بررسی پتانسیل گیاه قاصدک (*Taraxacum syriacum* Boiss.) در انباشته سازی عنصر سنگین کادمیوم

مریم مرتاضی[۱]، مژگان فرزامی سپهر*[۱]، فهیمه سلیم پور[۲]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، گروه زیست شناسی، ساوه، ایران

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، گروه زیست شناسی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۲۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۰/۸/۱۵

چکیده

به منظور بررسی توان انباشته سازی کادمیوم در گیاه قاصدک آزمایشی گلخانه‌ای بر روی گیاه *Taraxacum syriacum* در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی با ٤ تیمار و ۵ تکرار در گلخانه خصوصی و به صورت کشت هیدروپونیک در بهار ۱۳۹۰ اجرا گردید. ۲۰ روز پس از جوانه زنی گیاهان با غلظت‌های مختلف کادمیوم (۰ , ۵۰ , ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) در یک دوره ۱۵ روز تیمار شدند. نتایج نشان داد که وجود غلظت‌های بالای کادمیوم در محلول غذایی سبب تاثیر معنی‌دار بر برخی شاخص‌های رشد می‌گردد. بطوری که شاخص‌های نرخ رشد نسبی، رشد نسبی سطح برگ و نرخ واحد برگی و وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه تا حدودی کاهش و محتوی آب در واحد سطح برگی و سطح برگی ویژه افزایش یافت، اما میزان سطح برگی کاهش معنی‌داری نیافت. تغییر میزان کادمیوم در محیط تغییر چشمگیری را در میزان فراکسیون توده برگی ایجاد ننمود. میزان آهن، مس و منگنز تحت تیمار کادمیوم کاهش یافت. محتوی مس و منگنز اندام هوایی در غلظت۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم افزایش معنی‌داری یافت. همچنین میزان کادمیوم ریشه و اندام هوایی با افزایش کادمیوم محیط کشت افزایش معنی‌داری نشان داد. افزایش کادمیوم افزایش میزان پروتئین کل را در ریشه به دنبال داشت. همچنین با الکتروفورز پروتئین کل باندهای پروتئینی متفاوتی در تیمار۱۵۰ و۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم نسبت به تیمار شاهد ظاهر گردید. مطالعات انجام شده، دوام و بقا این گیاه را در محیط حاوی کادمیوم نشان داد و از این رو می‌توان این گیاه را به عنوان یک گیاه با توان انباشتگی کادمیوم معرفی کرد.

کلمات کلیدی: انباشته‌گر، آهن، پروتئین، رشد، قاصدک، کادمیوم، مس، منگنز

مقدمه

آلودگی خاکها به عناصر سنگین یک نگرانی زیست محیطی در سراسر جهان می‌باشد. علل افزایش فلزات در خاک مربوط به فعالیتهای بشری بویژه استخراج معادن، انتشار گازهای صنعتی، نشت یا دفن ضایعات صنعتی، کاربرد لجن فاضلاب در خاکهای زراعی، کاربرد کودها و آفت کش‌ها و آبیاری با فاضلاب صنعتی می‌باشد.

* Email:farzamisepehr@iau-saveh.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

اصلاح و بازیابی جایگاه‌های آلوده شده به فلزات سنگین همچنان چالش بزرگی برای محققان می‌باشد زیرا این فلزات در محیط تجزیه پذیر نیستند. گیاه پالایی یک تکنولوژی بیولوژیک با هزینه کم، با استفاده از گیاهان به منظور خارج کردن، نگهداری و بی اثر کردن آلاینده‌های زیست محیطی است که این فرایند طبیعی باعث تسریع واکنشهای جذب، رسوب دهی و تشکیل کمپلکس می‌شود که به طور طبیعی در خاکها صورت می‌گیرد تا باعث کاهش تحرک پذیری و قابلیت حرکتی این عناصر گردد (Reeves and Baker, 2000; Kramer, 2005).

گیاهانی که در گیاه پالایی به عنوان تصفیه کننده‌های خاک استفاده می‌شوند به عنوان انباشته‌گر و بیش انباشته گرها معرفی می‌شوند. از میان عناصر سنگین کادمیوم یک عنصر غیرضروری با سمیت زیاد است که بر روی رشد و متابولیسم و وضعیت آب در اندام‌های گیاه تاثیر می‌گذارد. یکی از دلایل سمی بودن کادمیوم تداخل آن با دیگر عناصر است. این عنصر همچنین با آزاد سازی رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر باعث ایجاد تنش اکسایشی در گیاه می‌شود که در نهایت منجر به آسیب لیپیدهای غشا سلولی، پروتئین‌ها، رنگدانه‌ها و اسیدهای نوکلئیک شده و سرانجام باعث مرگ گیاه می‌شود. کادمیوم در خاک متحرک بوده و لذا از طریق مکانیسم‌های جذب نامعلومی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Bohanno and Giudice, 2010).

حضور فلزات سنگین و ازجمله کادمیوم در زیست بوم‌های کشاورزی از نظر تاثیر بر رشد و عملکرد گیاهان و سلامتی انسان بسیار حائز اهمیت است (Moreno et al., 2000). در این رابطه شناسایی گیاهان انباشته گر و بیش انباشته گر و استفاده از آنها در خاکهای آلوده به عناصر سنگین (کادمیوم) به منظور تصفیه خاک قبل از کشت گیاهان زراعی امری ضروری به نظر می‌رسد چراکه در این صورت از ورود عناصر سنگین به زنجیره غذایی انسان جلوگیری بعمل می‌آید.

