیط رشد زیاد است در مقایسه با عناصر دیگر کادمیم بیش‌تر از ریشه‌ها به شاخساره انتقال داده می‌شود (۳۹) در پژوهش حاضر نیز افزایش غلظت و جذب کادمیوم در تیمار KCl را می‌توان به تأثیر یون کلرید نسبت داد که با تشکیل گونه‌های کلریدکادمیوم در محلول موجب افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه شده است. این نکته حائز اهمیت است که تجمع یک عنصر در بخش خاص گیاه مانند شاخساره یا ریشه همیشه یک اصل ثابت برای همه گیاهان به‌شمار نمی‌آید (۷).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Selected physical and chemical characteristics of the studied soil.

ویژگی‌های فیزیکی (physical characteristics)	واحد (Unit)	اعداد (Numbers)	ویژگی‌های فیزیکی (physical characteristics)	واحد (Unit)	اعداد (Numbers)
Ec	dsm^{-1}	4.23	رس (clay)	%	9
pH	-	7.51	شن (sand)	%	80
نیتروژن (N)	%	0.12			
فسفر (P)	$mg\ kg^{-1}$	12	بافت خاک Soil texture	Sandy loam	
پتاسیم (K)	$mg\ kg^{-1}$	649			
کادمیم (Cd)	$mg\ kg^{-1}$	0.04			
سرب (Pb)	$mg\ kg^{-1}$	0.21			
سیلت (silt)	%	11			

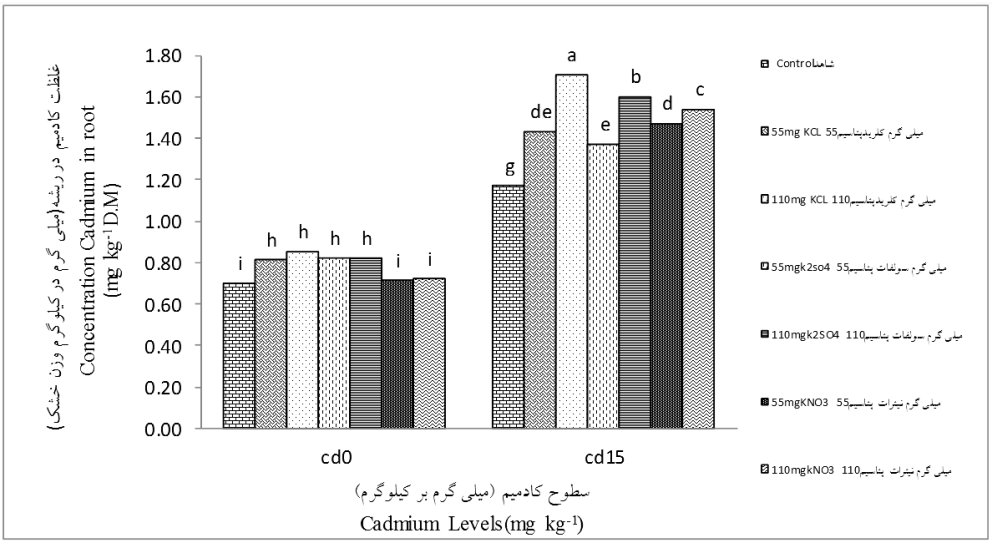
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر کود پتاسیمی و کادمیم بر غلظت کادمیم در ریشه و شاخساره گیاه.

Table 2. Analysis of variance effect of potassium fertilizer and cadmium on root and shoot cadmium concentration.

منابع تغییرات (S.O.V)	میانگین مربعات (Mean Square)		
	درجه آزادی (DF)	غلظت کادمیم در شاخساره (Cadmium cancentration in shoot)	غلظت کادمیم در ریشه (Cadmium cancentration in root)
کود پتاسیمی (potassium Fertilizer)	6	0.0289**	0.0008**
کادمیم (Cadmium)	1	0.0554**	0.0029**
کود پتاسیمی × کادمیم (potassium Fertilizer)*(Cadmium)	6	0.0308**	0.0012**
خطا (Error)	28	0.0000	0.0000
ضریب تغییرات (Coeff Variance)	-	3.52	2.89

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (P<۰/۰۱).

