

اثر کادمیوم و زئولیت بر صفات رشد شاهی (*Lepidium sativum* L.) و تربچه (*Raphanus sativus* L.)

Effect of Cadmium and Zeolite on Growth Characteristics of Cress (*Lepidium sativum* L.) and Radish (*Raphanus sativus* L.)

صاحبعلی بلندنظر^{۱*}، صمد خرسندی^۲ و محمد عدلی پور^۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۰۲

چکیده

به منظور بررسی اثر کادمیوم و زئولیت بر رشد رویشی دو سبزی شاهی و تربچه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. کادمیوم به عنوان فاکتور اول در پنج غلظت (صفر، پنج، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) از منبع سولفات کادمیوم و زئولیت (کلینوپتیلوئیت سبزوار) در دو سطح (صفر و یک درصد وزن خاک) به عنوان فاکتور دوم استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده مشاهده شد که غلظت‌های مختلف کادمیوم بر وزن تر و خشک و سطح برگ گیاه شاهی و وزن تر و خشک برگ و ریشه و طول و قطر ریشه گیاه تربچه مورد بررسی معنی دار است. در حالی که اثر زئولیت فقط در مورد سطح برگ و وزن تر گیاه شاهی معنی دار بود. در تیمار ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم وزن تر و خشک ریشه در تربچه به ترتیب ۳۸ و ۳۶ درصد کاهش یافت. حضور زئولیت در خاک موجب بهبود صفات رشدی گیاه شاهی شد اما در مورد گیاه تربچه این حالت مشاهده نشد. در تیمار ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم با افزودن زئولیت سطح برگ شاهی به ۲ برابر افزایش یافت. کادمیوم اثر منفی بر صفات رشدی هر دو گیاه داشت و کاربرد زئولیت اثرات منفی آن را در بعضی از صفات مورد بررسی کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: وزن خشک، کلینوپتیلوئیت، سطح برگ

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و کارشناس ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*: نویسنده مسئول Email: bolandnazar@tabrizu.ac.ir

مقدمه

فلزات سنگین از آلاینده‌های محیطی مهمی به‌شمار می‌آیند که در خاک وجود دارند و همچنین توسط فعالیت‌های بشری (معادن و کارخانجات) مقادیر این عناصر مضر در خاک‌های مناطق طبیعی و کشاورزی افزایش یافته است (دودکا و آدریانو^۱، 1997). این عناصر در ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان مشارکت دارند (لوئیس^۲ و همکاران، 1983؛ شادوکس^۳، 2004). کادمیوم با کاهش جمعیت میکروبی خاک جذب کاتیون‌ها توسط گیاهان را تغییر می‌دهد (بناویدس^۴ و همکاران، 2005). فرآیندهای مختلف گیاهی از قبیل باز و بسته شدن روزنه‌ها، تعرق و فتوسنتز (میشرا^۵ و همکاران، 2006)، جذب و انتقال و مورد استفاده قرار گرفتن عناصری همچون فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و نیتراژ تحت تأثیر کادمیوم قرار گرفته و کاهش می‌یابند (بناویدس و همکاران، 2005). اگر غلظت این عناصر در خاک افزایش یابد پس از جذب توسط گیاه باعث آسیب به پروتئین‌ها، غشاء سلولی و DNA می‌شوند (دوی^۶ و همکاران، 2005). با افزایش غلظت کادمیوم در خاک به دلیل افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در بخش‌های درون سلولی موجب افزایش تنش اکسیدی در گیاهان می‌شود. گزارش کردند با افزایش غلظت کادمیوم به بیش از ۱۰ میلی-گرم بر کیلوگرم خاک موجب کاهش رشد گیاهانی همچون گندم، کاهو و تربچه می‌شود (نوربخش، ۱۳۸۵). کادمیوم به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا شناخته شده است و به نظر می‌رسد در ایجاد انواع بیماری‌های قلبی و فشار خون دخالت دارد (واکس^۷، 2003).

استفاده از اصلاح‌کننده‌های شیمیایی و غیرشیمیایی در خاک یکی از راه‌های موثر در تثبیت فلزات سنگین می‌باشد. انتخاب اصلاح‌کننده‌ها وابسته به نوع آلاینده و خواص خاک می‌باشد و همچنین اصلاح‌کننده انتخاب شده نبایستی اثر تخریبی در بافت خاک و محیط زیست داشته باشد (اسکندر^۸، 2001). کانی‌های زئولیت نوعی از آلومینوسیلیکات‌های متخلخل با بار منفی هستند که دارای ساختار مولکولی تتراهیدرال بوده و توسط اتم‌های اکسیژن به هم متصل شده‌اند و به‌عنوان جاذب آلاینده‌های شیمیایی و فلزات (اکبر^۹ و

همکاران، 1999) به‌ویژه فلزات سنگین عمل می‌کنند (چولپکا و آدریانو^{۱۰}، 1996). همچنین طبیعت متخلخل این نوع کانی‌ها موجب افزایش سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) آنها شده است (سانی-تاپپی و گابریلی^{۱۱}، 1999).

