Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

ارزیابی تأثیر بیوچار اصلاح شده و زئولیت بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لوم

یزدان خدارحمی[۱]، سعید برومند نسب[۲]، امیر سلطانی محمدی[۳*] و عبدعلی ناصری[۴]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲) استاد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳) دانشیار، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

*. نویسنده مسئول: A.soltani@scu.ac.ir

۴) استاد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵

چکیده

اگرچه استفاده از کود در خاک‌های فقیر جهت افزایش حاصلخیزی خاک و رشد بهینه گیاهان امری ضروری است، اما در سال‌های اخیر استفاده از کودهای شیمیایی باعث آسیب‌های زیست‌محیطی فراوانی شده است، بدین منظور تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوچار اصلاح شده باگاس نیشکر و زئولیت پتاسیمی به عنوان کودهای طبیعی و سازگار با محیط‌زیست، بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به مدت سه ماه در سال ۱۳۹۷ در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. سطوح استفاده از بیوچار و زئولیت شامل سه سطح ۰، ۲ و ۵ گرم در هر کیلوگرم خاک (۰، ۰/۲و ۰/۵ درصد وزنی) بود. نتایج نشان داد که اثر سطوح دو و پنج گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک در سطح احتمال ۵ درصد بر تخلخل کل، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، کربن آلی، فسفر قابل جذب، ازت کل، هدایت الکتریکی، جرم مخصوص ظاهری و اسیدیته خاک معنی‌دار بود. همچنین کم‌ترین و بیش‌ترین تأثیر بیوچار به ترتیب بر پارامترهای اسیدیته خاک (۰/۲۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) و هدایت الکترکی (۲۸درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) مشاهده گردید. سطح دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک نیز سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، اسیدیته و هدایت الکتریکی شد. کم‌ترین و بیش‌ترین تأثیر این تیمار به ترتیب بر پارامترهای اسیدیته (۰/۲۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) و هدایت الکتریکی (۳۴ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) بود. همچنین این تیمار تأثیر معنی‌دار بر جرم مخصوص حقیقی، میزان کربن آلی، فسفر قابل جذب و ازت کل خاک نداشت. به‌طور کلی نتایج بیان‌گر برتری تیمار بیوچار نسبت به تیمار زئولیت بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با بافت لوم می‌باشد.

کلید واژه‌ها: بیوچار اصلاح شده؛ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک؛ زئولیت پتاسیمی؛ ماده آلی

مقدمه

عناصر مورد نیاز رشد و تکثیر گیاهان عمدتاً از طریق خاک و همچنین کود در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. کاربرد کودهای شیمیایی در کشور به‌عنوان سریع‌ترین راه جبران کمبود مواد غذایی خاک و تولید بیش‌تر، منجر به استفاده مکرر از آن و ایجاد خسارت جبران‌ناپذیری به محیط زیست شده است (اسدی و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از روش‌های مناسب در جهت کاهش آلودگی محیط زیست و بهبود خاک، استفاده از مواد آلی است. در میان این مواد، بیوچار ماده‌ای با تخلخل بالا است، که گروه‌های عاملی فراوانی داشته و طبق نتایج تحقیقات در جذب سطحی

www.SID.ir

Archive of SID

فلزات سنگین به‌ویژه در محیط‌های آبی بسیار مؤثر است (Sohi *et al*., 2009). بیوچار ترکیبی است پایدار از کربن که باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می‌شود. نتایج یک تحقیق در سال ۲۰۱۷ نشان داد که بیوچار باعث بهبود مواد غذایی خاک، حفظ آب در خاک و اصلاح ساختاری خاک می‌گردد (Tammeorg *et al*., 2017). علاوه بر این، باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی ماکرو[1] و نیز ظرفیت بالای نگهداشت آب و به دنبال آن بهبود رشد گیاه می‌گردد (Glaser *et al*., 2002). نتایج تحقیقی در سال ۲۰۱۰، نشان داد که کاربرد بیوچار تولید شده از چوب در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد موجب بهبود رشد گیاه در خاک‌های آلوده گردیده است (Namgay *et al*., 2010). در تحقیق دیگری نیز گزارش شده است که استفاده از بیوچار می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را به میزان ۳۶ درصد کاهش دهد (borchard *et al*., 2019). همچنین پژوهشگران متعددی گزارش کرده‌اند که کاربرد بیوچار با توجه به ظرفیت تبادل و سطح ویژه بالای آن و حضور کربوکسیل[2]، فنولیک[3]، هیدروکسیل[4] و دیگر گروه‌های عاملی شامل اکسیژن‌های سطحی، قادر است آلودگی حاصل از آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین را کاهش داده، موجب تثبیت فلزات سنگین و بهبود وضعیت گیاه و خاک از لحاظ آلودگی به این آلاینده‌ها شوند (Yu *et al*., 2009 ;Lehman and Joseph, 2009). بطوریکه برخی از محققان برای بهبود وضعیت خاک، بیوچار را به‌عنوان یک ماده اصلاح کننده به صورت جدا یا مخلوط با عناصر مغذی دیگر که توانایی مقابله با عناصر سمی خاک را دارند ، پیشنهاد کردند (*Bielska et al*., 2018; Conti *et al*., 2017). در تحقیقی در سال ۲۰۱۶ به بررسی اثر بیوچار چوب بلال ذرت در یک خاک کشاورزی تحت کشت سویا و ذرت پرداخته شد، نتایج نشان دادند که کاربرد بیوچار برای ذرت و سویا به ترتیب باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها به میزان هفت الی نه درصد و ۱۷ الی ۲۰ درصد شد. همچنین برای هر دو محصول کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک به میزان سه- پنج درصد، افزایش تخلخل کل و نگهداشت آب به میزان دو و سه درصد از دیگر نتایج این تحقیق بود (Obia *et al*., 2016). همچنین نتایج تحقیق دیگری در سال ۲۰۱۵ نشان داد که بیوچار حاصل از چوب درخت سبب تأثیر معنی‌دار بر جرم مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک نداشت و تنها باعث ظرفیت نگهداری آب در خاک در پتانسیل‌های نزدیک به نقطه اشباع گردید (Fang *et al*., 2015). در تحقیقی نیز در سال ۲۰۱۴ اثر بیوچار تولید شده از پوسته شلتوک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که بیوچار باعث کاهش ۱۲ درصدی در جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش شش درصدی در تخلخل کل، افزایش ۳۵ میلی‌متر در قطر خاکدانه‌ها و ۷۰ درصدی در آب قابل دسترس شد (Hesu *et al*., 2014). در تحقیق دیگری در سال ۲۰۱۳ اثر بیوچار تولید شده از علف ستاره در سطوح یک، سه، پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک بر خصوصیا ت خاک بررسی شد، نتایج نشان داد که بیوچار تولیدی دارای ترکیبات کربن پایدار می‌باشند. کاربرد بیوچار گیاه علف ستاره در سطوح مختلف باعث افزایش هدایت الکتریکی، اسیدیته و فعالیت میکروبی خاک گردید (Kumar *et al*., 2013). از موارد دیگری که برای بهبود و اصلاح خاک استفاده می‌شود، افزودن مواد اصلاحی به خاک است (Shfiei *et al*., 2010). از جمله این مواد اصلاحی می‌توان به ماده معدنی زئولیت اشاره کرد. زئولیت‌ها عمدتا از آلومینوسیلیکات‌ها تشکیل شده‌اند و جهت افزایش کارایی کودها استفاده می‌شوند (Tsintskaladze et al., 2016). طبیعت متخلخل این کانی باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن می‌شود (Goncalves *et*