** Significant at the 0.01 probability level.



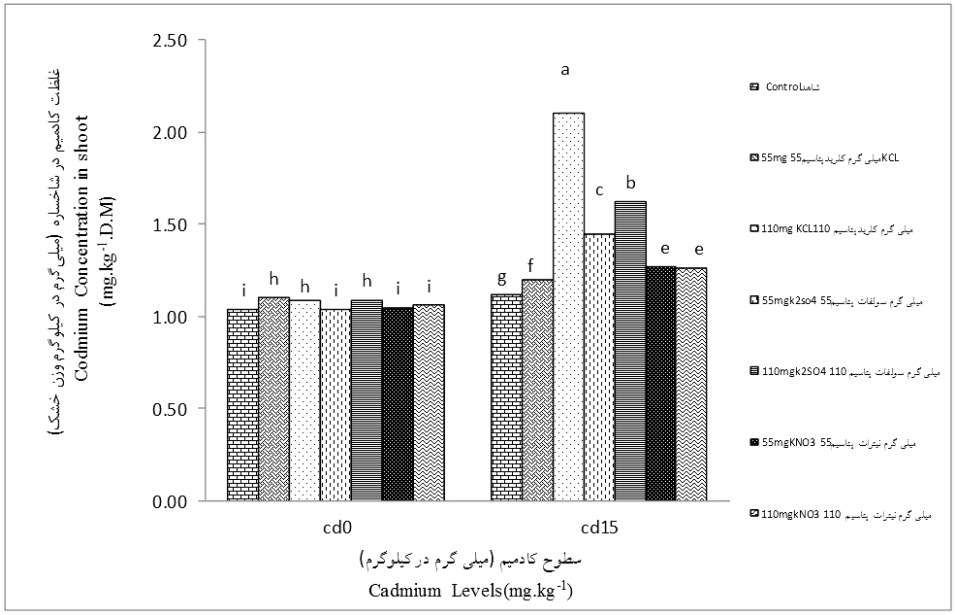
شکل ۱- تأثیر برهم‌کنش کادمیم و سطوح کودهای پتاسیمی بر غلظت کادمیم ریشه.

Figure 1. The effect of interaction of cadmium and potassium fertilizers levels on root cadmium concentration.

مطابق (شکل ۲) در خاک آلوده به کادمیم، بیش‌ترین غلظت کادمیم در شاخساره گیاه در تیمار کودی ۱۱۰ میلی‌گرم کلرید پتاسیم به‌دست آمد که نسبت به سطح شاهد معنادار است. در تیمار مذکور نسبت به سطح شاهد، غلظت کادمیم ۸۷/۵ درصد افزایش نشان داد. (شکل ۲) گویای آن است که در خاک آلوده به کادمیم، کم‌ترین غلظت کادمیم در سطح شاهد (بدون مصرف کود پتاسیمی) حاصل شده است. همچنین در خاک آلوده، در سطوح ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم غلظت کادمیم نسبت به سطح شاهد (سطح بدون مصرف کود پتاسیمی) به‌ترتیب ۳۵ و ۵ درصد افزایش نشان داده است. این افزایش از لحاظ آماری معنادار می‌باشد (شکل ۲). بنابراین می‌توان گفت کودهای پتاسیمی باعث افزایش غلظت کادمیم هم در ریشه و هم در شاخساره گیاه اسطوخودوس شده‌اند. گزارش شد که چون کادمیم می‌تواند به آسانی در محدوده اسیدیته معمول خاک‌های کشاورزی به‌صورت محلول درآید بنابراین افزودن کود سولفات پتاسیم می‌تواند به‌علت اسیدی‌تر کردن خاک در افزایش جذب کادمیم توسط گیاه مؤثر باشد (۳۲). سو و همکاران (۲۰۰۷)گزارش کردند که با مصرف کود سولفات پتاسیم، جذب کادمیوم توسط اندام هوایی کلزا افزایش و آلودگی خاک با این فلز کاهش یافت (۳۴). گزارش شده که فرم کود پتاسیمی مصرفی غلظت کادمیوم را در ریشه و اندام هوایی گندم افزایش می‌دهد. آنیون‌های کلرید و سولفات به‌علت تشکیل کمپلکس با کادمیوم غلظت این فلز را در گیاه افزایش می‌دهند خود پتاسیم هم اثر مثبت روی مقدار جذب کادمیوم دارد. کاربرد کود پتاسیمی در خاک‌های آلوده به کادمیوم از لحاظ نوع و مقدار حائز اهمیت بوده و سبب افزایش زیست‌فراهمی و در نتیجه کارآیی گیاه‌پالایی می‌شود (۳۷). افزایش مقدار جذب کادمیم بر اثر مصرف کود سولفات پتاسیم هم گزارش شده است (۳۱). مک‌لافلین و

