مجله تحقیقات علوم و مهندسی جنگل

سال اول، پیش شماره دوم، تابستان ۱۳۹۰

ارزیابی عکس العمل اجزای درخت افرا پلت *(Acer velutinum)* به آلودگی کادمیوم خاک

رقیه جیررودنژاد[۱*]، ویلما بایرام زاده[۱]، انوشیروان شیروانی[۲]، توفیق احمدی[۳]، جواد جلالی[۴]، زینب شاهپوری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۲

چکیده

فلزات سنگین عناصری با وزن اتمی بالا هستند که مقادیر بالای این فلزات می‌تواند برای موجودات زنده مضر باشد. کادمیوم از جمله فلز سنگینی است که جزء آلاینده‌های زیست محیطی محسوب می‌شود که سمیت بالایی دارد، در عین حال می‌تواند در گیاهان انباشته شود و باعث تغییرات مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در آن‌ها شود. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی عکس‌العمل اجزا مختلف درخت افرا پلت به آلودگی کادمیومی خاک بود. به همین منظور تأثیر غلظت‌های مختلف کادمیوم (صفر، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بر خصوصیات مورفولوژیک برگ وریشه نهال‌های دو ساله افراپلت (*Acer velutinum*) مورد ارزیابی قرار گرفت. چهار صفت مورفولوژیک شامل سطح برگ، ضخامت برگ، وزن خشک برگ و وزن خشک ریشه بعد از این که نهال‌ها به مدت ۱۸۰ روز در معرض کادمیوم قرار گرفتند، اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار آلاینده تجمع یافته در برگ، ساقه و ریشه نهال‌ها به منظور ارزیابی عکس‌العمل افرا پلت به آلودگی کادمیوم خاک تعیین شد. نتایج نشان داد با افزایش میزان غلظت کادمیوم خاک متوسط سطح برگ، ضخامت برگ و وزن خشک برگ و ریشه نهال‌ها کاهش معنی‌داری پیدا کرد. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده افرا جزء گیاهان شناساگر (معرف) کادمیوم طبقه‌بندی شد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی کادمیومی خاک، افرا پلت، خصوصیات مورفولوژیک، ضریب تجمع، ضریب استخراج

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحدکرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۲- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- استادیار گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

۴- کارشناس ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول مقاله: Mabood_soil@yahoo.com

www.SID.ir

مقدمه

جنگل‌ها از حیث تأمین مواد غذایی، مصنوعات چوبی، محصولات کاغذی، حفظ آب و نزولات آسمانی و جلوگیری از فرسایش خاک نقش مهمی را در اکوسیستم‌های طبیعی ایفا می‌نمایند. بنابراین تلاش برای جلوگیری از نابودی این منابع برای حفظ حیات انسان و همچنین کسب درآمد از منابع طبیعی، از اهمیت حیاتی برخوردار است (کریمی و عزیزی، ۱۳۷۳)، (یوسف زاده و همکاران،۱۳۸۷). یکی از عوامل تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت گونه‌های جنگلی آلودگی خاک با فلزات سنگین به خصوص کادمیوم می‌باشد. خاک‌های جنگل‌های جلگه‌ای شمال به دلیل نزدیکی به مراکز صنعتی و واقع شدن در کنار جاده‌ها درمعرض این آلاینده قرار دارند.

این عنصر در گیاهان باعث تغییرات مورفو – آناتومیکی از جمله کاهش بیوماس و کاهش فتوسنتز (1980، Baszyński)، کاهش هدایت روزنه‌ای Baszyński *et al.*, (2007) و همچنین اختلال در فعالیت‌های متابولیکی (Sharma *et al.*, 1998) می‌شود. این آلاینده توسط ریشه گیاهان چوبی جذب شده و توسط عناصر آوندی به برگ‌ها منتقل می‌شود. پس ریشه اولین قسمتی است که در معرض این آلاینده‌های خاک قرار می‌گیرد و برگها اولین قسمتی هستند که اثرات آلاینده‌ها در آنها قابل دید است. بنابراین به نظر می‌رسد مطالعه تاثیر این آلاینده‌ها بر صفات مختلف برگ و ریشه گونه‌های چوبی که از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت هستند سریعترین و مقرون به صرفه‌ترین راه ارزیابی اثر آلاینده‌هایی چون کادمیوم خاک بر کمیت و کیفیت گونه‌های مذکور باشد. مضافا با توجه به میزان حساسیت و توان تجمع آلاینده‌ها در اندام‌های گونه‌های مذکور می‌توان گونه‌هایی را برای پالایش سبز خاک‌های آلوده به کادمیوم معرفی کرد. در سال‌های اخیر استفاده از درختان در امر پالایش سبز یا گیاه پالایی که استفاده از گیاهان برای پاکسازی محیط‌های آلوده می‌باشد به خاطر وارد نکردن آلودگی به زنجیره غذایی شدیداً مورد توجه واقع شده است (Pulford & Watson, 2003).

