تاثیر دمای پیرولیز بر خصوصیات و ترکیب شیمیایی بیوچارهای تولید شده از بقایای هرس سیب و انگور و کاه و کلش گندم

ندا مرادی[۱]، میرحسن رسولی صدقیانی[۲] و ابراهیم سپهر[۳]
[۱] دانشجوی دکتری، [۲] استاد و [۳] دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه

چکیده

بیوچار ضایعات هرس سیب (AB)، هرس انگور (GB) و کاه و کلش گندم (SB) در دماهای مختلف (۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس) به‌منظور بررسی تاثیر آنها بر خصوصیات و ترکیب شیمیایی بیوچارها، توسط پیرولیز آهسته تولید شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش دمای پیرولیز، محتوای خاکستر، pH، EC، مقادیر کل C، K، Na وP در همه بیوچارها افزایش یافتند. در حالیکه عملکرد تولید بیوچار، مقدار کل N، H، نسبت H/C و CEC کاهش یافتند. مقدار CEC در دمای پیرولیز ۳۵۰درجه سلسیوس در مقایسه با ۵۰۰ درجه سلسیوس در بیوچارهای ضایعات هرس سیب، ضایعات هرس انگور و کاه و کلش گندم به ترتیب ۲۳/۳۳، ۱۰/۱۵ و ۴۵/۴۹ درصد افزایش نشان داد. بطورکلی به دلیل pH و EC کمتر برای استفاده کشاورزی دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس و برای ترسیب کربن بیوچار ۵۰۰ درجه سلسیوس پیشنهاد می‌شود.

واژه های کلیدی: بیوچار، پیرولیز، ضایعات هرس، کاه و کلش گندم

مقدمه

یکی از مشکلات کشاورزی در ایران، وجود بقایای گیاهی پس از برداشت محصولات زراعی است که مزاحمت‌های فراوانی برای کشاورزان ایجاد می‌کند. یکی از راه‌کارهای استفاده از بقایای کشاورزی که اخیراً مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است، پیرولیز است (Pattiya, 2011). تجزیه‌ی زیست توده در اثر حرارت را پیرولیز (Pyrolysis) گویند و هنگامی که این فرآیند در شرایط بدون اکسیژن یا با مقادیر خیلی جزئی اکسیژن رخ دهد، بیوچار تولید می‌شود. بیوچار (Biochar) زغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است. به عبارت دیگر بیوچار یک بقایای جامد تولید شده توسط تجزیه حرارتی بیوماس در یک ظرف بسته تحت شرایط اکسیژن محدود و در دماهای متوسط (<۷۰۰ °C) می‌باشد (Sukiran et al., 2011). بیوچار به عنوان ماده‌ای که توانایی بهبود پدیده گرمایش زمین را دارد، توجهات زیادی را به خود جلب نموده است، زیرا این ماده ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی مدت در خاک ذخیره کند (Lehmann and Rondon, 2006).

مواد اولیه برای تولید بیوچار می‌تواند شامل مواد چوبی (ضایعات درختان)، ضایعات کشاورزی مانند کاه و کلش و بقایای ذرت، کودهای حیوانی و دیگر مواد آلی باشد (Ding et al., 2007). در طی فرآیند پرولیز یا اکسیداسیون که بیوچار تولید می‌شود، حرارت سبب تصعید برخی از عناصر غذایی، به‌خصوص در سطح ماده می‌شود. درجه حرارت، مدت زمان نگهداری و نرخ حرارت دادن به‌طور مستقیم خصوصیات شیمیایی بیوچار را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در طی فرآیند حرارت دادن عناصر پتانسیل از دست رفتن به اتمسفر، تثبیت شدن با اشکال مقاوم و یا آزاد شدن به صورت اکسیدهای محلول را دارا می‌باشند. هرچه دمای پیرولیز افزایش می‌یابد از درصد تولید بیوچار کاسته می‌شود و به تدریج به درصد گاز و مایع تغلیظ شده افزوده می‌شود. بیوچارهای تولید شده در دماهای بالاتر با توجه به داشتن مقادیر بالای کربن، ساختار کربن آروماتیکی آن‌ها فشرده‌تر است، درنتیجه مقاومتشان در برابر تجزیه‌ی زیستی بیشتر بوده و نیمه عمر طولانی‌تری دارند، در حالی‌که بیوچارهای تولید شده در دماهای پایین(۴۰۰-۲۵۰ درجه سانتی‌گراد) دارای مقادیر بیشتری از گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار و هیدروژن‌دار می‌باشند و قدرت تبادل کاتیونی آن‌ها بیشتر است. ساختار این بیوچارها را بیشتر ترکیبات آلیفاتیک و سلولوتیک کربن تشکیل

