

بررسی میزان جذب کادمیم توسط گیاه تربچه نقلی سرخان (*Raphanus sativus* L.)

در خاک‌های آلوده به کادمیم

کلثوم دالوند¹، سید عبدالله افتخاری^{2*}

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

2- نویسنده مسؤل: استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (eftekhari_9t@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: 1392/12/21

تاریخ دریافت: 1392/08/20

چکیده

کادمیم (Cd) یکی از فلزات سنگین می‌باشد که از طریق ریشه گیاهان جذب شده و در بخش‌های خوراکی گیاهان تجمع می‌یابد و تأثیر منفی بر روی سلامت افراد جامعه می‌گذارد. این مطالعه به منظور بررسی جذب و تجمع کادمیم در اندام‌های مختلف تربچه در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار کلرید کادمیم (0 (شاهد)، 30، 60 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و دو زمان برداشت (بلوغ تجاری (زمان اول) و یک هفته پس از بلوغ تجاری (زمان دوم)) با سه تکرار به صورت کشت گلدانی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق نشان داد میزان تجمع کادمیم در اندام‌های تربچه با افزایش غلظت کادمیم در خاک افزایش می‌یابد، به طوری که بیشترین غلظت کادمیم در بخش‌های ریشه (79/35 میلی‌گرم در کیلوگرم در زمان دوم)، هیپوکوتیل (36 میلی‌گرم در کیلوگرم در زمان اول)، پوست هیپوکوتیل (45 میلی‌گرم در کیلوگرم در زمان اول)، دمبرگ (47/75 میلی‌گرم در کیلوگرم در زمان دوم)، برگ (95/4 میلی‌گرم در کیلوگرم در زمان دوم) در غلظت 60 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. نتایج نشان داد که در تیمار کادمیم عمده تجمع مربوط به زمان اول می‌باشد و با گذشت زمان در برداشت دوم تجمع کادمیم در اندام‌های تربچه در حال افزایش بود. در بین اندام‌های مختلف تربچه برگ‌ها بیشترین تجمع کادمیم را به خود اختصاص دادند؛ بیشترین تجمع کادمیم به ترتیب در بخش‌های برگ، ریشه، دمبرگ، پوست هیپوکوتیل و هیپوکوتیل می‌باشد.

کلید واژه‌ها: فلزات سنگین، تجمع کادمیم، تربچه رقم سرخان، گیاه پالایی

مقدمه

تا متوسط در اثر گسترش استفاده از کودهای سوپرفسفات، کاربرد فاضلاب‌ها آلوده به کادمیم هستند (فاروک و همکاران¹، 2011). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که حداقل 20 میلیون هکتار از اراضی در شمال و جنوب آفریقا، آمریکای جنوبی، خاورمیانه، جنوب اروپا، جنوب غربی آمریکا، مکزیک و بخش مهمی از آسیای مرکزی و شرقی که عمدتاً به کشت سبزی و صیفی اختصاص دارند، با فاضلاب خام شهری و

کادمیم با وزن اتمی 112/4 (گرم بر مول)، نقطه ذوب 321 (درجه سانتی‌گراد) و نقطه جوش 767 (درجه سانتی‌گراد) از طریق حفاری، صنایع فلزی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها وارد محیط زیست شده و موجب ضایعات کلیوی، افزایش فشار خون، جهش زایی و سرطان زایی می‌شود. امروزه آلودگی رو به افزایش فاضلاب‌های شهری و یون‌های سمی یک مسأله نگران‌کننده زیست محیطی است (ناظمی و خسروی، 1390). بخشی از خاک‌های کشاورزی در سراسر دنیا به طور کم