اهداف این تحقیق ارزیابی حساسیت گونه افرا پلت (*Acer velutinum*) به آلودگی کادمیوم خاک با مطالعه عکس العمل برگ و ریشه به آلودگی مذکور و ارزیابی توان گیاه پالایی گونه مورد مطالعه برای خاک‌های آلوده به کادمیوم می باشد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق نهالستان عجو در منطقه کجور شهرستان نوشهر می باشد. به منظور اجرای این تحقیق نهال‌های دو ساله افرا پلت انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفتند. همچنین فلز سنگین کادمیوم با غلظت (صفر، ۱۶، ۳۲ و ٦٤ میلی گرم درکیلوگرم خاک) (کلرید کادمیوم محلول در آب مقطر) به خاک گلدان ها اضافه شدند. این تحقیق قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار در چهار تیمار انجام پذیرفت. تعداد کل نهال های استفاده شده ٤٠ نهال بوده است که مورد مراقبت و آبیاری مستمر قرار گرفته است.

قبل از کاشت نهال‌ها در گلدان، مقداری از خاک مورد مطالعه انتخاب و پس از هوا خشک کردن و خرد کردن تکه‌های بزرگ توسط دست یا غلتک چوبی از الک ۲ میلی متری عبور داده و برای انجام آزمایشات اولیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. که نتایج آن در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

خصوصیاتی از خاک از جمله pH (H_2O) ، EC، مقدار کادمیوم، میزان مواد آلی، کربنات کلسیم، درصد ازت کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب در آن به روشهای زیر اندازه گیری شد:

بافت خاک به روش هیدرومتری، اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک (EC) در عصاره گل اشباع توسط دستگاه EC سنج (هدایت سنج الکتریکی) بر حسب دسی زیمنس بر متر (Mclean, 1982)، اسیدیته خاک (pH) بوسیله pH متر، درصد ماده آلی با محاسبه کربن آلی خاک با روش والکلی و بلاک (۱۹۳۴)، ازت کل (N_T) بر حسب درصد و به روش کجدال، مقدار فسفر قابل جذب خاک به روش عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم توسط دستگاه

Archive of SID

www.SID.ir

اسپکتروفتومتر و مقدار پتاسیم قابل جذب خاک به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم ۰/۵ نرمال و به وسیله دستگاه فلام فتومتری قرائت گردید. میزان کادمیوم موجود در نمونه‌های خاک توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. ارتفاع نهال‌ها از قسمت قطر یقه تا انتهای جوانه انتهائی با نوار متر و قطر یقه به کمک کولیس قبل و بعد از آلوده کردن خاک اندازه گیری شدند

در اواسط مرداد ماه نمونه برداری از برگ‌ها از قسمت پایینی، میانی و بالایی تاج صورت گرفت. سطح برگ به وسیله نرم افزار Image J اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که به کمک دوربین دیجیتالی از برگ‌های جدا شده از نهال‌ها عکس‌هایی با مقیاس مشخص تهیه و سپس به کمک نرم افزار مذکور سطح برگ تعیین گردید (Bayramzadeh *et al.*, 2008).

ضخامت برگ بوسیله کولیس دیجیتال اندازه‌گیری گردید. برای تعیین فاصله رگبرگ‌های اصلی فاصله بین دو رگبرگ از ناحیه وسط برگ در تمامی برگ‌ها توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن‌تر برگ‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی وزن شد. پس از خشک کردن برگ در آون، در حرارت ۸۰ درجه و به مدت ۷۲ ساعت، وزن برگ به وسیله ترازوی دیجیتالی اندازه گرفته شد. کادمیوم موجود در برگ‌ها توسط دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer ساخت کشور آمریکا) به روش زیر اندازه گیری شد:

