اثرات بر هم کنش کادمیم و ژیبرلین بر رشد، مقدار پروتئین وغلظت پتاسیم گیاه پیاز خوراکی *Allium cepa L.*

• **مه لقا قربانلی و• احمد مجد**، اعضا هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال
• **سکینه سعیدی‌سار**، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال

تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۸۰ تاریخ پذیرش: مردادماه ۱۳۸۲

www.SID.ir

چکیده

در این تحقیق اثرات اصلی کادمیم ($Cd(NO_3)_2 , 4H_2O$) و بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین (GA_3) بر رشد ریشه و بخش هوایی، پروتئین و غلظت پتاسیم در گیاهان پیاز خوراکی *Allium cepa* L. cv. Red Azarshahr بررسی شده است. گیاهان به مدت ۱۰ روز در محلول غذائی هوگلند دارای غلظتهای مختلف Cd^{2+} (۰ و ۰/۴ میلی مولار) و GA_3 (۰ و ۰/۰۳ میلی مولار) رشد یافته‌اند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که با افزایش غلظت کادمیم در محلول غذائی، به طور معنی‌دار ($p<0/01$) رشد ریشه و بخش هوائی، محتوای پروتئین بخش هوائی و غلظت پتاسیم کاهش یافت. افزودن ژیبرلین به طور معنی‌دار اثرات سمی کادمیم را بر پیاز خوراکی کاهش داد.

کلمات کلیدی: کادمیوم، ژیبرلین، پیاز خوراکی، پروتئین، پتاسیم.

Pajouhesh & Sazandegi No: 59 pp: 43-48

The interactive effects of cadmium and gibberellin on growth, protein content and potassium concentration in onion (*Allium cepa* L.) plant

by: M. Ghorbanli and Majd.A ,Members or Scientific Board of Azad Islamic University-NorTh Tehran, Iran.
Saeidi Sar S. M.S.C Student of Azad Islamic University-North Tehran Iran.

In this investigation, the main effects of cadmium (Cd(NO 3) 2 , 4H 2 O) and interaction of cadmium and gibberellin (GA 3) on root and shoot growth, proteins and potassium concentration in onion (Allium cepa L. cv. Red Azarshahr) plants were studied. Plants were grown for 10 days in Hoagland nutrient solution containing variable Cd 2+ concentrations (0, 0.1, 0.2, 0.4 mM) and GA 3 (0, 0.03 mM). The ANOVA results showed that, with increasing cadmium concentration in nutrient solution, significantly ($p<0.01$) root and shoot growth, protein content of shoot and potassium concentration decreased. The addition of gibberellin significantly reduced the toxic effects of cadmium on onion.

Keywords: Cadmium. Gibberellin, Onion. Protein, Potassium.

مقدمه

یکی از مهمترین مشکلات جوامع بشری آلودگی محیط زیست، به ویژه آلودگی با فلزات سنگین می‌باشد. در بین فلزات سنگین کادمیم (Cd^{2+}) یکی از سمی‌ترین آلاینده‌های هوا، آب و خاک است (۵) . این عنصر سمی در خاک قدرت حرکت بالایی دارد و می‌تواند تغییراتی را در اکوسیستم‌ها ایجاد کند و سلامتی انسان را به خطر اندازد (۱۷) .

کادمیم نقش فیزیولوژیکی شناخته شده‌ای در گیاهان ندارد (۸) . در حالی که به آسانی به وسیله ریشه بسیاری از گیاهان جذب و به برگها انتقال می‌یابد (۴) .

یکی از اثرات اولیه غلظتهای سمی [illegible] بر گیاهان کاهش رشد می‌باشد (۴) . به ویژه در اندامهایی مانند ریشه‌ها که اولین برخورد مستقیم را با مواد زیان‌آور در خاکهای آلوده دارند، تغییرات بسیار سریع در ویژگیهای رشدی آنها مشاهده می‌شود (۱۰) .

کاهش رشد ریشه در گیاهان *Allium cepa* در حضور فلزات سنگین بوسیله Barecelo در ۱۹۹۰ (۳) و بوسیله [illegible] در سال ۱۹۹۷ (۶) گزارش شده است.

