مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره پنج، مردادماه ۱۴۰۰(۶۹-۵۷)

تأثیر بیوچارهای ذرت و نیشکر بر برخی خصوصیات بیولوژیکی خاک و ترسیب کربن

صدیقه کرمی [۱]

احمد لندی [۲]

نعیمه عنایتی‌ضمیر [۳*]

N.enayatzamir@scu.ac.ir

رویا زلقی [۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۸ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۳**

چکیده

زمینه و هدف: بیوچار یک اصلاح کننده پایدار است، که در طولانی مدت برای ترسیب کربن و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک استفاده می‌شود. تحقیق حاضر به منظور تعیین اثرات کاربرد بیوچار ذرت و نیشکر به عنوان اصلاح کننده آلی بر برخی خصوصیات بیولوژیکی خاک و ترسیب کربن انجام گرفته است.

روش بررسی: بقایای ذرت و نیشکر بعد از هوا خشک شدن در کوره دست ساز پیرولیز و با توجه به تیمارهای مورد نظر (صفر، یک و دو درصد وزنی) به خاک اضافه شدند. نمونه‌ها به مدت ۱۰۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری و رطوبت نمونه‌ها در حد ۶۰ درصد ظرفیت زراعی حفظ گردید. پس از ۱۰۰ روز تنفس میکروبی به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک، کربن زیست توده میکروبی به روش تدخین-استخراج، تصاعد آمونیوم به روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک و نیتریفیکاسیون به روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری و ضریب میکروبی، ضریب متابولیکی و ترسیب کربن محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج تأثیر معنی‌دار بیوچار بر تنفس میکروبی، کربن زیست توده میکروبی، سهم متابولیک، تصاعد آمونیوم و ترسیب کربن در سطح $p < ۰/۰۰۱$ و عدم معنی‌داری تاثیر بیوچار را بر نیتریفیکاسیون نشان داد. بیشترین میزان تنفس(۲۷/۳۱ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در ۱۰۰گرم خاک)، کربن زیتوده میکروبی(۳۷/۰۵میلی‌گرم کربن میکروبی در ۱۰۰گرم خاک) و ترسیب کربن (۱۳/۶۷ گرم بر کیلوگرم) در تیمار دو درصد بیوچار نیشکر و بیشترین تصاعد آمونیوم (۱۸/۸درصد نیتروژن) در تیمار یک درصد بیوچار ذرت به‌دست آمد.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۴- استادیارگروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که بیوچار نیشکر به دلیل کربن بیشتر بر خصوصیات بیولوژیکی وابسته به کربن بیشترین تأثیر را داشت.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، تصاعد آمونیوم، ترسیب کربن، تنفس خاک.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 5, August, 2021

Effect of Corn and Sugarcane Biochars on Some Soil Biological Properties and Carbon Sequestration

Sedighe karami [1]
Ahmad Landi [2]
Naeime Enayatizamir [3] *
N.enayatzamir@scu.ac.ir
Roya Zalaghi [4]

Admission Date: November 14, 2018 Date Received: January 18, 2016

Abstract

Background and Objective: Biochar is a recalcitrant soil amendment that is being used to carbon sequestrates and also enhances soil fertility. This research was done to study the effect of corn and sugarcane biochar as organic amendment on some soil biological properties and CO_2 emission.

Material and Methodology: Corn and sugarcane residues were air dried and then pyrolised in handmade furnace. Biochar was added to the soil according to the treatments (0, 1 and 2 percent). The samples were stored 100 days at 25^{o}C and their moisture content was kept at 60% of field capacity. After this period microbial respiration by titration with hydrochloric acid, microbial biomass carbon by fumigation-extraction method, ammonium emission by titration with sulfuric acid and nitrification by colorimetric method was measured. Then microbial and metabolic quotient and carbon sequestration were calculated.

Findings: The results showed significant effect of biochar on microbial respiration, microbial biomass carbon, microbial and metabolic quotient, ammonium emission and carbon sequestration (P<0/001), but that effect was not significant on soil nitrification. The highest amount of microbial respiration (27/31 mg CO_2-C/100g soil), microbial biomass carbon (37/05 mg Cmic/100g soil) and carbon sequestration (13/67 mg/kg) was obtained in soil treated with 2 percent of sugarcane biochar and the highest ammonia emission (18/8 % N) was the most in the samples containing one percent of corn biochar.

Discussion and Conclusion: The results showed that sugrecane biochar had more effect on carbon-dependence biological properties of soil due to more carbon content.

Keywords: Biochar, Ammonia Emissions, Carbon Sequestration, Soil Respiration.