برگ‌ها با آب مقطر شسته شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد کاملاً خشک گردید. سپس آسیاب و از درون الک ۸۰ میلی متری رد گردید. بعد از آن یک گرم برداشته و درون کروزل چینی ریخته و درون کوره و در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷ ساعت گذاشته شد به طوری که خاکستر سفیدی حاصل شد. سپس ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک یک مولار روی آن ریخته و روی هیتر گذاشته شد. آن قدر روی هیتر گذاشته شد تا خاکستر درون اسید حل شد. بعد از آن در بالن ۵۰ میلی لیتر به حجم رسانده و با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و بعد به کمک دستگاه عدد قرائت شد. در اواخر شهریور ماه و در واقع ابتدای فصل خزان نهال‌ها از گلدان خارج شدند. ریشه نهال‌ها پس از خروج از گلدان‌ها در محلول حاوی مایع ظرفشویی و آب معمولی شسته شده به طوری که خاک‌های اضافی آن کاملاً تمیز گشته، سپس به وسیله آب مقطر دو بار شسته شد. وزن‌تر ریشه به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. پس از خشک شدن در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۷۲ ساعت وزن خشک ریشه‌ها به کمک ترازو اندازه گرفته شد. اندازه‌گیری آلاینده در ریشه نیز توسط دستگاه جذب اتمی انجام شد. پس از خروج ریشه نهال‌ها از گلدان، خاک آن‌ها از ریشه و سنگریزه‌های احتمالی موجود پاک و هوا خشک گردید. سپس میزان آلاینده موجود در آن به کمک دستگاه جذب اتمی (به همان ترتیب که قبلاً ذکر گردید)، تعیین شد. برای بررسی توان گیاه پالایی افراپلت ضریب‌های تجمع (BAF) و استخراج (TF) به روش زیر محاسبه شدند (Wu *et al.*, 2010).

(۱)

$$\text{Translocation Factor (TF)} = C_s/C_r$$

که در آن (TF) ضریب استخراج، و Cs مقدار آلاینده موجود در ساقه است و C_r مقدار آلاینده موجود در ریشه است (Mattina *et al.*, 2003).

(۲)

$$\text{Bioaccumulation Factor (BF)} = C_p/C_{so}$$

که در آن (BF)، ضریب تجمع، C_p مقدار مجموع آلاینده‌های موجود در برگ و ساقه و ریشه است و C_{so} آلاینده موجود در خاک می باشد (Liu *et al*. 2009: Tanhan *et al.*, 2007).

آنالیز داده‌ها

برای سازماندهی و پردازش اطلاعات از محیط نرم افزار StatGraphics plus2.1 و تجزیه واریانس (ANOVA) یک طرفه با استفاده از آزمون Fisher HSD استفاده شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

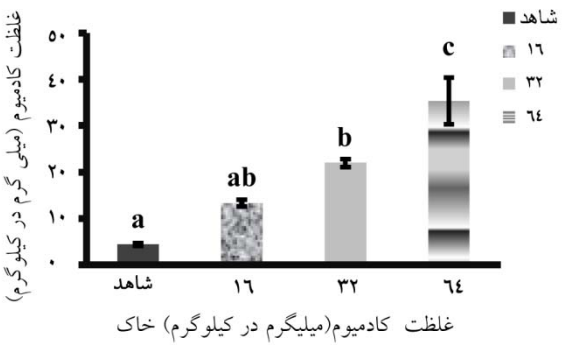
نتایج آزمایش های اولیه تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خصوصیت اندازه گیری شده	مقدار
بافت	سیلتی لوم
درصد ماده آلی	۶/۰۲
شوری (ds/m EC)	۱/۲۵۱
اسیدیته خاک($pH(H_2o)$)	۷/۴۳
کادمیوم mg/kg	۴/۵
درصد نیتروژن	۰/۲۶۶
فسفر(ppm)	۳۱۹/۸
پتاسیم(ppm)	۱۵۲۰

بررسی میزان آلاینده موجود در خاک

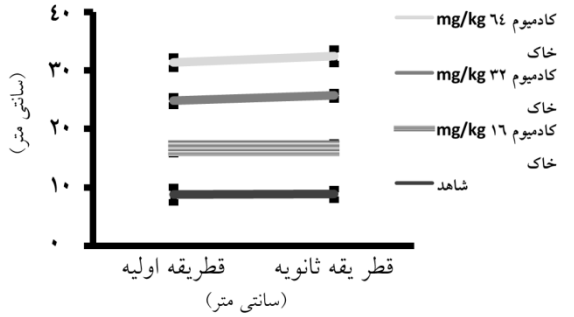
بررسی نمودار آلاینده موجود در خاک (نمودار۱) نشان می‌دهد که مقدار کادمیوم از ۴/۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک (شاهد) تا ۳۵/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (تیمار ۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) افزایش یافته است. که این نتیجه بیانگر این موضوع می‌باشد که آلودگی مورد نظر در خاک ایجاد شده است. همچنین میزان کادمیوم در خاک شاهد نیز زیاد می‌باشد و بر اساس طبقه‌بندی (Prasad 2004) و (Purohit and Agrrawal) جز خاک‌های آلوده می‌باشد که این می‌تواند مربوط به مصرف کودهای فسفاته در نهالستان باشد.