کیلوگرم خاک تعیین نموده است (بهتاش و همکاران، 1388). تربچه با نام علمی *Raphanus sativus* از خانواده چلیپاییان (*Brassicaceae*) می‌باشد. قسمت ضخیم خوراکی ریشه در انواع نقلی از هیپوکوتیل و در انواع دراز و کشیده از ریشه و هیپوکوتیل است. تربچه گیاهی یک‌ساله است؛ قسمت خوراکی آن که اصطلاحاً ریشه نامیده می‌شود، به رنگ‌های سفید، سیاه، صورتی، بنفش و دورنگ سفید و قرمز (نوع ژاپنی) وجود دارد (پیوست، 1388). بخش خوراکی ریشه تربچه در تماس مستقیم با خاک قرار می‌گیرد بنابراین فلزات سنگین از طریق ریشه وارد قسمت خوراکی می‌شوند و به همراه مواد غذایی فتوسنتزی ذخیره می‌شوند. و اثرات سوء بر سلامت انسان می‌گذارند (علیپور درواری و همکاران، 1388). در اراضی کشاورزی آلوده به فلزات سنگین، انتخاب گیاهان متحمل به فلزات، جهت برداشت آلاینده‌ها از خاک، می‌تواند یک استراتژی جدید برای مدیریت اراضی باشد (مرتز و همکاران³، 2006). گیاه پالایی⁴، فناوری استفاده از گیاهان برای پالایش آلودگی از محیط زیست است که روشی مؤثر، ارزان قیمت و دوستدار محیط زیست می‌باشد (تاجی و گلچین، 1389). گیاهانی در این تکنولوژی استفاده می‌شوند که دارای ویژگی‌های زیر باشند 1. تحمل سطوح بالای غلظت فلز در محیط رشد 2. انباشته کردن سطوح بالای فلز به صورتی که قابل برداشت باشد 3. رشد سریع و تولید زیتوده بالا 4. به راحتی مانند یک محصول کشاورزی رشد کند و کاملاً قابل برداشت باشد. در میان گیاهان مطالعه شده در این زمینه، خانواده شب‌بو (*Brassicaceae*) که گیاه تربچه نیز به آن تعلق دارد، جزء بهترین انباشته کننده‌ها هستند و برای تکنولوژی گیاه پالایی پیشنهاد شده‌اند (علیپور درواری و همکاران، 1388). شواهد واضحی وجود دارد که گونه‌های مختلف گیاهان در توانایی جذب، تحمل و تجمع فلزات سنگین

صنعتی آبیاری می‌شوند. استفاده از این منابع در مناطق مختلف آلودگی خاک و تجمع فلزات سنگین را در محصولات زراعی به همراه داشته است (یارقلی و همکاران، 1388). تحرک بالای کادمیم در سیستم خاک و گیاه موجب می‌شود که به آسانی به زنجیره غذایی وارد شود و یک ریسک برای انسان، حیوانات، گیاهان و کل محیط و جامعه باشد (فاروک و همکاران، 2011). نگرانی در مورد تجمع کادمیم در محصولات باعث محدود شدن مصرف این محصولات در بعضی از کشورها شده است. در سال 2000 در کشور آلمان مصرف سیب‌زمینی شیرین به علت تجمع کادمیم در این محصول محدود شد (چنگ و هوانگ¹، 2006). بخش‌های خوراکی ریشه سبزیجاتی نظیر سیب‌زمینی شیرین، هویج، تربچه، که بافت ریشه در تماس مستقیم با خاک است، سبب ورود عناصر سنگین از طریق بافت ریشه به گیاه می‌شوند. ریشه خوراکی از نظر ذخیره مواد غذایی اهمیت دارد و عناصر سنگین با دیگر مواد غذایی فتوسنتزی به برگ‌ها منتقل می‌شوند؛ بنابراین ریشه و برگ سبزیجات تحت تأثیر کادمیم قرار می‌گیرند (چنگ و هوانگ، 2006). حضور فلزات سنگین در منطقه ریزوسفر و ورود آنها به گیاه باعث کاهش رشد شده و متابولیسم سلولی را به هم می‌زند (ویتوریانو و همکاران²، 2005). نتایج تحقیق یارقلی و همکاران (1388) در بررسی تأثیر غلظت کادمیم در خاک محیط ریشه بر مقدار جذب و تجمع آن در اندام‌های مختلف چهار محصول غده‌ای رایج در کشور (چغندر قند، هویج، تربچه، سیب زمینی) نشان داد که میزان تجمع کادمیم با افزایش غلظت آن در محیط ریشه نسبت مستقیم داشته و بجز تیمار شاهد در سایر تیمارها میزان تجمع کادمیم در بخش‌های مختلف گونه‌های مورد نظر بیش از حد مجاز برای مصرف انسانی است. اتحادیه اروپا حداکثر مجاز کادمیم در خاک‌های زراعی را 1 تا 3 میلی‌گرم در

3- Mertens et al.
4- Phytoremediation

1- Cheng and Huang
2- Vitoria et al.