1- M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Full Professor, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3-Associate Professor, Department of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*(Corresponding Author)*
4- Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
5- PhD. Candidate, Department of Urbanism, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

مقدمه

فرآیند معدنی شدن کربن و نیتروژن نقش عمده‌ای در عرضه عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه ایفا می‌کند. آگاهی از سرعت معدنی شدن نیتروژن از منابع مختلف آلی یک عامل کلیدی برای تعیین نیاز کودی نیتروژن گیاه با حداقل آثار منفی زیست محیطی است (۱). بیوچار به عنوان ماده اصلاح کننده خاک‌ها بر خصوصیات خاک (فیزیکی، شیمیایی، زیستی) اثرات مثبت دارد، و می‌تواند با هدف بهبود عملکرد خاک، کاهش گازهای گلخانه‌ای، ذخیره کربن و غیره به خاک اضافه شود. تحقیقات نشان داده است که بیوچار با تأثیر بر چرخه نیتروژن، موجب افزایش بازده مصرف کود در زمین‌های کشاورزی می‌شود (۲). بیوچار به عبارت ساده محصولی غنی از کربن است که از زیست‌توده‌هایی مانند چوب، کود، برگ، کاه‌و-کلش و پسماندهای کشاورزی در اثر هیدرولیز حرارتی تحت شرایط محدود اکسیژن و در دماهای کمتر از ۷۰۰ درجه سلسیوس تولید می‌شود (۳). تأثیرات مثبت بیوچار بر افزایش ذخیره کربنی، بهبود حاصلخیزی خاک و تعادل اکوسیستم‌های خاکی به دلیل برخی از خصوصیات ذاتی این ماده غنی از کربن مانند تخلخل و سطح ویژه بالا، ظرفیت و تبادل کاتیونی بالا، تجزیه زیستی کم و غیره می‌باشد (۴). بیوچار نقش مهمی در تحریک فعالیت جامعه میکروبی خاک (۵) و افزایش سرعت نیتریفیکاسیون (۶) دارد. بیوچار موجب خنثی کردن pH خاک‌های اسیدی و آماده کردن شرایط برای فعالیت بیشتر ریز جانداران خاک در چرخه‌های عناصر غذایی می‌گردد (۷). بیوچار علاوه بر خصوصیات فوق توانایی جذب ترکیبات سمی را نیز دارد که یکی از این ترکیبات سمی فنولی که بر روی چرخه نیترات‌زایی اثرات سوء دارد، کاتکول می‌باشد (۸) محققان عنوان کرده‌اند که یکی از دلایل افزایش کارآیی نیترات‌زایی در خاک‌های دارای بیوچار، حذف بازدارنده‌های فنولی توسط جذب سطحی بیوچار می‌باشد (۹). به دلیل اندک بودن مقدار ماده آلی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، فعالیت میکروبی در خاک‌های این مناطق اغلب با محدودیت کربن روبه‌رو است که می‌توان برای افزایش جمعیت و فعالیت جوامع میکروبی، بیوچار به خاک افزود. بیوچار به علت سرعت تجزیه کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسیدکربن و متان که از ضایعات آزاد می‌شود، دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند (۱۰). همچنین از طریق جذب کربن آلی محلول (DOC) روی سطوح بیوچار و یا بهبود تشکیل خاکدانه‌ها و به دنبال آن حفاظت ماده آلی خاک در برابر تجزیه در حفظ کربن آلی خاک مؤثر است (۱۱). این مطالعه با هدف تعیین تأثیر بیوچار بر تصاعد دی‌اکسیدکربن و آمونیوم و خصوصیات بیولوژیکی خاک و ذخیره کربن خاک انجام گرفته است.

روش بررسی

اندازه‌گیری خصوصیات خاک

نمونه خاک از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری از زمین تحت کشت ذرت در منطقه‌ای در جنوب شهرستان دزفول در سال ۱۳۹۴ تهیه شد. برخی خصوصیات اولیه خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک در گل اشباع و هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک تعیین گردید. ماده آلی بر پایه اکسیداسیون کربن آلی به کمک دی‌کرومات‌پتاسیم ، ازت کل خاک با روش کجلدال، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزینی با استات سدیم و فسفر به روش اولسن (12) اندازه-گیری شد.

تهیه و آماده سازی بیوچار

بقایای ذرت و نیشکر پس از هوا خشک شدن برای تهیه بیوچار، در داخل کوره فاقد اکسیژن در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. تکه‌های ذرت و نیشکر را در داخل ظروف درب‌دار ریخته و درب آنها با ورقه‌های آلومینیوم کاملاً بسته شد تا اکسیژن وارد محیط نشود و فرآیند پیرولیز به خوبی انجام گیرد (۱۳). برای اندازه‌گیری pH و EC بیوچار، ۱۰ میلی لیتر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، به یک گرم بیوچار خشک شده اضافه گردید(نسبت یک به ده بیوچار به محلول) و پس از ۲۴ ساعت، pH آن توسط pH متر و EC با دستگاه EC سنج قرائت شد (۱۴). مقدار فسفر بیوچار پس از هضم تر، به روش رنگ سنجی و پتاسیم در عصاره حاصل از هضم خشک به روش

فلیم‌فتومتری تعیین شد (۱۴). برای اندازه‌گیری کربن و نیتروژن بیوچار از دستگاه آنالیز عنصری آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز استفاده شد.

