



بررسی همدمای جذب سطحی کروم در یک خاک آهکی، متاثر از بهسازهای تثبیت کننده مختلف

محبوب صفاری^۱، نجفعلی کریمیان^۲، عبدالمجید رونقی^۲
 ۱- دانشجوی دکتری بخش علوم خاک، دانشگاه شیراز، ۲- استاد بخش علوم خاک، دانشگاه شیراز

چکیده

به منظور بررسی توانایی چهار بهساز آلی و غیرآلی شامل بیوچارهای تولید شده از سیوس برنج (در دماهای ۳۰۰ (B۳۰۰) و ۶۰۰ (B۶۰۰) درجه سلسیوس) و خاکستر بادی زغال سنگ (CFA) و آهن صفر ظرفیتی (Fe^۰) در دو سطح ۲ و ۵٪ بر همدمای جذب سطحی کروم، نمونه‌های خاک به صورت جداگانه با این بهسازها ترکیب و به مدت ۹۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس خوابانیده و سپس جذب سطحی کروم با روش پیمان‌هسیب افزایش (CFA به استثنای ای) انجام گرفت. نتایج نشان داد که همه بهسازها در خاکهای تیمار شده نسبت (kd) و ضریب توزیع (b) ظرفیت جذب کروم شدند که این افزایش در مقادیر ثابت معادله لانگمیر به تیمار شاهد مشخص و محرز بود. بطور کلی نتایج بدست آمده نشان داد، کاربرد آهن صفر ظرفیتی بیشترین اثر را بر روی جذب کروم داشت، که میتوان از این بهساز به عنوان بهساز تثبیت کننده کروم در خاک های آهکی استفاده کرد.

واژه های کلیدی: بیوچار، خاکستر بادی زغال سنگ، آهن صفر ظرفیتی، کروم، همدمای جذب سطحی

مقدمه

فلزات سنگین، از جمله کروم در غلظت اندک در اغلب خاکها یافت می شود، ولی در صورت تجاوز غلظت آن از حدود مجاز به دلیل ایجاد سمیت های شدید و مزمن به عنوان آلاینده بسیار سمی در خاک محسوبشود (اکوتو و همکاران، ۲۰۰۸). در پالایش آلودگی خاک برد یا تجزیه کرد اما می توان خاکهای آلوده را به محل جدید با فلزات سنگین بمانند آلودگی با مواد آلی نمی توان آلودگی را از بین (خاکبرداری و دفن)، پیشرفت روشهای جایگزین اقتصادیکه کمتر به محیط جابجا کرد. هزینه‌های بالای اصلاح خاک به روش سنتی زیست آسیب میرسانند، مانند تثبیت عناصر در خاک، را برانگیخته است. تثبیت شیمیایی یک تکنیک مناسب برای کاهش انحلال آلاینده ها در خاک می باشد. از ویژگی های مهم ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در تثبیت آلاینده های خاک غیرفعال نمودن سریع اثرات سمی فلزات سنگین، برخورداری از تاثیرات دراز مدت، ارزانی و آسانی کاربرد آن ها می باشد. در مطالعات اخیر، تثبیت کروم به تنهایی مورد بررسی قرار نگرفته است و تثبیت آن توسط افزودنیهای مکمل در خاک در کنار سایر آلاینده‌ها بررسی شده است. بررسی کمتر تثبیت کروم در خاک می‌تواند به دلیل واکنش پایین گونه‌های معمول یافت شده آن در خاک باشد. کروم به شکل متحرک (کروم ۶ ظرفیتی) در خاک تمایل دارد در تماس با محیط طبیعی به نوع ۳ ظرفیتی خود تبدیل شود. احیای کروم در خاک در حضور مواد آلی و ظرفیتی به ۶ ظرفیتی در آهن دو ظرفیتی شتاب می گیرد. اکسیدهای منگنز بطور معکوس بر تغییر ظرفیت کروم با اکسایش کروم ۳ خاک اثر می‌گذارند (کیم و دیکسون، ۲۰۰۲). همچنین مواد قلیایی مانند خاکستر بادی زغال سنگ، هیدروآپاتایت و کربنات کلسیم که پ هاش خاک را به بیشتر از حد خنثی افزایش می دهد به اکسایش کروم ۳-ظرفیتی به ۶ ظرفیتی کمک میکنند (سیمن و همکاران، ۲۰۰۱). این مسئله می تواند باعث تحرك پذیری بیشتر کروم شود. با توجه به مقدمه گفته شده، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثرات چهار بهساز مختلف (دو نوع بیوچار تولید شده در دماهای مختلف ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس، آهن صفر ظرفیتی و خاکستر بادی زغال سنگ) بر جذب سطحی کروم در یک خاک آهکی و معرفی بهترین مدل پیش بینی کننده جذب سطحی کروم در این خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری خاک از افق سطحی (۰-۳۰ cm) سری دانشکده واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن بررسی شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