کادمیم، احتمالاً بوسیله تولید رادیکال‌های آزاد و اشکال مختلف اکسیژن فعال موجب تنش اکسیداتیو می‌شود (۱۰) . این رادیکالهای آزاد و اشکال مختلف اکسیژن فعال با لیپیدها، پروتئین‌ها، رنگیزه‌ها و اسیدهای نوکلئیک ترکیب می‌شود و سبب پراکسیداسیون لیپیدها، آسیب‌های غشایی و غیر فعال‌سازی آنزیم‌ها می‌شوند (۵) .

بدین ترتیب یکی از تظاهرات گیاهان تحت تیمار کادمیم، تغییرات مقدار پروتئین‌ها می‌باشد (۴) . تغییرات مقدار پروتئین‌ها در بخش هوایی گیاهان سویا تحت تیمار کادمیم توسط حداد کاوه و قربانلی در ۱۳۷۱ (۱) گزارش شده است.

تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و در نتیجه از هم پاشیدگی غشاهای سلولی می‌شود (۲۰) . این امر نشت پتاسیم را از سلول به دنبال خواهد داشت (۱۳) .

بنابراین در تحقیق حاضر علاوه بر بررسی برخی اثرات سوء کادمیم بر گیاه *Allium cepa L.* به مطالعهٔ تأثیر بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین و امکان استفاده از ژیبرلین جهت کاهش اثرات سوء کادمیم بر گیاه *A. cepa* نیز پرداخته شده است.

مواد و روشها

الف - مواد گیاهی و شرایط کشت

بذرهای سالم پیاز خوراکی *Allium cepa* L. cv. Red Azarshahr انتخاب و با کمک هیپوکلریت سدیم ۱٪ سترون و با آب جاری و سپس با آب مقطر شستشو شدند.

جوانه‌زنی بذرها در داخل ژرمیناتور بر روی کاغذ صافی مرطوب درون ظروف پتری با طول روز ۱۶ ساعت با مقدار نور ۷۵ میکرو مول فوتون / متر مربع / ثانیه، تناوب دمایی ۱۶ درجه سانتیگراد: ۲۰ درجه سانتیگراد (شب : روز) و رطوبت نسبی ۶۰٪ به مدت ۵ روز صورت گرفت. سپس دانه رستها به محلول غذایی استریل هوگلند (۱۱) انتقال یافتند. پس از دو روز دانه رستها به محلولهای غذایی جدید دارای غلظتهای مختلف از کادمیم و ژیبرلین منتقل شدند. کادمیم به صورت $4H_2O$ و $Cd(No_3)_2$ و در غلظتهای ۰ و ۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۴ میلی مولار و GA3 در غلظتهای ۰ و ۰/۰۳ میلی مولار اضافه گردید. pH محلولهای غذایی در ۶/۳ تنظیم شد و گیاهان در داخل ژرمیناتور (طول روز ۱۶ ساعت با مقدار نور ۷۵ میکرو مول فوتون / متر مربع / ثانیه، تناوب دمایی ۱۶ درجه سانتیگراد : ۲۰ درجه سانتیگراد (شب: روز) و رطوبت نسبی ۶۰٪) رشد یافتند. در طول دوره رشد، ۲ بار تعویض محلولهای غذایی صورت گرفت .

ب ـ اندازه‌گیری رشد گیاه

پس از سپری شدن دوره تیمار وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاهان به طور جداگانه بدست آمد و عمل خشک کردن نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت صورت گرفت و وزن خشک نمونه با دقت ۰/۰۰۰۱ بدست آمد.

ج ـ اندازه‌گیری محتوای پروتئین

عمل عصاره‌گیری با کمک بافر تریس HCl صورت گرفت و سپس اندازه‌گیری مقدار پروتئین کل به روش Lowry انجام شد (۱۲).

ـ اندازه‌گیری مقدار کادمیم و پتاسیم

عمل عصاره‌گیری و هضم با کمک مخلوط اسیدی $HNO_3:HCl$ (V/V) ۹:۱ صورت گرفت و اندازه‌گیری غلظت پتاسیم بوسیله فلیم فتومتر و غلظت کادمیم بوسیله اسپکتروفتومتری جذب اتمی با روش Slavin انجام شد(۱۹).

هـ ـ تجزیه و تحلیل آماری

آزمایشها به صورت یک طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل و با دو فاکتور کادمیم در چهار سطح و ژیبرلین در دو سطح با سه تکرار انجام شد، نتایج آزمایشها با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در صورت معنی‌دار بودن بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین، میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند.