گزارش کردند که زئولیت کلینوپتیلولیت و کمپوست روی خصوصیات خاک موثر می‌باشند (کاترینا و کریستوس^{۱۲}، 2002). همچنین گزارش شده که اضافه کردن زئولیت به خاک موجب افزایش جوانه‌زنی بذور اسفناج در مقایسه با شاهد شد (بورریسی^{۱۳} و همکاران، 1983 و 1984). در بین گیاهان مورد مطالعه در زمینه تجمع فلزات سنگین، تیره Brassicaceae بیشترین انباشت‌کننده‌ها را در خود جای داده است (پراساد^{۱۴}، 2005؛ شوران^{۱۵} و همکاران، 1990). اخیراً برای حذف آلاینده‌های محیطی و فلزات سنگین از گونه‌های متعلق به خانواده شببو استفاده شده است (چویی و فرجانی^{۱۶}، 2005). با توجه به بررسی منابع انجام شده ملاحظه گردید فلزات سنگین از جمله کادمیوم اثرات سویی در رشد گیاهان و به تبع آن در سلامتی انسان دارد. با توجه به این که زئولیت می‌تواند در تثبیت این عنصر سنگین موثر باشد بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان از اثرات مثبت این ماده در تعدیل اثرات منفی فلزات سنگین در خاک‌های آلوده در رشد گیاهان و به تبع آن در بهبود سلامتی انسان بهره برد. لذا در این آزمایش تأثیر آن را در جذب کادمیوم و اثرات آن‌ها بر صفات رشدی دو گیاه شاهی و تربچه مورد بررسی قرار دادیم.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشگاه تبریز به اجرا درآمد. خاک مورد نظر پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری از لحاظ آهک، مواد آلی، pH و EC مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۱ آمده است. در این بررسی از زئولیت کلینوپتیلولیت در دو سطح صفر و یک درصد وزن خاک و کادمیوم از منبع سولفات کادمیوم در پنج سطح (صفر، پنج، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مورد استفاده قرار گرفت. هر گلدان به‌صورت یک واحد آزمایشی با ۶ کیلوگرم خاک می‌باشد. بذر شاهی توده تبریز و تربچه رقم

10. Cholpecka and Aderiano
11. Sanitadi-Toppi and Gabbrielli
12. Ekaterina and Christos
13. Burriesci
14. Prasad
15. Sheoran
16. Chaoui and Ferjani

1. Dudka and Adriano
2. Luis
3. Shaddox
4. Benavides
5. Mishra
6. Davey
7. Waalkes
8. Iskandar
9. Akbar

۹۰ میلی گرم در لیتر کلرور کادمیوم سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی در گیاه گوجه‌فرنگی شده است (عشقی‌ملایری، ۱۳۸۳).

اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم بر سطح برگ شاهی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل کادمیوم و زئولیت نیز در سطح احتمال ۱٪ بر میزان سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). بدین صورت که تعداد برگ گیاه در محیط فاقد کادمیوم و زئولیت اختلاف معنی‌داری با محیط دارای زئولیت نداشت. اما با افزایش غلظت کادمیوم حضور زئولیت موثر واقع شد به طوری که در ۴۰ میلی‌گرم کادمیوم تعداد برگ از ۴ عدد در محیط فاقد زئولیت به ۸ عدد در خاک دارای زئولیت افزایش یافت (شکل ۲). گزارش شده که کلینوپتیلولیت موجب آزادسازی عناصری همچون K^+ و NH_4^+ می‌شود و موجب دسترسی راحت‌تر گیاه به این عناصر شده و افزایش رشد را به دنبال دارد (پولات^۴ و همکاران، ۲۰۰۴). زمانی که یون‌های فلزات سنگین توسط ریشه‌ها جذب می‌شوند به طرف اندام‌های هوایی گیاه منتقل شده و موجب بروز اختلال در سوخت و ساز می‌شوند و رشد اندام‌های هوایی را کاهش می‌دهند (فروسارد^۵، ۱۹۹۳).