1. Macro
2. Carboxyl
3. Phenolic
4. Hydroxyl

www.SID.ir

Archive of SID

al., 2007). زئولیت‌ها دارای عناصری مانند پتاسیم، کلسیم سدیم، آلومینیوم، منیزیم، مس، سیلیسیم، فسفر و ... هستند و در کشاورزی به‌عنوان حاصل‌خیز کننده و افزاینده رطوبت خاک و کاهش‌دهنده آبشویی نیترات استفاده می‌شوند (کاظمیان، ۱۳۸۷). در یک تحقیق در سال ۲۰۱۸ گزارش شد که کاربرد زئولیت به میزان ۱۵ تن در هکتار سبب افزایش کارایی مصرف آب و همچنین افزایش کیفیت برنج می‌شود (Zheng *et al*., 2018). کلینوپتیلولیت‌هااز مهم‌ترین زئولیت‌های طبیعی هستند که با توجه به وفور آن در کشور، مقرون به صرفه بوده (Abedi Koupai *et al*., 2010) و به علت ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و نیز توانایی که برای نگه‌داری آب و صرفه جویی آن دارد به عنوان اصلاح کننده خاک مناسب می‌باشند (Zaghloul *et al*., 2016). گرچه تا کنون تحقیقاتی محدودی در رابطه با اثر بیوچار و زئولیت بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک صورت گرفته است، اما تا کنون اثر و مقایسه همزمان بیوچار از گروه مواد آلی و زئولیت از گروه مواد معدنی در داخل کشور صورت نگرفته است. بنابراین هدف این تحقیق بررسی اثر و مقایسه همزمان این دو ماده (بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت) بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لومی در مقیاس آزمایشگاهی می‌باشد

مواد روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقات آب و خاک و کیفیت آب دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز با هدف بررسی تأثیر بیوچار اصلاح شده و زئولیت بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تابستان سال ۱۳۹۷ به مدت سه ماه انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش شامل دو تیمار مختلف از بیوچار اصلاح شده و زئولیت، هر کدام در سه سطح مختلف صفر، دو و پنج گرم در هر کیلو گرم خاک (۰، ۰/۲ و ۰/۵ درصد وزنی) و شامل چهار تکرار بود. نمونه بدون بیوچار و زئولیت به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌ی خاک از عمق ۲۵-۰ سانتی متری برداشت و پس از خشک شدن در هوا از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. قبل از انجام آزمایش‌های مربوطه، برخی از خصوصیات نمونه خاک با استفاده از روش‌های مرسوم مورد مطالعه قرار گرفت.

تهیه بیوچار باگاس نیشکر

نحوه تولید بیوچار بدین صورت بود که باگاس نیشکر پس از تهیه، چندین مرتبه با آب شسته و در هوای آزاد خشک گردید. پس از آسیاب شدن در ظروف درپوش دار مخصوص ریخته شد و در کوره به مدت چهار ساعت با نرخ ۲۰ درجه سلسیوس بر دقیقه قرار گرفت، سپس کوره در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس بر دقیقه تنظیم گردید و باگاس نیشکر در این دما به بیوچار تبدیل شد (دیوبند هفشجانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Yuan *et al*., 2011).

اصلاح سازی بیوچار باگاس نیشکر

نحوه اصلاح‌سازی بیوچار باگاس نیشکر بدین گونه بود که ۳۰۰ گرم از بیوچار به ۱۸۰ میلی‌لیتر اپی کلروهیدرین و ۱۵۰ میلی‌لیتر دی متیل فرومامید اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از آن، ۶۰ میلی‌لیتر اتیلن دی آمین به ترکیب اضافه گردید و به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس ۱۵۰ میلی‌لیتر تری میتل آمین۴۰ درصد به سوسپانسیون اضافه شد و به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. در نهایت برای پاک کردن بقایای مواد شیمیایی از سطح بیوچار، چندین مرتبه با آب دیونیزه شسته شد و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید (Xu *et al*., 2012).

