



تأثیر زغال زیستی بر ویژگی‌های زیستی یک خاک قلیائی و تولید زیست توده هوایی عدس-گندم

سپیده ابریشم‌کش^۱، منوچهر گرجی^۲، حسین اسدی^۲، احمد علی پوربائنی^۲ و غلام باقری مرندی^۳
^۱دانش آموخته دکتری دانشگاه تهران و استادیار دانشگاه گیلان، ^۲دانشیار دانشگاه تهران، ^۳استادیار دانشگاه تهران

چکیده

در این پژوهش، تأثیر سطوح صفر، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۶، ۲/۴ و ۳/۲ درصد وزنی زغال‌های زیستی پوسته شلتوک برنج، تولیدی در دو دمای ۲۵۰ و ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد بر ویژگی‌های مهم زیستی یک خاک قلیائی و تولید زیست‌توده هوایی عدس (محصول اول) و گندم (محصول دوم) مطالعه شد. نتایج مطالعه گلخانه‌ای نشان داد که خاک‌های حاوی زغال زیستی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ ویژگی‌های زیستی و وزن خشک زیست‌توده هوایی عدس در مقایسه با شاهد نداشتند. اما پس از برداشت گندم، تأثیرات مثبت زغال زیستی به ویژه زغال زیستی تولیدی در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بر افزایش کربن زیست‌توده و تنفس میکروبی خاک مشاهده شد. وزن خشک زیست‌توده هوایی گندم نیز در تیمارهای زغال زیستی در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد. بنابراین کاربرد زغال زیستی، علاوه بر توقف کربن در خاک می‌تواند با گذشت زمان موجب بهبود ویژگی‌های زیستی خاک قلیائی و افزایش رشد گیاه نیز شود.

واژه‌های کلیدی: زغال زیستی پوسته شلتوک برنج، تنفس میکروبی، توقف کربن، خاک قلیائی، وزن خشک اندام هوایی

مقدمه

تغییر اقلیم در نتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به آتمسفر، یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی بشر امروز است. تلاش‌های زیادی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای یا خنثی کردن انتشارات غیرقابل اجتناب از طریق توقف کربن در زیست‌بوم‌ها صورت گرفته است. در زیست‌بوم‌های خشکی، توقف کربن در خاک به عنوان گزینه‌ای بسیار ارزشمند در نظر گرفته می‌شود زیرا میزان کربنی که در خاک می‌تواند ذخیره شود بسیار زیاد است (Lehman, et al., 2006). برای افزایش توقف کربن در خاک، دامنه‌ای از نوآوری‌ها شامل افزودن معدنی‌های متوقف کننده کربن (De Jong, et al., 2011)، اصلاح خاک با پسماندهای تیمار شده (Farrel and Jones, 2009) و انتقال کربن از طریق گیاهان به زیر خاک (Jansson, et al., 2010) و کاربرد کربن سیاه (زغال زیستی) تولیدی از پیرولیز (تجزیه حرارتی) زیست‌توده (Lehmann et al., 2006) پیشنهاد شده‌اند. بیش‌تر کربن موجود در زغال زیستی به صورت آروماتیک و مقاوم به تجزیه در خاک است (Amontte and Joseph, 2009). این ویژگی زغال زیستی، آن را ابزاری مناسب برای توقف طولانی مدت کربن و مقابله با تغییر اقلیم می‌سازد. همچنین زغال زیستی از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی (جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری)، بهینه‌سازی خصوصیات شیمیایی (حفظ عناصر غذایی) و تقویت فعالیت‌های زیستی خاک می‌تواند منجر به افزایش رشد گیاه و بهبود عملکرد محصول گردد (Yamato, et al., 2006). زغال زیستی را می‌توان از بقایای گیاهی و سایر پسماندهای زیست‌توده که استفاده‌ای ندارند تولید کرد که می‌تواند منافع دیگری نیز از لحاظ مدیریت پایدار پسماند داشته باشد. میزان کل بقایای کشاورزی تولیدی در جهان ۴/۶ میلیارد تن در سال است (Bentsen, et al., 2014) و بخش قابل توجهی از این پسماندها از قبیل بقایای برنج را می‌توان برای تولید زغال زیستی به کار برد. مدیریت نادرست بقایای برنج از قبیل سوزاندن آن، موجب هدررفت قابل توجه عناصر غذایی، آلودگی هوا و مشکلات سلامتی برای انسان می‌شود. بر اساس آمار منتشر شده وزارت جهاد کشاورزی، تولید برنج ایران در سال زراعی ۹۲-۹۳، حدود ۲/۳ میلیون تن بود (احمدی و همکاران ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن ۲۰ درصد وزن شلتوک به عنوان پوسته، ۰/۴۷ میلیون تن پوسته شلتوک برنج تولید شده است که می‌تواند منبع پایدار برای جهت تولید زغال زیستی باشد. اغلب مطالعات در مورد اثرات مثبت زغال زیستی در خاک‌های اسیدی انجام گرفته است و

