شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: مدیریت پسماند برای کاهش خطرات زیست‌محیطی

تاثیر دمای پیرولیز بر ویژگی‌های شیمیایی بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم

امید آمان الله پور [۱*]، مسعود داوری[۲]، عبدالسمیع رسولی[۳]

[۱و۳] دانشجویان کارشناسی ارشد و کارشناسی علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

فعالیت‌های انسانی و کشاورزی مقادیر زیادی از ضایعات مختلف را تولید می‌کند. دفع نامناسب این ضایعات می‌تواند اثرات نامطلوبی بر زیست‌بوم داشته باشد. استفاده مناسب و کاربردی از این ضایعات می‌تواند فشار را بر زیست‌بوم کاهش دهد. بیوچار ماده‌ای کربنی و متخلخل است که از طریق فرایند پیرولیز و با گرمادهی این ضایعات در شرایط اکسیژن محدود یا بدون اکسیژن به دست می‌آید. به‌دلیل وجود ویژگی‌های منحصر به‌فرد، بیوچار این پتانسیل را داشته که به‌عنوان اصلاح کننده در خاک استفاده گردد. در این پژوهش، ویژگی‌های شیمیایی بیوچار تهیه شده از کاه و کلش گندم در سه دمای مختلف پیرولیز ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش دمای پیرولیز از ۴۰۰ به ۶۰۰ درجه سلسیوس عملکرد، مقدار نیتروژن و کربن آلی بیوچار کاهش می‌یابد. این در حالی است که مقدار pH و EC آن روندی افزایش داشت. افزایش دمای پیرولیز همچنین سبب افزایش مقدار فسفر و پتاسیم در بیوچار می‌شود. در مجموع با توجه به نتایج، دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس برای تولید بیوچار از کاه و کلش گندم جهت استفاده در کشاورزی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: بیوچار، دمای پیرولیز، کاه و کلش گندم، مقدار عناصر

مقدمه

یکی از مشکلات کشاورزی در ایران کاهش حاصلخیزی زمین‌های زیرکشت و همچنین وجود ضایعات زیاد کشاورزی بعد از برداشت محصولات زراعی بوده که مزاحمت‌های زیادی را برای کشاورزان ایجاد می‌کند. ضایعات کشاورزی (همچون کاه و کلش گندم و جو، پوشال برنج، بقایای ذرت و آفتابگردان و سایر ضایعات) به‌طور عمده از مواد لیگنوسلولزی همچون سلولز، همی‌سلولز و لیگنین تشکیل می‌شوند. لذا امروزه در بسیاری از کشورهای جهان تمایل زیادی به استفاده بهینه از این ضایعات کشاورزی در اراضی زراعی وجود دارد (Fu, 2011). این در حالی است که برای اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک نیز، افزودن مواد آلی به خاک ضروری است. یکی از راه‌کارها برای استفاده از این ضایعات در کشاورزی، که اخیراً مورد توجه ویژه‌ای نیز قرار گرفته است، پیرولیز (گرماکافت) است (Joseph و همکاران ۲۰۰۷) گرماکافت فرایند تبدیل گرمایی - شیمیایی زیتوده در شرایط کم یا بدون اکسیژن است که منجر به ایجاد سه فاز گاز، مایع و جامد (بیوچار) می‌شود. از فاز گاز و مایع آن می‌توان به‌عنوان سوخت و برای تولید گرما و انرژی پاک استفاده کرد. این در حالی است که فاز جامد آن، که ذغال زیستی (بیوچار) نیز نامیده می‌شود، ماده‌ای جامد، ریزدانه، متخلخل و غنی از کربن بوده که ساختار آروماتیکی آن باعث پایداری این ماده در محیط می‌شود (Kim و همکاران ۲۰۱۲). تبدیل ضایعات به بیوچار که ارزش اقتصادی بالایی دارد و به بهبود زیست‌بوم نیز کمک می‌کند، می‌تواند یک روش خوب برای دفع این مواد باشد. بیوچار به‌علت ویژگی‌های منحصر بفردی که دارد به‌عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می‌گردد. افزودن بیوچار به خاک می‌تواند سبب افزایش تخلخل خاک (Steiner و همکاران ۲۰۰۷)، افزایش سطح ویژه و بهبود شرایط تهویه‌ای خاک (Laird و همکاران ۲۰۱۰)، افزایش ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک، نفوذ پذیری و زهکشی خاک (Ibrahim و همکاران ۲۰۱۳)، افزایش مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و تعامل با چرخه مواد غذایی در خاک (Glaser و همکاران ۲۰۰۲) گردد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار (همچون pH, EC، غلظت عناصر غذایی و سطح ویژه آن) بسته به ماهیت ماده اولیه، دما و مدت زمان گرمادهی می‌تواند متفاوت باشد. Fu و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که افزایش دما از ۶۰۰ درجه به بالا می‌تواند به‌شدت سبب کاهش عملکرد بیوچار (نسبت بیوچار تولید شده به ماده اولیه) تولید شده از کاه و کلش گندم شود. دلیل این کاهش، تجزیه و متلاشی شدن ذرات مواد اولیه در دماهای بالا می

