مقایسه برخی ویژگی‌های بیوچارهای با منشأ گیاهی و حیوانی

ندا صفاری انارکی[۱]، محمد علی حاج‌عباسی[۲]، حسین شیرانی[۳] و محمد رضا مصدقی[۴]
۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲ و ۴- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

چکیده

در این پژوهش مقادیر کربن آلی، pH، رسانایی الکتریکی، کربنات کلسیم و مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم کل در بیوچارهای تولیدشده از کود مرغی (منشأ حیوانی) و بقایای ذرت (منشأ گیاهی) در دو دمای پیرولیز ۳۵۰ و ۶۵۰ درجه سلسیوس به همراه ماده خام هر یک مقایسه و بررسی شدند. نتایج نشان داد که کود مرغی و بیوچارهای آن با اینکه pH و رسانایی الکتریکی بیشتری نسبت به بیوچارهای بقایای ذرت دارند، ولی از نظر عناصر غذایی مهمی چون نیتروژن، فسفر و پتاسیم غنی هستند. بنابراین بیوچارهای کود مرغی می‌توانند به عنوان کود کندرهش در خاک‌های آهکی و فقیر از نظر حاصلخیزی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه های کلیدی: بیوچار، پیرولیز، کود مرغی، بقایای ذرت

مقدمه

بیوچار یک ماده جامد غنی از کربن آروماتیک است که طی فرایند پیرولیز در شرایط کم یا بدون اکسیژن حاصل می‌شود و به نام کربن سیاه نیز شهرت دارد. کاربرد بیوچار در خاک به عنوان اصلاح‌کننده، سهم زیادی از پژوهش‌های پژوهشگران را در دهه اخیر به خود اختصاص داده است (Ibrahim et al. 2013). از آنجایی که زمان تقریبی اقامت کربن بیوچار در خاک، در دامنه هزار تا ده هزار سال است، این ماده ارزشمند می‌تواند علاوه بر ترسیب کربن، به عنوان یک اصلاح‌کننده با آثار درازمدت به خاک افزوده شود (Warnock et al. 2010). خصوصیات ویژگی‌های شیمیایی بیوچار به طور کلی متأثر از نوع ماده اولیه و دمای پیرولیز است، به طوری که ترکیب شیمیایی بیوچار تولیدشده در دمای پایین به ماده اولیه و بیوچار حاصل در دمای بالا به گرافیت شبیه است (Butnan et al. 2015). نواک و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که ویژگی‌های مهم بیوچار، pH، مقدار کربن آلی، نیتروژن، خاکستر و چگالی ظاهری هستند.

بر طبق گزارش فائو در سال ۲۰۱۲، حدود ۱۸۶۵۰۰ گیگاگرم کربن دی‌اکسید از کاربرد کودهای آلی در زمین‌های کشاورزی متصاعد شده است. بنابراین با تولید بیوچارهایی که از انواع کودهای حیوانی تهیه می‌شود، می‌توان از مشکلاتی همچون انباشته‌شدن مقادیر زیادی از کودهای حیوانی و مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب‌ها به نیتروژن و فسفر، تصاعد گاز متان و ایجاد بوی نامطبوع جلوگیری نموده یا آن را به حداقل رساند. بیوچارهای با منشأ کود آلی در اصل، به عنوان کودهای کندرهش در خاک عمل می‌کنند (Cantrell et al. 2012). کلی و همکاران (۲۰۱۵) از بین بیوچارهای کودی، کاربرد بیوچار کود مرغی را در خاک، برای افزایش عملکرد محصول به ویژه در خاک‌های فقیر از مواد مغذی پیشنهاد کرده‌اند. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه برخی ویژگی‌های بیوچارهای مختلف با منشأ و دمای پیرولیز متفاوت در مقایسه با ماده خام آنها انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای تهیه بیوچارها، کود مرغی و بقایای ذرت شامل برگ و ساقه گیاه به صورت مواد اولیه به مدت ۴۸ ساعت هوا-خشک شدند و یک روز در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند. سپس این مواد آلی با آسیاب خرد شده و از الک ۲ میلی-متری عبور داده شدند. برای تولید بیوچار با ایجاد تغییراتی در یک کوره الکتریکی با حضور گاز نیتروژن شرایط کم اکسیژن

فراهم شد و نمونه‌های بقایای ذرت و کود مرغی خام در دو دمای ۳۵۰ و ۶۵۰ درجه سلسیوس به عنوان معرف دمای کم و زیاد برای پیرولیز و زمان ماندگاری ۱۲۰ دقیقه در کوره پیرولیز شدند. کوره به آرامی تا دمای زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس خنک شده و بیوچارها از کوره خارج شدند.

