اثر بایوچار تولید شده از کود مرغی در دماهای متفاوت بر ویژگیهای شیمیایی یک خاک آهکی

مختار زلفی باوریانی [۱]، عبدالمجید رونقی [۲]، رضا قاسمی [۲]، جعفر یثربی [۲]
۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ۲- استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده
در این آزمایش برخی ویژگیهای کود مرغی و بیوچارهای تهیه شده از آن در دماهای متفاوت تعیین و تأثیر آنها بر ویژگیهای شیمیایی یک نمونه خاک آهکی بررسی شد. تبدیل کود مرغی به بیوچار سبب کاهش مقادیر نسبی هیدروژن و اکسیژن و افزایش مقدار نسبی کربن شد. افزایش قابلیت هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی نیز در بیوچارهای تولیدی مشاهده شد. بیوچار تهیه شده در دمای بالا در افزایش کربن آلی خاک و ماندگاری آن مؤثرتر از سایر بیوچارها بود. کود مرغی و بیوچار تهیه شده در دمای C۲۰۰ سبب کاهش و بیوچار تهیه شده در C۴۰۰ سبب افزایش پهاش خاک شد. هرچند حداکثر قابلیت هدایت الکتریکی در مراحل اولیه خواباندن در خاک‌های تیمار شده با بیوچارهای تهیه شده در دماهای C۳۰۰ و C۴۰۰ مشاهده شد، اما سرعت افزایش آن با گذشت زمان در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی و بیوچار تهیه شده در C۲۰۰ شدیدتر بود.
واژه های کلیدی: کود مرغی، بیوچار، خاک آهکی.

مقدمه
بیوچار مواد آلی مقاوم به تجزیه بوده و حاصل حرارت دادن زیست توده در شرایط عدم وجود اکسیژن می‌باشد (Namgay et al., ۲۰۱۰). ماندگاری بیوچار در خاک بسته به شرایط تولید، صدها و حتی هزاران سال برآورد شده است (Cheng et al., ۲۰۰۸). این امر از خروج دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای از خاک جلوگیری کرده و از افزایش روند تجمعی غلظت این گازها در اتمسفر که خطرات گرم شدن کره زمین را در پی دارد جلوگیری می‌کند. علاوه بر این بیوچار به عنوان یک ماده افزودنی مؤثر در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گزارش شده است (Vaccari et al., ۲۰۱۱). ویژگی‌های بیوچار تحت تأثیر زیست توده اولیه و شرایط آتشکافت بوده و به تبع آن ویژگی‌های خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد(Downie et al., ۲۰۰۹). دامنه وسیع ویژگی‌های بیوچار حاصل از یک نوع ماده آلی بر اثر اعمال شرایط متفاوت تولید، امکان بهره‌گیری از فوائد این مواد را در شرایط مختلف اقلیم و خاک فراهم نموده است (Fuertes et al., ۲۰۱۰). بنابراین با توجه به هدف تولید، نوع ماده آلی اولیه و نیز ویژگی‌های خاک، دماهای متفاوتی جهت تولید بیوچار به کار می‌رود (Gaskin et al., ۲۰۰۸). هدف از اجرای این پژوهش بررسی تغییرات شیمیایی ایجاد شده در کود مرغی در اثر اعمال دمای متفاوت آتشکافت و تأثیر آن بر برخی ویژگی‌های شیمیایی یک نمونه خاک آهکی بود.

