اثر بیوچار پوسته برنج بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و رشد ذرت در یک خاک لومی

محمد قربانی[1] و الناز امیراحمدی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران؛ m.ghorbani.7091@gmail.com

دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران؛ amirahmadielnaz@gmail.com

دریافت: 96/9/18 و پذیرش: 97/5/24

چکیده

در دهه اخیر استفاده از بیوچار به عنوان اصلاح‌کننده خاک، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، محققان متعددی به مطالعه اثرات اصلاح‌کنندگی بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پرداخته‌اند. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر بیوچار (زغال زیستی) حاصل از پوسته شلتوک برنج بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک و رشد گیاه ذرت می‌باشد. برای این منظور گلدان‌های آزمایشی با سه تکرار حاوی مخلوط خاک لومی و بیوچار در سه سطح کاربرد صفر (شاهد)، 2 و 4 درصد وزنی به مدت سه ماه تحت کشت گیاه ذرت رقم سینگل کراس 704 قرار گرفتند. بیوچار پوسته شلتوک برنج تحت دمای 500 °C طی فرآیند تجزیه حرارتی در کوره الکتریکی تولید شد. ویژگی‌های فیزیکی خاک پس از اتمام دوره رشد گیاه اندازه‌گیری شدند. جمع‌آوری داده‌های مربوط به ارتفاع گیاه نیز به‌طور هفتگی انجام شد. همچنین گسترش ریشه نیز پس از پایان دوره رشد ارزیابی شد. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار با کاهش جرم مخصوص خاک، افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع، افزایش تخلخل کل و همچنین افزایش مقدار آب قابل دسترس خاک، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌شود. ارتفاع گیاه در هفته نهم از دوره رشد به طور معنی‌داری از 75 سانتی‌متر در خاک شاهد به 85 سانتی‌متر در خاک حاوی بیوچار 4% رسید. همچنین وزن خشک اندام هوایی گیاه نیز در خاک بیوچار 2% و 4%، به ترتیب 154/7 و 156/8 گرم بود که نسبت به خاک شاهد (148/8) افزایش معنی‌داری داشت. افزودن بیوچار تأثیر معنی‌داری بر سطح ریشه، وزن خشک ریشه، قطر ریشه و طول ریشه نداشت. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزودن بیوچار سبب ایجاد تغییرات در برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، محتوای آب در دسترس خاک و همچنین هدایت هیدرولیکی اشباع می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که افزایش سطح کاربرد بیوچار از 2 به 4 درصد، دارای اثرات مثبت به مراتب قوی‌تری در خاک خواهد بود. انجام آزمایش‌هایی در مقیاس بزرگتر قطعاً به تصدیق یافته‌های این پژوهش کمک شایانی خواهند نمود. همچنین بررسی اثرات طولانی‌مدت بیوچار در خاک نیز ضروری است.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده خاک، تخلخل خاک، جرم مخصوص ظاهری، محتوای آب در دسترس خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: رشت، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گروه علوم خاک، کد پستی: 13769-41996

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بیوچار (زغال زیستی)، محصول تجزیه‌ی حرارتی زیتوده‌هایی نظیر چوب، برگ گیاهان، باقیمانده-های کشاورزی و کود در یک فضای بسته‌ی بدون اکسیژن یا با اکسیژن محدود تحت حرارت زیاد می‌باشد (لمان و جوزف، 2009). استفاده از بیوچار می‌تواند با هدف اصلاح خاک، مدیریت ضایعات آلی، ایجاد تعادل در اقلیم و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد (ژو و همکاران، 2013). مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC) در سال 2014 بیوچار را به عنوان یک تکنولوژی نوین و تأثیرگذار بر تعادل تغییرات اقلیمی و حوزه کشاورزی معرفی کردند. از اینرو در سال‌های اخیر توجه محققان زیادی به این مقوله معطوف شده است. پژوهشگران متعددی به مطالعه اثرات افزودن بیوچار بر ویژگی‌های ویژگی های فیزیکی خاک پرداختند (کاروالو و همکاران، 2016؛ بارل و همکاران، 2016؛ براسارد و همکاران، 2016؛ لاکسمن‌رو و همکاران، 2017؛ هرات و همکاران، 2013؛ اویانگ و ژانگ، 2013؛ آبل و همکاران، 2013)؛ از جمله هدایت هیدرولیکی اشباع، جرم مخصوص، تخلخل، محتوای آب در دسترس خاک. سطح ویژه زیاد بیوچار فضای لازم برای شکل‌گیری تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌ها را فراهم کرده و ظرفیت حفظ مواد غذایی خاک را بهبود می‌بخشد (قربانی و همکاران، 1394؛ لی و همکاران، 2015). زیاد بودن مقاومت بیوچار نسبت به تجزیه میکروبی به نوبه خود، افزایش فعل و انفعال بیوچار با مواد خاکی از قبیل یون‌ها، مواد آلی و رس‌ها را در پی خواهد داشت (هرینگ و همکاران، 2017).

این امر خود به خود به تغییرات اساسی در کیفیت خاک ازجمله افزایش تخلخل کل و در نتیجه کاهش جرم مخصوص خاک-بیوچار، افزایش جذب مواد در منافذ ریز، افزایش نقل و انتقال آب و املاح در منافذ درشت و در نتیجه بهبود ساختمان و دانه‌بندی خاک منتهی می‌شود (گلاب و همکاران، 2016). همچنین شکل‌گیری تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همین‌طور پیوند آن‌ها با عناصر و فلزات خاک به دلیل سطح ویژه‌ی زیادی مخلوط خاک-بیوچار امری اجتناب‌ناپذیر است (سینگ و همکاران، 2015).

وقتی‌که بیوچار با خاک مخلوط می‌شود نقش مهمی را در ماهیت فیزیکی سیستم؛ ازجمله عمق مؤثر نفوذ ریشه، بافت، ساختمان، تخلخل، جرم مخصوص خاک سطحی، توزیع اندازه ذرات و منافذ ایفا می‌کند. بیوچار ممکن است به دلیل افزایش عمق مؤثر و در دسترس قرار دادن آب و هوا در منطقه ریشه بر رشد گیاه تأثیر مستقیم داشته باشد (ما و همکاران، 2016). به کار بردن 1 تا 2 درصد بیوچار در خاک تأثیر معنی‌داری بر بهبود کیفیت فیزیکی خاک از جمله چگالی خاک (Bd) و ظرفیت نگهداری آب خاک (WHC) دارد (ماخرجی و همکاران، 2013). تخلخل، توزیع اندازه منافذ و سطح ویژه خاک به شدت متأثر از مصرف بیوچار می‌باشند. برای مثال تخلخل زیاد میزان آب ذخیره‌شده را افزایش می‌دهد، در حالی که توزیع اندازه منافذ خاک تعیین‌کننده-ی متحرک بودن آب در خاک و در دسترس بودن یا نبودن آب برای گیاه می‌باشد (ونگ و همکاران، 2015). تخلخل و توزیع اندازه منافذ بر افزایش فعالیت میکروبی و ایجاد فضایی برای حفظ مواد مغذی نیز نقش دارند (یو و همکاران، 2014). سطح ذرات خاک ویژگی فیزیکی مهمی است که کنترل برخی ویژگی‌های ضروری حاصلخیزی خاک ازجمله آب خاک، ظرفیت نگهداری عناصر غذایی، هوادهی خاک و فعالیت میکروبی خاک را بر عهده دارد (نایسی و همکاران، 2015).