کارآیی بیوچارها از رابطه (۱۰۰× (وزن ماده اولیه استفاده شده (گرم) / وزن بیوچار (گرم)) = (٪) کارآیی بیوچار) بدست آمد. ویژگی‌های شیمیایی بیوچارها و مواد اولیه آنها شامل pH و رسانایی الکتریکی در عصاره ۱:۲۰ بیوچار به آب مقطر، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر، آهک با استفاده از روش تیتراسیون اسید و باز و نیتروژن کل به روش کلدال اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری برای اندازه‌گیری فسفر، پتاسیم و سدیم کل به روش هضم خشک با اسید کلریدریک ۲ مولار انجام گرفت. سپس فسفر کل به روش رنگ‌سنجی زرد وانادات آمونیوم با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۶ نانومتر و پتاسیم و سدیم کل با فلیم-فتومتر قرائت شد (Sims 1996). آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار انجام شد که برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹,۴) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

در طول فرایند پیرولیز سه فاز جامد (بیوچار)، مایع (شیرابه) و گاز تولید می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که کارآیی فاز جامد تولیدشده با افزایش دمای پیرولیز کاهش می‌یابد. کارآیی بیوچار کودمرغی و بقایای ذرت تولیدی در دمای ۳۵۰ و ۶۵۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۴۴/۶، ۳۳/۲، ۳۹/۳ و ۲۸/۳ درصد است (جدول۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییرات کربن آلی، pH، رسانایی الکتریکی، کربنات کلسیم، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم کل در کود مرغی و بیوچارهای آن در دمای ۳۵۰ و ۶۵۰ درجه سلسیوس و بقایای ذرت و بیوچارهای آن در دو دمای گفته‌شده، معنی‌دار است. به طور کلی افزایش دمای پیرولیز بیوچار هر دو نوع ماده اولیه با منشا حیوانی و گیاهی نسبت به نوع ماده اولیه خود، باعث کاهش کربن آلی شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کربن آلی به ترتیب مربوط به بقایای ذرت و بیوچار کود مرغی در دمای پیرولیز ۶۵۰ درجه سلسیوس بود (جدول۱). نتایج سونگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که بیش‌ترین مقدار کربن آلی در کود مرغی تولیدی در دماهای مختلف پیرولیز مربوط پایین‌ترین دما یعنی دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس است. این پژوهشگران گزارش کردند که کربن آلی بدست آمده با روش اکسیداسیون دی کرومات، مقدار کربن آلی ناپایدار بیوچار را نشان می‌دهد ولی کربن پایدار بیوچار با افزایش دمای پیرولیز بیشتر می‌شود.

pH و رسانایی الکتریکی با افزایش دمای پیرولیز، افزایش یافت. درکل، pH و رسانایی الکتریکی در کود مرغی و بیوچارهای آن به دلیل دارا بودن غلظت بالای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیش‌تر از بقایای ذرت و بیوچارهای تولیدشده از آن بود. بیش‌ترین مقدار pH (برابر ۱۲/۲) و رسانایی الکتریکی (برابر ۹/۲۰ dS/m) در عصاره ۱:۲۰ در بیوچار کود مرغی در دمای پیرولیز ۶۵۰ درجه سلسیوس دیده شد. کربنات کلسیم نیز با افزایش دمای پیرولیز افزایش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش نسبت ترکیبات بخش معدنی بیوچار با افزایش دمای پیرولیز دلیل این روند است (Khanmohammadi etal. 2015).