ذرات زغال زیستی پس از مخلوط شدن با خاک، قابل جداسازی نیستند. بنابراین قبل از کاربرد و توصیه آن در مقیاس‌های بزرگ، مطالعه آزمایشگاهی کوتاه و درازمدت اثرات آن به ویژه تأثیر آن بر ویژگی‌های زیستی خاک و گیاهان مختلف ضروری به نظر می‌رسد و این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر کاربرد زغال زیستی تولیدی از پوسته شلتوک برنج در دو دما بر ویژگی‌های زیستی یک خاک قلیائی و تولید زیست‌توده هوایی در کشت عدس - گندم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

زغال زیستی نوع اول (B₁) و نوع دوم (B₂) از پوسته شلتوک برنج به ترتیب در دمای ۲۵۰ و ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد تولید شدند. واکنش (pH) و قابلیت هدایت الکتریکی زغال زیستی در نسب جرمی (۱:۲۰)، آب مقطر دیونیزه: زغال زیستی، تعیین شد (Rajkovich et al., 2012). اندازه‌گیری کربن، هیدروژن و نیتروژن زغال‌های زیستی توسط روش احتراق خشک (متد دوماس) و دستگاه تجزیه عنصری انجام گرفت. خاک قلیائی مورد استفاده در این تحقیق از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج تهیه گردید. آزمایش گلخانه‌ای با ۱۱ تیمار: خاک بدون زغال زیستی (شاهد)، خاک همراه با ۰/۴، ۰/۸، ۱/۶، ۲/۴ و ۳/۲ درصد وزنی زغال‌های زیستی در شش تکرار انجام گرفت. ابتدا عدس (رقم سبز کوهین) در گلدان‌ها کشت شد و ۷۰ روز بعد از کشت و با ظهور گل، برداشت زیست‌توده هوایی در نیمی از گلدان‌ها (سه تکرار از ۶ تکرار) انجام گرفت. سپس گندم (رقم کرج ۱) در گلدان‌های باقی‌مانده از مرحله اول کشت شد. پس از ۶۰ روز و با ظهور گل، برداشت زیست‌توده هوایی در تمامی گلدان‌ها انجام گرفت. تعیین وزن خشک زیست‌توده، با قرار دادن آن در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انجام و داده‌های وزن خشک زیست‌توده هوایی به صورت گرم در یک بوته (g/plant) گزارش شد. پس از برداشت عدس و همچنین گندم، نمونه‌های خاک از گلدان‌ها تهیه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. کربن زیست‌توده میکروبی بر اساس تدریج خاک با کلروفرم اندازه‌گیری شد (Jenikson, et al., 2004). برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی از روش ظرف‌های درب بسته استفاده شد (Cheng et al., 2013). داده‌های کربن زیست‌توده و تنفس میکروبی خاک و وزن خشک زیست‌توده هوایی پس از کشت عدس و گندم به طور جداگانه در سه تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور (۱- نوع و ۲- سطح کاربرد زغال زیستی) با استفاده از نرم‌افزار SAS (2014) تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات خاک و زغال‌های زیستی مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آمده‌اند. اثرات کاربرد زغال زیستی در دو بخش: الف) ویژگی‌های زیستی خاک و ب) وزن خشک زیست‌توده هوایی مورد بحث قرار گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مورد مطالعه

OC (g kg ⁻¹)	CEC (cmol ₊ kg ⁻¹)	pH (1:1)	EC (dS m ⁻¹)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)
۷/۶	۱۳/۹	۷/۹	۰/۵۵	۳۲	۳۵	۳۳