محلول پاشی شد. خاک‌ها به مدت 20 روز به منظور تثبیت کادمیم در کیسه‌های پلاستیکی در بسته رها شدند و در طی این مدت رطوبت خاک‌ها در حد ظرفیت زراعی نگه داشته شد. بذره‌های تربچه در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع 30 سانتی‌متر و قطر 15 سانتی‌متر (با حجم 3 کیلوگرم خاک) کشت شدند. در زمان‌های ذکر شده برداشت صورت گرفت. نمونه‌های برداشت شده پس از شستشو با آب مقطر بخش‌های مختلف که شامل ریشه، هیپوکوتیل، پوست هیپوکوتیل، برگ و دم‌برگ از هم جدا شده و در دمای 70 درجه به مدت 24 ساعت خشک شدند. نمونه‌های خشک شده هر بخش پودر گردید و سپس به 0/5 گرم از نمونه خشک هر بخش از گیاه 10 میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و نمونه‌ها به مدت 24 ساعت در اسید نیتریک غلیظ قرار گرفتند سپس نمونه‌ها روی هیتر شنی تا زمان خروج گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 و اتمام مرحله هضم اولیه قرار داده شدند. در ادامه 10 میلی‌لیتر مخلوط 2 اسید (اسید پرکلریدریک و اسید سولفوریک) به نمونه‌ها اضافه شد و دوباره روی هیتر شنی تا زمان شفاف شدن کامل عصاره باقی می‌ماند. پس از سرد شدن سوسپانسیون حاصل صاف شد و پس از به حجم رساندن محلول (50 میلی‌لیتر) به وسیله دستگاه جذب اتمی (مدل Savant AA ساخت استرالیا) میزان کادمیم موجود در نمونه‌ها قرائت شد (شارما و همکاران¹، 2007). داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان کادمیم توسط نرم افزار آماری SAS نسخه 9/1 تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تجمع کادمیم در بخش‌های مختلف تربچه در جدول 2 نشان می‌دهد. اثر کادمیم بر تجمع کادمیم در ریشه، هیپوکوتیل، پوست هیپوکوتیل، دم‌برگ و برگ تربچه در سطح یک درصد معنی‌دار

تفاوت بسیار زیادی وجود دارد و بدین ترتیب در بررسی فلزات در سیستم‌های مختلف و پیچیده گیاه و خاک مشخص می‌شود که عوامل زیادی وجود دارند که مرتبط با ویژگی‌های خاک، خصوصیات گیاه و دیگر عوامل زیست‌محیطی می‌باشند (ناظمی و خسروی، 1390). تحقیقات بسیار کمی در زمینه انتقال فلزات سنگین از خاک آلوده به محصولات غده‌ای و تجمع آن در اندام‌های مختلف صورت گرفته است و اطلاع دقیقی از مقدار انتقال فلزات سنگین از محیط ریشه به محصولات غده‌ای، به ویژه مقدار تجمع کادمیم در بخش‌های مختلف خوراکی و غیر خوراکی در دست نیست (بارقلی و همکاران، 1388). با توجه به اهمیت این موضوع این پژوهش با هدف بررسی تجمع کادمیم در بخش‌های مختلف تربچه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی سطوح مختلف غلظت کادمیم خاک بر مقدار جذب و تجمع در اندام‌های رویشی تربچه نقلی به صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار کادمیم از منبع کلرید کادمیم در سه غلظت است. (شاهد)، غلظت 30 میلی‌گرم در کیلوگرم و غلظت 60 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و دو زمان برداشت (بلوغ تجاری (زمان اول) و یک هفته پس از بلوغ تجاری (زمان دوم)) با سه تکرار به صورت کشت گلدانی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. فرضیه این تحقیق بر این اساس است که مقدار تجمع کادمیم در اندام‌های مختلف تربچه متفاوت می‌باشد. خاک مورد استفاده برای انجام تحقیق از مزرعه دانشگاه برداشته شد و به منظور پایین آمدن شوری آن به مدت یک هفته آبخوبی شد و پس از خشک شدن با مش 2 میلی‌متر الک گردید؛ سپس برای اعمال تیمار کادمیم توزین شد. جدول 1 نتایج تجزیه خاک مورد استفاده را نشان می‌دهد. کلرید کادمیم در غلظت‌های مذکور به صورت محلول بر روی خاک‌ها

