مقایسه تأثیرگیاه‌پالایی شاهی و اسفناج درخاک‌های آلوده به کادمیوم و کروم

شیرین جهانبخشی*[۱]، محمدرضا رضایی[۱] و محمدحسن سیاری‌زهان[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶)

چکیده

گیاه‌پالایی یکی از روش‌های پاکسازی خاک‌های آلوده است که با انباشت عناصر سنگین در بافت‌های گیاهان، خروج این عناصر را از خاک‌های آلوده امکان‌پذیر می‌کند. لذا برای رسیدن به‌این هدف، این پژوهش، به‌صورت کشت گلدانی و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه بیرجند انجام شد. از دو گونه گیاهی اسفناج و شاهی به‌منظور بررسی حذف یا کاهش غلظت دو فلز کادمیوم و کروم استفاده شد. در این مطالعه از سطوح مختلف کادمیوم با استفاده از نمک کلریدکادمیوم (۵، ۵۰ و۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کروم با استفاده از نمک کلریدکروم (۳) (۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و هم‌چنین شاهد (سطح صفر) برای هر گونه با سه تکرار استفاده شد. نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم و کروم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) تحت تأثیر غلظت تیمارهای به‌کار رفته در خاک بودند. در گونه اسفناج با افزایش غلظت کادمیوم و کروم در خاک، میزان غلظت هر دو فلز در اندام‌های هوایی افزایش نشان داد. در گونه شاهی با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، میزان غلظت آن در اندام‌های هوایی افزایش اما غلظت کروم کاهش نشان داد. هم‌چنین مقایسه میزان غلظت کادمیوم و کروم در اندام‌های هوایی دو گونه اسفناج و شاهی نیز نشان داد که هر دوگونه از نظر میزان غلظت کادمیوم، رفتار مشابه و از نظر میزان غلظت کروم رفتار متفاوتی نشان دادند. بنابراین، براساس نتایج، هر دو گونه اسفناج و شاهی برای گیاه‌جذبی کادمیوم و کروم در فناوری گیاه‌پالایی مناسب می‌باشند و در غلظت‌های بالای کروم استفاده از گیاه شاهی جهت گیاه‌پالایی توصیه نمی‌شود.

کلمات کلیدی: گیاه‌پالایی، اسفناج، شاهی،کادمیوم، کروم ، خاک آلوده

۱. گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۲. . گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی : jahanbakhshish@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

مقدمه

آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل‌کننده محیط‌زیست به‌شمار رفته و از میان آنها فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجودات زنده و انسان در غلظت‌های کم، حائز اهمیت شناخته شده است (۱۲). فلزات سنگین آلاینده خاک معمولاً کادمیم، کروم، مس، جیوه، سرب و روی هستند (۵). کادمیوم یک آلاینده فلزی خیلی سمی موجود در خاک می‌باشد که از رشد ریشه و ساقه و تولید محصول ممانعت به‌عمل می‌آورد؛ در محصولات کشاورزی تجمع می‌یابد؛ سپس وارد زنجیره‌غذایی می‌شود و با پتانسیل قابل توجهی سلامت حیوانات و انسان‌ها را به مخاطره می‌اندازد (۲۰). سمیت این فلز ۲ تا ۲۰ برابر بیشتر از سایر فلزات می‌باشد (۲۰). در سال ۱۹۸۰ آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان و برنامه سم‌شناسی ملی در آمریکا، کروم را به‌عنوان یک عنصر سرطان‌زا معرفی نمود. استفاده‌های گسترده کروم در آبکاری الکتریکی، دباغی و آفت‌کش منجر به انتشار کروم در محیط‌زیست می‌گردد (۲۵). کروم به‌دنبال انتشار در بدن ابتدا ریه‌ها را مورد هدف قرار داده و سپس بر کلیه‌ها، کبد و سیستم ایمنی بدن اثر می‌گذارد (۷). تکنولوژی‌های پالایشی رایج مثل روش‌های فیزیکی و شیمیایی که براساس جمع‌آوری و انتقال مواد آلاینده هستند به‌طورکلی پرهزینه و غیراقتصادی می‌باشند و در نهایت نیز موجب آلودگی بخش دیگری از زیست‌بوم می‌گردند. بنابراین نیاز برای به‌کارگیری روش‌های مؤثرتر که افزون بر رفع آلودگی در محل، کم‌هزینه بوده و اثرات جنبی آن سلامت محیط‌زیست را به خطر نیاندازد، بسیار حیاتی است. در چند سال اخیر پژوهشگران به‌عنوان راهکار، روشی نوین با استفاده از گیاهان برای پالایش آلودگی‌ها از خاک بنیان نهاده‌اندکه این فناوری، گیاه‌پالایی یا پالایش سبز نام گرفته است (۶).

