

## بررسی تأثیر فلز کادمیوم بر وزن خشک، رشد و میزان جذب در گونه درختی چنار *Platanus Orientalis*

سحر طبیبیان<sup>۱\*</sup>

[tsahart@yahoo.com](mailto:tsahart@yahoo.com)

سید آرمین هاشمی<sup>۲</sup>

### چکیده

عناصر سنگین از جمله کادمیوم در نتیجه فعالیت های عمده شهری، صنعتی و کشاورزی تولید و باعث آلودگی می شوند. با توجه به نیاز روز افزون جنگل کاری در ایران، انجام تحقیقی جامع بر روی گونه سریع رشد چنار و نقش این گیاه در جذب فلزات سنگین از جمله کادمیوم ضروری است. به این منظور پس از تهیه نمونه های برگ و ساقه درختان چنار و خاک از مرکز شهر تهران و در خارج از شهر به عنوان گروه شاهد به روش کاملاً تصادفی انتخاب و جداگردید. وزن خشک اندام هوایی و میزان انباشتگی فلز کادمیوم در گیاه مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم وزن خشک بخش هوایی به طور معنی داری کاهش یافته است. همچنین تفاوت معنی داری بین وزن خشک اندام هوایی در منطقه شاهد و منطقه مرکز شهر وجود دارد. میزان تجمع کادمیوم در برگ و ساقه در منطقه شاهد با منطقه مرکز شهر دارای اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد را نشان می دهد.

**کلمات کلیدی:** جذب، انباشتگی، فلز کادمیوم، *Platanus orientalis*.

۱- استادیار، گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. \* (مسئول مکاتبات)

۲- گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.

## مقدمه

جذب این فلز در ریشه بیش تر از مقدار آن ها در ساقه و برگ است (۸).

Casio در تحقیق خود نشان داده که وزن خشک برگ ها در گیاه *Arabidopsis halleri* (بیش انباشته گر کادمیوم) که با غلظت ۲/۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم تیمار شده بود، به میزان ۲۶ درصد (در مقایسه با شاهد) کاهش یافت (۹).

Kolelia و همکاران ۲۰۰۴ نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند کادمیوم اگرچه یک عنصر غذایی نیست اما به سهولت از طریق ریشه های گیاه جذب و با غلظت هایی که برای زنجیره غذایی خطرناک است در گیاه اندوخته می شود (۱۰). تجمع کادمیوم در بافت های گیاهی در سطح سلولی نیز می تواند سمی باشد و موجب کاهش رشد گردد. با توجه به رشد سریع و تطابق بیولوژیک گونه چنار با شرایط اکولوژیکی مناطق مطلوب در ایران و از آن جایی که کاشت چنارها، راهکاری عملی در تولید چوب نیز می باشد، باید برای افزایش و استمرار تولید آن مطالعه بیش تری صورت گیرد. لذا بررسی زنده مانی و رشد آن در شرایط تنش های محیطی امری ضروری است. لیکن تحقیق حاضر، در حقیقت به دنبال آن است که میزان مقاومت، جذب و انباشتگی نهال های چنار اورینتالیس را در برابر عنصر سمی کادمیوم و تأثیر آن بر اندام هوایی (برگ و ساقه) و اندام زمینی (ریشه) این گونه را بررسی کند. از اهداف دیگر این تحقیق این است که آیا می توان گونه درختی چنار را به عنوان یکی از گیاهانی که توانایی انباشته سازی کادمیوم را دارد معرفی شود.

## مواد و روش ها

## ویژگی های خاک

باتوجه به اینکه ریشه های سطحی در عمق ۳۰-۰ سانتی متری عمق خاک قراردارند، خاک غیر آلوده (خاک طبیعی مورد استفاده در این آزمایش) از عمق ۳۰-۰ سانتی متری از پای درختان چنار در خارج از شهر تهران برداشت و همچنین از عمق ۳۰-۰ سانتی متری پای درختان چنار در داخل از