آماده سازی گلدان‌ها و اندازه‌گیری شاخص‌های میکروبی

خاک مورد نظر پس از تهیه و اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن بدون هوا خشک کردن از الک ۲ میلی-متری عبور و سپس به میزان ۱۰۰ گرم داخل ظروف پلاستیکی توزین شد. بیوچار با توجه به تیمارهای مورد نظر (صفر، یک و دو درصد وزنی) به خاک اضافه و نمونه‌ها با حفظ رطوبت در حد ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه به مدت ۱۰۰ روز در دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند. پس از پایان ۱۰۰ روز، تنفس خاک به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک اندازه-گیری و مقدار تنفس بر حسب میلی‌گرم CO_2-C در ۱۰۰ گرم خاک خشک محاسبه گردید (۱۵). کربن زیست توده میکروبی به روش تدخین- استخراج (۱۶) و تصاعد آمونیوم با قرار دادن بشر حاوی ۱۰ میلی‌لیتر اسید بوریک در هر ظرف حاوی خاک و بیوچار با جمع‌آوری آمونیوم متصاعد شده در اسید بوریک و از طریق تیتراسیون با اسید سولفوریک (۱۷) اندازه‌گیری شد. ضریب متابولیکی (qCO_2) از نسبت تنفس پایه بر مقدار کربن زیست توده میکروبی و ضریب میکروبی از نسبت کربن زیست توده میکروبی به کربن آلی خاک به دست آمد. نرخ نیتریفیکاسیون نیز به روش رنگ سنجی در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۱۶). ترسیب کربن (۱۸) از (رابطه ۱) محاسبه گردید:

$$C\ sequstration = C\ addition - CO_2\ loss \quad (۱)$$

C sequestration: ترسیب کربن (گرم کربن در کیلوگرم خاک)، C addition: کربن اضافه شده بر حسب گرم کربن در کیلوگرم خاک [مقدار بیوچار استفاده شده (بر حسب گرم درکیلو گرم)× مقدار کربن بیوچار ذرت (۶۸/۳٪) یا بیوچار نیشکر (۶۹/۷٪)]، CO_2 loss: دی‌اکسید متصاعد شده از خاک (بر حسب گرم دی‌اکسیدکربن-کربن در کیلوگرم خاک).

تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع بیوچار ذرت و نیشکر هر کدام در سه سطح (صفر، یک و دو درصد وزنی) بودند. برای گروه-بندی میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

یافته‌ها و بحث

برخی خصوصیات اولیه خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مورد مطالعه دارای pH نسبتا متعادل و غیر شور است.

جدول ۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Some chemical and physical characteristics of soil.

بافت خاک	لوم رسی- سیلتی
کربنات کلسیم(٪)	۴۲/۵
هدایت الکتریکی($ds.m^{-1}$)	۳
pH	۷/۳۳
ماده آلی(٪)	۱/۱۴
نیتروژن(٪)	۰/۰۹۳
فسفر($mg\ .kg^{-1}$)	۲۸/۹۲
ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq.l^{-1}$)	۳۲/۲۹

برخی خصوصیات بیوچار مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است. بیوچار ذرت دارای هدایت الکتریکی بالاتر و مقدار pH پایین‌تری نسبت به بیوچار نیشکر بود. مقدار فسفر بیوچار نیشکر بالاتر از بیوچار ذرت بود.

جدول ۲-برخی خصوصیات شیمیایی بیوچارهای ذرت و نیشکر مورد استفاده

Table 2. Some chemical characteristics of applied corn and sugarcane biochars.

خصوصیات / نوع بیوچار	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	pH	کربن (٪)	نیتروژن (٪)	C/N	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg.kg^{1-}$)
ذرت	۱۲/۹۰	۸/۰۵	۶۸/۳	۰/۵۲	۱۳۱/۳۴	۸۷/۱۱	۷۲۷/۱۵
نیشکر	۱۱/۲۷	۸/۵۵	۶۹/۷	۰/۵۱	۱۳۶/۶۶	۱۴۶/۴۳	۷۰۸/۲۱

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار بیوچار بر تنفس خاک، کربن زیست توده میکروبی، ضریب متابولیکی، ضریب میکروبی، آمونیوم، ترسیب کربن و تصاعد کربن در سطح ۰/۰۰۱ و عدم معنی‌داری بر نیتریفیکاسیون خاک می‌باشد.