مقدار کربنات کلسیم در گروه ماده اولیه و بیوچار گیاهی نسبت به حیوانی بیش‌تر بود. مقدار کربنات کلسیم در بیوچار بقایای ذرت دماهای ۳۵۰ و ۶۵۰ درجه سلسیوس در مقایسه با بیوچار کود مرغی در دمای مشابه به ترتیب حدود ۴۵ و ۱۰۰ درصد بیش‌تر بود.

نیتروژن کل در کود مرغی برابر ۴/۱۹ درصد و در بقایای ذرت برابر ۱/۵۱ درصد است که به دلیل تفاوت در نوع ماده خام اولیه برای تولید بیوچار، نیتروژن بیوچارهای کود مرغی نیز بیش‌تر از بیوچارهای بقایای ذرت است. آل وبل و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که ماده اولیه و دمای تولید بیوچار تأثیر کلیدی بر ویژگی‌های بیوچار تولیدشده دارند. اثر دمای پیرولیز بر نیتروژن کل روند مشخصی ندارد، به طوری که با افزایش دما تا ۳۵۰ درجه سلسیوس مقدار نیتروژن کل افزایش یافت، ولی در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس به دلیل از دست رفتن بخشی از نیتروژن آلی، مقدار نیتروژن کل کاهش یافت

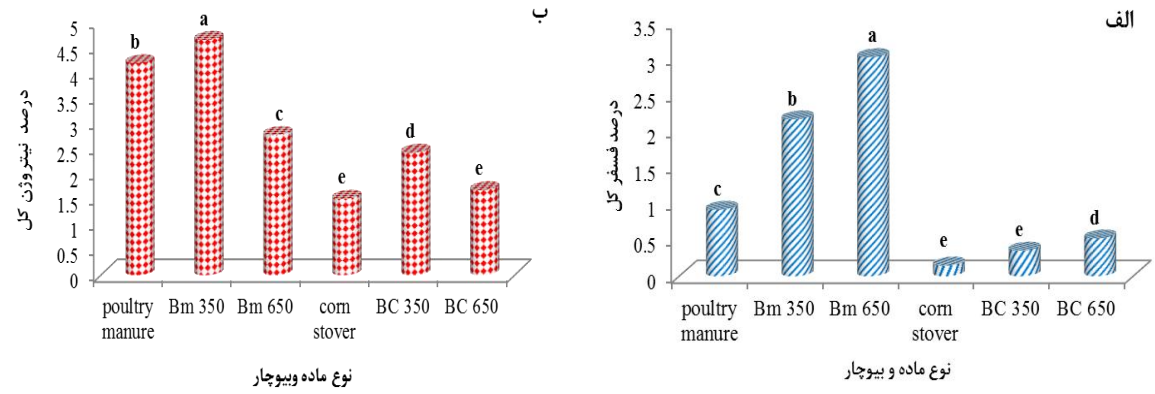
(شکل ۱). وو و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که تا دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس مقدار نیتروژن بیوچار افزایش می‌یابد و از این دما به بالا روند معکوس می‌شود.

جدول۱– مقایسه میانگین عملکرد بیوچار (yield)، کربن آلی (OC)، pH، رسانایی الکتریکی (EC) و کربنات کلسیم (CCE) در ماده اولیه و بیوچارهای با منشأ و دمای پیرولیز مختلف

نوع ماده اولیه و بیوچار	yield	OC%	pH (1:20)	EC (1:20) (dS/m)	CCE %
کود مرغی	-	۳۹/۴ab	۶/۰e	۴/۱۷d	۲/۵d
بیوچار کود مرغی تولیدی در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس	۴۴/۶a	۳۷/۱b	۹/۹c	۴/۷۱c	۹/۲bc
بیوچار کود مرغی تولیدی در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس	۳۳/۲c	۱۲/۳d	۱۲/۲a	۹/۲۰a	۱۲/۵bc
بقایای ذرت	-	۴۲/۶a	۴/۲f	۳/۸۴e	۷/۳cd
بیوچار بقایای ذرت تولیدی در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس	۳۹/۳b	۳۷/۸b	۷/۲d	۴/۲۴d	۱۳/۳b
بیوچار بقایای ذرت تولیدی در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس	۲۸/۳d	۱۷/۹c	۱۰/۶b	۵/۸۸b	۲۵/۷a

*: در هر ستون، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد آزمون LSD است.