Taraxacum جنسی از خانواده Asteraceae می‌باشد که به طور خودرو در مناطق گرم نیمکره شمالی مخصوصا ایران گسترش یافته است (Schutz et al., 2006). گونه‌های مختلف این گیاه از جمله *Taraxacum mongolicum* توانایی انباشته‌سازی کادمیوم را دارد (Wei et al., 2008). گونه *T.syriacum* که گیاه مورد مطالعه این طرح می‌باشد گونه‌ای با پراکنش وسیع در مناطق مختلف ایران از جمله نواحی مرکزی است که تاکنون نیز مطالعه‌ای در زمینه پتانسیل انباشته سازی عناصر سنگین روی آن انجام نشده است. از این رو این مطالعه توان این گیاه را در جذب و انباشته سازی عنصر کادمیوم مورد مطالعه قرار می‌دهد.

مواد و روش ها

جمع آوری بذر

گیاه *Taraxacum syriacum* Boiss. از روستای ورده در ٤٠ کیلومتری شهر ساوه در بهار سال ۱۳۸۹ همراه با بذور جمع‌آوری شدند. بعد از جمع آوری گیاه نمونه توسط خانم دکتر سلیم پور شناسایی و با شماره ۲٤۹ در هرباریوم دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه حفظ و ذخیره شد. بالای ۹۰ درصد جوانه زنی در دانه‌ها مشاهده شد. بعد از جداسازی بذور همگن از لحاظ اندازه، بررسی فاکتورهای مورد مطالعه آغاز شد.

کاشت بذر

در این مطالعه از کشت هیدروپونیک استفاده شد. بذور ابتدا با آب ژاول ۵درصد سترون سازی شد. و سپس به ظروف حاوی لیکا منتقل و در شرایط گلخانه‌ای نگهداری شد. ظروف دارای سایز ۱۵ در ۲۰ سانتیمتر و در هر کدام تعداد ۵۰ بذر کاشته شد. ظروف ابتدا با آب مقطر و بعد از جوانه زنی با محلول هوگلند آبیاری شدند. پس از گذشت ۲۰ روز تیمار با کادمیوم آغاز و تا ۱۵ روز ادامه داشت. سوراخ‌هایی در ته هر ظرف تعبیه شد و آبی که بصورت زهکش از بافت لیکا خارج شد، جمع آوری و مستقیماً به فاضلاب شهری منتقل شد.

چهار تیمار با غلظت‌های ۰ (کنترل)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم انجام و بعد از آن گیاهان بصورت کامل (ریشه + اندام هوایی) برای مطالعات آزمایشگاهی برداشت شدند. البته غلظت‌های ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر نیز استفاده شد که گیاهان در این غلظت دوام نیاوردند

www.SID.ir

(گیاهان غلظت‌های ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بعد از ۵ روز و در غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر بعد از ۷ روز از بین رفتند).

جمع آوری گیاهان و انجام آنالیزهای مختلف

بعد از اعمال ۱۵ روز تیمار، گیاه کامل (ریشه + اندام هوایی) از محیط‌های کشت خارج و به منظور انجام مطالعات به آزمایشگاه منتقل شد.

اندازه‌گیری پارامترهای رشد (Hunt , 1990، Reynolds et al., 2001)

اندازه‌گیری سطح برگی (LA)

نرخ رشد نسبی (RGR)

نرخ رشد نسبی سطح برگی (RLAGR)

محتوای آب در واحد سطح برگی (LWCA)

نرخ واحد برگی (ULR)

سطح برگی ویژه (SLA)

فراکسیون توده برگی (LMF)

اندازه گیری میزان عناصر سنگین

میزان عناصر سنگین Cu، Fe، Cd و Mn با استفاده از طیف سنج جرمی در دو بخش هوایی و زیرزمینی اندازه‌گیری شد. برای این گیاهان ابتدا در آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. سپس گیاهان خشک دقیقا وزن شده و در سه تکرار در کوره در دمای ٤٠٠ درجه سانتیگراد به مدت ۵ ساعت به خاکستر تبدیل شد. به منظور تهیه عصاره خاکسترها در اسید کلریدریک ۲ نرمال حل شده و حجم آن با آب مقطر به ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. میزان عناصر سنگین توسط دستگاه جذب اتمی مدل Biotech مدل Phoienix986 در عصاره‌ها سنجیده شد.

اندازه‌گیری پروتئین کل (Bradford, 1976)

میزان پروتئین کل به وسیله روش برادفورد اندازه گیری شد. ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی (ریشه یا اندام هوایی) توزین و در ۵ میلی لیتر بافر تریس – گلایسین سائیده شد تا محلول هموژن بدست آید. عمل سائیدن به مدت ۱۰ دقیقه در ظرف یخ انجام شد و پس از ساییده شدن کامل نمونه، عصاره‌ها توسط سانتریفیوژ یخچال‌دار در دور ۱۲۰۰۰rpm به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ گردید و جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. با توجه به منحنی استاندارد، مقدار میلی‌گرم بر میلی لیتر پروتئین نمونه مجهول تعیین گردید.

الکتروفورز عصاره پروتئینی در ژل پلی اکریل آمید

بعد از تهیه ژل پلی اکریل آمید ۱۲درصد , عصاره پروتئینی با Loading buffer (به نسبت ٤٠:٢٠) مخلوط و در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه به منظور برهم خوردن ماهیت پروتئین‌ها جوشانده شد. نمونه‌های آماده شده در چاهک‌های ژل پلی آکریل آمید تزریق شد و بعد از الکتروفورز و رنگ آمیزی ژل باندهای پروتئینی ظاهر شده در ژل پلی آکریل آمید بررسی شد.