اهمیت کادمیوم در میان سایر عناصر سمی از این جهت است که این عنصر می تواند در اندام های گیاهی به مقادیر زیاد که برای انسان و حیوان سمی باشد تجمع یابد ولی در عین حال هیچ گونه علائم سمیت در گیاه حاضر نشود (۱،۲). کادمیوم از طریق ریشه و برگ جذب شده و به دام یا انسان منتقل می شود و باعث بروز اختلالات متابولیکی می شود (۳). کادمیوم میل ترکیبی شدیدی با گروه های سولفیدریل، هیدروکسیل و لیگاند های حاوی نیتروژن دارد. در نتیجه این عنصر بسیاری از آنزیم های مهم را غیرفعال کرده که منجر به اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فرآیندهای متابولیک در گیاه می گردد (۴). از عوامل تأثیر گذار بر جذب کادمیوم و ظهور علائم سمیت آن در گیاه، وضعیت تغذیه ای گیاه به ویژه در رابطه با عناصر کم نیاز می باشد. کادمیوم عنصری فلزی و نرم به

رنگ سفید مایل به آبی است. این عنصر به عنوان محصول فرعی از تصفیه روی بدست می آید و بیش تر خصوصیات آن شبیه روی است. کادمیوم و ترکیبات آن بسیار سمی است. گیاهان قادر به کنترل غلظت فلزات سنگین ضروری و همچنین غیر ضروری مثل کادمیوم، جیوه، سرب، سلینیوم و آرسنیک هستند (۵). غلظت مجاز کادمیوم از ۱ تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک است (۶). میزان جذب کادمیوم به وسیله گیاه به تحرک و فراهمی آن در محیط ریشه و آن نیز به نوبه خود به گونه شیمیایی کادمیوم در خاک بستگی دارد. ویژگی های خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، pH و ماده آلی خاک بر تجمع کادمیوم در گیاه و حلالیت و تحرک آن در خاک تأثیر می گذارند. برخی گیاهان مانند کاهو، اسفناج، کلم و کرفس تمایل بیش تری به جذب کادمیوم داشته و آن را با غلظتی بسیار بیش تر از سایر گیاهان در پیکره خود می اندوزند (۷).

شریعت ۱۳۸۹ در بررسی خود تحت عنوان اثر کادمیوم بر برخی پارامترهای فیزیولوژی در اکالیپتوس و همچنین مقایسه تجمع و انتقال کادمیوم در این مطالعه نشان داد که

باشد. اندازه گیری غلظت در بافت برگ، ساقه و ریشه انجام شد.

### روش‌های تجزیه و تحلیل داده ها

داده های بدست آمده از آزمایشات گیاه در نرم افزار SPSS سازماندهی شدند. جهت تجزیه و تحلیل داده ها ابتدا نرمال بودن آن ها با آزمون کلموگراف-اسمیرنوف (Klomagrov-smirnov) تعیین شد. سپس برای آنالیز داده ها جهت تعیین میزان تجمع فلز در اندام هوایی و خاک از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و به منظور مقایسه اثر غلظت کادمیوم بر پارامترهای مورد بررسی از آزمون دانکن استفاده شد. مشخصات کمی آماری و نمودار تجمع فراوانی فلز کادمیوم در اندام هوایی و خاک نیز طی جداول و نمودار ارائه گردید.

### یافته ها

#### اثر کادمیوم بر وزن خشک بخش هوایی

پس از اندازه گیری وزن خشک برگ و با توجه به جدول (۱) آزمون t غیر جفتی مربوط به اثر فلز کادمیوم بر وزن خشک برگ درختان چنار مشاهده می شود که بین مقدار وزن خشک برگ در منطقه شاهد با میانگین ۱۴/۸۶۶۷ گرم و منطقه تیمار مرکز شهر با میانگین ۱۰/۱۳۱۳ و اختلاف میانگین ۴/۷۳۳۴، اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد. همچنین با توجه به جدول (۲) آزمون t غیر جفتی مربوط به اثر فلز کادمیوم بر وزن خشک ساقه نهال ها مشاهده می شود که بین وزن خشک ساقه در منطقه شاهد با میانگین ۳۴/۹۳۳۳ گرم و منطقه تیمار مرکز شهر با میانگین ۲۵/۴۸۳۳ گرم و اختلاف میانگین وزن ۹/۴۵ گرم، اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد. (جداول ۱ تا ۳).

شهر تهران (مرکز تهران انقلاب و آزادی) به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین به منظور جداسازی شاخه ها از قیچی شاخه زنی استفاده گردید و جمع آوری و حمل نمونه ها از پاکت های کاغذی و جهت شستشوی اندام های گیاهی از آب مقطر استفاده گردید.