آماده‌سازی ستون‌های خاک

ستون‌های مورد استفاده در این پژوهش، لوله‌های پلیکا به قطر ۱۰/۵ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر بودند. به منظور جلوگیری از خروج خاک، انتهای استوانه‌ها توسط کاغذ صافی و توری پلاستیکی، مفتول سیمی و درپوش پلاستیکی که روی آن سوراخ‌هایی تعبیه شده و مسدود

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. سپس قیف‌هایی برای سهولت خروج زهاب به انتهای ستون‌های خاک وصل گردید. برای زهکشی آزاد خاک، پنج سانتی‌متر اول ستون‌ها با شن به قطر پنج تا ۱۰ میلی‌متر پر و به منظور کاهش جریان ترجیحی، قبل از ریختن خاک در ستون‌ها، دیواره آن‌ها به وسیله گریس چرب گردید. با توجه به جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه (۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و حجم ستون خاک (۳۲۴۱ سانتی متر مکعب می‌باشد)، مقدار ۴۷۹۷ گرم خاک برای پر کردن هر ستون تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری لازم بود. میزان زئولیت و بیوچار باگاس نیشکر برای هر ستون محاسبه و با خاک مخلوط شد. برای جلوگیری از فشردگی خاک هنگام پر کردن ستون‌ها، به ستون خاک به‌طور منظم ضرباتی زده شد تا یکنواختی قرار گیری ذرات خاک در ستون حفظ شود. ستون‌های خاک روی شبکه فلزی با پایه‌های ۱۲۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. آبیاری ستون‌ها به وسیله آب شهری که مشخصات شیمیایی آن در جدول (۲) آمده است، انجام شد. همچنین برای سهولت در اعمال آبیاری، سرم‌هایی در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری، آویخته به میله‌های فلزی که بر روی شاسی تعبیه شده بود، بر روی ستون‌ها قرار گرفتند (استفاده از سرم قابلیت تعیین زمان آبیاری و اعمال میزان آبیاری به‌طور دقیق را فراهم کرد). ستون‌های خاک به مدت ۱۵ هفته و با دور ثابت هفت روز آبیاری شدند. تعیین زمان آبیاری نیز به روش وزنی انجام شد؛ بدین صورت که یک ستون مجزا (ابعاد دقیقا مطابق لوله‌های آزمایش) با خاک شاهد پر گردید و با داشتن اطلاعات خاک از قبیل رطوبت ظرفیت زراعی موجود و رطوبت نقطه پژمردگی دائم و با خارج شدن رطوبت سهل الوصول (MAD=٪۵۰) اقدام به آبیاری گردید. پس از پایان این دوره ویژگی‌هایی از خاک از قبیل کربن آلی از روش والکلی بلک، فسفر قابل جذب از روش اولسن، ازت کل (N) از روش کجدال، هدایت الکتریکی از روش EC سنج، اسیدیته از طریق pH سنج، جرم مخصوص حقیقی (ρ_a) از روش پیکنومتر، جرم مخصوص ظاهری (ρ_b) از روش نمونه برداری با رینگ استاندارد، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی از روش دستگاه صفحات فشاری و تخلخل (n)، اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. جدول‌های (۱)، (۲)، (۳)، (۴) و (۵) به ترتیب برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده، ترکیبات زئولیت پتاسیمی و برخی از خصوصیات بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت مورد استفاده در تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات خاک مورد استفاده در پژوهش

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
بافت خاک (بدون واحد)	لوم	تخلخل (درصد)	۴۳
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۲/۴۳	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۳/۸۷
اسیدیته (بدون واحد)	۷/۷۷	کربن آلی (درصد)	۰/۶۱
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۴۸	ازت کل (درصد)	۰/۰۵۶

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در تحقیق

کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	سولفات	کربنات	بی کربنات	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	SAR
(میلی اکی والان بر لیتر)								
۹/۷۹	۶/۸۵	۵/۱۲	۱۰	۶/۱	۷/۲	۰	۲/۲	۴/۶۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. ترکیبات زئولیت پتاسیمی مورد استفاده (Kent *et al*., 2009)

پتا اکسید دی فسفر	منیزیم اکسید	تیتانیوم اکسید	پتاسیم اکسید	سدیم اکسید	کلسیم اکسید	دی‌فرو تری اکسید	دی آلومینیوم تری اکسید	سیلیسیم اکسید
درصد								
۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۱۵۳	۳/۴۳	۳/۱۰	۱/۱۲	۰/۹۱	۶/۶۷	۷۰/۲۵
کروم	نیکل	سرب	روی	مس	استرانسیوم	باریوم	کلر	گوگرد
(قسمت در میلیون)								
۶	۵	۲۷	۲	۵۶	۶۶۶	۱۱۵۸	۲۰۴۹	۰/۶۰۰

جدول۴. برخی از خصوصیات بیوچار باگاس نیشکر مورد استفاده

پارامتر	کربن	نیتروژن	هیدروژن	اسیدیته(بدون واحد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
	درصد				
مقدار	۶۴/۴۵	۰/۵۳	۴/۸۸	۴/۸۳	۳/۸۸

جدول۵. برخی از خصوصیات زئولیت مورد استفاده

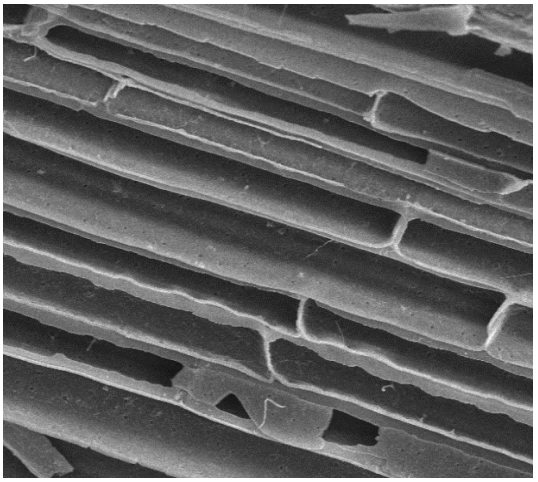
پارامتر	کربن	نیتروژن	هیدروژن	اسیدیته(بدون واحد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
	درصد				
مقدار	۰/۲۷۳	۰/۰۰۴	۱/۲۷	۷/۷۶	۴/۷۵