یکی از پارامترهای کیفی خاک قابلیت نگهداری آب خاک است که وابستگی قابل‌توجهی به توزیع و ارتباط منافذ خاک با یکدیگر دارد. این ویژگی عمدتاً از طریق توزیع اندازه ذرات، ویژگی‌های ساختمانی نظیر خاکدانه و مقدار مواد آلی خاک تنظیم می‌شود. بیوچار به دلیل داشتن ساختمانی متخلخل و به طبع سطح درونی زیاد دارای اثری مستقیم بر ابقاء آب در خاک می‌باشد (ماخرجی و همکاران، 2013). در گزارشی عنوان شده است که دو نوع بیوچار؛ یکی تهیه شده از هوموس و دیگری از چوب درخت سنگروی سیاه (*Empetrum nigrum*)، دارای ظرفیت نگهداری آب[1] (WHC) زیاد (2/9 ml/g ماده خشک) نسبت به کربن فعال (1/5 ml/g ماده خشک) و یا چوب‌پنبه (1/0 ml/g ماده خشک) می‌باشند (پتی‌کانن و همکاران، 2000). افزایش WHC در بیوچار به طور کلی سبب افزایش WHC خاک می‌شود. لارید و همکاران (2010) گزارش کردند که با افزودن بیوچار به میزان 20 g/kg یک خاک رسی، سطح ویژه‌ی خاک از 130 به 150 متر مربع در گرم افزایش می‌یابد.

نجفی قیری (1394) در بررسی کاربرد زغال-های زیستی بقایای گندم، بقایای ذرت، بقایای پنبه و بقایای کنجد در دمای 500 درجه سلسیوس به مدت سه ساعت بر ویژگی‌های خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصر غذایی در یک خاک آهکی، گزارش داد که زغال زیستی حاصل از بقایای پنبه و کنجد سبب افزایش معنی-دار pH خاک گردید. همچنین پتاسیم غیرتبادلی نیز با

[1] Water-holding capacity

Archive of SID

www.SID.ir

افزودن زغال زیستی از 290 تا 532 میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت.

زلفی باوریانی و همکاران (1395) به بررسی اثر بیوچار تهیه شده از کود مرغی در دماهای متفاوت (200، 300 و 400 درجهٔ سانتی‌گراد) بر ویژگی‌های شیمیایی خاک آهکی در دانشگاه شیراز پرداختند و بیان نمودند که بیوچارهای تهیه شده در دمای بالاتر تأثیر بیشتری بر حفظ و نگهداری کربن در خاک داشته است. آنها همچنین در پژوهشی دیگر دریافتند که فراهمی فسفر و بازیابی آن در خاک‌های تیمار شده با بیوچار حاصل از کود مرغی بیشتر شده و با گذشت زمان نیز افزایش می‌یابد (زلفی باوریانی و همکاران، 1396).

گویلی و همکاران (1396) در پژوهشی دریافتند که کاربرد بیوچار کود گاوی سبب تغییر ترکیب شیمیایی، غلظت و جذب عناصر (به‌ویژه عناصر پرمصرف) در اندام هوایی گیاه اسفناج می‌شود. آنها گزارش دادند که کاربرد 1/25 درصد بیوچار سبب افزایش منگنز، سدیم، پتاسیم، کاربرد 2/5 درصد بیوچار سبب افزایش فسفر، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کاربرد 5 درصد بیوچار نیز سبب افزایش منگنز، نیتروژن، فسفر، منیزیم و سدیم در اندام هوایی اسفناج می‌گردد.

با این همه، از آنجایی که تحقیقات محدودی در زمینه‌ی تأثیر بیوچار روی برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت کشت گیاه در ایران صورت گرفته است، لذا در پژوهش حاضر تأثیر کاربرد بیوچار بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی یک خاک لومی و رشد گیاه ذرت مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک مورد استفاده در این پژوهش از مزرعه پژوهشی دانشگاه ساری از لایه سطحی (0 تا 20 سانتی‌متر) جمع‌آوری شد که دارای بافت لومی بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد بررسی در جدول 1 ارائه شده است. از آنجایی که مادهٔ اولیه و همچنین دماهای مختلف بر روی بیوچار تولیدی تأثیرگذار است (لو و همکاران، 2016) در این پژوهش، بیوچار از پوسته شلتوک برنج تولید شد و از نظر دما با توجه به منابع مختلف که محدودهٔ دمایی را برای تولید بیوچار بین 350 تا 700 درجهٔ سانتی‌گراد در نظر گرفته بودند (جین و همکاران، 2016)، در این پژوهش، از دمای بهینه 500 درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. بدین منظور در ابتدا به کوره الکتریکی زمان داده شد تا به دمای 500 درجه سانتی‌گراد برسد. بعد از یک ساعت که کوره به دمای دلخواه رسید زیتوده مدنظر (پوسته شلتوک برنج) را درون یک قوطی فلزی استوانه‌ای با ابعاد 25×10 سانتی‌متر ریخته و پس از محکم نمودن درب آن، قوطی به همراه محتویات آن درون کوره قرار داده شد. زمان لازم جهت تکمیل فرآیند پیرولیز 2 ساعت بود که طی این زمان به فاصله‌ی هر 15 دقیقه قوطی فلزی از کوره خارج شده و پس از مدت 1 دقیقه تکان دادن آرام، قوطی و مواد محتوی، دوباره به کوره منتقل می‌شد. هدف از این عمل رسانش بهتر دما به بخش‌های مختلف زیتوده موجود در قوطی و یکدست شدن بیوچار تولیدی بود. ویژگی‌های شیمیایی بیوچار در جدول 2 آمده است. بیوچار پوسته شلتوک برنج در سه سطح صفر (شاهد)، 2 و 4 درصد (وزنی/وزنی) و در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط و در گلدان‌های سه کیلوگرمی (به قطر 25 سانتی‌متر و ارتفاع 30 سانتی‌متر) ریخته شد (مجموعاً 9 گلدان). سپس در هر کدام از گلدان‌ها 6 بذر ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس 704 کاشته شد. پس از گذشت نیمی از دوره سه ماهه آزمایش، سه گیاه از هر گلدان که دارای رشد بهتری بودند نگه داشته شده و بقیه حذف شدند. به منظور برخورداری گیاه از عناصر غذایی، در هر گلدان 25 و 15 گرم کود NPK (N:P:K = 8:15:8 %) به ترتیب در یک روز قبل و چهل روز بعد از شروع آزمایش در مرحله رشد رویشی اضافه شد. این مطالعه به صورت گلخانه‌ای از آبان تا دیماه سال 1396 به مدت 3 ماه انجام شد که در این مدت گلدان‌ها به صورت هفتگی تحت آبیاری قرار می‌گرفتند. برخی پارامترهای رشد گیاه مانند، ارتفاع گیاه، تعداد برگ و طول برگ به صورت هفتگی اندازه‌گیری شدند.

بعد از پایان دوره 3 ماهه‌ی آزمایش، میزان گستردگی ریشه گیاه و ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله آب در دسترس خاک (AWC[1])، هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks) و توزیع اندازه منافذ (P) مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین مقادیر EC، درصد ماده آلی و سطح ویژه خاک نیز پس از پایان دوره اندازه‌گیری شد. بدین منظور اندازه‌گیری EC به روش گل اشباع و درصد ماده آلی به روش والکی بلک صورت گرفت. همچنین سطح ویژه خاک نیز با استفاده از اتیلن گلیکول مونواتیل اتر، که یک مولکول قطبی است و فقط یک لایه مولکولی روی سطح ذرات تشکیل می‌دهد، اندازه‌گیری شد (بورت، 2004).

برای محاسبه هدایت هیدرولیکی اشباع از روش بار افتان استفاده شد. بدین ترتیب که پس از پایان دوره آزمایش و پیش از خارج نمودن گیاه از گلدان، به کمک سیلندر فلزی با حجم $100\ cm^3$، از هر گلدان نمونه خاک

[1] Available Water Content

Archive of SID

www.SID.ir

سطحی از عمق 5 سانتی‌متری جمع‌آوری شد. آزمایش با 5 قرائت ارتفاع و ثبت زمان انجام گرفت. با استفاده از معادله دارسی مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع به دست آمد:

$$K_s = \frac{aL}{At} ln \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

که در آن، Ks هدایت هیدرولیکی اشباع ($m\ s^{-1}$)، a سطح مقطع لوله بورت (m^2)، A سطح مقطع سیلندر حاوی نمونه خاک (m^2)، t کل زمان برای پائین افتادن آب در بورت از h_1 به h_2 (s)، h_1 بار آبی در آغاز آزمایش (cm)، h_2 بار آبی در پایان آزمایش (cm).