می‌دهند، درنتیجه نسبت به بیوچارهای تولید شده در دمای بالا، در برابر تجزیه‌ی زیستی مقاومت کمتری دارند. تولید بیوچار با دمای پایین از نظر وزنی نسبت به ماده‌ی اولیه آن عملکرد بیشتری دارند (Novak et al., 2009).

کاربرد بیوچار در خاک به عنوان یک روش جهت جلوگیری از تغییرات آب و هوا از طریق ترسیب بلند مدت کربن در خاک پیشنهاد شده است (Woolf et al., 2010). بیوچار دارای پتانسیل بازیافت مواد مغذی، تهویه خاک، صرفه اقتصادی، مدیریت سیستم پسماند و عاملی بلند مدت برای ترسیب اقتصادی و مطمئن کربن است. از دیگر اثرات سودمند کاربرد بیوچار در خاک‌های کشاورزی به افزایش ماده آلی خاک، بهبود نگهداری آب درخاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تعامل با چرخه مواد غذایی خاک از طریق تعدیل pH خاک، افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش آبشویی عناصر غذایی می‌توان اشاره کرد (Glaser et al., 2002). بیوچار ماده‌ای متخلخل با سطح ویژه بالاست که می‌تواند اثرات معنی‌داری بر رطوبت خاک و پویایی عناصر غذایی داشته باشد (Lehmann et al., 2003). مطالعات نشان می‌دهند که بیشتر بیوچارها به دلیل داشتن سطوح تبادلی زیاد می‌توانند منجر به افزایش نگهداری عناصر غذایی در خاک شوند؛ افزودن بیوچار موجب می‌گردد که کارایی استفاده از عناصر غذایی افزایش یابد (Major et al., 2010).

بقایای گیاهی منبع تأمین کربن تازه برای تولید بیوماس میکروبی هستند که این امر موجب بهبود دانه بندی خاک می‌شود. میزان و نوع بقایای گیاهی تأثیر قابل توجهی بر ساختمان خاک و به تبع آن بر سایر خصوصیات فیزیکی خاک دارد (حیدری،۱۳۸۳). با توجه به حجم بالای بقایای هرس درختان سیب و انگور در استان آذربایجان غربی، تبدیل آنها به بیوچار فرصتی را برای بهبود حاصلخیزی خاک برای استفاده درازمدت فراهم می‌سازد که یکی از ضروریات انجام این تحقیق می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق بررسی تاثیر دمای پیرولیز بر کیفیت بیوچار تولید شده از ضایعات هرس سیب و انگور و کاه و کلش گندم در دماهای مختلف جهت استفاده در کشاورزی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه بیوچار: برای انجام این آزمایش ضایعات هرس درختان میوه (ترجیحاً شاخه‌های یک یا دو ساله) از باغات استان آذربایجان غربی شهرستان ارومیه جمع آوری گردید. برای تهیه بیوچار ضایعات هرس درختان سیب و انگور (اندازه ۲۰-۳۰ میلی متر) و کاه کش گندم (اندازه ۲۰-۱۰ میلی متر) با ایجاد تغییراتی در یک کوره الکتریکی، شرایط عدم حضور اکسیژن برای پیرولیز فراهم می‌گردد. به این منظور دو راکتور استوانه‌ای از جنس استیل با ابعاد ۷ سانتی‌متر قطر، ۳۱ سانتی‌متر ارتفاع طراحی و در شرکت آذر خاک و آب ساخته شد و جهت پیرولیز در داخل کوره الکتریکی قرار گرفت. راکتور دارای یک ورودی گاز و یک خروجی برای فاز گاز و مایع تولیدی بود. اطراف درِ محفظه دارای عایق حرارتی خواهد بود تا هدررفت گرمایی به حداقل برسد. بقایای اولیه بعد از خرد شدن، به مدت ۲ روز در دمای ۷۵ درجه سلسیوس داخل آون قرار داده شدند. سپس پیرولیز ضایعات هرس درختان سیب و انگور و کاه کش گندم به طور جداگانه در دماهای ۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و با نرخ افزایش دمای ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه انجام گردید. نمونه‌ها به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای مورد نظر نگه داشته شدند و سپس کوره به آرامی با تبادل گرمایی با محیط (۲ درجه سانتی‌گراد کاهش دما در دقیقه) برای رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد یا کم‌تر خنک گردید (Kim et al., 2012).