مقدار	خصوصیات
۳۸	سیلت (درصد)
۳۵	رس (درصد)
۸/۷	پ هاش خمیر اشباع
۶۵/۰	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر)



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

۸/۱۵

ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول (+) بر کیلوگرم)

۵/۳۹

کربنات کلسیم معادل (درصد)

۴/۱

ماده آلی (درصد)

۵/۸

کروم شش ظرفیتی با روش DPC (میلی.گرم بر کیلوگرم)

۷۶

کروم کل (میلی.گرم بر کیلوگرم)

جهت مطالعه همدماهای جذب سطحی کروم در خاکهای تیمار شده، نمونه خاک تهیه شده به مدت ۳ ماه تحت شرایط و (B₃₀₀) رطوبت ظرفیت مزرعه به صورت جداگانه با مقادیر یکسان از بیوجارهای تولید شده از سبوس برنج در دماهای ۳۰۰ در سطوح ۲ و ۵ درصد خوابانیده (Fe⁰) و آهن صفر ظرفیتی (CFA) درجه سلسیوس، خاکستر بادی زغال سنگ (B₆₀₀) ۶۰۰ شد. برخی از خصوصیات شیمیایی بهسازیهای مورد مطالعه در جدول ۲ مشاهده می شود. در پایان مدت خوابانیدن یک گرم از هر یک از نمونه های خاک را در بطری های پلاستیکی ۱ میلی لیتری ریخته و با ۳۰ میلی لیتر از محلول کلرید کلسیم ۰.۱/۰ مولار حاوی سطوح مختلف از کروم (۵۰ تا ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر) از منبع دی کرومات پتاسیم (منبع کروم شش ظرفیتی) به تعادل رسانده شد. تعلیق خاک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ ± درجه سلسیوس به تعادل رسانده و بعد از رسیدن به تعادل سانتیفریژ و غلظت هر عنصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. مقدار فلزات جذب شده توسط خاکها از تفاوت بین مقدار غلظت اولیه و نهایی فلزات در محلولهای تعادلی تعیین می شود. همچنین مدل های فروندلیچ، لانگمویر، تمکین، گوناری و ادی هافستی (جدول ۱) بر داده ها برازش داده و مدل هایی که می توانند جذب کروم مذکور را توصیف کنند، انتخاب شد.

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی بهسازیهای مورد استفاده

خصوصیات						نوع بهسازی
(%) SiO ₂ *	Al ₂ O ₃ *	TiO ₂ *	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	(%) Bao*	CFA
۴۷/۴۶	۳۲/۲۷	۹/۰	۷۳/۶	۵۶/۴	۱۵/۰	
(%) Sro*	(%) Mgo*	(%) K ₂ o*	(%) Na ₂ O*	(%) SO ₃ *	P ₂ O ₅ *	CFA
۱۴/۰	۳۲/۲	۴۲/۳	۸۲/۰	۶/۴	۶/۴	
Mn ₂ O ₄ *	pH	(%) C**	(%) H**	(%) N**	(%) O**	
۸۲/۰	۱/۹	۶۷	۳.۸	۹۲/۳	۹۶/۰	
pH	EC (dS m- ۱)	(%) C**	(%) H**	(%) N**	H/C	
۲/۶	۱/۱۳	۵۷/۴۱	۱۱/۲	۵۲/۱	۰.۵/۰	B ₃₀₀
۷/۸	۲/۲۱	۹۹/۴۸	۵۵/۱	ناچیز	۰.۳/۰	B ₆₀₀