درختان با ارتفاع و قطر تقریباً مشابه جهت انجام بررسی انتخاب گردید، ابتدا نمونه های برگ و ساقه درختان از مرکز شهر (خیابان آزادی و انقلاب) انتخاب گردید و با قیچی باغبانی جدا گردید، در خصوص نمونه برداری از برگ های درختان به دلیل اینکه برگ های موجود در تاج هر درخت بسته به وضعیت و طرز قرار گرفتن خود، سطوح متفاوتی را ایجاد می نمایند ترتیبی اتخاذ شد تا کلیه برگ های انتخابی از کل محدوده تاج درختان باشد. بدین ترتیب در هر یک از گونه های مورد مطالعه، نمونه های برگ به دقت از محل دمبرگ جدا شدند. نمونه های برگ و ساقه درختان چنار نیز از خارج شهر تهران (جاده تهران - کرج) به عنوان گروه شاهد انتخاب گردید

#### تعیین وزن خشک و سنجش میزان غلظت فلز کادمیوم در گیاه

اندام های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شده (۱۱) و بعد از این مدت وزن خشک نمونه ها بر حسب گرم با دقت ۰/۰۰۰۱ با ترازوی دیجیتال a & d weighing اندازه گیری شد. برای تعیین غلظت کادمیوم در اندام های گیاهی، داخل بوته چینی توزین شده و در کوره الکتریکی با دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد خاکستر شدند، سپس با اسید کلریدریک ۲ نرمال هضم شده و غلظت کادمیوم در عصاره ها با دستگاه جذب اتمی (atomic absorption) تعیین شد. روش جذب اتمی یکی از دقیق ترین روش ها برای اندازه گیری میزان عناصر می

جدول ۱- نتایج آزمون t غیر جفتی بر وزن خشک برگ درختان چنار در منطقه شاهد و منطقه مرکز شهر

اثر کادمیوم بر وزن خشک برگ	F	سطح معنی-داری	t	درجه آزادی	معیار تصمیم برابری میانگین‌ها	میانگین انحراف از معیار	خطای انحراف از معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلاف	
								حد بالا	حد پایین
وزن خشک برگ شاهد	۳۸/۴۹۴	*./۰۰۰	۴/۵۹۱	۷	۰/۰۰۳	۴/۷۳۳۳۳	۱/۰۳۰۹۵	۲/۲۹۵۵۲	۷/۱۷۱۱۴
وزن خشک برگ تیمار			۶/۵۵۸	۵/۵۹۹	۰/۰۰۱	۴/۷۳۳۳۳	۰/۷۲۱۷۳	۲/۹۳۶۲۱	۶/۵۳۰۴۶

\* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

جدول ۲- نتایج آزمون t غیر جفتی بر وزن خشک ساقه درختان چنار در منطقه شاهد و منطقه مرکز شهر

اثر کادمیوم بر وزن خشک ساقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین
وزن خشک ساقه شاهد	۳	۳۴/۹۳۳۳	۱/۳۰۱۲۸	۰/۷۵۱۳۰
وزن خشک ساقه تیمار	۶	۲۵/۴۸۳۳	۵/۴۹۴۸۸	۲/۲۴۳۲۷

جدول ۳- آزمون t دو نمونه مستقل

اثر کادمیوم بر وزن خشک ساقه	F	سطح معنی-داری	t	درجه آزادی	معیار تصمیم برابری میانگین‌ها	میانگین انحراف از معیار	خطای انحراف از معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلاف	
								حد بالا	حد پایین
وزن خشک ساقه شاهد	۷۸/۶۸۱	*./۰۰۰	۲/۸۴۶	۷	۰/۰۲۵	۹/۴۵۰۰۰	۳/۳۲۰۴۵	۱/۵۹۸۳۹	۱۷/۳۰۱۶۱
وزن خشک ساقه تیمار			۳/۹۹۵	۵/۵۹۹	۰/۰۰۷	۹/۴۵۰۰۰	۲/۳۶۵۷۴	۳/۶۶۰۳۰	۱۵/۲۳۹۷۰

\* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

داری ۵٪ است بنابراین نتیجه می‌گیریم که به احتمال ۹۵ درصد بین میانگین کادمیوم در اندام هوایی و خاک از نظر مقدار غلظت فلز کادمیوم تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۴).