تجزیه بیوچار

مقدار عناصر غذایی بیوچار

کربن کل، نیتروژن کل و هیدروژن کل به روش سوزاندن خشک (BS EN 15104; SASTM D5291) با دستگاه ECS 4010 CHNSO Analyzer اندازه‌گیری گردیدند. برای اندازه‌گیری مقادیر فسفر، سدیم و پتاسیم کل بقایای اولیه و بیوچارهای تولیدشده، مقدار یک گرم در کوره،در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت هشت ساعت حرارت داده شد. عصاره‌گیری از خاکستر با اسید کلریدریک ۲ مولار صورت گرفت. ظرفیت تبادل کاتیونی بالقوه بیوچار، به روش استات آمونیوم اصلاح شده یک مولار(pH= 7) اندازه‌گیری گردید (Gaskin et al., 2008).

pH و EC بیوچار

برای اندازه‌گیری pH وEC بیوچار، از نسبت ۱:۲۰ بیوچار به آب استفاده شد. سپس نمونه تکان داده شده و پس از ۲۴ ساعت، pH و EC آنها خوانده شد (Rajkovich et al., 2012).

خاکستر بیوچار

برای تعیین میزان خاکستر بیوچار، مقدار مشخصی از آن را وزن کرده و سپس به مدت ۳ ساعت تحت دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس با استفاده از رابطه ذیل محتوای خاکستر حاصل شد (Song and Guo, 2012).

$$\text{محتوای خاکستر}(\%) = \frac{\text{وزن خاکستر}(g)}{\text{بیوچار خشک بیوچار}\ (g)} \times 100$$

عملکرد بیوچار

عملکرد بیوچار از رابطه ذیل حاصل شد (Song and Guo, 2012).

$$\text{عملکرد بیوچار}(\%) = \frac{\text{وزن بیوچار}(g)}{\text{وزن آون خشک آلی ماده خام}\ (g)} \times 100$$

نتایج و بحث

pH و EC بیوچار

نتایج این مطالعه نشان داد، pH بیوچارهای تولید شده از ضایعات هرس سیب و انگور و کاه و کلش گندم بسته به دمای پیرولیز در محدوده بازی ضعیف تا قلیایی بودند (جدول ۱). اختلاف در pH بیوچارها را می توان در انواع زیست توده نیز مشاهده کرد. در میان نمونه‌های بیوچار، کمترین مقدار pH (۷/۱۱) در بیوچار هرس سیب در دمای پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتیگراد مشاهده شد. کمترین و بیشترین مقدار pH در هر دو دمای ۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد به ترتیب در بیوچار هرس سیب و بیوچار کاه کلش گندم مشاهده گردید.(Claoston Et al., (2014 ، افزایش pH را در بیوچار شلتوک برنج با افزایش دمای فرآیند گرماکافت گزارش کردند. افزایشpH به‌علت جدا شدن مواد معدنی از بخش آلی در دمای بالاتر از ۳۵۰ درجه سلسیوس می باشد (Tsai et al., 2012).

