بررسی اثر بیوچار و سوپر جاذب بر گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به کادمیوم به‌وسیله گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L .)

آرش برزو*[۱]، محمد رضا ممیزی[۱]، علیرضا نوروزی[۲]

Effect of biochar and supper absorbent on remediation of Cadmium by sunflower(*Helianthus annuus* L .) from contaminated soil

دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲۱ پذیرش:۱۴۰۲/۲/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر بیوچار و سوپرجاذب در گیاه پالایی خاک آلوده به کادمیوم توسط گیاه آفتابگردان آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد ورامین- پیشوا و قرچک به اجرا درآمد.

آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل: فاکتور اول بیوچار در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۴ گرم در کیلوگرم خاک و فاکتور دوم سوپرجاذب در دو سطح ۰ و ۴ گرم در کیلوگرم خاک بود. به خاک گلدان‌ها ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم از منبع سولفات کادمیوم اضافه شدند و سپس در هر گلدان ۳ عدد بذر آفتابگردان رقم آذر گل کاشته شد که پس از دوهفته دو تا از آنها تنک گردید. ۷۵ روز بعد از کاشت گیاهان برداشت و میزان کادمیوم برگ، ساقه، ریشه، دانه و روغن در آنها اندازه‌گیری شد. ضریب جذب و ضریب انتقال کادمیوم نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که بیوچار و سوپرجاذب هر یک به تنهایی بر میزان کادمیوم ساقه، کادمیوم ریشه و ضریب جذب تأثیر معنی داری داشت و در مورد اثر متقابل نیز تنها تأثیر معنی‌دار بر میزان کادمیوم ساقه مشاهده شد. طبق نتایج بدست آمده اضافه نمودن ۴ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک بیشترین میزان افزایش معنی‌دار در میزان کادمیوم ساقه، ریشه و ضریب انتقال را باعث شده است و کمترین آنها در تیمار شاهد مشاهده گردید. در بین تیمارهای سوپرجاذب نیز بیشترین محتوی کادمیوم در ساقه، ریشه و ضریب انتقال مربوط به تیمار ۴ گرم سوپرجاذب و کمترین محتوی کادمیوم ساقه، ریشه و ضریب انتقال مربوط در تیمار شاهدحاصل گردید.

کلمات کلیدی: بیوچار، سوپرجاذب، کادمیوم، گیاه پالایی، آفتابگردان

مقدمه

از دیدگاه جهانی، خاک پس از آب و هوا سومین جزء عمده محیط زیست انسان تلقی می شود. آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر اثرات زیان بار بر جوامع گیاهی و جانوری خاک و آلودگی منابع آبهای زیر زمینی از طریق آبشویی، موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت به خطر افتادن سلامتی افراد جامعه و دیگر موجودات زنده می شود . اگرچه فلزات سنگین می توانند به طور طبیعی و از طریق هوادیدگی سنگ ها و کانی ها و طی فرآیند خاک سازی در خاک تجمع یابند، اما این منبع طبیعی در مقایسه با فعالیتهای دارای اهمیت کمی می باشد .(Nabizadeh *et al.*, 2005) گیاه پالایی، به عنوان یک روش سازگار با محیط زیست در پاکسازی اراضی آلوده به کادمیوم به کار می رود. گیاه آفتاب گردان یکی از گیاهانی است که ضریب جذب بالایی دارد و مناسب برای گیاه پالایی می باشد (Joonki et al., 2006; McGrath et al., 2002; Mohamedin et al., 2006; Ghosh and Singh., 2005). کارآیی گیاه جاذب در پالایش خاک بستگی به دوعامل زیست توده تولیدی و غلظت فلز در زیست توده دارد. بنابراین می توان با اعمال تیمارهای مناسب و مدیریت زراعی خوب تولید زیست توده و زیست فراهمی فلز در خاک و جذب آن توسط گیاه تجمع کننده را افزایش داد (Kayser et a., l 2000). کادمیوم از سمی ترین عناصری است که به دلیل استفاده از کودهای فسفره با ناخالصی کادمیوم و یا لجن فاضلابها، در راستای مدیریت زراعی اراضی کشاورزی گسترش وسیعی دارد. برخی از گیاهان در هر هکتار سالانه مقادیر بسیار زیادی ریشه تولید می کنند که این امر می تواند به جذب آلاینده ها و تجمع آن ها در گیاه کمک کند و ممکن است به کمک چنین گیاهانی، یک منطقه آلوده را ظرف ۲ تا ۳ سال از آلودگی پاک کرد. گیاهانی مانند خردل هندی، آفتابگردان، تنباکو، چاودار و ذرت دارای این توانایی هستند. آنها دارای قدرت جذب فلزات سنگین هستند که در این میان، آفتابگردان

[۱] استادیار گروه اگرو اکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا و قرچک

[۲] دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشدگروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی،واحد ورامین-پیشوا و قرچک.