گیاه‌پالایی، فناوری نوظهوری است که از گیاهان و ریزجانداران ریزوسفری آنها برای حذف، تجزیه و یا جابه‌جایی آلاینده‌های خاک، رسوبات، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و حتی هوا استفاده می‌شود (۲۷). در پژوهشی توانایی گیاه‌پالایی چغندرقند، کاسنی، کدوی‌تخمه‌کاغذی، لوبیا قرمز، جو، گل‌کلم، یونجه و زردک مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که کدوی‌تخمه‌کاغذی در حذف کادمیوم، منگنز، مس، نیکل، سرب و روی، ذرت در حذف کروم و یونجه در حذف آهن فعال بوده‌اند (۱۴). هم‌چنین در پژوهش دیگری، جذب فلز آرسنیک به‌وسیله‌ی گیاه شاهی مورد بررسی قرارگرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه شاهی فلز آرسنیک را از آب آلوده جذب کرد به‌شکلی که برای مصرف و استفاده کردن خطرناک گزارش شد (۳۰). محققان با بررسی گیاهان موجود در معدن سرب و روی ایرانکوه، به‌این نتیجه رسیدند که، گیاه *M. chenopodiifolia* از خانواده شب بوئیان می‌تواند به‌خوبی در خاک‌های آلوده به سرب و روی ایرانکوه رشد کند و دارای پتانسیل قابل ملاحظه‌ای برای انباشتگی سرب و روی در برگ‌های خود در شرایط طبیعی است (۱۷). هم‌چنین کازنینا و همکاران (۲۲) بیان کردند که ارزن وحشی به غلظت‌های بالای روی مقاوم است و توانایی اندوزش روی در ریشه‌ها و ساقه‌های خود را دارد و می‌توان از آن به‌عنوان یک گیاه مناسب برای پالایش سبز مناطق آلوده به روی استفاده کرد.

لذا با نگاهی به گیاهان مقاوم در برابر آلودگی با فلزات سنگین، دو گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) به لحاظ مقاومت در شرایط آلودگی، داشتن ریشه‌های افشان ، سریع‌الرشد و بومی بودن ایران انتخاب گردیدند

هدف از انجام این پژوهش:

(۱). بررسی توان گیاه پالایی اسفناج و شاهی در حذف یا کاهش غلظت فلزات سنگین (کروم و کادمیوم) از خاک آلوده،

(۲). تعیین میزان غلظت فلزات سنگین (کروم و کادمیوم) توسط اسفناج و شاهی،

(۳). تعیین میزان تجمع زیستی فلزات سنگین (کروم و کادمیوم) در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی ،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال تیمارها

مشخصه	مقدار	مشخصه	مقدار
کلاس بافت خاک	لومی- رسی	pH	۷/۵
درصد رس	۳۳/۲	نیتروژن کل(درصد)	۰/۰۴
درصد شن	۴۱/۵	فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۱۰
درصد سیلت	۲۵/۳	پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۲۵۰
درصد موادآلی	۰/۴	Cd ($mg\ kg^{-1}$)	۲
درصد ظرفیت زراعی	۱۵	Cr ($mg\ kg^{-1}$)	۴۵
EC ($dS\ m^{-1}$)	۲/۲		

(۴). مقایسه اسفناج و شاهی از نظر پتانسیل جذب فلزات سنگین (کروم و کادمیوم) از خاک آلوده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، به‌صورت کشت گلدانی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال۱۳۹۰ انجام شد. خاک مورد استفاده، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک‌های مزرعه دانشکده کشاورزی، تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. خاک مزبور از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد (۳۲) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن براساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین گردید (جدول۱). تعیین بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری (۱۸)، قابلیت هدایت‌الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج (۲۸)، pH در عصاره اشباع (۳٦) میزان موادآلی با استفاده از روش والکی- بلک (۲٦)، پتاسیم قابل جذب به‌روش استات آمونیوم نرمال در عصاره اشباع (۲۴)، فسفر قابل جذب به‌روش اولسن (۲۳)، نیتروژن کل خاک به‌روش کجلدال (۱۳)، تعیین غلظت کل فلزات سنگین در خاک به‌روش هضم اسیدی صورت گرفت (۱۵) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی Shimadzu AA 6300 Flame اندازه‌گیری شد.