ایمیل نویسنده مسئول: o.amani1992@gmail.com

باشد. Yuan و همکاران (۲۰۱۱)، با بررسی اثر دماهای مختلف بر خصوصیات بیوچار حاصل از کلزا، ذرت، سویا و بادام زمینی به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما، مقدار pH بیوچارهای تولید شده افزایش می‌یابد. این محققین گزارش کردند که ترکیب شیمیایی بیوچار بسته به نوع ماده اولیه و شرایط پیرولیز می‌تواند متفاوت باشد.

Buranov and Mazza (2008) گزارش کردند تولید کاه و کلش گندم در سطح جهان به‌طور تقریبی ۵۲۹ میلیون تن در سال بوده که بخش عمده آن در آسیا (۴۳٪)، اروپا (۳۲٪) و آمریکای شمالی (۱۵٪) تولید می‌شود. در ایران سالانه حدود ۱/۵ میلیون تن کاه و کلش گندم تولید می‌شود (بهشتی و علیخانی، ۱۳۹۵). در استان کردستان نیز تولید کاه و کلش گندم، با توجه به بالا بودن سطح زیرکشت آن، فراوان‌تر از دیگر پسماندهای غلات می‌باشد. وجود این بقایای اضافی بر روی اراضی زراعی، می‌تواند برای کشاورزان مشکلات زیادی را ایجاد کند. این در حالی است که کاه و کلش گندم به‌دلیل فراوانی و قابلیت تجدیدپذیری سالانه آن، ماده مناسبی برای تولید بیوچار می‌باشد. تهیه بیوچار از این ضایعات و استفاده از آن در اراضی کشاورزی می‌تواند ضمن برطرف کردن مزاحمت‌ها برای زارعین، سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی گردد. از آنجایی‌که فرایند پیرولیز می‌تواند به‌مقدار زیادی ویژگی‌های بیوچار و پتانسیل استفاده از آن را در کشاورزی و محیط زیست تغییر دهد؛ لذا در این پژوهش تلاش می‌شود تأثیر دماهای مختلف پیرولیز بر برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار تولید شده از کاه و کلش گندم در مقایسه با ماده اولیه تولید بیوچار ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

تهیه بیوچار

برای انجام این پژوهش از کاه و کلش بدست آمده از مزارع گندم شهرستان دهگلان، استان کردستان، به عنوان ماده اولیه بیوچار استفاده شد. به‌منظور همگن‌سازی نمونه‌ها، کاه و کلش شسته شده با آب مقطر و خشک شده، آسیاب و به قطعات دو سانتی متری خرد شدند. سپس با قرار دادن این کاه و کلش‌های خرد شده درون یک محفظه آهنی مکعبی شکل به ابعاد ۲۰ در ۲۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر در یک کوره الکتریکی بدون اکسیژن، فرایند پیرولیز (گرماکافت) آغاز شد. قبل از شروع فرایند پیرولیز تلاش شد با روشن کردن چندین شمع در محیط کوره مقدار اکسیژن موجود در آن به حداقل برسد. در این شرایط، پیرولیز بقای گندم در دماهای ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت با شیب دمایی ۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه با جریانی پیوسته انجام گردید (Joseph و همکاران ۲۰۰۷). شایان ذکر است برای تهیه بیوچار از کوره الکتریکی که در مرکز تحقیقات حفاظت آب و خاک دانشگاه تهران واقع در اراضی دیم کوئین وجود داشت، استفاده گردید.