* نویسنده مسئول: arash_borzou@yahoo.com

بیشترین قدرت و توانایی را دارد (Mohamedin et al., 2006). گیاه آفتابگردان به عنوان گیاه بیش‌اندوز در خاکهای آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار می گیرد و به دلیل بالا بودن فاکتور انتقال در این گیاه و همچنین زیست توده تولیدی بالای آن، در مجموع راندمان گیاه پالایی بالایی دارد. همچنین ضریب انتقال بالای آفتابگردان را می توان به ریشه دهی و در نتیجه ترشحات ریشه ای آن نسبت داد (خسروی و همکاران, ۱۳۸۸). بیوچار از تجزیه حرارتی زیست توده و تحت فرایند پیرولیز تولید می شود. بر روی سطح خود دارای گروه های الی زیادی است که پتانسیل آن را برای ایجاد کمپلکس با یون های فلزی افزایش می یابد. تاثیر کاربرد بیوچار بر عملکرد آفتاب گردان و برخی ویژگیهای شیمیایی خاک موجب افزایش رشد گیاه آفتابگردان و جذب بیوچار می گردد. با افزایش سطح بیوچار خاک میزان غلظت کادمیوم در اندام های گیاه آفتابگردان افزایش می یابد همچنین خصوصیات کمی گیاه آفتابگردان از جمله طول ساقه، طول ریشه، وزن اندام هوایی و ریشه افزایش می یابد. (Joonki et al., 2006) رزینهای سوپرجاذب مواد اصلاح کننده شامل هیدروژلها و پلیمرهای به شدت آبدوست هستند که ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب جاذب همچنین مشکل شسته شوی سریع کودها و آلودگی آبهای زیرزمینی را نیز برطرف می سازد. با توجه به pH نزدیک به خنثی سوپرجاذب که بین ۶ تا ۷ است، اثر سوء بر خاک نداشته و هیچگونه سمیتی نیز ندارد. این سوپرجاذبها پس از ۳ تا ۵ سال بسته به نوع آن و ترکیب خاک، توسط میکرو ارگانیسمها تخریب می شوند و لذا آلودگی زیست محیطی ایجاد نمی کنند.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در جنب گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد انجام شد.

در آزمایش حاضر فاکتور اول بیوچار در چهار سطح عدم تیمار خاک با بیوچار به عنوان شاهد، و به ترتیب مقادیر ۱، ۲ و ۳ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک مورد آزمایش و فاکتور دوم سوپر جاذب (پلی اکریل اکرپلات پتاسیم) در دو سطح عدم تیمار خاک با سوپرجاذب به عنوان شاهد و چهارگرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک مورد آزمایش بود.

تیمارهای بیوچار و سوپرجاذب قبل از کاشت بذر در گلدان ها اعمال شد و سپس به تمامی گلدان‌های (۱۰ کیلوگرمی) مقدار ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم از منبع سولفات کادمیوم اضافه شد.

قبل از اجرای آزمایش از خاک مورد نظر نمونه برداری گردید وخصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شامل بافت خاک به روش هیدرومتر بایکاس، pH و EC در عصاره گل اشباع و به وسیله دستگاه pH متر و EC متر، ماده آلی و نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، فسفر به روش اولسن و پتاسیم به روش فیلم فتومتری اندازه گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table1.physical and chemical properties of soil.

K mg/kg	P mg/kg	%N	٪ کربن آلی Organic carbon	EC	pH	بافت Soil texture
678	62	0.213	0.79	2.46	7.43	Sandy loam

به تمامی ۲۴ گلدان ۱۰ کیلوگرمی مورد آزمایش مقدار ۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم از منبع سولفات کادمیوم اضافه شد و مقادیر مختلف بیوچار و سوپرجاذب طبق تیمارهای مربوطه اضافه گردید. روز بعد از آلوده کردن خاک در هر گلدان ۳ عدد بذر آفتابگردان رقم آذرگل کاشته شد. پس از یک هفته دو عدد از گیاهچه ها را حذف و یک عدد که از شرایط بهتری برخوردار بود نگه داشته شد. رطوبت خاک بوسیله آب غیر شور در حدود ظرفیت زراعی آبیاری و پس از پایان دوره رشد (۷۳ روز بعد از کاشت) و به بذر رفتن گلها، گیاهان برداشت شد.