از سطوح مختلف کادمیوم با استفاده از نمک کلریدکادمیوم شامل غلظت‌های ۰، ۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (صفر به‌عنوان شاهد) و کروم با استفاده از نمک کلریدکروم (۳) شامل غلظت‌های ۰، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (صفر به‌عنوان شاهد) با سه تکرار استفاده شد. این غلظت‌ها برای دو فلز کادمیوم و کروم در محدوده غلظت بحرانی و در خارج از محدوده بحرانی (غلظت بحران برای کادمیوم ۸-۳ و برای کروم ۱۰۰-۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) انتخاب شدند (۲۹). برای ایجاد آلودگی فلزات سنگین در خاک هر گلدان، عناصر کادمیوم و کروم به‌صورت نمک‌های مورد نظر در مقدار مشخصی آب مقطر حل و به‌طور یکنواخت به خاک اضافه سپس به گلدان منتقل گردید و عملیات کاشت بذور انجام شد. در طول دوره داشت، رطوبت خاک‌ها در حد ظرفیت زراعی نگه داشته شد به‌این منظور آبیاری گلدان‌ها به‌صورت وزنی و به‌طور هم‌زمان در حد رطوبت ظرفیت زراعی با آب مقطر انجام گرفت. بعد از سپری نمودن طول دوره رشد، اندام‌های هوایی برداشت شدند و با آب مقطر شستشو داده شدند تا جهت تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم و کروم مورد استفاده قرار گیرند.

تعیین غلظت فلزات سنگین در بافت گیاه

نمونه‌های گیاه، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

سانتی‌گراد قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس تمام نمونه‌ها وزن شده و وزن خشک اندام‌های هوایی ثبت گردید. اندام‌های هوایی، به‌وسیله هاون چینی کوبیده و آسیاب شدند. برای هضم شیمیایی هر نمونه، از اندام‌های هوایی خشک‌شده، ۰/۳ گرم و از اندام‌های هوایی کمتر از این مقدار، کل مقدار موجود برداشت و در ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شد. سپس اسید نیتریک (HNO_3) ۶۵ درصد و اسیدپرکلریک ($HClO_4$) ۷۲-۷۰ درصد به نسبت ۵ به ۱/۵ استفاده شد و به هریک از نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها روی حمام شن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا زمانی که رنگ نمونه‌ها زلال و شفاف شدند (۱۵) پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده شدند تا سرد شوند (۹). سپس نمونه‌ها، با آب دو بار تقطیر به حجم ۲۰میلی‌لیتر رسانده شدند و صاف گردیدند. سرانجام قرائت عصاره‌های آماده شده برای سنجش میزان فلزات سنگین توسط روش شعله‌سنجی و با استفاده از دستگاه جذب اتمیShimadzu AA 6300 Flame انجام شد.

تعیین غلظت کل (Total Concentratio) فلزات سنگین در خاک

خاک هر گلدان پس از خشک‌شدن، به‌هم زده شد تا کاملاً مخلوط شوند. سپس از هر گلدان یک گرم خاک کوبیده و الک شده برداشته و در ارلن‌های ۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد. سپس ۱۶ میلی‌لیتر اسید (ترکیب ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک ٦٥ درصد و ۱۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد) به‌هریک از ارلن‌ها افزوده شد. ارلن‌ها به‌مدت ۶ تا ۷ ساعت در حمام شن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا هضم اسیدی صورت گرفته و محلولی شیری رنگ به‌دست آید. بعد از زمان لازم به‌هر یک از ارلن‌ها ۴ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ($HClO_4$) ۷۲-۷۰ درصد افزوده شد. بعد از تبخیر حدود ۳ میلی‌لیتر اسید نمونه‌ها از روی حمام شن برداشته شدند (۱۶) و با آب دوبار تقطیر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شدند و صاف گردیدند. سرانجام قرائت عصاره‌های آماده‌شده برای سنجش میزان فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی شعله مدل Shimadzu AA 6300 Flame انجام شد.

تعیین فاکتور غلظت زیستی (Bioconcentration Factor)

هم‌چنین جذب فلز با فاکتور غلظت زیستی(BCF) نشان داده می‌شود که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{فاکتور غلظت زیستی} = \frac{\text{میانگین غلظت عنصر در بافت گیاهی (میلی گرم بر گیلوگرم)}}{\text{غلظت اضافه شده به خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)}}$$

برای مقایسه میانگین غلظت‌های کادمیوم و کروم در اندام‌های هوایی هر گونه از آزمون آنالیز واریانس ANOVA و آزمون توکی استفاده شد و هم‌چنین برای مقایسه میانگین میزان غلظت فلزات مذکور در هر دو گونه از آزمون Independent-samples T test استفاده شد. پس از به‌دست آوردن نتایج، تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) و Macro صورت گرفت. جدول‌ها و نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

در جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از اضافه نمودن تیمارها درج شده است. نتایج تجزیه خاک نشان داد که خاک مورد نظر دارای بافت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسبی برای استفاده در کشت گلدانی گونه‌های اسفناج و شاهی بود.

غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی

میزان غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی گونه اسفناج و شاهی در جدول (۲) آورده شده است. نتایج این آزمایش نشان داد هرچه سطوح کادمیوم خاک بیشتر شد غلظت و محتوای کادمیوم در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

جدول ۲. میزان غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم

گونه	غلظت	میانگین
اسفناج	۰	۲۵/۱
	۵	۴۴/۸
	۵۰	۱۱۹/۳
	۱۰۰	۱۵۲
شاهی	۰	۲۹/۹
	۵	۷۱/۱
	۵۰	۱۶۷/۳
	۱۰۰	۱۸۵/۲

جدول۳. تجزیه واریانس میزان غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی(میلی‌گرم بر کیلوگرم)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		F	
		اسفناج	شاهی	اسفناج	شاهی
غلظت کادمیوم	۳	۱۰۸۶۵/۱۰**	۱۶۸۳۱/۴۴**	۲۵۲/۷۴	۹۲۹/۵۵
خطا	۸	۴۳	۱۸/۱		
کل	۱۱				

**:معنی داری در سطح ۱٪

اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی افزایش نشان داد.

نتایج این آزمایش نشان داد (جدول ۳) که اثر سطوح کادمیوم بر میزان غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی دوگونه اسفناج و شاهی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). بیشترین محتوای کادمیوم در اندام‌های هوایی گونه‌های مذکور در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کلریدکادمیوم و کمترین محتوای کادمیوم در حالت شاهد (غلظت صفر) مشاهده شد. نتایج نشان داد که افزایش محتوای کادمیوم در دوگیاه مورد مطالعه باعث افزایش محتوای این عنصر در اندام‌های هوایی شده است. در واقع غلظت کادمیوم در گیاه تابعی از غلظت این عنصر در خاک می‌باشد. باتوجه به نتایج جدول۲، مهم‌ترین فاکتور خاکی مؤثر در جذب کادمیوم توسط اسفناج و شاهی غلظت این عنصر در محلول خاک بوده است. پژوهشگران، تجمع کادمیوم را در قسمت‌های خوراکی شش سبزی (تره فرنگی چینی، کلم چینی، هویج، تربچه، گوجه و خیار) در شرایط گلدانی و مزرعه‌ای مورد بررسی قرار دادند و به‌این نتیجه رسیدند که غلظت کادمیوم در گیاهان با افزایش غلظت کادمیوم در خاک افزایش یافت (۳۸). در پژوهش دیگری نشان داده شد با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، جذب و تجمع کادمیوم در یونجه افزایش یافت (۸). که نتایج این پژوهش‌ها با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد.

کادمیوم محلول می‌تواند از طریق حرکت در فضای آزاد دیواره سلولی (مسیر آپوپلاستی) و به‌وسیله عبور از مسیر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

جدول۴. میزان غلظت کروم در اندام‌های هوایی دوگونه اسفناج و شاهی(میلی‌گرم بر کیلوگرم)

گونه	غلظت	میانگین
اسفناج	۰	۱۸۵/۴
	۵۰	۲۴۶/۶
	۱۰۰	۲۹۷/۵
	۱۵۰	۳۱۹/۰۶
شاهی	۰	۱۲۴/۱
	۵۰	۵۲۱
	۱۰۰	۴۴۷/۴
	۱۵۰	۴۰۳/۱

جدول ۵. تجزیه واریانس کروم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی(میلی‌گرم بر کیلوگرم)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		F	
		اسفناج	شاهی	اسفناج	شاهی
غلظت کادمیوم	۳	۱۰۶۲۰/۶**	۸۰۶۸۴/۴۸**	۱۸۸/۶۱	۶۱/۱۵
خطا	۸	۵۶/۳	۱۳۱۹/۴۰		
کل	۱۱				

**: معنی داری در سطح ۱٪

سیم‌پلاستی وارد ریشه گیاه شود. کادمیوم پس از ورود به ریشه می‌تواند از مسیر سلولی حرکت کرده و در نهایت وارد جریان انتقالی شیره‌خام گیاه شود(۳۱).

غلظت کروم در اندام‌های هوایی گونه اسفناج و شاهی

جدول (۴) میزان غلظت کروم را در اندام‌های هوایی اسفناج نشان داده است. بررسی نتایج نشان داد که میزان غلظت کروم در اندام‌های هوایی اسفناج در تیمارهای ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، به‌صورت ۱۵۰>۱۰۰>۵۰> ۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. در خاک تیمار شده با کلریدکروم (۳) غلظت کروم در اندام‌های هوایی اسفناج با افزایش غلظت کروم در خاک افزایش یافت. در جدول (۵) می‌توان به تأثیر سطوح مختلف تیمار کلریدکروم (۳) بر قابلیت جذب کروم توسط گیاه اسفناج اشاره کرد و به‌این نتیجه رسید که اعمال سطوح مختلف تیمار کلریدکروم (۳) باعث افزایش معنی‌داری جذب فلز کروم در اندام‌های هوایی گیاه اسفناج شده است (P<۰/۰۱). وجود غلظت بیشتر کروم در خاک علتی برای افزایش این عناصر در گیاه گزارش می‌شود. این نتایج با نتایج گزارش شده در مورد (آفتابگردان وجعفری) مطابقت دارد (۱و۴).

هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کروم در خاک میزان غلظت آن در اندام‌های هوایی کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان غلظت کروم (۵۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

خشک) در تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد حال آن‌که در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ۱/ ۴۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، جذب کروم در اندام‌های هوایی صورت گرفته است. تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۵) نشان داد که بین میزان غلظت کروم در اندام‌های هوایی گونه شاهی در سطوح مختلف تیمار کلریدکروم (۳) اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۱).

کروم برای جذب، سازوکار به‌خصوصی ندارد. بنابراین، جذب این فلز سنگین از راه اشغال ناقل‌های عناصر ضروری گیاه انجام می‌شود. تأثیر سمی کروم بر گیاه و همین‌طور جذب، انتقال و انباشتگی آن در ابتدا وابسته به‌گونه فلزی آن است. همچنین کروم با آهن و فسفر نیز بر سر اتصال به ناقل‌ها رقابت دارند (۳۷). اسکفیگتون و همکاران (۳۴) سازوکار جذب کروم سه و شش ظرفیتی را در گیاه جو بررسی و مشاهده کردند که بخش عمده کروم (٦) به‌صورت فعال جذب می‌شود درحالی‌که کروم (۳) به‌طور عمده به‌صورت غیرفعال جذب می‌شود. آنان هم‌چنین با استفاده از مطالعات رادیواکتیویته مشاهده نمودند که کروم به‌طور عمده در آوندهای چوبی گیاه تحرک دارد. نتایج شانکر و همکاران (۳۳) نشان دادند که کروم به‌طور عمده در ریشه انباشته می‌شود و دلیل آن نیز غیرمتحرک شدن کروم در واکوئل‌های‌ریشه می‌باشد. این غیرمتحرک شدن کروم در واکوئل‌ها سبب کاهش سمیت کروم در گیاه می‌شود. اختلال در عمل غشای پلاسمایی H+ATPase عامل دیگری برای کاهش جذب در گیاهان تغذیه شده با کروم ذکر شده است. ATPase نقش مهمی در سازش به شرایط سمیت عناصر سنگین دارد. کاهش فعالیت ATPase طی شکستن پیوندهای‌غشایی‌که خود نتیجه تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌باشد، رخ می‌دهد. کاهش فعالیت ATPase سبب کاهش ترشح پروتون می‌شود که این تغییر سبب جلوگیری از انتقال فعال در غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه شده و در نتیجه از جذب عناصر غذایی جلوگیری می‌کند(۳۹).

مقایسه میزان غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی دو گونه اسفناج و شاهی

بررسی مقایسه میانگین میزان غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی دو گونه اسفناج و شاهی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). به‌عبارت دیگر هردو گونه از نظر میزان غلظت کادمیوم، رفتار مشابهی را نشان دادند به‌این معنی که با افزایش غلظت فلز در خاک میزان غلظت آن در اندام‌های هوایی روند رو به رشدی نشان داد.

این پیش‌فرض که با افزایش آلودگی کادمیومی در خاک، توانایی شاهی و اسفناج در جذب آن ثابت می‌ماند را می‌توان به حلالیت بالای کادمیوم نسبت داد زیرا بخشی از کادمیوم موجود در خاک می‌تواند با جریان ترجیحی از ریشه راه‌های به‌وجود آمده در خاک از منطقه ریشه‌دهی گیاه خارج گردد (۳).

مقایسه میزان غلظت کروم در اندام‌های هوایی دو گونه اسفناج و شاهی

در این بررسی مقایسه‌ای، مشاهده شد که بین میزان غلظت کروم در گونه‌های اسفناج و شاهی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (p<۰/۰۵). به‌این معنی که این دو گونه در جذب کروم از خاک و انتقال آن به اندام‌های هوایی رفتار متفاوتی نشان دادند. همان‌گونه که در جدول (۴) نشان داده شده است در گونه اسفناج با افزایش غلظت کروم در خاک میزان غلظت در اندام‌های هوایی افزایش نشان داده است. این درحالی‌است که در مورد گونه شاهی عکس این روند مشاهده گردید.

