تاثیر نوع و دمای پیرولیز بیوچار بر برخی شاخص‌های میکروبی خاک

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

به منظور بررسی تأثیر دمای پیرولیز و نوع بیوچار بر برخی شاخص‌های میکروبی در خاک آهکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ۱) نوع بیوچار (ضایعات هرس سیب (AB)، هرس انگور (GB) و کاه و کلش گندم(SB)) و۲) دمای پیرولیز (۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) بودند. تیمارها ابتدا با مقدار (w/w) ٪۴ بیوچارهای مختلف مخلوط و به مدت ۶ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شده و سپس ویژگی‌های خاک شامل مقدار تنفس پایه(BR)، تنفس برانگیخته با سوبسترا(SIR)، کربن زیست توده میکروبی (MBC) و فسفر زیست توده میکروبی (MBP) اندازه‌گیری گردیدند. نتایج نشان داد، مقدار BR، SIR، MBC و MBP در دمای پیرولیز ۳۵۰ درمقایسه با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. مقدار BR در بیوچار ضایعات هرس سیب، هرس انگور و کاه و کلش گندم تولید شده در دمای ۳۵۰ درجه‌سانتی‌گراد در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱/۷۵، ۱/۲۴ و ۲/۲۷ برابر بیشتر بود. به‌طور کلی، دمای پیرولیز و نوع بیوچار فاکتور کلیدی بر شاخص‌های میکروبی بود.

واژه های کلیدی: بیوچار، پیرولیز، ضایعات هرس، BR، MBC.

مقدمه

بیوچار ، محصول تجزیه مواد آلی در اثر حرارت است. در تهیه زغال بیوچار مواد متعددی نظیر لجن فاضلاب، مواد گیاهی، چوب و کود دامی می توانند به‌عنوان مواد اولیه، مورد استفاده قرار گیرند. اگرچه استفاده از زغال چوب (بیوچار چوب) در زمان‌های گذشته رایج بوده است، و ایده استفاده از مواد دیگری در تهیه زغال بیوچار جدید و تقریبا ناشناخته است. بیوچار مزایای بالقوه‌ای بر ویژگی‌های خاک دارد بطوری‌که منجر به بهبود فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و افزایش فعالیت میکروبی (لهمن و همکاران، ۲۰۱۱)، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع کشاورزی و در نتیجه افزایش ترسیب کربن در خاک می‌شود. تغییرات ایجاد شده توسط بیوچار علاوه بر تاثیر بر کیفیت خاک، افزایش عملکرد محصولات کشاورزی را نیز در پی خواهد داشت(Gasco et al., 2011).

خاک از سیستم‌های بیولوژیکی بسیار پیچیده در سطح زمین تشکیل شده است، که میلیون‌ها گونه در ۱۰ گرم از نمونه خاک یافت می‌شود. ساختار و عملکرد جوامع بیولوژیکی در خاک بسیار پیچیده می‌باشد، که دراین جامعه میکروارگانیسم‌های خاک نقش بسیار مهمی در اکوسیستم خاک ایفا می‌کنند که شامل محرک فعالیت‌های کلیدی همانند تجزیه مواد آلی، چرخه عناصر غذایی و در نتیجه بهره‌وری گیاه می‌باشند (Thies and Rillig, 2009). رابطه بین بیوچار و جامعه خاکزیان خاک و تاثیرات آن‌ها در فرآیندهای مختلف خاک هنوز به اندازه کافی توصیف نشده است. درحال حاضر یک شکاف گسترده‌ای در اطلاعات ما از فعل و انفعالات بین جامعه خاکزیان با بیوچار وجود دارد. با این حال مطالعات در حال رشد در این زمینه نشان داده که زیست توده میکروبی با اضافه شدن بیوچار، با تغییرات قابل توجهی در ساختار جامعه میکروبی و آنزیم‌های خاک افزایش می‌یابد (Jin, 2010). واکنش جمعیت میکروبی خاک بعد از اصلاح بیوچار هنوز به خوبی شناخته نشده است (Lehmann et al., 2011). مطالعات کمی در مورد تاثیر شرایط تولید بیوچار بر فعالیت زیست توده میکروبی خاک و فعالیت آن انجام گرفته است. از این رو هدف این تحقیق بررسی اثردمای پیرولیز و نوع بیوچار بر برخش شاخص‌های میکروبی خاک بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه

جهت انجام مطالعه تعداد ۵ نمونه خاک از زمین‌های زراعی شهرستان ارومیه از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد و سپس از بین نمونه‌های خاک یک نمونه براساس مقدار کربن آلی و آهک انتخاب گردید. برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داد شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت	سیلت	شن	رس	OC	CCE	CEC	pH	EC
			٪			(cmole kg^{-1})		dS m^{-1}
لوم سیلتی	۲۱	۵۲	۲۷	۰/۶۴	۲۶	۲۳/۵۲	۷/۸۵	۰/۶۶

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی؛ EC : هدایت الکتریکی خاک؛ CCE: کربنات کلسیم معادل.