نتایج آزمایشات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (One way Anova) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. اختلاف میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح $P\leq0.05$ مورد مقایسه قرار گرفتند و نمودارهای مربوط به کمک نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج

نتایج حاصل از محاسبه پارامترهای رشد

نتایج نشان داد که وزن تر (RFW) و خشک اندام هوایی (RDW) و ریشه در تیمار با کادمیوم کاهش یافت که این کاهش بین گروه شاهد (بدون کادمیوم) و گروه‌های تحت تیمار معنی‌دار، ولی بین سطوح مختلف کادمیوم فاقد معنی بود (جدول ۱).

اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر شاخص سطح برگ (LA) معنی‌دار نبود. نرخ رشد نسبی (RGR) و نرخ رشد نسبی سطح برگی (RLAGR) تحت تاثیر غلظت‌های مختلف کادمیوم کاهش یافت که این کاهش فقط بین گروه شاهد و گروه‌های تحت تیمار کادمیوم معنی‌دار بود و بین سطوح مختلف کادمیوم فاقد معنی بود. لازم به ذکر است که در RLAGR روند کاهشی فقط بین شاهد و غلظت‌های بالای کادمیوم معنی‌دار بود.

اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر تغییر سطح برگی ویژه (SLA) نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود. محتوی آب در واحد

www.SID.ir

Archive of SID

سطح برگی (LWCA) در غلظت بالای کادمیوم (۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) افزایش معنی‌دار یافت. روند تغییرات میزان نرخ واحد (ULR) برگی با افزایش میزان کادمیوم کاهشی بود. همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود میزان فراکسیون توده برگی در تیمار غلظت‌های مختلف کادمیوم تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشت و مقادیر بدست آمده تقریباً نزدیک بهم بود (جدول ۲).

جدول ۱: نمایش میزان وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه در گیاه تحت مطالعه

Cd (mg/lit)	RFW (اندام هوایی) g/plant^{-1}	RFW (ریشه) g/plant^{-1}	RDW (اندام هوایی) g/plant^{-1}	RDW (ریشه) g/plant^{-1}
۰	۰/۰۱۹۳ ± ۰/۰۰۲٤^{a*}	۰/۰۰۹۷ ± ۰/۰۰۲^{a}	۰/۰۰٦۳ ± ۰/۰۰۰۸^{a}	۰/۰۰۳۷ ± ۰/۰۰۰۳۳^{a}
۵۰	۰/۰۱۵ ± ۰/۰۰۰۵۸^{ab}	۰/۰۰۷۵ ± ۰/ ۰۰۰۲۹^{ab}	۰/۰۰٤ ± ۰/۰۰۰۵۸^{b}	۰/۰۰۱۸ ± ۰/ ۰۰۰۱۷^{b}
۱۰۰	۰/۰۱۱۳ ± ۰/۰۰۰٦۷^{b}	۰/۰۰۵۷ ± ۰/۰۰۰۳۳^{bc}	۰/۰۰۳۳ ± ۰/ ۰۰۰۳۳^{b}	۰/۰۰۱۵ ± ۰/۰۰۰۲۹^{b}
۱۵۰	۰/۰۱۱ ± ۰/ ۰۰۱۱^{b}	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۰۵۸^{bc}	۰/۰۰۳ ± ۰/ ۰۰۰۵۸^{b}	۰/۰۰۱۳ ± ۰/۰۰۰۳۳^{b}

*حروف یکسان نشان می‌دهد که اختلاف در سطح آماری ۰/۰۵≥ p معنی‌دار نیست.

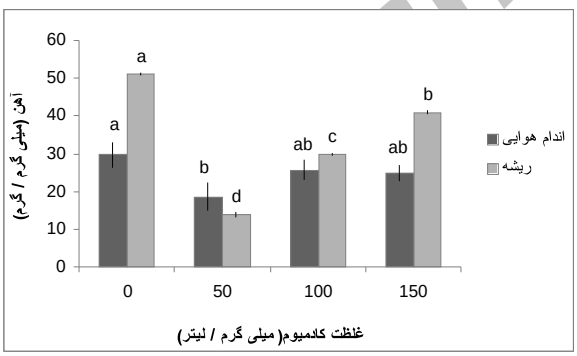
جدول ۲: مقایسه پارامترهای رشدی در گیاه تحت مطالعه

Cd (mg/lit)	LA cm^2/plant^{-1}	RGR gg^{-1}d^{-1}	RLAGR cm^2 cm^{-2}d^{-1}	SLA cm^{2}g^{-1}	LWCA g(H_2O)m^{-2}	ULR gm^{-2}d^{-1}	LMF
۰	۰/۲۵۸ ± ۰/۰۷^{a}*	۰/۰٤ ± ۰/۰۰۵^{a}	۰/۰۳٦۳ ± ۰/۰۱۷^{a}	۵۸/٤۲ ± ۲/٦۵^{ab}	۲/۹۵ ± ۰/۱٤^{ab}	۰/۰٦٦ ± ۰/۰۰۵^{a}	۰/۰۱۰۳
۵۰	۰/۱۸۹ ± ۰/۰۳۲^{ab}	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۱۰^{ab}	٦۸/٤۲ ± ٤/۰٦^{a}	۲/۷٦ ± ۰/۱۳^{b}	۰/۰۱٤ ± ۰/۰۰۸^{b}	۰/۰۱۰٤
۱۰۰	۰/۱۲٦ ± ۰/۰۱٦^{b}	-۰/۰۰٤± ۰/۰۰۸^{b}	-۰/۰۰۰۷± ۰/۰۰۷^{b}	۵٦/۲۷± ۱/٤۸^{b}	۳/۳۱ ± ۰/۳۰۱^{ab}	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۱^{b}	−۰/۰۰٦۲
۱۵۰	۰/۰۹۹ ± ۰/۰۰۳^{b}	-۰/۰۰٦ ± ۰/۰۰۱۲^{b}	-۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۱^{b}	۵٦/۳۸ ± ۳/٦۷^{b}	۳/٦۱ ± ۰/۲۰۱^{a}	-۰/۰۰۵۷ ± ۰/۰۰۷^{b}	۰/۰۱۸

*حروف یکسان نشان می‌دهد که اختلاف در سطح آماری ۰/۰۵≥ p معنی‌دار نیست.