نتایج

الف ـ رشد گیاه

وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در گیاهان تحت تیمار به طور معنی‌دار ($p>0/01$) با افزایش غلظت کادمیم در محلول غذایی کاهش یافت. بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین بر رشد معنی‌دار شده است ($p>0/01$) به طوری که وزن تر و وزن خشک ریشه در تیمار ۰/۴mM

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ـ اثرات کادمیم و ژیبرلین بر غلظت کادمیم کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک)

۰/۰۳	۰	ژیبرلین/کادمیم
۰/۰۰۸±۰/۰۰۴d	۰/۰۰۶±۰/۰۰۲d	۰
۰/۰۶۲±۰/۰۰۸d	۲/۱۳۴±۰/۱۶۰b	۰/۱
۰/۷۲۴±۰/۱۱۱c	۲/۶۴۱±۰/۱۲۱b	۰/۲
۰/۸۰۱±۰/۳۵۱c	۴/۷۷۳±۰/۱۳۳a	۰/۴

Cdx GA	GA	Cd	
**	**	**	سطح معنی داری

مقادیر موجود در جدول خطای استاندارد ± میانگین می‌باشد آزمایشها در سه تکرار انجام شده است (n=3) گروه‌بندی میانگین‌ها با توجه به معنی‌دار بودن بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین در سطح ۱٪ صورت گرفته است. حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ندارند (غلظت ژیبرلین و کادمیم براساس میلی مولار است).

**: $p<۰/۰۱$

کادمیم به ترتیب ۷۵٪ و ۸۵٪ نسبت به شاهد کاهش یافته در حالی که در تیمار ۰/۴mM کادمیم که دارای ۰/۰۳ mM ژیبرلین نیز بود، این کاهش به ترتیب ۵۰٪ و ۷۰٪ شده است. وزن تر و وزن خشک هوایی در تیمار ۰/۴mM کادمیم به ترتیب ۵۲٪ و ۶۲٪ نسبت به شاهد کاهش نشان داده است. در حالی که در تیمار ۰/۴mM کادمیم که دارای ژیبرلین بود این کاهش به ترتیب به ۲۱/۴٪ و ۲۲٪ بوده است (اشکال ۱ تا ۴).

ب - مقدار پروتئین‌ها

به تدریج با بالا رفتن غلظت کادمیم در محلول غذایی در تیمارهای بدون ژیبرلین از مقدار پروتئین کل در بخش هوایی گیاه به طور معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) کاسته شده است. به طوری که در تیمار ۰/۴mM کادمیم مقدار پروتئین در بخش هوایی ۲۵٪ کاهش نسبت به شاهد نشان داد. در حالی که بر هم کنش متقابل ژیبرلین و کادمیم نیز بر مقدار پروتئین‌ها معنی‌دار شده است ($p<۰/۰۱$) و حتی در تیمار ۰/۴ میلی مولار کادمیم که دارای ۰/۰۳ میلی مولار ژیبرلین هم بود، ۰/۱۴ افزایش در مقدار پروتئین‌ها نسبت به شاهد مشاهده شده است (شکل ۵).

ج ـ مقدار کادمیم و پتاسیم

با افزایش مصرف کادمیم در محلول غذایی، افزایش غلظت کادمیم در گیاه به طور معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) دیده شده است. بالاترین غلظت کادمیم در گیاهان پیاز در تیمار ۰/۴ mm کادمیم مشاهده شده است (جدول ۱). در حالی که بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین در غلظت کادمیم کل نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. با افزایش غلظت کادمیم به طور معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) هم در بخش ریشه و هم در بخش هوایی از غلظت پتاسیم کاسته شده است. در تیمار ۰/۴ میلی مولار کادمیم، غلظت پتاسیم در ریشه ۶۹٪ و در اندام هوایی ۲۱/۷٪ نسبت به شاهد کاهش یافته است.