این غلظت‌ها به ویژگی‌های گیاهی (گونه گیاهی، اندام گیاهی) و اثرات متقابل فلزات سنگین و سمیت آنها بستگی دارد و گیاهان مختلف و حتی گیاهان یک گونه و بخش‌های مختلف یک گیاه رفتار متفاوتی در مقابل عناصر سنگین نشان می‌دهند(۲۱).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

جدول ٦. تعیین میزان فاکتور غلظت زیستی کادمیوم و کروم در دو گونه اسفناج و شاهی

گونه	عنصر	غلظت	فاکتور غلظت زیستی
اسفناج	کادمیوم	۵	۸/۹
	کادمیوم	۵۰	۲/۴
	کادمیوم	۱۰۰	۱/۵
	کروم	۵۰	۴/۹
	کروم	۱۰۰	۳
	کروم	۱۵۰	۲/۱
شاهی	کادمیوم	۵	۱۴/۲
	کادمیوم	۵۰	۳/۳
	کادمیوم	۱۰۰	۱/۸
	کروم	۵۰	۱۰/۴
	کروم	۱۰۰	۴/۵
	کروم	۱۵۰	۲/۷

بررسی میزان تجمع کادمیوم و کروم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی به‌عنوان گیاهان انباشت‌گر کادمیوم و کروم

پاسخ گیاهان در محیط‌هایی با غلظت زیاد فلزات سنگین، به دوصورت است. مکانیسم اول اجتناب است که گیاهان از جذب و انتقال فلزات به درون خود جلوگیری می‌کنند و این گیاهان غیرانباشت‌کننده نامیده می‌شوند. مکانیسم دوم تجمع و کده‌بندی فلزات است که گیاهان دارای این مکانیسم، ظرفیت بسیار بالایی برای جذب فلزات توسط ریشه‌ها و انتقال و ذخیره آن دراندام‌های هوایی دارا می‌باشند، این گیاهان را بیش از حد انباشت‌کننده می‌نامند (۱۰).

باتوجه به نتایج (جدول۲و۴) غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی گیاه اسفناج از حداقل ۲۵/۱ تا حداکثر۱۵۲ و در اندام‌های هوایی گیاه شاهی از حداقل ۲۹/۹ تا حداکثر ۱۸۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود. هم‌چنین غلظت کروم نیز در اندام‌های هوایی اسفناج از حداقل ۱۸۵/۴ تا حداکثر ۳۱۹/۰٦ و در اندام‌های هوایی شاهی از حداقل ۱۲۴/۱ تا ۵۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. در گیاهان بیش تجمع‌دهنده غلظت فلز کادمیوم در اندام‌های هوایی باید بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و برای کروم بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد (۱۱). بنابراین براساس نتایج، اسفناج و شاهی ازنظر تجمع کادمیوم در اندام‌های هوایی جز گیاهان بیش تجمع‌دهنده می‌باشد اما از نظر تجمع کروم این خصوصیت را دارا نمی‌باشند و عمدتاً به‌عنوان گیاهانی که پتانسیل مناسبی در حذف کروم از محیط دارد معرفی می‌گردند.

حلالیت کادمیوم در خاک ممکن است تحت تأثیر فعالیت‌های شیمیایی یا میکروبی موجود در ریزوسفر قرارگیرد که باعث افزایش غلظت کادمیوم در محلول خاک می‌شود. غلظت کادمیوم در محلول خاک می‌تواند منجر به پاسخ‌های متفاوتی در گیاهان شود(۳۵).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

فاکتور غلظت زیستی

فاکتور غلظت زیستی شاخصی برای توانایی گیاه در تجمع یک فلز خاص نسبت به غلظت آن فلز در بستر خاک می‌باشد. تغییر در میزان فاکتور تجمع زیستی به زیست‌توده هر گیاه و غلظت عنصر بستگی دارد. براساس فاکتور غلظت زیستی پتانسیل گونه گیاهی برای تثبیت و استخراج گیاهی مشخص می‌شود و از میزان BCF>۱ برای همین‌منظور استفاده می‌شود (۱۹). بنابراین باتوجه به نتایج جدول ٦ گونه‌های اسفناج و شاهی از قدرت جذب و انتقال کروم و کادمیوم از خاک به اندام‌های هوایی برخوردار هستند. لذا گیاه اسفناج و شاهی برای گیاه‌پالایی در خاک‌های آلوده به کروم و کادمیوم مناسب می‌باشند اما در غلظت‌های بالای کروم استفاده از گیاه شاهی جهت گیاه‌پالایی توصیه نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این پژوهش، نتایج به‌صورت زیر خلاصه می‌گردند:

- غلظت کادمیوم و کروم در اندام‌های هوایی اسفناج و شاهی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت تیمارهای به‌کار رفته در خاک می‌باشد. در تمامی مشاهدات، با افزایش غلظت فلز در خاک، میزان غلظت آن فلز در اندام‌های هوایی افزایش نشان داد.اما در مورد فلزکروم در گونه شاهی، برعکس این روند مشاهده گردید.
- مشخص گردید که در غلظت‌های بالای آلودگی به کروم می‌توان از گیاه اسفناج و در غلظت‌های پایین آلودگی به کروم می‌توان از هر دو گیاه اسفناج و شاهی استفاده نمود؛ زیرا در غلظت‌های بالای آلودگی به کروم، میزان تجمع این فلز در گیاه شاهی روند نزولی دارد.
- در مناطقی که هدف از کاشت اسفناج و شاهی، مصرف خوراکی آن است (نه به‌عنوان گیاه‌پالایی) بایستی به مشکل بالا بودن کادمیوم وکروم در بافت این گیاهان توجه ویژه گردد.

