شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: آلودگی زیست‌بوم، سلامت انسان و زیست‌پالایی

پیامد کاربرد بیوچار نی بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت دهیدروژناز و کاتالاز در سطوح مختلف آلودگی کادمیوم در خاک

ندا مرادی [۱*]، اکبر کریمی [۲]

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

[۲] دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

افزودن بیوچار به خاک می‌تواند زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک را تحت تاثیر قرار دهد. هدف از این پژوهش ارزیابی پیامد کاربرد بیوچار نی تهیه شده در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس، بر کربن زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و کاتالاز در سطوح مختلف آلودگی کادمیوم در خاک بود. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور آلودگی کادمیوم (در سه سطح صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع نیترات کادمیوم) و کاربرد بیوچار (در دو سطح شاهد و کاربرد بیوچار نی در سطح ۲ درصد وزنی)، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط انکوباسیون آزمایشگاهی انجام شد. پس از اعمال تیمارهای آزمایشی، نمونه‌ها به‌مدت ۹۰ روز در شرایط انکوباسیون و در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، نگه‌داری شدند. نتایج نشان داد آلودگی کادمیوم سبب کاهش معنی‌دار کربن زیست‌توده میکروبی و فعالیت کاتالاز و دهیدروژناز شد. کاربرد بیوچار در هر سه سطح کادمیوم در خاک، سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک، کربن زیست‌توده میکروبی خاک (۳۷/۵ تا ۴۳/۵ درصد) و فعالیت کاتالاز (۴۹/۷ تا ۶۰/۳ درصد) و دهیدروژناز (۲۵/۷ تا ۷۰/۳ درصد) شد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد بیوچار روش مناسبی برای بهبود کربن آلی خاک و زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک در شرایط آلودگی کادمیوم در خاک می‌باشد.

کلمات کلیدی: آلودگی فلزات سنگین، فعالیت میکروبی، فعالیت آنزیمی، اصلاح‌کننده‌های آلی

مقدمه

آلودگی فلزات سنگین در خاک تهدیدی جدی برای کیفیت و سلامت خاک و محصولات کشاورزی می‌باشد (Lu و همکاران، ۲۰۱۷). کادمیوم یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که نه تنها برای سلامت انسان و دام بسیار خطرناک می‌باشد، بلکه می‌تواند پیامدهای نامطلوبی بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت ریزجانداران خاک داشته باشد (Lu و همکاران، ۲۰۱۷). زیست‌توده میکروبی خاک به عنوان یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک نقش مهمی در تغییرات ماده آلی خاک، چرخه عناصر غذایی از جمله کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد و همچنین تحرک فلزات سنگین در خاک دارد (Xu و همکاران، ۲۰۱۸). زیست‌توده میکروبی خاک به شرایط تنش فلزات سنگین حساس بوده و تحت تأثیر آلودگی فلزات سنگین قرار می‌گیرد. آنزیم-های دهیدروژناز و کاتالاز از جمله آنزیم‌های درون سلولی موثر در متابولیسم‌های سلولی باشند. به‌طور کلی هر گونه تغییر در جامعه میکروبی خاک بر اثر تنش‌های محیطی از جمله آلودگی فلزات سنگین می‌تواند سنتز و در نتیجه فعالیت آنزیمی خاک را تغییر دهد. کادمیوم به عنوان یک فلز سنگین سمی می‌تواند پیامدهای منفی بر متابولیسم‌های سلول و رشد میکروبی داشته باشد (Pan و همکاران، ۲۰۱۱). مدیریت مواد آلی خاک و افزودن اصلاح کننده-های آلی می‌تواند اثر مثبتی بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک داشته باشد. همچنین در شرایط آلودگی فلزات سنگین در خاک افزودن اصلاح‌کننده‌های آلی به خاک می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش فراهمی فلزات سنگین در خاک شود. یکی از اصلاح-کننده‌های آلی که در سال‌های اخیر برای بهبود ویژگی‌های خاک مورد توجه قرار گرفته، بیوچار است. بیوچار یک ماده بسیار متخلخل و غنی از کربن است که از تجزیه حرارتی زیست‌توده‌ها و در شرایط بدون اکسیژن و یا اکسیژن محدود تهیه می‌شود (Yu و همکاران، ۲۰۱۹). کاربرد بیوچار در خاک می‌تواند با تغییر ویژگی‌های و فرآیندهای گوناگون خاک بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک موثر باشد (Song و همکاران، ۲۰۱۸). کاتالاز و دهیدروژناز از جمله آنزیم‌های درون سلولی بوده که در فرآیندها و متابولیسم‌های ریزجانداران خاک نقش بسیار مهمی دارند. فعالیت این آنزیم‌ها نشان دهنده شدت فرآیندهای میکروبی خاک بوده و شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی تاثیر کاربرد بیوچار و همچنین فلزات سنگین بر فعالیت میکروبی خاک