برهم‌کنش متقابل ژیبرلین و کادمیم فقط بر ریشه معنی‌دار شده است بنابراین کاهش غلظت پتاسیم در ریشه گیاهان تحت تیمار ۰/۴mM کادمیم و ۰/۳mM ژیبرلین نسبت به شاهد ۲۵/۳٪ بود ولی بر هم کنش متقابل ژیبرلین و کادمیم بر غلظت پتاسیم بخش هوایی معنی‌دار نشده است و غلظت پتاسیم بخش هوایی نسبت به‌شاهد در همین تیمار ۳۲ درصد کاهش نشان داد که نسبت به تیمار ۰/۴mM کادمیم فاقد ژیبرلین این کاهش بیشتر بود (جداول ۲ و ۳).

بحث

نتایج کلی به دست آمده در این بررسی نشان دهنده اثرات سوء کادمیم بر رشد، مقدار پروتئین، غلظت پتاسیم در گیاه پیاز بود. کادمیم با دخالت در واکنش‌های متابولیسم تنفس و متابولیسم نیتروژن باعث کاهش تولید بیوماس در گیاهان و در رشد می‌شود (۱۸). از طرف دیگر تحت القای کادمیم مقدار آب سلول و الاستیسیته دیواره سلول کاهش یافته که موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (۲). بر اساس نظر Ouzounidou، یکی از علل مهار رشد در گیاهان تحت تیمار کادمیم کاهش جذب عناصر غذایی ضروری همانند: K، Ca، Mg، Fe توسط القای کادمیم می‌باشد (۱۶). اثر بازدارندگی کادمیم بر رشد ریشه پیاز بیشتر از اندامهای هوایی می‌باشد، که این مشاهدات با نتایج Barcelo در سال ۱۹۹۰ (۳) مطابقت دارد. این محقق، مهار رشد ریشه را در *Allium cepa* به دلیل اتصال فلز سنگین به اسیدهای نوکلئیک و در نتیجه به مهار سیتوکینین‌ها نسبت داده است (۳).

Fiskesjo، علت کاهش رشد ریشه را در *A. cepa* به حساسیت بسیار بالای مریستم رأس ریشه و تقسیم سلولی نسبت به یونهای فلزی سنگین عنوان کرد (۶). اما مهمترین علت کاهش رشد در گیاهان تحت تیمار کادمیم ناشی از آسیب‌های اکسیداتیو به لیپیدهای غشایی، پروتئین‌ها، پیگمان‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌باشد، که در نهایت حتی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- اثرات کادمیم و ژیبرلین بر غلظت پتاسیم ریشه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)

ژیبرلین/ کادمیم	۰	۰/۰۳
۰	۴۱/۸۵۴±۱/۸۹۰a	۴۵/۱۸۵±۲/۵۵۳a
۰/۱	۲۱/۴۱۵±۱/۰۴۳c	۳۹/۰۷۷±۱/۰۷۴ab
۰/۲	۲۹/۸۴۳±۲/۲۳۵c	۳۲/۹۶۸±۱/۰۰۸bc
۰/۴	۱۲/۴۶۷±۱/۰۶۵e	۱۹/۶۲۵±۰/۵۲۱d

	Cd	GA	Cd× GA
سطح معنی داری	**	**	**

مقادیر موجود در جدول خطای استاندارد ± میانگین می‌باشد آزمایشها در سه تکرار انجام شده است (n=3) گروه‌بندی میانگین‌ها با توجه به معنی‌دار بودن بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین در سطح ۱٪ صورت گرفته است. حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ندارند. (غلظت ژیبرلین و کادمیم براساس میلی مولار است).

**: $p<0/01$

می‌توانـد به مـرگ گیاه نیز منتهی شـود (۹). کاهـش معنی‌دار پروتئین‌هـا در گیاهـان پیـاز، تحـت القـای کادمیم که بـا نتایج حـداد کاوه و قربانلی در سـال ۱۳۷۱ (۱) و Costa در سال ۱۹۹۷ (۴) و Mohan در سـال ۱۹۹۸ (۱۴) منطبق است می‌توانـد به دلیل تجزیه زیسـتی پروتئین‌ها در نتیجه آسیب ناشی اکسـیداتیو در حضـور کادمیم باشـد که با تجزیه اسـیدهای آمینه کاهش کلی در رشـد گیاه نیز دیده می‌شـود (۴).