منابع مورد استفاده

۱. پیروز، پ.س.، خ. منوچهری‌کلانتری و ف. نصیبی. ۱۳۹۱. بررسی فیزیولوژیک گیاه آفتابگردان تحت تنش کروم: تأثیر بر رشد، تجمع و القای تنش اکسیداتیو (*Helianthus annuu*) در ریشه آفتابگردان، زیست‌شناسی گیاهی. ۱۱: ۷۳-۸۶ .

۲. حسینی، س .ع.، م. یوسفی‌راد، د. ارادتمند اصلی، س .م. ر. احتشامی. ۱۳۹۰. توانائی جذب و توزیع عنصر کادمیوم در اندام‌های گیاه ارزن با حضور باکتری محرک رشد. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، آبان ۹۰، ساوه.

۳. خداوردی‌لو، ح. و م. همایی. ۱۳۸۶. مدل‌سازی پالایش سبز خاک‌های آلوده به سرب و کادمیوم، مجله علوم و فنون کشاورزی. ۴۲: ۴۱۷-۴۲۶.

۴. ذاکر، آ.، م. لاهوتی، پ. ابریشم چی و ح. اجتهادی. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر انباشتگی Cr^{+3} و Cr^{+6} بر رشد و میزان کلروفیل در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*). مجله زیست‌شناسی ایران. ۱۸: ۱۰۱- ۱۰۹.

۵. عابدی‌کوپایی، ج.، ر. دادمهر و ف. جولازاده. ۱۳۸٦. گیاه‌پالایی روشی برای کاهش آلایندگی پسماندهای صنعتی. یازدهمین کنگره سالانه انجمن مهندسین متالورژی ایران، اصفهان.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

٦. فرزانگان، ز.، غ. ر. ثواقبی، ح. میرسیدحسینی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر مواد اصلاحی گوگرد و اسید سیتریک در گیاه جذبی کادمیوم و سرب از یک خاک آلوده، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵: ۷۴۵-۷۳٦.

۷. گلبابایی، ف.، م. استادی، ک. محمد و استادی، آ. تیرگر و س. ج. شاه‌طاهری. ۱۳۸۶. امکان‌سنجی پایش‌های بیولوژیکی به‌منظور بررسی میزان مواجهه آبکاران با کروم شش ظرفیتی، مجله دانشکده بهداشت و انسیتو تحقیقات بهداشتی. ۳: ۱۵-۲۲.

۸. محمدی، م.، د. حبیبی، م. ر. اردکانی و ا. اصغرزاده. ۱۳۸۹. ارزیابی قدرت جذب و اندوزش گیاه یونجه یک‌ساله (*Medicago scutellata*) در خاک‌های آلوده به کادمیوم، اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی پاییز. ۲(۳): ۲۴۷-۲۶۰.