نتایج حاصل از اندازه گیری عناصر غذایی

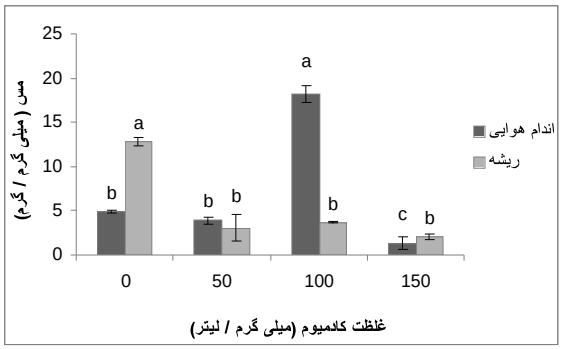
اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر محتوی آهن اندام هوایی و ریشه قاصدک در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود میزان آهن در تیمار کادمیوم نسبت به شاهد کاهش یافت ولی در تیمار غلظت‌های مختلف کادمیوم با افزایش میزان کادمیوم محتوی آهن افزایش یافت. تغییرات محتوی آهن در اندام هوایی فاقد معنی ولی در ریشه معنی‌دار بود و میزان آن در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود (شکل ۱).



شکل ۱: اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر محتوی آهن اندام هوایی و ریشه قاصدک

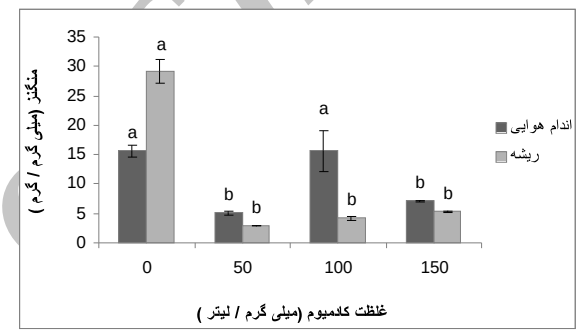
میزان مس در ریشه کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به شاهد داشت، ولی در اندام هوایی افزایش غلظت کادمیوم باعث کاهش اندکی در غلظت‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم و افزایش قابل ملاحظه‌ای در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر شد (شکل ۲).

www.SID.ir



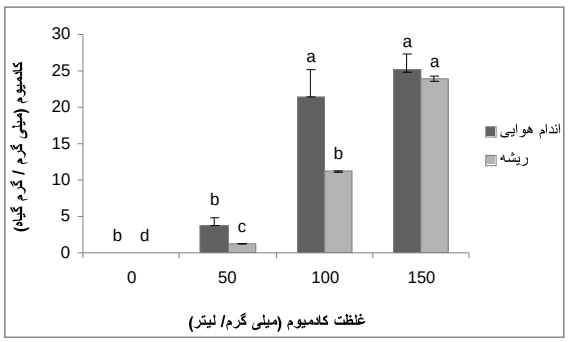
شکل ۲: اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر محتوی مس اندام هوایی و ریشه قاصدک

تغییر محتوی منگنز در ریشه و اندام هوایی از همان الگوی تغییر میزان مس در ریشه و اندام هوایی پیروی می‌کند و محتوی آن در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود (شکل ۳).



شکل ۳: اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر محتوی منگنز اندام هوایی و ریشه قاصدک

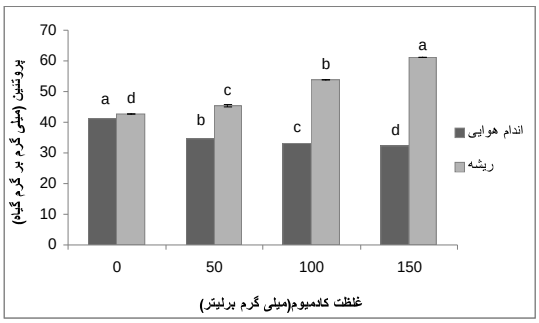
با افزایش غلظت کادمیوم در محیط کشت، میزان کادمیوم در ریشه و اندام هوایی افزایش معنی‌داری یافت (شکل ٤). همانگونه که در این شکل ملاحظه می‌شود محتوی کادمیوم در اندام هوایی بیشتر از ریشه می‌باشد که بدلیل قابلیت تحرک و انتقال کادمیوم به سوی اندام هوایی می‌باشد.



شکل ٤: اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر محتوی کادمیوم اندام هوایی و ریشه قاصدک

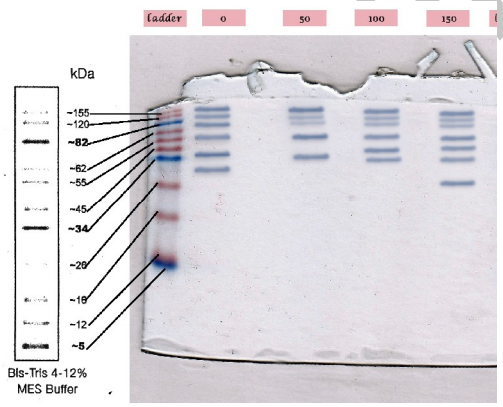
نتایج حاصل از سنجش پروتئین

نتایج حاصل از سنجش پروتئین کل افزایش معنی‌دار میزان پروتئین کل در ریشه را با افزایش میزان کادمیوم محیط کشت نشان داد (شکل ۵).