* ایمیل نویسنده مسئول: n.moradi@scu.ac.ir

می‌باشند (Liu و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به این‌که تاکنون مطالعات چندانی در زمینه تاثیر کاربرد بیوچار بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک انجام نشده است، هدف از این پژوهش بررسی پیامد افزودن بیوچار نی بر کربن زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و دهیدروژناز در سطوح مختلف آلودگی کادمیوم در خاک بود

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرایط انکوباسیون، در سال ۱۳۹۷، در گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. برای تهیه بیوچار از زیست‌توده گیاه نی استفاده شد. زیست‌توده گیاه نی ابتدا هوا خشک شده و پس از آسیاب کردن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و سپس در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شد (Singh و همکاران، ۲۰۱۷). سپس بیوچار نی در کوره الکتریکی در شرایط گرماکافت آهسته، به مدت ۲ ساعت، در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس و با نرخ افزایش دمای ۵ درجه سلسیوس تهیه شد. برای ایجاد شرایط بدون اکسیژن از جریان گاز نیتروژن (۱ لیتر بر دقیقه) استفاده شد. سپس ویژگی‌های بیوچار اندازه‌گیری شد (Singh و همکاران، ۲۰۱۷). نمونه خاک مورد مطالعه از مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، هوا-خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (Carter and Gregorich, 2008). برای آلوده کردن خاک با غلظت‌های مختلف کادمیوم از روش اسپری و نمک نیترات کادمیوم $Cd(NO_3)_2$ استفاده شد. خاک آلوده به‌مدت پنج ماه در برابر تناوب‌های تر و خشک شدن قرار داده شد تا توزیع کادمیوم در خاک به شرایط آلودگی طبیعی نزدیک‌تر شود (Karimi و همکاران، ۲۰۱۸). سپس تیمارهای بیوچار اعمال شدند. بدین ترتیب که بیوچارها در سطح ۲ درصد وزنی به‌طور یکنواخت با ۳۰۰ گرم خاک مخلوط شدند و در ظروف پلاستیکی منفذدار (جهت تبادل تهویه‌ای) نگه‌داری شدند. رطوبت نمونه‌ها با افزودن آب مقطر به‌روش اسپری، در حد ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه (مکش ۰/۲۳ بار) تنظیم شد و تا پایان آزمایش به‌صورت وزنی کنترل گردید. نمونه‌ها به مدت ۳ ماه در شرایط انکوباسیون و در دمای ثابت (۲۵±۲ درجه سلسیوس) نگه‌داری شدند. در پایان آزمایش کربن آلی خاک به‌روش اکسیداسیون تر، کربن زیست‌توده میکروبی خاک (MBC) به روش تدخین (گازدهی) با کلروفرم و استخراج با محلول سولفات پتاسیم اندازه‌گیری شد (Jenkinson and Ladd, 1981). همچنین فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز (Alef and Nannipieri, 1995) و کاتالاز (Liu و همکاران، ۲۰۰۸) در خاک اندازه‌گیری شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی، آهکی، pH بالا، غیر شور، دارای مقدار ماده آلی کم و غیرآلوده به کادمیوم بود (جدول ۱). همچنین نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. زغال زیستی تهیه شده دارای درصد کربن زیاد و ظرفیت تبادل کاتیونی و سطح ویژه بالایی بود.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	کربنات کلسیم معادل (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	کادمیوم کل ($mg\ kg^{-1}$)	غلظت قابل دسترس ($mg\ kg^{-1}$)						
									P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd
۴۰/۶	۳۸/۰	۲۱/۴	۷/۷	۲/۵۴	۴۱/۳	۰/۴۱	۰/۰۳۶	۱/۰۵	۱۳/۵	۲۷۳	۱/۲۵	۴/۱۲	۰/۵۱	۰/۷۳	۰/۴۷