9. .Bahnasawy, M., A. A. Khidr and N. Dheina. 2009. Seasonal Variations of HeavyMetalsConcentrations in Mullet, *Mugil Cephalus* and *Liza Ramada* (Mugilidae) from Lake Manzala, Egypt. J. Plant Nutr. 5(7): 845-852.
10. Baker, A.J.M. 1981. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals. J. Biorecovery. 3: 643-654.
11. Baker, A.J.M., R.R. Brooks. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements and review of their distribution, Ecology and Phytochemistry. J. Geoderma. 1: 81-126
12. Boruvka, L., O. Vacak and J. Jeilicka. 2005. Principle Component Analysis as a tool to indicate the origin of potentially toxic elements in soil. J. Geoderma 28: 289-300.
13. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. P. 1085-1122. In Sparks, D.L. *et al*., Method of soil analysis, Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
14. Ciura, J., M. poniedzialek, A. Sekara and E. Jedrszczyk. 2005. The possibility of using crops as metal phytoremediations. J. Environ. Stud. 14: 17- 22.
15. Ebrahimpour, M. and I. Mushrifah. 2008a. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. J. Environ. Geol. 54: 689– 698.
16. Ebrahimpour, M. and I. Mushrifah. 2008b. Heavy metal concentrations in water and sediments in TasikChini, a fresh water lake, Malaysia. J. Environ. Monit. Assess. 141: 297–307.
17. Ghaderian, S.M., G.R. Hemmat, R.D. Reeves and A.J.M. Baker. 2007. Accumulation of lead and zinc by plants colonizing a metal mining area in Central Iran. J. Appl. Bot. Food Qual. 18: 145-150.
18. Gee, G.W., J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In klute (Ed.), Methods of soilanalysis Part 2nd ed., Agron. Monger. 9. ASA and SSSA. Madison, WI. P. 383-409.
19. Ghosh, M. and S. P. Singh. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products. J. Appl. Ecol. Environ. Res. 3: 1-18.
20. Heidari, M. and S. Sarani. 2011. Effects of lead and cadmium on seed germination, seeding growth and antioxidant enzymes activies of mustard (*Sinapis arvensis* L.). Asian Research Publishing Network. J. Agric. Biol. Sci. 6: 44-47.
21. Kabata-pendias, A. 1992. Trace elements in soils and plants.CRC press, Bocu Raton, fl.Kamala, M., Ghalya, A. E., Mahmouda, N., Cote, R. (2004). Phyto accumulation of heavy metals by aquatic plants. J. Environ Int. 29: 1029– 1039.
22. Kaznina, N.M., A.F. Titov, G.F. Laidinen and A.V. Talanov. 2009. *Setaria Viridis* tolerance of high zinc concentrations. J .Biol. Bull. 36: 575-581.
23. Kuo, S. 1996. Phosphorus. P. 869-920. In Sparks, D. L. *et al*., Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
24. Lindsay, W.L., W.A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. J. Soil Sci. Soc. Am. 42: 421-428.
25. Michalak, I., A. Zielinska, K. Chojnacka and J. a. Matul. 2007. Biosorption of Cr (III) by Microalgae and Macroalgae: Equilibrium of the Process. Am. J. Agric. Biol. Sci.2 (4): 284-290.
26. Nelson, B.W., L.E. Sommers. 1986 .Total carbon, organic carbon and organic matter. In: A.L.Page *et al*. (Ed.), Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed., Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, WI. p. 539-577.
27. Ouyang, Y. 2002. Phytoremediation: modeling plant uptake and contaminant transport in the soil–plant–atmosphere continuum. J. Hyd. 266: 66–82.
28. Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. In: A.L. Page (Editor). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed., Agron. monoger. 9. ASA and SSSA. Madison, WI. pp. 167-179.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]

29. Riley, R.G., J. M. Zachara and F.J. Wobber. 1992. Chemical Contaminants on DOE Lands and Selection of Contaminated Mixtures for Subsurface Science research. Department of Energy Office of Energy Research. Subsurface Science Program Washington, D.C. 20585.
30. Robinson, B., C. L. Duwig, N. Bolan, M. Kannathasan and A. Saravanan. 2003. Uptake of arsenic by New Zealand watercress (Lepidium sativum). J. Sci. Total Environ. 301: 67–73.
31. Salt, D.E., R.D. Smith, I. Raskin. 1998. Phytoremediation. J. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 49: 643-668.
32. Sayyari-Zahan, M.H., U.S. Sadana, B. Steingrobe, N. Claassen. 2009. Manganese efficiency and maganese-uptake kinetics of raya (Brassica juncea), wheat (Triticum aestivum), and oat (Avena sativa) grown in nutrient solution and soil. J. Plant Nutr. Soil Sci.172: 425-434.
33. Shanker, A.K., M. Djanaguiraman, R. Sudhagar, C.N. Chandrashekar and G. Pathmanabhan. 2004. Differential antioxidative response of ascorbate glutathione pathway enzymes and metabolites to chromium speciation stress in green gram (Vigna radiata (L) R Wilczek, cv CO 4) roots. J. Plant. Sci. 166: 1035– 1043.
34. Skeffington, R.A., P.R. Shewry and P.J. Petersen. 1976. Chromium uptake and transport in barley seedlings Hordeum vulgare. Planta. 132: 209– 214.
35. Stritsis, C. 2010. Dissertation of ph.D. Shoot Cadmium Concentration of Soil Grown Plants as Related to their Root Prope rties. Department of Crop Sciences. J. Plant Nutr. Georg August University of Goettingen.
36. Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. P. 475-490. In Sparks, D.L. *et al*., Method of soil analysis, Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
37. Wallace, A., S.M. Soufi, J. W. Cha and E.M. Romney. 1976. Some effects of chromium toxicity on bush bean plants grown in soil. J. Plant Soil. 44: 471–473.
38. Yanga, Y., F.S. Zhanga, H. f. Li and R. F. Jianga. 2009. Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. J. Environ. Manage. 90: 1117-1122.
39. Zaccheo, P., P.L. Genevini and S. Cocucci. 1982. Chromium ions toxicity on the membrane transport mechanism in segments of maize seedling roots. J. Plant Nutr. 5: 1217– 1227.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.1.0]