* X-ray fluorescence (XRF) analyzer اندازه گیری شده بوسیله دستگاه

** CHN analyzer اندازه گیری شده بوسیله دستگاه

جدول ۳- معادلات همدمای جذب سطحی مورد استفاده

مدل	معادله	ضرایب
خطی فروندلیچ	$\text{Log } X = \text{Log } K_F + (1/n) \text{Log } C$	KF: ضریب توزیع (L kg ⁻¹), 1/n: ثابت فروندلیچ
خطی لانگمیر	$C/X = [1/(KLb)] + (1/b)C$	KL ضریب لانگمیر (L kg ⁻¹), b: حداکثر میزان جذب عنصر بروی خاک (mg kg ⁻¹)
تمکین	$X = K_1 T + K_2 T \text{Ln} C$	K ₁ T و K ₂ : ضرایب ثابت جذب تمکین

چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

K_1G, K_2G, K_3G : ضرایب ثابت جذب گوناوری

$$C/X = K_1G + K_2GC + K_3G$$

$$C/2$$

bE: حداکثر جذب ادی-هافستی، KE: ضریب ثابت ادی-هافستی

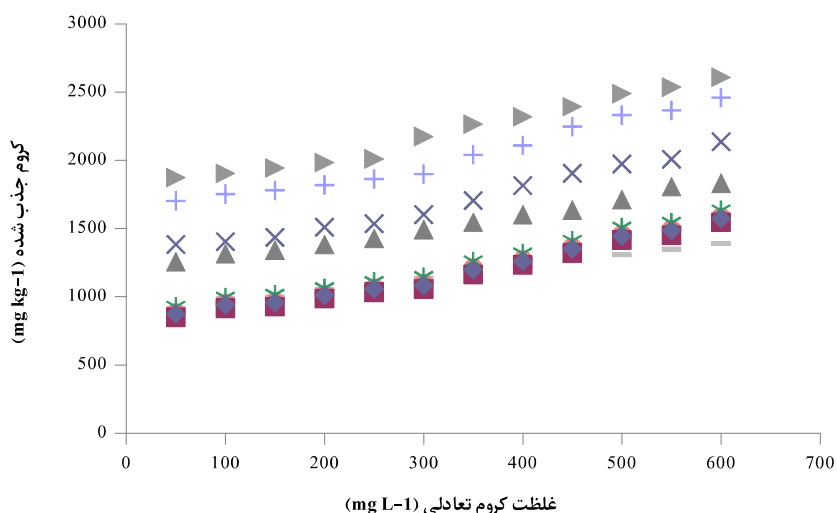
$$X = bE - X/KEC$$

ادی-هافستی

$(mg L^{-1})$ و غلظت عنصر در محلول تعادل $(mg Kg^{-1})$ به ترتیب مقدار عنصر جذب شده در واحد وزن خاک C و X

نتایج و بحث

تغییرات میزان کروم جذب شده بوسیله خاکهای تیمار شده با بهسازهای مختلف در سطوح مختلف، در شکل ۱ نشان داده شده است. روند بدست آمده از تغییرات همدمای جذب سطحی کروم نشان‌دهند که مقادیر کروم جذب شده با افزایش میزان غلظت کروم تعادلی افزایش نشان می‌دهد. بر طبق طبقه بندی گیلز (۱۹۷۴)، منحنی ایجاد شده در نمونه S های خاک از نوع ایزوترم جذبی شکل می‌یابد که این نوع از منحنی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت ماده جذب سطحی شونده در ابتدا شیب افزایش می‌یابد ولی نهایتاً با پر شدن مکانهای جذب سطحی کننده خالی، کاهش یافته و به صفر می‌رسد. این نوع همدمای نشان می‌دهد که سطح در غلظت‌های کم تمایل کمی به ماده جذب سطحی شونده دارد و این تمایل در غلظت‌های بیشتر افزایش می‌یابد. همانطور که ملاحظه می‌شود، اضافه کردن بهسازها سبب افزایش معنی‌دار شیب منحنی نسبت به تیمار شاهد شده است. بر طبق یافته‌های بدست آمده از شکل ۱، بهسازهای مورد استفاده در این مطالعه سبب افزایش ظرفیت جذب برای کروم نسبت به تیمار شاهد شده اند.