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار نی

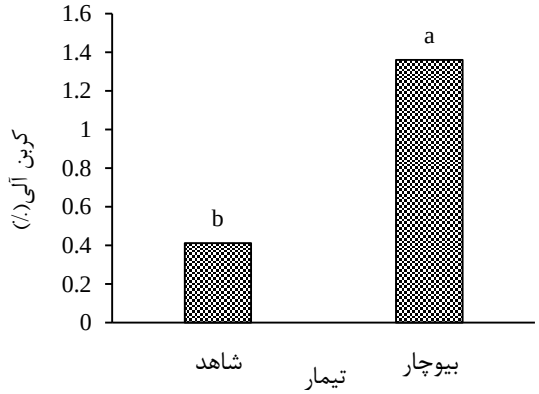
عملکرد (٪)	خاکستر (٪)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	سطح ویژه ($m^2\ g^{-1}$)	کربن (٪)	نیتروژن (٪)	هیدروژن (٪)	اکسیژن (٪)	H/C	O/C	کادمیوم ($mg\ kg^{-1}$)
۲۹/۳	۳۳/۶	۱۰/۳۴	۶/۸	۲۳/۵	۶۸/۸	۶۱/۱	۰/۸۸	۲/۱	۱/۹۸	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	ND

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، کاربرد بیوچار اثر معنی‌داری بر کربن آلی خاک داشت، اما اثر اصلی کادمیوم و اثر متقابل کادمیوم و بیوچار بر کربن آلی خاک معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار بر کربن آلی خاک نشان داد که کاربرد بیوچار سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک شد (شکل ۱). به طوری که کربن آلی خاک در تیمار بیوچار بیش از ۳/۳ برابر تیمار شاهد بود. افزایش کربن آلی کل خاک در اثر افزودن بیوچار به خاک به‌دلیل درصد بالای کربن بیوچار (جدول ۲) می‌باشد، که توسط سایر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است (Song و همکاران، ۲۰۱۸، Yu و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر تیمارها بر کربن آلی و زیست‌توده میکروبی و فعالیت دهیدروژناز و کاتالاز

منبع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی (OC)	کربن زیست‌توده میکروبی (MBC)	دهیدروژناز	کاتالاز
کادمیوم	۲	۰/۰۰۲ ^{ns}	۱۲۲۵۲ **	۷/۴۸ **	۲۳۲/۹ **
بیوچار	۱	۴/۰۵ **	۲۰۶۵۹ **	۵/۷۴ **	۷۹۳/۶ **
کادمیوم × بیوچار	۲	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳۱۹/۱ *	۰/۱۰۶ *	۳۲/۷ *
خطای آزمایشی	۱۲	۰/۰۰۱	۷۷/۳	۰/۰۲۲	۸/۱۰
ضریب تغییرات (٪)		۵/۶۴	۸/۶۵	۶/۴۹	۷/۲۱