جهت انجام آزمایش ها ابتدا گیاهان از دو سانتی متری سطح خاک برداشت و ریشه ها با آب مقطر شستشو و به آرامی از خاک جداشد و پس از خشک کردن به مدت ۳ روز داخل خشک کن (آون) با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه تعیین شد.

میزان کادمیوم برگ، ساقه، ریشه و دانه نیز به روش سوزاندن گیاه و توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد.

ضریب جذب :عبارت است از مقدار کادمیوم ریشه بر مقدار کادمیوم خاک .

غلظت خاک/غلظت ریشه = Bio Concentration Factor(BCF)

ضریب انتقال: عبارت است از مقدار کادمیوم اندام هوایی بر مقدار کادمیوم ریشه.
غلظت ریشه /غلظت اندام هوایی =Translocoyion Factor (TF)

برای تجزیه آماری داده های آزمایش از نرم افزار spss استفاده شد.مقایسه میانگین ها در سطح احتمال ۵٪ و با آزمون دانکن انجام شد .برای رسم نمودارها از نرم افزارExcel استفاده شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج اثر بیوجار و سوپرجاذب بر محتوی کادمیوم ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر متقابل بیوچار و سوپرجاذب نیز بر میزان کادمیوم ساقه در سطح پنج درصد معنی دار بود . (جدول ۲)

مقایسه میانگین ها بین سطوح مختلف بیوچار نشان داد که بیشترین میزان کادمیوم ساقه در تیمار چهارگرم بیوچار در کیلوگرم خاک با میانگین ۱.۵۵ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک حاصل شد و کمترین میزان کادمیوم در تیمار شاهد با میانگین ۱.۰۶ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بدست آمد. اضافه نمودن چهار گرم بیوچار در کیلوگرم خاک ۴۶درصد کادمیوم ساقه را افزایش داد. (شکل ۱)

در بین تیمارهای سوپرجاذب بیشتری محتوی کادمیوم مربوط به تیمار چهار گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک با میانگین ۱.۶۸ میلی گرم بر کیلو گرم ماده خشک و کمترین محتوی کادمیوم ساقه مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱.۰۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک حاصل گردید که نشان دهنده افزایش ۶۶درصد کادمیوم ساقه می باشد (شکل ۲)

یشترین میزان کادمیوم ساقه در تیمار چهار گرم بیوچار در کیلوگرم خاک و چهار گرم سوپرجاذب بر کیلوگرم خاک با میانگین ۱.۷۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بدست آمد. (شکل ۳)

افزایش بیوچار و سوپرجاذب به علت جذب بهتر آب و مواد غذایی سبب طویل شدن سلول و اتساع آن می‌گردد و افزایش طول ساقه باعث ذخیره بیشتر کادمیوم ساقه می شود. همچنین با افزایش ماده الی خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی جذب کادمیوم توسط ریشه و به دنبال آن انتقال کادمیوم به اندام های هوایی را در پی دارد. در مطالعه ای نتایج مشابه در رابطه با افزایش غلظت کادمیوم در ساقه های گندم با افزایش میزان سوپرجاذب بدست آمد. سوپرجاذب کادمیوم را به خود جذب می کند که می تواند به دلیل حل شدن کادمیوم در آب باشد، و ریشه گیاه کادمیوم را به همراه آب جذب می کند و به علت تحرک زیاد کادمیوم به بخش های دیگر گیاه انتقال می یابد.(Smolders and Mclaughlin., 1996)

جدول ۲ تجزیه واریانس کادمیوم ساقه، ریشه، دانه، برگ، اندام هوایی، روغن آفتابگردان در تیمارهای بیوچار و سوپر جاذب.