نتایج و بحث

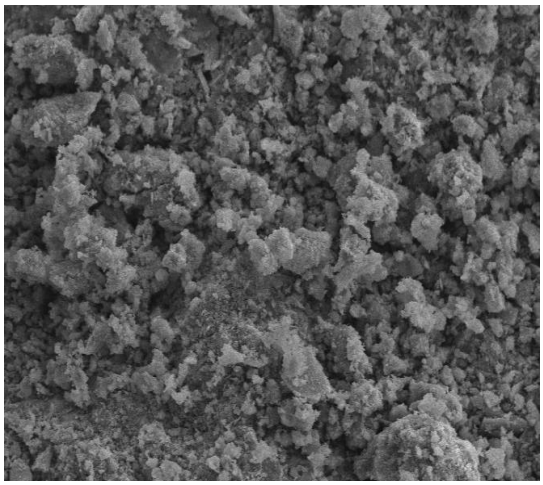
شکل (۱) و (۲) به ترتیب ساختار ظاهری بیوچار اصلاح شده و زئولیت مورد استفاده به روش تصویر برداری میکروسکوپ الکترونی روبشی را در بزرگنمای ۵۰۰ نشان می‌دهد. عملکرد بیوچار به عنوان یک منبع غنی از کربن به شدت تحت خصوصیات منحصر به فرد آن از قبیل سطح ویژه، حجم خلل و فرج و گروه‌های عاملی آن می‌باشد (Chintala *et al*., 2013). سطح بیوچار نسبت به باگاس دارای خلل و فرج درشت که به‌صورت حفره‌های لانه زنبوری است می‌باشد. این شبکه لانه زنبوری در واقع بیانگر اسکلت کربن در ساختار بیوچار است (Ghani *et al*., 2013). بخشی از ساختار زئولیت، کانال‌های موجود در آن است. طبق تعریف زئولیت‌ها، این مواد دارای حفره‌های ریز در حد ابعاد مولکولی هستند. این حفره‌ها توسط توسط کانال‌هایی به یکدیگر مرتبط می‌شوند که نوع کانال‌ها بر خواص فیزیکی و شیمیایی زئولیت‌ها تأثیرگذار می‌باشند (Breck, 1974).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. تصویر بیوچار اصلاح شده (بزرگنمایی ۵۰۰)



شکل ۲. تصویر زئولیت پتاسیمی (بزرگنمایی ۵۰۰)

تأثیر تیمارهای مورد استفاده بر خصوصیات فیزیکی خاک

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد سطوح مختلف بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت بر جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل کل، رطوبت حجمی نقطه ظرفیت زراعی و رطوبت حجمی نقطه پژمردگی به ترتیب در جدول‌های (۶) و (۷) ارائه گردیده است. مطابق جدول تجزیه واریاس (جدول ۶) مشاهده می‌شود که تاثیر کاربرد تیمارهای مورد استفاده در تحقیق (بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت) بر جرم مخصوص ظاهری خاک در سطح احتمال پنج درصد نسبت به شاهد معنی‌دار بود، با این تفاوت که تیمار بیوچار باعث کاهش و تیمار زئولیت سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری در خاک شدند. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول۷) نشان داد که افزودن بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت به خاک در تمام سطوح مورد استفاده، موجب تفاوت معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک گردید، به طوری که تیمارهای دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک به ترتیب باعث ۳/۳۳ و ۶ درصد کاهش و تیمارهای دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک به ترتیب باعث ۲ و ۴ درصد افزایش معنی دار جرم مخصوص ظاهری خاک گردید. کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در حضور بیوچار باگاس نیشکر به دو دلیل می‌تواند رخ دهد، یکی مخلوط شدن خاک با ماده‌ای با جرم مخصوص کم‌تر و دیگری ناشی از تأثیر افزایش ماده آلی خاک در اثر کاربرد بیوچار است. ماده آلی باعث بهبود ساختمان خاک، شکل‌گیری خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها می‌گردد و از این طریق جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. Abel و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که عامل اصلی کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر مصرف بیوچار، شکل‌گیری خاکدانه‌ها و افزایش منافذ خاک است. Devereux و همکاران (۲۰۱۳)، نیز بر اساس نتایج تحقیق خود بیان کردند که افزایش منافذ خاک در اثر مواد آلی موجود در بیوچار، باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید. همچنین نتایج مشابه این تحقیق در استفاده از بیوچار باگاس نیشکر توسط دیوبند هفشجانی و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج، اثر بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت بر جرم مخصوص حقیقی خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود. اما با این حال کاربرد تیمارهای دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک، به ترتیب باعث کاهش ۰/۳۸ و ۰/۷۱ درصدی جرم مخصوص حقیقی خاک نسبت به تیمار شاهد شد. جرم مخصوص حقیقی عمدتاً تابعی از نوع ذرات و کانی‌های تشکیل دهنده خاک است و وجود مواد آلی بالا در خاک موجب کاهش این پارامتر می‌گردد (احمدآبادی، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه بیوچار باگاس

www.SID.ir

Archive of SID

نیشکر نسبت به ذرات معدنی خاک دارای جرم مخصوص ظاهری و حقیقی کمتری می‌باشد، لذا افزودن آن به خاک از طریق افزایش سهم ذرات آلی نسبت به معدنی در فاز جامد خاک، باعث کاهش جرم مخصوص حقیقی خاک گردید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش جرم مخصوص حقیقی خاک در اثر کاربرد بیوچار باگاس نیشکر ناشی از افزایش سطح ماده آلی خاک می‌باشد.