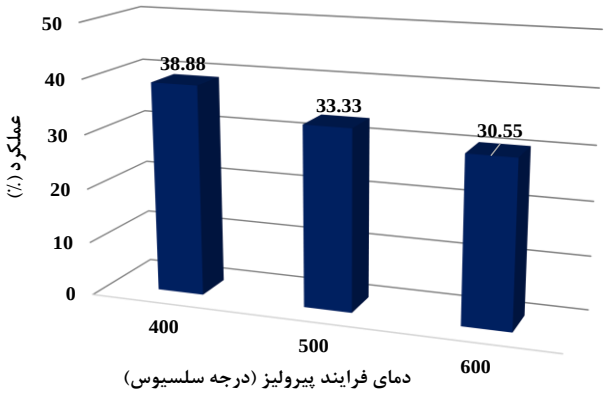
اندازه گیری ویژگی‌های شیمیای بیوچار و ماده خام

ویژگی‌های بیوچار و ماده خام اولیه همچون pH و EC در عصاره ۱ به ۲۰ بیوچار به آب مقطر به‌ترتیب با pH متر و هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد (Blakemore و همکاران، ۱۹۸۷). کربن آلی کل (TOC) به روش هضم خشک تعیین شد. نیتروژن کل با دستگاه کجدال، فسفر با روش زرد (مولیبدو وانادات)، پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و کلسیم و منیزیم نیز با روش تیتراسیون با EDTA در عصاره‌های حاصل از روش هضم تر اندازه‌گیری شدند (Jones, 2001). اندازه‌گیری پارامترها شیمیایی در سه قرائت انجام شده و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر دمای پیرولیز بر عملکرد بیوچار تولید شده

در دماهای متفاوت، درصد عملکرد بیوچار تولید شده در فاز جامد با افزایش دما کاهش یافت (شکل ۱). با افزایش دمای پیرولیز از ۴۰۰ به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، مقدار عملکرد بیوچار کاه و کلش گندم از ۳۸/۸۸ به ۳۰/۵۵ درصد تقلیل یافت. کاهش عملکرد بیوچار کاه و کلش گندم با افزایش دما می‌تواند به‌دلیل تجزیه اولیه و یا ثانویه بیوچار در دماهای بالاتر باشد (Buranov and Mazza, 2008). Lehmann and Randon (2006) بیان کردند که عملکرد بیوچار بیشتر به دمای تولید و نوع ماده اولیه مورد استفاده بستگی دارد. Fu و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که افزایش دمای پیرولیز، عملکرد بیوچار تولید شده از بقایای ذرت را کاهش می‌دهد.



شکل ۱- مقایسه فاز جامد تولید شده بیوچار نسبت به ماده خام

اثر دمای پیرولیز بر pH و هدایت الکتریکی(EC)

نتایج مربوط به تجزیه ویژگی‌های شیمیایی بیوچار نشان داد که با افزایش دمای پیرولیز pH و هدایت الکتریکی (EC) افزایش می‌یابد. محدوده pH بیوچار کاه و کلش گندم بین ۹/۷۸ (در دمای پیرولیز ۴۰۰ درجه سلسیوس) تا ۱۰/۰۶ (در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس) متغیر می‌باشد (جدول ۱). Song and Guo (2012) افزایش pH بیوچار کود مرغی با افزایش دمای فرایند پیرولیز از ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس را گزارش کرده و آن را به افزایش مقدار کایتون‌های بازی (Na، K، Ca و Mg) در بیوچار کود مرغی نسبت داده‌اند. در مجموع می‌توان این‌گونه بیان کرد که بیوچار کاه و کلش گندم قلیایی است. Yuan و همکاران (۲۰۱۱) بر اساس نتایج طیف سنجی XRD و اندازه‌گیری کربنات‌ها بیان کردند که با افزایش دمای پیرولیز و افزایش مقدار کربنات‌ها مقدار pH بیوچارها افزایش می‌یابد.