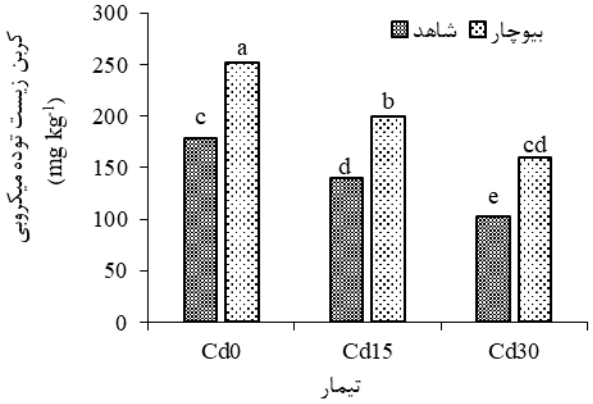
^{ns} ، ** و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۱- اثر اصلی بیوچار بر درصد کربن آلی خاک

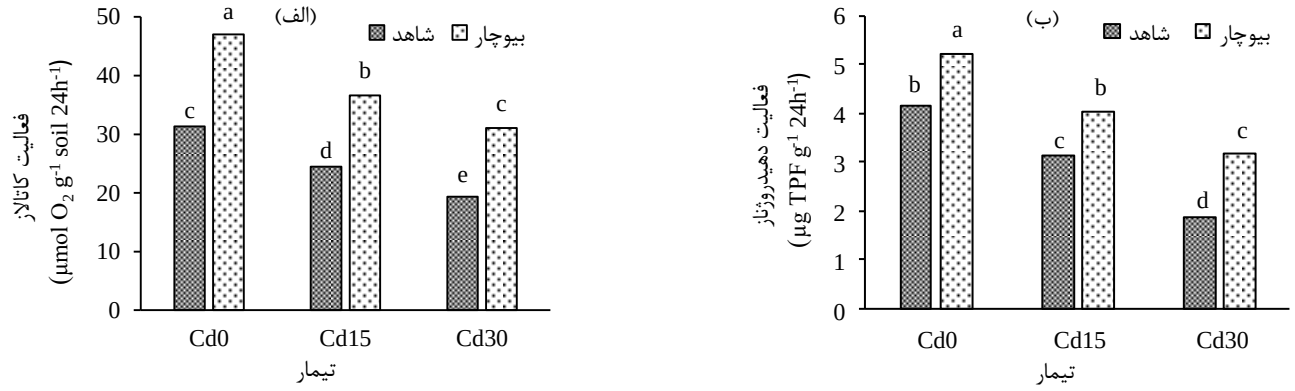
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد در اثر افزایش آلودگی کادمیوم در خاک، کربن زیست‌توده میکروبی خاک در همه تیمارها کاهش یافت (شکل ۲). این کاهش (در سطح Cd30 در مقایسه با Cd0) در تیمار بیوچار کم‌تر از تیمار شاهد بود. در هر سه سطح آلودگی کادمیوم در خاک کربن زیست‌توده میکروبی خاک در تیمار بیوچار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۲). کاهش کربن زیست‌توده میکروبی خاک در اثر آلودگی کادمیوم، احتمالاً به این دلیل است که ریزجانداران خاک در شرایط آلودگی کادمیوم در خاک برای تحمل به سمیت ایجاد شده به انرژی بیش‌تری نیاز دارند، به‌همین دلیل کربن جذب‌شده کم‌تری در ساختار ترکیبات آلی شرکت می‌نماید (Xu و همکاران، ۲۰۱۸). کاربرد بیوچارها سبب افزایش

معنی‌دار MBC شد، که این می‌تواند به‌دلیل افزایش کربن آلی خاک (جدول ۴) و افزایش کربن و عناصر غذایی قابل دسترس برای ریزجانداران خاک در اثر افزودن بیوچارها باشد (Khadem and Raiesi, 2017). همچنین افزایش کربن زیست‌توده میکروبی خاک در اثر افزودن بیوچار می‌تواند به این دلیل باشد که بیوچار با داشتن ساختار متخلخل و سطح ویژه بالا می‌تواند زیستگاه مناسبی را برای ریزجانداران خاک به‌ویژه باکتری‌ها فراهم کند (Zhu و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۲- تاثیر بیوچار بر کربن زیست‌توده میکروبی در سطوح مختلف کادمیوم