در این آزمون با توجه به کوچکتر بودن  $p$  - value از  $\alpha$ ، فرض  $H_0$  رد می‌شود.

$$\text{Sig} = p - \text{value} = 0.000 < 0.05 = \alpha$$

- نتایج آزمون دانکن بر مقدار کادمیوم در اندام هوایی و خاک در گونه درختی چنار

طی نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) داده‌های حاصل از اثر کادمیوم بر روی کادمیوم برگ، ساقه و خاک در گونه درختی چنار در دو منطقه خارج از شهر (شاهد) و منطقه مرکز شهر تهران نشان می‌دهد که در مشخصه مقدار کادمیوم اندازه‌گیری شده در اندام هوایی و خاک مقدار sig کوچک تر از سطح معنی

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس بر کادمیوم اندام هوایی و خاک در گونه درختی چنار در منطقه شاهد و منطقه مرکز شهر

سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	تیماها
*.۰/۰۰۰	۸۹/۵۵۵	۷۲۳/۸۴۴	۵	۳۶۱۹/۲۲۰	تیماها
		۸/۰۸۳	۲۱	۱۶۹/۷۳۷	خطا
			۲۶	۳۷۸۸/۹۵۶	کل

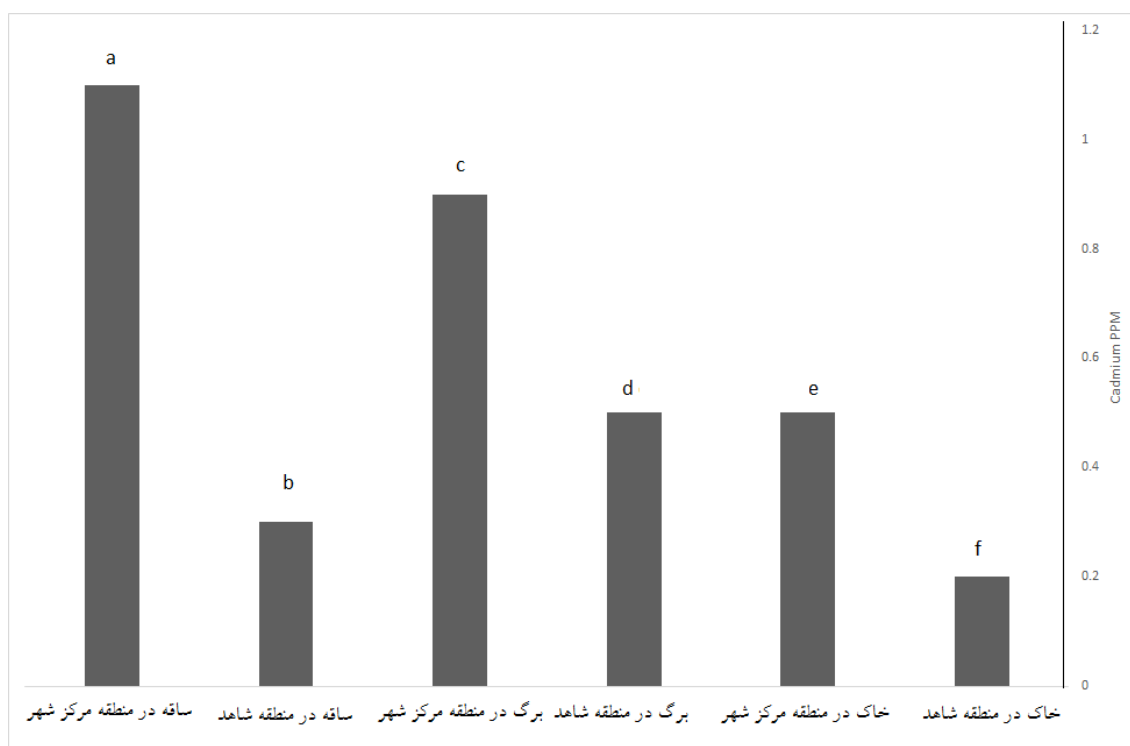
\* معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

ساقه درختان در منطقه مرکز شهر با برگ و ساقه در منطقه شاهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۵). همان طور که می بینیم سطح معنی داری آزمون F در جدول ANOVA برابر ۰/۰۰۰ است که کم تر از سطح معنی داری ۰/۰۵ است بنابراین نتیجه می گیریم که به احتمال ۹۵ درصد فرضیه صفر رد می شود. در ادامه نتیجه می گیریم که چون واریانس درون گروهی بزرگ تر از واریانس بین گروهی است، اختلاف میانگین ها ناشی از خطای نمونه گیری یا شانس است.