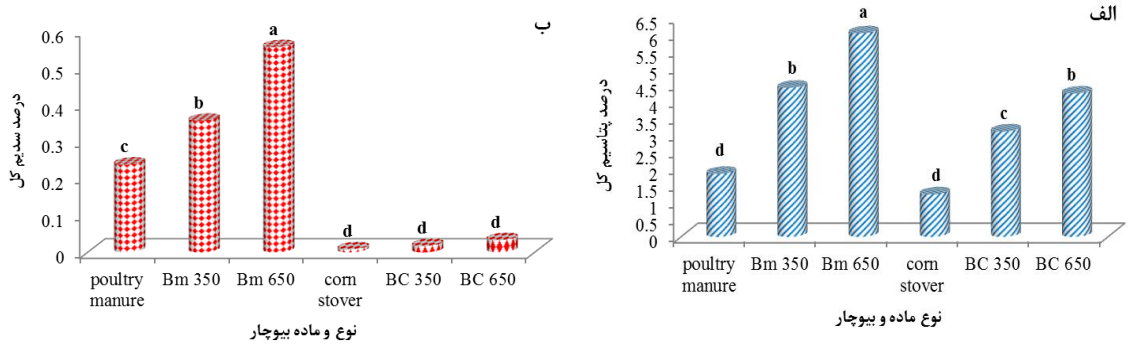
مقادیر فسفر بیوچارها بر خلاف نیتروژن، با افزایش دما همواره روند افزایشی نشان داد و بیش‌ترین مقدار فسفر در بیوچار کود مرغی تولیدی در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس دیده شد. این نتایج نشان می‌دهد که بیوچارهای کود حیوانی، از نظر حاصلخیزی خاک اهمیت بیش‌تری نسبت به بیوچارهای گیاهی دارند. در همین راستا بورک و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که بیوچارهای با منشأ گیاهی، به دلیل داشتن خاکستر کم، حضور ترکیب خاص (غالباً CaO و SiO_2 که ارزش تغذیه‌ای کمی دارند) و عناصر غذایی اندک در آنها، از نظر مواد مغذی غنی نیستند. ولی چون کودهای حیوانی دارای مقادیر زیادی از مواد مغذی هستند، می‌توانند به عنوان یک ماده اولیه مناسب برای تولید بیوچار استفاده شوند.



شکل ۱- مقایسه میانگین الف: درصد فسفر کل و ب: درصد نیتروژن کل در مواد اولیه و بیوچارهای با منشا و دمای پیرولیز مختلف در سطح معنی‌داری ۵ درصد (LSD).

از مقایسه مقادیر پتاسیم و سدیم کل در مواد مختلف به کاررفته در این پژوهش، می‌توان دریافت که هر دو نوع بیوچار با منشأ مختلف دارای مقادیر پتاسیم بیش‌تری نسبت به سدیم هستند. برای هر دو عنصر مورد بررسی کود مرغی و بیوچارهای

آن رتبه اول را به خود اختصاص داده است به طوری که بیش‌ترین مقدار پتاسیم و سدیم کل در بیوچار کود مرغی تولیدی در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس با مقادیر ۶/۰۵ و ۰/۵۵۳ درصد دیده می‌شود (شکل ۲). در این بیوچار نسبت پتاسیم به سدیم حدود ۱۱ برابر است. همان طور که در شکل ۲ دیده می‌شود مقادیر سدیم در بقایای ذرت و بیوچارهای آن در هر دو دمای پیرولیز اختلاف معنی‌داری نشان نداده است ولی این روند برای عنصر پتاسیم معنی‌دار است. افزایش پتاسیم در بیوچار بقایای ذرت تولیدی در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس نسبت به بیوچارهای تولیدشده در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس و بقایای خام ذرت به ترتیب ۳۶/۵ و ۲۲۳/۵ درصد و همین روند مشابه با ۳۶/۱ و ۲۳۸ درصد در مورد بیوچار ۶۵۰ درجه سلسیوس کود مرغی در مقایسه با بیوچار ۳۵۰ درجه و کود خام مرغی نیز دیده می‌شود.