تهیه و اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی بیوچار

برای تهیه بیوچار، نظر به اهمیت مو ضوع مقادیر بالایی از شاخه‌های هرس (ترجیحاً شاخه‌های یک یا دو ساله) از باغ‌های شهرستان ارومیه جمع‌آوری گردید. ضایعات هرس درختان سیب و انگور (اندازه ۳۰-۲۰ میلی متر) و کاه و کلش گندم (اندازه ۲۰-۱۰ میلی متر) خرد و با آب مقطر شسته شدند. سپس به مدت ۲ روز در دمای ۷۵ درجه سلسیوس داخل آون قرار داده شدند. سپس بقایا در داخل استوانه فلزی به قطر ۷ و ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر در داخل کوره الکتریکی قرار گرفت. بقایا به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۵۰۰ و ۳۵۰ درجه سلسیوس در شرایط بدون حضور گاز اکسیژن با سرعت افزایش دمای ۳ درجه سلسیوس بر دقیقه نگهداری شدند. سپس بیوچارها برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی از الک نیم میلی متر عبور داده شدند. سپس برخی از ویژگی‌های بیوچارها مانند pH (در نسبت ۱:۲۰ آب و بیوچار) (Rajkovich et al., 2012)، هدایت الکتریکی (در نسبت ۱:۲۰ آب و بیوچار) (Rajkovich et al., 2012)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات آمونیوم اصلاح شده یک مولار(pH= 7) (گاسکین و همکاران ۲۰۰۸)، خاکستر (ASTM D1762-84) و کربن، نیتروژن و هیدروژن کل به‌روش سوزاندن خشک با دستگاه ECS 4010 CHNSO Analyzer اندازه‌گیری شدند.

انکوباسیون آزمایشگاهی

برای بررسی اثر بیوچارهای مختلف بر برخی شاخص‌های بیولوژیکی خاک شامل BR، MBC، MBP و SIR آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۲ فاکتور ۱- تیمار نوع بیوچار (ضایعات هرس سیب، ضایعات هرس انگور و کاه و کلش گندم) ۲- دمای تولید بیوچار (۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد) با سه تکرار اجرا گردید. برای اجرای آزمایش انکوباسیون ابتدا به ۲۰۰ گرم از نمونه خاک هوا-خشک شده، از هر یک از بیوچارهای تولید شده (ضایعات هرس سیب، هرس انگور و کاه و کلش کندم) در دماهای مختلف مقدار ۸ گرم (۴٪ w/w) اضافه گردیده و با هم مخلوط شدند. سپس نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی (پلاستیکی) ریخته شدند و بعد رطوبت نمونه‌ها با افزودن آب مقطر به صورت اسپری در ۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تنظیم و به مدت ۱ هفته در انکوباتور با دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس آزمایش‌های مربوط به شاخص‌های میکروبی به صورت زیر انجام گردید.

تنفس میکروبی پایه (BR)

برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی پایه از روش Anderson (۱۹۸۲) استفاده گردید. نمونه‌ها به‌مدت ۶ روز در دمای ۲۵±۲ °C نگه‌داری گردیدند. پس از ۶ روز تیتراسیون نمونه‌ها با اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال انجام شد. در پایان مقدار CO_2 آزاد شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$BR=\frac{(V_b - V_S)\times 1.1}{W_s}$$

که در آن BR تنفس میکروبی پایه ($mg\ CO_2\text{-}C\ g^{-1}\ day^{-1}$)، V_b حجم اسید کلریدریک مصرفی برای شاهد، V_s حجم اسید کلریدریک مصرفی برای نمونه، W_s وزن اولیه خاک بر حسب گرم و ۲/۲ فاکتور تبدیل است.