یکی دیگر از نشـانه‌های آسـیب اکسـیداتیو تحت القـای کادمیم کاهـش معنی‌دار غلظـت پتاسـیم در اندامهای هوایی و ریشـه گیاهان پیاز می‌باشـد. پراکسیداسـیون لیپیدهای غشـایی و اختلال در تمامیت غشـاها (۱۳)، کاهش کلی انرژی (ATP) مورد نیاز برای پمپ یونی، بر هم کنش متقابل یون فلزی با سـطح سـلول از طریـق اتصال فلز با گروههای سـولفیدریل سبب نشت پتاسـیم از ریشه می‌شود. (۳، ۱۶).

البته کاهش مقدار پتاسـیم الزاماً در ارتباط با آسیب‌های غشایی نیست و احتمالاً بوسـیله جانشین شدن فلز سنگین در کانالهای یونی ویژه انتقال پتاسـیم نیز صورت می‌گیرد (۱۵).

بـر هـم کنـش ژیبرلیـن و کادمیم بـر وزن تر و خشـک ریشـه و اندام هوایـی، مقدار پروتئیـن، غلظت پتاسـیم هوایی معنی‌دار شـده اسـت (**p<۰/۰۱**). در حضـور ژیبرلین افزایش مقدار پروتئین و پتاسـیم و بهبود در رشـد، بویژه در اندامهای هوایی مشـاهده شـده اسـت که با نتایـج Ghorbanli و همکارانـش در ۱۹۹۹ انطبـاق دارد (۷) . احتمـالاً ژیبرلیـن با کاسـتن از آسیبهای اکسـیداتیو ناشـی از کادمیم موجب تقلیل اثـرات سـمی کادمیم بـر رشـد، محتـوای پروتئینـی و جذب عناصـر ضـروری گیاه *Allium cepa* شـده اسـت. البتـه در مـورد پتانسیم اثـر احتمالـی ژیبرلیـن در کاهـش

جدول ۳- اثرات کادمیم و ژیبرلین بر غلظت پتاسیم اندام هوایی (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)

ژیبرلین/ کادمیم	۰	۰/۰۳
۰	۴۶/۷۷۹ ± ۲/۵۶۰	۴۰/۲۷۷ ± ۳/۰۶۰
۰/۱	۴۳/۱۰۶ ± ۰/۵۵۷	۹۴/۴۵ ± ۳/۷۰۰
۰/۲	۴۳/۲۲۲ ± ۱/۸۸۶	۳۵/۴۰۷ ± ۰/۹۹۷
۰/۴	۳۶/۴۸۸ ± ۱/۷۱۹	۳۱/۹۱۲ ± ۲/۸۱۳

	GA	CD
سطح معنی‌داری	**	**

مقادیر موجود در جدول خطای استاندارد ± میانگین می‌باشد آزمایشها در سه تکرار انجام شده است (n=3) گروه‌بندی میانگین‌ها با توجه به معنی‌دار بودن بر هم کنش متقابل کادمیم و ژیبرلین در سطح ۱٪ صورت گرفته است. حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ندارند. (غلظت ژیبرلین و کادمیم براساس میلی مولار است).

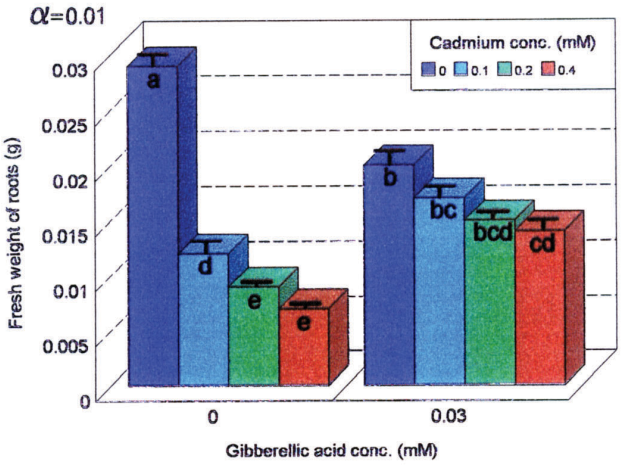
**: $p<0/01$ ns: $p>0/05$ *: $0/01<p<0/05$