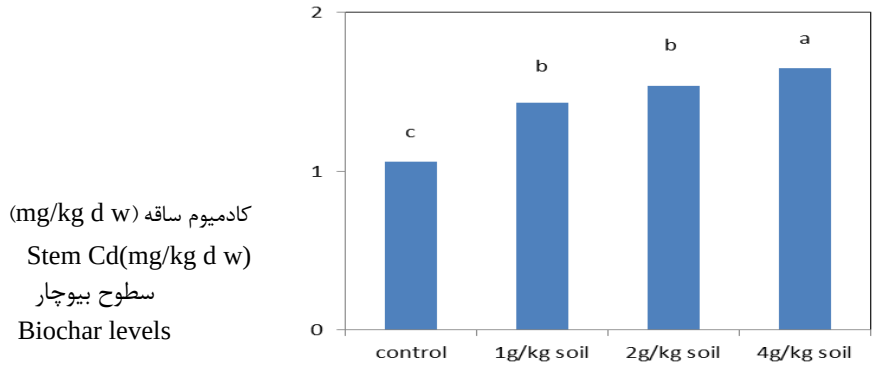
Table 2. Variance analysis of Cd in stem, root, seed, leaf, shoot and oil of sunflower in biochar and superabsorbent treatments.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی Df	کادمیوم ساقه cadmium in stem	کادمیوم ریشه cadmium in root	کادمیوم دانه cadmium in seed	کادمیوم برگ cadmium in leaf	کادمیوم اندام هوایی cadmium in shoot	کادمیوم روغن cadmium in oil
بیوچار (B)	۳	0.317**	55.191**	0.108ns	0.139ns	0.092ns	0.011ns
سوپرجاذب (S)	۱	2.018**	14.648**	0.549ns	0.085ns	0.123ns	0.462ns
اثر متقابل(B*S)	۳	0.167*	13.355ns	0.052ns	0.096ns	0.137ns	0.028ns
اشتباه(Eroor)	۱۶	0.042	35.895	0.300	0.098	0.124	0.009
ضریب تغیرات (CV)		14.69	16.59	31.71	16.84	8.75	8

ns عدم تفاوت معنی دار* در سطح ۵درصد و ** در سطح ۱درصد معنی دار می باشد.

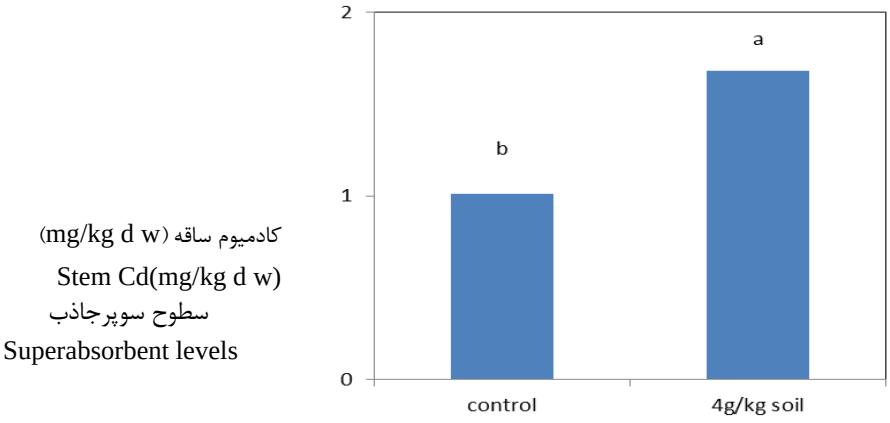
significant at the 1% level ** , significant at the 5% level :* , not significant difference : ns.

میزان کادمیوم : میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک
amount of Cd: mg/Kg Dry Weight



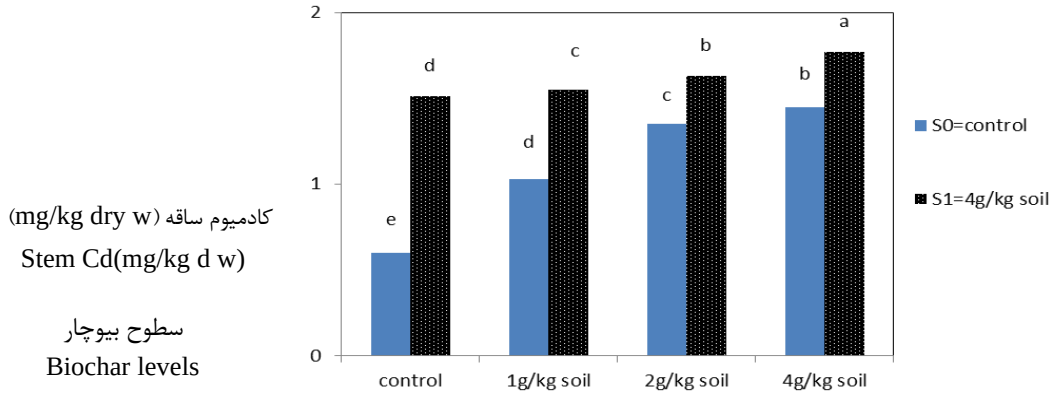
شکل ۱ اثر سطوح مختلف بیوچار بر کادمیوم ساقه