جدول ۲- ویژگی‌های زغال‌های زیستی

ویژگی	زغال زیستی نوع اول (B ₁)	زغال زیستی نوع دوم (B ₂)
EC(dS m ⁻¹)	۰/۳۶	۰/۴۸
pH(1:20)	۷/۴	۸/۴
C(g kg ⁻¹)	۴۵۱/۱	۴۴۲/۴
N(g kg ⁻¹)	۵/۴	۵/۶
H(g kg ⁻¹)	۲۹/۸	۱۹
H/C (molar ratio)	۰/۷۹	۰/۵۲

الف) ویژگی‌های زیستی خاک

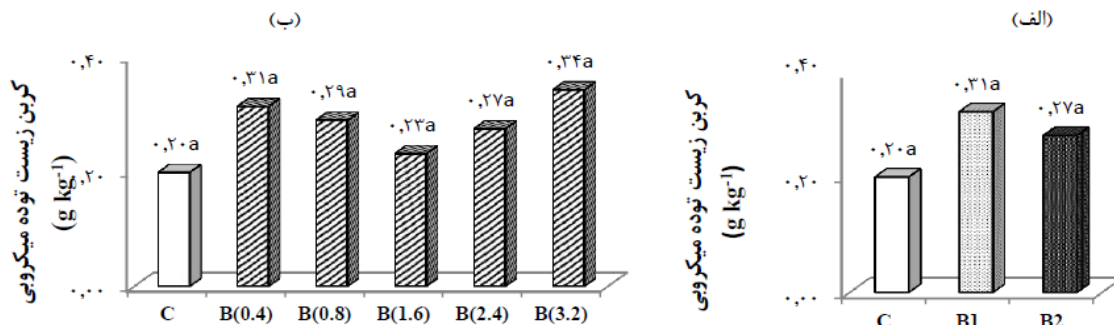
پس از برداشت عدس، تأثیر هیچ یک از منابع تغییرات بر ویژگی‌های زیستی خاک، معنی‌دار نبود (جدول ۳) و تیمارهای زغال زیستی در هیچ یک از ویژگی‌های زیستی، تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشتند (شکل ۱). اما پس از برداشت گندم، اثر متقابل نوع × سطح کاربرد زغال زیستی بر کربن زیست‌توده و تنفس میکروبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به طوری که سطح ۳/۲ درصد زغال زیستی نوع اول، کربن زیست‌توده میکروبی بیشتر و سطح ۳/۲ درصد زغال زیستی نوع اول و نوع دوم، تنفس میکروبی بیشتر در مقایسه با شاهد (بدون زغال زیستی) داشتند و تنفس میکروبی خاک در سطح ۳/۲ درصد زغال زیستی نوع دوم به طور معنی‌دار کمتر از سطح متناظر زغال زیستی نوع اول بود (شکل‌های ۲ و ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر زغال زیستی بر ویژگی‌های زیستی خاک و وزن خشک زیست‌توده هوایی

گندم			عدس			درجه آزادی	منبع تغییرات
D _a	Mr	Mbc	D _a	Mr	Mbc		
۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱	نوع زغال زیستی
۰/۰۰۲ [*]	۰/۰۱ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۴	سطح کاربرد
۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۱ [*]	۰/۰۱ [*]	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۴	نوع زغال زیستی × سطح کاربرد
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۲۲	خطا

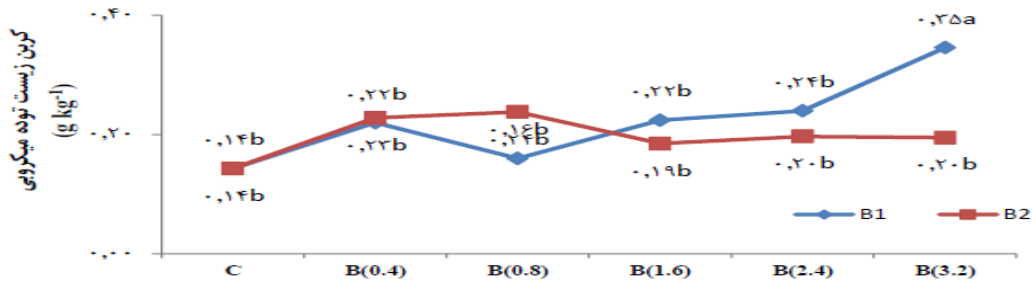
ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده‌ی غیرمعنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