شکل ۵: اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر محتوی پروتئین کل گیاه قاصدک

نتایج حاصل از الکتروفورز عصاره پروتئین بر روی ژل پلی اکریل آمید تشکیل یک پروتئین با وزن مولکولی ٤٥ کیلو دالتون در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم و دو پروتئین جدید با وزن مولکولی ٤٥ و ۲۰ کیلودالتون در غلظت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم نسبت به شاهد را نشان داد. باند پروتئین در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم تفاوتی را با گروه شاهد نشان نداد (شکل ٦).



شکل ٦: باندهای پروتئینی ظاهر شده بر روی ژل اکریل آمید

بحث

عناصر سنگین با اثر بر ارتباطات آبی یاخته‌های گیاهی به علت کاهش سریع قابلیت هدایت آبی یاخته‌ها سمیت خود را آشکار می‌نمایند و تاثیر بر کاهش قابلیت انتقالات آبی غالباً سریعتر و بیشتر از تاثیر سمیت عناصر سنگین بر غشا

www.SID.ir

پلاسمایی در گیاهان آشکار می‌گردد (Chrispeels and Maurel, 1994).

نتایج حاصل از کاهش وزن تر در اندام هوایی و زیرزمینی گیاه مورد مطالعه با نتایج Ludevid و همکاران (۱۹۹۲) بر روی گیاه *Arabidopsis thaliana* که نشان داد افزایش یون کادمیوم در محیط سبب کاهش محتوی آبی گیاه از طریق تاثیر بر کانال‌های آبی تونوپلاست گردیده و به دنبال آن کاهش طویل شدگی یاخته‌ای و کاهش طول اندام هوایی دیده شده است، همخوانی دارد.

کاهش وزن خشک اندام هوایی و زیرزمینی که به عنوان اولین پاسخ فیزیولوژیک به عوامل تنش‌زای محیط رشد در قالب کاهش ماده‌سازی مطرح است در مورد این گیاه نیز صدق می‌کند که با یافته‌های Vassilev and Yordanov (۱۹۹۷) بر روی گیاه چغندر و گندم مطابقت دارد.

افزایش آب در واحد سطح برگی در تیمار کادمیوم مبین این واقعیت است که کادمیوم محیط ریشه سبب تحرک ABA تولید شده در ریشه و صدور آن به اندام هوایی می‌شود که به دنبال انتقال ABA، بسته شدن روزنه‌ها و افزایش محتوی آب و کاهش تنفس قابل رویت است (Kasai et al., 1994؛ Montero et al., 1998).

افزایش تنفس در گیاهانی که تحت تنش مقادیر بالای فلزی قرار می‌گیرند سبب افزایش تراکم روزنه‌ای می‌شود. افزایش تراکم روزنه‌ای بدنبال کاهش سطح برگی مشهود است (Paul and Forstner, 1981). که نتایج بدست آمده نیز با این نظریه همسو است چرا که افزایش کادمیوم در محیط کشت کاهش سطح برگی را به دنبال داشت که این خود مسئول افزایش تنفس می‌باشد.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر کاهش نرخ رشد نسبی گیاه قاصدک را در تیمار غلظت‌های مختلف کادمیوم نشان داد که این نتایج با نتایج Inouhe و همکاران (۱۹۹٤) که پاسخ‌های رشدی گونه‌های مختلف تک لپه و دولپه را نشان داده‌اند موافق است. Inouhe و همکاران (۱۹۹٤) نشان دادند که اگرچه رشد گیاهان تک لپه‌ای همانند جو و برنج با افزایش میزان کادمیوم در محیط کشت هیدروپونیک تا حد ٦۰ میکرومولار کاهش یافته بود ولی بقاء گیاهان حتی در مقادیر بالای کادمیوم مشهود بود

کاهش نرخ واحد برگی در گیاه قاصدک تحت تیمارهای مختلف کادمیوم با نتایج Young (۱۹۷۵)، Sims و همکاران (۱۹۹٤) و Hunt and Cornelissen (۱۹۹۷) در گیاهان مناطق معتدله موافق است. پژوهشگران فوق معتقدند که کاهش نرخ واحد برگی در گیاهان تحت تنش‌های محیطی همچون شوری، خشکی، کادمیوم در نتیجه کاهش تراکم جریان فوتونی فعال فتوسنتزی در گیاهان دیده می‌شود که کاهش تراکم جریان فوتون فعال فتوسنتزی بدنبال افزایش سطح برگی ویژه، ضخیم شدگی برگ، والقا پدیده خود سایه اندازی درون برگی ایجاد می‌شود (Sims et al., 1994).

با توجه به نتایج حاصل از نرخ واحد برگی و سطح برگی ویژه مشخص شده است که کاهش نرخ واحد برگی همگام با افزایش سطح برگی ویژه تغییرات کمی را در فراکسیون واحد برگی ایجاد نموده و تغییرات تقریباً در حد صفر و نزدیک به آن هستند و می‌توان نتیجه گرفت که گیاه با حفظ تمامیت ماده سازی خود قادر است در مقابل اعمال تنش بردبار عمل نماید (Evans, 1996).