تنفس برانگیخته با سوبسترا (SIR)

برای اندازه‌گیری‌تنفس برانگیخته باسوبسترا ۵۰ گرم از خاک توزین و در شیشه‌ی درب‌دار ویژه‌ی اندازه‌گیری تنفس ریخته شد.. ۱میلی‌لیتر گلوگز ۱ درصد به‌عنوان سوبسترا به هرکدام از شیشه‌های تنفس افزوده شد. پس از ۶ ساعت تیتراسیون نمونه‌ها با ۰/۱ HCl نرمال انجام شد. مقدار CO_2 آزادشده محاسبه و میزان تنفس برانگیخته با سوبسترا ($mg\ CO2\text{-}C\ g^{-1}\ day^{-1}$) برآورد شد (Alef and Nannipieri, 1995). روش محاسبات همانند تنفس میکروبی بود.

کربن زیست‌توده میکروبی (MBC)

کربن زیست‌توده میکروبی به روش تدخین - استخراج اندازه‌گیری شد (Jenkinson and Ladd, 1981). بدین ترتیب که ۴۰ گرم از هر نمونه خاک مرطوب به‌مدت ۲۴ ساعت با کلروفرم تدخین (گازدهی) شد، پس از این مدت کلروفوم خارج و خاک تدخین شده با محلول سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار عصاره‌گیری شد. همین کار برای خاک‌های بدون تدخین به عنوان شاهد انجام شد. از اختلاف مقادیر محاسبه شده برای نمونه‌های تدخین شده و تدخین نشده مقدار کربن زیست‌توده میکروبی محاسبه شد:

$EC= F_C - \mu F_C$

$MBC = EC \times 2.64$

که در آن Ec کربن قابل استخراج ($mg\ CO_2\text{-}C.kg^{-1}$)، F_C کربن معدنی شده یا CO_2 متصاعد شده در نمونه‌های تدخین شده با کلروفرم ($mg.kg^{-1}$)، μF_C کربن معدنی شده یا CO_2 متصاعد شده در نمونه‌های تدخین نشده با کلروفرم ($mg.kg^{-1}$)، MBC کربن زیست‌توده میکروبی ($mg\ CO_2\text{-}C.kg^{-1}$) است.

فسفر زیست توده میکروبی (MBP)

برای اندازه‌گیری فسفر زیست‌توده میکروبی از روش تدخین – استخراج استفاده شد (Brookes et al., 1982). خاک مرطوب نمونه‌ها هر کدام به ۳ قسمت تقسیم شد، بطوری‌که هر قسمت دارای ۲/۵ گرم خاک بود. یک قسمت از خاک به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با کلروفرم تدخین شد. دو قسمت باقی‌مانده را بدون کلروفرم در همان شرایط نگهداری شد (شاهد). سپس به روش اندازه گیری فسفر اولسن همه عصاره‌ها و شاهدها رنگ آمیزی شد. در پایان فسفر زیست‌توده میکروبی از اختلاف فسفر معدنی قابل استخراج از خاک تدخین شده و غیر تدخین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$MBP = \frac{25(S - C)}{0.4(\mathrm{Cp} - \mathrm{C})}$$

که در آن S مقدار فسفر در نمونه ($\mu g\ P/g$)، C مقدار فسفر در شاهد($\mu P/g$) و C_P مقدار فسفر در شاهد تیمار شده با محلول استاندارد II CP($\mu g\ P/g$) است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش شامل تست نرمال بودن و تجزیه واریانس از نرم افزارهای MSTATC استفاده شد و مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵انجام گرفت. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی های بیوچارهای مورد استفاده

بعضی از ویژگی‌های بیوچارهای تولید شده در دمای ۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. بیوچارهای تولیدی همگی دارای pH قلیایی بودند. بیوچارهای تولیدی دارای مقدار کربن کل بالا و نیتروژن کل پایین بودند. بطور کلی میزان pH، EC، کربن کل و خاکستر در دمای ۵۰۰ بیشتر از دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. اما مقدار CEC و H در دمای ۵۰۰ کمتر از دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. بیشترین مقدار CEC در تیمار بیوچار کاه و کلش گندم در دمای