Figure 1: Effect of different levels of biochar on stem Cd



شکل ۲ اثر سطوح مختلف سوپر جاذب بر کادمیوم ساقه

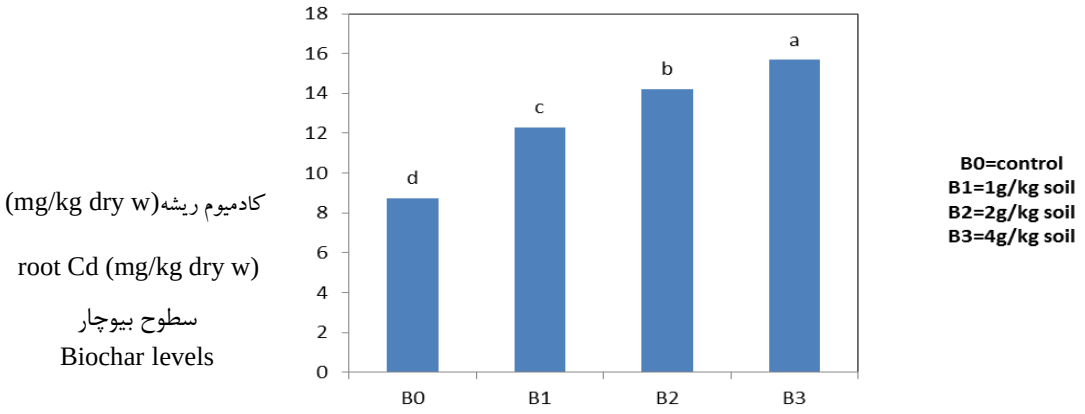
Figure 2: Effect of different levels of superabsorbent on stem Cd



شکل۳ اثر متقابل بیوچار و سوپرجاذب بر کادمیوم ساقه

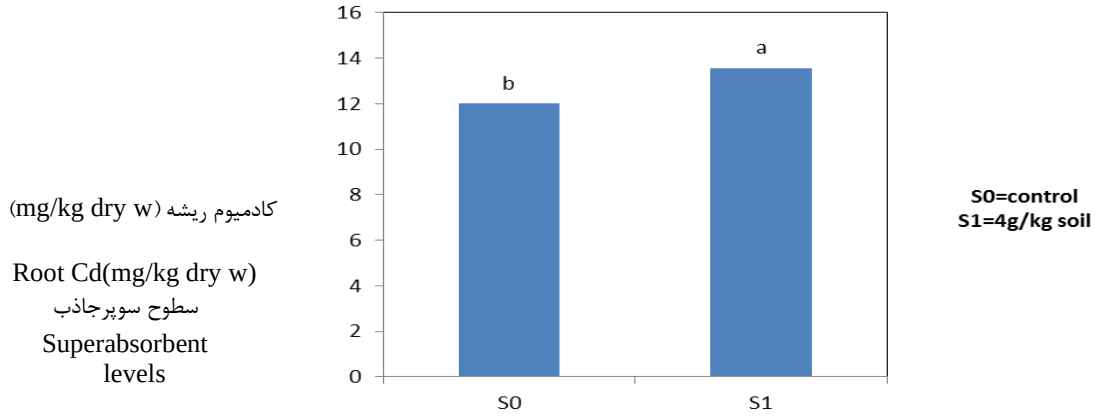
Figure 3: Interaction effect of biochar and superabsorbent on stem Cd

