

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

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

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

Sedighe karami¹

Ahmad Landi²

Naeime Enayatizamir^{3 *}

N.enayatizamir@scu.ac.ir

Roya Zalaghi⁴

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 CO₂ emission.

Material and Methodology: Corn and sugarcane residues were air dried and then pyrolysed 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°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 CO₂-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، کاه و کلس 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 کارایی 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 کج‌دال، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزینی با استات سدیم و فسفر به روش اولسن (12) اندازه‌گیری 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

نیتروفیکاسیون نیز به روش رنگ سنجی در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۱۶). ترسیب کربن (۱۸) از (رابطه ۱) محاسبه گردید:

$$C \text{ sequestration} = C \text{ addition} - CO_2 \text{ loss} \quad (1)$$

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 در کیلو گرم) × مقدار کربن بیوچار ذرت (۳/۶۸٪) یا بیوچار نیشکر (۷/۶۹٪)]، CO₂ loss: دی‌اکسید متصاعد شده از خاک (بر حسب گرم دی‌اکسید کربن-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 نسبتاً متعادل و غیر شور است.

فلیم‌فتمتری 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 CO₂-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 (qCO₂) 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

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Some chemical and physical characteristics of soil.

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

برخی خصوصیات بیوچار مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است. بیوچار ذرت دارای هدایت الکتریکی بالاتر و مقدار pH پایین تری 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.

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

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار بیوچار بر تنفس خاک، کربن زیست توده میکروبی، ضریب متابولیکی، ضریب آمونیوم، ترسیب کربن و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار بیوچار بر تنفس خاک، کربن زیست توده میکروبی، ضریب متابولیکی، آمونیوم، ترسیب کربن و 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	۳۱۸۱۷۷۱۴/۶ ^{NS}	۱۲۸۶۹۰۸۲/۸	۱۵/۹۳
آمونیم	۴/۲۵***	۰/۲۵	۲/۹۰
ترسیب کربن	۹۸/۸۵***	۰/۰۰۰۱	۰/۱۲

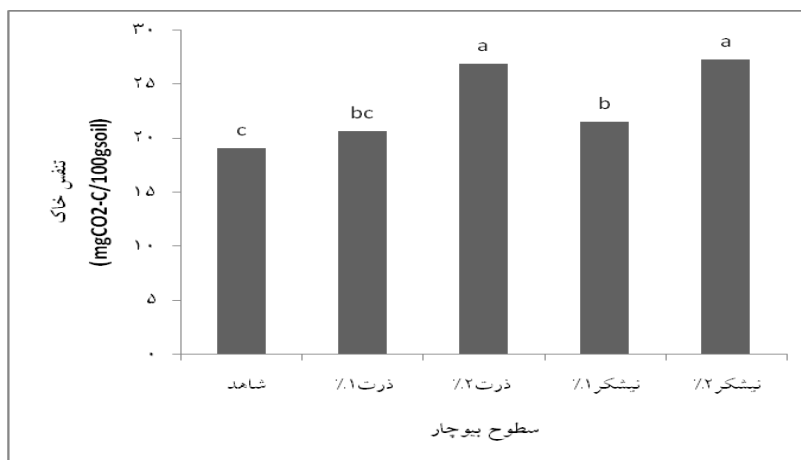
***، NS، معنی‌داری به ترتیب در سطح ۰/۰۰۱ و عدم معنی‌داری

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 جمعی تصاعد دی‌اکسیدکربن را تا روز ۴۰م 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

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 (۲۷/۳۱ میلی‌گرم CO₂-C در ۱۰۰ گرم خاک) و کمترین میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن بعد از شاهد به نمونه حاوی یک درصد بیوچار ذرت (۲۰/۷۰ میلی‌گرم CO₂-C در ۱۰۰ گرم خاک) اختصاص داشت. طی مطالعه‌ای ۱۰ ساله روی خاک‌های دست‌نخورده جنگلی در شمال سوئد در حضور زغال سنگ روند

بیشتر میکروارگانیسم‌های خاک دانست (۲۱، ۱۷).

خاک را افزایش می‌دهد (۲۱). می‌توان دلیل افزایش تصاعد دی‌اکسیدکربن با افزایش درصد بیوچار کاربردی را فعالیت