مواد و روشها
برای اجرای این آزمایش، کود مرغی به مدت ۴ ساعت در شرایط عدم وجود اکسیژن آزاد به طور جداگانه در دماهای ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس با استفاده از کوره الکتریکی (Heraeus مدل K-۱۲۵۲) حرارت داده شد. عملکرد بیوچارها با استفاده از تفاضل وزن در زمان قبل و بعد از اعمال حرارت تعیین شد. برخی ویژگیهای کود مرغی و بیوچارهای حاصل از آن از جمله ، قابلیت هدایت الکتریکی و پهاش در نسبت ۱:۵ نمونه به آب (Singh et al., ۲۰۱۰)، میزان عناصر کربن، نیتروژن و هیدروژن با استفاده از دستگاه CHN Elemental Analyzer (Carlo-Erba NA-۱۵۰۰) تعیین شد. مقدار اکسیژن نیز با روش تفاضل محاسبه شد(Mustafa et al., ۲۰۱۰). به منظور بررسی اثرات بیوچار بر ویژگی‌های خاک، کود مرغی و سه نوع بیوچار تهیه شده از آن به طور جداگانه به میزان دو درصد وزنی با نمونه‌های ۴۰۰ گرمی خاک آهکی به طور کامل مخلوط شد. تیمارهای مذکور به مدت ۵ ماه در شرایط حدود رطوبت مزرعه و دمای ۲۵ درجه سلسیوس خوابانده شد. از تمامی تیمارها در زمان‌های ۱، ۱۵، ۴۵ و ۱۵۰ روز از شروع خواباندن نمونه‌برداری شد. برخی ویژگی‌ها از جمله کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، پ هاش و ظرفیت تبادل کاتیونی در تمامی نمونه‌ها تعیین شد. تجزیه آماری داده‌ها و روابط رگرسیونی مربوطه با نرم افزارهای SPSS و SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث
با افزایش دمای آتشکافت میزان عملکرد بیوچار کاهش یافت (جدول ۱). افزایش دمای آتشکافت از ۲۰۰ به ۳۰۰ درجه سلسیوس بیشترین تأثیر را بر کاهش عملکرد بیوچار داشت. به طوریکه عملکرد بیوچار تهیه شده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس به میزان ۸/۲۴ درصد کمتر از بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس بود. در حالیکه عملکرد بیوچار تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس ۱/۷ درصد کمتر از بیوچار تهیه شده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس بود. بر اساس گزارشات موجود هرچند با افزایش دمای آتشکافت عملکرد بیوچار کاهش می یابد اما شدت کاهش بستگی به نوع ماده اولیه و شرایط آتشکافت دارد (Bahng et al., ۲۰۰۹).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های کود مرغی وبیوچارهای حاصل از آن در دمای متفاوت

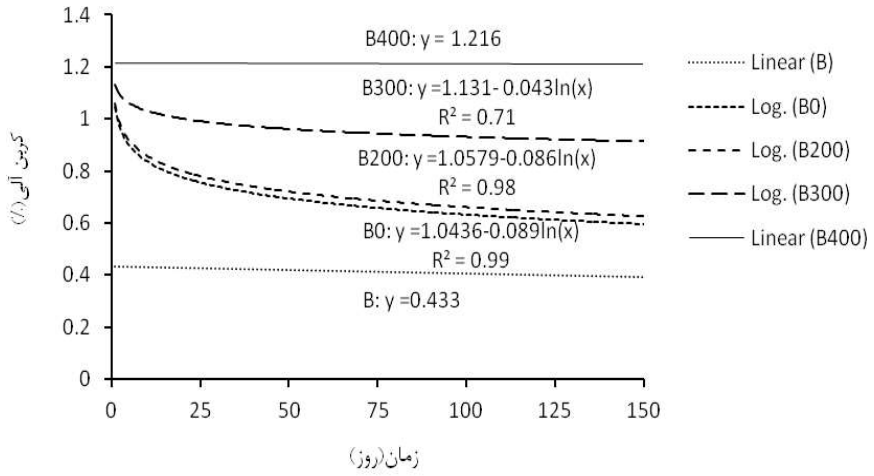
ویژگی	منابع ماده الی			
	کود مرغی	بیوچار ۲۰۰	بیوچار ۳۰۰	بیوچار ۴۰۰
کربن(%)	۵/۳۹	۷/۳۹	۴/۴۲	۹/۴۷
هیدروژن(%)	۶۶/۵	۶۲/۵	۳۳/۵	۴۰/۳
اکسیژن(%)	۴۸/۴۲	۳۲/۴۲	۱۲/۳۹	۹۳/۳۱
نیتروژن کل(%)	۷۸/۳	۵۳/۳	۸۰/۳	۷۰/۴
پ‌هاش	۳۸/۷	۲۰/۷	۳۰/۷	۹۸/۹
قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	۰۶/۶	۵۹/۸	۹۶/۸	۲۷/۱۵
عملکرد بیوچار (%)	-	۸/۹۵	۷۱	۹/۶۳
ظرفیت تبادل کاتیونی($cmol_c kg^{-1}$)	۶۰	۵۸	۶۹	۷۵