شکل ۱ - همدمای جذب سطحی کروم در خاکهای تیمار شده بوسیله بهسازهای مختلف

میانگین مقدار کروم جذب سطحی شده (میلیگرم در کیلوگرم) در غلظت‌های مختلف مس در محلول در جگداولیده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در تمام غلظت‌های کروم در محلول تعادل، بیشترین مقدار کروم جذب شده در حضور تیمار آهن صفر ظرفیتی مشاهده شد. فرایندهای رسوب و جذب کروم در خاک بوسیله فاکتورهای متعددی از جمله پتانسیل ردکس، وضعیت اکسیداسیون پداس، کانیهای رسی خاک، وجود بیهای رقیب، عوامل کمپلکس کننده، و سایر فاکتورهای دیگر کنترل میشود (برادل، ۲۰۰۴). این فاکتورها کنترل کننده فرایندهای اجزای کروم در بین بخش جامد و محلول خاک می‌باشند.

جدول ۴- اثر بهسازهای مختلف بر میانگین مقادیر کروم جذب سطحی شده (میلیگرم در کیلوگرم) در غلظت‌های اولیه کروم در محلول

تیمار	غلظت اولیه کروم در محلول (میلیگرم در لیتر)
۵۰	۶۰۰
۱۰۰	۵۵۰
۱۵۰	۵۰۰
۲۰۰	۴۵۰
۲۵۰	۴۰۰
۳۰۰	۳۵۰
۳۵۰	۳۰۰
۴۰۰	۲۵۰
۴۵۰	۲۰۰
۵۰۰	۱۵۰
۵۵۰	۱۰۰
۶۰۰	۵۰



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

۱۵۵۹/ ۴ ^C	۱۴۶۹ /۲ ^C	۱۴۳۰ /۲ ^C	۱۳۳۵ CD	۱۲۴۷ C	۱۱۷۹ /۹ ^C	۱۰۷۰ /۵ ^C	۱۰۴۴ C	۹۹۹ C	۹۴۲ C	۹۲۶/ ۵ ^C	۸۶۳ ^C	CFA
۱۹۸۴/ ۵ ^B	۱۹۰۷ B	۱۸۴۲ /۵ ^B	۱۷۶۹ /۹ ^B	۱۷۰۹ /۴ ^B	۱۶۲۵ /۵ ^B	۱۵۴۷ /۷ ^B	۱۴۸۱ B	۱۴۴ ۶ ^B	۱۳۸ ۸ ^B	۱۳۵۹ /۵ ^B	۱۳۲ .B	B۳۰۰
۱۶۰۸/ ۳۵ ^B	۱۵۱۶ /۵ ^B	۱۴۸۰ /۸ ^C	۱۳۸۶ /۲ ^C	۱۲۹۲ /۷ ^C	۱۲۳۴ /۴ ^C	۱۱۱۹ /۴ ^C	۱۰۸۵ /۵ ^C	۱۰۳ ۹ ^C	۹۸۸ C	۹۷۲/ ۵ ^C	۹۰۴ /۵ ^C	B۶۰۰
۲۵۳۴/ ۵۵ ^A	۲۴۵۱ /۵ ^A	۲۴۱۰ /۳ ^A	۲۳۲۰ /۱ ^A	۲۲۱۴ /۳ ^A	۲۱۵۲ /۸ ^A	۲۰۳۷ /۷ ^A	۱۹۳۷ A	۱۹۰ ۱ ^A	۱۸۶ ۲ ^A	۱۸۲۸ /۵ ^A	۱۷۸ ۸ ^A	Fe
۱۳۹۱/ ۵ ^D	۱۳۴۹ D	۱۳۰۶ /۵ ^D	۱۲۶۴ D	۱۲۲۱ /۵ ^C	۱۱۷۹ C	۱۱۳۶ /۵ ^C	۱۰۹۵ C	۱۰۵ ۱ ^C	۹۹۸ C	۹۸۶ ^C	۹۱۵ ^C	Control

اعدادی که در هر ستون در یک حرف بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند

میزان احیای کروم شش ظرفیتی بوسیله مواد آلی، با افزایش پ هاش و افزایش غلظت کروم کاهش مییابد (برادل، ۲۰۰۴). مقادیر کروم جذب شده در بین نمونه های خاک تیمار شده با بیوجارهای تولیدی در دماهای مختلف در این تحقیق نشان میدهد که بیوجار تولید شده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس در تمام غلظت های اولیه کروم، میزان جذب بیشتر و معنی داری را نسبت به بیوجار تولید شده در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس از خود نشان داده است. نتایج حاصل از طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (نتایج در بیوجار تولید شده در دمای C=O اینجا آورده نشده است) در این تحقیق نشان داد که وجود گروههای کربوکسیلیک و آروماتیک در ۶۰۰ درجه سلسیوس نسبت به بیوجار تولید شده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس سبب افزایش پ هاش (بواسطه گروههای عامل بازی) این نوع بیوجار و در نتیجه سبب کاهش عملکرد جذب این بیوجار برای تثبیت کروم در مقایسه با تیمار بیوجار تولید شده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس شده است. کاهش میزان جذب کروم در نتیجه کاربرد خاکستر بادی زغال سنگ، می تواند به دلیل اثر قلیات این بهساز و عدم تبدیل این عنصر به فرم سه ظرفیتی و تحرک بیشتر را سبب شده باشد. نتایج بدست آمده از معادلات پیش بینی کننده جذب سطحی کروم نشان داد، که معادله گوناری به دلیل داشتن ضریب تبیین بالا و اشتباه استاندارد برآورد پایین نسبت به معادلات دیگر میتواند به عنوان معادله برتر پیش بینی کننده جذب کروم در نمونه خاک های مورد بررسی شناخته شد (جدول ۵)

جدول ۵- ضرایب، ضریب تبیین، و خطای استاندارد همدمای جذب سطحی کروم بوسیله معادله گوناری

SE	R ²	K _۲	K _۳	K _۱	تیمار	SE	R ²	K _۲	K _۳	K _۱	تیمار
۰۰۷	۰/۹	۰/۰	۲/۰۴E-	۰/۱۲	B۶۰۰	۰/۰	۰/۹	۰/۰	۲/۵۱E-	۰/۱۳	CFA
۱/۰	۹۷	۲۵	۰۴	۲	(۲%)	۰۷	۹۶	۲۷	۰۴	۲	(۲%)
۰۰۷	۰/۹	۰/۰	۲/۴۴E-	۰/۱۳	B۶۰۰	۰/۰	۰/۹	۰/۰	۲/۷۷E-	۰/۱۳	CFA
۱/۰	۹۶	۲۷	۰۴	۰	(۵%)	۰۸	۹۶	۲۸	۰۴	۸	(۵%)
۰۰۴	۰/۹	۰/۰	۳/۱۲E-	۰/۰۵	Fe (۲%)	۰/۰	۰/۹	۰/۰	۱/۰۶E-	۰/۰۶	B۳۰۰
۱/۰	۹۸	۱۲	۰۵	۹	(۲%)	۰۴	۹۹	۱۴	۰۴	۶	(۲%)
۰۰۲	۰/۹	۰/۰	۹/۹۱E-	۰/۰۴	Fe (۵%)	۰/۰	۰/۹	۰/۰	۲/۱۵E-	۰/۰۷	B۳۰۰
۱/۰	۹۹	۰۹	۰۵	۲	(۵%)	۰۴	۹۸	۱۵	۰۵	۴	(۵%)
						۰/۰	۰/۹	۰/۰	۱/۸۷E-	۰/۰۷	Control
						۰۳	۹۹	۱۶	۰۴	۴	

استفاده از ضریب حداکثر جذب (b) در معادله لانگمیر می تواند به عنوان یک پارامتر مهم، در قابلیت جذب بین خاکهای مختلف برای خاکهای تیمار شده و شاهد به b معرفی شود (بورلینگ، ۲۰۰۳). همانطور که در جدول ۶ مشاهده می شود، مقادیر ترتیب در حدود ۱۷۱۵-۲۷۶۲ و ۱۴۷۶ میلی نشان از بالا بودن ظرفیت جذب خاک kد گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. مقادیر بالای محاسبه شده برای خاکهای تیمار شده و شاهد به ترتیب ۱۳/۷۷-kd برای عناصر دارد (شاهین و همکاران، ۲۰۰۹). مقادیر



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

در خاکهای تیمار شده با آهن صفر ظرفیتی (۵٪) مشاهد k_d ۳۹/۴۴ و k_d ۸۳/۲۱ لیتر بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶). حداکثر در خاکهای تیمار شده بوسیله خاکستر بادی زغال سنگ (۵٪) بود k_d شد. همچنین حداقل

جدول ۶- ضرایب، ضریب تبیین، و خطای استاندارد همدمای جذب سطحی کروم بوسیله معادله لانگمیر خطی