میلی گرم در کیلوگرم) می باشد. در غلظت 30 میزان تجمع در زمان دوم (33/5 میلی گرم در کیلوگرم) بیشتر از زمان اول (31/3 میلی گرم در کیلوگرم) می باشد که اختلاف معنی داری نشان داد (نمودار 2). در بخش پوست هیپوکوتیل بین شاهد و غلظت 30 و 60 اختلاف معنی داری مشاهده شد. بیشترین میزان تجمع کادمیم در غلظت 60 و در زمان اول (45/0 میلی گرم در کیلوگرم) مشاهده شد که با غلظت 60 در زمان دوم (44/5 میلی گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی داری نشان نداد. در غلظت 30 نیز بین زمان اول (28/0 میلی گرم در کیلوگرم) و زمان دوم (34/0 میلی گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی داری نشان نداد. کمترین میزان تجمع کادمیم مربوط به شاهد زمان دوم (8/0 میلی گرم در کیلوگرم) می باشد که با زمان اول (14/0 میلی گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی داری نشان نداد (نمودار 3). در بخش دمبرگ بیشترین میزان کادمیم مربوط به غلظت 60 در زمان دوم (47/75 میلی گرم در کیلوگرم) می باشد که با زمان اول (47/5 میلی گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی داری نشان نداد. بین غلظت های 30 و 60 طی دو زمان برداشت اختلاف معنی دار نبود؛ ولی هر دو غلظت با شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند. کمترین میزان کادمیم دمبرگ مربوط به شاهد در زمان دوم (8/0 میلی گرم در کیلوگرم) بود. شاهد زمان اول (15/0 میلی گرم در کیلوگرم) تجمع کادمیم بیشتری نسبت به زمان اول - نشان داد (نمودار 4). نمودار 5 نشان می دهد که بیشترین تجمع کادمیم در برگ مربوط به غلظت 60 (95/4 میلی گرم در کیلوگرم) در زمان دوم می باشد که دارای اختلاف معنی داری با غلظت 60 (88/6 میلی گرم در کیلوگرم) زمان اول می باشد. کمترین میزان تجمع کادمیم متعلق به شاهد (8/6 میلی گرم در کیلوگرم) در زمان دوم می باشد. در غلظت 30 بین زمان های اول (85/3 میلی گرم در کیلوگرم) و دوم (87/5 میلی گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بالا بودن میزان