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آلودگی کادمیوم و کاربرد بیوچار نشان داد در اثر افزایش آلودگی کادمیوم در خاک، فعالیت کاتالاز و دهیدروژناز در همه تیمارها کاهش یافت (شکل ۳). همچنین در هر سه سطح آلودگی کادمیوم در خاک فعالیت کاتالاز و دهیدروژناز در تیمار بیوچار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۳).



شکل ۳- تاثیر بیوچار بر فعالیت کاتالاز (الف) و دهیدروژناز (ب) در سطوح مختلف کادمیوم

کاهش فعالیت آنزیمی در اثر آلودگی کادمیوم به این دلیل است که کادمیوم می‌تواند با ایجاد کمپلکس با سوبسترای مورد نیاز آنزیم‌ها و خارج نمودن سوبسترا از دسترس ریزجانداران و یا با از بین بردن ریزجاندارن تجزیه‌کننده مواد آلی سبب کاهش فعالیت آنزیمی خاک شود. همچنین کادمیوم می‌تواند در سنتز آنزیم‌ها توسط سلول‌های میکروبی اثر منفی داشته باشد (Pan و همکاران، ۲۰۱۱). بیش‌تر بودن فعالیت آنزیمی در تیمارهای کاربرد بیوچار می‌تواند به‌دلیل افزایش کربن و فراهمی عناصر غذایی برای ریزجانداران خاک و در نتیجه افزایش فعالیت میکروبی و تحریک فعالیت آنزیمی باشد

(Nie و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین با توجه به ویژگی‌های بیوچار و ظرفیت تبادل کاتیونی، سطح ویژه و پ‌هاش بالای آن (جدول ۲) احتمالاً سبب کاهش تحرک کادمیوم در خاک شده است. بنابراین یکی از دلایل احتمالی افزایش زیست‌توده میکروبی و فعالیت کاتالاز و دهیدروژناز در تیمارهای کاربرد بیوچار، در شرایط آلودگی کادمیوم، کاهش سمیت کادمیوم در خاک، بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد بیوچار نی سبب افزایش چشم‌گیر کربن آلی خاک شد. اگرچه آلودگی کادمیوم سبب کاهش کربن زیست‌توده میکروبی خاک و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و دهیدروژناز در خاک شد، اما کاربرد بیوچار توانست تا حد نسبتا زیادی اثرات منفی آلودگی کادمیوم بر فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک را کاهش دهد. بنابراین کاربرد بیوچار نی در خاک‌های آلوده به کادمیوم می‌تواند در بهبود فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک، به‌عنوان شاخص‌های مهم کیفیت خاک، مفید باشد. همچنین با توجه به ویژگی‌های بیوچار نی استفاده شده در این پژوهش و درصد کربن بالای آن می‌تواند در بهبود کربن آلی خاک در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران و همچنین در ترسیب کربن در خاک موثر باشد. بنابراین کاربرد بیوچار نی برای بهبود کربن آلی خاک و فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک به‌ویژه در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این طرح به شماره ۱۳۰۷ از محل اعتبارات پژوهانه واحد پژوهشی دانشگاه شهید چمران (اهواز) تأمین شده است.

منابع

Alef, K. and Nannipieri, P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, 608p.

Carter, M.R. and Gregorich E.G. 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis (2nd Ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, 1204p.

Jenkinson D.S. and Ladd J. N. 1981. Microbial biomass in soil measurement and turnover. P 415-471, In: E.A.Paul and J.N. Ladd (eds), Soil Biochemistry, Marcel Dekker, Inc., New York.