چری بل^۱ در اوایل تیر ماه هم زمان در هر کدام از این گلدان‌های دارای زهکش کشت شدند پس از سبز شدن بذور و استقرار بوته به تعداد پنج بوته در هر گلدان تنک شدند. آبیاری گلدان‌ها قبل از اینکه سطح خاک به‌طور کامل خشک شود (معمولاً بعد از دو روز) صورت می‌گرفت. بعد از ۱/۵ ماه اقدام به برداشت هر دو گیاه شد و به‌منظور بررسی صفات رشدی آنها به آزمایشگاه منتقل شدند. قطر و طول ریشه‌های تربچه با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. وزن تر و وزن خشک نمونه‌ها توسط ترازوی حساس (۰/۰۱ میلی‌گرم) اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون تا رسیدن به وزن ثابت (۲۴ ساعت) خشک شدند. سطح برگ‌ها توسط دستگاه سطح سنج (مدل LI-3100 Area Meter) اندازه‌گیری شد. رنگ ریشه‌های گیاه تربچه به‌صورت مشاهده‌ای و با اعداد از ۱ تا ۵ به ترتیب برای قرمز پررنگ، قرمز رنگ، قرمز کم رنگ، قرمز مایل به صورتی و صورتی رنگ مشخص شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.16 تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام و نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

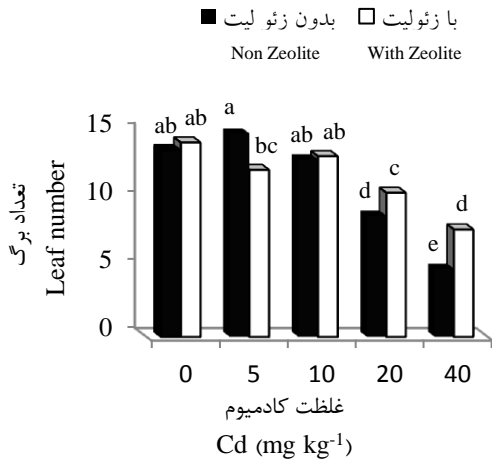
نتایج و بحث

شاهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زئولیت و هم‌چنین اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم و اثر متقابل بین کادمیوم و زئولیت در سطح احتمال یک درصد بر سطح برگ گیاه شاهی معنی‌دار است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح کادمیوم سطح برگ این گیاه کاهش یافته و کمترین سطح برگ در غلظت ۴۰ میلی‌گرم کادمیوم دیده شد. این درحالی است که در خاک فاقد کادمیوم حداکثر سطح برگ مشاهده شد. هم‌چنین حضور زئولیت در خاک دارای کادمیوم مفید واقع شد و موجب افزایش سطح برگ گیاه شاهی گردید (شکل ۱). گزارش شده که بین سطح برگ گیاه گوجه‌فرنگی با غلظت کادمیوم هم‌بستگی منفی وجود دارد (کویروگا و گوئررو^۲، ۲۰۰۰). در یک بررسی مشاهده شد که در اثر کاربرد ۹ تن در هکتار زئولیت سطح برگ گیاه کلزا از ۲/۳۶ به ۳/۸۶ سانتی‌متر مربع افزایش یافته است (غلامحسینی^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). هم‌چنین در تحقیقی مشاهده شد که غلظت‌های بالای

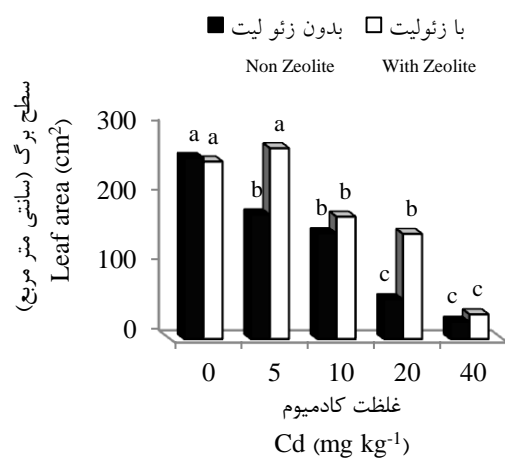
4. Polat
5. Frossard

1. Cherry Bell
2. Quiroga and Guerrero
3. Gholamhoseini



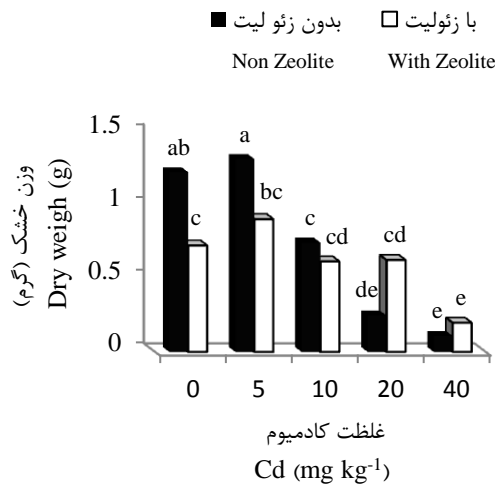
شکل ۲: اثر سطوح مختلف کادمیوم و زئولیت بر تعداد برگ گیاه شاهی

