Journal of Health in the Field, Vol.3, No.3, autumn 2015

Biosorption characteristics of Cadmium from environment by one-year old seedlings of Acer velutinum

Seyed Armin Hashemi[*1], Mahnaz Zargham Inanlou[2]

1-Department of Forestry, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

2-Ph.D student, Department of Forestry, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

ABSTRACT

Background and Aims: Heavy metals are elements with high atomic weight and could be harmful for living organisms at higher concentrations. Cadmium is among these metals and may result in various health problems for human. The ability of Acer Velutinum in bioremediation of cadmium was considered in the present study.

Materials and Methods: One-year old seedlings of Acer Velutinum were provided from Department of Natural Resources making arrangements well in advance. Cadmium chloride solutions were prepared with different concentrations of 0, 10, 20 and 40 mg/L and consequently were added into the soil. The seedlings were planted in pots and their aerial organs (stems and leaves) as well as their roots were separated three month after. The results were then analyzed using Danken and ANOVA tests.

Results: The maximum amount of cadmium accumulation in aerial organs, root and soil was 9.67, 60.61 and 12.44 mg/kg, respectively. Similarly, the respective lowest level of cadmium accumulation in aerial organs, root and soil was 6.05, 2.3 and 0.1mg/kg. The least amount of aerial organs (4.45 g) and root (1.25 g) dry weights were occurred at 40 mg Ca/L, and the most values of respectively 9.02 and 3.95 g was observed at pristine control pot.

Conclusion: Acer Velutinum species is considered as appropriate for bioremediation of soils contaminated by cadmium.

Keywords: Cadmium, Adsorption, Heavy metals, Phytoremediation, Acer Velutinum

***Corresponding Author:** Department of Forestry, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Email: hashemi@liau.ac.ir

Received: 10 Jan 2016

Accepted: 16 May 2016

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده بهداشت
دوره۳ شماره۳، پاییز ۱۳۹۴، صفحات ۷ تا ۱۲

بررسی جذب فلز کادمیوم در نهال‌های یک ساله گونه درختی افراپلت (Acer velutinum) در محیط زیست

سید آرمین هاشمی*[۱]، مهنازضرغام اینانلو[۲]

۱-گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاداسلامی لاهیجان، لاهیجان، ایران
۲- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، لاهیجان، ایران

چکیده

زمینه واهداف: فلزات سنگین، عناصری با وزن اتمی زیاد هستند و مقادیر زیاد این فلزات ممکن است برای موجودات زنده مضر باشد. کادمیوم یکی از این فلزات است و ممکن است مشکلات مختلفی را برای سلامت انسان ایجاد کند. هدف از اجرای این پژوهش بررسی توان زیست پالایی کادمیوم توسط گونه افراپلت است.

موادوروش‌ها: دراین پژوهش بااجازه اداره منابع طبیعی نهال‌های یک ساله گونه درختی افراپلتاز نهالستان منابع طبیعی تهیه شد و محلول کلرید کادمیوم با غلظتهای ۰، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد. سپس محلول به خاک اضافه گردید و نهال‌ها در گلدان قرار گرفته پس از طی دوره زمانی سه ماهه از رشد نهال‌ها، اندام هوایی (ساقه وبرگ) و ریشه نهال‌ها جدا گردید. نتایج با استفاده از آزمون آنالیز واریانس ودانکن مورد بررسی قرارگرفت.

یافته‌ها: بیشترین میزان انباشت فلز کادمیوم در اندام هوایی، ریشه و خاک به ترتیب ۶۱/۶۷، ۶۰/۰۹ و ۱۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان انباشت فلز کادمیوم در اندام هوایی، ریشه و خاک به ترتیب ۳/۰۵، ۲/۶ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. در وزن خشک اندام هوایی و ریشه کمترین مقدار به ترتیب ۴/۴۵ و ۱/۲۵ گرم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین مقدار به ترتیب ۹/۰۲ و ۳/۹۵ گرم در غلظت شاهد یا صفر میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری: گونه افراپلت جهت پالایش خاکهای آلوده به فلز کادمیوم مناسب است.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم، جذب، فلزات سنگین، گیاه پالایی، گونه افراپلت