Archive of SID
www.SID.ir

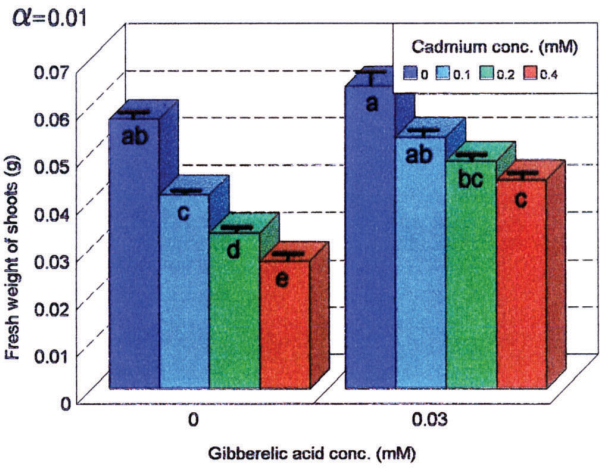
اثرات سمی کادمیم گزارشی موجود نیست و نیاز به تحقیق و بررسیهای دیگر دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب سپاس و تشکر خود را از کلیه عزیزانی که به هر نحو در اجرای این تحقیق همکاری داشته‌اند بویژه آقای دکتر زمانی زاده ریاست مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه علوم و تحقیقات، آقای دکتر معتمد ریاست دانشکده علوم و فنون دریایی، آقایان مهندس سعیدی و مهندس رضایی و خانم‌ها سانقی و فرزامی اعلان می‌نمایم.



شکل ۱ـ اثرات کادمیم و ژیبرلین بر وزن تر ریشه



شکل ۲ـ اثرات کادمیم و ژیبرلین بر وزن تر اندام هوایی

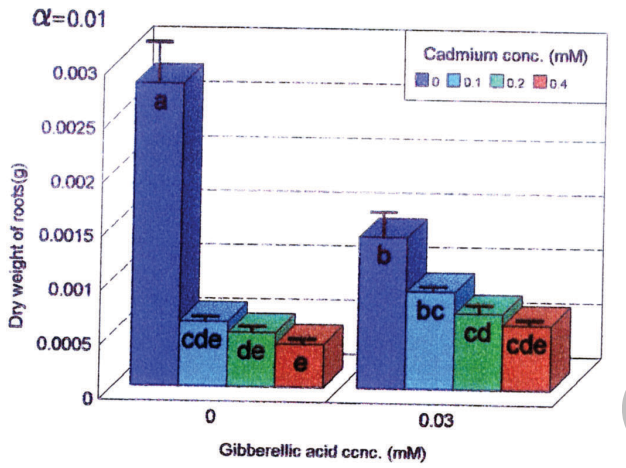
منابع مورد استفاده

۱- حداد کاوه شیرین. ۱۳۷۱. اثر کادمیم و ژیبرلین بر پروتئین و برخی از پدیده‌های فیزیولوژیکی در گیاه سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران.

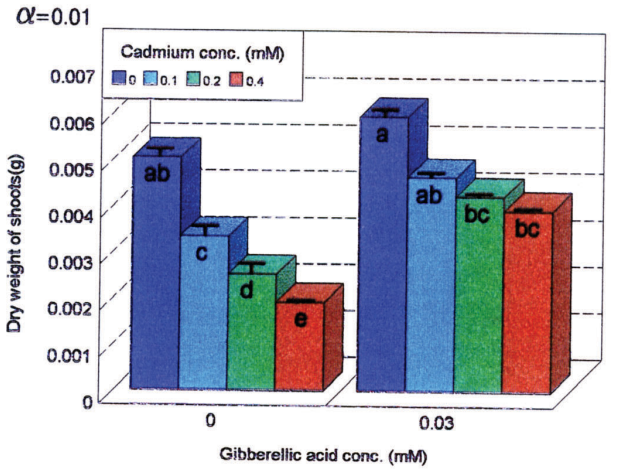
2-Baker A.J.M and Brooks RR. 1989; Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery (1), 81-126.

3- Barcelo J, Poschenrieder Ch. 1990; Plant water relations as affected by heavy metal stress. Journal of plant Nutrition 13(1), 1-37.