جدول ۳-نتایج تجزیه واریانس اثر بیوچار بر خصوصیات بیولوژیکی خاک پس از ۱۰۰ روز انکوباسیون

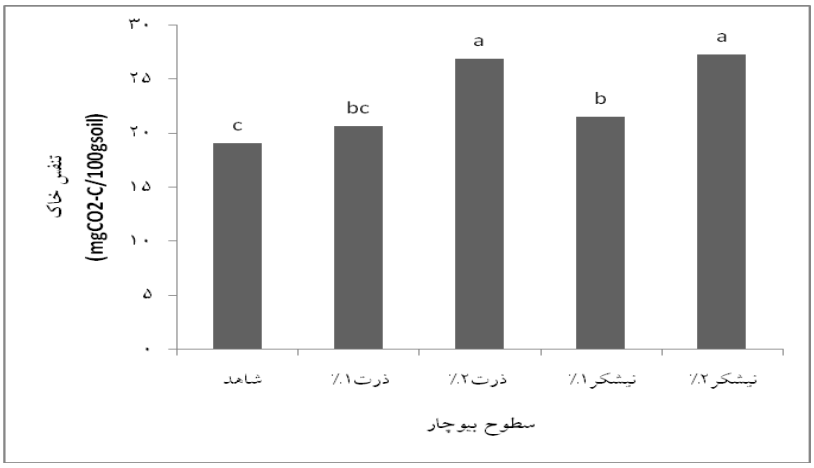
Table 3. The ANOVA results of biochar effect on biological properties of soil after 100 days incubation.

منبع تغییرات	بیوچار	خطا	ضریب تغییرات
درجه آزادی	۴	۱۴	
تنفس میکروبی	۴۲/۳۶***	۰/۸	۳/۸۷
کربن زیست توده میکروبی	۳۴۶/۲۱***	۰/۲۶	۲/۳۵
ضریب متابولیکی	۰/۹۳***	۰/۰۱	۹/۸۳
ضریب میکروبی	۲۹۲/۵۱ ***	۲/۳۲	۵/۹۰
نیتریفیکاسیون	۳۱۸۱۷۷۱۴/۶ns	۱۲۸۶۹۰۸۲/۸	۱۵/۹۳
آمونیوم	۴/۲۵***	۰/۲۵	۲/۹۰
ترسیب کربن	۹۸/۸۵***	۰/۰۰۰۱	۰/۱۲

***،ns معنی‌داری به ترتیب در سطح ۰/۰۰۱و عدم معنی‌داری

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار افزودن بیوچار بر افزایش تنفس میکروبی خاک است. بیشترین میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن به نمونه حاوی دو درصد بیوچار نیشکر (۲۷/۳۱میلی‌گرم CO_2-C در۱۰۰گرم خاک) و کمترین میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن بعد از شاهد به نمونه حاوی یک درصد بیوچار ذرت (۲۰/۷۰ میلی‌گرم CO_2-C در۱۰۰گرم خاک) اختصاص داشت. طی مطالعه‌ای ۱۰ ساله روی خاک‌های دست‌نخورده جنگلی در شمال سوئد در حضور زغال سنگ روند افزایشی تصاعد دی‌اکسیدکربن گزارش شد (۱۹). طی بررسی تأثیر بیوچار حاصل از پوست برنج، کاه گندم و بقایای ذرت تهیه شده در دمای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ روز انکوباسیون افزایش مقدار تجمعی تصاعد دی‌اکسیدکربن را تا روز ۴۰ام از شروع آزمایش و پس از آن کاهش مقدار تصاعد دی‌اکسیدکربن مشاهده شد(۲۰). هر چه ماده اولیه بیوچار دارای تراکم کمتر کربن باشد، و در دمای پایین پیرولیز شود اثر مثبت آن بر گیاه و زیست توده میکروبی بیشتر بوده و تنفس

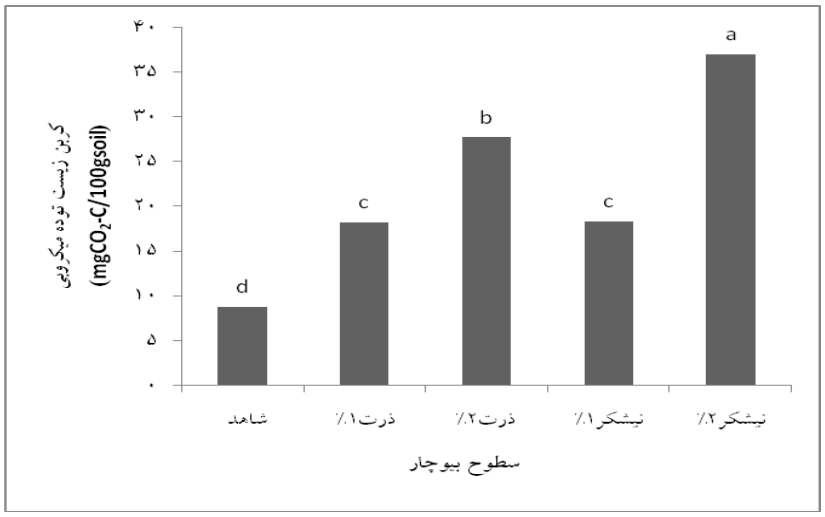
خاک را افزایش می‌دهد (۲۱). می‌توان دلیل افزایش تصاعد دی‌اکسیدکربن با افزایش درصد بیوچار کاربردی را فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌های خاک دانست (۲۱، ۱۷).