عناصر سنگین می‌توانند بر عناصر کم مصرف و پر مصرف در گیاه اثر گذاشته و بنابراین باعث تاثیر قابل توجه برجذب عناصر غذایی شوند. این اثرات بستگی به غلظت یونها، pH و حضور کلات‌ها دارد (Rai et al., 2005). بنابراین نتایج این گونه آزمایش‌ها بر عناصر غذایی ضد و نقیض بوده و به سختی قابل مقایسه است.

مس برای تغذیه گیاه حیاتی است و برای انواع فعالیتهای آنزیمی دخیل در اکسایش ـ احیا لازم است. در تحقیق ما در تیمار شاهد یعنی بدون حضور کادمیوم در محیط کشت آبی میزان مس در اندام هوای بیشتر می‌باشد.

در غلظت‌ها ۵۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم میزان مس در اندام هوایی و ریشه تقریباً مشابه می‌باشد و نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. ولی در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر میزان مس در ریشه حتی از تیمار شاهد نیز بیشتر شده و این افزایش معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه با نتایج قاسمی و

www.SID.ir

شهابی (۱۳۸۹) که نشان دادند در گیاه گوجه فرنگی تحت تیمار کادمیوم غلظت مس در مقایسه با شاهد تقریباً به میزان دو برابر افزایش یافته است و همچنین با نتایج Gussarsson (۱۹۹٤) که افزایش میزان مس ریشه را در حضور غلظت‌های بالاتر از ۲ میکرو مول در گیاه *Betulx pendula* گزارش کرده بود همسو می‌باشد. همانطور که ذکر شد افزایش میزان کادمیوم به میزان ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم باعث کاهش در میزان مس در اندام هوایی و ریشه شد که این نتیجه نیز با نتایج Mahendra و Narwal (۱۹۹۳) که کاهش میزان مس را در حضور کادمیوم توسط ریشه در ذرت نشان داده بودند و همچنین با نتایج Amal و همکاران (۲۰۰۹) که کاهش میزان مس را با افزایش کادمیوم محیط کشت در گیاه تربچه نشان دادند همسو می‌باشد ولی با نتایجی که در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم بدست آمده مغایر می‌باشد. با افزایش میزان کادمیوم در محیط کشت میزان آهن در ریشه و اندام هوایی کاهش یافته که این کاهش فقط در ریشه معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه با نتایج Amal و همکاران (۲۰۰۹) در گیاه تربچه و همچنین Haghiri (۱۹۷۳) که کاهش جذب آهن در حضور کادمیوم را در گیاه سویا نشان داد همسو می‌باشد. منگنز یک ریز مغذی ضروری برای گیاهان بوده و نقش عمده را در فعالیت انواع مختلف آنزیمها ایفا می‌کند. تعدادی از محقیق گزارش کردند که کادمیوم میزان منگنز را در برنج، جو و ذرت کاهش می‌دهد (Yang et al., 1996). در آزمایش دیگری در مطالعه تاثیر کادمیوم بر عناصر غذایی در گوجه فرنگی در دو غلظت ۱۰و ۳۰ میلی گرم در لیتر کادمیوم نشان داده شد که کادمیوم بر غلظت منگنز در ریشه و ساقه اثر گذاشته و باعث کاهش آن می‌شود (Moral et al., 1996). کاهش چشمگیر در جذب منگنز در دیگر گیاهانی که در معرض تیمار کادمیوم قرار گرفتند از جمله کاهو و نخود مشاهده شد (Peng et al., 2008). همچنین Gussarsson (۱۹۹٤) کاهش میزان منگنز ریشه را در گیاه *Betula pendula* در حضور کادمیوم نشان داده که نتایج بدست آمده از تحقیق ما با نتایج این پژوهشگران همسو می‌باشد. Ramos و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که غلظت منگنز در بخش هوایی کاهو زمانیکه کادمیوم در حد سمیت باشد افزایش می‌یابد که می‌توان به عنوان یک مکانیسم دفاعی در مقابل سمیت کادمیوم باشد. مشخص شده است که چندین ناقل غشایی در انتقال Mn^{2+} شرکت دارند از جمله اعضای خانواده Narmp و ZIP که Cd^{2+} را نیز منتقل می‌کنند. بنابراین پذیرفته شده است که در گیاه *Phytolacca americana* L. یون‌های Cd^{2+} و Mn^{2+} از یک ناقل استفاده می‌کنند (Penge et al., 2008). همان‌طور که در بخش نتایج آورده شد میزان منگنز در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم در اندام هوایی افزایش یافته است که با نتایج Ramos و همکاران (۲۰۰۲) همسو می‌باشد و در غلظت‌های بالا بیشترین تجمع کادمیوم در اندام هوایی می‌باشد میزان کادمیوم در ریشه و اندام هوایی و گیاهان تحت تیمار نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار دارد.

Wei و همکاران (۲۰۰۸و ۲۰۰۹) نشان دادند که میزان کادمیوم در اندام هوایی گیاه *Taraxacum mongolicum* و *Conyza canadensis* بیشتر از ریشه می‌باشد یعنی نسبت غلظت کادمیوم اندام هوایی به ریشه بزرگتر از یک می‌باشد (TF>1) که نشان دهنده قدرت انتقال Cd از ریشه بسوی اندام هوایی است که یک ویژگی گیاهان انباشته گر می‌باشد.تغییر میزان کادمیوم محیط کشت سبب افزایش میزان پروتئین کل در ریشه گیاه مورد مطالعه گردیده است که با نتایج Ghorbanli and Kaveh (۱۹۹۹) که معتقدند در اندام گیاهی تحت تنش عناصر سنگین و بویژه کادمیوم فعالیت یکباره آنزیمهای دخیل در ساخت پروتئین ویژه تنش عناصر سنگین (فیتوکلاتین‌ها) موجب افزایش محتوی پروتئین اندام می‌گردد.