Mr: تنفس میکروبی، Mbc: کربن زیست‌توده میکروبی، D_a: وزن خشک زیست‌توده هوایی

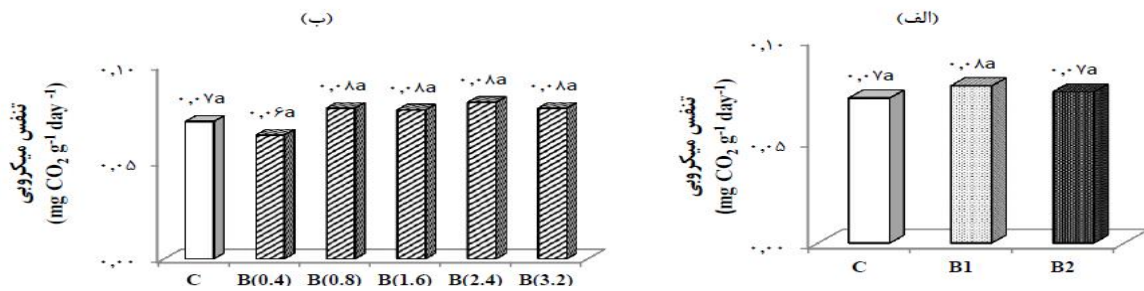


شکل ۱- تأثیر الف) نوع و ب) سطوح کاربرد زغال زیستی بر کربن زیست‌توده میکروبی پس از برداشت عدس

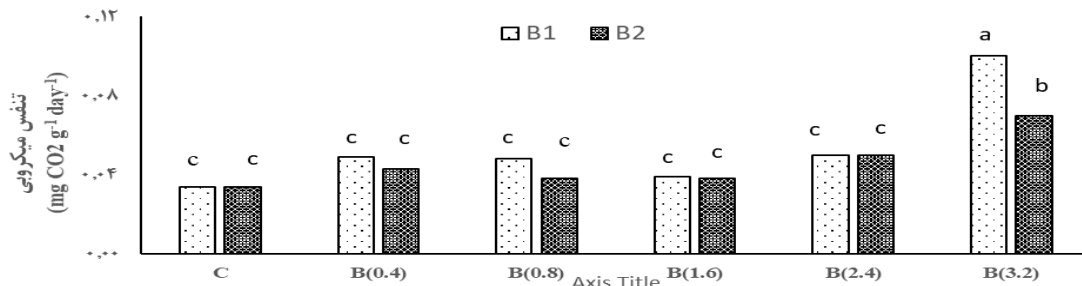
C، B₁ و B₂: به ترتیب تیمارهای شاهد، زغال زیستی نوع اول و دوم، B(0.4)، B(0.8)، B(1.6)، B(2.4) و B(3.2): به ترتیب سطح ۰/۴، ۰/۸، ۰/۱۶، ۰/۳۲ و ۰/۶۴ درصد زغال زیستی



شکل ۲- اثر متقابل نوع × سطح کاربرد زغال زیستی بر کربن زیست توده میکروبی پس از برداشت گندم
B(3.2) و B(2.4) + B(1.6) + B(0.8) + B(0.4): به ترتیب سطح ۰/۴، ۰/۸، ۰/۱۶، ۰/۲۴ و ۳/۲ درصد زغال زیستی



شکل ۳- تأثیر الف) نوع و ب) سطوح کاربرد زغال زیستی بر تنفس میکروبی خاک پس از برداشت عدس
C، B₁ و B₂: به ترتیب تیمار شاهد، زغال زیستی نوع اول و دوم، B(3.2) و B(2.4) + B(1.6) + B(0.8) + B(0.4): به ترتیب سطح ۰/۴، ۰/۸، ۰/۱۶، ۰/۲۴ و ۳/۲ درصد زغال زیستی