Karimi, A., Khodaverdiloo, H. and Rasouli-Sadaghiani, M. H. 2018. Microbial-enhanced phytoremediation of lead contaminated calcareous soil by *Centaurea cyanus* L. Clean–Soil, Air, Water, 46(2), 1700665.

Khadem, A. and Raiesi F. 2017. Responses of microbial performance and community to corn biochar in calcareous sandy and clayey soils. Applied Soil Ecology. 114, 16-27.

Liu, J. Xie J., Chu, Y., Sun, C., Chen, C. and Wang, Q. 2008. Combined effect of cypermethrin and copper on catalase activity in soil. Journal of Soils and Sediments. 5, 327–332.

Lu, K., Yang, X., Gielen, G., Bolan, N., Ok, Y. S., Niazi, N. K., Xu, S., Yuan, G., Chen, X., Zhang, X. and Liu, D. 2017. Effect of bamboo and rice straw biochars on the mobility and redistribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in contaminated soil. Journal of environmental management. 186, 285-292.

Nie, C., Yang, X., Niazi, N. K., Xu, X., Wen, Y., Rinklebe, J., Ok, Y. S., Xu, S. and Wang, H. 2018. Impact of sugarcane bagasse-derived biochar on heavy metal availability and microbial activity: A field study. Chemosphere. 200, 274-282.

Pan, J. and Yu, L. 2011. Effects of Cd or/and Pb on soil enzyme activities and microbial community structure. Ecological Engineering. 37(11), 1889-1894.

Singh, B., Camps-Arbestain, M. and Lehmann, J. 2017. Biochar: A Guide to Analytical Methods. Csiro Publishing. 320p.

Song D., Tang, J., Xi, X., Zhang, S., Liang, G., Zhou, W. and Wang, X. 2018. Responses of soil nutrients and microbial activities to additions of maize straw biochar and chemical fertilization in a calcareous soil. European Journal of Soil Biology. 84, 1-10.

Xu, Y., Seshadri, B., Sarkar, B., Wang, H., Rumpel, C., Sparks, D., Sparks, D., Farrell, M., Hall, T., Yang, X. and Bolan, N. 2018. Biochar modulates heavy metal toxicity and improves microbial carbon use efficiency in soil. Science of the Total Environment. 621, 148-159.

Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Yu, Z., Huang, J., Tang, H., Wei, X. and Gao, B. 2019. Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. Journal of Environmental Management. 232, 8-21.

Zhu, X., Chen, B., Zhu L. and Xing, B. 2017. Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: A review. Environmental Pollution. 227, 98-115.

Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation

Effect of common reed biochar application on microbial biomass and activity of dehydrogenase and catalase at different levels of cadmium (Cd) in soil

Moradi*[1], N., Karimi[2], A.,

[1] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
[2] Ph.D. Student of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Abstract

Biochar addition can affecting soil microbial biomass and enzymes activity in heavy metal contaminated soils. The purpose of this study was to evaluate the effect of common reed-biochar on microbial biomass and activity of dehydrogenase and catalase at different levels of cadmium (Cd) in soil. This study was carried out as a factorial experiment based on a randomized complete design with two factors including Cd contamination (0, 15 and 30 mg Cd kg^{-1} soil) and biochar type (control and biochar addition) in three replications under laboratory condition. After treatments addition, the soil samples were incubated for 90 days. The results indicated that Cd contamination led to a significant reduction in the microbial biomass carbon and activity of dehydrogenase and catalase. Application of biochar led to increase of soil organic carbon, microbial biomass carbon (37.5-43.5%) and activity of catalase (49.7-60.3%) and dehydrogenase (25.7-70.3%). In general, the results revealed that biochar application is suitable method for improving soil organic carbon, microbial biomass and soil enzyme activity under Cd-contamination in soil.

Keywords: Heavy metal contamination, microbial activity, enzyme activity, organic amendme

* Corresponding author, Email: n.moradi@scu.ac.ir