تبدیل کود مرغی به بیوچار سبب افزایش درصد کربن آلی و کاهش غلظت (%) هیدروژن و اکسیژن در آن شد. ویژگیهای شیمیایی بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس تفاوت چندانی با کود مرغی نداشت اما افزایش دمای آتشکافت از ۳۰۰ به ۴۰۰ درجه سلسیوس سبب ایجاد تغییرات قابل ملاحظه در مقادیر عناصر مذکور شد. بطوریکه اعمال دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس سبب افزایش غلظت کربن آلی به میزان ۵/۰ درصد و کاهش درصد هیدروژن و اکسیژن به ترتیب به میزان ۷۱/۰ و ۳۷۷/۰ درصد نسبت به کود مرغی شد. افزایش دما از ۲۰۰ به ۳۰۰ درجه سلسیوس نیز سبب افزایش درصد کربن آلی به میزان ۸/۶ درصد و کاهش مقادیر هیدروژن و اکسیژن به ترتیب به میزان ۱۶/۵ و ۵۶/۷ درصد شد. اما افزایش دما از ۳۰۰ به ۴۰۰ درجه سلسیوس به میزان ۱۳ درصد سبب افزایش در غلظت کربن آلی و کاهش در غلظت هیدروژن و اکسیژن به ترتیب به میزان ۲/۳۶ و ۴/۱۸ شد (جدول ۱). کاهش در نسبت هیدروژن به کربن و نیز نسبت اکسیژن به کربن در بیوچار نسبت به کود مرغی و تشدید این روند با افزایش دمای آتشکافت در تهیه بیوچار از دیگر نتایج حاصل از اجرای آزمایش بود. غلظت نیتروژن در بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس تفاوت چندانی با کود مرغی نداشت اما در بیوچار تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس به مقدار ۳/۲۴ درصد نسبت به کود مرغی افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط دیگران نیز گزارش شده است(Singh et al., ۲۰۱۰).

میزان پ هاش بیوچارهای تهیه شده در دماهای ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس به مقدار جزئی کمتر از کود مرغی بود اما در بیوچار تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس به میزان ۶/۲ واحد نسبت به کود مرغی افزایش یافت (جدول ۱). پ‌هاش بیوچار در دامنه نسبتاً اسیدی تا قلیایی متغیر است و افزایش دمای آتشکافت عموماً سبب افزایش پ‌هاش بیوچار می‌شود (Singh et al., ۲۰۱۰). پایین بودن پ‌هاش کود مرغی و بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس به تولید اسیدهای آلی و ترکیبات فنلی ناشی از تجزیه سلولز و همی‌سلولز نسبت داده شده است (Abe et al., ۱۹۹۸). افزایش نسبی فلزات قلیایی در بیوچار میتواند توجیه کننده افزایش پ‌هاش بسیاری از بیوچارها باشد (Kookana et al., ۲۰۱۱). قابلیت هدایت الکتریکی بیوچار تهیه شده در دماهای ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به ترتیب به میزان ۵/۲۹، ۹/۴۷ و ۱۵۲ درصد بیش از کود مرغی بود (جدول ۱). بیوچار تهیه شده در دمای بالاتر قابلیت هدایت الکتریکی بیشتری داشته (DeLuca et al., ۲۰۰۹) و کاربرد آن در خاک سبب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک میشود (Mustafa et al., ۲۰۱۰). ظرفیت تبادل کاتیونی بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس تفاوت چندانی با کود مرغی نداشت. اما در بیوچارهای تهیه شده در دمای ۳۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به ترتیب به میزان ۱۵ و ۲۵ درصد بیش از کود مرغی بود. افزایش دمای آتشکافت تا حدودی با افزایش تخلخل و سطح ویژه و نیز افزایش گروه‌های کربوکسیل در بیوچار سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی می‌شود (Bird et al., ۲۰۰۸). بر اساس گزارشات موجود افزایش دمای آتشکافت در ابتدا سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی می شود اما دمای بیش از ۶۰۰ درجه سلسیوس با کاهش مجدد آن همراه است (Kookana et al., ۲۰۱۱).

اثر کاربرد بیوچار بر ویژگی‌های خاک

کاربرد کود مرغی و بیوچارهای حاصل از آن سبب افزایش معنی‌دار میزان کربن آلی خاک نسبت به تیمار شاهد(B) شد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کود مرغی(B.) و بیوچار ۲۰۰ ($B_{۲۰۰}$) وجود نداشت اما بیوچارهای تهیه شده در دمای بالاتر تأثیر بیشتری بر افزایش میزان کربن آلی خاک داشت(شکل ۱).