شکل۱- مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده برتنفس خاک

Figure1. Mean comparison effect of applied biochars on soil respiration

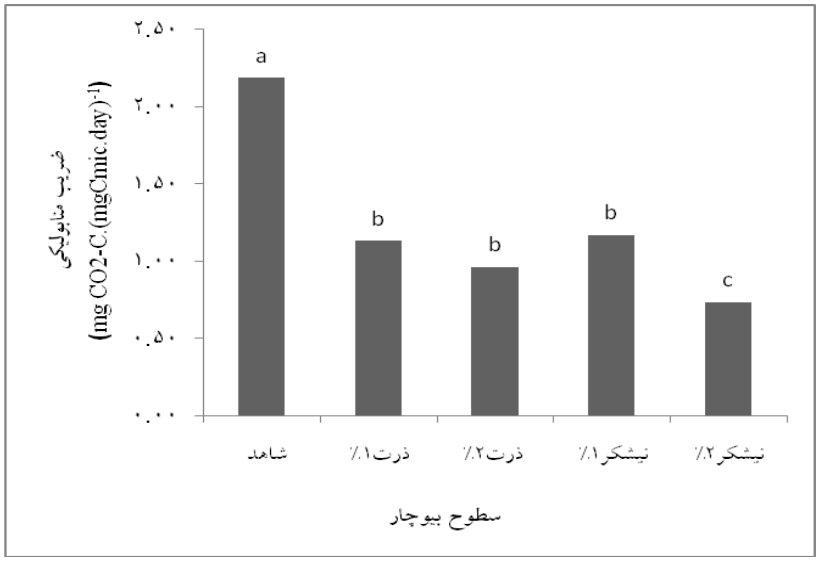
مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار افزودن بیوچار بر افزایش کربن زیست توده میکروبی خاک است. بیشترین میزان کربن زیست توده میکروبی در خاک حاوی دو درصد بیوچار نیشکر (۳۷/۰۵ میلی‌گرم کربن در ۱۰۰ گرم خاک)، و کمترین میزان کربن زیست توده میکروبی بعد از شاهد در تیمار حاوی یک درصد بیوچار نیشکر (۱۸/۳۳ میلی-گرم کربن در ۱۰۰ گرم خاک) به‌دست آمد. عموما ذکر شده است که کربن بیوچار برای میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس نمی‌باشد(۲۲) اما با تغییراتی که در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به‌وجود می آورد و همچنین با در دسترس قرار دادن ترکیبات کربنی قابل استفاده موجب افزایش زیست توده میکروبی و تحریک فعالیت جامعه میکروبی خاک می‌شود(۲۳، ۱۷). تغییر در فراوانی جامعه میکروبی ممکن است تنها در اثر معدنی شدن بیوچار نباشد بلکه تحت تأثیر عامل دیگری چون معدنی شدن کربن خاک باشد. زیست توده میکروبی بزرگتر ممکن است به دلیل تجزیه بیشتر کربن خاک در حضور بیوچار باشد (۱۹). اندرسون و همکاران (۲۰۱۱) تغییر در ساختار جامعه میکروبی خاک و افزایش جمعیت برخی باکتریهای خاک را در نتیجه افزودن بیوچار کاج گزارش کردند(۲۴). کاربرد بیوچار تازه دارای کربن ناپایدار زیاد موجب افزایش کربن زیست توده میکروبی می‌شود (۲۵).



شکل۲- مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده برکربن زیست توده میکروبی خاک

Figure2. Mean comparison effect of applied biochars on soil microbial biomass carbon