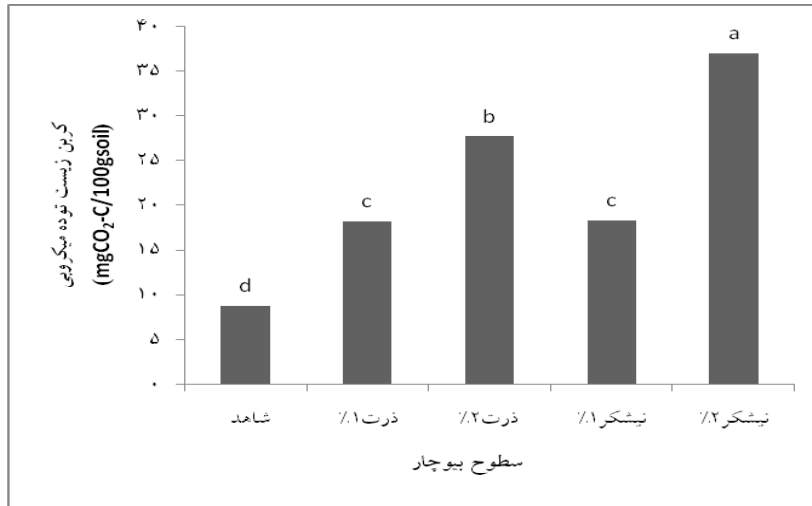


شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر تنفس خاک

Figure 1. Mean comparison effect of applied biochars on soil respiration

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).

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. عموماً ذکر شده است که کربن بیوچار برای میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس نمی‌باشد (۲۲) اما با تغییراتی که در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به‌وجود می‌آورد و همچنین با در دسترس قرار دادن ترکیبات کربنی قابل استفاده موجب افزایش زیست توده

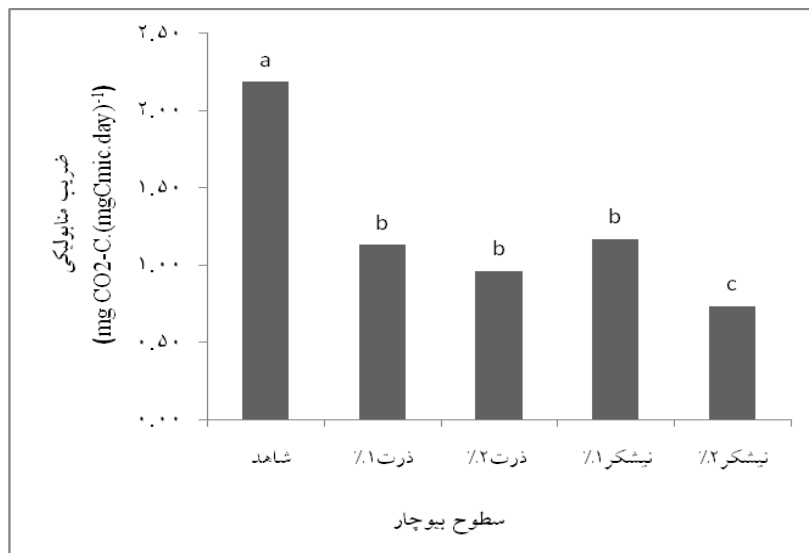


شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر کربن زیست توده میکروبی خاک

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

رابطه عکس داشته به گونه‌ای که افزایش تجزیه بیوچار موجب کاهش میزان ضریب متابولیسی 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 متابولیسی خاک کاهش می یابد.

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۳) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار بیوچار بر ضریب متابولیسی خاک است. بیشترین میزان ضریب متابولیسی در تیمار شاهد به دست 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 متابولیسی نشان دهنده بهبود شرایط حاکم بر زیستگاه ریزموجودات خاک می‌باشد. تجزیه بیوچار با میزان qCO_2

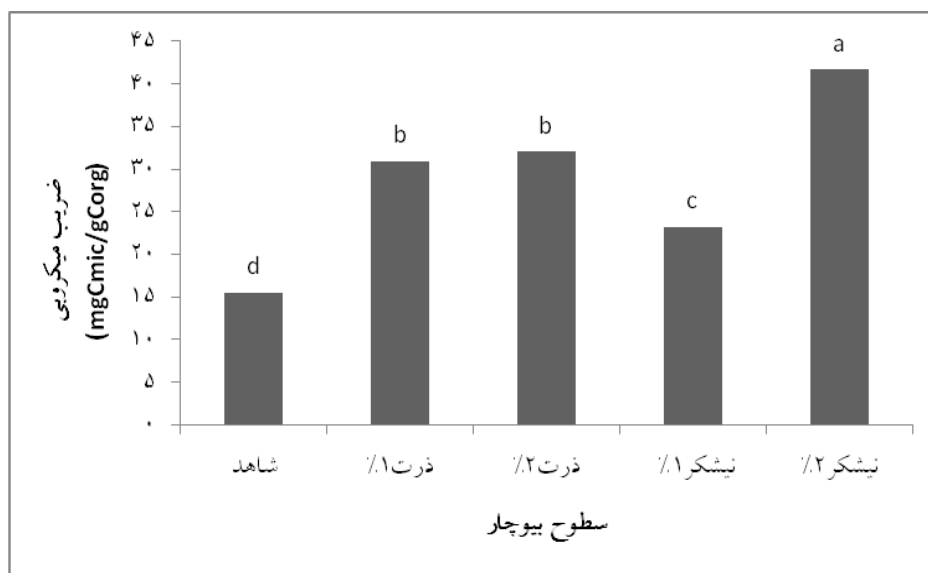


شکل ۳-مقایسه تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر ضریب متابولیسی خاک

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

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 می‌شود (۲۸).