شده است. اثر زمان بر تجمع کادمیم در بخش هیپوکوتیل و دمبرگ در سطح احتمال 5 درصد معنی دار شده است. اثر متقابل کادمیم و زمان در بخش هیپوکوتیل در سطح احتمال یک درصد و در سایر بخش ها در سطح احتمال 5 درصد معنی دار شده است. نمودار 1 نشان می دهد که در زمان دوم میزان تجمع کادمیم در تیمار 30 و 60 میلی گرم در کیلوگرم کادمیم در ریشه نسبت به زمان اول افزایش یافته است؛ ولی این اختلاف معنی دار نبود در تیمار 30 در زمان اول تجمع کادمیم 53/12 میلی گرم در کیلوگرم بوده و در زمان دوم در تیمار 30 این میزان به 59/35 میلی گرم در کیلوگرم رسیده است. همچنین با افزایش غلظت کادمیم خاک میزان تجمع در ریشه افزایش یافته است. بیشترین میزان کادمیم متعلق به تیمار 60 (79/35 میلی گرم در کیلوگرم) در زمان دوم و و میزان کادمیم در زمان اول 77/1 میلی گرم در کیلوگرم بوده با توجه به اینکه در دو زمان از دو نمونه مجزا نمونه گیری شده است قسمت بیشتر تجمع در زمان اول بوده و با گذشت زمان روند تجمع در حال افزایش می باشد. کمترین میزان کادمیم متعلق به شاهد (10/83 میلی گرم در کیلوگرم) در زمان دوم می باشد. میزان کادمیم در ریشه گیاهان زمان اول 16/25 میلی گرم در کیلوگرم بوده است در واقع بیشتر تجمع در ریشه گیاه شاهد در زمان اول بوده و با گذشت زمان در شاهد زمان دوم تجمع کمتر می شود. ریشه گیاهان شاهد در زمان دوم برداشت نسبت به زمان اول برداشت رشد بیشتری داشته و تجمع کادمیم در زمان دوم کمتر به نظر می رسد. در بخش هیپوکوتیل بین شاهد و غلظت 30 و 60 اختلاف معنی داری وجود دارد. کمترین میزان کادمیم مربوط به شاهد در زمان اول (14/6 میلی گرم در کیلوگرم) که با شاهد در زمان دوم (15/0 میلی گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی داری نشان نداد و بیشترین میزان کادمیم مربوط به غلظت 60 در زمان اول (36/0 میلی گرم در کیلوگرم) می باشد که در زمان اول مقدار تجمع در این غلظت بیشتر از زمان دوم (35/0

جدول 1- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده قبل از کشت

کادمیم خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	بافت خاک	پتاسیم میلی گرم بر کیلوگرم	فسفر میلی گرم بر کیلوگرم	مواد آلی (%)	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)
0/17	لومی شنی	188	33	0/82	7/06	3

تجمع کادمیم در پوست هویج، تربچه و سیب زمینی دارای اهمیت بوده و بیانگر استعداد این محصولات در تجمع کادمیم بیشتر در پوست خود است. این موضوع با توجه به مصرف هویج و تربچه با پوست توسط بخشی از جامعه حائز اهمیت است، به طوری که تغییر عادات غذایی می تواند در میزان انتقال کادمیم به افراد مؤثر باشد. مقدار تجمع فلزات سنگین بسته به نوع فلز، شرایط خاک و گونه گیاهی متفاوت است؛ ولی عمدتاً میزان تجمع در اندام های هوایی به ویژه برگ و ساقه بیشتر از سایر اندام هاست (یارقلی و همکاران، 1388). اسیدی یا قلیایی بودن خاک یکی از مهم ترین عوامل در جذب عناصر سنگین نظیر کادمیم توسط گیاه می باشد (گری و همکاران¹، 1998). در pH کم (اسیدی) کادمیم به وسیله هیدروژن و آلومینیم از مکان های مسدود شده در خاک تبادل می یابد و باعث انحلال آن در محلول خاک می شود (گارسیا-میراگایا و پیچ²، 1978). فرضیه جذب ثابت که چنی و رایان³ مطرح کردند بر این اساس استوار است که جذب فلزات سنگین توسط گیاه به عنوان تابعی خطی از شدت افزایش فلز در خاک صورت می گیرد تا به یک حد بیشینه رسیده و پس از آن مقدار جذب ثابت می شود؛ البته این اثر می تواند تابع گونه و فیزیولوژی گیاه باشد (چنی و رایان³، 1993). محتوای کادمیم در ریشه تربچه ارتباط مثبتی با میزان افزوده شدن کادمیم به خاک دارد (کینگ لینگ و همکاران⁴، 2009). شارما و همکاران (2008) اعلام کردند که کادمیم در برگ