Fig. 2: The effect of Cd and Zeolite on leaf number of cress



شکل ۱: اثر سطوح مختلف کادمیوم و زئولیت بر سطح برگ گیاه شاهی

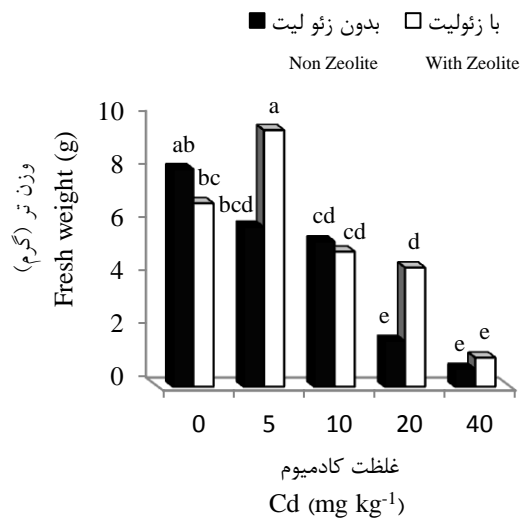
Fig. 1: The effect of Cd and Zeolite on leaf area of cress



شکل ۴: اثر سطوح مختلف کادمیوم و زئولیت بر وزن خشک گیاه شاهی

Fig. 4: The effect of Cd and Zeolite on dry weight of cress

اندامها از ۰/۲۵ گرم به بیش از ۰/۵ گرم رسید (شکل ۳ و ۴). سیتوکینین‌ها هورمون‌های رشدی هستند که موجب تکثیر سلولی و در نتیجه رشد گیاهان می‌شوند و با توجه به تحقیقات صورت گرفته گزارش کردند یکی از عواملی که می‌تواند موجب کاهش وزن اندام‌های گیاهان شود کاهش فعالیت هورمون سیتوکینین در حضور کادمیم می‌باشد (مک^۱، ۱۹۹۴). گزارش شده است که با افزایش غلظت نیترات کادمیم به ۳۰ میلی‌گرم در لیتر وزن خشک اندام‌های هوایی از ۳۰۰ به ۲۵۰ میلی‌گرم و وزن خشک اندام‌های ریشه از ۱۵۰ به ۱۱۰ میلی‌گرم در گیاه گوجه‌فرنگی کاهش یافته است (عشقی‌میری، ۱۳۸۳).



شکل ۳: اثر سطوح مختلف کادمیوم و زئولیت بر وزن تر گیاه شاهی

Fig. 3: The effect of Cd and Zeolite on fresh weight of cress

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کادمیم و نیز اثر متقابل کادمیم با زئولیت در سطح احتمال یک درصد روی وزن تر و خشک گیاه شاهی معنی‌دار است. همچنین وزن تر این گیاه تحت تأثیر زئولیت قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مشاهده شد حداکثر وزن تر و خشک در غلظت صفر و پنج میلی‌گرم کادمیم حاصل شده است اما اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی به تدریج با افزایش غلظت کادمیم وزن تر و خشک کاهش یافت و در ۴۰ میلی‌گرم به حداقل رسید. حضور زئولیت در محیط دارای ۲۰ میلی‌گرم کادمیم وزن تر گیاه را از ۱ گرم به ۴ گرم افزایش داد. همچنین در همین محیط وزن خشک

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها
Table 1: Physical and chemical properties of pot soil

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	کربنات کلسیم (درصد) CaCO ₃ (%)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	گل اشباع pH	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) EC (μs/cm)
15	20	65	7	1	7.8	715

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر کادمیم و زئولیت بر سطح برگ، تعداد برگ و وزن تر و خشک گیاه شاهی
Table 2: Variance analysis of the effect of Cd and Zeolite on leaf area, leaf number and fresh and dry weight of cress

وزن خشک Dry weight	وزن تر Fresh weight	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area	درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variance
0.9**	52.4**	63.7**	50141.12**	4	کادمیم Cd
0.09 ^{ns}	7.9*	3.8 ^{ns}	14112.3**	1	زئولیت Zeolite
0.1**	6.5**	6.9**	3345.4**	4	کادمیم × زئولیت Cd × Z
0.04	1.5	1.7	687.3	20	اشتباه آزمایشی Error

ns, *, **, indicating nonsignificant, significant differences at P≤0.05 and P≤0.01 respectively.