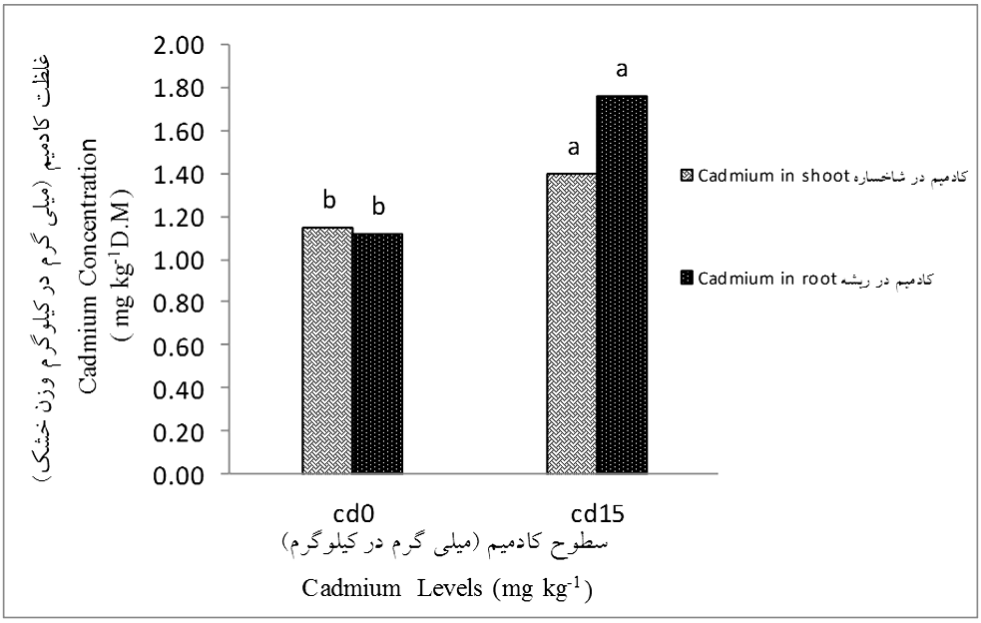
همکـاران (۱۹۹۸) در یـک بررسـی عنـوان کردنـد که افزودن سولفات به خاک سبب شـده کـه عملکـرد چغندر سوئیسی تا ۱۷ درصد کاهش یابد و علـت آن را افزایش زیست‌فراهمـی کـادمیم خـاک بـه واسـطه کاهش pH ذکر کردند (۲۳) همچنین گـزارش شـده که یون سولفات می‌تواند با Cd^{+2} تشکیل کمپلکس و زوج یون بدهد و کارآیی جـذب زوج یـون $CdSO_4$ از محلـول غـذایی برابـر Cd^{+2} بـوده اسـت (۲۳). در بررسی‌های دیگر گزارش شـده کـه بـا مـصرف کـود سولفات پتاسیم آلـودگی خـاک بـا سـرب و کـادمیم کاهش و جذب کادمیم شاخساره افزایش یافتـه اسـت (۳۴). زلجازکو و همکـاران (۲۰۰۸) مـشاهده کردنـد که عملکـرد پـنج گیـاه دارویـی مـریم گلـی، شـوید، ریحان، بادرنجبویه و زوفـا رشـدیافته در خـاک‌هـای آلوده بـه سـرب، کـادمیم، مـس و روی کـاهش پیـدا کرد (۳۸).

در خاک آلوده بـه کـادمیم، غلظـت کـادمیم در شاخساره و ریشه نسبت به خاک غیرآلـوده (سـطح صفر میلی‌گرم کادمیم) بـه‌ترتیـب ۲۱ و ۵۷ درصـد افزایش نشان داد (شکل ۳). مطابق با نتایج تجزیـه واریانس این افزایش در سطح یک درصـد معنـادار می‌باشد (جدول ۲). نتایج این پژوهش همانند نتایج بـسیاری از پـژوهش‌هـای گذشـته نـشان داد کـه یون‌های کادمیم بیش‌تر در بافت‌های ریشه رسـوب می‌کنند و کم‌تر به‌سمت اندام‌هـای هـوایی حرکـت می‌کنند بنابراین ریشه‌ها می‌توانند بـه‌عنـوان محـل اصلی برای رسوب‌گیری وغیرفعـال‌سـازی فلـزات عمل نمایند.



شکل ۲- تأثیر برهم‌کنش کادمیم و سطوح کودهای پتاسیمی بر غلظت کادمیم شاخساره.