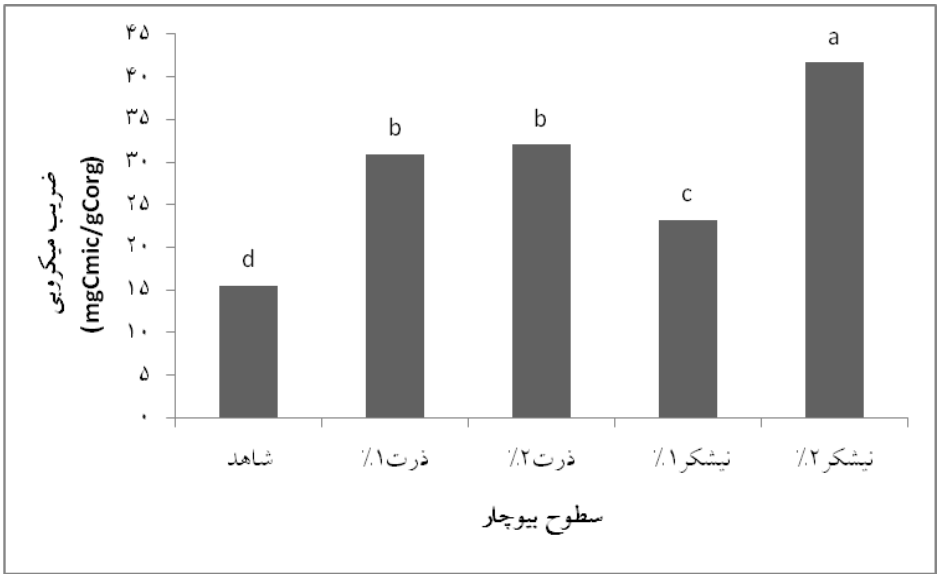
مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۳) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار بیوچار بر ضریب متابولیکی خاک است. بیشترین میزان ضریب متابولیکی در تیمار شاهد به‌دست آمد و در تیمارهای حاوی بیوچار به طور معنی‌داری کاهش یافت، که این کاهش در تیمار حاوی دو درصد بیوچار نیشکر بیشترین بود. کاهش ضریب متابولیکی نشان دهنده بهبود شرایط حاکم بر زیستگاه ریزموجودات خاک می‌باشد. تجزیه بیوچار با میزان qCO-2رابطه عکس داشته به گونه‌ای که افزایش تجزیه بیوچار موجب کاهش میزان ضریب متابولیکی می شود. هر چند این مسأله را نمی‌توان به طور مستقیم به مقدار بیوچار استفاده شده ارتباط داد (۲۶). با کاربرد بیوچار رطوبت و کربن آلی خاک افزایش یافته و با بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک کربن زیست توده میکروبی افزایش یافته و ضریب متابولیکی خاک کاهش می یابد.



شکل۳-مقایسه تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر ضریب متابولیکی خاک

Figure3. Mean comparison effect of applied biochars on soil metabolic quotient

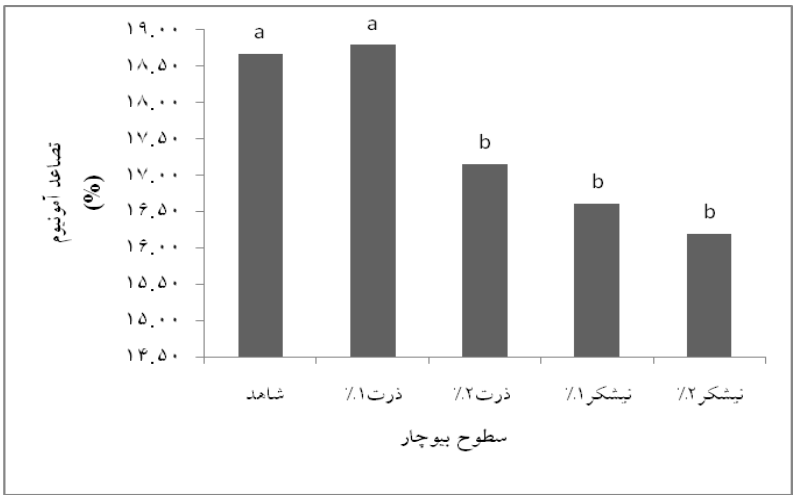
نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار افزودن بیوچار ذرت و نیشکر بر ضریب میکروبی خاک است. بیشترین مقدار ضریب میکروبی در حضور دو درصد بیوچار نیشکر وکمترین مقدار آن بعد از شاهد به نمونه حاوی یک درصد بیوچار نیشکر اختصاص داشت. افزایش این نسبت در خاک نمایانگر بهبود کیفیت خاک است. معمولاً تنش‌های محیطی سبب کاهش ضریب میکروبی خاک می‌شوند و کربن زیست توده میکروبی در شرایط تنش‌زا سریع‌تر از کربن آلی خاک کاهش می‌یابد (۲۷). گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر بیوچار بر افزایش فعالیت میکروبی و تجزیه ماده آلی در خاک‌های جنگلی وجود دارد (۱۱). اسمیت و همکاران (۲۰۱۰) افزایش ضریب میکروبی خاک را در نتیجه افزودن بیوچار گزارش کردند. افزایش ضریب میکروبی خاک شاخص مناسبی از کیفیت خاک است که بالاتر بودن آن نشان دهنده کیفیت مطلوب خاک از نظر حضور میکروارگانیسم‌ها در خاک است (۱۷). بیوچار به دلیل افزایش نگهداشت رطوبت، در دسترس بودن مواد مغذی و مواد آلی ناپایدار در سطوح بیوچار، موجب بهبود شرایط محیطی و کاهش رقابت کاهش شده و در نتیجه موجب افزایش فراوانی و فعالیت میکروبی خاک می شود(۲۸).