* نویسنده مسئول:
ایران، لاهیجان، دانشگاه آزاداسلامی لاهیجان، دانشکده منابع طبیعی

Email: hashemi@liau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۷

مقدمه

در حال حاضر یکی از چالش‌های اساسی در زمینه محیط زیست، افزایش تدریجی غلظت فلزات سنگین در خاک به سبب عدم تجزیه آنها توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. این گونه فلزات با توجه به داشتن خواص و اثرات بالقوه سیتوتوکسیک، کارسینوژنیک و موتاژنیک، مخاطرات جدی را بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده وارد می‌نمایند [۱]. کادمیوم از فلزات سنگین است که به طور طبیعی در خاک وجود دارد. این فلز غیرضروری و برای بیشتر موجودات زنده خیلی سمی است. سمیت آن ۲ تا ۲۰ برابر بالاتر از بسیاری دیگر از فلزات سنگین است [۲]. متوسط نیمه عمر بیولوژیکی کادمیوم ۱۸ سال است [۳]. کادمیوم استفاده‌های زیادی دارد که یکی از آنها آب کاری در قسمتهایی از موتور خودرو، هواپیما، رادیو و تلویزیون است. سایر مصارف آن در باتریهای کادمیوم و نیکل، در عکاسی و در ترکیب مواد رنگی است. مسمومیت با کادمیوم ممکن است از طریق رنگ و لعاب ظروف سفالی یا از طریق مواد گیاهی که به کادمیوم آلوده شده‌اند، بروز کند. همچنین سوختن و ذوب شدن تولیدات و فرآورده‌هایی که در ساختن آنها کادمیوم به کار رفته، نظیر فولاد، رادیاتور اتومبیل، بطریهای پلاستیکی، مبلمان، کفپوش و لاستیک ممکن است منجر به مسمومیت شود [۴].