Figure2. The effect of interaction of cadmium and levels of potassium fertilizers on cadmium concentration in shoot.



شکل ۳- غلظت کادمیم در شاخساره و ریشه.

Figure 3. Cadmium Concentration in shoot and root.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کودهای پتاسیمی و سرب بر غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی در سطح یک درصد معنادار می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که در خاک آلوده به سرب (سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سرب)، بیش‌ترین غلظت سرب در شاخساره در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم تیمار کودی کلرید پتاسیم به‌دست آمد. غلظت سرب در این سطح ۴/۲ برابر سطح شاهد می‌باشد (شکل ۴). همچنین (شکل ۴) نشان می‌دهد در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات پتاسیم مقدار غلظت سرب نسبت به شاهد تقریباً ۳/۴ برابر می‌باشد. همچنین در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم نیترات پتاسیم غلظت سرب نسبت به سطح شاهد ۲/۵ برابر به‌دست آمد، که این افزایش در غلظت سرب نیز معنادار است.

گلچین و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی نحوه توزیع سرب در اندام‌های مختلف آفتابگردان و کلزا گزارش دادند میزان سرب موجود در اندام‌های گیاهی از غلظت قابل‌جذب این عناصر در خاک تبعیت می‌کند و با افزایش غلظت سرب قابل‌جذب در خاک، غلظت آن در گیاه نیز افزایش می‌یابد (۱۱). نتایج این پژوهش بیانگر آن است که نیترات پتاسیم به‌میزان کم‌تری نسبت به کلرید و سولفات پتاسیم در گیاه‌پالایی سرب و کادمیم توسط گیاه اسطوخودوس مؤثر بوده است.

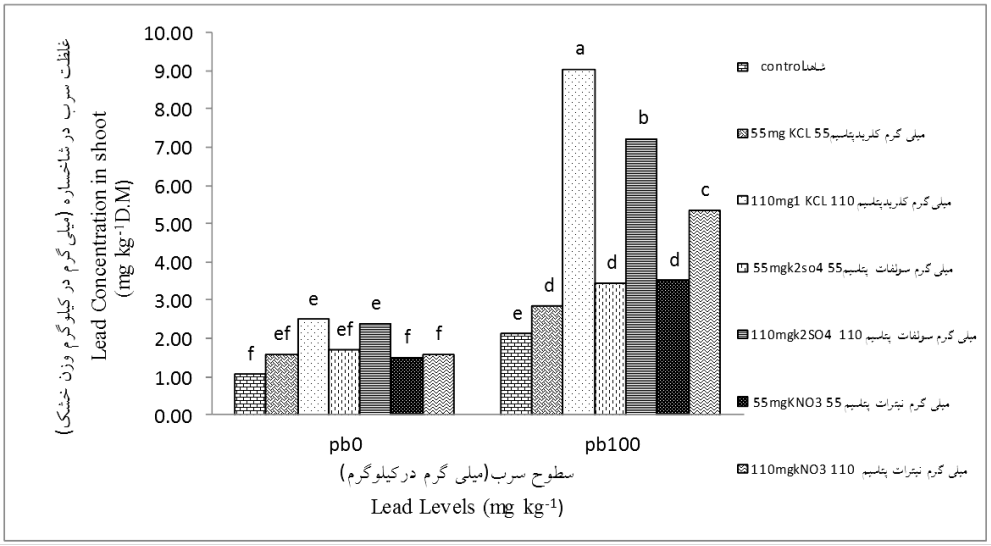
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثرات کود پتاسیمی و سرب بر غلظت سرب در شاخساره و ریشه گیاه.

Table 3. Analysis of variance effect of potassium fertilizer and lead on shoot and root lead concentration.

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (Mean Square)	
		غلظت سرب در شاخساره (Lead cancentration in shoot)	غلظت سرب در ریشه (Lead cancentration in root)
کود پتاسیمی (potasium Fertilizer)	6	0.2776**	0.1560**
سرب (Lead)	1	0.0001**	0.0333**
کود پتاسیمی × سرب (potasiumFertilizer)*(Lead)	6	0.0606**	0.2826**
خطا (Error)	28	0.0000	0.0000
ضریب تغییرات (Coeff Variance)	-	2.43	2.36

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (P<۰/۰۱).