توزیع اندازه منافذ خاک نیز به کمک منحنی رطوبت خاک برای تمامی تیمارها به دست آمد. برای این منظور با استفاده از دستگاه صفحه فشاری میزان رطوبت هر نمونه خاک در پتانسیل‌های (ψ) 1-، 10-، 32-، 63-، 100-، 158-، 330-، 5000- و 15000- سانتی‌متر به دست آمد. مقدار لگاریتمی pF ($\log|-\psi|$) این پتانسیل‌ها به ترتیب 0، 1، 1/5، 1/8، 2، 2/2، 2/5، 3/5 و 4/2 است. مطابق طبقه‌بندی آلمانی اندازه منافذ، ماکروپورها (µm 10>) در pF > 2/5، مزوپورها (µm 10- 0/2) درpF 2/4-5/2 و میکروپورها (µm 0/2>) در pF > 4/2 قابل ارزیابی هستند. مقدار آب در دسترس (AWC) نیز عبارت از اختلاف مقدار آب موجود بین رطوبت ظرفیت مزرعه (pF =1/8) و رطوبت نقطه پژمردگی (pF =4/2) است (ایکهارست و تیپکوتر، 2009).

بعد از پایان دوره‌ی رشد در دیماه 1396، تمام ریشه گیاه به کمک بیلچه و با دقت از عمق 25 سانتی-متری گلدان‌ها خارج شده و خاک و بیوچار موجود در اطراف آن کاملاً شسته شد. این نمونه‌ها برای ارزیابی‌های مربوط به ویژگی‌های ریشه مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت 0/01 گرم استفاده شد. برای این منظور ابتدا وزن تر ریشه‌ها به‌دست آمد. در گام بعدی نمونه‌ها با قرار گرفتن ریشه‌ها در درون آون با دمای 70 درجه سانتیگراد به مدت 48 ساعت خشک شده و وزن خشک ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی نیز مطابق با روش اندازه‌گیری وزن خشک ریشه عمل شد. برای اندازه‌گیری طول، سطح و قطر متوسط ریشه نمونه‌های ریشه ابتدا با قرار گرفتن در محلول متیل بنفش رنگ‌آمیزی و سپس توسط دستگاه دلتا-ت[1] اسکن شدند (تساکالدیمی و گاناتساس، 2006).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری 5 درصد انجام شد. به منظور رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

تغییر ویژگی های خاک

جهت بررسی اثر سطوح مختلف کاربرد بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی خاک داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت که نتایج آن در جدول 3 ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر سطوح مختلف کاربرد بیوچار بر جرم مخصوص ظاهری، توزیع اندازه منافذ خاک، آب در دسترس، هدایت هیدرولیکی اشباع، ماده آلی، سطح ویژه و هدایت الکتریکی در سطح 1 درصد معنی‌دار بوده است. همچنین مقادیر EC، درصد ماده آلی و سطح ویژه خاک نیز متأثر از کاربرد بیوچار اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد از خود نشان دادند. تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک

پس از پایان دوره رشد گیاه در شکل 1 آمده است. استفاده از بیوچار به‌طور معنی‌داری سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید ($p < 0/05$). نتایج نشان داد که میزان جرم مخصوص ظاهری در تیمار حاوی بیوچار 4% به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد است. بیوچار یک ماده سبک بوده و از چگالی کمتری نسبت به مواد معدنی خاک برخوردار است. کاهش جرم مخصوص خاک در اثر کاربرد بیوچار به دلیل اختلاط ذرات بیوچار با مواد خاکی و در نتیجه کاهش تراکم خاک در واحد حجم می‌باشد (سائونه، 1990؛ خلیل و همکاران، 1981). این موضوع در بسیاری از مطالعات اخیر نیز گزارش شده است (بارل و همکاران، 2016؛ هرات و همکاران، 2013؛ اویانگ و ژانگ، 2013؛ آبل و همکاران، 2013).

[1] Delta-T SCAN Image Analysis System

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک

بافت	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	Bd ($g.cm^{-3}$)	FC(%)	PWP (%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (%)
لومی	22	35	43	1/4	35	17	6/61	0/16	1/1

* Bd: جرم مخصوص ظاهری؛ FC: رطوبت وزنی ظرفیت مزرعه؛ PWP: رطوبت وزنی نقطه پژمردگی؛ pH: اسیدیته؛ EC: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع خاک

جدول 2- برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار مورد استفاده

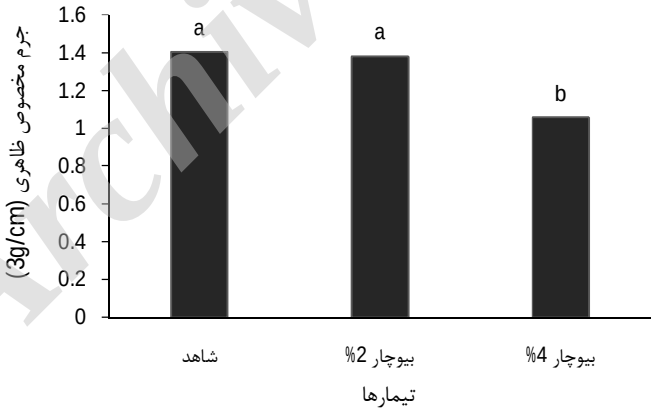
pH	EC ($dS.m^{-1}$)	میزان کربن (%)	نسبت مولی هیدروژن به کربن
8/53	0/41	44/3	0/58

* اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) در مخلوط بیوچار و آب مقطر (نسبت 1:10 وزنی/وزنی) اندازه‌گیری شده‌اند.

جدول 3- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای 1 و 3 درصد بیوچار بر ویژگی‌های مورد مطالعه در خاک پس از برداشت ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات نمایه‌های اندازه‌گیری شده						
		جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	توزیع اندازه منافذ (cm^3/cm^3)	آب در دسترس(cm^3/cm^3)	هدایت هیدرولیکی اشباع(cm/s)	ماده آلی (%)	سطح ویژه (m^2/g)	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)
نوع تیمار	2	0/153**	0/015**	0/0597**	72/65**	69/51**	65/04**	53/12**
خطای آزمایش	6	0/00022	0/00024	0/011	1/04	1/23	1/17	1/2

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و ns نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار است.