جدول ۶. جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت پتاسیمی بر خصوصیات فیزیکی خاک

تیمار	منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات				
			جرم مخصوص ظاهری	جرم مخصوص حقیقی	تخلخل کل	رطوبت حجمی نقطه ظرفیت زراعی	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم
بیوچار باگاس نیشکر	تیمار	۳	۰/۰۱۵*	۰/۰۶ ns	۰/۰۱۵*	۳۲/۲۵*	۰/۰۴۴ ns
	تکرار	۲	۰/۰۰۰ns	۰/۱۰۰ ns	ns۰/۰۰۰	۰/۵۵۰ ns	۰/۱۰۸ ns
	خطا	۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	مجموع	۱۱					
زئولیت پتاسیمی	تیمار	۳	۰/۰۰۸*	۰/۰۶۸ns	۰/۰۰۸*	۴۵/۷۵*	۰/۰۸۶*
	تکرار	۲	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۱ns	/۰۰۰ ns	۰/۶۶۱ ns	۰/۰۱۹ns
	خطا	۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	مجموع	۱۱					

ns فاقد اثر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد سطوح مختلف تیمارهای بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت بر خصوصیات فیزیکی خاک

سطوح مختلف تیمار	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تخلخل کل (درصد)	رطوبت حجمی نقطه ظرفیت زراعی (درصد)	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی (درصد)
شاهد	۱/۵ a	۲/۵۷ a	۴۱/۶۱ a	۲۵/۳۹ a	۱۳/۸۵ a
دو گرم بیوچار	۱/۴۵ b	۲/۵۶ a	۴۳/۳۵ b	۲۷/۸۲ b	۱۳/۹۹ a
پنج گرم بیوچار	۱/۴۱ c	۲/۵۵ a	۴۴/۷۰ c	۳۰/۲۲ c	۱۴/۰۶ a
شاهد	۱/۵ a	۲/۵۷ a	۴۱/۶۱ a	۲۵/۳۹ a	۱۳/۸۵ a
دو گرم زئولیت	۱/۵۳ b	۲/۵۷ a	۴۰/۸۷ a	۲۷/۹۶ a	۱۴/۰۵ a
پنج گرم زئولیت	۱/۵۶ c	۲/۵۷ a	۳۹/۲۸ b	۳۲/۱ b	۱۴/۷۷ b

اعداد دارای حروف غیر مشابه در یک ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (سطح احتمال پنج درصد- آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد که اثر بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت بر میزان تخلخل کل خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بوده است. افزایش بیوچار باگاس نیشکر در تمام سطوح، موجب افزایش معنی‌دار تخلخل کل خاک نسبت به شاهد گردید، اما در تیمار زئولیت تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد تنها در تیمار پنج گرم این مواد در کیلو گرم خاک مشاهده شد. تیمار دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک به ترتیب باعث افزایش ۴/۲ و ۷/۴ درصدی و تیمار دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک به ترتیب سبب کاهش ۱/۷ و ۵/۱ درصدی تخلخل کل نسبت به شاهد شدند. افزایش تخلخل خاک در اثر کاربرد بیوچار ناشی از ساختار

www.SID.ir

Archive of SID

متخلخل داخلی این مواد می‌باشد. Basso (۲۰۱۲)، افزایش تخلخل خاک در اثر کاربرد بیوچار را ناشی از کاهش جرم مخصوص ظاهری عنوان کرد. همچنین Lei and Zhang (۲۰۱۳)، اعلام کردند افزایش تخلخل خاک ناشی از افزایش منافذ درشت خاک، تخلخل بالای بیوچار و شکل‌گیری ساختمان خاک در اثر مواد آلی بیوچار می‌باشد. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت در تمام سطوح موجب افزایش معنی‌دار رطوبت حجمی نقطه ظرفیت زراعی (نسبت به شاهد) گردید. سطوح دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک به ترتیب باعث افزایش ۹/۶ و ۱۹ درصدی و سطوح دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک به ترتیب باعث افزایش ۱۰/۱ و ۲۶/۴ درصدی نقطه ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد شد. بین تأثیر سطوح دو و پنج گرم تمام تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق بر رطوبت نقطه ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌دار وجو دارد. محققان زیادی گزارش کردند که در مکش‌های پایین (۰/۱ تا ۵ بار) مواد آلی و ساختمان خاک عامل نگهداشت آب در خاک می‌باشند و در مکش‌های بالا، بافت خاک و سطح ویژه ذرات بیشترین تأثیر را بر رطوبت خاک دارند (Liu *et al*., 2012; Kutilek and jandele, 2006). بنابراین، این قابل قبول است که بیوچار به دلیل افزایش مواد آلی خاک، افزایش خلل و فرج خاک و تشکیل خاکدانه‌ها (بهبود ساختمان خاک)، تأثیر مثبتی بر افزایش ظرفیت نگهداشت آب، در مکش‌های پایین دارد. Uzoma و همکاران (۲۰۱۱)، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در اثر کاربرد بیوچار را ناشی سطح ویژه بالا و خلل و فرج زیاد بیوچار گزارش کردند. غزوی و همکاران نیز گزارش کردند که زئولیت باعث افزایش رطوبت وزنی خاک و در نهایت افزایش ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک شده است (Ghazavi, 2015)، همین امر می‌تواند عامل افزایش رطوبت حجمی نقطه ظرفیت زراعی در حضور زئولیت مود استفاده در این تحقیق باشد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد که سطوح دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک با اینکه باعث افزایش به ترتیب ۱ و ۱/۵ درصدی رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم نسبت به شاهد شد اما در هیچ کدام از سطوح تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد مشاهده نشد، اما تیمار زئولیت در سطح پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک تفاوت معنی‌دار را با تیمار شاهد ایجاد کرد (جدول ۶). به شکلی که سطح پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک باعث افزایش ۶/۳۳ درصدی رطوبت نقطه پژمردگی دائم نسبت به تیمار شاهد شد.