** Significant at the 0.01 probability level.

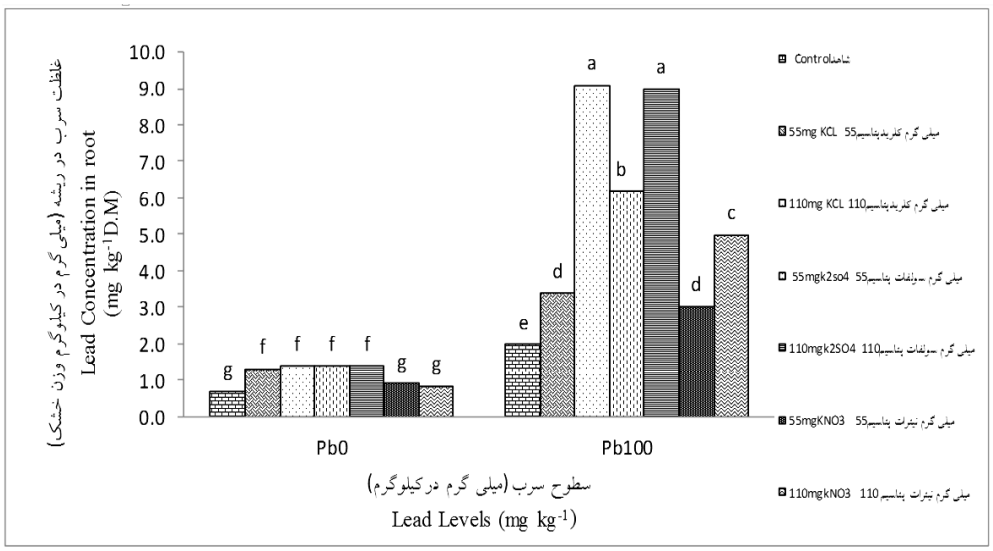


شکل ٤- تأثیر برهم‌کنش سرب و سطوح کودهای پتاسیم بر غلظت سرب شاخساره.

Figure 4. The effect of interaction lead and potassium fertilizers levels on shoot lead concentration.

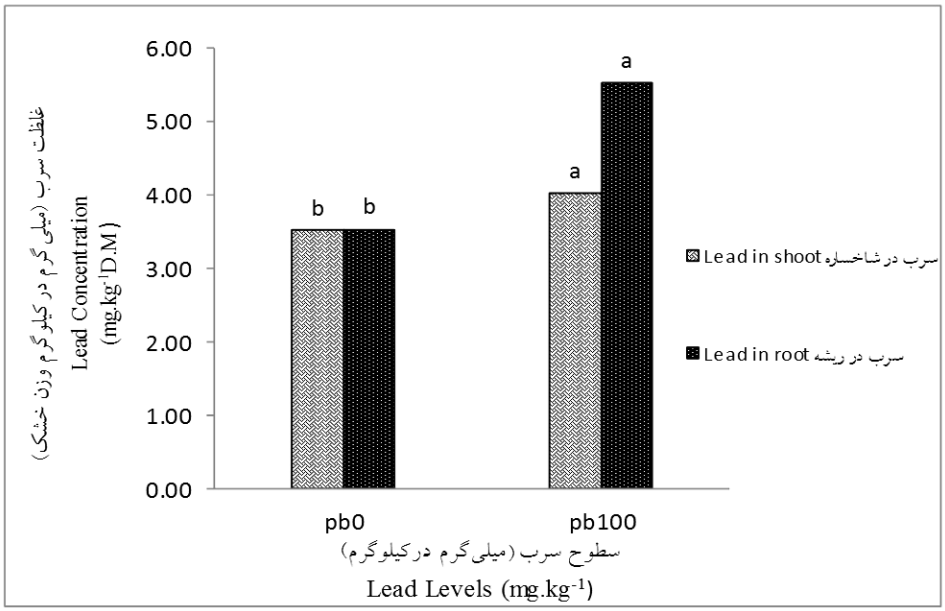
افزایش جذب سرب در قسمت‌های مختلف گیاه می‌تواند به‌علت رقابت مستقیم بین سرب و عناصر غذایی دیگر برای نقاط یکسان جذب روی ریشه باشد. نکته مهم در اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، تحرک و حلالیت کم این ترکیبات و همچنین تمایل اندک گیاهان بر جذب سرب و انتقال آن از ریشه به اندام هوایی است. در تأیید نتایج حاصله در این پژوهش می‌توان به گزارش لیو و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرد که با مصرف سرب و ایجاد آلودگی در خاک مشاهده کردند میزان جذب و انتقال