مقادیر هدایت الکتریکی (EC) بیوچارهای تولید شده در دماهای ۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۳۲ دسی زیمنس بر متر بود. کمترین مقدار EC در بیوچار ضایعات هرس سیب و بیشترین EC در بیوچار کاه و کلش گندم مشاهده شد (جدول ۱). این نتایج همسو با یافته‌های Sigh et al., (2016) است که بیان کردند بیوچارهای تولید شده از بقایای کاه و کلش و علفی EC بیشتری نسبت به بیوچارهای مشتق شده از بقایای چوبی دارند. همچنین با افزایش دمای پیرولیز مقدار EC افزایش یافت به‌طوریکه بیوچار کاه و کلش گندم تولید شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد در مقایسه با ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد ۲۳/۶۳ درصد افزایش در مقدار EC نشان داد (جدول ۱).

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بیوچار

CEC بیوچارها با افزایش دمای پیرولیز کاهش یافت. بیشترین مقدار CEC در دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد و کمترین مقدار آن در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد بدست آمد (جدول ۱). برخی تحقیقات نشان می دهد که CEC بیوچار ابتدا با افزایش دمای پیرولیز افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Gaskin et al., 2008). شواهد نشان داده است که CEC بسیاری از بیوچارهای پیرولیز شده در دمای پایین، ممکن است به‌دلیل حضور موادآلی غیر کربونیزه افزایش یابند. این بخش غیرکربونیزه ممکن است تشکیل دهنده ذرات بیوچار باشد (Mukherjee et al., 2011). دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالای بیوچار عبارتست از: ۱- افزایش سطح موجود در بیوچار به دلیل تجزیه در اثر حرارت (معمولا درجه حرارت بالای ۵۰۰ درجه سانتیگراد) ۲- افزایش بار منفی روی سطح آن(این مسئله احتمالا به دلیل وجود گروه‌های عاملی فراوان موجود در سطح بیوچار می‌باشد، که منجر به افزایش بار منفی موجود در آن می‌شود). به‌طور کلی مقدار بیوچار به نوع ماده اولیه و نیز به دمای پیرولیز بستگی دارد (Lehmann et al., 2007).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های بیوچار حاصل از ضایعات هرس درختان سیب و انگور و کاه و کلش گندم

متغیرها	واحد	بیوچار هرس سیب (AB)		بیوچار هرس انگور(GB)		بیوچار کاه و کلش گندم (SB)	
		350 °C	500 °C	350 °C	500 °C	350 °C	500 °C
pH		۷/۱۱	۸/۶۷	۷/۵۶	۹/۵۹	۸/۳	۹/۹۴
EC	$dS\ m^{-1}$	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۲	۰/۵۵	۰/۶۸
CEC	$cmolc\ kg^{-1}$	۳۲/۵۳	۲۴/۹۴	۳۶/۳۲	۳۴/۴۳	۱۰۸/۴۲	۵۹/۰۹
N	%	۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۴۱	۰/۲۲
C	%	۶۴/۰۲	۶۸/۸۸	۷۱/۰۳	۷۱/۵۳	۵۹/۴۲	۶۴/۳۱
H	%	۳/۸۹	۲/۷۰	۴/۰۴	۲/۸۸	۴/۰۴	۳/۸۹
C/N		۲۹۱	۹۱/۸۴	۸۲/۵۹	۸۲/۲۲	۱۴۴/۹۲	۲۹۲/۳۲
H/C		۰/۰۶۱	۰/۰۳۹	۰/۰۵۷	۰/۰۴۰	۰/۰۶۸	۰/۰۶۰
P	$g\ kg^{-1}$	۴/۱۶	۶/۲۵	۱/۳۴	۴/۱۹	۵/۶۷	۸/۲۳
K	$g\ kg^{-1}$	۶/۲۰	۱۰/۸۷	۱۷/۲۰	۲۱/۲۰	۲۷/۷۰	۳۴/۷
Na	$g\ kg^{-1}$	۰/۹۵	۱/۱۵	۱/۸۵	۲/۳۷	۱/۷۳	۲/۱۸