شکل ۲- مقایسه میانگین الف: درصد پتاسیم کل و ب: درصد سدیم کل در مواد اولیه و بیوچارهای با منشأ و دمای پیرولیز مختلف در سطح معنی‌داری ۵ درصد (LSD).

نتایج این پژوهش نشان داد که اگر چه pH و رسانایی الکتریکی کود مرغی و بیوچارهای تولیدشده از آن نسبت به بیوچارهای بقایای ذرت بیش‌تر است، ولی این بیوچارها از نظر مواد مغذی مورد نیاز گیاه به ویژه عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم بسیار غنی بود. دمای انتخابی پیرولیز برای تولید بیوچار بستگی به هدفی دارد که از کاربرد بیوچار در خاک دنبال می‌شود، به طوری که نتایج این پژوهش نشان داد، دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس به دلیل مقدار تولید بیش‌تر نیتروژن و صرف هزینه کم‌تر، نسبت به دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس برتری دارد.

منابع

Al-Wabel M.I., Al-Omran A., El-Naggar A.H., Nadeem M. and Usman A.R.A. 2013. Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus waste. Bioresour. Technol. 131: 374–379.

Bourke J., Manley-Harris M., Fushimi C., Dowaki K., Nunoura T. and Antal M.J. 2007. Do all carbonized charcoals have the same chemical structure?. 2. A model of the chemical structure of carbonized charcoal. Ind. Eng. Chem. Res. 46 (18): 5954–5967.

Butnan S., Deenik J., Toomsan B., Antal M.J. and Vityako P. 2015. Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy. Geoderma. 237–238: 105–116.

Cantrell K.B., Hunt P. G., Uchimiy M., Novak J.M. and Ro K.S. 2012. Impact of pyrolysis temperatura and manure source on physicochemical characteristics of biochar. Bioresour. Technol. 107: 419–428.

Cely P., Gascó G., Paz-Ferreiro G. and Méndez A. 2015. Agronomic properties of biochars from different manure wastes. J. Anal. Appl. Pyrolysis. 111: 173–182.

Ibrahim H.M., Al-Wabel M.I., Usman A.R.A. and Al-Omran, A. 2013. Effect of Conocarpus biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. Soil Sci. 178: 165–173.

Khanmohammadi Z., Afyuni M. and Mosaddeghi M.R. 2015. Effect of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of sewage sludge biochar. Waste Management & Research. 33 (3): 257–283.

Lehmannn J., Gaunt J. and Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change 11: 403–427.

Novak J., Cantrell K. and Watts D. 2013. Compositional and thermal evaluation of lignocellulosic and poultry litter chars via high and low temperature pyrolysis. Bioenergy Res. 6: 114–130.

Sims J.T. 1996. Lime requirement. In: Sparks R.L. et al. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series No. 5. Madison, WI: Soil Science Society of America. pp. 491–515.

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.

Warnock D.D., Mummey D.L., McBride B., Major J., Lehmann J. and Rillig M.C. 2010. Influences of non-herbaceous biochar on arbuscular mycorrhizal fungal abundances in roots and soils: results from growth-chamber and field experiments. Appl. Soil Ecol. 46: 450–456.

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

C**omparison of some properties for plant-source and animal-source biochars**

N. Saffari[1], M. A. Hajabbasi[2], H. Shirani[3] and M. R. Mosaddeghi[4]

1- PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, 2&4- Professor, Department of Soil Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, 3- Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Abstract

In this study, total organic carbon, pH, electrical conductivity, calcium carbonate content and total nitrogen, phosphorus, potassium and sodium were measured for the biochar derived from poultry manure and corn stover. The biochar was produced at two different temperatures of 350 and 650 ºC and then compared with their feedstocks. The results indicated that although, the pH and electrical conductivity for poultry manure and its biochar were higher than those for corn stover biochar but the poultry manure and its biochar were rich of important nutrient elements such as nitrogen, phosphorus and potassium. Therefore, the poultry biochar can be recommended as an amendment and slow-release fertilizer in calcareous soils and soils with low fertility.

Keywords: Biochar, Pyrolysis, Poultry manure, Corn stover