تأثیر تیمارهای مورد استفاده بر خصوصیات شیمیایی خاک

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد سطوح مختلف بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت بر کربن آلی خاک، فسفر قابل جذب، ازت کل، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) به ترتیب در جداول (۸) و (۹) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۸) مشخص می‌گردد، افزودن بیوچار باگاس نیشکر باعث تأثیر معنی‌دار بر مقدار کربن آلی، فسفر قابل جذب، ازت کل، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک شد و افزودن زئولیت بر مقدار کربن آلی، فسفر قابل جذب و ازت کل خاک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ایجاد نکرد اما بر اسیدیته و هدایت الکترکی خاک اثر معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن (جدول ۹) نشان داد، تأثیر همه سطوح در تیمارهای بیوچار باگاس نیشکر بر افزایش کربن آلی خاک معنی‌دار بود. همچنین بین تأثیر سطح دو و پنج گرم بیوچار باگاس نیشکر نیز تفاوت معنی‌دار وجود داشت، اما در تیمارهای زئولیت تفاوت معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. کربن آلی خاک در اثر مصرف بیوچار در سطوح مختلف از ۰/۶۱ درصد (شاهد) به ۰/۶۷ درصد (تیمار دو گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک) و ۰/۷۴ درصد (تیمار پنج گرم بیوچار در کیلوگرم خاک) تغییر یافت. نتایج سایر محققین نشان داده است که بیوچار یک نوع کربن کاملا پایدار

www.SID.ir

Archive of SID

است و رسوب کربن اولین اثر افزودن بیوچار به خاک است (Kameyama *et al*., 2012). در اثر افزودن بیوچار به خاک، بخشی از کربن آلی موجود در آن به ذخایر کربن در خاک پیوسته و باعث افزایش ماده آلی خاک می‌گردد (Lawrinenko, 2014). به دلیل ترسیب کربن و بهبود کیفیت خاک توسط بیوچار، تحقیق‌های زیادی روی این مواد غنی از کربن با مواد اولیه گوناگون و شرایط تولید مختلف صورت گرفته است (Laird *et al*., 2010 ;Zhang and Sun, 2014). نتایج تحقیق سایر محققین نیز نشان می‌دهد که افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش کربن آلی خاک گردیده است (Chen *et al*., 2010 ;Hesu *et al*., 2014). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش فسفر قابل جذب در اثر کاربرد همه سطوح بیوچار معنی‌دار بوده است و تیمارهای دو و پنج گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک به ترتیب نه و ۱۸ درصد فسفر قابل جذب را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. تیمار زئولیت با اینکه نتوانست اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد ایجاد کنند اما کاربرد این ماده در خاک باعث افزایش فسفر قابل جذب به میزان ۰/۸ و یک درصد (به ترتیب برای سطوح دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک) شد. منابع مشابهی نیز وجود دارد که افزایش فسفر خاک را پس از کاربرد بیوچار گزارش کرده‌اند (Aranda *et al*., 2015 ;Song *et al*., 2015).

جدول ۸. جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت پتاسیمی بر خصوصیات شیمیایی خاک

تیمار	منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات				
			کربن آلی	فسفرقابل جذب	ازت کل	اسیدیته	هدایت الکتریکی
بیوچار باگاس نیشکر	تیمار	۳	۰/۰۱۷*	۲۲/۵۶*	۳۳۴/۲۹*	۰/۰۰۵*	۰/۳۲۹*
	تکرار	۲	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۰ns
	خطا	۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	مجموع	۱۱					
زئولیت پتاسیمی	تیمار	۳	۰/۰۰۰ns	۱۳/۳۷ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۷*	۰/۴۷۵*
	تکرار	۲	۰/۰۰۰ns	۱۷/۰۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۲ns
	خطا	۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	مجموع	۱۱					

ns فاقد اثر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

جدول ۹. نتایج مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد سطوح مختلف تیمارهای بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت بر خصوصیات شیمیایی خاک

سطوح مختلف تیمار	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلو گرم)	ازت کل (درصد)	اسیدیته (بدون واحد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
شاهد	۰/۶۱ a	۲۳/۷۵a	۰/۰۴۸ a	۷/۶a	۱/۹۷ a
دو گرم بیوچار	۰/۶۷ b	۲۶/۱ b	۰/۰۵۲ b	۷/۵۸ b	۲/۱۰ b
پنج گرم بیوچار	۰/۷۴ c	۲۸/۵ c	۰/۰۵۹ c	۷/۵۳ c	۲/۵۲ c
شاهد	۰/۶۱۰ a	۲۳/۷۵ a	۰/۰۴۸ a	۷/۶ a	۱/۹۷ a
دو گرم زئولیت	۰/۶۱۲ a	۲۳/۹۶ a	۰/۰۴۸ a	۷/۶۵ b	۲/۱۵ b
پنج گرم زئولیت	۰/۶۱۵ a	۲۴ a	۰/۰۴۹ a	۷/۶۸ c	۲/۶۳ c