گیاه پالایی یکی از روش‌های زیست پالایی خاک‌ها است که در دهه‌های اخیر به آن توجه زیادی شده است در این روش از گیاهان مقاوم جهت پالایش خاک‌های آلوده به ترکیبات آلی و معدنی استفاده می‌گردد. مزیت‌هایی که این روش نسبت به سایر روش‌ها دارد، سادگی، ارزان بودن و امکان بهره‌گیری در سطح وسیع می‌باشد. در این روش انتخاب گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. انتخاب گیاه وابسته به شرایط اقلیمی و همچنین میزان آلودگی می‌باشد [۶، ۵]. افرا پلت گونه‌ای سریع الرشد، جزء درختان متوسط تا بزرگ، مقاوم به انواع خاک‌ها و محل‌های آفتابگیر تا سایه را می پسندد. در برابر اوضاع نامساعد محیط مقاوم است. فراوانترین و بزرگترین گونه از افراهای ایران است. تورس و همکارانش در تحقیقات خود بیان کردند که کادمیوم میل ترکیبی شدیدی با گروههای سولفیدریل، هیدروکسیل و لیگاندهای حاوی نیتروژن دارد. در نتیجه این عنصر بسیاری از آنزیم‌های مهم را غیر فعال کرده که منجر به اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فرآیندهای متابولیک در گیاه می‌گردد [۷]. در مطالعه خادمی و کرد به این نتیجه رسیدند که گونه‌های درختی چنار و زبان گنجشک با جذب سرب توسط ریشه در کاهش آلودگی ناشی ازسرب تاثیر دارند [۸]. در پژوهشی کراتاچو و همکارانش با بررسی جذب و ذخیره سرب در گیاهان اطراف معدن دریافتند که میزان جذب سرب در این گیاهان بالاتر از مناطق غیر معدنی است [۹]. کوللیا و همکارانش در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کادمیوم اگرچه یک عنصر غذایی نیست اما به سهولت از طریق ریشه‌های گیاه جذب و با غلظت‌هایی که برای زنجیره غذایی خطرناک است در گیاه اندوخته می‌شود [۱۰]. تجمع کادمیوم در بافتهای گیاهی در سطح سلولی نیز می‌تواند سمی باشد و موجب کاهش رشد گردد. هدف از این مطالعه، بررسی مقدارجذب فلز کادمیوم توسط گونه درختی افرا پلت در محیط زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این تحقیق، از میان گونه‌های درختی جنگلی، گونه افرا پلت انتخاب شد. سپس با اجازه اداره منابع طبیعی نهال‌های یک ساله افراپلت ازنهالستان منابع طبیعی تهیه و به گلخانه منتقل و به مدت بیست روز برای سازگاری با شرایط جدید، در آنجا نگهداری شدند. خاک غیرآلوده (خاک طبیعی مورد استفاده در این آزمایش) ازعمق ۳۰-۰ سانتیمتری یکی از نهالستان‌ها تهیه شد، سپس آنها را خشک کرده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. برخی خصوصیات فیزیکی از جمله بافت و ساختمان خاک و خصوصیات شیمیایی شامل pH خاک طبق روشهای متداول در موسسه تحقیقات خاک و آب کشور اندازه گیری شد [۱۱]. بافت خاک، لومی رسی و دارای ساختمان اسفنجی با دانه‌های ریز تا متوسط و pH خنثی ۶/۸ الی ۷ بود. برای تهیه خاک آلوده به فلز کادمیوم، پس از تهیه خاک، باید نمک مناسب عنصر کادمیوم تهیه می‌شد. بنابراین برای تهیه عنصر کادمیوم، از نمک‌های کلرید کادمیوم ساخت کارخانه مرک آلمان استفاده شد. در این مطالعه از محلول پاشی بر روی خاک با غلظت‌های صفر، ده، بیست و چهل میلی‌گرم عنصر کادمیوم در لیتر استفاده شد و مقدار محلول مورد نیاز به تدریج روی خاک اسپری شد و با خاک به صورت کاملا یکنواخت، آلوده گردید وسپس گلدان‌ها با آنها پر شدند. نهال‌های هم سن و هم اندازه به تعداد ۲۰ اصله انتخاب شد و در داخل گلدان کاشته شد، گلدان‌ها در گلخانه نگهداری شده و رطوبت خاک به روش وزنی در حد ظرفیت نگهداری شد، در صورت نیاز، آبیاری با آب مقطر انجام شد و پس از طی یک دوره زمانی سه ماهه از رشد نهال‌ها اندام هوایی و ریشه برداشت و با آب شسته شدند، سپس در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند [۱۳،۱۲]. مقدار کادمیوم در نمونه‌های گیاهی پس از هضم نمونه‌ها به روش هضم خشک اندازه گیری شد. در روش هضم خشک، مواد گیاهی تحت تاثیر حرارت بالا سوزانده می‌شود و بدلیل بالا بودن درجه حرارت کلیه ترکیبات حاوی ازت بصورت گاز خارج می‌شود. در این روش، ۲ گرم از نمونه گیاه را در کروزه چینی ریخته، داخل کوره گذاشته و بتدریج دما را تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد رسانده،

بعد کروزه راخارج کرده و مقداری آب مقطر اضافه می‌کنیم. سپس محتویات کروزه را از صافی رد می‌کنیم و درعصاره صاف شده، عناصر غیر ازت قابل اندازه گیری هستند. اندازه گیری فلز کادمیم با دستگاه جذب اتمی مدل AA220FS Varian-Spectra انجام شد. داده‌های بدست آمده از آزمایشات گیاه در نرم افزار SPSS سازماندهی شدند.در تجزیه وتحلیل داده‌ها، ابتدا برای آنالیز داده‌ها از نظر تعیین میزان تجمع فلز در اندام هوایی و ریشه گیاه از آزمون آنالیز واریانس و به منظور مقایسه اثر غلظت کادمیوم بر اندام هوایی و ریشه از آزمون دانکن استفاده شد.