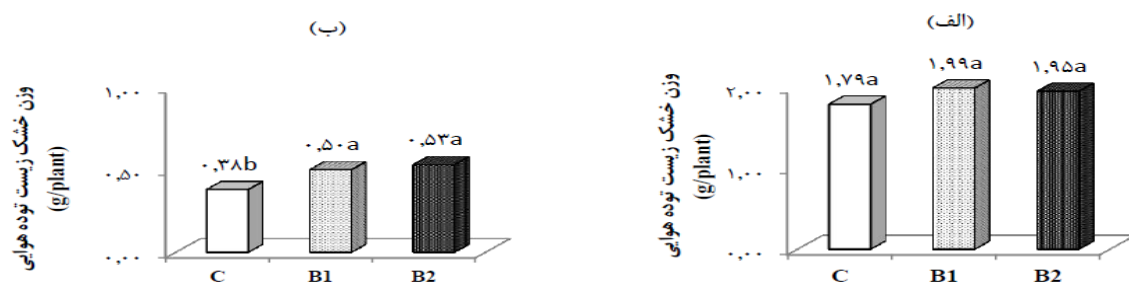
شکل ۴- اثر متقابل نوع × سطح کاربرد زغال زیستی بر تنفس میکروبی خاک پس از برداشت گندم
C، B(0.4) + B(0.8) + B(1.6) + B(2.4) + B(3.2): به ترتیب سطح ۰/۴، ۰/۸، ۰/۱۶، ۰/۲۴ و ۳/۲ درصد زغال زیستی

پس از برداشت عدس، تیمارهای زغال زیستی در هیچ یک از ویژگی‌های زیستی، تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشتند. اما با گذشت زمان و پس از برداشت گندم، سطوح زیاد کاربرد زغال زیستی به ویژه زغال زیستی نوع اول، تفاوت معنی‌داری از لحاظ کربن زیست‌توده میکروبی و تنفس میکروبی با شاهد داشتند. بخش سبک کربوهیدرات‌ها از قبیل سلولز و همی‌سلولز در اثر پیرولیز زیست‌توده به ساختارهای آروماتیک تبدیل می‌شود (Kloss et al., 2012) که می‌تواند توجهی برای عدم تغییر ویژگی‌های زیستی در اغلب سطوح کاربرد زغال زیستی باشد. پس از برداشت گندم، کربن زیست‌توده و تنفس میکروبی در سطح ۳/۲ درصد زغال زیستی نوع اول، بیش‌تر از زغال زیستی نوع دوم بود که می‌توان آن را به تجزیه تدریجی زغال زیستی و قابلیت تجزیه بیش‌تر زغال زیستی نوع اول در مقایسه با نوع دوم نسبت داد زیرا زغال زیستی نوع اول دارای نسبت هیدروژن به کربن بیش‌تری در مقایسه با زغال زیستی نوع دوم بود. بیش‌تر بودن نسبت مولی هیدروژن به کربن، نشان‌دهنده‌ی حضور کربن آروماتیک کم‌تر و در نتیجه مقاومت کم‌تر در برابر تجزیه است (Schmidt and Noak, 2000). اما زغال زیستی با وجود

مقاوم بودن در برابر تجزیه می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر زیست‌توده میکروبی خاک، تأثیر بگذارد. اثرات مستقیم زغال زیستی بر زیست‌توده میکروبی عبارتند از: افزایش عناصر غذایی قابل دسترس (ماده آلی محلول، فسفر، کلسیم و پتاسیم)، جذب ترکیبات سمی موجود در خاک، بهبود اسیدیته و شرایط رطوبتی خاک و اثر غیرمستقیم زغال زیستی نیز مربوط به تخلخل و سطح ویژه زیاد آن است که موجب تأمین پناهگاه و در امان ماندن ریزجانداران از دست شکارچی‌ها و ذخیره عناصر غذایی معدنی و مواد کربنی می‌شود (Lehman et al., 2011). محققان مختلف، نتایج متفاوتی را در مورد تأثیر زغال زیستی بر ویژگی‌های زغال زیستی خاک گزارش داده‌اند. کاهش تنفس میکروبی خاک در نتیجه کاربرد زغال‌های زیستی تولیدی در دمای زیاد (بیش از ۵۲۵ درجه سانتی‌گراد) گزارش شده است (Dempster et al., 2012)، که دلیل آن را سمیت یا جذب ماده آلی سبک خاک بر روی ذرات زغال زیستی دانستند. در مطالعه‌ای با کاربرد زغال زیستی تولید شده از گیاه ارزن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در دو نوع خاک با بافت سیلت مشاهده شد که استفاده از زغال زیستی باعث افزایش تنفس میکروبی خاک شد (Smith et al., 2010). در حالی که در یک خاک درشت‌بافت، کربن زیست‌توده میکروبی با کاربرد زغال زیستی کاهش یافت (Dempster et al., 2012). کاربرد زغال زیستی در یک خاک لوم شنی موجب افزایش کربن زیست‌توده میکروبی شد و نتیجه گرفته شد که کاربرد زغال زیستی موجب تسریع رشد میکروبی می‌گردد (Zhang et al., 2014).