بر طبق نتایج اثر بیوچار و سوپرجاذب بر محتوی کادمیوم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.(جدول۲) مقایسه میانگین های اثرات ساده نشان داد که بین سطوح مختلف بیوچار بیشترین میزان کادمیوم ریشه در تیمار چهارگرم بیوچار در کیلوگرم خاک با میانگین ۱۵/۶۸ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک حاصل شد.و کمترین میزان کادمیوم در تیمار شاهد با میانگین ۸/۷۵میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بدست آمد.(شکل ۴) در بین تیمارهای سوپرجاذب بیشتری محتوی کادمیوم ریشه مربوط به تیمار چهار گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک با میانگین ۱۶.۵۷ میلی گرم بر کیلو گرم ماده خشک و کمترین محتوی کادمیوم ریشه مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱۲.۰۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک حاصل گردید. (شکل ۵) ولی اثر متقابل بیوچار و سوپرجاذب بر میزان کادمیوم ریشه معنی دار نبود . (جدول۲) کادمیوم در ریشه و اندام هوایی انباشته می شود و بخش زیادی از این عنصر در ریشه ها تجمع می گردد. گزارش شده است که محل اولیه تجمع کادمیوم ریشه بوده و مقداری از آن به اندام های هوایی منتقل می شود.(Smolders and Mclaughlin., 1996) نتایج میزان کادمیوم در ریشه نسبت به سایر اندام های گیاه نشان می دهد که بیشترین جذب کادمیوم در ریشه است. بیوچار و سوپرجاذب با فراهم نمودن شرایط مناسب و دردسترس قراردادن کادمیوم در اطراف تارهای کشنده ریشه میزان جذب کادمیوم در ریشه را بالا می برد. (قاسمی, ۱۳۸۳)



شکل ۴ اثر سطوح مختلف بیوچار بر کادمیوم ریشه

Figure 4: Effect of different levels of biochar on root Cd



شکل ۵ اثر سطوح مختلف سوپرجاذب بر کادمیوم ریشه

Figure 5: Effect of different levels of superabsorbent on root Cd

بر طبق نتایج تجزیه واریانس بیوچار و سوپرجاذب بر محتوی کادمیوم دانه، برگ، اندام هوایی و روغن اثر معنی‌دار نداشتند. (جدول ۲) همچنین اثرات متقابل سوپرجاذب و بیوچار بر روی کادمیوم دانه، برگ، اندام هوایی و روغن معنی‌دار نبود. (جدول ۲)

ضریب جذب کادمیوم، میزان کادمیوم ریشه نسبت به میزان کادمیوم خاک است. اثر بیوچار در سطح پنج درصد و سوپرجاذب در سطح احتمال یک در صد بر ضریب جذب کادمیوم معنی دار بود. (جدول ۳) مقایسه میانگین ها بین سطوح مختلف بیوچار نشان داد که بیشترین ضریب جذب کادمیوم در تیمار ۴ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک با میانگین ۰.۲۹۷ و کمترین ضریب جذب کادمیوم در تیمار شاهد با میانگین ۰.۱۷۹به دست آمد. (شکل ۶) در بین تیمار های سوپرجاذب بیشترین وکمترین ضریب جذب مربوط به ۴ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک و تیمار شاهد با میانگین های ۰.۲۹۱و۰.۲۱۱به دست آمد. (شکل ۷) ریشه گیاه کادمیوم را عمدتا به صورت cd^{2+} از محلول خاک جذب می کند جذب فلزا ت سنگین از جمله کادمیوم به دو صورت فعال و غیر فعال است و مقادیر فلزات سنگین جذب شده توسط گیاهان با غلظت این فلزات در محلول خاک بستگی دارد و گونه ها ارقام گیاهی از نظر توانایی در جذب و مقاومت به فلزات سنگین متفاوت می باشد. (Binghum et al, 2004)

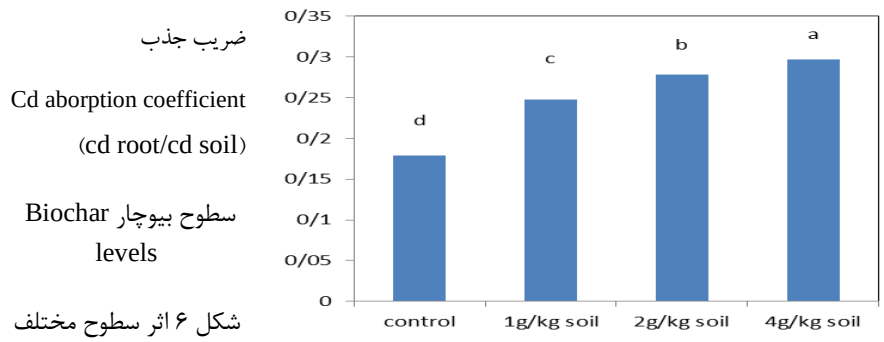
جدول ۳ تجزیه واریانس ضریب جذب کادمیوم، ضریب انتقال کادمیوم، جذب کل ریشه و جذب اندام هوایی در تیمارهای بیوچار و سوپرجاذب