شکل ۱- رابطه بین میزان کربن آلی خاک با زمان انکوباسیون در تیمارهای مختلف

با گذشت زمان تغییر معنی‌داری در میزان کربن آلی خاک در تیمارهای شاهد و بیوچار تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس ($B_{۴۰۰}$) ایجاد نشد اما در تیمارهای کود مرغی و بیوچارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ ($B_{۲۰۰}$) به صورت لگاریتمی کاهش یافت (شکل ۱). هرچند شیب کاهش در ابتدای دوره در سه تیمار اخیر شدید بود اما شدت آن در تیمارهای کود مرغی و بیوچار ۲۰۰ بیشتر از بیوچار ۳۰۰ بود. تأثیر حداکثری تیمار بیوچار ۴۰۰ در افزایش کربن آلی خاک تا آخرین مرحله نمونه برداری حفظ شد. بیوچار از ترکیبات آروماتیک پایدار تشکیل شده (Schmidt and Noack, ۲۰۰۰) و افزایش درجه حرارت در تولید آن سبب افزایش ترکیبات آروماتیک پایدار و خشبی شدن بیشتر مواد آلی و در نتیجه افزایش مقاومت آن در برابر تجزیه می‌شود (Keilweit et al., ۲۰۱۰)

در زمان یک روز از شروع خواباندن ، کاربرد کود مرغی و بیوچار ۲۰۰ سبب کاهش اما بیوچار ۴۰۰ سبب افزایش معنی‌دار پ‌هاش خاک نسبت به تیمار شاهد شد و بیوچار ۳۰۰ بدون تغییر بود (جدول ۲). این تغییرات با توجه به پ‌هاش منابع مواد آلی مورد استفاده دور از انتظار نیست.

جدول ۲- اثر منابع مختلف ماده آلی بر پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی خاک در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

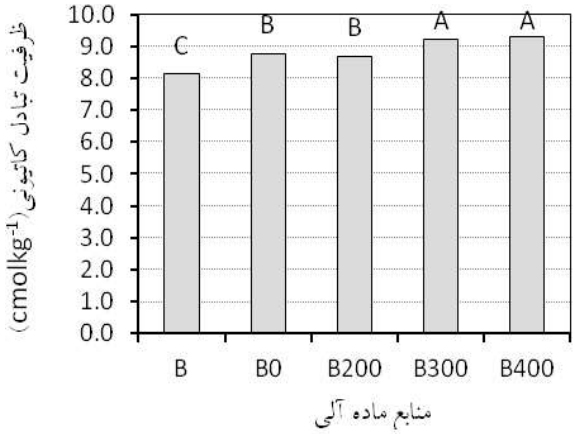
منابع ماده آلی	زمان نمونه‌برداری(روز) ۱	۱۵	۴۵	۱۵۰	میانگین
	پ هاش				
بدون ماده آلی	^{d*}۸۰/۷	^{ef}۶۳/۷	^{fg}۶۰/۷	^{e}۷۰/۷	^{B}۶۸/۷
کود مرغی	^{e}۷۰/۷	^{k}۳۳/۷	^{jk}۴۰/۷	^{gh}۵۳/۷	^{D}۴۹/۷
بیوچار ۲۰۰	^{e}۷۰/۷	^{ij}۴۳/۷	^{k}۳۳/۷	^{h}۵۲/۷	^{D}۵۰/۷
بیوچار ۳۰۰	^{d}۸۰/۷	^{ef}۶۳/۷	^{hi}۵۰/۷	^{ef}۶۳/۷	^{C}۶۴/۷
بیوچار ۴۰۰	^{a}۵۰/۸	^{b}۳۰/۸	^{c}۲۰/۸	^{c}۱۳/۸	^{A}۲۸/۸
	قابلیت هدایت الکتریکی(μScm^{-1})				
بدون ماده آلی	^{g}۲۳۸	^{g}۲۴۳	^{g}۲۵۴	^{f}۳۲۶	^{B}۲۶۵
کود مرغی	^{e}۵۲۴	^{d}۶۴۱	^{c}۷۹۶	^{a}۱۱۸۳	^{A}۷۸۶
بیوچار ۲۰۰	^{e}۴۹۵	^{d}۶۵۲	^{c}۷۵۰	^{a}۱۱۷۴	^{A}۷۶۸
بیوچار ۳۰۰	^{d}۵۹۵	^{c}۷۴۷	^{c}۷۸۰	^{b}۹۶۰	^{A}۷۷۰
بیوچار ۴۰۰	^{d}۶۶۱	^{c}۷۵۱	^{c}۸۱۶	^{b}۹۷۶	^{A}۸۰۱

*: در هر کدام از ویژگی‌ها، میانگین‌هایی که دارای حروف کوچک و یا بزرگ مشترک هستند از نظر آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