شکل 1- مقایسه میانگین اثر بیوچار بر جرم مخصوص خاک پس از پایان دوره رشد گیاه

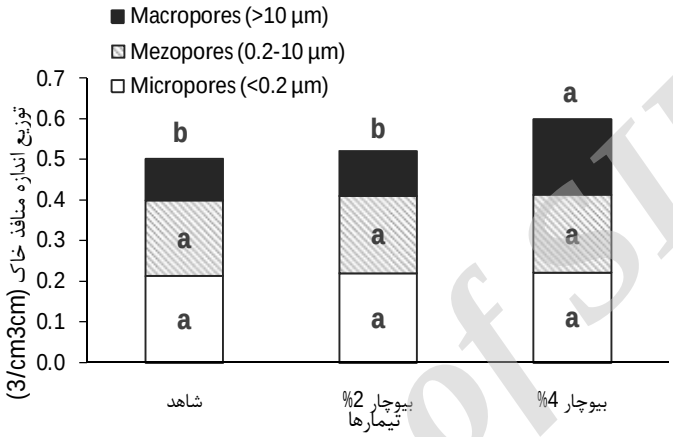
(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

نتایج نشان داد که تیمارهای حاوی بیوچار، به‌ویژه تیمار بیوچار 4% به طور معنی‌داری سبب افزایش منافذ درشت خاک شده است ($p < 0/05$)؛ اما بر منافذ متوسط و ریز تأثیر معنی‌داری نداشته است (شکل 2). همانطور که در شکل مشاهده می‌شود منافذ ریز در هر سه تیمار شاهد، بیوچار 2% و بیوچار 4% حروف آماری یکسانی گرفته‌اند. این موضوع در مورد منافذ متوسط نیز صدق می‌کند. اما در مورد منافذ درشت این حروف آماری یکسان نیستند و در تیمار بیوچار 4% اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر مشاهده می‌شود. منافذ درشت شامل حفره‌های بین خاکدانه‌ای می‌باشند و مسئولیت نفوذ، زه-کشی و هوارسانی خاک را بر عهده دارند. منافذ ریز شامل

Archive of SID

www.SID.ir

منافذ کاپیلاری بین خاکدانه‌ای می‌باشند که مسئولیت حفظ و نگهداری آب و مواد مغذی را عهده‌دار هستند (هیلل، 1998). تخلخل کل خاک‌های حاوی بیوچار نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است. نتایج نشان داد که توزیع اندازه منافذ در خاک‌های حاوی بیوچار نسبت به شاهد پس از اتمام دوره آزمایش تغییر یافته است. همانطور که پیش‌تر اشاره شد افزودن بیوچار سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری در خاک حاوی بیوچار نسبت به شاهد شده است. جرم مخصوص خاک دارای ارتباط معکوس با تخلخل کل می‌باشد. از این رو افزایش در مقدار تخلخل کل در تیمارهای حاوی بیوچار امری قابل انتظار است. مطابق با این پژوهش، هرات و همکاران (2013) نیز گزارش دادند که پس از افزودن بیوچار به خاک میزان منافذ درشت در خاک افزوده شده در حالی که منافذ متوسط و ریز تغییر معنی‌داری از خود نشان ندادند. هاردی و همکاران (2014) نیز بیان داشتند که تشکیل منافذ درشت در خاک‌های اصلاح شده با بیوچار سبب افزایش تخلخل کل مخلوط خاک- بیوچار می‌شود .



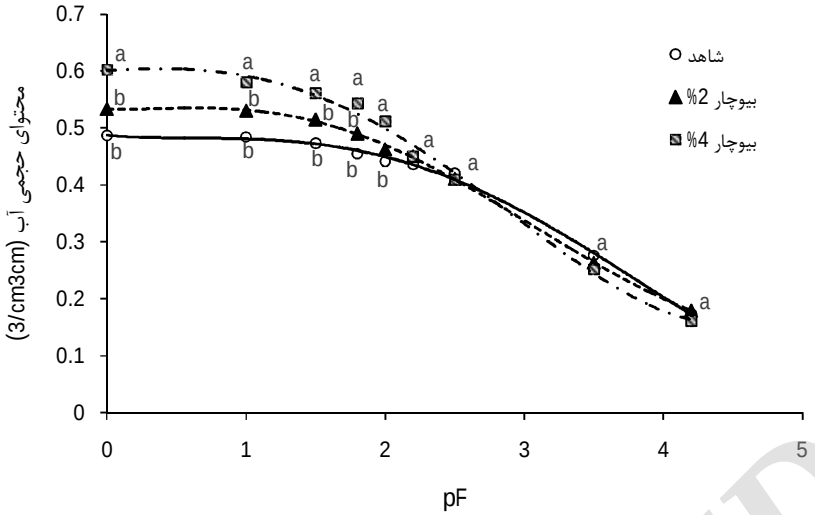
شکل 2- تغییرات توزیع اندازه منافذ خاک در اثر افزودن بیوچار به خاک

(حروف متفاوت برای هر گروه اندازه‌ای از حفرات خاک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

شکل 3 نشانگر منحنی رطوبتی خاک بعد از پایان دوره‌ی آزمایش می‌باشد. در این شکل، منحنی مربوط به بیوچار 4% به طور معنی‌داری بالاتر از دو منحنی بیوچار 2% و شاهد قرار گرفته است. این امر نشان می‌دهد که تیمار حاوی بیوچار 4% حجم آب بیشتری را در خود حفظ می‌کند. منحنی رطوبتی خاک حاوی بیوچار 4% با دو تیمار دیگر در محل pF= 2/5 با یکدیگر تلاقی می‌یابند. حجم آب موجود در خاک در مکش کم‌تر از 2/5 (pF< 2/5) در تیمارهای آزمایشی به صورت: بیوچار 4% > بیوچار 2% > شاهد است. این در حالی است که کاربرد بیوچار تأثیری بر حجم آب موجود در خاک در مکش بیش‌تر از 2/5 (pF> 2/5) در هیچ یک از تیمارهای آزمایشی نداشته است. تغییرات توزیع اندازه منافذ (شکل 2) نشان داد که بیوچار قادر به تغییر ساختمان خاک می‌باشد. ساختمان خاک عبارت از ساختار و نحوه آرایش ذرات خاک است (هیلل، 1998). این ویژگی بستگی به تخلخل کل خاک، شکل منافذ و آرایش ذرات دارد. ساختمان خاک بر روی حرکت آب و هوا در خاک، ویژگی‌های مکانیکی خاک، ظرفیت نگهداری آب، نفوذ ریشه، جوانه‌زنی بذر، رواناب و فرسایش تأثیرگذار خواهد بود. چندین ویژگی، تعیین‌کننده‌ی ویژگی نگهداری آب در خاک هستند. در مکش‌های کم، نگهداری آب شدیداً تحت تأثیر ویژگی‌های ساختمان خاک نظیر اندازه منافذ درشت و خاکدانه‌های خاک می‌باشد، در حالی که در مکش های زیاد تحت تأثیر منافذ ریز، بافت و سطح ویژه خاک است (هیلل، 1998؛ کوتیلک و همکاران، 2006). دگرگونی ساختمان خاک و افزایش حجم منافذ ریز در نتیجه‌ی به کار بردن بیوچار و از طریق افزایش محتوای آب در مکش‌های کم مشاهده شد. این یافته‌ها با نتایج متعددی همخوانی داشت (هرات و همکاران، 2013؛ اویانگ و همکاران، 2013).

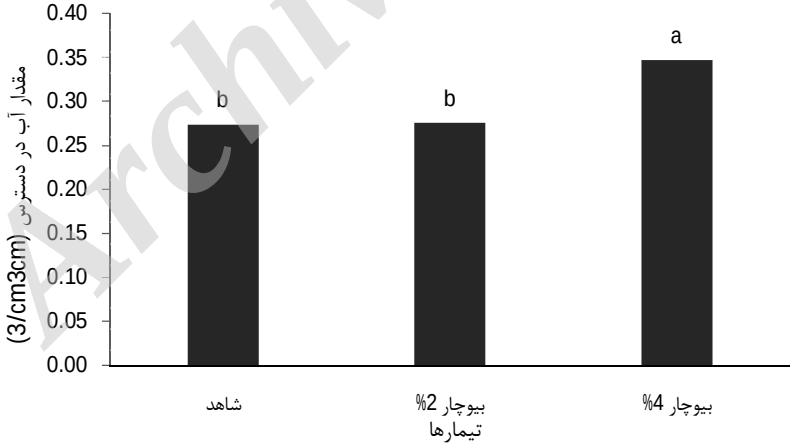
Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- اثر سطوح بیوچار بر منحنی رطوبتی در خاک‌های پس از پایان دوره‌ی آزمایش (pF معادل مقدار لگاریتمی فشار آب است ($pF = \log |-\psi|$))

شکل 4 مقایسه میانگین مقدار آب در دسترس متعاقب افزودن بیوچار به خاک را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که به کار بردن بیوچار در سطح کاربرد 4% سبب افزایش معنی‌دار میزان آب در دسترس خاک نسبت به تیمار شاهد می‌شود. در عین حال بیوچار 2% اختلاف معنی‌داری با شاهد از خود نشان نداد. در این بررسی، تشکیل خاکدانه‌های درشت که پدیدآورنده‌ی فضای کافی برای ذخیره آب در خاک هستند، ظاهراً سبب افزایش محتوای آب در دسترس در مخلوط خاک- بیوچار شده است (هرات و همکاران، 2013؛ لو و همکاران، 2014). دلیل دیگر افزایش محتوای آب در دسترس می‌تواند افزایش میزان کربن آلی و به طبع افزایش سطح ویژه در مخلوط خاک- بیوچار باشد. این امر نهایتاً به فراهمی مولکول‌های آب بیشتری در خاک خواهد انجامید (آبل و همکاران، 2013؛ گلاسر و همکاران، 2002).