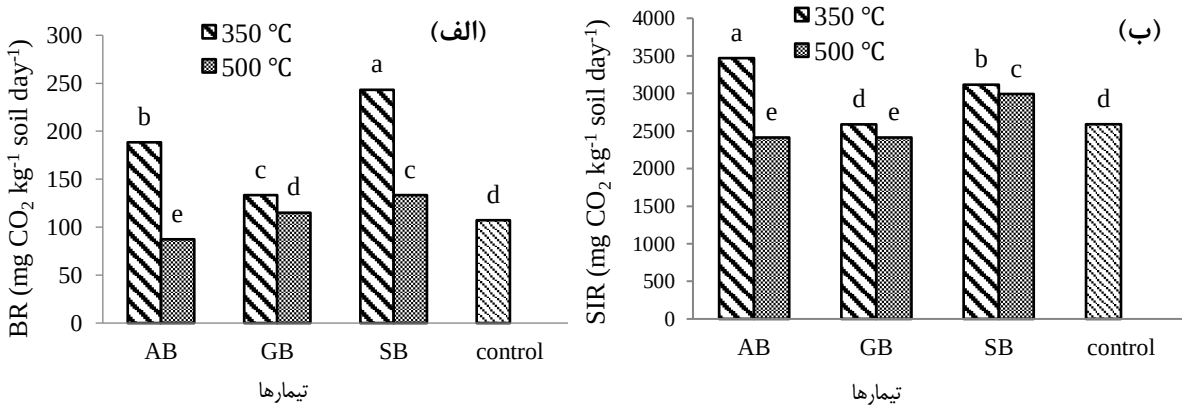
پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. CEC بیوچارها ابتدا با افزایش دمای پیرولیز افزایش و سپس کاهش می‌یابند (Gaskin et al., 2008).

جدول ۲- برخی ویژگیهای بیوچارهای تولید شده از بقایای مختلف گیاهی

نوع بیوچار	دمای پیرولیز (°C)	pH	EC dS m^{-1}	CEC cmolc kg^{-1}	N	C	H	خاکستر
					%			
بقایای هرس سیب(AB)	۳۵۰	۷/۱۱	۰/۰۵	۳۲/۵۳	۰/۲۲	۶۴/۰۲	۳/۸۹	۱۰/۲۰
	۵۰۰	۸/۶۷	۰/۰۹	۲۴/۹۴	۰/۷۵	۶۸/۸۸	۲/۷۰	۱۳/۶۸
بقایای هرس انگور(GB)	۳۵۰	۷/۵۶	۰/۰۸	۳۶/۳۲	۰/۸۶	۷۱/۰۳	۴/۰۴	۵/۰۸
	۵۰۰	۹/۵۹	۰/۲	۳۴/۴۳	۰/۸۷	۷۱/۵۳	۲/۸۸	۱۱/۱۸
کاه و کلش گندم(SB)	۳۵۰	۸/۳۰	۰/۵۵	۱۰۸/۴۲	۰/۴۱	۵۹/۴۲	۴/۰۴	۱۷/۱۴
	۵۰۰	۹/۹۴	۰/۶۸	۵۹/۰۹	۰/۲۲	۶۴/۳۱	۳/۸۹	۲۲/۹۸

تأثیر بیوچار بر تنفس میکروبی خاک (BR)

مقایسه میانگین اثرمتقابل نوع و دمای پیرولیز بیوچار بر BR در شکل ۱ (الف) نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان دادند که با افزودن بیوچار به خاک در دمای پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد مقدار BR افزایش یافت. اما در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد این افزایش فقط در بیوچار کاه و کلش گندم مشاهده شد. مقدار BR در بیوچار ضایعات هرس سیب، هرس انگور و کاه و کلش گندم تولید شده در دمای ۳۵۰ درجه‌سانتی‌گراد در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱/۷۵، ۱/۲۴ و ۲/۲۷ برابر بیشتر بود. اما در دمای پیرولیز ۵۰۰ درجه‌سانتی‌گراد مقدار BR در بیوچار ضایعات هرس سیب به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود. گزارشات متناقض از تاثیر بیوچار بر تنفس خاک وجود دارد. Liu و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که بیوچار تاثیر معنی داری بر تنفس خاک نداشت. Luo و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند، افزایش سرعت انتشار CO_2 در دمای پایین پیرولیز بیوچار (۳۵۰°C) به دلیل تجزیه کربن لبایل یا افزایش معدنی شدن کربن آلی خاک است. مطالعاتی گزارش کردند که بیوچار تولید شده در دماهای بالا در مقایسه با بیوچارهای تولید شده در دمای پایین یا متوسط، انتشار CO_2 خاک را کاهش دادند، به دلیل حضور ترکیبات سمی ازجمله بنزن و تولوئن است (Dempster et al., 2012).



شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر نوع و دمای پیرولیز بیوچار بر تنفس پایه (BR) (الف) و تنفس میکروبی برانگیخته (SIR) (ب)

تاثیر بیوچار بر تنفس میکروبی برانگیخته (SIR)

تنفس برانگیخته با سوبسترا یکی از روش‌های پایه‌ای برای برآورد کمی زیست‌توده میکروبی خاک به عنوان بخش بسیار فعال و ناپایدار کربن آلی خاک بررسی شده است (Lewandowski and Zumwinkle,1999). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان SIR در تیمارهای بیوچار هرس سیب و کاه و کلش گندم در دمای پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمار

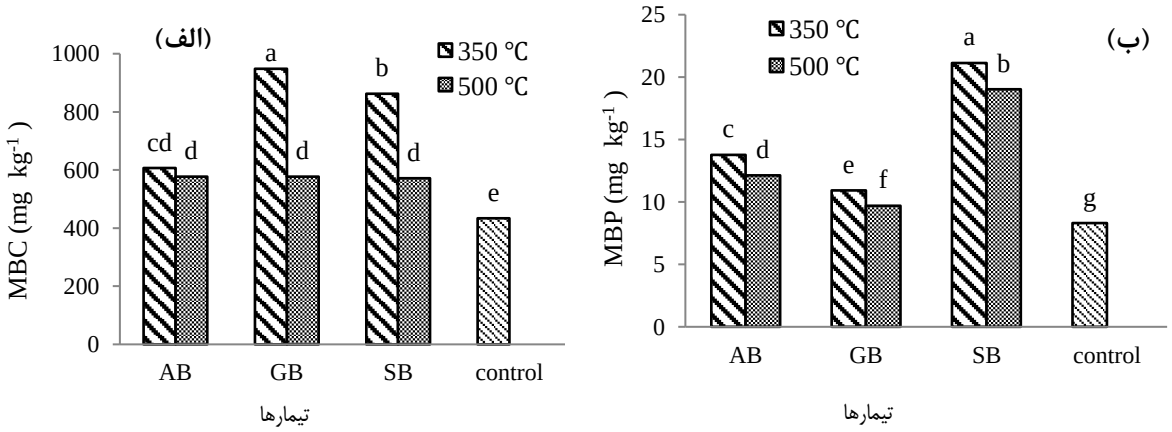
شاهد دارای میانگین بالاتری بود (شکل ۱ (ب)). اما در دمای پیرولیز ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد مقدار SIR در بیوچار ضایعات هرس سیب و بیوچار ضایعات هرس انگور کمتر از شاهد بود. بین تیمارهای بیوچار مختلف بیشترین مقدار SIR در تیمار بیوچار ضایعات هرس سیب (۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) در دمای پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار بیوچارهای هرس سیب و هرس انگور بود که تفاوت معنادار با هم نداشتند.

تاثیر بیوچار بر کربن زیست توده میکروبی (MBC)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان MBC در تیمارهای مختلف بیوچار در هر دو دمای پیرولیز نسبت به تیمار شاهد دارای میانگین بالاتری بود (شکل ۲ (الف)). مقدار MBC در بیوچارهای تولید شده در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. بیشترین و کمترین مقدار MBC به ترتیب در تیمار بیوچار ضایعات هرس سیب در دمای پیرولیز ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد (۹۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم) و تیمار شاهد (۴۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. تغییر در MBC نشان دهنده روند رشد یا مرگ میکروبی و تخریب موادآلی است. نتایج ما نشان داد که مقدار MBC با اضافه کردن بیوچار در مقایسه با شاهد افزایش یافت، که نشان می‌دهد که رشد میکروبی را می‌توان با افزودن بیوچار تسریع کرد. گزارش‌ها در مورد تأثیر بیوچار بر مقدار MBC خاک کاملاً متناقض است. Dempster و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند، مقدار MBC خاک با افزودن بیوچار در خاک‌های بافت درشت به‌طور معنادار کاهش یافت. محققان دیگری مشابه با نتایج به‌دست آمده از تحقیق ما، اثر مثبت بیوچار را بر مقدارMBC خاک مشاهده کردند (Lehmann et al., 2011). افزایش زیست توده میکروبی در اثر افزوده بیوچار به دلیل حضور بخش‌های لبایل کربن مشاهده شده است (Luo et al., 2013).