اعداد دارای حروف غیر مشابه در یک ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (سطح احتمال پنج درصد- آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر ازت کل خاک نیز نشان داد که سطوح دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک، به ترتیب سبب افزایش هشت و ۲۲ درصدی ازت کل خاک نسبت به شاهد شدند، همچنین بین تأثیر سطح دو و پنج گرم بیوچار باگاس نیشکر نیز تفاوت معنی‌دار وجود داشت. افزایش ازت خاک احتمالا ناشی از وجود نیتروژن در ساختار بیوچار باگاس نیشکر است. بدیهی است که با افزایش مقدار بیوچار خاک، این پارامتر نیز افزایش خواهد یافت. عدم تأثیر زئولیت بر ازت کل خاک را می‌توان ناشی از ناچیز بودن نیتروژن (۰/۰۰۴ درصد) در ساختار این ماده دانست. مشابه این نتایج که با افزودن بیوچار به خاک، مقدار ازت آن افزایش می‌یابد توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Doan *et al*., 2013; Aranda *et al*., 2006; Chen *et al*., 2010). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش بیوچار در سطح دو و پنج گرم موجب کاهش معنی‌دار اسیدیته خاک (نسبت به شاهد) شد و همچنین بین سطح دو و پنج گرم بیوچار بر کاهش اسیدیته خاک نیز، تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. سطوح دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک به‌ترتیب باعث کاهش ۰/۲۶ و ۰/۹۲ درصدی اسیدیته خاک نسبت به شاهد شد. یکی از عوامل کاهش اسیدیته خاک در حضور بیوچار را می‌توان پایین بودن اسیدیته بیوچار (۴/۸۳) نسبت به خاک (۷/۷۷) دانست که این خود تابعی از ماده تشکیل دهنده بیوچار (باگاس نیشکر)، دمای تولید و اصلاح این مواد می‌باشد. حضور گروه‌های عاملی با بار مثبت بر روی سطح بیوچار اصلاح شده می‌تواند باعث کاهش اسیدیته خاک گردد، زیرا اسیدیته از خصوصیات بار سطحی تأثیر می‌پذیرد (Kent *et al*., 2009). پیش‌بینی می‌شود که به‌مرور زمان گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن (بار منفی) بیشتری در اثر اکسیداسیون بیوچار بر سطح آن ایجاد گردد، که این عامل باعث افزایش در اسیدیته خاک خواهد شد (Kameyama *et al*., 2012). خلاف نتیجه حاصل از این تحقیق، محققان زیادی در مطالعات خود به این نتیجه دست یافتند که با افزودن بیوچار به خاک، اسیدیته آن افزایش می‌یابد (Fang *et al*., 2015; Kameyama *et al*., 2012). در توجیه این پدیده می‌توان عنوان کرد که اسیدیته بیوچار بر اسیدیته خاک تأثیر مستقیم دارد. اسیدیته بیوچار نیز به شرایط دمایی و نوع ماده‌ای که برای تهیه بیوچار انتخاب می‌شود بستگی دارد. عامل دیگر برای افزایش اسیدیته، حضور بارهای منفی مثل گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل بر روی سطح بیوچار است (Gul *et al*., 2015). نتایج نشان داد که کاربرد دو و پنج گرم زئولیت سبب افزایش اسیدیته خاک شد و همچنین بین سطوح مختلف این تیمار نیز تفاوت معنی‌دار بود. سطوح دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک به‌ترتیب باعث افزایش ۰/۶۵ و ۱/۰۵ درصدی pH خاک (نسبت به شاهد) شد. در رابطه با افزایش اسیدیته خاک توسط زئولیت می‌توان افزایش اسیدیته خاک را به دلیل بالا بودن pH (۷/۷۶) در ساختار این ماده (زئولیت) بیان کرد. زئولیت دارای اسیدیته بالایی در ساختار خود بود و طبیعی است که وجود آن در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک گردد، نتایج این تحقیق (افزایش pH در اثر افزودن زئولیت) توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (طاهری سودجانی، ۱۳۹۱؛ زمانیان، ۱۳۸۷؛ میرزایی، ۱۳۸۷). بر اساس نتایج به دست آمده تیمارهای دو و پنج گرم بیوچار بر کیلو گرم خاک به ترتیب باعث افزایش ۶/۵ و ۲۷/۹ درصدی و تیمارهای دو و پنج گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک به ترتیب سبب افزایش ۹/۱ و ۳۳/۵ درصدی هدایت الکتریکی خاک نسبت به شاهد شد. افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر کاربرد بیوچار احتمالا به دلیل حضور نمک‌های محلول در این مواد و بالابودن هدایت الکتریکی این ماده نسبت به هدایت الکتریکی خاک می‌باشد (Chintala *et al*., 2013). کومار و همکاران (Kumar *et al*., 2013)، نیز در تحقیق خود به این نتیجه دست یافتند که افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش هدایت الکتریکی آن گردید. در مورد افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

هدایت الکتریکی خاک توسط زئولیت می‌توان بیان کرد که نمک‌ها می‌توانند از ساختار زئولیت جذب یا دفع شوند (عکاشه، ۱۳۸۶)؛ بنابراین دفع نمک‌ها از ساختار زئولیت می‌تواند عامل افزایش هدایت الکتریکی در خاک باشد. طاهری سودجانی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزودن بیوچار باگاس نیشکر و زئولیت پتاسیمی سبب تغییرات مثبت در برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری، رطوبت نقطه ظرفیت زراعی، تخلخل کل، کربن آلی، فسفر و ازت کل خاک شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد بیوچار باگاس نیشکر با مقدار ۵ گرم بر کیلو گرم خاک موجب بیشترین افزایش کربن آلی خاک (۲۱/۳ درصد نسبت به شاهد) گردید. همچنین این تیمار موجب افزایش ۱۸ درصدی فسفر قابل جذب، ۲۲ درصدی ازت خاک، ۱۹ درصدی رطوبت ظرفیت زراعی، ۹/۲ درصدی تخلخل کل خاک، ۲۷/۹ درصدی هدایت الکتریکی خاک و کاهش ۸ درصدی جرم مخصوص ظاهری و ۰/۹۲ درصدی اسیدیته خاک گردید. همچنین تیمار ۵ گرم زئولیت بر کیلو گرم خاک نیز موجب افزایش ۲۶/۵ درصدی رطوبت ظرفیت زراعی (نسبت به شاهد)، ۱ درصدی اسیدیته خاک و ۳۳/۵ درصدی هدایت الکتریکی خاک گردید. استفاده از تیمار ۵ گرم بیوچار باگاس نیشکر بر کیلو گرم خاک به دلیل تأثیر مثبت بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک توصیه می‌گردد.

سپاسگزای

نویسندگان مقاله از دکتر حمزه‌علی علیزاده عضو هیئت علمی علوم آب دانشگاه ایلام و دکتر ابراهیم درویشی، مسئول محترم دفتر توسعه تعاون کشاورزی استان ایلام جهت حمایت‌های بی دریغشان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

احمدآبادی، ز.، قاجار سپانلو، م. رحیمی آلاشتی، س. ۱۳۹۰. کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیای خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۵۸: ۱۳۷-۱۲۵.