Table 3. Variance analysis of Cd aborption coefficient, Cd transfer coefficient, total root and shoot Cd absorption in biochar and superabsorbent treatments.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ضریب جذب کادمیوم	ضریب انتقال کادمیوم	جذب کل ریشه	جذب کل اندام هوایی
SOV	df	Cd aborption coefficient	Cd transfer coefficient	root Cd absorption	shoot Cd absorption
بیوچار (B)	3	0.016*	0.013ns	0.82 ns	0.75 ns
سوپرجاذب (S)	1	0.037**	0.007ns	0.97 ns	0.91 ns
اثر متقابل (B*S)	3	0.007 ns	0.008ns	1.01 ns	1.02 ns
اشتباه (Eroor)	16	0.004	0.016	2.73	2.52
ضریب تغیرات (CV)		22.28	17.76	9.75	8.75

ns عدم تفاوت معنی دار* در سطح ۵ درصد و ** در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد.

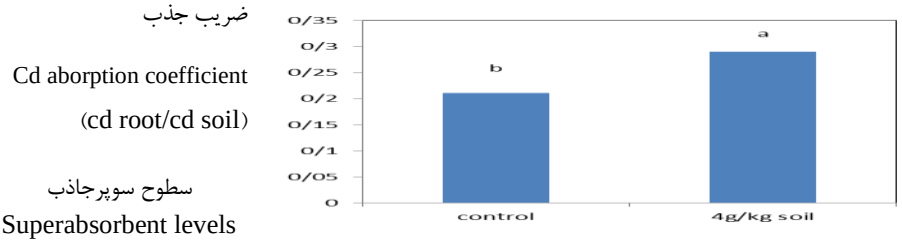
ns: not significant difference , *: significant at the 5% level , ** significant at the 1% level.



شکل ۶ اثر سطوح مختلف بیوچار بر ضریب جذب کادمیوم

Figure 6: Effect of different levels of biochar on Cd aborption coefficient

/



شکل ۷ اثر سطوح مختلف سوپرجاذب بر ضریب جذب کادمیوم

Figure 7: Effect of different levels of superabsorbent on Cd aborption coefficient

ضریب انتقال نسبت میزان کادمیوم اندام هوایی به کادمیوم ریشه است که توان انتقال عناصر از ریشه به اندام هوایی را مشخص می کند. بر طبق نتایج جدول واریانس بیوچار و سوپرجاذب و اثر متقابل آن تفاوت معنی داری از نظر آماری بر ضریب انتقال ندارد.(جدول ۳)

جذب کل ریشه

جذب کل ریشه برابر است باوزن ریشه درغلظت کادمیوم ریشه که مطابق بانتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس بیوچار و سوپر جاذب وهمچنین اثر متقابل آنها برجذب کل ریشه اثر معنی داری نداشته است. (جدول ۳)

دربین تیمارهای بیوچار بیوچار بیشترین وکمترین میزان جذب کل ریشه مربوط به تیمار چهار گرم بر کیلوگرم خاک و تیمار شاهد با میانگین ۷.۸۵و۵.۴۳ میلی گرم در کیلو گرم ماده خشک به دست آمد.

جذب کل اندام هوایی

برطبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس بیوچار وسوپرجاذب اثر معنی داری برجذب کل اندام هوایی نداشتند. همچنین اثر متقابل آنها نیز معنی دار نبود. (جدول ۳)

نتیجه گیری

طبق نتایج به دست آمده هم بیوچار و هم سوپر جاذب باعث افزایش معنی دار مقدار کادمیوم در ریشه، ساقه و افزایش معنی دار ضریب جذب شده‌اند به عبارت دقیقتر همانگونه که انتظار میرفت سوپر جاذب و بیوچار شرایط برای جذب کادمیوم از خاک آلوده توسط کیاه را بهبود بخشیده اند و می توان از آنها برای بهبود گیاه پالایی و افزایش پاکسازی جذب کادمیوم استفاده کرد. از طرفی با توجه به معنی دار نبودن تأثیر این دو ماده در افزایش کادمیوم در روغن میتوان از روغن به دست آمده استفاده کرد.