سرب به دانه در ارقام مختلف برنج بسیار اندک می‌باشد و عمدتاً در ریشه تجمع پیدا می‌کند (۲۰) کیم و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند، در برنج سرب با کاتیون‌های دوظرفیتی برای انتقال به ریشه رقابت می‌کند (۱۶). پژوهشگران در بررسی امکان پالایش خاک‌های آلوده به سرب توسط گیاه شاهی نشان دادند که مقدار سرب جذب شده از خاک توسط شاهی با افزایش آلودگی خاک تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش ولی در آلودگی خاک از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، مقدار سرب جذب‌شده از خاک توسط شاهی رو به کاهش گذاشت (۱۸). استفاده از کود سولفات پتاسیم در جذب کادمیم- سرب مؤثر بوده است به‌طوری‌که مقدار جذب کادمیم ریشه و شاخساره بیش‌تر از سرب بود (۵) سعادتمند و همکاران (۲۰۱۱) عنوان نمودند که با افزایش غلظت سیلیسیم میزان جذب سرب در برگ گیاه بابونه آلمانی افزایش می‌یابد (۳۰). غلظت سرب در ریشه اسطوخودوس در خاک آلوده به سرب نسبت به خاک غیرآلوده به‌طور معناداری افزایش نشان داد (شکل ۵). در خاک آلوده به سرب، بیش‌ترین غلظت سرب در ریشه (۹/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه) در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم کلرید پتاسیم حاصل شد که البته غلظت سرب در سطح مذکور با سطح ۱۱۰ میلی‌گرم سولفات پتاسیم تفاوت معناداری نشان نداد. غلظت‌های سرب در این سطوح نسبت به سطح شاهد (بدون مصرف کود پتاسیمی) ۴/۵ برابر می‌باشد (شکل ۵). همچنین در خاک آلوده به سرب، کم‌ترین غلظت سرب در سطح شاهد مشاهده شد (شکل ۵). مطابق شکل ۶ غلظت سرب در شاخساره و ریشه در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سرب نسبت به سطح شاهد به‌ترتیب ۱۴/۲ و ۵۶/۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۶).



شکل ۵- تأثیر برهم‌کنش سرب و سطوح کودهای پتاسیم برغلظت سرب ریشه.

Figure 5. The effect of interaction lead and potassium fertilizers levels on root lead concentration.



شکل ٦- غلظت سرب در شاخساره و ریشه.

Figure 6. Lead Concentration in shoot and root.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که مصرف کود پتاسیمی از هر سه منبع سولفات پتاسیم، کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم می‌تواند در افزایش کارآیی گیاه‌پالایی خاک آلوده به کادمیوم و سرب مؤثر باشد ولی تأثیر کود کلرید پتاسیم در این زمینه بیش‌تر می‌باشد که می‌تواند ناشی از تشکیل گونه‌های محلول کلر- کادمیوم و کلر- سرب و افزایش غلظت کادمیوم و سرب محلول و جذب آن توسط گیاه باشد. اسطوخودوس گیاهی دارویی، عطری با ارزش بوده و در شرایطی که در مناطق آلوده کشت گردد اسانس آن می‌تواند مصرف دارویی و صنعتی داشته باشد به‌دلیل این‌که فلزات سنگین وارد اسانس گیاه نمی‌شوند. بنابراین کاربرد آن به‌عنوان یک گیاه بیش‌اندوز در گیاه پالایی بدون اشکال است.از طرف دیگر تولیدات گیاهی در فناوری گیاه پالایی می‌توانند خاکستر و دفن شوند یا در صورت امکان فلزات جذب‌شده توسط گیاه و موجود در خاکستر آن، جداسازی گردند. همچنین می‌توان از بقایای گیاهان آلوده به فلزات سنگین در تولید سوخت‌های زیستی، خمیرکاغذ، اسانس‌های گیاهی و تولید الیاف گیاهی و پارچه استفاده کرد.

منابع

1.Alloway, B.J. 1990. Soil processes and the Behavior of Metals. Chap 2. In: Alloway, B.J. (eds.), Heavy Metals in Soils, Blackie Academic and Professional. Glasgow, Pp: 7-28.
2.Alloway, B.J. 1990. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons Inc., New York, ISBN 0470215984.
3.Benton Jones, J.R., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples, P 389-429. In: Westerman, R.L. (eds.). Soil testing and plant analysis. U.S.A. The third edition. SSSA Book Series, No. 3. Inc. Madison, WI., USA.
4.Bouyoucos, C.J.X. 1997. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. J. Agron. 54: 464-465.