ترتیب

نتایج بررسی‌ها در مورد سطح برگ گیاه تربچه به این- صورت بود که غلظت‌های مختلف کادمیم به‌طور معنی‌داری این صفت را تحت تأثیر خود قرار داده است. این درحالی است که اثر زئولیت و نیز اثر متقابل زئولیت و کادمیم معنی‌دار نشد (جدول ۳). براساس جدول ۴ مشاهده شد که افزایش سطوح کادمیم سطح برگ را تحت تأثیر خود قرار داده و موجب کاهش آن شده است. به‌طوری‌که در محیط فاقد کادمیم حداکثر سطح برگ با میانگین ۴۹۹/۸۱ سانتی‌مترمربع و حداقل سطح برگ با میانگین ۳۰۵/۱۸ در خاک با ۴۰ میلی‌گرم کادمیم به‌دست آمد. مشابه با نتایج به‌دست آمده در این بررسی در تحقیقی گزارش شده است که در اثر افزایش غلظت کادمیم تا پنج میلی‌گرم در لیتر سطح برگ گیاه چغندر لبویی کاهش معنی‌داری نشان داده است (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹). هم‌چنین گزارش کردند که کاهش سطح برگ گیاهچه‌های گندم تیمار شده با کادمیم ممکن است به علت کاهش محتوی سیتوکینین باشد (واسلیو و یوردانو، ۱۹۹۷).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد که قطر و طول ریشه گیاه تربچه متأثر از سطوح مختلف کادمیم شده و به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بودند. این در حالی است که اثر متقابل بین کادمیم و زئولیت و نیز اثر زئولیت غیرمعنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد قطر و طول ریشه با افزایش سطوح کادمیم کاهش یافته و در حضور حداکثر غلظت آن (۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) کمترین اندازه قطر و طول ریشه به‌دست آمد و حداکثر اندازه قطر و طول ریشه در خاک فاقد کادمیم حاصل شد (جدول ۴). مشابه با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق اعلام شده که با افزایش غلظت کادمیم بیوماس و رشد ریشه گیاه لوبیا کاهش یافته است (بجریل^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). البته در تحقیق دیگری مشاهده شده که افزودن زئولیت به خاک سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی تا ۵۰ درصد در مقایسه با شاهد می‌شود (بورسی و همکاران، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۴). به‌طورکلی گزارش شده که افزایش جذب کادمیم توسط گیاه رشد اندام‌های ریشه را کاهش می‌دهد (ثوابی فیروزآبادی و ملکوتی، ۱۳۷۹).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر کادمیوم و زئولیت بر صفات مورد مطالعه در گیاه تربچه

Table 3: Variance analysis of the effect of Cd and Zeolite on radish traits

میانگین مربعات Mean squares										
منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	قطر ریشه (میلی متر) Root diameter (mm)	طول ریشه (میلی متر) Root length (mm)	سطح برگ (سانتی مترمربع) Leaf area (cm ²)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	رنگ ریشه Root color
کادمیوم Cd	4	18.4*	38.0**	37435**	1.4 ^{ns}	405.8**	71.8**	0.9**	0.5**	0.7*
زئولیت Zeolite (Z)	1	14.5 ^{ns}	5.4 ^{ns}	179.5 ^{ns}	8.5 ^{ns}	245.7 ^{ns}	2.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.1 ^{ns}
کادمیوم × زئولیت Cd × Z	4	7.2 ^{ns}	14.2 ^{ns}	16133 ^{ns}	3.4 ^{ns}	151.3 ^{ns}	30.0 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.05 ^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	20	4.8	9.1	9219.5	4.4	73.4	13.2	0.1	0.1	0.2

ns, *, **, indicating nonsignificant, significant differences at P≤0.05 and P≤0.01 respectively.