4- Costa G, Spitz E .1997; Influence of cadmium on soluble

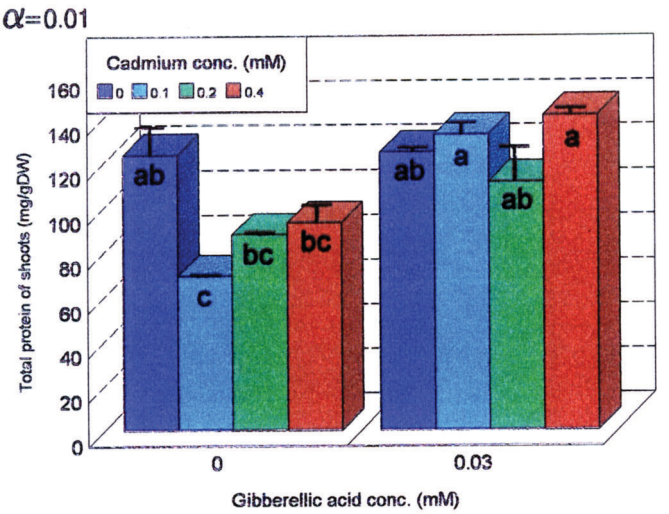


شکل ۳ـ اثرات کادمیم و ژیبرلین بر وزن خشک ریشه



شکل ۴ـ اثرات کادمیم و ژیبرلین بر وزن خشک اندام هوایی

www.SID.ir



شکل ۵ـ اثرات کادمیم و ژیبرلین بر مقدار پروتئین کل اندام هوائی

Environmental-Pollution (2), 233- 236.

15-Murphy A, Taiz L.1997; Correlation between potassium efflux and copper sensitivity in to Arabidopsis ecotypes. New Phytol (136), 211 -222.

16- Ouzounidou G, Moustakas M, Eleftheriou EP .1997; Physiological and ultrastractural effects of cadmium on wheat leaves. Arch Environ Contan Toxicol (35), 154 - 160.

17- Perronnet K, Schwartz C .2000; Availability of cadmium and zinc accumulated in the leaves of *Thlaspi caerulescens* in corporated into soil. Plant and Soil (227), 257 – 263.

18-Sanita di Toppil, Gabbrielli R .1999; Response to cadmium in higher plants. Environmental and Experimental Botany (41), 105 -130

19-Slavin W .1988. Atomic absorption spectrometry, in methods in Enzymology. Eddited by James F, Riordan and Bertl. Vallee. (185), 117 -145.

20- Vangronsveld J, Clijsters H .1994; Toxic effects of metals. In: Farago ME, ed. Plants and the chemical elements, biochemistry, uptake, tolerance and toxicity, Weinheim, Germany: VCH verlagsgesellschaft, 150 - 177.

carbohydrates, free amino acids, protein content of in vitro cultured Lupinus albus. plant Sci (128), 131-140.

5- Dixit V. Pandey V. Shyam R: 2001; Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea. Journal of Experimental Botany, Vol. 52(358), 1101-1109.

6- Fiskesjo G .1997; Allium test for screening chemicals, evaluation of cytological parameters. In Wang W, Gorsuch JW. Hughes JS (eds) plants for environmental studies. Lewis, Boca, Raton, 307-333.

7- Ghorbanli M. Kaveh S, Farzami S.M.1999; Effects of cadmium and gibberellin on growth and photosynthesis of Glycine max. Photosyntetica, 37(4), 627-631.

8- Hagemeyer J .1999; Ecophysiology of plant growth under heavy metal stress. In: Prasad M.V.U, Hagemeyer J. Heavy metals stress in plants. 157-181.

9-Hegedus A. Erdei S. Horvath G. 2001; Comparative studies of H2O2 detoxifying enzymes in green and greening barely seedling under cadmium stress. Plant Sci (160), 1085-1093.

10- Hendry G.A.F, Baker A.J.M, Ewart CF.1992; Cadmium tolerance and toxicity, oxygen radical processes and molecular damage in cadmium-tolerant and cadmium-sensitive clones of Holcus ianatus. Acta Botanica Neerlandica. (41), 27-281.

11- Hoagland D.R, Arnon D.I. 1957; California agriculture experiment station. Circular 347.

12- Lowry O.H, Rosebrough N.J, Farr A.L, Randall R.J .1951; Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Bid. Chem. (193), 265-275.

13- Mehta S.K, Gaur J.P .1999; Heavy-metal-induced proline accumulation and its role in ameliorating metal toxicity in *Cohlorella vulgaris*. New Phytol (143), 253-259.

14- Mohan BS.1998. Potential phytotoxicity of lead and cadmium to *lemna minor* grown in sewage stabilization ponds.

Archive of SID

www.SID.ir