5.Chen, S., Sun, L., Sun, T., and Chao, L. 2007. Interaction between Cadmium,Lead and potassium sulfate in a Soil-Plant system. Environ Geochem Health. 29: 5. 435-46.
6.Dadman, B., Omidbeygi, R., and Sefidkan, F. 2007. Effect of nitrogen on essential oil of Mexican parsley. Iranian Medicinal and Aromatic Plants Res. 23: 4. 38: 484-91.
7.Das, P., Samantaray, S., and Rout, G.R. 1997. Studies of cadmium toxicity in plants: a review. Environ Pollut. 98: 1. 29-36.
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 (eds.), 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.Gupta, P.K. 2000. Soil plant water and fertilizer Analysis. Agrobios pub. Bikaner. India.
11.Golchin, A., Atashnama, K., and Takasi, M. 2006. Investigate lead distribution in different parts of sunflower and Canola as producer oil plants. Publications Agriculture and Natural resources Tehran compus university, Pp: 305-306. (In Persian)
12.Ghosh, M., and Singh, S. 2005. A review of phytoremediation of heavy metals and utilization by their products. Appl Eco and Environmental Research. 3: 1. 1-18.
13.Helmke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. P 551-573. In: D.L. Sparks (eds.) Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.
14.Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
15.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.
16.Kim Y.Y., Yang, Y.Y., and Lee, Y. 2002. Pb and Cd uptake in rice roots. Physiol. Plant. 116: 368-372.
17.Khosravi, F., Savaghebi, Gh.R., and Farahbakhsh, M. 2009. Effect of potassium chloride on Cd uptake by canola and sunflower in a Polluted Soil. J. Water Soil (Agricultural Science and Technology). 23: 3. 28-35. (In Persian)
18.Khodaverdilo, H., Homaee, M., Liyaghat, A., and Mirniya, Kh. 2007. Assessment Quantitative Phytoremediation of Lead Polluted soils by (*Barbarea verna)*. Special Agricultural Sciences. 13: 357-370. (In Persian)
19.Lombi, E., Zhao, F.J., Dunham, S.J., and McGrath, S.P. 2001. Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils. J. Environ. Qual. 30: 1919-1926.
20.Liu, J., Li, K., Xu, J., Zhang, Z., Mac, T., Lu, Z., Yang, J., and Zhu, Q. 2003. Lead toxicity, uptake, and translocation in different rice cultivars. Plant Science. 165: 793-802.
21.Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1987. Development of DTPA Soil test for Zinc, Iron, Mangnese and Copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
22.Ma, J., Hiradate, F., and Norvell, S.P. 2000. Form of cadmium for uptake and translocation in durum wheat under salty condition. Planta. 211: 355-360.
23.Mclaughlin, M.J., Tomas, R.M., Smolders, E., and Smart, M.K. 1998. Effects of sulfate on cadmium uptake by Swiss chard: II. Effects due to sulfate addition to soil. J. Plant Soil. 202: 217-222.
24.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.
25.Omidbeigi, R. 2006. Production and processing of medicinal plants. Beh Nashr Pub. Vol 1, 3.
26.Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939, US Gov. Printing Office, Washington, DC.

27.Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. ASA and SSSSA. Madison, WI.
28.Qranjik, A., and Galeshi, S. 2001. Effect of nitrogen spray on yield and yield component of wheat. Agric. Natur. Resour. J. 8: 2. 87-98.
29.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, Perth Australia, Pp: 795-798.
30.Saadatmand, M., Enteshari, Sh., and Aghamohamadrafiaa, N. 2011. The effect of silicon on lead phytoremediation in Borago. *officinalis* L. National Conference phytoremediation. (In Persian)
31.Savaghebi, Gh.R., and Malakuti, M.G. 2000. The effects of interaction of cadmium and potassium on dry matter production on concentration and uptake cadmium and potassium in wheat. J. Soil Water. 12: 9. 44-53. (In Persian)
32.Schmidt, U. 2003. Enhancing phytoremediation:, The effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation, and leaching of heavy metals. J. Environ. Qual. 32: 1939-1954.
33.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.
34.Su, Ch., Sun, L., Heng Sun, T., and Guo, G. 2007. Interaction between Cadmium,Lead and potassium sulfate in a Soil-Plant system. J. Environ. Geochem. Health. 29: 5. 435-446.
35.Xiong, Z.T. 1998. Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator Brassica pekinensis Rupr. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 60: 285-291.
36.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 (*Triticumaestivum* L.). Environ. Int. 29: 7. 973-978.
37.Zhao, Z., Zhu, Y., Li, H., Smith, S.E., and Smith, F.A. 2004. Effects of forms and rates of potassium fertilizers on Cadmium uptake by two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum*, *L.*). J. Environ. Inter. 29: 7. 973-978.
38.Zheljakov, V.D., Jeliazkova, E.A., Kovacheva, N., and Dzhurmanski, A. 2008. Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by smelter. Environmental and Experimental Botany. 64: 207-216.
39.Zheljazkov, V.D., Craker, L.E., and Xing, B. 2006. Effects of Cd, Pb and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint and basil. Environmental and Experimental Botany. 58: 9-16.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(3), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