یافته‌ها

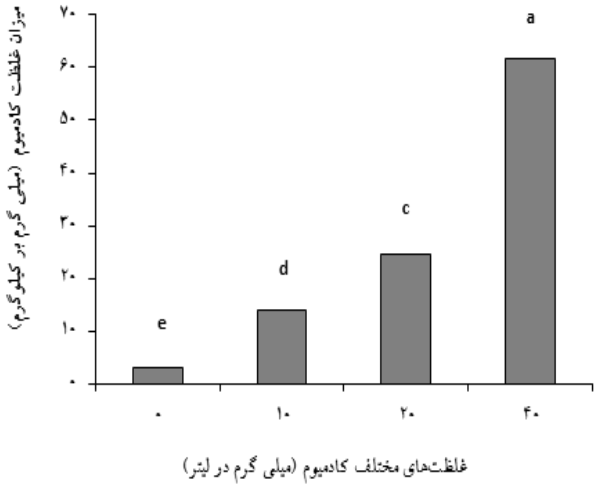
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر کادمیوم بر روی اندام هوایی نهال‌ها (جدول۱) نشان می‌دهد که در مشخصه اندام هوایی مقدار سطح معنی داری کوچکتر از ۵ درصد است. بنابراین نتیجه می‌گیریم که به احتمال ۹۵ درصد بین میانگین اندام هوایی از نظر مقدار غلظت فلز کادمیوم تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول۱- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر کادمیوم بر اندام هوایی نهال‌های افرایلت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۸۰۸۹/۳۷	۳	۲۶۹۶/۴۵	۹۸۲/۱۵	۰/۰۰*
خطا	۴۳/۹۲	۱۶	۲/۷۴		
کل	۸۱۳۳/۳۰	۱۹			

* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقایسه میانگین فلز کادمیوم در بین غلظت‌های مورد بررسی، با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، در سطح احتمال ۹۵ درصد، تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری که بیشترین مقدار انباشت کادمیوم ۶۱/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار انباشت کادمیوم ۳/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت شاهد یا صفر میلی‌گرم در لیترمی‌باشد (شکل۱).



شکل۱- میانگین مقدار انباشت فلز کادمیوم در اندام هوایی نهال‌های افرایلت

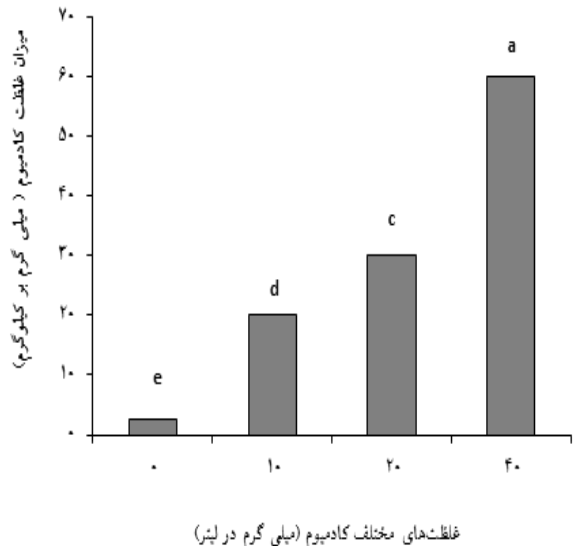
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر کادمیوم بر روی ریشه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در مشخصه ریشه مقدار سطح معنی داری کوچکتر از ۵ درصد است. بنابراین نتیجه می‌گیریم که به احتمال ۹۵ درصد بین میانگین ریشه از نظر مقدار غلظت فلز کادمیوم تفاوت معنی داری وجود دارد.

جدول۲- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر کادمیوم بر ریشه نهال‌های افرایلت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۵۲۰۲/۵۲	۳	۱۷۳۴/۱۷	۵۳۱/۸۴	۰/۰۰*
خطا	۵۲/۱۷	۱۶	۳/۲۶		
کل	۵۲۵۴/۶۹	۱۹			

* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقایسه میانگین فلز کادمیوم در بین غلظت‌های مورد بررسی، با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیشترین مقدار انباشت کادمیوم ۶۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار انباشت کادمیوم ۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت شاهد یا صفر میلی‌گرم در لیترمی‌باشد (شکل ۲).