نمودار ۱- میزان کادمیوم موجود در خاک تیمارها

مقایسه قطر یقه اولیه تیمار شاهد و تیمارهای کادمیوم

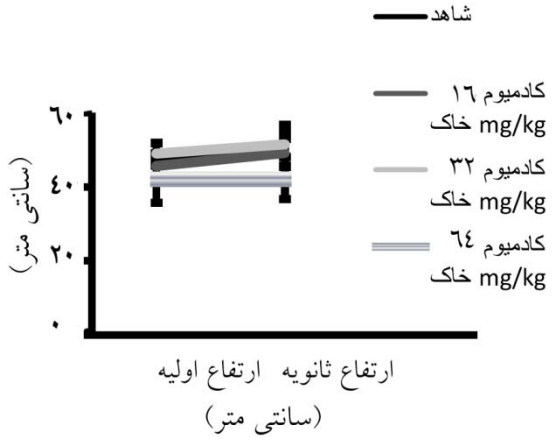
نتایج تجزیه آماری تفاوت آماری معنی داری را در سطح ۵٪ در بین این تیمارها نشان نداده است.



نمودار۲- مقایسه قطرهای اولیه و ثانویه

مقایسه قطر یقه ثانویه تیمار شاهد و تیمارهای کادمیوم

در مورد تیمارهای شاهد و کادمیوم در صفت قطر ثانویه هر چند تفاوت آماری معنی داری بین تیمارها وجود ندارد ولی مشاهده نمودار نشان می‌دهد که در تیمار ۶۴ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم روند افزایشی بسیار ناچیز است. در حالی که در تیمار شاهد و بقیه تیمارهای کادمیوم روند افزایشی مشهود می باشد. در بررسی ضریب افزایش قطر یقه کمترین میزان افزایش مربوط به تیمار ۶۴ میلی گرم در کیلوگرم به میزان ۰/۰۰۰۸ درصد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد به میزان ۰/۰۰۱ درصد می باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت بالای کادمیوم (از ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک به بالا) این صفت را تحت تأثیر قرار می‌دهد.



نمودار۳- مقایسه ارتفاع اولیه و ثانویه

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه ارتفاع اولیه نهال تیمار شاهد و تیمارهای کادمیوم

مقایسه آماری ارتفاع اولیه نهال‌های شاهد با تیمارهای کادمیوم نشان داد که تفاوت آماری بین تیمارهای شاهد و کادمیوم در سطح ۵٪ معنی دار نبوده که این یافته نشان می‌دهد گزینش اولیه نهال‌ها به درستی صورت گرفته است.

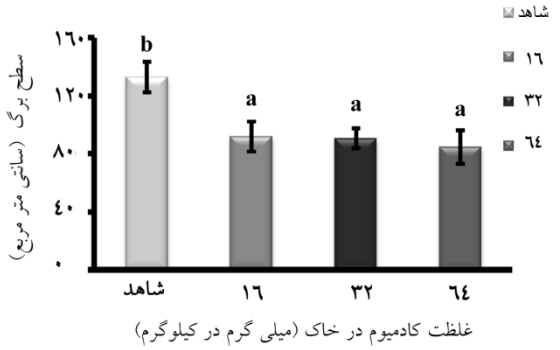
مقایسه ارتفاع ثانویه نهال‌های تیمار شاهد و تیمارهای کادمیوم

در صفت ارتفاع ثانویه تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای شاهد و کادمیوم وجود ندارد. ولی مشاهده نمودار ۳ نشان می‌دهد که درتیمار ۶۴ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم روند افزایشی بسیار ناچیز است. در حالی که در تیمار شاهد و بقیه تیمارهای کادمیوم روند افزایشی مشهود می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت بالای کادمیوم (از ۵۰ میلی گرم درکیلوگرم خاک به بالا) این صفات را تحت تأثیر قرار می‌دهند. که این با یافته‌های دیگران که تحقیقاتی مشابه داشتند (Lee *et al*., 2003) همسو می‌باشد.