SE	R ^۲	Kd	Kl	b	تیمار	SE	R ^۲	Kd	Kl	b	تیمار
۰/۰	۰/۹	۱۵/۶	۰/۰	۱۷۹۹/۶	B۶۰۰	۰/۰	۰/۹	۱۴/۳	۰/۰	۱۷۴۲/۶	CFA
۲۳	۵۴	۱۴	۰/۹	۹۵	(۲٪)	۲۵	۴۹	۷۴	۰/۸	۱۶	(۲٪)
۰/۰	۰/۹	۱۴/۵	۰/۰	۱۷۵۳/۷	B۶۰۰	۰/۰	۰/۹	۱۳/۷	۰/۰	۱۷۱۵/۶	CFA
۲۵	۵۰	۲۰	۰/۸	۸۸	(۵٪)	۲۶	۴۶	۷۳	۰/۸	۲۲	(۵٪)
۰/۰	۰/۹	۳۶/۳	۰/۰	۲۶۰۸/۲	Fe ^۰	۰/۰	۰/۹	۲۹/۲	۰/۰	۱۹۳۷/۱	B۳۰۰
۱۱	۷۸	۸۹	۱۴	۰/۶	(۲٪)	۱۳	۸۴	۳۵	۱۵	۷۴	(۲٪)
۰/۰	۰/۹	۴۴/۳	۰/۰	۲۷۶۲/۵	Fe ^۰	۰/۰	۰/۹	۲۶/۳	۰/۰	۲۲۸۱/۴	B۳۰۰
۰/۸	۸۷	۹۶	۱۶	۱۴	(۵٪)	۱۴	۷۲	۷۵	۱۲	۴۳	(۵٪)
						۰/۰	۰/۹	۲۱/۸	۰/۰	۱۴۷۶/۶	Control
						۱۵	۸۷	۳۰	۱۵	۰/۹	

به طور کلی نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که افزایش بهسازهای مختلف، به استثنای خاکستر بادی زغال سنگ، سبب افزایش جذب کروم در خاک مورد مطالعه شده است، هر چند که آهن صفر ظرفیتی در سطح ۵٪ اختلاف بسیار زیادی از نظر میزان جذب کروم نسبت به تیمار شاهد و سایر نمونه های تیمار شده نشان داده است.

منابع

- Akoto, O., Ephraim, J. H., & Darko, G. (۲۰۰۹). Heavy metals pollution in surface soils in the vicinity of abundant railway servicing workshop in Kumasi, Ghana.
- Kim, J.G. and J.B. Dixon. ۲۰۰۲. Oxidation and fate of chromium in soils. *Soil Sci Plant Nutr.* ۴۸(۴): ۴۸۳-۴۹۰.
- Seaman, J. C., Arey, J. S., & Bertsch, P. M. (۲۰۰۱). Immobilization of nickel and other metals in contaminated sediments by hydroxyapatite addition. *Journal of Environmental Quality*, ۳۰(۲), ۴۶۰-۴۶۹.
- Giles, C. H., Smith, D., & Huitson, A. (۱۹۷۴). A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical. *Journal of Colloid and Interface Science*, ۴۷(۳), ۷۵۵-۷۶۵.
- Bradl, H. B. (۲۰۰۴). Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Journal of Colloid and Interface Science*, ۲۷۷(۱), ۱-۱۸.
- Borling K. ۲۰۰۳. Phosphorus sorption, accumulation and leaching effect of long-term inorganic fertilization on cultivated soils. Ph.D. diss. Swedish Univ. Agric. Sci., Uppsala.
- Shaheen, S. M. (۲۰۰۹). Sorption and lability of cadmium and lead in different soils from Egypt and Greece. *Geoderma*, ۱۵۳(۱), ۶۱-۶۸.

Abstract

Four amended treatments including organic (rice husk biochars prepared at ۳۰۰ °C (B۳۰۰) and ۶۰۰ °C (B۶۰۰)) and inorganic amendments (coal fly ash (CFA), zero valent iron (Fe^۰)) were applied at the rates of ۲ and ۵% (W/W) and incubated for ۹۰ days at ۲۵ °C to determine their ability to stabilize chromium (Cr) in Cr-spiked soil. After incubation, adsorption isotherms of Cr were determined using batch experiments. Results indicated that amendments application (Except for CFA) enhanced sorption capacity of soil for Cr as indicated by generally higher "b" values (constants of Langmuir equation) and distribution coefficient (Kd) compared to the control. Fe^۰-treatment had the highest impact on increasing Cr adsorption capacity, so it can be recommended for the immobilization of Cr from polluted soil.