محتوای عنصری بیوچار

مقادیر عناصر بیوچارهای مختلف در دمای پیرولیز ۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که برای همه بیوچارهای مشتق شده از بقایای اولیه متفاوت، با افزایش دمای پیرولیز محتوای کربن بیوچار افزایش یافت (برعکس عملکرد بیوچار) اما مقدار H کاهش یافت. بیشترین مقدار C در بیوچار هرس انگور و کمترین مقدار در بیوچار کاه و کلش گندم بود. افزایش در محتوای کربن با دما به‌دلیل افزایش درجه کربونیزه شدن است. مقدار C در بیوچار مشتق شده از بقایای زراعی کمتر از بقایای چوبی است. چون بقایای زراعی غالب با ترکیبات سلولز و همی سلولز (بسیار قابل تجزیه) در مقایسه با محتوای لیگنین چوب که کمتر قابل تجزیه هستند (Enders et al., 2012). بااین‌حال، کاهش در عنصر H ممکن است به شکستن پیوندهای ضعیف در ساختار بیوچارها و تشکیل مواد کربن‌دار بالا با افزایش دما نسبت داد. با افزایش دمای پیرولیز مقدار N در بیوچار هرس سیب و بیوچارهرس انگور، افزایش یافت اما در بیوچار کاه و کلش گندم مقدار N با افزایش دما کاهش نشان داد. هرچند بسیاری از محققان گزارش کردند که افزایش دما پیرولیز منجر به کاهش محتوای N می شود (Song و Guo، ۲۰۱۲)، اما Al-Wabel et al., (2013) بیان کردند که با افزایش دما پیرولیز ، افزایش نسبی در مقادیر N بیوچارهای حاصل از بقایای چوبی مشاهده شده است. در همه بیوچارها با افزایش دمای پیرولیز نسبت H/C کاهش یافت. مقدار این نسبت بین ۰/۰۳۹ و ۰/۰۶۸ بود. بیشترین مقدار نسبت H/C در بیوچار کاه و کلش گندم مشاهده شد. کاهش نسبت H/C با افزایش دمای پیرولیز به علت تشکیل ساختارهای کربن آروماتیک متراکم تشکیل شده توسط واکنش‌های متوالی از دست دادن آب (دهیدراتاسیون) و دکربوکسیلاسیون است (Enders et al., 2012).

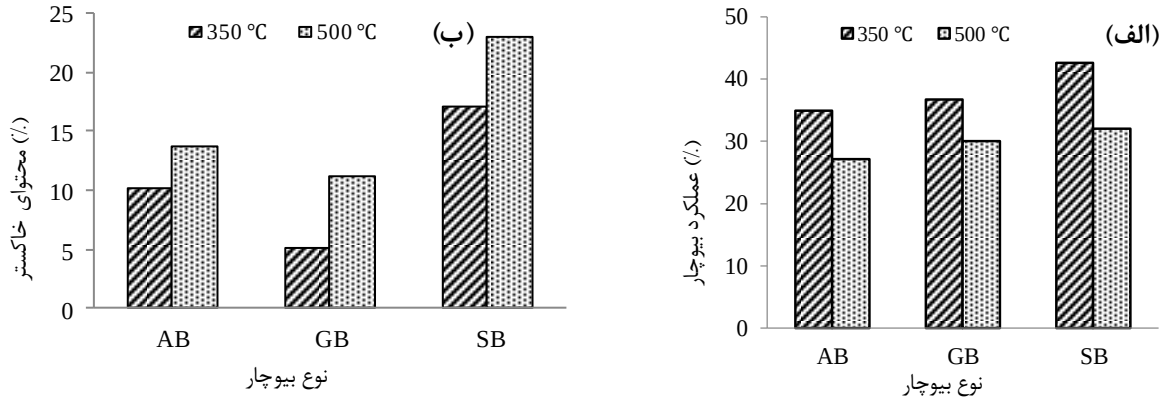
نتایج تحقیق حاضر نشان داد که دیگر عناصر (P، K و Na) با دمای پیرولیز افزایش یافتند (جدول ۱)، عمدتاً به‌دلیل متمرکز شدن این عناصر در نمونه‌های بیوچار با دما است. همچنین، این عناصر ممکن نیستند با افزایش دمای پیرولیز توسط عمل تبخیر از دست بروند (Novak et al., 2009). بیشترین مقدار این عناصر در دمای پیرولیز ۵۰۰ درجه سانتیگراد بدست آمد. Claoston et al., (2014) با بررسی بیوچار شلتوک برنج گزارش کردند مقدار عناصر پتاسیم، فسفر، کلسیم، سدیم و منیزیم با افزایش دمای پیرولیز به دلیل افزایش خاکستر بیوچار، افزایش یافت ولی این تغییرات هیچ الگوی مشخصی را نشان نداد.