مقایسه میانگین کادمیوم در اندام هوایی و خاک در گونه درختی چنار در بین غلظت های مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین کادمیوم خاک در منطقه مرکز شهر با خاک در منطقه شاهد اختلاف معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد و بین خاک در منطقه شاهد با برگ و ساقه در منطقه مرکز شهر در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد و بین کادمیوم موجود در برگ منطقه مرکز شهر با برگ منطقه شاهد نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی دار است (شکل ۱). همچنین بر اساس آزمون دانکن مشاهده گردید که بین وزن برگ و

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن بر میانگین وزن در برگ و ساقه در گونه درختی چنار در منطقه شاهد و منطقه مرکز شهر

اثر فلز کادمیوم بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه	N	Subset for alpha = 0.05				
		۱	۲	۳	۴	۵
برگ تیمار	۶		۱۰/۱۳۳۳			
برگ شاهد	۳			۱۴/۸۶۶۷		
ساقه تیمار	۶				۲۵/۴۸۲۳	
ساقه شاهد	۳					۳۴/۹۳۳۳
Sig.		۰/۵۶۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰



شکل ۱- کادمیوم اندازه گیری شده در منطقه شاهد و در منطقه مرکز شهر در گونه درختی چنار

### بحث و نتیجه گیری

گردد. بنابراین جلوگیری از جذب کادمیوم توسط ریشه های گیاه می تواند یک استراتژی مهم در به حداقل رساندن اثرات سوء بیولوژیکی این عنصر باشد. داوری و همکاران نیز در تحقیق خود تحت عنوان بررسی تجمع فلزات سنگین در بستر، برگ و ریشه درختان حرا در استان بوشهر به این نتیجه رسیدند که همواره میزان نیکل، وانادیوم و روی در رسوب بیش از ریشه و برگ است (۱۳). نتایج مطالعه نیسی و همکاران تحت عنوان گیاه پالایی فلزات سنگین توسط گیاه آفتابگردان نشان داد تفاوت معنی داری بین غلظت فلز کادمیوم در اندام هوایی و ریشه آفتابگردان وجود دارد (۱۴). با این وجود تمرکز کادمیوم، مس و سرب در ریشه بیش از رسوب و برگ مشاهده شد. همچنین در هیچ نمونه ای میزان فلزات سنگین مورد بررسی در برگ ها بیش تر از ریشه و رسوب مشاهده نشد. کراتاچو و همکارانش با بررسی مقدار جذب فلز سرب در گیاهان اطراف معدن سرب نتیجه گرفتند، در مناطقی که

قادران در سال ۱۳۸۹ در مطالعه خود تحت عنوان بررسی مقاومت، جذب و انباشتگی کادمیوم در گیاه *Matthiola chenopodiifolia* در دو جمعیت که از دو منطقه آلوده به فلز و غیر آلوده جمع آوری شدند به این نتیجه رسید که با افزایش غلظت کادمیوم، وزن خشک بخش های هوایی و ریشه و شاخص مقاومت ریشه در هر دو جمعیت به طور معنی داری کاهش یافت، در عین حال تفاوت معنی داری از نظر این عوامل بین این دو جمعیت مشاهده نگردید (۱۲). همچنین نتایج نشان داد که رابطه مستقیمی بین مقدار فلز در محلول غذایی و میزان جذب و انباشتگی فلز در گیاه وجود دارد. *Kolelia* به این نتیجه رسید که، کادمیوم اگرچه یک عنصر غذایی نیست اما به سهولت از طریق ریشه های گیاه جذب و با غلظت هایی که برای زنجیره غذایی خطرناک است در گیاه اندوخته می شود (۱۱). تجمع کادمیوم در بافت های گیاهی در سطح سلولی نیز می تواند سمی باشد و موجب کاهش رشد

fixation and ultra structure in the marine diatom phaeodactylum tricormutum Bohlin. Water, Air, soil pollution, Vol.117, pp.1-14.

- 5- Callahan D. L., Baker A. J. M, Kolev S. D. and Wedd A. G. 2005. Metal ion ligands in hyperaccumulating plants. Journal of Biological Inorganic Chemistry, Vol.11, pp. 2-12.
- 6- Cariny, T. 1995. The re-use of contaminated land. John Wiley and Sons Ltd. Publisher.
- 7- Sajwan, K. S., Ornes, W. H., Youngblood, T. V., Alva, A. K., 1995. Uptake of soil applied Cadmium, Nickel and Selenium by Bush Beans. Journal of Water, Air and soil pollution, Vol. 91, pp. 209-217.