شکل 4- تغییرات مقدار آب در دسترس در اثر افزودن بیوچار به خاک

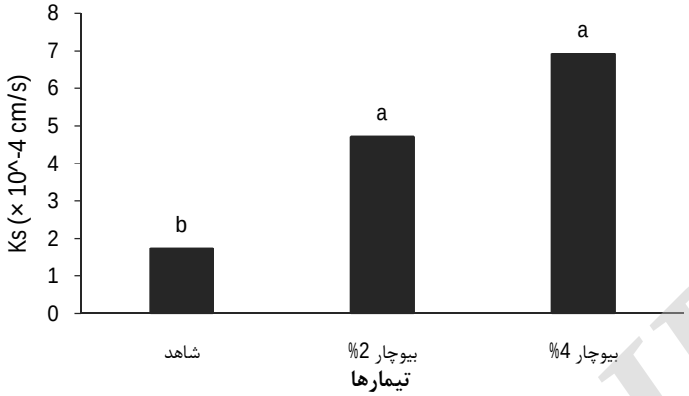
(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

همان‌طور که در شکل 5 نشان داده شده است، هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks) در خاک‌های حاوی بیوچار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. همچنین مقدار Ks با افزایش سطح مصرف بیوچار از 2 به 4% نیز افزایش یافته است. مقدار Ks برای تیمارهای شاهد، بیوچار 2% و بیوچار 4% به ترتیب برابر است با 1/7، 4/3 و 6/4 ($x^{-5}10$ cm.s $^{-1}$). مقدار Ks برای هر دو تیمار حاوی بیوچار به طور معنی‌داری زیادتر از تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد می‌باشد. با این حال بین تیمار بیوچار 2% و 4% اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. زیاد بودن حجم منافذ درشت و کم بودن جرم مخصوص کم خاک اصلاح شده با بیوچار می‌توانند عواملی باشند که افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع در این پژوهش را توجیه نمایند. محققان متعددی به نتایج مشابهی در این راستا دست یافتند (بارل و همکاران، 2016؛ هرات و همکاران، 2013؛ آسای و همکاران، 2009).



شکل 5- تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks) در اثر افزودن بیوچار به خاک

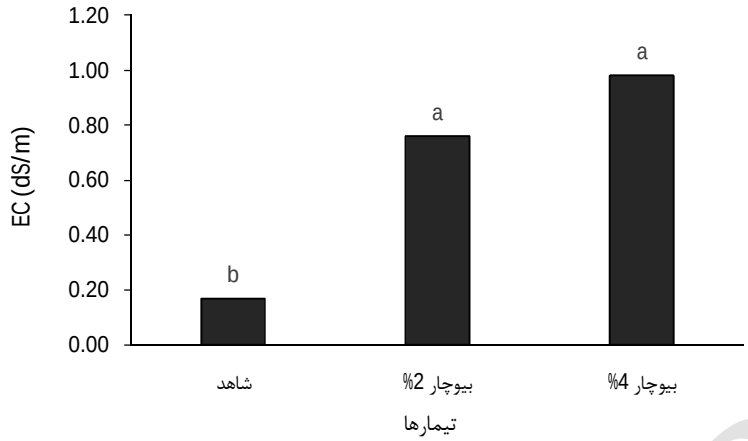
(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

همان‌طور که در شکل 6 نشان داده شده است، EC در خاک‌های حاوی بیوچار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. همچنین مقدار EC با افزایش سطح مصرف بیوچار از 2 به 4% نیز افزایش یافته است. مقدار EC برای تیمارهای شاهد، بیوچار 2% و بیوچار 4% به ترتیب برابر است با 0/17، 0/76 و 0/98 (dS/m). مقدار EC برای هر دو تیمار حاوی بیوچار به طور معنی‌داری زیادتر از تیمار شاهد می‌باشد. با این حال بین تیمار بیوچار 2% و 4% اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی تاثیر بیوچار بر افزایش میزان EC نسبت به شاهد به دلیل قابلیت بیوچار در جمع‌آوری مواد مغذی خاک به واسطه سطح ویژه‌ی زیاد آن است؛ که این امر به نوبه خود منجر به افزایش EC خاک نیز خواهد شد (دونگ و همکاران 2015). رضایی و همکاران (1397) گزارش دادند که کاربرد بیوچار سبب شور شدن خاک گردید (قابلیت هدایت الکتریکی بیشتر از 4 دسیزیمنس بر متر) که به دلیل بالاتر بودن قابلیت هدایت الکتریکی بیوچار نسبت به خاک می‌باشد. از طرفی چون بیوچار مورد استفاده حاوی سدیم نیز بوده است، افزودن آن به خاک سبب افزایش میزان سدیم نیز شده است اما این افزایش به اندازهی افزایش غلظت سدیم در خاک در اثر آبیاری با آب شور نبوده است. آنها همچنین بیان داشتند که درصد افزایش پتاسیم در لایه سطحی خاک در اثر استفاده از بیوچار به مراتب بیشتر از درصد افزایش آن تحت اثر شوری بوده است. لذا می‌توان از بیوچار به عنوان یک منبع عناصر غذایی در خاک‌هایی که از نظر مواد معدنی مانند پتاسیم و کلسیم فقیر هستند، استفاده کرد.

شکل 7 مقایسه میانگین درصد ماده آلی خاک متعاقب استفاده از بیوچار را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که به کار بردن بیوچار در سطح کاربرد 4% سبب افزایش معنی‌دار میزان درصد ماده آلی خاک نسبت به تیمار شاهد می‌شود. درصد ماده آلی در تیمارهای شاهد، بیوچار 1% و بیوچار 4، به ترتیب عبارتند از 1/11، 1/2 و 1/68. در عین حال بیوچار 2% اختلاف معنی‌داری با شاهد از خود نشان نداد. این خود نشان از تأثیر بیشتر بیوچار در سطح کاربرد بالا (3 %) نسبت به سطح کاربرد پائین (1 %) بر ماده آلی خاک دارد. سینگ و همکاران (2015) سطح ویژه زیاد مخلوط خاک-بیوچار با داشتن قابلیت جذب موادی شامل گازها و عناصر تغذیه‌ای درون خاک سبب بهبود در بهره‌وری زراعی خاک اصلاح شده با بیوچار می‌شود. نجفی قیری و همکاران (1397) نیز در پژوهشی دریافتند که کاربرد بقایای گیاهی و بیوچار آنها می‌تواند علاوه بر افزایش مقدار ماده آلی خاک، وضعیت پتاسیم خاک را بهبود بخشد. آنها بیان داشتند که کاربرد برگ آتریپلکس، برگ کنار و بقایای نی و بیوچار آنها تأثیر فوق‌العاده‌ای بر وضعیت پتاسیم خاک داشته و مقدار همه شکل‌های پتاسیم را افزایش می‌دهد. این افزایش بیشتر در مقدار پتاسیم محلول و تبادلی مشاهده شد.