هویج بیشتر از ریشه تجمع می یابد. یانگ و همکاران⁵ (2004) اعلام کردند تجمع کادمیم در برگ و ساقه گیاه سدم بیشتر از ریشه می باشد. در این تحقیق نیز نتیجه گیری شد که کادمیم در برگ بیشتر از سایر اندام ها تجمع می یابد. عربی و همکاران (1389) گزارش دادند که با افزایش کادمیم خاک غلظت کادمیم در ریشه و اندام هوایی تربچه افزایش یافته و میزان کادمیم در اندام هوایی تربچه در مقایسه با ریشه بیشتر بوده است که این موضوع به علت حلالیت زیاد فلز می باشد. سازمان فائو حدود مجاز کادمیم در بدن انسان را 10 تا 40 میکروگرم در روز تعیین کرده است (بهتاش و همکاران، 1389). دامنه غلظت سمی کادمیم در گیاه 30-5 میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است (چنی⁶، 1989). در این تحقیق بیشترین میزان کادمیم در بخش خوراکی هیپوکوتیل 36 میلی گرم در کیلوگرم و کمترین میزان کادمیم در شاهد 14/6 میلی گرم در کیلوگرم می باشد در بخش برگ نیز بیشترین میزان کادمیم 95/4 میلی گرم در کیلوگرم می باشد که بالاتر از حد مجاز می باشد. نتایج این تحقیق مشابه نتایج دیگر محققان (چنگ و همکاران، 2006؛ کینگ لینگ و همکاران، 2009) می باشد. از مهم ترین نتایج این تحقیق مشخص نمودن میزان تجمع کادمیم در اندام های مختلف تربچه نقلی رقم ایرانی سرخان می باشد که تا کنون گزارش نشده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با گذشت زمان تجمع کادمیم در اندام های تربچه در خاک هایی که آلودگی کادمیم در آنها مطرح می باشد، رو به افزایش است و به تأخیر انداختن زمان برداشت باعث افزایش تجمع کادمیم

1- Grey *et al.*

2- Garcia Miragaya and Page

3- Cheny and Ryan

4- Qingling *et al.*5- Yang *et al.*

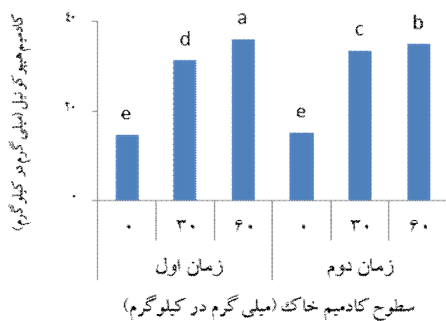
6- Chaney

دالوند و افتخاری: بررسی میزان جذب کادمیم...

جدول 2. تجزیه واریانس تجمع کادمیم در بخش‌های مختلف تریچه

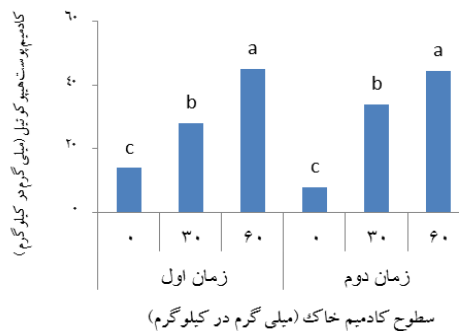
میانگین مربعات (Ms)						
کادمیم برگ	کادمیم دمبرگ	کادمیم پوست هیپوکوتیل	کادمیم هیپوکوتیل	کادمیم ریشه	درجه آزادی	منابع تغییر
25/5 ^{ns}	4/6 ^{ns}	14/04 ^{ns}	0/29 ^{ns}	17/03 ^{ns}	2	بلوک
12129/6 ^{**}	2393/7 ^{**}	1694/5 ^{**}	745/7 ^{**}	6490/2 ^{**}	2	کادمیم
5/2 ^{ns}	23/27*	0/125 ^{ns}	1/12*	4/6 ^{ns}	1	زمان
58/9*	24/3*	51/54*	3/7 ^{**}	52/5*	2	کادمیم×زمان
13/8	3/61	13/37	0/12	12/6	10	خطا
					17	کل
5/8	5/5	12/5	1/2	7/2		cv