جدول ۴: تأثیر سطوح مختلف کادمیوم روی صفات مورد بررسی در گیاه تربچه

Table 4: The effect of cadmium on traits of radish

غلظت کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم) Cd (mg/kg)	قطر ریشه (میلی متر) Root diameter (mm)	طول ریشه (میلی متر) Root length (mm)	سطح برگ (سانتی مترمربع) Leaf area (cm ²)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	رنگ ریشه Root color
0	27.1a	33.7a	499.8a	9.2a	57.8a	20.1a	2.8a	2.0a	1.0c
5	27.0a	29.9b	478.5a	9.3a	53.2ab	18.1ab	2.5ab	1.8ab	1.3abc
10	26.0ab	29.9b	429.2a	9.4a	49.4ab	14.9bc	2.5ab	1.7ab	1.1bc
20	24.6ab	27.5b	376.2ab	9.0a	45.0bc	14.2bc	2.1bc	1.4bc	1.6ab
40	23.0b	27.6b	305.1b	9.2a	36.3c	11.2c	1.8c	1.2c	1.8a

حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد (آزمون چنددامنه ای دانکن)
Dissimilar letter in each column indicating significant differences at (P≤0.05) (Duncan multiple range test)

به نظر می رسد که دلیل متفاوت بودن نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج سایر محققین به علت غلظت کادمیوم تجمع یافته در برگ های گیاه تربچه باشد.

نتایج آزمایش در جدول ۳ نشان داد وزن تر و خشک برگ و ریشه به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح مختلف کادمیوم قرار گرفته است. این در حالی است که اثر متقابل زئولیت با کادمیوم و نیز اثر زئولیت در هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی دار نیست. حداکثر میانگین وزن تر برگ و ریشه در خاک فاقد کادمیوم به دست آمد که به ترتیب ۲۰/۱۱ و ۵۷/۸۳ میلی گرم بود. هم چنین بیشترین وزن خشک برگ و ریشه نیز

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تعداد برگ گیاه مورد آزمایش تحت تأثیر هیچ یک از عوامل مورد بررسی قرار نگرفته و غیرمعنی دار شده است (جدول ۳). اما در تحقیقی که بر روی گیاه چغندر لبویی صورت گرفت گزارش کردند که در اثر افزایش غلظت کادمیوم به پنج میلی گرم در لیتر، تعداد برگ در این گیاه کاهش یافت (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹). هم چنین گزارش شده در حضور کادمیوم، تعداد برگ در گیاه *Phaseolus mungo* کاهش نشان داده است (علی خان^۱، ۲۰۱۲).

1. Ali-Khan

همان طوری که در جدول ۳ مشاهده می شود رنگ ریشه متأثر از سطوح مختلف کادمیوم شده است. اما اثر زئولیت و اثر متقابل زئولیت با کادمیوم بر رنگ ریشه گیاه تریچه غیرمعنی دار بود. بر این اساس رنگ خوب و قابل قبول (قرمز رنگ) در خاک فاقد کادمیوم ملاحظه شد ولی در خاک با ۴۰ میلی گرم کادمیوم رنگ ریشه ها مطلوب نبود و از لحاظ کیفیت رنگ در سطح پایینی قرار داشتند (جدول ۴). مشابه با نتایج حاصل شده در این بررسی گزارش شده که کادمیوم موجب کلروز و نکروز اندام های هوایی لوبیا و پیاز خوراکی (هرناندز^۴ و همکاران، ۱۹۹۸؛ وسلوف و همکاران^۵، ۲۰۰۳) و نیز سبب کاهش کارتنوئیدها در گیاهان عالی می شود (رحمان^۶ و همکاران، ۲۰۱۱؛ شارما^۷ و همکاران، ۲۰۰۴).

در این محیط به دست آمد که میانگین آن ها به ترتیب ۲/۰۴ و ۲/۸۲ میلی گرم شد. حداقل وزن تر برگ و ریشه در خاک دارای بیشترین غلظت کادمیوم (۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) به دست آمد. همچنین در حضور این غلظت از کادمیوم حداقل وزن خشک برگ و ریشه نیز مشاهده شد. (جدول ۴). براساس تحقیقات مختلف گزارش شده که استفاده از زئولیت طبیعی در خاک وزن خشک گیاه دارویی بادرشی (*Dracocephalum moldavica* L.) را به طور معنی داری تحت تأثیر خود قرار داده است (قلی زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در یک بررسی دیگری گزارش شده است که در اثر افزودن کادمیوم به خاک وزن خشک گیاه گندم، جو و ذرت کاهش یافته است (عدیل / اغلو^۱، ۲۰۰۲). همچنین گزارش کردند که در حضور کادمیوم وزن خشک شاخه گیاه کاهو و اسفناج کاهش می یابد (استریت^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). براساس تحقیقات صورت گرفته مشاهده کردند که با افزایش غلظت کادمیوم به میزان دو تا پنج میلی گرم در لیتر، وزن تر سوخ در گیاه سیر کاهش یافته است (سایمون و ابرهارد^۳، ۲۰۰۰).