با افزایش دمای پیرولیز در کاه وکلش گندم مقدار EC نیز افزایش یافت (جدول ۱). کمترین مقدار EC مربوط به دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس (معادل ۶/۴۳ dS/m) و بیشترین مقدار آن نیز مربوط به دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس (معادل ۸/۲۵ dS/m) می‌باشد. Caloston و همکاران (۲۰۱۴) و Kim و همکاران (۲۰۱۲) افزایش EC را با افزایش دمای پیرولیز به افزایش مقدار خاکستر و به‌تبع آن کاهش مواد فرار و افزایش غلظت عناصر در بخش خاکستر نسبت می‌دهند. Joseph و همکاران (۲۰۰۷) غلظت بالای K^+ و تحرک بالای آن را باعث افزایش EC بیوچار گزارش کرده‌اند.

اثر دمای پیرولیز بر کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم

افزایش دمای پیرولیز در تبدیل کاه و کلش گندم به بیوچار سبب کاهش مقدار کربن آلی و نیتروژن کل نسبت به مواد اولیه شد (جدول ۱). کمترین مقدار کربن آلی در دمای پیرولیز ۶۰۰ درجه سلسیوس و بیشترین مقدار آن در دمای پیرولیز ۴۰۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد. این موضوع شاید به این دلیل باشد که کربن آلی در طی فرایند پیرولیز از فاز جامد (بیوچار) وارد فاز مایع یا گاز می‌شود. نکته قابل توجه این‌که، گرچه بیوچار کاه و کلش گندم در دمای پیرولیز پایین، بیشترین مقدار کربن آلی را دارد، لیکن بخش زیادی از این کربن آلی ناپایدار بوده و در معرض اکسیداسیون قرار دارد. همان‌گونه که در قبل بیان شد نیتروژن نیز از روندی مشابه تبعیت کرده و با افزایش دمای پیرولیز مقدار آن در بیوچار از ۰/۹۴ (در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس) به۰/۶۶ (در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس) کاهش می‌یابد. Bagreev و همکاران (۲۰۰۱) ورود گروه نیتروژن‌دار به صورت نیتروژن-آمونیومی و یا نیتروژن- نیتراتی در دماهای پایین پیرولیز و یا پیریدین در دمای بالای ۶۰۰ درجه سلسیوس به فاز مایع یا گاز را سبب کاهش نیتروژن در فاز جامد گزارش کرده‌اند. با توجه به نتایج (جدول ۱)، افزایش دمای پیرولیز، سبب افزایش درصد فسفر و پتاسیم در بیوچارها نسبت به ماده اولیه شده است. غلظت‌های بالای این عناصر در بیوچارهای تولید شده نسبت به بقایای اولیه، بیشتر به ارتباط بین این عناصر با بخش معدنی بقایای کشاورزی نسبت داده می‌شود (Uchimiya و همکاران ۲۰۱۰). بیشترین مقدار پتاسیم و فسفر در مقایسه با ماده اولیه مربوط به دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس است (به‌ترتیب معادل ۲/۹۵ و ۰/۰۱۲ درصد).

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی ماده اولیه و بیوچار مورد مطاله

ویژگی / دمای پیرولیز	EC(dS/m)	pH	OC	N	P	K
			(%)			
ماده اولیه	4.75	6.45	51.89	0.85	0.004	1.58
۴۰۰°C	6.45	9.78	44.08	0.94	0.010	2.28
۵۰۰°C	7.14	9.90	43.08	0.91	0.012	2.95
۶۰۰°C	8.25	10.06	42.73	0.66	0.012	1.73

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش بیان‌گر آن است که استفاده از بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم می‌تواند سبب افزایش پایداری این ضایعات (مواد آلی) بر روی اراضی کشاورزی و به‌تبع آن افزایش حاصلخیزی خاک گردد. افزایش دمای پیرولیز در فرآیند تولید بیوچار از کاه و کلش گندم سبب افزایش pH آن نسبت به ماده اولیه شده که خود می‌تواند در اصلاح خاک‌های اسیدی مفید باشد. عملکرد، نیتروژن کل و درصد کربن آلی نیز با افزایش دمای پیرولیز کاهش می‌یابد. برغم کاهش درصد کربن آلی در بیوچار، پایداری آن افزایش می‌یابد. همچنین افزایش دمای پیرولیز بقایای گندم می‌تواند سبب افزایش درصد فسفر و نیتروژن کل شود. با توجه به نتایج، برای استفاده از بیوچار کاه و کلش گندم در کشاورزی، پیرولیز در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس پیشنهاد می‌شود.

