اثر کاربرد بایوچار بر جذب زیستی کادمیوم توسط گندم در خاک‌های آلوده سراب قنبر کرمانشاه

سمیرا زارعی[۱]، اکرم فاطمی[۲]، مهدی صفایی خرم[۳]، زهرا کلاه چی[۴]
[۱ و ۲] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه رازی، [۳] استادیار دانشگاه Ton Duc Thang University، [۴] استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا

چکیده

میزان جذب کادمیوم در شرایط با و بدون کاربرد دو نوع بایوچار تهیه شده از خاک اره (BC_1) و چوب درخت سیب (BC_2) توسط گندم در زمین های کشاورزی آلوده متأثر از نفوذ شیرابه زباله های شهری کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. مقدار کادمیوم و وزن خشک اندام های زیر زمینی و هوایی گندم در شرایط گلخانه ای اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد مقدار کادمیوم در ریشه و اندام هوایی گندم با کاربرد دو نوع بایوچار به طور معنی‌داری (۱ درصد) کاهش یافت. وزن خشک اندام هوایی در اثر کاربرد بایوچارها به طور معنی‌داری (۱ درصد) افزایش یافت. این افزایش را می‌توان به اثرات مثبت بایوچار بر کاهش قابلیت جذب کادمیوم و بهبود ویژگی‌های خاک نسبت داد. همچنین مشاهده گردید که با کاربرد BC_2 در مقایسه با BC_1 جذب زیستی کادمیوم کاهش بیشتری (در سطح ۱ درصد) و وزن خشک اندام هوایی گندم افزایش بیشتری (در سطح ۱ درصد) نشان داد. این اختلاف را می‌توان به سطح ویژه ، CEC و pH بیشتر BC_2 نسبت به BC_1 مربوط دانست.

واژه های کلیدی: بایوچار، گندم، کادمیوم، جذب زیستی

مقدمه

تجمع فلزات سنگین و افزایش غلظت آن ها تا رسیدن به محدوده خطر می تواند از طریق ورود به زنجیره غذایی سلامتی انسان را مورد تهدید قرار دهد (کوی و همکاران ۲۰۰۵). فلزات سنگین از جمله کادمیوم، سرب و آرسنیک برای گیاهان و حیوانات و انسان بسیار سمّی هستند(کاپاتاپندیاس و همکاران۲۰۰۱).کادمیوم و سرب کارکرد زیستی ویژه‌ای ندارند اما در غلظت های کم برای جانداران بسیار سمّی هستند . این عناصر با ورود به زنجیره غذایی، در بدن انسان و جانداران انباشته شده و ممکن است سبب ایجاد سرطان شوند(کانس‌مالر و همکاران۱۹۹۸). کادمیوم به عنوان یک ماده سرطان‌زا شناخته شده (ترکوگان و همکاران۲۰۰۳) و از جمله عوامل مهم و مؤثر در بیماری‌های قلبی و فشار خون است (ادمانز و اسمیدل۱۹۹۶). از میزان جذب کادمیوم خاک توسط گیاهان زراعی در خاک‌های پایین دست انباشتگاه زباله کرمانشاه اطلاعاتی موجود نمی‌باشد. این تحقیق با اهداف بررسی میزان جذب کادمیوم توسط گندم و تأثیر کاربرد دو نوع بایوچار تهیه شده از چوب درخت سیب (BC_1) و خاک اره (BC_2) بر میزان جذب زیستی کادمیوم در برخی خاک‌های در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شهر کرمانشاه با عرض جغرافیایی "۳۴°۱۴'۴۷ و طول جغرافیایی "۴۷°۱'۴۰ در بخشی از دامنه شمالی کوه سفید در ۲۵ کیلومتری از مرکز کرمانشاه در پایین دست محل دفن زباله های شهری قرار دارد.

نمونه‌برداری و تعیین ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک‌ها: به منظور بررسی اثر مقدار بومی کادمیوم بر جذب زیستی آن توسط گندم، سه نمونه خاک سطحی (۰-۳۰ سانتیمتری) به گونه‌ای انتخاب شدند که تا حد ممکن از نظر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک به هم شبیه باشند و تنها از نظر مقدار کادمیوم کل خاک، بدون کادمیوم، با مقدار متوسط و بیشترین مقدار کادمیوم کل در منطقه مورد مطالعه باشند (جدول ۱). نمونه ها هوا خشک و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شده و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک از جمله درصد ذرات خاک به روش هیدرومتر (گی و بودر۱۹۹۰)، هدایت الکتریکی(EC) در

عصاره ۲/۵ :۱ (پیچ۱۹۹۲)، واکنش‌خاک (pH) با استفاده از گل اشباع (مک‌لین۱۹۸۲)، کربن آلی به روش اصلاح شده‌ی والکی و بلاک (نلسون و سامرز۱۹۹۶)، کربنات کلسیم معادل (ریچاردز۱۹۵۴)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (pH=7) اندازه گیری شدند (رودز۱۹۸۲).