Abrahamson و همکاران (۱۹۹۲) محل تجمع بیشتر پروتئین‌ها را در اندام‌های گوناگون آن اندامی می‌دانند که تحت تاثیر مستقیم عنصر سنگین واقع شده است اگر چنانچه عناصر سنگین به صورت باران‌های اسیدی سطح برگ گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد، تجمع پروتئین در اندام هوایی بیش از ریشه خواهد بود و چون در آزمایشات انجام شده محیط کشت مایع محتوی کادمیوم در تماس مستقیم با ریشه قرار داشت، نتایج حاصله در جهت تائید نظریه Abrahamson و همکاران (۱۹۹۲) و Fujita (۱۹۸۵) در گیاه *Eichhornoia*

www.SID.ir

crassipes می‌باشد. Prassad (۱۹۹۷) معتقد است که توان ساخت بیشتر پروتئین‌های تنش در مقابل مقادیر برابری از محرک فلزی (کادمیوم) دلیلی بر پیشرفته بودن سازگان آنزیمی گیاه در راستای بردباری به تجمع عناصر سنگین در محیط است. همچنین Cobbet در سال (۲۰۰۰) معتقد است که افزایش پروتئین‌ها می‌تواند بدلیل افزایش سنتز بعضی آنزیم‌ها از جمله آنزیم‌های تجزیه کننده قندهای غیرمحلول و آنزیم‌ها از جمله آنزیم‌های تجزیه کننده قندهای غیرمحلول آنزیم‌های آنتی اکسیدان، همچنین سنتز پروتئین‌ها و پلی پپتیدهای درگیر در سیستم دفاعی یاخته در برابر یون‌ها (متالوتیونین‌ها و فیتوکلاتین‌ها) رخ داده باشد. احتمالاً ظهور پروتئین ٤٥ و ٢٠ کیلو دالتونی در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم نوعی پاسخ دفاعی گیاه در برابر تنش کادمیوم می‌باشد. هنگامی که یاخته مقادیر زیادی از فلز سنگین را دریافت می‌نماید. دامنه وسیعی از پاسخ‌های یاخته‌ای را در مقابل تنش کادمیوم ایجاد می‌نماید که افزایش پروتئین‌هایی با جرم مولکولی کم و سنتز پپتیدهای پاک کننده فلز ازجمله این موارد می‌باشد (Jonak et al., 2004; Wang and Peverly, 1999).

نتیجه‌گیری نهایی

کاهش شدیدتر نرخ رشد نسبی سطح برگی و کاهش کمتر نرخ رشد نسبی، بیانگر مقاومت ریشه گیاه و در نتیجه بردباری گیاه قاصدک به کادمیوم می‌باشد. همچنین تجمع کادمیوم در اندام هوایی و یا داشتن TF>1 یکی از ویژگی‌های انباشته‌گری کادمیوم می‌باشد و از آنجایی که مقاومت گیاه به کادمیوم تا پایان تیمار کاملاً مشهود بود، می توان این گیاه را به عنوان یک انباشته‌گر کادمیوم معرفی کرد.

منابع

قاسمی، ز.، و شهابی، ع. (۱۳۸۹). تاثیر کادمیوم بر شاخص‌های فیزیولوژیک، صفات رویشی و عناصر غذایی در گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) در کشت بدون خاک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای، سال اول شماره دوم. صفحه ٥٥-٦٥.

Abrahamson, S.L., Speiser, D.M. and Ow, D.W. (1992). Agel electrophoresis assay for phttochelations. Annals. Biochem. 20: 239-243.

Amal, A., Mohamed, H., El-Beltagi, S. and Rashed, M. (2009). Cadmium stress Induced change in somr hydrolytic enzymes, free radical formation and ultra structural disorder radish plant. ISSN: 1579-4377.

Bohanno, G., and Giudice, R.L.O. (2010). Heavy metal bioaccumulation by the organs of *phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. Ecological Indicators-10:639-645.

Bradford, M.M. (1976). A. rapid and sensitive method for quatitation, 2 microgram quantitics of protein utilizing the principle of protein – day binding. Annal. Biochem. 72: 248-254.

Chrispeels, M.J. and Maurel, C. (1994). Aquaporins: The moleculor basis of facilitaed water movement through living plant cells? Plant Physiol. 105: 9-13.

Cobbet, C. (2000). Phytochelatins and their roles in heavy metal detoxification. Plant Physiol. 123:825-83.

Evans, J.R. (1996). Developmental constraints on photosynthesis: effects of light and nutrition. In 'photosynthesis and the environment''. (EdNR Baker) pp. 281-304. (Kluwer , Dovdrech).

Fujita, M. (1985). The presence of two cadmium binding composition in the roots of water hyacinth cultivated in a Cd- containing medium. Plant Cell Physiol 26:295-300.

Ghorbanli, M., Kaveh, S.H. and FarzamiSepehr, M. (1999). Effects of cadmium and *gibberellins* on growth and photosynthesis of *Glycin max*. Photosynthetica 37(4): 627-631.

Gussarsson, M. (1994). Cadmium – induced alterations in nutrient composition and growth of *Betula pendula*: the significance of fine roots as a primary target for cadmium toxicity. J Plant Nutr. 17: 2151- 2163.

Haghiri, F. (1973). Cadmium uptake by plants. J. Environ. Qual. 2: 93-96.