بررسی صفات مورفولوژیک برگ نهال‌های افرا در سطوح مختلف آلاینده کادمیوم

اثر آلاینده کادمیوم بر متوسط سطح برگ

سطح برگ در تیمارهای کادمیوم و شاهد در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی داری دارد و در نمودار مربوطه (نمودار ۴) روند کاهشی را با افزایش میزان کادمیوم را شاهد هستیم. این نمودار در واقع نمایان می‌کند که این صفت شدیداً به وجود کادمیوم درخاک حساس است. میزان کادمیوم در تیمارهای ما بیشتر از حد مجاز کادمیوم در خاک می‌باشد. چون حد مجاز کادمیوم در خاک حداکثر mg/kg ۵ است. پس این صفت حتی در غلظت‌های کم کادمیوم به این آلاینده خاک حساس است. نتیجه به دست آمده در این تحقیق با تحقیقات دیگری که در همین زمینه صورت گرفته همسو می‌باشد (Singh *et al*., 1994; Spitz&Costa, 1997; Skorzynska& Baszynski ,1997)، (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که متوسط سطح برگ در اکثر گیاهان نسبت به آلودگی کادمیومی خاک واکنش نشان می‌دهد.



نمودار ۴- سطح برگ تیمار شاهد و تیمارهای کادمیوم

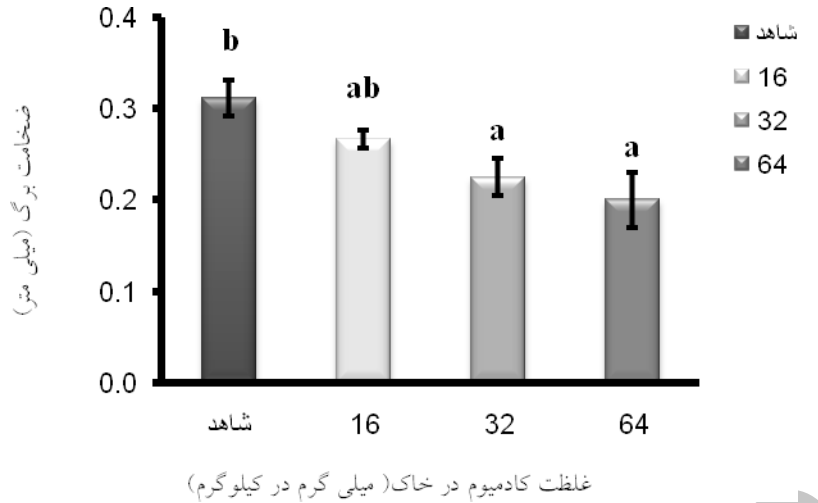
اثر کادمیوم بر ضخامت برگ

ضخامت برگ بین تیمارهای کادمیوم و شاهد در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد. و این صفت نیز با افزایش غلظت آلاینده کاهش پیدا کرده است (نمودار۵). به طوری که کمترین ضخامت برگ را در تیمار ۶۴ میلی گرم در کیلوگرم با مقدار میانگین ۰/۲ میلی‌متر شاهد هستیم. نتیجه به دست آمده برای ضخامت برگ افرا پلت در این تحقیق با تحقیقات دیگری که در همین زمینه صورت گرفته همسو می‌باشد.

(Tabassum *et al*., 2001; Van &Clijsters ,1993)