ب) وزن خشک زیست‌توده هوایی

تأثیر هیچ یک از منابع تغییرات بر وزن خشک زیست‌توده هوایی عدس، معنی‌دار نبود اما اثر سطح کاربرد زغال زیستی بر وزن خشک زیست‌توده هوایی گندم در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه وزن خشک زیست‌توده هوایی عدس در تیمارهای زغال زیستی نوع اول و دوم و هیچ یک از سطوح کاربرد زغال زیستی، تفاوت معنی‌دار با شاهد نشان نداد (جدول ۳). اما وزن خشک زیست‌توده هوایی گندم در تیمارهای زغال زیستی نوع اول و دوم (شکل ۵) و تمامی سطوح کاربرد زغال زیستی به استثنای سطح ۰/۴ درصد به طور معنی‌دار، بیش‌تر از شاهد بود (جدول ۴). افزایش تولید زیست‌توده در نتیجه افزایش سطح کاربرد زغال زیستی در مطالعات دیگر نیز به اثبات رسیده است. به عنوان مثال: افزایش سطح کاربرد زغال زیستی از ۶۶ به ۱۲۲ تن در هکتار در یک خاک هوادیده موجب بهبود رشد و افزایش سطح کاربرد به ۱۸۸ تن در هکتار منجر به کاهش رشد لوبیا شد (Rondon et al., 2007). در مطالعه‌ای در یک خاک آهکی فقیر از ماده آلی (ماده آلی کم‌تر از یک درصد)، افزایش عملکرد ذرت در نتیجه افزایش سطح کاربرد زغال زیستی از ۲۰ به ۴۰ تن در هکتار گزارش شد (Zhang et al., 2012). اثرات کاربرد زغال زیستی بر افزایش وزن زیست‌توده هوایی گندم (محصول دوم) بیش‌تر از عدس (محصول اول) بود. این نتیجه یا یافته‌های سایر محققین که اثرات بیشتری را در کشت اول در مقایسه با کشت‌های بعدی مشاهده کردند مطابقت ندارد. در مطالعه‌ای در مورد کاربرد زغال زیستی در چند دوره کشت یک گیاه چمنی، افزایش زیست‌توده هوایی را در دوره کشت اول و عدم تغییر آن را در دوره‌های کشت بعدی گزارش گردید (Saarnio et al., 2013). این عدم تطابق می‌تواند ناشی از تفاوت زغال زیستی مورد استفاده، نوع خاک، و نوع محصول باشد.



شکل ۳- تأثیر الف) نوع زغال زیستی بر وزن خشک زیست‌توده هوایی، الف) عدس و ب) گندم

C, B₁ و B₂: به ترتیب تیمارهای شاهد، زغال زیستی نوع اول و دوم

جدول ۴- تأثیر سطوح کاربرد زغال زیستی بر وزن خشک زیست توده هوایی

گندم	عدس	
وزن زیست توده (g/plant)		
۰/۳۸ ^c	۱/۷۹ ^a	C
۰/۴۲ ^{bc}	۲/۰۸ ^a	B (0.4)
۰/۵۲ ^{ab}	۱/۹۶ ^a	B (0.8)
۰/۵۶ ^a	۱/۸۰ ^a	B (1.6)
۰/۵۳ ^{ab}	۱/۹۶ ^a	B (2.4)
۰/۵۴ ^{ab}	۱/۸۰ ^a	B (3.2)