۸- شریعت، آناهیتا، عصاره، محمد حسن، «اثر کادمیم

بر برخی پارامترهای فیزیولوژی در *Eucalyptus*

*occidentalis*»، ۱۳۸۹، مجله علوم و فنون

کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره

۵۳

- 9- Casia, C., Martinoia, E., Keller, C., 2004. Hyperaccumulation of cadmium and zinc in *thlaspi caerulescens* and *Arabidopsis halleri* at the leaf cellular level. Plant physiology, Vol. 134, pp. 716-725.
- 10- Kolelia, N., Ekerb, S., Cakmak, I., 2004. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread wheat grown in zinc-deficient soil. Environment pollution, Vol.131, pp. 453-459.
- 11- Wu, F., Yang, W., Zhang, J., Zhou, L., 2010. Cadmium accumulation and growth responses of a poplar

مقدار سرب بیش تر است، مقدار سرب در ریشه گیاهان این مناطق بیش تراست (۱۵). شریعت در بررسی خود تحت عنوان اثر کادمیوم بر برخی پارامترهای فیزیولوژی در اکالیپتوس و همچنین مقایسه تجمع و انتقال کادمیوم در این مطالعه نشان داد که جذب این فلز در ریشه بیش تر از مقدار آن ها در ساقه و برگ است (۷).

با توجه به بررسی های صورت گرفته در این پژوهش می توان گفت گونه درختی *Platanus orientalis* با توجه به نتایج، کادمیوم فیزیولوژی گیاه را دچار اختلال کرده، گونه ای با توانایی بالا برای فیلتر محیط های آلوده و حذف فلز کادمیوم از خاک نمی باشد.

#### پیشنهادات

- گونه هایی دیگر مانند صنوبر، خرمالو، *Eucalyptus occidentalis* یا گیاهان علفی مانند *Brassicaceae* یا گیاه شبدر که را در جذب فلز کادمیوم و حذف از محیط آلوده مورد بررسی قرار گیرد.

#### منابع

- 1- Prince, W.S., Senthil kumar, P., Doberschutz, K.D., Subburam, V., 2002. Cadmium toxicity in mulberry plant with special reference to the nutritional quality of leaves. Journal of plant Nutrition, Vol.25, pp.689-700.
- 2- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace elements in Soil and Plant. 4th ed. Boca Rotan: CRC Press
- 3- Zhang, Z., Rengel, Z., Meneay, K., 2010. Cadmium accumulation and translocation in four emergent wet land species. Water Air Soil Pollut, Vol.212, pp. 239-249.
- 4- Torres, E., Cid, A., Herrero, C., Abalde, J., 2000. Effect of cadmium on growth, ATP content, carbon

طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۳، صفحات ۲۶۷-۲۷۷.

۱۴- عبدالکاسم، نیسی، وثوقی، مهدی، محمدی، بصیر، محمدی، محمدجواد. «گیاه پالایی فلزات سنگین توسط گیاه آفتابگردان»، فصلنامه علمی دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، دوره ۲، شماره ۲.

15- Rotkittikhun P, Kruatrachue M, Chaiyarat R, Ngeransaruay C, Pokethitiyook, Paijitprapaporn, A., 2006. Uptake and accumulation of lead by plants from the Bo Ngam lead mine area in Thailand. *Environmental Pollution*, Vol, 144(2), pp.681-88.

(*Populus deltoids* × *Populus nigra*) in cadmium contaminated purple soil and alluvial soil. *Journal of Hazardous Materials*, Vol.177 (1), pp.268-73.

۱۲- قادریان، مجید، جمال حاجیان، ناصر، « بررسی مقاومت، جذب و انباشتگی کادمیم در گیاه *Matthiola chenopodiifolia* Fish & C.A. Mey (Brassicaceae)»، ۱۳۸۹، زیست شناسی گیاهی، شماره ۶، صفحات ۸۷-۹۸.

۱۳- داوری، علی، دانه کار، افشین، « بررسی تجمع فلزات سنگین در بستر، برگ و ریشه درختان حرا در استان بوشهر»، ۱۳۸۹، نشریه محیط زیست