شکل۲- میانگین مقدار انباشت فلز کادمیوم در ریشه نهال‌های افرایلت

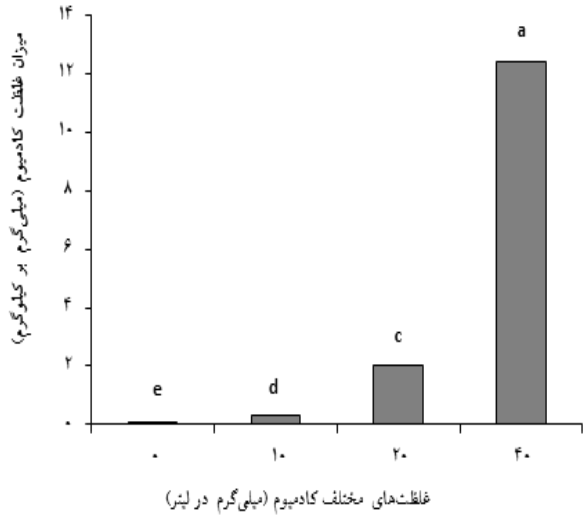
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر کادمیوم بر روی خاک نهال‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد مشخصه خاک مقدار سطح معنی داری کوچکتر از ۵ درصد است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال ۹۵ درصد بین میانگین خاک نهال‌ها از نظر مقدار غلظت فلز کادمیوم تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول۳- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر کادمیوم بر خاک نهال‌های افرایلت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۵۰۳/۴۵	۳	۱۶۷/۸۱	۵۱۷/۳۱	۰/۰۰*
خطا	۵/۱۹	۱۶	۰/۳۲		
کل	۵۰۸/۶۴	۱۹			

* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقایسه میانگین فلز کادمیوم در بین غلظت‌های مورد بررسی، با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیشترین مقدار انباشت کادمیوم ۱۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار انباشت کادمیوم ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت شاهد یا صفر میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (شکل ۳).



شکل۳- میانگین مقدار انباشت فلز کادمیوم در خاک نهال‌های افرایلت

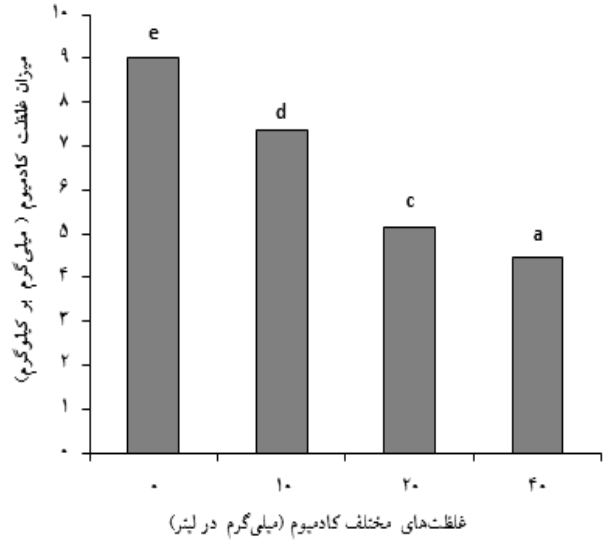
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر کادمیوم بر روی وزن خشک اندام هوایی نهال‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در مشخصه وزن خشک مقدار سطح معنی داری کوچکتر از ۵ درصد است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال ۹۵ درصد بین میانگین وزن خشک نهال‌ها از نظر مقدار غلظت فلز کادمیوم تفاوت معنی داری وجود دارد.