با گذشت زمان خواباندن در تمامی تیمارها کاهش در پ‌هاش خاک مشاهده شد. حداقل پ‌هاش در تیمار کود مرغی و بیوچار ۲۰۰ به ترتیب در زمان‌های ۱۵ و ۴۵ روز پس از شروع خواباندن مشاهده شد. روند کاهش در پ‌هاش خاک تیمار شده با بیوچار ۳۰۰ ادامه یافت و در ۴۵ روز پس از شروع خواباندن کمتر از تیمار شاهد بود. در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی و بیوچارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ افزایش معنی‌دار پ‌هاش در آخرین مرحله نمونه‌برداری نسبت به مرحله قبلی مشاهده شد. هرچند روند کاهش پ‌هاش در خاک تیمار شده با بیوچار ۴۰۰ تا آخرین مرحله نمونه‌برداری ادامه داشت اما در تمامی مراحل نمونه‌برداری میزان پ‌هاش در این تیمار بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد تجزیه سریع کود مرغی و بیوچار تهیه شده از آن در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس سبب کاهش پ‌هاش خاک شده است. احتمالاً آهکی بودن خاک و ظرفیت بافری زیاد آن سبب افزایش پ‌هاش در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی و بیوچارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ و سیر آن به سمت تعادل در آخرین مرحله نمونه‌برداری شده است. همین امر ادامه کاهش در پ‌هاش خاک تیمار شده با بیوچار ۴۰۰ را با توجه به بالاتر بودن آن نسبت به پ‌هاش اولیه خاک سبب شده است. افزایش پ‌هاش خاک در اثر کاربرد بیوچار حاصل از لجن فاضلاب در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس نیز گزارش شده است (Mustafa et al., ۲۰۱۰).

در تمامی مراحل نمونه‌برداری کاربرد کود مرغی و بیوچارهای حاصل از آن سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هدایت الکتریکی خاک شد. در هر کدام از مراحل نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری بین کود مرغی و بیوچار ۲۰۰ و همچنین بین بیوچار ۳۰۰ و ۴۰۰ وجود نداشت (جدول ۲). در مراحل اولیه خواباندن خاک‌های تیمار شده با بیوچار ۳۰۰ و یا ۴۰۰ تأثیر بیشتری بر افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک داشت. با توجه به قابلیت هدایت الکتریکی مواد آلی مذکور این نتایج دور از انتظار نیست. با گذشت زمان خواباندن قابلیت هدایت الکتریکی خاک در تمامی تیمارهای مواد آلی افزایش یافت. روند سریع افزایش در قابلیت هدایت الکتریکی خاک در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی و بیوچار ۲۰۰ را می‌توان به تجزیه سریع‌تر این مواد نسبت به بیوچارهای تهیه شده در دمای بالاتر و در نتیجه تولید بیشتر یا سریع‌تر نمک‌های محلول نسبت داد (Steiner et al., ۲۰۰۷).

کاربرد تمامی منابع ماده آلی با افزایش معنی‌دار ظرفیت تبادل کاتیونی همراه بود. میزان تأثیر کود مرغی و بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مشابه بود. هرچند تفاوت معنی‌داری بین خاک‌های تیمار شده با بیوچار ۳۰۰ و ۴۰۰ از نظر ظرفیت تبادل کاتیونی مشاهده نشد اما میزان تأثیر آنها بیشتر از کود مرغی و بیوچار ۲۰۰ بود(شکل ۲). تأثیر بیوچار بر افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به ویژگی‌ها و مدت زمان مصرف بیوچار در خاک بستگی دارد. به طوریکه در برخی موارد افزایش دما سبب کاهش (Gaskin et al., ۲۰۰۸) و در برخی موارد سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی بیوچار تولیدی شده است (Singh et al., ۲۰۱۰). افزایش ۱۴ درصدی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر افزایش ۳ درصدی بیوچار تهیه شده از کاه برنج در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس در یک خاک اسیدی گزارش شده است (Jiang et al., ۲۰۱۲).



شکل ۲- ظرفیت تبادل کاتیونی در منابع مختلف ماده آلی

منابع

Abe, I., S. Iwasaki, Y. Iwata, H. Kominami, and Y. Kera. ۱۹۹۸. Relationship between production method and adsorption property of charcoal. TANSO. ۱۸۵: ۲۷۷-۲۸۴.