شکل۴-مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بیوچار بر ضریب میکروبی خاک

Figure4. Mean comparison effect of applied biochars on soil microbial quotient

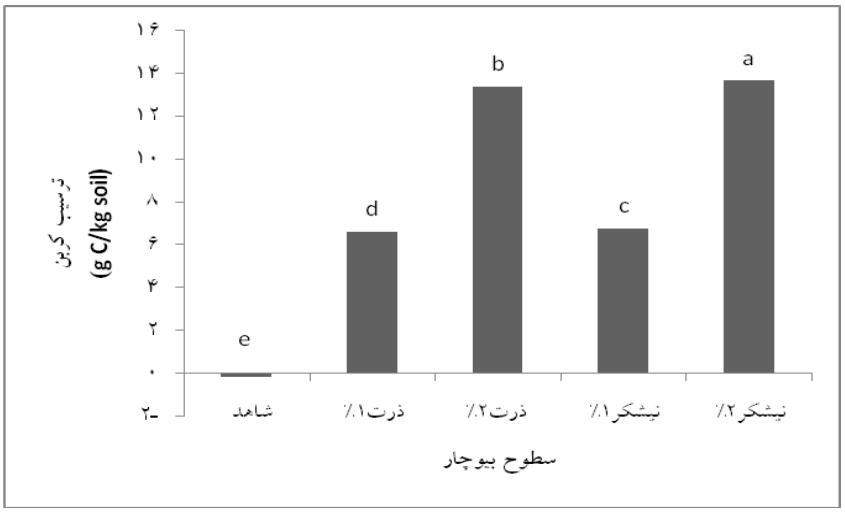
مقایسه میانگین داده‌ها شکل (۵) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار افزودن بیوچار به خاک بر کاهش تصاعد آمونیوم از خاک است. کمترین میزان تصاعد آمونیوم در نمونه حاوی ۲ درصد بیوچار نیشکر و بیشترین میزان تصاعد آمونیوم در نمونه ۱ درصد بیوچار ذرت مشاهده شد. با افزایش میزان بیوچار به دلیل بالاتر رفتن C/N خاک و کاهش سرعت تجزیه ، میزان تصاعد آمونیوم کاهش یافت. از دیگر دلایل کاهش تصاعد آمونیوم ظرفیت تبادل کاتیونی بالای بیوچار گزارش شده است (۲۹). بیوچار آمونیوم موجود را در سطح خود جذب کرده و مانع تصاعد آن می‌گردد. با توجه به اینکه بیوچار نیشکر ساختار خشبی‌تر نسبت به بیوچار ذرت دارد، دیرتر تجزیه می‌شود و در نتیجه میزان تصاعد آمونیوم در آن کمتر است.



شکل۵-مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده برتصاعد آمونیوم از خاک

Figure5. Mean comparison effect of applied biochars on ammonium emission

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل۶) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار افزودن بیوچار بر افزایش ترسیب کربن خاک است. پس از ۱۰۰ روز نمونه حاوی ۲ درصد بیوچار نیشکر بیشترین میزان ترسیب کربن را داشت و کمترین میزان ترسیب کربن بعد از نمونه شاهد که مقدار منفی داشت در نمونه حاوی یک درصد ذرت مشاهده شد. کاربرد بیوچار به عنوان یک استراتژی بالقوه برای افزایش ترسیب کربن و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پیشنهاد می‌شود (۳۰، ۳۱، ۳۲).



شکل۶-مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر ترسیب کربن خاک

Figure 6. Mean comparison effect of applied biochars on carbon sequestration

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده افزودن بیوچار با عث کاهش تصاعد آمونیوم از خاک و بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک شد. ضریب متابولیکی خاک با افزودن بیوچار کاهش یافت که دلیل آن می‌تواند بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه افزایش جمعیت میکروبی خاک باشد. با توجه به تاثیر معنی‌دار بیوچار نیشکر در افزایش ترسیب کربن به نظر می‌رسد مطالعات مزرعه‌ای برای انطباق نتایج به‌دست آمده در شرایط آزمایشگاهی ضروری است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از معونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به لحاظ تامین منابع مالی انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نمایند (GN. ۹۴//۳/۲/۳۱۵۷۹).