* معنی دار در سطح $P < 0.05$ ** معنی دار در سطح $P < 0.01$ ns عدم معنی داری



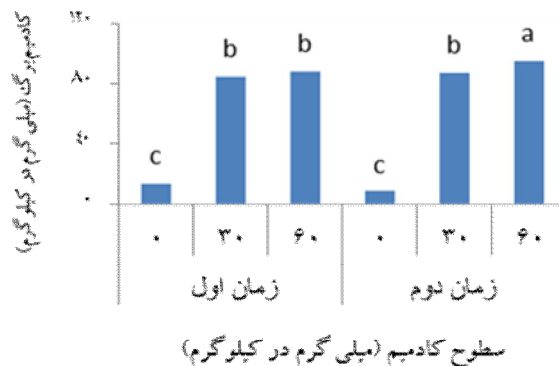
نمودار 2- تجمع کادمیم در هیپوکوتیل

نمودار 1- تجمع کادمیم در ریشه



نمودار 4- تجمع کادمیم در دمبرگ

نمودار 3- تجمع کادمیم در پوست هیپوکوتیل



نمودار 5 - تجمع کادمیم در برگ

(حروف مشترک روی ستون ها در تمام نمودارها نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال 5 درصد است).

(رقم سرخان) گیاهی است که در خاک‌های آلوده به کادمیم پتانسیل تجمع بالایی برای این فلز دارد و می‌تواند غلظت‌های بالایی از کادمیم را در اندام‌های خود ذخیره کند و برای اهداف گیاه پالایی مناسب می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق در دانشگاه شهید چمران اهواز و تحت نظارت اساتید محترم گروه باغبانی و گروه خاکشناسی و استفاده از امکانات آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی انجام شد. بدین وسیله از اعضاء و مسئولین محترم دانشکده کشاورزی سپاسگزاری می‌شود.

می‌شود. و با افزایش غلظت کادمیم میزان تجمع نیز افزایش می‌یابد. در بین اندام‌های مختلف تربچه بیشترین میزان تجمع کادمیم در برگ‌ها مشاهده شد و این نشان می‌دهد که کادمیم در سیستم گیاه تحرک بالایی دارد. همچنین در اراضی آلوده میزان تجمع کادمیم در اندام‌های تربچه بیش از حد مجاز برای مصرف خوراکی است و کشت آن در خاک‌های آلوده مستلزم مطالعه و دقت فراوان است؛ در غیر این صورت نباید در زنجیره غذایی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نقش کودهای فسفره در ایجاد آلودگی و تجمع کادمیم در اندام‌های گیاه استفاده از این کودها در محصولات کشاورزی نیز احتیاج به مطالعه و مدیریت اجرایی دارد. تعیین زمان برداشت مناسب در میزان کادمیم تجمع یافته در اندام‌های گیاه نقش دارد و مدیریت زمان مناسب برداشت، در تولید محصول سالم از توصیه‌های نتایج این پژوهش است. با توجه به نتایج این بررسی تجمع کادمیم در خاک‌های آلوده در برگ، دمبرگ، پوست هیپوکوتیل و هیپوکوتیل ایجاد خواهد شد؛ ولی این تجمع یکسان نیست، لذا در خاک‌هایی که احتمال آلودگی کادمیم وجود دارد خودداری از مصرف برگ و پوست هیپوکوتیل برای حفظ سلامتی توصیه می‌شود. تربچه