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 و کمترین 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

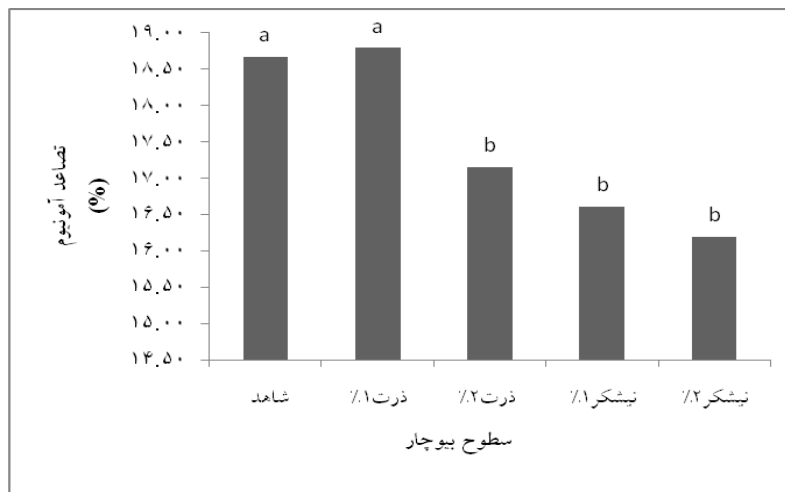


شکل ۴-مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بیوچار بر ضریب میکروبی خاک

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

آمونیم کاهش یافت. از دیگر دلایل کاهش تصاعد آمونیم ظرفیت تبادل کاتیونی بالای بیوچار گزارش شده است (۲۹). بیوچار آمونیم 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 آمونیم در آن کمتر است.

مقایسه میانگین داده‌ها شکل (۵) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار افزودن بیوچار به خاک بر کاهش تصاعد آمونیم از خاک است. کمترین میزان تصاعد آمونیم در نمونه حاوی ۲ درصد بیوچار نیشکر و بیشترین میزان تصاعد آمونیم 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

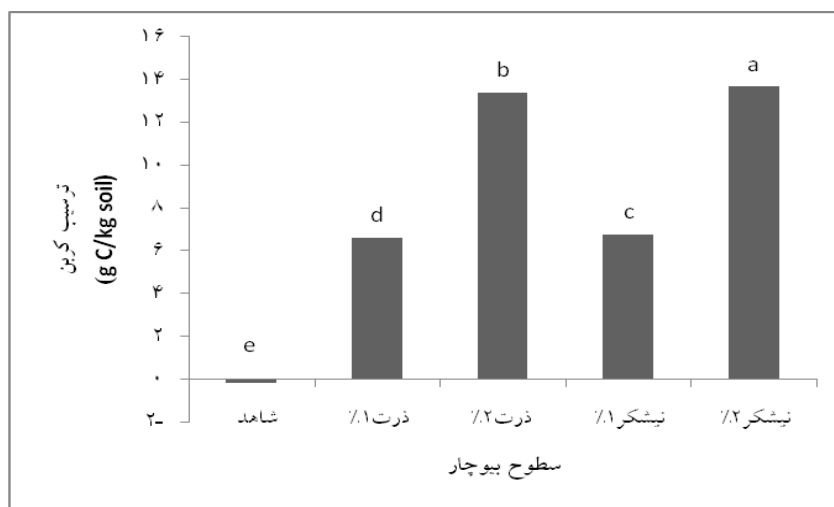


شکل ۵-مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر تصاعد آمونیم از خاک

Figure 5. Mean comparison effect of applied biochars on ammonium emission

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).

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۶) 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



شکل ۶-مقایسه میانگین تأثیر بیوچارهای مورد استفاده بر ترسیب کربن خاک

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

نتیجه‌گیری

معنی‌دار بیوچار نیشکر در افزایش ترسیب کربن به نظر می‌رسد مطالعات مزرعه‌ای برای انطباق نتایج به‌دست آمده در شرایط آزمایشگاهی ضروری است.

با توجه به نتایج به دست آمده افزودن بیوچار با عث کاهش تصاعد آمونیم از خاک و بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک شد. ضریب متابولیسمی 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 تأثیر

concentrations and uptake . *J. Environ. Qual*, 41:1033-1043.

8. Thies J. E., Rillig 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

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

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
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.

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 Kandudult. *Geoderma*, 154:281–288.
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.