ساخت بایوچار: پیرولیز خاک اره و چوب درخت سیب در کوره تحت شرایط بی هوازی (یا شرایط اکسیژن کم) انجام شد. بایوچار چوب درخت سیب در دمای ۷۰۰ درجه سانتی گراد و بایوچار خاک اره در دمای محیط ۴۰۰ درجه سانتی گراد ساخته شدند. در این مقاله، بایوچار چوب درخت سیب با علامت اختصاری BC_1 و بایوچار خاک اره با علامت اختصاری BC_2 عنوان می شوند. بایوچارهای تهیه شده آسیاب و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بایوچار: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بایوچار از جمله درصد حجمی خاکستر (بانسود و همکاران۲۰۰۳)، pH (لیو، ۱۹۹۶)، سطح ویژه با روش BET، حجم خلل‌وفرج‌کل (یانگ و همکاران۲۰۱۱)، ظرفیت تبادل کاتیونی (گاسکین و همکاران۲۰۰۸) و کربن آلی کل از روش احتراق در دمای بالا (ونجاس و همکاران۲۰۱۵) تعیین شدند.

آزمایش گلخانه‌ای: آزمایش گلخانه‌ای با اهداف بررسی تأثیر کادمیم در خاک های آلوده بر میزان وزن خشک ریشه و ساقه گندم و همچنین مقدار تجمع کادمیم در این بافت های گیاهی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. برای این منظور، نمونه‌های خاک از الک با قطر ۸ میلی‌متری عبور داده شده و در گلدان‌هایی به قطر ۱۵/۸ و ارتفاع ۱۱/۲۲ سانتی متر در سه تکرار ریخته شدند. گیاه مورد مطالعه در این پژوهش، گندم (رقم مرودشت) بود. علت انتخاب گندم به دلیل اهمیّت آن در استان کرمانشاه و سطح وسیع زیر کشت آن در این استان و کشور می‌باشد. برای هر نمونه تعداد ۱۰ بذر گندم در هر گلدان در عمق ۵ سانتی‌متر در یک الگوی دایره‌ای کاشته ورطوبت گلدان‌ها در رطوبت ظرفیت مزرعه حفظ شد. یک هفته بعد از جوانه‌زنی، ۸ جوانه مرغوب تا پایان دوره‌ی رویشی باقی گذاشته و در پایان فصل رشد، گیاهان برداشت شدند (ون زویتن و همکاران،۲۰۱۰). پس از برداشت، وزن تر و خشک ریشه و ساقه گندم تعیین گردید. نمونه های گیاهی هضم (علی احیایی و بهبهانی زاده،۱۳۷۲) و غلظت کادمیم در عصاره ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت (مدل AA220 ساخت شرکت Varian استرالیا) تعیین گردید.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه های خاک منطقه مطالعاتی در جدول۴-۱ ارائه شده است. طبق این نتایج مقدار pH خاک در محدوده بین۷/۴ تا ۷/۶ متغیر است. بنابراین، خاک های مورد مطالعه در شمار خاک‌های قلیایی قرار دارند. تجمع و انتقال عناصر سنگین در خاک به pH بستگی دارد. واکنش اسیدی خاک باعث می‌شود گونه های فلزی بیشتر به حالت کاتیونی و قابل جذب باشند. در خاکهایی با واکنش قلیایی گونه های فلزی موجود در خاک بیشتر به حالت رسوب بوده و تحرک کمتری دارند و در نتیجه به دلیل غیرمتحرک شدن فلزهای سنگین و تشکیل رسوب، انتقال آنها به گیاه کمتر صورت می‌گیرد. اما در خاک‌هایی با واکنش اسیدی فلزهای سنگین موجود در خاک به صورت متحرک و قابل جذب در می‌آیند. در نتیجه خطر آلایندگی فلزهای سنگین در خاکهای اسیدی بیشتر از خاکهای قلیایی است (میرسال۲۰۰۸). مقدار هدایت الکتریکی(EC) در محدوده ۰/۱۹ تا ۰/۲۳ دسی زیمنس بر متر متغیر است و نشان می دهد که خاک های مورد مطالعه مشکل شوری ندارند. درخاکهایی با EC پایین جذب عناصرسنگین توسط گیاه کمتر است (میرسال۲۰۰۸). میانگین درصد ذرات سیلت، شن و رس خاک به ترتیب برابر۴۸، ۱۸/۸، ۳۲/۲، به طور کلی رس ها و شیل ها به دلیل توانایی جذب یون های فلزی، حاوی غلظت بالایی از عناصر سنگین هستند و ذرات شن به دلیل اینکه از کوارتز تشکیل شده اند، غلظت‌های کمتری از فلزات را دارند (آلووی، ۱۹۹۵). دامنه ی تغییرات کربن آلی در منطقه ۰/۸۵ تا ۱/۳ درصد است. تغییر کربن آلی خاک با تأثیر بر روی واکنش خاک به طور غیرمستقیم موجب تغییر در جذب عناصر سنگین می‌شود (مارتین۲۰۰۶). درصد کربنات کلسیم معادل در محدوده ۱۴/۵ تا ۲۳/۵ است. کربنات کلسیم معادل خاک با تأثیر بر واکنش خاک به طور غیرمستقیم در جذب