Archive of SID

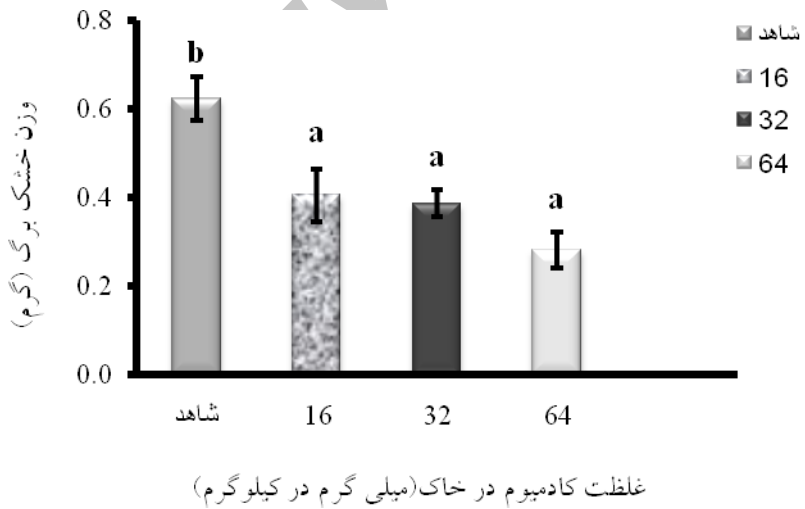
www.SID.ir



نمودار ۵- ضخامت برگ تیمار شاهد و تیمارهای کادمیوم

اثر کادمیوم بر وزن خشک برگ

مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که فلزات سنگین از طریق مسیرهای اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد باعث بروز ناهنجاری‌های کروموزومی شده و در نتیجه دلیل این کاهش وزن خشک برگ در منابع دیگر، اختلال در جذب عناصر غذایی و آب در شرایط آلودگی با کادمیوم گزارش شده است (Gouia *et al*., 2001). باعث کاهش رشد و بیومس گیاه می‌گردد (Michaelis *et al*., 1986). مقایسه وزن خشک برگ بین تیمارهای شاهد و کادمیوم نشان می‌دهد که اختلاف موجود در بین آنها معنی‌دار می‌باشد (نمودار۶).



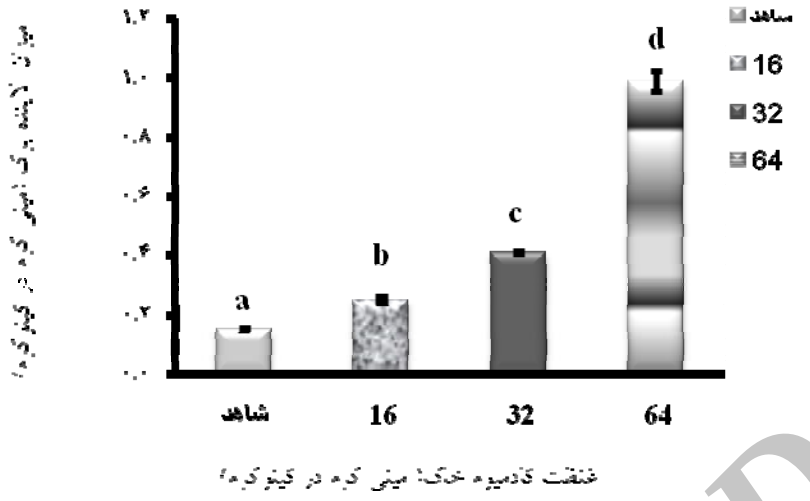
نمودار ۶- اثر غلظت های مختلف کادمیوم بر وزن خشک برگ

میزان کادمیوم در برگ

میزان کادمیوم در برگ تیمارهای کادمیوم و شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود (نمودار۷). تیمار ۶۴ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم بیشترین میزان کادمیوم (۰/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن گیاه) و تیمار شاهد کمترین میزان کادمیوم (۰/۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن گیاه) نشان می‌دهد. این بیانگر این است که با افزایش غلظت کادمیوم خاک میزان جذب در نهال‌های افرا افزایش می‌یابد (نمودار ۷).

Archive of SID

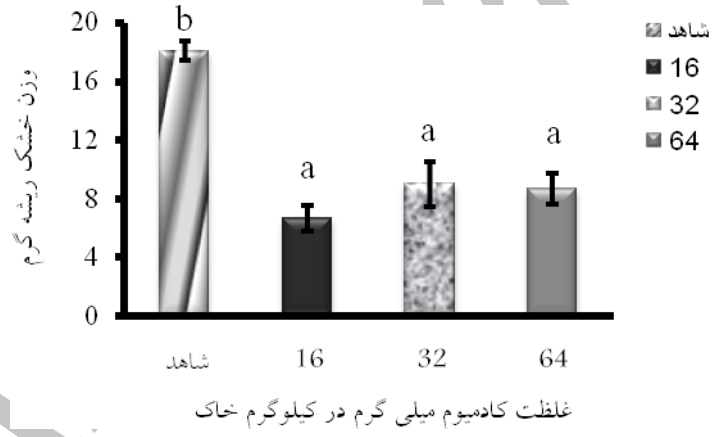
www.SID.ir



نمودار ۷- میزان آلاینده کادمیوم موجود در برگ تیمارها

اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه در تیمارهای شاهد و کادمیوم اختلاف معنی‌داری را در سطح آماری ۵٪ نشان می‌دهد. تیمارهای ۱۶ و ۳۲ و ۶۴ میلی گرم در کیلوگرم در یک گروه قرار دارند (نمودار ۸).



نمودار ۸- اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر وزن خشک ریشه

ارزیابی توان گیاه پالایی افرا پلت (*Acer velutinum*) در پاکسازی خاک‌های آلوده به خاک

با توجه به نتایج زیر گونه افراپلت در خاک مورد مطالعه گونه بیش اندوز کادمیوم نمی‌باشد ولی می‌تواند یک گونه شناساگر (معرف) باشد:

۱. صفات مختلف گیاه تحت تاثیر کادمیوم قرار گرفته است (نمودارهای ۲و۳ و۴).