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

منابع

- احمدی، ک.، قلی زاده، ح.، عبادزاده، ح. ر.، حسین پور، ر.، حاتمی، ف.، فضلی، ب.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، جلد اول: محصولات زراعی. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- Amonette J.E. and Joseph S. 2009. Characteristics of biochar: Microchemical properties. In: Lehman J. and Joseph S. (eds.): Biochar for Environmental Management, Science and Technology. London, Earthscan.
- Bentsen N. S., Felby C., and Thorsen B. J. 2014. Agricultural residue production and potentials for energy production and material services. *Progress in Energy and Combustion Science*, 4: 59-73.
- Cheng F., Peng X., Zhao P., Yuan J., Zhong C., Cheng Y., Ciu C. and Zhang S. 2013. Soil Microbial Biomass, Basal Respiration and Enzyme Activity of Main Forest Types in the Qinling Mountains. *PLoS ONE* 8(6): e67353.
- Dempster D.N., Gleeson D.B., Solaiman Z.M., Jones D.L. and Murphy D.V. 2012. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. *Plant and Soil*, 354: 311-324.
- Farrell M. and Jones D.L. 2009. Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresource Technology*, 100: 4301-4310.
- Jansson C., Wullschlegler S.D., Kalluri U.C. and Tuskan G.A. 2010. Phytosequestration: carbon biosequestration by plants and the prospects of genetic engineering. *Bioscience*, 60: 685-696.
- Jenkinson D.S., Brookes P.C. and Powlson D.S. 2004. Measuring soil microbial biomass. *Citation Classics. Soil Biology & Biochemistry*, 36: 5-7.
- Kloss S., Zehetner F., Dellantonio A., Hamid R., Ottner F., Liedtke V., Schwanninger M., Gerzabek M.H. and Soja G. 2012. Characterization of slow pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. *Journal of Environmental Quality*, 41: 990-1000.
- Lehmann J., Gaunt J. and Rondon M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11:403-427.
- Lehman J., Rilling M. C., Thies J., Masielo C. A., Hockaday W. C. and Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota. A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1812-1836.
- Rajkovich S., Enders A., Hanley K., Hyland C., Zimmerman A. R. and Lehmann J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after addition of biochars with varying properties to a temperate soil, *Biology and Fertility of Soils*, 48: 271-284.
- Rondon M. A., Lehmann J., Ramirez J. and Hurtado M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and Fertility of Soils*, 43:699-708.
- Saarnio S., Heimonen K. and Kettunen R. 2013. Biochar addition indirectly affects N₂O emissions via soil moisture and plant N uptake. *Soil Biology & Biochemistry*, 58: 99-106.
- Schmidt M. W. I. and Noack A. G. 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implication and current challenges. *Global Biogeochemical Cycles*, 14: 777-793.
- Smith J.L., Collins H.P. and Bailey V.L. 2010. The effect of young biochar on soil respiration. *Soil Biology and Biochemistry*, 42: 2345-2347.
- Yamato M., Okimori Y., Wibowo I. F., Anshori S. and Ogawa M. 2006. Effects of the application of charred bark in *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea, peanut and soil chemical properties in south Sumatra, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52:489-495.
- Zhang A., Liu Y., Pan G., Hussain Q., Li, L., Zhen J. and Zhang X. 2012. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic poor calcareous loamy soil from Central China Plain. *Plant and Soil*, 351: 263-275.



Zhang Q. Z., Dijkstra F. A., Liu X. R., Wang Y-d, Huang J. and Lu N. 2014. Effects of Biochar on Soil Microbial Biomass after Four Years of Consecutive Application in the North China Plain. PLoS ONE, 9: e102062.

Effect of biochar on biological properties of an alkaline soil and dry above ground biomass of lentil-wheat

S. Abrishamkesh¹, M. Gorji², H. Asadi², A. A. Pourbabaee², Gh. B. Marandi³

¹Ph.D graduate student, University of Tehran and Assistant Professor, University of Guilan, ² Associate Professor, University of Tehran, ³ Assistant Professor, University of Tehran

Abstract

In this research, the effects of 0, 0.4, 0.8, 1.6, 2.4 and 3.2 weight percent of the rice husk biochars produced at two temperature of 250 and 450 °C were studied on important soil biological properties and dry above ground biomass of lentil (first crop) and wheat (second crop). The results of the greenhouse study showed that soil biological properties and lentil dry above ground biomass were not significantly different in the soils treated by biochar compared to the control. However, positive effects of the biochar especially the one produced at 250 °C on increase of microbial carbon biomass and respiration were observed after wheat harvest. Wheat dry above ground biomass showed significant increase in the biochar treatments in comparison with the control. Therefore, biochar application not only sequester carbon in soil but also can improve soil biological properties and plant growth in long term.

Keywords: alkaline soil, carbon sequestration, dry above ground biomass, microbial respiration, rice husk biochar