4. Hernandez
5. Veselov
6. Rehman
7. Sharma

1. Adiloglu
2. Street
3. Simonand Eberhard

منابع

- بهتاش، ف.، طباطبایی، س. ج.، ملکوتی، م. ج.، سرورالدین، م. ح. و اوستان، ش. ۱۳۸۹. اثر کادمیوم و سیلیسیوم بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژی چغندر لبویی. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲ (۱): ۶۷-۵۳.
- ثوابقی فیروزآبادی، غ. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. اثر روی و کادمیم بر غلظت عناصر و ترکیب شیمیایی دانه گندم. مجله علوم خاک و آب، ۱۲ (۹): ۶۶-۷۵.
- عشقی ملایری، ب. ۱۳۸۳. بررسی تفاوت اثرات نیترات و کلرور کادمیوم در رشد بوته‌ها و جذب و ذخیره‌سازی کادمیوم در ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی در محیط هیدروپونیک، مجله محیط‌شناسی، ۳۰ (۳۵): ۸۵-۸۸.
- قلی‌زاده، آ.، اصفهانی، م. و عزیزی، م. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.). مجله پژوهش‌سازندگی در منابع طبیعی، ۷۳: ۱۰۲-۹۶.
- نوربخش، ش. ۱۳۸۵. بررسی اثرات بافت و کادمیوم خاک بر روی رشد چند گیاه. خلاصه مقالات همایش، محیط زیست و توسعه پایدار در کرج، صفحه ۱۲۸.
- Adiloglu, A. 2002. The effect of Zinc application on uptake of Cadmium in some cereal species. Archives in Agronomy and Soil Science, 48: 553-556.
- Akbar, S., Khatoun, S., Shehnaz, R. and Hussain, T. 1999. Natural Zeolites: structures, classification, origin, occurrence and importance. Science International, 11: 73-78.
- Ali-Khan, M. A. 2012. Effects of cadmium on growth and metabolism of *Phaseolus mungo*. Journal of Environmental Biology, 33: 173-179.
- Becerril, F. R., Calantzis, C., Turnau, K., Caussanel, J. P., Belimov, A. A., Gianinazzi, S., Strasser, R. J. and Pearson, V. G. 2002. Cadmium accumulation and buffering of cadmium in dusted stress by *Arbuscular mycorrhiza* in three *Pisum sativum* L. genotypes. Journal of Experimental Botany, 53 (371): 1177-1185.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M. and Tomaro, M. L. 2005. Cadmium toxicity in plants Braz. Journal of Plant Physiology, 17 (1): 21-34.
- Burriesci, N., Valente, S., Ottana, R., Cimino, C. and Zipelli, C. 1983. Utilization of Zeolites in spinach growing. Zeolites, 4: 5-8.
- Burriesci, N., Valente, S., Zipelli, C. and Bart, J. C. J. 1984. Studies on Zeolite in agriculture. Effect on crop growth of *Prunus persica* and *Vitis vinifera*, Zeolites, 4: 373-376.
- Chaoui, A. and Ferjani, E. 2005. Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degra adation in leaves of pea (*Pisium sativum* L.) seedlings. Comptes Rendus Biologies, 328: 23-31.
- Cholpecka, A. and Adriano, D. C. 1996. Influence of Zeolite, apatite, and Fe-oxide on Cd and Pb uptake by crops. Science Total Environmental, 207: 195-206.
- Davey, M. W., Stals, E., Panis, B., Keulemans, J. and Swennen, R. L. 2005. High throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. Analytical Biochemistry, 347: 201-207.
- Dudka, S. and Adriano, D. C. 1997. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. Journal environmental Quality, 26: 590-602.
- Ekaterina, G. F. and Christos, D. T. 2002. Influence of clinoptilolite and compost on soil properties. Taylor and Francis Publishing, 33 (3): 595-607.
- Frossard, R. 1993. Contaminant uptake by plants. PP. 7-24. In: Schulin, R. et al. (Eds.), Soil Monitoring, Birkhauser Verlag, Basel.
- Hernandez, E. L., Lozano-Rodriguez, E., Garate, A. and Carpena-Ruiz, R. 1998. Influence of Cadmium on the uptake tissue accumulation and subcellular distribution of manganese in pea seedlings. Plant Science, 132: 139-151.
- Iskandar, I. K. 2001. Environmental restoration of metals contaminated soils. Lewis Publishers.
- Luis, A., Del Rio, D., Lyon, I., Bruce, G. and Marvnl, S. 1983. Immunocytochemical evidence for a peroxisomal localization of manganese superoxide dismutase in leaf protoplasts from a higher plant. Planta, 158: 216-224.
- Mishra, S., Srivastava, S. and Tripathi, P. D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacco pamonnier*. Plant Physiology Biochemistry, 44: 25-37.
- Mok, M. 1994. Cytokinins and plant development- An overview. PP. 155-166. In: Mok, D. and Mok, M. (Eds.), Cytokinins: Chemistry, Activity, and Function, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci, O. 2004. Use of natural Zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit Ornamental Plant Research, 12: 183-189.
- Prasad, M. N. V. 2005. Nickelophilous plants and their significance in phytechnologies. Journal of Plant Physiology, 17: 113-128.
- Quiroga, M. and Guerrero, M. A. 2000. A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. Plant Physiology, 122: 1119-1127.
- Rehman, F., Khan, F. A., Varshney, D. Naushin, F. and Rastogi, J. 2011. Effect of cadmium on the growth of tomato. Journal of Biology and Medicinal, 3 (2): 187-190.
- Sanitadi-Toppi, L. and Gabbrielli, R. 1999. Response to Cadmium in higher plants. Environmental EXP. Botany, 41: 105-130.