جدول۴- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر کادمیوم بر وزن خشک اندام هوایی نهال‌های افرایلت

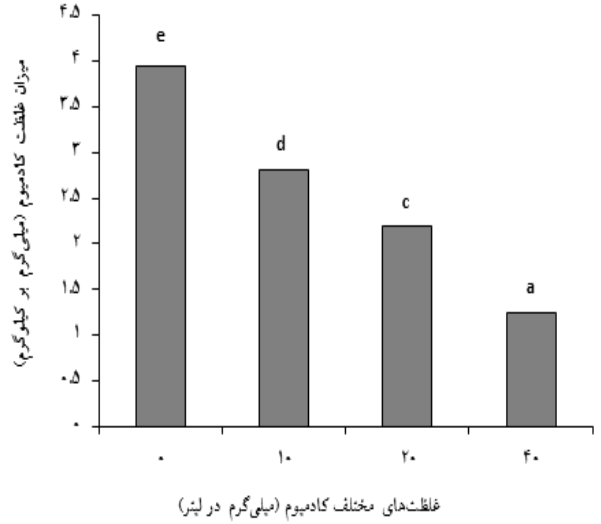
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۳۹/۰۲	۳	۱۳/۰۰	۷۱/۹۳	۰/۰۰*
خطا	۲/۸۹	۱۶	۰/۱۸		
کل	۴۱/۹۱	۱۹			

* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقایسه میانگین فلز کادمیوم در بین غلظت‌های مورد بررسی، با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری که کمترین مقدار وزن خشک در اندام هوایی ۴/۴۵ گرم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی (شامل برگ و ساقه) ۹/۰۲ گرم برای نمونه نهال شاهد که با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر آبیاری شده است (شکل ۴).



شکل۴- میانگین مقدار انباشت فلز کادمیوم در وزن خشک اندام هوایی نهال‌های افرایلت



شکل۵- میانگین مقدار انباشت فلز کادمیوم در وزن خشک ریشه نهال‌های افرایلت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر کادمیوم بر روی وزن خشک ریشه نهال‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مشخصه وزن خشک مقدار سطح معنی‌داری کوچکتر از ۵ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال ۹۵ درصد بین میانگین وزن خشک نهال‌ها از نظر مقدار غلظت فلز کادمیوم، تفاوت معنی داری وجود دارد.

جدول۵- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر کادمیوم بر وزن خشک ریشه نهال‌های افرایلت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۱۵/۷۹	۳	۵/۲۶	۸۷/۱۹	۰٫۰۰*
خطا	۰/۹۶	۱۶	۰/۰۶		
کل	۱۶/۷۶	۱۹			

* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقایسه میانگین فلز کادمیوم در بین غلظت‌های مورد بررسی، با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری که کمترین مقدار وزن خشک در ریشه ۱/۲۵ گرم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین مقدار وزن خشک در ریشه ۳/۹۵ گرم در غلظت شاهد یا صفر میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (شکل ۵).

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش بیان گر آن است که اندام‌هوایی نهال‌های افرایلت نسبت به انباشت فلز کادمیوم در طی غلظتهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داده است (جدول ۱) و با افزایش غلظت کادمیوم خاک مقدار انباشت فلز کادمیوم در اندام هوایی نهال‌های افرایلت افزایش حاصل نموده است (شکل ۱). شریعت و همکاران در تحقیق خود تحت عنوان اثر کادمیوم بر برخی پارامترهای فیزیولوژی در اکالیپتوس و همچنین مقایسه تجمع و انتقال کادمیوم نشان دادند که جذب این فلز در ریشه بیشتر از مقدار آنها در ساقه و برگ است [۱۴]. خادمی وکرد در پژوهش خود نتیجه گرفتند که مقدار جذب سرب گونه‌های درختی چنار و زبان گنجشک در ریشه آنها از برگ وساقه بیشتر می‌باشد [۸]. در مورد ریشه نهال‌های افرایلت نسبت به انباشت فلز کادمیوم نتایج نشان می‌دهد که غلظت‌های مختلف آلودگی تاثیر گذار بوده و با افزایش غلظت، میزان انباشت فلز کادمیوم در ریشه افزایش می‌یابد (جدول ۲ و شکل ۲). کوللیا و همکارانش در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کادمیوم اگرچه یک عنصر غذایی نیست، اما به سهولت از طریق ریشه‌های گیاه جذب و با غلظت‌هایی که برای زنجیره غذایی خطرناک است، در گیاه اندوخته می‌شود [۱۰]. کراتاچو و همکارانش با بررسی مقدار جذب فلز سرب در گیاهان اطراف معدن سرب نتیجه گرفتند، در مناطقی که مقدار سرب بیشتر است، مقدار سرب در ریشه گیاهان این مناطق بیشتر است [۹]. تجمع کادمیوم در بافتهای گیاهی در سطح سلولی نیز می‌تواند سمی باشد و موجب کاهش رشد گردد. بنابراین جلوگیری از جذب کادمیوم توسط ریشه‌های گیاه می‌تواند یک استراتژی مهم در به حداقل رساندن اثرات سوء بیولوژیکی این