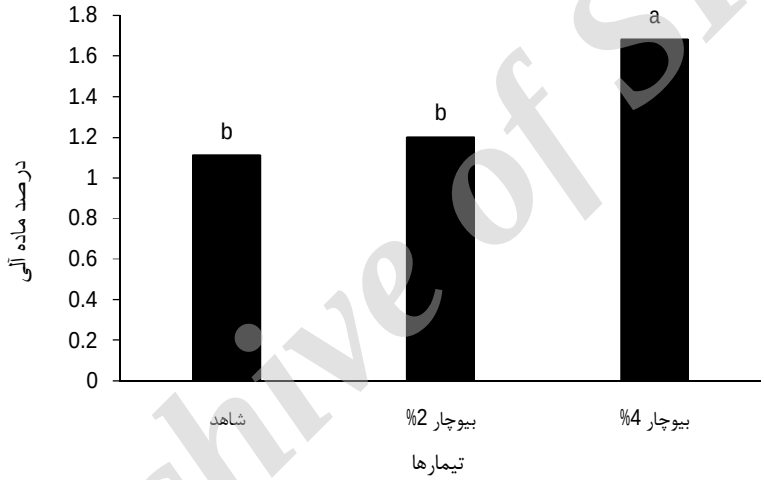
Archive of SID

www.SID.ir



شکل 6- تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در اثر افزودن بیوچار به خاک

(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)



شکل 7- تغییرات ماده آلی در اثر افزودن بیوچار به خاک

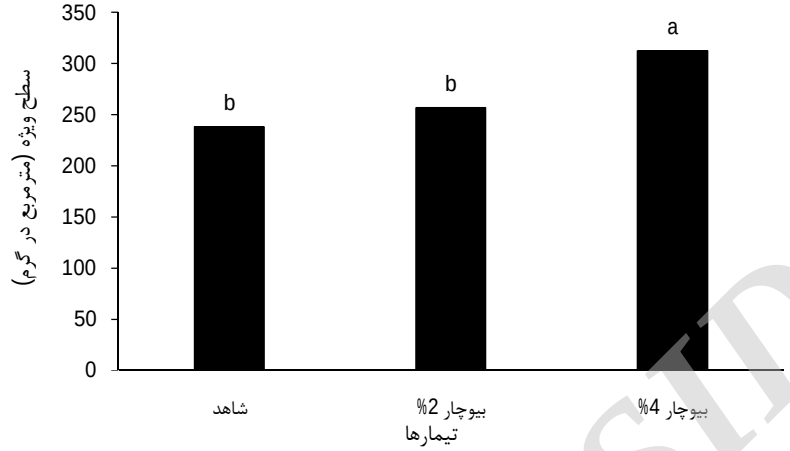
(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

شکل 8 مقایسه میانگین سطح ویژه خاک متعاقب استفاده از بیوچار را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که به کار بردن بیوچار در سطح کاربرد 4% سبب افزایش معنی‌دار سطح ویژه خاک نسبت به تیمار شاهد می‌شود. در عین حال سطح ویژه خاک در تیمار بیوچار 2% اختلاف معنی‌داری با شاهد از خود نشان نداد. به طور کلی افزایش در مقدار سطح ویژه خاک با زیاد شدن درصد کاربرد بیوچار می‌تواند به دلیل وجود منافذ ریز در بیوچار باشد. عبدل و عبدل (2017) در پژوهشی بیان داشتند که منافذ بسیار ریز بیوچار (nm 50 >) منجر به افزایش سطح ویژه کل خاک و در نتیجه بهبود وضعیت خاک خواهد شد. رستمیان و همکاران (1394) در پژوهشی به بررسی قدرت شورزدایی زغال زیستی تهیه شده از شلتوک برنج در دماهای 400، 600 و 800 درجه سانتیگراد پرداختند. نتایج نشان داد که دمای زیاد تأثیر مثبتی بر ساختار توسعه حفره ها و افزایش سطح ویژه دارد. در این بررسی جاذب RHB6 (بیوچار تولید شده در دمای 600 درجه سانتیگراد) با ظرفیت شوریزدایی 1/301 میلیگرم بر گرم از آب با شوری 25 دسیزیمنس بر متر مؤثرترین جاذب نسبت به دو جاذب دیگر بود. همچنین جاذب RHB6 بیشترین سطح ویژه و حجم حفره را در مقایسه با دو جاذب دیگر داشت. شیروانی و مسعودی (1396) نیز در پژوهشی مشابه گزارش دادند که با افزایش دمای گرماکافت، میزان ظرفیت جذب نیکل به وسیله بیوچار افزایش یافته و قدرت و تمایل جذب نیکل توسط بیوچار تهیه شده در دمای 600 درجه

Archive of SID

www.SID.ir

سانتیگراد بیشتر از سایر جاذب‌ها بود. آنها همچنین بیان داشتند که pH پارامتری تأثیرگذار در جذب نیکل از محلول‌های آبی بوده و با افزایش آن ظرفیت جذب نیکل به وسیله جاذب‌های مورد مطالعه افزایش می‌یابد. همچنین سرعت جذب نیکل نیز توسط زغال زیستی تهیه شده در دمای 600 درجه سانتیگراد بیشتر از سایر زغال‌ها بود.



شکل 8- تغییرات سطح ویژه خاک در اثر افزودن بیوچار به خاک

(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

عملکرد گیاه

جهت بررسی اثر سطوح مختلف کاربرد بیوچار بر ویژگی‌های رشدی گیاه داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت که نتایج آن در جدول 4 ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر سطوح مختلف کاربرد بیوچار بر ارتفاع اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی در سطح 1 درصد در آزمون دانکن معنی‌دار بوده است. این در حالی است که هیچکدام از ویژگی‌های مربوط به ریشه گیاه معنی‌دار نشده‌اند.

جدول 4- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای 1 و 3 درصد بیوچار بر ویژگی‌های رشدی گیاه پس از پایان دوره آزمایش

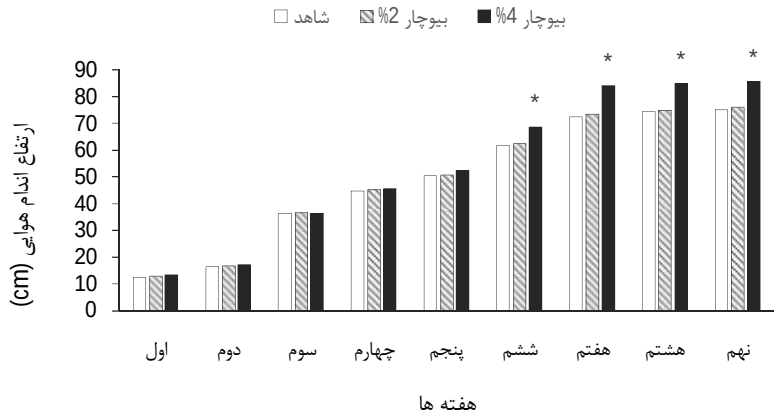
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده					
		ارتفاع اندام هوایی (cm)	وزن خشک اندام هوایی (g)	طول کل ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (g)	سطح ریشه (cm^2)	قطر ریشه (mm)
نوع تیمار	2	0/153**	0/015**	51/65ns	11/24ns	23/115ns	18/75ns
خطای آزمایش	6	0/00022	0/00024	0/011	1/04	1/68	1/23

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و ns نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار است.