منابع

۱. خسروی, ف., ثواقبی, ق., ر, و فرحبخش, م. ۱۳۸۸. اثر کلرید پتاسیم بر جذب کادمیوم توسط کلزا و آفتابگردان در یکخاک آلوده . نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۳۵-۲۸ : (۳)۲۳.

۲. قاسمی، م. ۱۳۸۳. اثر مقادیر مختلف پساب بر رشد ده رقم چمن آفریقایی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.۱۰۷ صفحه.

۳. علیزاده، ا.، حق نیا، غ.، نقیبی، ا.، ۱۳۸۲. استفاده از فاضلاب های تصفیه شده خانگی در آبیاری، کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، صفحه‌های ۳۵۲ – ۳۳۲.

4. Joonki, Y., Xinde, C., Qixing, Z. and Lena, Q.. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment. 368: 456-464.
5. Kayser A., Wenger K., Keller A., Attinger W., and Schulin R., Enhancement of Phytoextraction of Zn,Cd and Cu from calcareous soil.The use of NTA and Sulfur amendments.Environ.Sci.Technol., 2000., 34:1778-1783.
6. McGrath, S., Zhao, F. and Lombi, E. (2002). Phytoremediation of metals, metalloids and radionuclides. Advanced in Agronomy 75: 1- 56
7. Mohamedin A, El-Kader AA, Badran NM. Response of sunflower (Helianthus annuus L.) to plants salt stress under different water table depths. Journal of Applied Sciences Research 2006; 2(12): 1175-84.
8. M.Ghosh,S.P.Singh. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts.Biomass and Waste Management Laboratory, School of Energy and Environmental Studies Faculty of Engineering Science.
9. Nabizadeh, R., Mahvi, A. H., Mardani, G., Yunesian, M., Study of heavy metals in urban runoff, International Journal of Environmental Science and Technology, 2005, 1(4), 325-33.

10. Salt, D. E., prince, R. C., pickering, I. J. and Raskin, I. 1995. Mechanism of cadmium mobility and accumulation in indian mustard. plant physiol. 109: 1427- 1433.
11. Smolders E., and Mclaughlin M.J. 1996. Effect of Cl on Cd uptake by Swiss chard in nutrient solution. Plant and Soil, 179:57-64.

Effect of biochar and supper absorbent on remediation of Cadmium by sunflower(*Helianthus annuus* L .) from contaminated soil

Arash Borzoo*[3], Mohammad reza momayezi[3], Alireza Nowroozi[4]

Received:2022/11/12 **Accepted:** 2023/05/08

Abstract

This experiment was conducted in order to investigate effect of biochar and superabsorbent in the phytoremediation of cadmium from contaminated soil by sunflower. This experiment conducted in the greenhouse of the faculyy of agriculture of Islamic azad university, Varamin-Pishva and Qarchak branch, in a factorial and completely randomized design. The treatments included biochar at 4 levels 0, 1, 2 and 4g/kg of soil and superabsorbent at 2 levels 0 and 4 g/kg of soil. The soil pots was contaminated with 60 mg/kg of cadmium from the source of cadmium sulfate and then 3 sunflower seeds of *Azar Gol* variety were planted in each pot. After two weeks, two of them were thinned. Plants were harvested 75 days after planting and the amount of cadmium in leaves, stems, roots, seeds and oil was measured. Also, the absorption coefficient and transfer coefficient of cadmium were calculated. The results showed that biochar and superabsorbent had a significant effect on the amount of cadmium in the stem, cadmium in the root and absorption coefficient. Regarding the interaction effect, only a significant effect was observed on the amount of cadmium in the stem. According to the obtained results, the addition of 4 grams of biochar per kilogram of soil caused the most significant increase in the amount of cadmium in the stem, root and transfer coefficient, and the lowest was observed in the control treatment. Among the superabsorbent treatments, the highest content of cadmium in the stem, root and transfer coefficient was obtained in the treatment of 4 grams of superabsorbent and the lowest content of cadmium in the stem, root and the corresponding transfer coefficient was obtained in the control treatment.

Key words: biochar, superabsorbent, cadmium, phytoremediation, sunflower

[3] Assistant Professor, Department of Agro-Ecology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin-Pishva and Qarchak branch

[4] A graduate of the Master's degree in Agroecology Department, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva and Qarchak branch.

* **Corresponding author**: arash_borzou@yahoo.com