عمیع فلز کادمیوم در اندامهای هوایی و ریشه خود غلظت فلزات را در خاک پایین نگه می‌دارند و از پخش شدن فلزات در محیط زیست حتی المقدور جلوگیری می‌نماید .

تشکر و قدردانی

این پروژه از طریق پژوهانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان به شماره قرار داد ۱۷/۲۰/۵/۳۵۰۸ تامین اعتبار شده است. بدینوسیله از مسئولین مربطه تشکر می نماید.

REFERENCES

1. Amouei AI, Mahvi AH, Naddafi K. Effect on heavy metals Pb, Cd and Zn availability in soils by amendments. Journal of Babol University of Medical Sciences 2006; 7:26-31 (In Persian).

2. Ghosh M, Singh S. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. Environmental Pollution 2005; 133(2):365-71.

3. Gisbert C, Ros R, De Haro A, Walker DJ, Bernal MP, Serrano R, et al. A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation. Biochemical and Biophysical Research Communications 2003; 303(2):440-45.

4.Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soil and Plant. 4th ed. Boca Rotan: CRC Press; 2011.

5. Mattina MI, Lannucci-Berger W, Musante C, White JC. Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil. Environmental Pollution 2003; 124(3):375-78.

6. Klute A. Method of soil analysis, Part 1: Physical methods. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc. 1986; P: 432-449.

7. Torres E, Cid A, Herrero C, Abalde J. Effect of cadmium on growth, ATP content, carbon fixation and ultrastructure in the marine diatom Phaeodactylum tricornutum Bohlin. Water, Air, and Soil Pollution 2000; 117(1-4):1-14.

8.Khademi A, Kord B. Role of broad leaf trees (sycamore, ash) in reducing pollution from Lead. Journal of Natural Resources Science and Technology 2010;5(1):1-12 (In Persian).

9. Rotkittikhun P, Kruatrachue M, Chaiyarat R, Ngernsansaruay C, Pokethitiyook P, Paijitprapaporn A, et al. Uptake and accumulation of lead by plants from the Bo Ngam lead mine area in Thailand. Environmental Pollution 2006; 144(2):681-88.

10. Köleli N, Eker S, Cakmak I. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread wheat grown in zinc-deficient soil. Environmental Pollution 2004; 131(3):453-59.

11.Asylan KS, Babaiean A. Methods of Physicals and Chemical analysis of Soil. Tehran: Pablishers Zeytoon Sabz; 2010 (In Persian).

12. Wu F, Yang W, Zhang J, Zhou L. Cadmium accumulation and growth responses of a poplar (Populus deltoids× Populus nigra) in cadmium contaminated purple soil and alluvial soil. Journal of Hazardous Materials 2010; 177(1):268-73.

13. Westerman RL. Soil testing and plant analysis. Soil Science 1991; 152(2):137.

14. Shariat A, Assareh MH, Ghamari-Zare A. Effects of cadmium some physiological parameters in Eucalyptus occidentalis. Journal of Agricultural Science And Technology of Agriculture and Natural Resource 2010 ;53:145-53 (In Persian).