تأثیر افزودن بیوچار به خاک بر ارتفاع اندام هوایی گیاه در شکل 9 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که به کار بردن بیوچار در سطح کاربرد 4% تأثیر معنی-داری ($p<0/05$) بر ارتفاع اندام هوایی گیاه از هفته ششم تا نهم داشته است. همچنین نتایج نشان داد که به کار بردن بیوچار 2 و 4% دارای اثر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد داشت (شکل 10). دونگ و همکاران (2015) نیز در پژوهشی جداگانه دریافتند که به کار بردن بیوچار سبب افزایش ارتفاع گیاه برنج و وزن خشک آن می‌شود. آنان بیان داشتند که اثرات مثبت بیوچار تا حد زیادی وابسته به قابلیت بیوچار در جمع‌آوری مواد مغذی خاک به واسطه سطح ویژه‌ی زیاد آن است؛ که این امر به نوبه خود منجر به افزایش EC خاک خواهد شد. مقدار EC نشان‌دهنده‌ی مقدار املاح موجود در خاک است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 9- تغییرات ارتفاع اندام هوایی گیاه پس از افزودن بیوچار به خاک

(علامت * نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد در آزمون دانکن بین تیمار بیوچار 4% با دو تیمار دیگر در هفته‌های 6-7-8-9 می‌باشد)

شکل 10- تغییرات وزن خشک اندام هوایی گیاه پس از افزودن بیوچار به خاک

(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5 درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد)

نتایج مربوط به ارزیابی ریشه گیاه بعد از پایان دوره آزمایش در جدول 4 آمده است. نتایج نشان داد که به کار بردن بیوچار در سطح 4% تأثیر مثبتی بر افزایش طول ریشه نسبت به شاهد داشته است، اما این تأثیر به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین افزودن بیوچار هیچ تأثیر معنی‌داری بر سطح ریشه، وزن خشک ریشه و قطر ریشه نیز نداشته است. نوگرا و همکاران (2010) در پژوهشی جداگانه دریافتند که استفاده از بیوچار تأثیری بر بیومس ریشه نخواهد داشت. آنان نیز هیچ تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه و میانگین قطر ریشه گزارش نکردند. احتمال می‌رود این امر به دلیل تأثیر برهمکنش مرحله رشد گیاه با بیوچار باشد. ربیی و همکاران (2014) در پژوهش خود عنوان داشتند که به کارگیری بیوچار در گیاه گندم در ابتدای مرحله رشد تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه ندارد. اما با فرا رسیدن مرحله گلدهی در گیاه افزایش معنی‌داری در وزن خشک ریشه مشاهده شد

جدول 5- مقایسه میانگین نمایه‌های رشد ریشه ذرت پس از پایان دوره آزمایش

تیمارها	طول کل ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (g)	سطح ریشه (cm^2)	قطر ریشه (mm)
شاهد	573± 19 a	0.79± 0.09 a	675±35 a	0.38± 0.01 a
بیوچار2%	661± 17 a	0.83± 0.09 a	680± 13.5 a	0.37± 0.01 a
بیوچار 4%	680± 22 a	0.92± 0.17 a	761± 15.7 a	0.36± 0.005 a

در مورد هر ویژگی، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزودن بیوچار سبب ایجاد تغییرات در برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، محتوای آب در دسترس خاک و همچنین هدایت هیدرولیکی اشباع می‌شود. همچنین افزایش سطح کاربرد بیوچار از 2 به 4 درصد اثرات مثبت به مراتب قوی‌تری را در خاک ایجاد نموده است. بهبود قابل ملاحظه ساختمان خاک و فراهمی آب در دسترس برای گیاه با کاربرد بیوچار پوسته شلتوک برنج نشان می‌دهد که می‌توان بیوچار را به عنوان یک اصلاح‌کننده مهم در مدیریت آب در خاک‌های با ساختمان نامطلوب مورد استفاده قرار داد. بدون شک بهبود ساختمان خاک و فراهمی آب قابل دسترس از جمله عوامل تأثیرگذار در بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان هستند. از اینرو می‌توان اذعان داشت که در این پژوهش بیوچار با اثر بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک به طور غیر مستقیم بر ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی گیاه نیز تأثیرگذار بوده است. انجام آزمایشات در مقیاس بزرگتر قطعاً به تصدیق یافته‌های این پژوهش کمک شایانی خواهند نمود. همچنین بررسی اثرات طولانی‌مدت بیوچار در خاک نیز ضروری است.

فهرست منابع:

1. رستمیان، ر.، م. حیدرپور، س.ف. موسوی، م. افیونی. 1394. بررسی کاربرد زغال زیستی تهیه شده از شلتوک برنج در شوری‌زدایی آب آبیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد 19، شماره 71، 30-21.
2. رضایی، ن.، ف. رزاقی، ع. سپاسخواه، س.ع.ا. موسوی. 1397. تأثیر بیوچار و شوری آب آبیاری بر خصوصیات شیمیایی خاک تحت کشت باقلا. مجله پژوهش‌های علوم خاک و آب، جلد 32، شماره 1، 13-24.
3. زلفی باوریانی، م.، ع. رونقی، ن. کریمیان، ر. قاسمی، ج. یثربی. 1395. اثر بیوچار تهیه شده از کود مرغی در دماهای متفاوت بر ویژگی‌های شیمیایی یک خاک آهکی. مجله علوم آب و خاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 20، شماره 75، 73-86.
4. زلفی باوریانی، م.، ع. رونقی، ن. کریمیان، ر. قاسمی، ج. یثربی. 1396. اثر بیوچار تهیه شده از کود مرغی بر فراهمی زیستی و بازیابی فسفر در یک خاک آهکی. مجله علوم آب و خاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 21، شماره 1، 23-35.
5. قربانی، م.، ح. اسدی، س. ابریشم‌کش. 1394. تأثیر بیوچار (زغال زیستی) پوسته شلتوک برنج بر آبشویی نیترات در یک خاک رسی. مجله پژوهش‌های علوم خاک و آب، جلد 29، شماره 4، 127-134.
6. گویلی، ا.، ع.ا. موسوی، ع.ا. کامکار حقیقی. 1396. اثر بیوچار کود گاوی بر ترکیب شیمیایی اسفناج رشد یافته در وضعیت‌های رطوبتی مختلف در یک خاک آهکی. مجله پژوهش‌های علوم خاک و آب، جلد 31، شماره 4، 525-544.
7. مسعودی، ف.، م. شیروانی. سینتیک و هم‌دمای جذب نیکل توسط زغال زیستی بقایای درخت خرما گرماکافت شده در دماهای مختلف. 1396. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد 21 شماره 4 صفحات 1-13.
8. نجفی قیری، م. 1394.تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگی‌های خاک وقابلیت جذب بعضی از عناصرغذایی در یک خاک آهکی مجله پژوهش‌های علوم خاک وآب، جلد 29، شماره 3، 351-358.
9. نجفی قیری، م.، ح. بوستانی، ع. محمودی. 1397. تأثیر بقایای سه گونه گیاهی و بیوچار آنها بر برخی ویژگی‌ها و وضعیت پتاسیم یک خاک آهکی. مجله پژوهش‌های علوم خاک و آب، جلد 32، شماره 1، 25-36.
10. Abdul, N.F., and N.S. Abdul.2017. The effect of biochar application on nutrient availability of soil planted with MR219. Journal of Microbial & Biochemical Technology, 9: (2) 512-519.