۲. ضریب تجمع (BF) و ضریب استخراج (TF) برای همه تیمارها کوچکتر از ۱ می باشد (جدول۲).

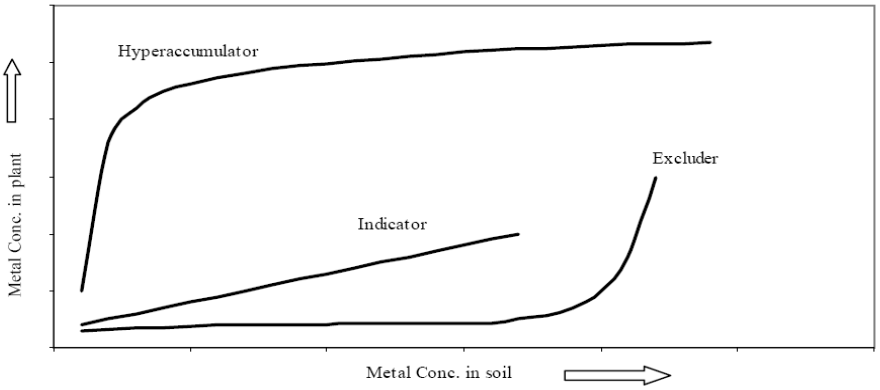
۳. چون با افزایش غلظت کادمیوم در خاک جذب در گیاه افزایش یافته (نمودار۵) لذا افرا پلت بر اساس نموداری که توسط (Cunningham, 1995; Ghosh & Singh , 2005) ارائه شده است (نمودار۹) یک گیاه شناساگر (Indircato) کادمیوم می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ - ضریب تجمع (BF) و ضریب استخراج (TF) کادمیوم در تیمارهای مختلف

	شاهد	mg/kg۶۴	mg/kg۳۲	۱۶ mg/kg
BF	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۲۷
TF	۱/۰۹	۰/۲۳	۰/۳۳	۰/۸۱



نمودار ۹- پاسخ گیاهان به افزایش آلاینده‌ها در خاک

(Cunningham , 1995; Ghosh & Singh , 2005)

نتیجه‌گیری کلی:

آلودگی کادمیوم خاک، صفات مختلف برگ در نهال افرا پلت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همینطور با توجه به نتایج بدست آمده افرا پلت نه در زمره گیاهان بیش اندوز و نه دفع کننده کادمیوم، بلکه یک گیاه شناساگر (atIndicor) کادمیوم می‌باشد.

منابع

- سلطانی م. قربانلی و منوچهری کلانتری خ. ۱۳۸۵. اثر کادمیوم بر مقدار رنگیزه های فتوسنتزی، قندها و مالندئالدئیدها در گیاه کلزا. (*Brassica napus L.*). مجله زیست شناسی. ۱۹(۲): ۱۴۵-۱۳۶.
- کریمی م. و.عزیزی م.(ترجمه). ۱۳۷۳. آنالیز های رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- یوسف زاده ح. طبری م. اسپهبدی ک و جلالی غ. ۱۳۸۷ . رابطه رشد نهال افرا با ویژگی های برگ. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ٤٤: ۲۹۸- ۲۹۱.
- Adriano DC. 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. Springer-Verlag, New York.
- Baszyński T, Wajda L, Król M, Wolińska D, Krupa Z, Tukendorf A. 1980. Photosynthetic activities of cadmium treated tomato plants. Plant Physiology. 48: 365-370.
- Burzyński M, Żurek A. 2007. Effects of copper and cadmium on photosynthesis in cucumber cotyledons. – Photosynthetica. 45: 239-244.
- Cordero B, Lodeiro P, Herrero R, Esteban M. 2004. Biosorption of cadmium by Fucusspiralis. Environmental Chemistry. 1: 180–187.
- Costa G, Spitz E.1997. Influence of cadmium on soluble carbohydrates, free amino acids, protein content of in vitro cultured lupinus albus. Plant Sci, 128(2): 131-140.