منابع

- 1- بهتاش، ف.، طباطبایی، س.ج.، ملکوتی، م.ج.، سرورالدین، م.ح. و اوستان، ش. 1388. اثر کادمیم و سیلیسیم بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چغندر لبویی. مجله دانش کشاورزی پایدار، 20/2 (1): 53-67.
- 2- بهتاش، ف.، طباطبایی، س.ج.، ملکوتی، م.ج.، سرورالدین، م.ح. و اوستان، ش. 1389. اثر روی و کادمیم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و غلظت کادمیم در چغندر لبویی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). 24 (1): 31-41.
- 3- پیوست، غ. 1388. سبزیکاری. انتشارات دانش پذیر. چاپ پنجم. 577 ص.
- 4- تاجی، ه. و گلچین، ا. 1389. بررسی سطوح مختلف کادمیم و گوگرد بر عملکرد و غلظت کادمیم و برخی عناصر کم مصرف در برگ و ریشه ذرت (*zea mays L.*) در شرایط گلخانه‌ای. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، 1 (4): 23-31.
- 5- علیپور درواری، ح.، زارع مایوان، ح. و شریفی، م. 1388. بررسی میزان فعالیت پراکسیدازی تریچه خوراکی و ارتباط آن با میزان فلزات سنگین خاک. مجله علوم دانشگاه تهران، 35 (1): 37-43.
- 6- عربی، ز.، همایی، م. و اسدی، م.ا. 1389. مقایسه آثار افزودن اسید سیتریک و کی‌لایت‌های مصنوعی بر افزایش پالایش گیاهی کادمیوم از خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک 14 (54): 85-95.
- 7- ناظمی، س. و خسروی، ا. 1390. بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه اراضی سبزی‌کاری. فصلنامه دانش و تندرستی، 5 (4): 28-31.
- 8- یارقلی، ب.، عظیمی، ع.ا.، باغوند، الف.، عباسی، ف.، لیاقت، ع.ا. و اسداله فردی، غ. 1388. بررسی جذب و تجمع کادمیم در اندام‌های مختلف محصولات غده‌ای در خاک‌های آلوده. مجله آب و فاضلاب، 20 (72): 60-70.
- 9- Chaney, R.L. 1989. Scientific analysis of proposed sludge rule. *Biocycle*, 30: 80-85
- 10- Cheng, Shu-fen., and Yuan Huang, Ch. 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root. *Applied Science and Engineering*, 4(3): 243- 252.
- 11- Cheny, R. L., and Ryan, J.A. 1993. Heavy metals and toxic organic pollutants in MSW compost: Research results on phytoavailability, bioavailability, fate, etc. In Hoitink, H.A.J., and Keener M. (Eds.), *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects*. Renaissance Pub., Worthington, Ohio, USA. pp. 451-506.
- 12- Farouk, S., Mosa, A.A., Taha, A.A., Ibrahim, H.M., and El-Gahmery, A.M. 2011. Protective effect of humic acid and chitosan on radish (*Raphanus sativus L. var. sativus*) plant subjected to cadmium stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7 (2): 99-116.

- 13- Grey, C. W., McLaren, R. G., Roberts, A. H. C., and Condron, L. N. 1998. Sorption and desorption of cadmium from some New Zealand soils: Effect of pH and contact time. *Australian Journal of Soil Research*, 36: 199-216.
- 14- Garcia-Miragaya, J., and Page, A. 1978. Sorption of trace quantities of cadmium by soils with different chemical and mineralogical composition. *Water, Air and Soil Pollution*, 9: 289-299.
- 15- Mertens, J., Vervaeke, P., Meers, E., and Tack, F.M.G. 2006. Seasonal changes of metals in willow (*Salix sp.*) stands for phytoremediation on dredged sediment. *Environmental Science and Technology*, 40: 1962–1968.
- 16- Qingling, F., Hongqing, H., Jiajia, L., Houang, L., Haizheng, Y., and Yi, L. 2009. Effects of soil polluted by Cadmium and Lead on production and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) and reddish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(2): 698-702
- 17- Sharma, R.K., Agrawal, M., and Agrawal, S.B. 2008. Interactive effects of cadmium and zinc on carrots: growth and biomass accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, 31:19-34.
- 18- Sharma, R.K., Agrawal, M., and Marshal, A. 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban area of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66: 258-266.
- 19- Vitoria, A.P., Dacunha, M., and Azevedo, R.A. 2005. Ultra structural changes of radish leaf exposed to cadmium. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 47-52.
- 20- Yang, X.E., Ye, H.B., Long, X.X., He, B., He, Z.L., Stoffella, P.J., and Calvert, D.V. 2004. Uptake and accumulation of cadmium and zinc by *Sedum alfredii* Hance at different Cd/Zn supply levels. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1963-1977.