تاثیر بیوچار بر فسفر زیست توده میکروبی (MBP)

مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که میزان MBP در بیوچارهای مختلف و در هر دو دمای پیرولیز ۳۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمار شاهد بطور معنادار بیشتر بود (شکل ۲ (ب)). با توجه به شکل ۲ (ب) مقدار MBP در بیوچارهای تولید شده در دمای ۳۵۰ در مقایسه با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. بیشترین مقدار MBP در هر دو دمای پیرولیز در بیوچار کاه و کلش گندم مشاهده گردید. بیوچار ممکن است فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را از طریق کاربرد کربن به‌خصوص ترکیبات کربن آلیفاتیک افزایش دهد (Zimmerman, 2010). افزایش در فعالیت میکروبی نیز ممکن سبب افزایش فسفر زیست توده میکروبی شود (Liptzin and Silver, 2009).



شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر نوع و دمای پیرولیز بیوچار بر MBC (الف) و MBP (ب)

Birk و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که تنفس پایه، زیست توده میکروبی (MBP, MBC)، رشد جمعیت و کارایی جذب میکروب‌ها به‌صورت خطی و به‌طور قابل توجهی با افزایش غلظت بیوچار چوب (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در یک کیلو گرم

خاک) افزایش یافته است. به‌طور کلی، دمای فرآیند پیرولیز و نوع مواد اولیه تولید بیوچار فاکتور مهم در تاثیر بر شاخص‌های میکروبی بود. مقدار BR، SIR، MBC و MBP در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود.

منابع

Alef K. and Nannipieri P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London.

Anderson J.P.E. 1982. Soil Respiration. Pp. 831-872. In: A. L. Page et al. (eds). Methods of Soil Analysis. 2nd ed. Part 2. American Society of Agronomy, U.S.A.

Brookes P.C., Powlson D.S., Jenkinson D.S. 1982. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. Soil Biology and Biochemistry, 14:319-329.

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.

Gascó G., Paz-Ferreiro J. and Méndez A. 2011. Thermal analysis of soil amended with sewage sludge and biochar from sewage sludge pyrolysis, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 108: 769–775.

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.

Jenkinson D.S. and Ladd J.N. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. Pp 415–417. In: Powl E.A., Ladd J.N. (eds) Soil biochemistry.Dekker, New York.

Jin H.Y. 2010. Characterization of microbial life colonizing biochar and biochar-amended soils. Ph.D. Dissertation, Cornell University.

Lehmann J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C., et al. 2011. Biochar effects on soil biota – A review. Soil Biology and Biochemistry, 43: 1812–1836.

Lewandowski A. and Zumwinkle M. 1999. Assessing the soil system a review of soil quality litrature, Minnesota Department of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture Program.

Liptzin D. and Silver W. L. 2009. Effects of carbon additions on iron reduction and phosphorus availability in a humid tropical forest soil. Soil Biology and Biochemistry, 41(8): 1696-1702.

Luo Y., Durenkamp M., De Nobili M., Lin Q., Devonshire B.J. and Brookes P.C. 2013. Microbial biomass growth, following incorporation of biochars produced at 350°C or 700°C, in a silty-clay loam soil of high and low pH. Soil Biology and Biochemistry, 57: 513-523.

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.

Zimmerman A.R. 2010. Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). Environmental Science & Technology, 44(4): 1295.

Thies J.E. and Rillig M.C. 2009. Characteristics of biochar: biological properties. pp. 85-105. In: Lehmann J., Joseph S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, UK.

Effects of type and pyrolysis temperature on some soil microbial indices

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
To investigate the effect of type and pyrolysis temperature biochar on some microbial indices in calcareous soil, an experiment was conducted in a completely randomized design factorial with three replications. The treatments were 1) type of biochar (apple pruning wastes (AB), grape pruning wastes (GB) and wheat straw (SB)), and 2) pyrolysis temperature (350 and 500 ℃).The soil was mixed with 4% (w/w) of different biochars and their were stored for 60 days at 25 ° C and 60% of field capacity and some soil properties contains the basal respiration (BR), Substrate-induced respiration (SIR), microbial biomass carbon (MBC) and phosphorus microbial biomass (MBP) were measured. The results showed that BR, SIR, MBC and MBP of all biochars in 350 ℃ were increased compared with 500 ℃. BR at 350 ℃ in apple pruning wastes, grape pruning wastes and wheat straw biochars was increased compared to 500 ℃, by 1.75, 1.24 and 2.2 times, respectively. Generally, pyrolysis temperature and type of biochar were key factor on microbial indices.

Keywords: Biochar, pyrolysis, pruning wastes, BR, MBC