The effect of potassium fertilizers on lead and cadmium phytoremediation by lavender (*Lavendula Officnalis*) in a polluted soil

***Z. Mohamadiyan[1], A. Gholamalizade Ahangar[2], M. Ghorbani[3] and Z. Mohkami[4]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Zabol, [2]Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Zabol, [3]Academic Staff, Dept. of Soil Science, University of Zabol, [4]Academic Staff, Institute of Agriculture of Zabol

Received: 06/07/2015; Accepted: 12/20/2015

Abstract

Background and Objectives: The use of medicinal plants for remediation of heavy metals contaminated soils is an economical, cheap and effective strategy. The widespread transfer of natural materials and pollutants to different parts of the environment (soil, water and atmosphere) has imposed great pressure on the self-purification ability of the soil. Accumulation of pollutants is a concern regarding both humans and ecosystems. Among pollutants, heavy metals are particularly important because they are not decomposable and also have harmful physiological effects on organisms even at low concentrations. Lead and cadmium are heavy metals which enter water, soil, plants and ultimately the human and animal's food chain from various sources and can cause serious damage. Therefore doing research works in order to refine the elements of the environment is essential. Different methods for refining contaminated soils are mostly very expensive and costly. It seems using less costly methods for removing contaminated soil contamination can help to refine and optimize the use of these lands. One of the new and low cost methods for refining contaminated soils is using plants (Phytoremediation). Phytoremediation is an emerging technology that utilizes plants and microorganisms found in rhizosphere to delete, modify or limit the toxic chemicals in soil, sediments, groundwater, surface water and even the atmosphere is used. The aim of research is investigation effects of different sources of potassium on the concentration of cadmium, lead and Phytoremediation promotion by lavender *(Lavendula officnalis* L.).

Materials and Methods: This experiment consists of two independent parts, on the basis of factorial in a completely randomized design. The first experiment consists of two factors that including Potassium fertilizers in (two levels: 55, 110 $mg.kg^{-1}$.soil of each of source fertilizer KCl, K_2So_4, KNo_3 and Control) and $CdCl_2$ (In two levels: 0, 15 $mg.kg^{-1}$.soil) and the second experiment consists of two factors that including Potassium fertilizers Similar the first experiment and $Pb(NO_3)_2$ (In two levels: 0, 100 $mg.kg^{-1}$.soil) with 3 replication on medicinal plant lavender (*Lavendula offcinalis* L.) which was conducted in the university greenhouse.

Results: Analysis of variance showed that potassium fertilizers have significant effect on concentration cadmium and lead in shoot and root. Also, according to results, in polluted soil with cadmium (Level 15 mgcd.kg soil), maximum cadmium concentration in shoot (2.1 $mg.kg^{-1}$.D.M) and root (1.63 $mg.kg^{-1}$.D.M) was obtained by application of 110 mg kg of KCl. In polluted soil with lead (level 100 mgpb.Kgsoil), maximum lead concentration in shoot (9.06 $mg.kg^{-1}$.D.M) was obtained in levels of 110 mg /kg potassium chloride. And, in root (9.1 $mg.kg^{-1}$.D.M) in levels of 110 $mg.kg^{-1}$ potassium chloride was obtained that of course lead concentration in the surface with level, 110 $mg.kg^{-1}$ potassium sulfate, no significant difference.

Conclusion: These results indicate the high capability of *lavender* for heavy metals uptake from contaminated soils. Further accumulation of cadmium (Cd) and lead (Pb) in the lavender roots than shoots of the findings was of this study. Based on pot experiment and lab analysis results, this plant (*lavender*) is suitable for Cd and Pb phytoextraction in phytoremediation technology and KCl application can improve phytoremediation efficiency of cadmium and lead polluted soil. More research under field condition can be useful and is recommended.

Keywords: Cadmium, Lavender, Lead, Petasssium fertilizers, Phytoremediation

* Corresponding Author; Email: zohre.mohamadiyan@gmail.com