Bahng, M.K., C. Mukarakate, D.J. Robichaud, and M.R. Nimlos. ۲۰۰۹. Current technologies for analysis of biomass thermochemical processing: a review. Analytica Chimica Acta: ۶۵۱ (۲), ۱۱۷-۱۳۸

Bird, M. I., P. L. Ascough, I. M. Young, C. V. Wood, and A.C. Scott. ۲۰۰۸. X-ray microtomographic imaging of charcoal. J. Archaeol. Sci. ۳۵: ۲۶۹۸-۲۷۰۶.

Cheng, C. H., J. Lehmann, J. E. Thies, and S. D. Burton. ۲۰۰۸. Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. J. Geophys. Res. ۱۱۳: ۱۰۲۷-۱۰۳۳.

DeLuca, T. H., M. D. MacKenzie, and M. J. Gundale. ۲۰۰۹. Biochar effects on soil nutrient transformations. In "Biochar for Environmental Management:Science and Technology" (J.Lehmann and S.Joseph, Eds.),Earth, London.

Downie, A., A. Crosky, P. Munroe. ۲۰۰۹. Physical properties of biochar. Biochar for environmental management: Science and Technology, ۱۳-۳۲.

Fuertes, A. B., M. C. Arbestain, M. Sevilla, J. A. Macic-Agull, S. Fiol, R. Lepz, R. J. Smernic, W. P. Aitkenhead, F. Arce, and F. Macias. ۲۰۱۰. Chemical and structural properties of carbonaceous products obtained by pyrolysis and hydrothermal carbonization of corn stover. Aust. J. Soil Res. ۴۸: ۶۱۸-۶۲۶.

Gaskin, J. W., C. Steiner, K. Harris, K. C. Das, and B. Bibens. ۲۰۰۸. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. Transactions of the ASABE ۵۱: ۲۰۶۱-۲۰۶۹.

Jiang,T.Y., J. Jiang, R.K. Xu, and Z. Li. ۲۰۱۲. Adsorption of Pb(II) on variable charge soils amended with rice-straw derived bichar. Chemosphere ۸۹: ۲۴۹-۲۵۶ .

Keiluweit, M., P. S. Nico, M. G. Johnson, and M. Kleber. ۲۰۱۰. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (Biochar). Environ. Sci. Technol. ۴۴: ۱۲۴۷-۱۲۵۳.

Kookana R.S., A.K. Sarmah, L. Van Zwieten, E. Krull, and B. Singh. ۲۰۱۱. Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences. Advances in Agronomy, Volume ۱۱۲: ۱۰۳-۱۴۳.

Mustafa, K. H., V. Strezov, K. Y. Chan, and P. F. Nelson. ۲۰۱۰. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (Lycopersicon esculentum). Chemosphere ۷۸:۱۱۶۷-۱۱۷۱

Namgay, T., B. Singh, and B. P. Singh. ۲۰۱۰. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (Zea mays L). Aust. J. Soil Res. ۴۸: ۶۳۸-۶۴۷.

Schmidt, M. W. I., and A. G. Noack. ۲۰۰۰. Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications and current challenges. Glob. Biogeochem. Cycle ۱۴: ۷۷۷-۷۹۳.

Singh, B., B.P. Singh, and A. L. Cowie. ۲۰۱۰. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. Aust. J. Soil Res. ۴۸: ۵۱۶-۵۲۵.

Steiner, C., W. G. Teixeira, J. Lehmann, T. Nehls, J. L. V. MaceDo, W. E. H. Blum, and W. Zech. ۲۰۰۷. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant Soil: ۲۹۱, ۲۷۵-۲۹۰.

Vaccari, F. P., S. Baronti, E. Leugato, L. Genesio, S. Castaldi, F. Fornasier, and F. Miglietta. ۲۰۱۱. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. Europ. J. Agron. ۳۴: ۲۳۱-۲۳۸.

Abstract

In this study, some characteristics of poultry manure (PM) and its derived biochars at different tempratures were determined and evaluated their effects on the chemical properties of a calcareous soil. There was an increase in the amount of carbon, and reducing in hydrogen and oxygen contents, as a result of the conversion of poultry manure to biochar. Also it was observed an increase in EC and CEC in the produced biochars. Biochars prepared at higher temperatures were more effective in increasing soil OC and its durability. Addition of PM and its derived biochar at ۲۰۰ C ($B_{۲۰۰}$) decreased soil pH, whereas biochar which prepared at ۴۰۰ C ($B_{۴۰۰}$) increased it. Although highest soil EC observed in $B_{۲۰۰}$ and $B_{۴۰۰}$ treated samples in the early stages of incubation, the rate of increasing in soil EC was higher at PM and $B_{۲۰۰}$ treated samples.