عناصر سنگین مؤثر است (مارتین، ۲۰۰۶). به عبارتی که با افزیش کربنات کلسیم معادل غلظت عناصر سنگین در محلول خاک کاهش می‌یابد (میرسال، ۲۰۰۸). دامنه تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در منطقه مطالعاتی ۲۶/۲ تا ۳۰/۵ میلی مول بر کیلوگرم به دست آمد.

جدول ۱- برخی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	واکنش خاک	هدایت-الکتریکی (ds/m)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	کربن آلی	کربنات-معادل کلسیم	ظرفیت تبادل کاتیونی (mmol/kg)	کادمیم کل (mg/kg)
۱	۷/۵	۰/۲۳	۱۸/۸	۴۸	۳۳/۲	۱/۳	۱۴/۵	۲۷/۷	۱۴۱
۲	۷/۶	۰/۱۹	۲۲/۸	۴۴	۳۳/۲	۰/۸۵	۱۶/۵	۳۰/۵	۸
۳	۷/۴	۰/۲۰	۱۸/۸	۴۸	۳۳/۲	۰/۸۹	۲۳/۵	۲۶/۲	۰

جدول ۲- برخی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی بایوچارهای مورد مطالعه

بایوچار	pH	EC	کربن آلی محلول	خاکستر	سطح ویژه	خلل و فرج کل	CEC	کاتیون های تبادلی				Cd	ماده اولیه
								Ca	Mg	Na	K		
		ds/m	٪		m^2/g	cm^3/g	mmol/kg	mg/kg					
BC_1	۸/۲۲	۰/۱۶	۲/۹۶	۱۶/۲	۱۰۵/۶	۰/۰۸۲	۲۵۶/۹	۱۲۹/۲	۰/۰۱	۸/۶	۸/۶	۰	خاکاره
BC_2	۹/۷۵	۰/۱۵	۱/۲۹	۳۳/۷	۱۸۹/۴	۰/۰۲۱۶	۲۶۴/۹	۱۳۳/۲	۰/۰۲	۸/۲	۱۰/۶	۰	چوب‌درخت سیب

جدول۳- غلظت کادمیوم در ساقه و ریشه، وزن خشک ساقه گندم در شرایط با و بدون دو نوع بایوچار

شماره خاک	غلظت کادمیم ($mg\ kg^{-1}$)		وزن خشک اندام هوایی (گرم)
	ریشه	ساقه	
خاک۱	۱/۲۲ a	۰/۶ a	۱/۵۶ a
BC_1	۰/۶ aA	۰/۴ aA	۳/۷۶ cA
BC_2	۰/۹ bB	۰/۳ bB	۶/۲۶bC
خاک۲	۰/۵۵ b	۰/۴۳ b	۳/۴۶ b
BC_1	۰/۴۳ bB	۰/۱۸ bB	۵/۳۳ aB
BC_2	۰/۱۵ aA	۰/۰۵ aA	۷/۳۵ cA
خاک۳	۰/۰۰cC	۰/۰۰cC	۴/۳۷ c
BC_1	۰/۰۰cC	۰/۰۰cC	۶/۳۳ bC
BC_2	۰/۰۰cC	۰/۰۰cC	۸/۴۹ aB