Archive of SID

www.SID.ir

11. Abel, S., A. Peters, S. Trinks,H. Schonsky, M. Facklam,G. Wessolek.2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. Geoderma,202:183–191.
12. Asai, H., B.K. Samson,H.M. Stephan, K. Songyikhangsuthor, K. Homma,Y. Kiyono, Y. Inoue,T. Shiraiwa, T. Horie. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crop Research, 111:81–84.
13. Brassard, P., G. Stephane, R. Vijaya. 2016. Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: Key parameters and mechanisms involved. Journal of Environmental Management. 181:484–497.
14. Burrell, L.D., F. Zehetner,N. Rampazzo,B. Wimmer,G. Soja. 2016. Long-term effects of biochar on soil physical properties. Geoderma, 282: 96-102.
15. Burt, R. 2004). Soil survey laboratory methods manual. Soil survey investigations report No. 42, Version 4. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.
16. Carvalho, M., B. Madari, L. Bastiaans, P.V. Oort,W. Leal, A. Heinemann. 2016. Properties of a clay soil from 1.5 to 3.5 years after biochar application and the impact on rice yield. Geoderma, 276: 7–18.
17. Dong, D., Q. Feng, K. McGrouther, M. Yang, H. Wang, W. Wu. 2015. Effects of biochar amendment on rice growth and nitrogen retention in a waterlogged paddy field. Journal of Soils and Sediments, 15:153–162.
18. Eickhorst, T., and R. Tippkotter. 2009. Management-induced structural dynamics in paddy soils of southeast China simulated in microcosms. Soil and Tillage Research, 102:168–178.
19. Głąb, T., J. Palmowska,T.Zaleski. 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. Geoderma, 281: 11-20.
20. Hardie, M., B. Clothier, S. Bound, G. Oliver, D. Close. 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? Plant and Soil, 376: 347–361.
21. Herath, H., M. Camps-Arbestain, M. Hedley. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an alfisols and an andisols. Geoderma, 210: 188–197.
22. Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego.
23. Jin, J., M. Wang, Y. Cao, S. Wu, P. Liang, Y. Li, J. Zhang, J. Zhang, M.H. Wong, S. Shan, P. Christie. 2017. Cumulative effects of bamboo sawdust addition on pyrolysis of sewage sludge: Biochar properties and environmental risk from metals. Bioresource Technology, 228: 218-226.
24. Khaleel, R., K.R. Reddy,M.R. Overcash.1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. Journal of Environmental Quality, 10:133–141.
25. Kutilek, M., L. Jendele, K.P. Panayiotopoulos. 2006. The influence of uniaxial compression upon pore size distribution in bi-modal soils. Soil and Tillage Research, 86:27–37.
26. Laird, D.A., P. Fleming,D.D. Davis,R. Horton,B.Q. Wang,D.L. Karlen. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil. Geoderma, 158: 443-449.
27. Laxman Rao, P., G. Jayasree, G. Pratibha,T. Ram Prakash. 2017. Effect of soil amendments on physical properties of soil in maize (zea mays L.). Current Microbiology, 6(6): 2082-2091.
28. Lehmann, J., and S. Joseph. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan Publications Ltd. ISBN 978-1-84407-658-1.

Archive of SID

www.SID.ir

29. Li, J.H., G.H. Lv,W.B. Bai,Q. Liu,Y.C. Zhang,J.Q. Song. 2016. Modification and use of biochar from wheat straw (triticum aestivum L.) for nitrate and phosphate removal from water. Desalination and Water Treatment, 57(10): 4681-4693.
30. Lu, G.Y., K. Ikeya, A. Watanabe. 2016. Size distribution of carbon layer planes in biochar from different plant type of feedstock with different heating temperatures. Chemosphere, 163: 252-258.
31. Ma,N., I. Zhang, Y. Zhang, L. Yang,C. Yu,G. Yin, T.A. Doane, Z. Wu, P. Zho, X. Ma. 2016. Biochar improves soil aggregate stability and water availability in a mollisol after three years of field application. Public Library of Science, 11(5): 113-118.
32. Mukherjee, A., R. Hamdan,W.T. Cooper,A.R.A. Zimmerman. 2013. Chemical comparison of freshly-produced and field-aged biochars and biochar-amended soils. Chemosphere, 6: 731-760.
33. Naisse, C., C. Girardin, R. Lefevre. 2015. Effect of physical weathering on the carbon sequestration potential of biochars and hydrochars in soil. GCB Bioenergy, 7: 488–496.
34. Noguera, D., M. Rondon,K.R. Laossi,V. Hoyos, P. Lavelle, M.H. Cruz de Carvalho, S. Barot. 2010. Contrasted effect of biochar and earthworms on rice growth and resource allocation in different soils. Soil Biology and Biochemistry, 42: 1017–1027.
35. Ouyang, L., and R. Zhang. 2013. Effects of biochars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulics properties. Journal of Soils Sediments, 13: 1561-1572.
36. Pietikäinen, J., O. Kiikkilä,H. Fritze. 2000. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. Oikos, 89: 231-242.
37. Reibe, K., K.P. Götz, T.F. Döring, C.L. Rob, F. Ellmer. 2015. Impact of hydro-/biochars on root morphology of spring wheat. Archive of Agronomy and Soil Science, 61(8):1041-1054.
38. Singh, B.P., Y. Fang,M. Boersma,D. Collins,L. Van Zwieten, L.M. Macdonald. 2015. In situ persistence and migration of biochar carbon and its impact on native carbon emission in contrasting soils under managed temperate pastures. Public Library of Science, 10(10): e0141560.
39. Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. Soil and Tillage Research, 16(1–2): 179–201.
40. Tsakaldimi, M.N., and P.P. Ganatsas. 2006. Effect of chemical root pruning on stem growth, root morphology and field performance of the mediterranean pine pinus halepensis. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 109: 183-189.
41. Weng, Z.H., L. Van Zwieten,B.P. Singh,S. Kimber,S. Morris,A. Cowie. 2015. Plant-biochar interactions drive the negative priming of soil organic carbon in an annual ryegrass field system. Soil Biology and Biochemistry, 90: 111-121.
42. Xu, G., H.B. Shao,J.N. Sun. 2013. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: direct or indirect mechanism. Ecological Engineering, 52: 119–124.
43. Yoo, G.Y., H.J. Kim,J.J. Chen,Y.S. Kim. 2014. Effects of biochar addition on nitrogen leaching and soil structure following fertilizer application to rice paddy soil. Soil Science Society of America Journal, 78: 852-860.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Rice Husk Biochar on Some Physical Characteristics of Soil and Corn Growth in a Loamy Soil

M. Ghorbani[1], and E. Amirahmadi

MSc. Soil Science, Department of Soil Science, University of Guilan, Rasht, Iran; E-mail: m.ghorbani.7091@gmail.com

PhD Candidate, Forestry & Forest Ecology, Sari University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Sari, Iran; E-mail: amirahmadielnaz@gmail.com

Received: December, 2017 and Accepted: August, 2018

Abstract

In the last decade, the use of biochar as a soil amendment has been of interest to researchers. Many researchers have conducted studies on the effects of biochar on soil physical and chemical properties. The purpose of this study was to investigate the effect of rice husk biochar on some physical characteristics of soil and corn growth. For this purpose, experimental pots with three replicates were filled with a mixture of loamy soil and three levels of biochar: zero (control), 2% and 4 % (wt). The pots were planted to seed corn cv. Single Cross 704 and studied for three months. Rice husk biochar was produced at a temperature of 500 ℃ during the pyrolysis process in an electrical furnace. The physical properties of soils were measured after plant growth period. Data collection on plant height was done weekly. Root expansion was also evaluated at the end of the growth period. The results showed that biochar application improved soil physical properties by decreasing soil bulk density, increasing saturated hydraulic conductivity, increasing porosity, and increasing the amount of available water in soil. The height of the plant in the ninth week of growth period was 85 cm in the soil containing 4% biochar, significantly higher than 75 cm in the control soil. The shoot dry weight in 2% and 4% biochar was 154.7 and 156.8 g, respectively, which was significantly higher than the control (148.8 g). No significant effect was observed in root surface, root dry weight, root diameter and root length. In general, it can be concluded that the addition of biochar causes changes in some physical properties of the soil such as bulk density, porosity, water content of the soil as well as saturated hydraulic conductivity. Also, the results showed that increasing the level of biochar application from 2% to 4% would have more potentially positive effects in the soil. Performing larger-scale experiments will definitely help to confirm the findings of this study. It is also necessary to investigate the effects of long-term biochar in soil.

Keywords: Soil amendment, Porosity, Bulk density, Available water content, Saturated hydraulic conductivity

[1] Corresponding author: Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran, Postal Code: 13769-41996.

Archive of SID

www.SID.ir