منابع

بهشتی، م. و علیخانی، ح. ۱۳۹۵. تغییرات کیفیت بیوچار تولید شده از کاه و کلش گندم در طی فرایند پیرولیز آهسته در دماهای مختلف. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۶ (۲)، ۲۰۱-۱۸۹.

Bagreev, A., Bandosz, T. J., & Locke, D. C. 2001. Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer. Carbon, 39(13), 1971-1979.

Blakemore, L. C. (1987). Methods for chemical analysis of soils. NZ Soil Bureau scientific report, 80, 71-76.

Buranov, A. U., & Mazza G. 2008. Lignin in straw of herbaceous crops. Industrial Crops and Products, 28(3): 237-259.

Claoston, N. A., Samsuri, M. H., & Husni, A. 2014. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochars. Waste Management & Research, 32(4): 331-339.

Fu, P., Yi, W., Bai, X., Li, Z., Hu, S., & Xiang, J. 2011. Effect of temperature on gas composition and char structural features of pyrolyzed agricultural residues. Bioresource Technology, 102(17), 8211-8219.

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, vol 35, pp219–230.

Ibrahim, H. M., Al-Wabel, M. I., Usman, A. R., & Al-Omran, A. 2013. Effect of Conocarpus biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. Soil Science, 178(4), 165-173.

Jones Jr, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis, Chemical Rubber Company Press, 48-78

Joseph, S., Downie, A., Munroe, P., & Crosky, A. 2007. Biochar for carbon sequestration, reduction of greenhouse gas emissions and enhancement of soil fertility; A review of the materials science. Proceeding of the Australian Combustion Symposium.

Kim, K. H., Kim, J. Y., Cho, T. S., & Choi, J. W. 2012. Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine .Bioresource Technology, 118: 158-162.

Laird, D. A., Fleming, P., Davis, D. D., Horton, R., Wang, B., & Karlen, D. L. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma, 158(3), 443-449.

Lehmann, J., & Rondon, M. (2006). Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. Biological approaches to sustainable soil systems. CRC Press, Boca Raton, FL, 517-530.

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

Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J. L. V., Blum, W. E., & Zech, W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and soil, 291(1-2), 275-290.

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(8), 935-940.

Yuan, J. H., Xu, R. K., & Zhang, H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Bioresource technology, 102(3), 3488-3497.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Waste Management to Reduce Environmental Risks

Effect of pyrolysis temperature on chemical properties of wheat straw – derived biochar

Amanollahpour, O.,[*1] Davari, M.,[2] Rasuli, A. [3]

[1] M. Sc. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
[2] Assistant Prof., Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
[3] B. Sc. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Abstract

Human activities and agriculture generate large quantities of various wastes. Improper disposal of waste can adversely affect the environmental health. Appropriate and functional usage of waste materials can be reduced the pressure on the environment. Biochar is the porous, carbonaceous substance produced via process called 'Pyrolysis' which involves incomplete combustion of biomass and plant or animal wastes under no or limited oxygen condition. Due to its unique properties, biochar has a high potential to be used as soil amelioration. In this study, the biochar were generated from wheat straw through pyrolysis at different temperatures (400, 500 and 600 ◦C) and their chemical properties were investigated. The results indicated that the biochar yield, total N and organic carbon (OC) contents decreased with incremental increasing temperature from 400 to 600 ◦C, while pH and EC increased. Pyrolysis also increased the contents of phosphorus and potassium in the biochars. Overall, the pyrolysis temperature of 500 °C are recommended to produce wheat straw – derived biochar for agricultural applications.

Keywords: Biochar, Nutrient Content, Pyrolysis Temperature, Wheat Straw

* Corresponding author, Email: o.amani1992@gmail.com