حروف کوچک متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (درسطح۱٪) بین غلظت فلزات در ساقه و ریشه گندم در خاک‌ها مورد مطالعه و حروف بزرگ انگلیسی نشان دهنده اختلاف معنی دار (درسطح۱٪) دو نوع بایوچار می باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد بایوچار باعث کاهش معنی دار (۱٪) غلظت کادمیوم در ریشه و اندام هوایی گندم شد. این کاهش را می‌توان به اثرات مثبت بایوچار در افزایش غیرمتحرک شدن فلزات در خاک و ویژگی‌ها خاک نسبت داد. اتصال قوی کادمیوم به گروه‌های عاملی سطح بایوچار، فلزات را کمتر در دسترس گیاهان قرار می‌دهد (نمگای و

همکاران۲۰۱۰). در مقایسه مقدار کادمیوم در ساقه و ریشه گندم(جدول۳) می‌توان نتیجه گرفت که مقداری بیشتری از این فلزات در ریشه نسبت به ساقه تجمع یافته است. تجمع کادمیوم در ریشه گیاه بیشتر از ساقه و برگ است به دلیل اینکه ریشه فرصت بیشتری برای در تماس بودن با کادمیوم داشته و مقدار کادمیوم در ریشه بیشتر از ساقه و برگ است(سوپتید و همکاران ۲۰۰۸). این نتیجه برای خاک‌های مورد مطالعه و هر دو بایوچار دیده شد. این نتیجه با بررسی (جیسی و همکاران ۱۹۸۱) مشابه بود.

زو و همکاران(۲۰۱۳) اظهار داشتندکادمیوم می‌تواند با موادآلی دیواره‌سلولی، کمپلکس ایجاد کرده و باعث کاهش آسیب به بافت برگ منجر می‌شود. علاوه برآن، غلظت کادمیوم در ریشه بیشتر از ساقه و ساقه نیز بیشتر از برگ، تجمع پیدا می کند.

از سوی دیگر، بایوچار BC_2 در مقایسه با BC_1 درکاهش جذب زیستی کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گندم اثر مثبت و معنی دارتری داشت. همچنین، وزن خشک اندام هوایی با کاربرد بایوچار BC_2 به طور معنی داری (۱٪) بیشتر از بایوچار BC_1 به دست آمد.این افزایش را می‌توان به اثرات مثبت بایوچار بر روی ویژگی‌های خاک نسبت داد(کریر و همکاران۲۰۱۳) زیرا بایوچار باعث افزایش CEC خاک شده و این افزایش باعث افزایش جذب مواد مغذی در خاک می‌شود(میا و همکاران ۲۰۱۴).

یوچیمیا و همکاران(۲۰۱۱) پیش‌بینی کردند، بایوچار تهیه شده در دمای ۳۵۰ درجه‌سانتی‌گراد دارای اکسیژن بالایی هستند که منجر به جذب بالایی از مس، نیکل، کادمیوم و سرب می‌شود. اگرچه بایوچار تولید شده در دمای پایین در غیر-متحرک‌کردن سرب موثر است (یوچیمیا و همکاران ۲۰۱۲)، باعث افزایش پتاسیم، فسفر و کلسیم قابل دسترس و تثبیت سرب می‌شود.

منابع

علی احیائی، م و بهبهانی زاده، ع.ا ۱۳۷۲. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک . جلد اول نشریه فنی شماره ۸۹۳ ، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

Alloway B.J. 1995. In Heavy metals in soils, 2nd ed. Blackie Academic and professional: NewYork, pp 11-37.

Bansode RR., Losso JN., Marshall WE., Rao RM. and Portier RJ. 2003. Adsorption of volatile organic compounds by pecan shell and almond shell-based granular activated carbons. Bioresour Technol 90: 175–184.

Cui Y J, Zhu Y G, Zhai R, Huang Y, Qiu Y, Liang J. 2005. Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning China. Environ Int;31:784-790.

Edmunds WM, Smedley PL. 1996. Environmental Geochemistry and Health. London: Geological Society.

Gaskin J.W., Steiner C., Harris K.., Das K.C. and Bibens B. 2008. Effect of lowtemperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. T. ASABE 51, 2061–2069.

Gee G. W. and J. W. Bauder. 1990. Particle sizeanalisis. P. 383-411. In: A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties. Monograph No. 9. 2nd ed. Medison, WI: SSSA.

Giesy, J.P., J.W. Bowling, H.J. Kania, R.L. Knight, and S. Mashburn. 1981. Fates of cadmium introduced into a channel microcosm. Environment International 5:159-175.

Kabata-Pendias, A., 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 413.