عملکرد و محتوای خاکستر بیوچار

عملکرد و محتوای خاکستر بیوچارهای تولید شده از ضایعات هرس درختان سیب و انگور و کاه کلش گندم در دماهای مختلف پیرولیز در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، عملکرد بیوچارهای مختلف با افزایش دمای پیرولیز از ۳۵۰ تا

۵۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. نتایج مشابه توسط Wu et al., (2012) در بیوچار مشتق شده از کاه برنج نیز مشاهده شده است. بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در بیوچار کاه و کلش گندم و ضایعات هرس سیب بدست آمد. این کاهش در عملکرد بیوچار با افزایش دمای پیرولیز می‌تواند به‌دلیل اتلاف بیشتر مواد فرار در دمای بالاتر باشد.

برخلاف عملکرد بیوچار، محتوای خاکستر بیوچارها به‌طور معنی‌دار با افزایش دمای پیرولیز، افزایش یافت. درصد مقادیر خاکستر از ۱۰/۲۰، ۵/۰۸ و ۱۷/۱۴ در دمای پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۳/۶۸، ۱۱/۱۸ و ۲۲/۹۸ درصد در دمای پیرولیز ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در بیوچارهای هرس سیب، هرس انگور و کاه و کلش گندم افزایش نشان دادند. بیشترین محتوای خاکستر در بیوچار کاه و کلش گندم مشاهده شد. محتوای خاکستر کم ضایعات هرس سیب و انگور را می‌توان با محتوای سیلیس کم بقایای چوبی بیان کرد.



شکل ۱- تغییرات (الف) درصد عملکرد و (ب) درصد محتوای خاکستر بیوچارهای تولید شده در دماهای مختلف.

به‌طور کلی، دمای فرآیند پیرولیز یک فاکتور کلیدی در تعیین عملکرد، کیفیت و ویژگیهای بیوچارهای مختلف تولید شده از ضایعات هرس سیب و انگور و کاه و کلش گندم در طی فرآیند پیرولیز آهسته می‌باشد. مقادیر فسفر، پتاسیم و سدیم کل، مقادیر کربن،pH و EC با افزایش دمای پیرولیز افزایش یافت در حالی که عملکرد بیوچارها، CEC، H و نسبت H/C کاهش نشان داد.

منابع

حیدری، ا .۱۳۸۳ . تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم بر عملکرد گندم و ماده آلی خاک در تناوب ذرت دانه‌ای گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد نوزده، صفحه‌های ۸۱ تا ۹۴.

Al-Wabel M.I., Al-Omran A., El-Naggar A.H. 2013. Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes. Bioresource Technology, 131: 374–379.

Claoston N., Samsuri A.W., Ahmad Husni M.H., Mohd Amran M.S. 2014. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk. Waste Management and Research, 32: 331-340.

Ding W., Meng L., Yin Y., Cai Z. and Zheng X. 2007. CO_2 emission in an intensively cultivated as affected by long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer.