Reference

1. Franzluebbers K., Weaver R., Juo A., Franzluebbers A., 1994. Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in moist and in repeatedly dried and wetted soil. *Soil Biol. Biochem*, 26: 1379-1387.
2. Lehmann J., da Silva J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W., 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.
3. Lehmann J., Joseph S., 2009. Biochar for environmental management: an introduction: *Science and Technology*. London. Pp: 1-12.
4. Lehmann J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C., Crowley D., 2011. Biochar effects on soil biota: A review. *Soil Biol. Biochem*. 43. pp: 1812-1836.
5. Smith J.L., Collins H.P., Bailey V.L., 2010. The effect of young biochar on soil respiration. *Soil Biol. Biochem.* 42:2345-2347.
6. Ball, P.N., MacKenzie, M.D., DeLuca, T.H., Holben, W.E., 2010. Wildfire and charcoal enhance nitrification and ammonium-oxidizing bacteria abundance in dry montane forest soils. *J. Environ. Qual*. 39:1243-1253.
7. Lentz R. D, and J. A. Ippolito. 2011. Biochar and manure affect calcareous soil and corn silage nutrient concentrations and uptake . *J. Environ. Qual*, 41:1033-1043.
8. Thies J. E., Rilling M.C., 2009. Characteristics of biochar biological properties. Biochar for Environmental Management. Lehmann J., Joseph S (ed.), Earthscan, London, UK.
9. Steiner C. B., Glaser W.G., Teixeira J., Lehmann W.E.H., Blum W., 2008.Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian ferralsol amended with compost and charcoal. *Plant Nutr. Soil Sci*, 171: 893–899.
10. Lehmann J., Gaunt J., Rondon M., 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems: a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11:403-427.
11. Zeeshan A, Muhammad K., Aon M., 2014. Impact of biochar on soil physical properties. *SJAS*, 4(5): 280-284.
12. Gupta P.K., 2004. Soil, plant, water and fertilizer analysis. 2th Agrobios (India). p. 438.
13. Kim K.H., Kim J.Y. et al., 2012. Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine. *Bioresour. Technol*, 118:158-162
14. Rajkovich S., Enders A., Hanley K., Hyland C., Zimmerman A., Lehmann J., 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biol Fertil Soils*. 4(3): 271-284.
15. Anderson J. P. E.,1982. Soil Respiration. In Page, A. L. (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Methods. American Society of

Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp: 831-871.

16. Anderson J. M., Ingram J. S. I., 1993. In Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, 68–71.
17. Smith J., Collins H., Bailey V., 2010.The effect of young biochar on soil respiration. *Soil Biol. Biochem*.42: 2345-2347
18. Bell M.J., Worrall F., 2011. Charcoal addition to soils in NE England: a carbon sink with environmental co-benefits?. Sci. *Total Environ*., 409:1704–1714.
19. Wardle D.A., 1992. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biol Rev*, 67: 321-358.
20. Purakayastha T.J., Kumari S., Pathak H., 2015. Characterisation, stability, and microbial effects of four biochars produced from crop residues. *Geoderma*, 239 -240: 293–303.
21. Zimmerman A., Gao B., Ahn M.Y., 2011. Positive and negative mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. *Soil Biol. Biochem*., 43: 1169-1179.
22. Theis J.E., Rillig M.C., 2009. Characteristics of biochar: biological properties. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management. Earthscan, Dunstan House, London, UK.
23. Steiner, C., Das, K.C., Garcia, M., Forster, B., Zech W., 2008. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic ferralsol. *Pedobiologia*, 51: 359–366.
24. Anderson C., Condron L.M., Clough T., Fiers M., Stewart A., . Hill R., Sherlock R., 2011. Biochar induced soil microbial community change: Implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus. *Pedobiologia*, 54: 309–320.
25. Major J., Rondon M., Molina D., Riha S.J., Lehmann J., 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant Soil*, 333: 117-128.
26. Deenik J.L., McClellan T., Uehara G., Antal N.J., Campbell S., 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Sci*. *Soc. Am. J*. 74: 1259-1270.
27. Domene X. , Mattana S., Hanley K., Enders A., Lehmann J., 2014. Medium-term effects of corn biochar addition on soil biota activities and functions in a temperate soil cropped to corn. *Soil Biol. Biochem*, 72:152-162.
28. Dempster D.N., Gleeson D.B., Solaiman Z.M., Jones D.L., Murphy D.V., 2011. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. *Plant Soil*, 354: 311-324.
29. Ding Y., Liu Y., Wu W., Shi D., Yang M., Zhong Z., 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. *Water Air. Soil Pollut.*, 213: 47-55.
30. DeLuca T.H., MacKenzie M.D., Gundale M.J., Holben W.E., 2006. Wildfire-produced charcoal directly

influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests. *Am. J . Soil Sci . Soc*., 70:448–453

31. Miller R.M., Miller S.P., Jastrow J.D., Rivetta C.B., 2008. Mycorrhizal mediated feedbacks influence net carbon gain and nutrient uptake in Andropogon gerardii. *New Phytol.*, 155:149–62.
32. Novak J.M., Busscher W.J., Watts D.W., Laird D.A., Ahmedna M.A., Niandou M.A.S,. 2010. Short-term CO2 mineralization after additions of biochar and switchgrass to a Typic Kandiudult. *Geoderma*, 154:281–288.