Karer J, Wimmer B, Zehetner F, Kloss S, Soja G. 2013. Biochar application to temperate soils: effects on nutrient uptake and crop yield under field conditions. *Agr Food Sci.* 22: 390–403.

knasmuller,S.,E.Gottmann,H.Steinkellner,A.Fomin,A.Paschke,R.God and M.Kundi.1998.Detection of genotoxic effects of heavy metal contaminated soil with plant bioassay.Mutal Res.420:37-48.

Liu GS. 1996. Physical and chemical analysis of soils and profile description. Standard Publishing House, China.

Martın J. A. R., Arias, M. L. and Corbı J. M.G,. 2006. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geoestatistical methods to study spatial variations. Environ Pollut, 144(3), 1001-1012.

McLean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 199-224.

Mia S, Abuyusuf M, Sattar M A, Islam A B M S, Hiemstra T, Jeffery S. 2014. Biochar amendment for high nitrogen and phosphorous bioavailability and its potentiality of use in Bangladesh agriculture: a review. *J Patuakhali Sci Technol U.* 5: 145–156.

Mirsal, I. A. 2008. Soil Pollution. Origin, Monitoring and Remedia Tion, 2th (EDS), Springer Verlag Berlin Heidelberg. Germany, 115-172

Namgay T, Singh B, Singh BP .2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (Zea mays L.). J Aust Soil Res 48:638–647.

Nelson D.W., Sommers L.E., Sparks D.L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., ... & Sumner, M. E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods., 961-1010.

Page, A.L., R.H. Miller ., & D.R. Keeney. 1992. Method of Soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties. 2nd. SSSA pub., Madison, Wis.

Rhoades J.D. 1982. Cation exchange capacity. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI. p. 149-157.

Richards L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil Science, 78(2), 154.

Suppadit, T., V. Kitikoon, and P. Suwannachote. 2008. Effect of cadmium on growth of four new physic nut (*Jatropha curcas* Linn.) varieties. Journal of ISSAAS 14:88-98.

Türkdoğan MK., Kilicel F., Kara K., Tuncer I., Uygan I .2003. Heavy metals in soil,vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey.Environmental Toxicology and Pharmacology.;13(3):175-79.

Uchimiya, M. Bannon, D.I. Wartelle, L.H. Lima, I.M. Klasson, K.T. 2012. Lead retention by broiler litter biochars in small arms range soil: impact of pyrolysis temperature, J. Agric. Food Chem. 60 , 5035–5044.

Uchimiya, M., Lima, I.M., Klasson, K.T., Wartelle, L.H., 2010. Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soil amendment: roles of natural organic matter. Chemosphere 80: 935–940.

van Zwieten L.,. Kimber S.. Downie A., Morris S., Petty S., Rust J., and Chan K. Y. 2010. A glasshouse study on the interaction of low mineral ash biochar with nitrogen in a sandy soil. Australian Journal of Soil Research, 48: 569–576.

Venegas A., Rigol A., Vidal M. 2015. Viability of organic wastes and biochars as amendments for the remediation of heavy metal-contaminated soils. Chemosphere, 119, 190–198.

Xu, R, K, Zhao, A,Z,. 2013. Effect of biochars on adsorption of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by three variable charge soils from southern China. Environ Sci Pollut Res, DOI 10.1007/s11356-013-1769-8.

Yuan,. J. H., R. K. Xua and H. Zhang. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Bioresour. Technol. 102: 3488-3497.

Biochar application effect on cadmium uptake by wheat in polluted soils of Sarab Ghanbar Kermanshah

S. Zarei[1], A. Fatemi[2], M. Safaei Khorram[3] and Z. Kolahchi[4]

[1,2] Former MSc student and Assistant Professor of Soil Science Razi University, Assistant Professor of Environmental Toxicology Ton Duc Thang University, Assistant Professor of Soil Science Bu-Ali Sina University

Abstract

Cadmium (Cd) uptake by crops grown in polluted downhill soils of municipal disposal in Kermanshah city under with/without two biochar applications as investigated. Two biochar types prepared from apple wood (BC_1) and sawdust (BC_2). Cd concentration in plant and the weights of root and shoot were measured in a greenhouse experiment. The results showed that Cd concentration in both root and shoot significantly (at probably 1%) decreased by application of two biochars. These were attributed to positive effects of Biochar application on decrease of Cd uptake by wheat as well as improvement of soil condition. The weight of shoot was significantly (at probably 1%) increased under two biochar applications. A significant decrease (at probably 1%) of Cd uptake and a significant increase (at probably 1%) of weight of shoot were observed by BC_2 application in comparison with BC_1. This results were related to more specific surface area, CEC and pH of BC_2 than BC_1.

Keywords: biochar, wheat, Cd, uptake