Archive of SID

www.SID.ir

- Cunningham S. 1995. In Proceedings (Abstracts) of the Fourteenth Annual Symposium, Current Topics in Plant Biochemistry – Physiology, and Molecular Biology Columbia., April 19-22, pp. 47-48.
- Ghosh M, Singh SP. 2005. Applied ecology and environmental research. Penkala Bt., Budapest, Hungary, A review on Phytoremediation of heavy metal and utilization of it's by products. 3(1): 1-18.
- Gouia H, Ghorbal MH, Meyer C. 2001. Effect of cadmium on activity of nitrat reductase and on other enzymes of the nitrate assimilation pathway in bean. Plan Physiology, 38:629-638.
- John R, Ahmad P, GadgilK, Sharma S. 2008. Effect of cadmium and lead on growth.biochemical parametersand uptake in *Lemnapolyrrhiza*L. Plant, Soil and Environment. 54: 262–270.
- Liu Z, He X, Chen W, Yuan F, Yan K, Tao D. 2009. Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in a potential hyperaccumulator – Lonicera japonica Thunb, J. Hazard. Mater. 169: 170–175.
- Mattina MJI, Lannucci-Berger W, Musante C, White JC. 2003. Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil, Environ. Pollut. 124: 375–378.
- Michaelis A, Takehisa R, Aurich O. 1986. Ammonium chloride and zinc sulfate pretreatments reduce the yield of chromatid aberrations induced by TEM and maleichydrazide in *Vicia faba*. Mutal. Res, 173:187-191.
- Sharma SS, Schat H, Vooijs R. 1998. In vitro alleviation of heavy metal-induced enzyme inhibition by proline. Phytochemistry 49: 1531-1535.
- Singh RP, gharti N, Kumar G. 1994. Differential toxicity of heavy metals to growth and nitrate reductase activity of Sesamum indicum seedlings. Phytochemstry, 35 (5):1153-1156.
- Skorzynska-polit E, Baszynski T. 1997. Differences in sensitivity of the photosynthetic apparatus in cd-stressed runner bean plants in relation to their age. Plant Sci, 128(1): 11-21.
- Tabassum S, Dube BK, Sinha P, Chatterjee C. 2001. Studies on the growth, yield and metabolism of brinjal (*Solanum melongena L.*) coupled with uptake of cobalt and cadmium. J Environ Poll, 8(2):159-164.
- Tanhan MKP, Pokethitiyook P, Chaiyarat R. 2007. Uptake and accumulation of cadmium lead and zinc by Siamweed [Chromolaena odorata (L.) King & Robinson], Chemosphere 68: 323–329.
- Van Assche F, Cardinaels C, Clijsters H. 1988. Induction of enzyme capacity in plants as a result of heavy metal toxicity:dose–response relation in *Phaseolus vulgaris* L., treated with zinc and cadmium. Environment Pollution. 52: 103-115.
- Van Assche, F., Clijsters H. 1993. Multiple effects of heavy metal toxicity on photosynthesis. In R Marcelle, H Clijsters, eds, Effects of stress on Photosynthesis. Nijhoff, The Hague. p. 371-382
- Zhou QX, Song YF. 2004. Principles and Methods of Contaminated Soil Remediation, Science Press, Beijing. (in Chinese).

Archive of SID

www.SID.ir

Research Journal of
Forest Science and Engineering

Vol. 1 / No. 2 / Summer 2011

Responses of *Acer velutinum* seedlings to soil cadmium contamination

Roghayeh Jirrodnezhad[1*], Vilma Bayramzadeh[1], Anushirvan Shirvani[2],
Tofigh Ahmadi[3], Javad Jalali[4] , Zeynab Shapoori[1]

Abstract
Cadmium is the most widespread heavy metals resulted from human activities. Exposure of plants to the soil cadmium contaminations can lead to various metabolic confusions and decrease in growth. Therefore, the aim of this study was to study the effects of soil cadmium contaminations on the leaf and root morphological features of *Acer velutinum* and evaluate the phytoremidation ability of this species in the cadmium contaminated soil. Two-year old seedlings were used in this study. The seedlings were exposed to different constrictions of cadmium (0, 16, 32, 64 mg/Kg soil). Some morphological traits such as leaf area, leaf thickness, and leaf and root dry mass were measured. The results showed that, all traits were significantly (P<0.05) lower for treated seedlings. Thus, it can be concluded that that morphological features of *Acer velutinum* might be influenced by the soil cadmium contaminations. The results also cleared that *Acer velutinum* can be categorized as indicator of cadmium, since the concentration of the cadmium in the plants increase as its concentration increase in the soil.

Keywords: *Acer velutinum*, cadmium contaminated soil, morphologycal features, Phytoremidation, Bioaccumulation factor, Transport factor

1.Faculty Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University
2. Faculty of Natural Resources, University of Tehran
3. Faculty Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Chalous Branch
4. Islamic Azad University, Science and Research Branch
* Corresponding author: Mabood_soil@yahoo.com

www.SID.ir