Hunt, R. (1990). Basic growth analysis: Plant growth analysis for beginners, London, UK.

Hunts, R. and Cornelissen, J.H.C. (1997). Components of relative growth rate and their inter relation in 59 temperate plant species. New Phytologist. 3: 395-417.

Inouhe, M., Ninomiya, S., Tohoyama, H., Yoho, M., Murayama, T. (1994). Different characteristics of roots in the cadmium- tolerance and Cd- binding complex formation between mono- and dicotyledonous plants . J. Plant Res. 107: 201-207.

Archive of SID

www.SID.ir

Jonak, C., Nakagamy, H. and Hirt, **H. (2004).** Heavy metal stress activation of distinct mitogen-activated protein kinase pathways by copper and cadmium. Plant Physiology. 136:3276-3283.

Kramer, U. (2005). Phytoremediation: novel approaches tocleaning up polluted soils. *Curr. Opin. Biotech*, 16:133-141.

Kasai, M., Sasaki, M., Yamamoto, Y. Maeshima, M. and Matsumoto, H. (1994). Possible involvement of abscisic acid in induction of the two vacuolar H^+-pump activities in barley roots under aluminum stress. 5th International Symposium on Genetics and Molecular Biology of plant Nutrition. Davis California, 118.

Ludevid, D., Hote, H., Himelblau, E. and Chrispeels, M.J. (1992). The expression pattern of the tonoplast intrinsic protein Y-TIP in *Arabidopsis thaliana* is correlated with cell enlargement. Plant Physiol.100: 1633-1639.

Montero, E., Cobot, C., Barcelo, Z., poschenrider, C. (1998). Relative importance of osmotic stress and ion-specific effects of ABA – mediated inhibition of leaf expansion grow in *Phaseolus valgaris*. Plant cell Environ.21: 54-62.13-

Moreno–Caselles, J., R. Moral, A. Perez–Espinosa and M. D. Perez–Murcia. (2000). Cadmium accumulation and distribution in cucumber plant. Plant Nutr. 23(2): 243-250

Moral, R., I. Gomez, J. N. Pedreno and J. Mataix. **(1996).** Effects of cadmium on nutrient distribution, yield, and growth of tomato grown in soiless culture. Plant Nutr. 17: 953-962.

Narwal , R., Mahendra P, and Singh, M. (1993). Effect of cadmium and zinc application on quality of maize.Ind. J. Plant Physiol. 36: 170-173.

Paul, R., Forstner, E. (1981). Effects du cadmium sur la transpiration du plants. Bull Rech. Agron. Gembloux. 16: 371-378.

Penge, K., C. Luo, W. You, C. Lian, X. Li and Z. Shen. **(2008).** Manganese uptake and interactions with cadmium in the hyperaccumulator-*Phytolacca Americana* L. J. Hazardous Materials 154: 674-681.

Prasad, MNN (1997). Trace metals: In: MNV Prasad (Ed) plant Eco-physiology. Wiley, New York, pp: 207-249.

Rai, V., S. Khatoon, S. S. Bisht and S. Mehrotra. (2005). Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf and secondary metabolites of *phylanthus amarus* schum and thonn. Biochem. 61(11): 1644-1650.

Ramos, I., Esteban, E., Lucena J.J., and Garate, A. (2002). Cadmium uptake and subcellular distribution in plants of *Lactuca* sp. Cd-Mn interaction. Plant Sci. 162: 761-767

Reeves, R.D., Baker A.J.M. (2000). Metal-accumulating plants. In: phytoremediation of Toxic Metals: Using Plant to Clean Up the Environment (Raskin I., ed.). John Wiley & Sons, Inc. 193-229.

Reynolds, Ch.E., Houle, G., Marquis, Ch. (2001). Light and salinity affect growth of the salt marsh plant *Aster laurentianus.* New Phytologist. 149:441-448.

Schutz, K., Carle, R., and Schicber, A. (2006). Taraxacum-A review on its phytochemical and pharmacological profile. Journal of Ethno pharmacology 107:313-323

Sims, D.A., Gebaure, RLE, Pearcy, R.W. (1994). Scaling sun an shade photosynthetic acclimiation of *Alocasio macrorrhza* to whole – plant performance. I I. Simulation of carbon balance and growth at different photon flux densiteis. Plant. Cell and Environment 17: 889-900.

Vassilev, A. and Yordanov, I. (1997). Reductive analysis of factors limiting.growth of cadmium–treated plants: Areview. Plant Physiol. 23(3-4): 114-133

Wang, T., and Peverly. J.H. (1999); Oxidation states on root surfaces of a wetland plant P*hragmites australis* Soil Sci. Soc. Am. J. 63:247-252.

Wei, Sh., Zhoy, Q., Saha, U.K., Xrao, H., Hu, Y., Ren, L. and Ping, G. (2009).Identification of a Cd accumulator conyza Canadensis journal of Hazardous materials 163:32-35 .

Wei, Sh., Zhoy, Q. and Mathews, Sh. (2008). A newly found cadmium accumulator-Taraxcum mongolicum. J. Hazard. Mater. 159,544–547.

Yang, X., Baligar, V.C., Martens D.C., and Clark R.B. (1996). Cadmium effects on influx and transport of mineral nutrition in plant species. Plant Nutrition. 19: 643-656.

Young, D.R. (1975). Effects of the spectral composition of light sources on the growth of higher plant. In: Bainbridge , R. Evans G.D., Rackham, O. eds . light as an ecological factors , 6th symposium of the British Ecological society. Oxford , uk : Blackwell scienlific publications. 135-159.

Archive of SID

www.SID.ir