Enders A., Hanley K., Whitman T., Joseph S. and Lehmann J. 2012. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. Bioresource Technology, 114: 644–653.

Gaskin J.W., Steiner C., Harris K., Das K.C. and Bibens B. 2008. Effect of Low Temperature Pyrolysis Conditions on Biochars for Agricultural Use. Transactions of the ASABE, 51(6): 2061-2069.

Glaser B., Lehmann J., and Zech W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. Biology and Fertility of Soils, 35:219–230.

Kim K.R., Kim J.G., Park J.S., Kim M.S., Owens G., Youn G.H. and Lee J.S. 2012. Immobilizer-assisted management of metal-contaminated agricultural soils for safer food production. Journal of Environmental Management, 102:88–95.

Lehmann J., da Silva J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W., and Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant Soil, 249: 343–357.

Lehmann J. and Rondon M. 2006. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, 517-530.

Lehmann J. 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and Environment, 5:38–387.

Major J., Rondon M., Molina D., Riha S. and Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar applicationto a Colombian savanna Oxisol. Plant Soil, 333: 117-128.

Mukherjee A., Zimmerman A.R. and Harris W. G. 2011. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. Geoderma, 163: 247–255.

Novak J.M., Lima I., Xing B., Gaskin J.W., Steiner C., Das K., Ahmedna M., Rehrah D., Watts D.W., Busscher W.J. and Schomberg H. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Annals of Environmental Science, 3:195-206.

Pattiya A. 2011. Thermochemical characterization of agricultural wastes from Thai cassava plantations. Energy Sources, Part A: Recovery. Utilization and Environmental Effects, 33: 691-701.

Rajkovich S., Enders A., Hanley K., Hyland C., Zimmerman A.R. and Lehmann J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. Biology and Fertility of Soils, 48: 271–284.

Song W. and Guo M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 94: 138-145.

Sukiran M.A., Kheang L.S., Bakar N.A. and May C.Y. 2011. Production and characterization of bio-char from the pyrolysis of empty fruit bunches. American Journal of Applied Sciences, 8: 984–988.

Tsai W.T., Liu S.C., Chen H.R., et al. 2012. Textural and chemical properties of swine-manure-derived biochar pertinent to its potential use as a soil amendment. Chemosphere, 89: 198–203.

Woolf D., Amonette J.E., Street-Perrott F.A., Lehmann J. and Joseph S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nature Communications 1, Article number: 56 (online journal). www.nature.com/ncomms/journal/v1/n5/full/ncomms1053.html.

Wu W., Yang M., Feng Q., McGrouther K., Wang H. 2012. Chemical characterization of rice straw–derived biochar for soil amendment. Biomass Bioenergy, 47:268–276.

Effects of pyrolysis temperature on the characteristics and chemical composition of biochar produced from the apple pruning wastes, grape pruning wastes and wheat straw

N. Moradi[1], M. H. Rasouli-Sadaghiani[2] and E. Sepehr[3]
[1]PhD Student, [2]Professor and [3]Associate department of Soil Science, Urmia University

Abstract

The biochars of Apple pruning residuals, grape pruning residuals and wheat straw were produced by slow pyrolysis at different temperatures (350–500 ℃) to investigate the temperature impact on their characteristics and chemical composition. The results indicate that ash content, pH, electrical conductivity (EC), and C, K, Na and P of all biochars were increased with temperature; however, biochar yield, H content, H/C ratio and cation exchange capacity (CEC) were decreased with increasing pyrolysis temperature. CEC at 350 ℃ in apple pruning wastes, grape pruning wastes and wheat straw biochars was decreased compared to 500 ℃, by 23.33, 10.15 and 45.49 %, respectively. Generally, to produce agricultural-use wheat straw biochar, 350 ℃ should be is suggested in pyrolysis process because of low pH and EC and for carbon sequestration biochar 500 ℃ is recommended.

Keywords: Biochar, pyrolysis, pruning wastes, wheat straw