- Shaddox, T. 2004. Investigation of soil amendments for use in golf course putting green construction. *Soil and Water Science*, 136 p.
- Sharma, S. S., Kaul, S. A., Metwally, K. C., Goyal, I., Finkemeier, K. and Dietz, J. 2004. Cadmium toxicity in barley (*Hordeum vulgare*) as affected by varying Fe nutritional status. *Plant Science*, 166: 1287-1295.
- Sheoran, I. S., Singal, H. R. and Singh, R. 1990. Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and the enzymes of the photosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea (*Pisium sativum* L.). *Photosynthetic Research*, 23: 345-351.
- Simon, T. and Eberhard, A. 2000. Effect of Ni and As on Radish tuber cultivated on artificially polluted soils. *Eurnament Journal Soil Biology*, 36: 73-80.
- Street, R. A., Kulkarni, M. G., Strik, W. A., Southway, C. and Van-Stnden, J. 2010. Effect of Cadmium on growth and micronutrient distribution in wild garlic (*Tulbaghia violaceae* L.). *South African Journal of Botany*, 76: 332-336.
- Vassilev, A. and Yordanov, I. 1997. Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium treated plants review. *Plant Physiology*, 23: 114-133.
- Veselov, D., Kudoyarova, G., Symonyan, M. and Veselov, S. T. 2003. Effect of Cadmium onion uptake, transpiration and cytokinin content in wheat seedling. *Bulge Journal of Plant Physiology, Special Issue*, 353-359.
- Waalkes, M. P. 2003. Review Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research*, 533: 107-20.

Effect of Cadmium and Zeolite on Vegetative Growth Parameters of Cress (*Lepidium sativum* L.) and Radish (*Raphanuss ativus* L.)

Bolandnazar^{1*}, S., Khorsandi², S. and Adlipoor³, M.

Abstract

In order to investigate the effect of cadmium and zeolite on vegetative growth of cress and radish a factorial experiment carried out in a completely randomized design with 3 replications at Research Station of Tabriz University. Cadmium as the first factor at 5 concentrations (0, 5, 10, 20 and 40 mg/kg soil) from cadmium sulfate and zeolite (Klinoptiolite, Sabzevar) as the second factor with two levels (0 and 1% w/w soil) were studied. The result showed that cadmium significantly affected dry and fresh weight and leaf area of cress and root weight, length and diameter and leaf fresh and dry weight of radish. Zeolite only affected cress leaf area and fresh weight significantly. Treatment with 40 mg/kg Cd led to decreasing of radish root fresh and dry weight about 38 and 36% respectively. Application of zeolite in the soil improved growth characteristics of radish, whereas this amendment positive effect on cress was not observed. Cress leaf area was increased 2-fold by the addition of zeolite in 20 mg/kg Cd treatment. Cadmium had negative effect on growth characteristics of both plant and its negative effects on some traits was reduced by application of zeolite.

Keywords: Dry weight, Klinoptiolite, Leaf area

1, 2 and 3. Associate Professor, Previous M.Sc. Student and Technician, Respectively, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*: Corresponding Author Email: Sbolandnazar@gmail.com