اسدی، ق.، نورزاده، م.، خرم‌دل، پ. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف کود آلی و شیمیایی بر عملکرد وکارائی نیتروژن در فیبر گیاهان. مجله اکولوژی کشاورزی، ۵(۴): ۳۸۲-۳۷۳.

دیوبند هفشجانی، ل.، ۱۳۹۵. بررسی تاثیر کاربرد ورمی کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر جلوگیری از آبشویی نیترات در خاک. پایان‌نامه دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز.

زمانیان، م. ۱۳۸۷. بررسی شاخص‌های آلودگی شیمیایی و میکروبی در تصفیه زمینی شیرابه کارخانه گود آلی اصفهان و تأثیر کاربرد زئولیت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب. دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه شهرکرد.

طاهری سودجانی، ه. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر استفاده از پساب شهرکرد و ذرات میکروزئولیت بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دانشگاه شهرکرد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

طاهری سودجانی، ه.، قبادی‌نیا، م.، بیگی هرچگانی، ب.، کاظمیان، ح. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر روش‌های کاربرد، اندازه ذرات و درصد زئولیت بر کیفیت پساب شهری. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۷(۲): ۱۹۲-۱۷۵.

عکاشه، ل. ۱۳۸۶. کاربرد زئولیت طبیعی به منظور جذب عناصر سنگین موجود در شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان.

www.SID.ir

Archive of SID

میرزایی، م. ۱۳۸۶. بررسی تصفیه زمینی شیرابه کمپوست کارخانه کود آلی اصفهان و تأثیر کاربرد زئولیت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

نبوی‌نیا، ف. ۱۳۹۲. تأثیر ضایعات دباغی و بیوچار بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، رشد و عملکرد گیاهان تربچه و هویج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

Abedi-Koupai, J., Mousavi, S. F. and Motamedi, A. 2010. Effect of Clinoptilolite Zeolite Application on ReducingUrea Leaching from Soil. Journal of Water and Wastewater, 76(3): 20-28.

Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M. and Wessolek, G. 2013. Impact of Biochar and Hydrochar Addition on Water Retention and Water Repellency of Sandy soil. Geoderma, 202(203): 183-191.

Aranda, V., Macci, C., Peruzzi, E. and Masciandaro, G. 2015. Biochemical Activity and Chemical-Structural Properties of Soil Organic Matter After 17 Years of Amendments With Olive-mill Pomace Co-compost. Journal of Environmental Management, 147(32): 278-285.

Arancon, N., Edwards, C. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Journal of Bioresource Technology, 97(6): 831-840.

Bielská, L., Škulcová, L., Neuwirthová, N., Cornelissen, G. and Hale, S.E. 2018. Sorption, bioavailability and ecotoxic effects of hydrophobic organic compounds in biochar amended soils. Sci. Total Environ. 624: 78–86.

Borchard, N., Schirrmann, M., Cayuela, M.L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, 544 J.M., Fuertes-Mendizábal, T., Sigua, G., Spokas, K., Ippolito, J.A. and Novak, J., 2019. 545 Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N2O emissions: A 546 meta-analysis. Science of The Total Environment, 651: 2354-2364

Banj Shafiei, S., Rahbar, E. and Khaksarian, F. 2010. The Effect of Polymer Composition with Desert Sand on Panicum Antidotale Growth. Research institute of forests and rangelands. Tehran. Iran, 305-316.

Breck, D. W. 1974. Zeolite molecular sieves. John Wiley and Sons, New York.

Basso, A. S. 2012. Effect of Fast Pyrolysis Biochar on Physical and Chemical Properties of a Sandy soil. Master of Science, Iowa State University Ames. Iowa.

Chintala, R., Molinedo, J., Schumacher, T. E., Papiemik, S. K., Malo, D. D., Clay, D. E., Kumar, S. and Gulbrandson, D. W. 2013. Nitrate Sorption Desorption in Biochars from Fast Pyrolysis. Journal of Microporous and Mesoporous Materials, 179(78): 250-257.

Conti, F.D., Visioli, G., Malcevschi, A. and Menta, C. 2017. Safety assessment of gasification biochars using Folsomia candida (Collembola) ecotoxicological bioassays. Environ. Sci. Pollut. Res, 2015: 1–12.

Chen, Y., Shinogi, Y. and Taira, M. 2010. Influence of Biochar Use on Sugarcane Growth, Soil parameters, and Groundwater Quality. Soil Research, 48(6-7): 526-530.

Devereux, R. C., Sturrock, C. J. and Mooney, S. J. 2013. The Effects of Biochar on Soil Physical Properties and Winter Wheat Growth. Journal of Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 103(1): 13-18.

Doan, T. T., Ngo, P. T., Rumpel, C., Van Nguyen, B. and Jouquet, P. 2013. Interactions Between Compost, Vermicompost and Earthworms Influence Plant Growth and Yield: A one-year Greenhouse Experiment. Journal of Scientia Horticulturae, 160: 148-154.

Fang, J., Gao, B., Chen, J. and Zimmerman, A. R. 2015. Hydro-chars derived from plant biomass under various conditions, Characterization and potential applications and impacts. Chemical Engineering Journal, 267: 253–259.

Ghani, W. A., Mohd, A., da Silva, G., Bachmann, R. T., Taufiq-Yap, Y. H., Rashid, U. and Ala'a, H. 2013. Biochar Production from Waste Rubber-wood-sawdust and its Potential Use in C Sequestration: Chemical and Physical Characterization. Journal of Industrial Crops and Products, 44(7): 18-24.

Ghazavi, R. 2015. The application effects of natural zeolite on soil runoff, soil drainage and some chemical soil properties in arid land area. International Journal of Innovation and Applied Studies, 13 (4): 172 -177.

Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in the Tropics with Charcoal: A Review. Journal of Biology and Fertility of Soils, 35(4): 219-230.

Gonçalves, R. A., Folegatti, M., Gloaguen, T. V., Libardi, P. L., Montes, C. R., Lucas, Y. and Dias, C.T.S. 2007. Hydraulic Conductivity of a Soil irrigated with treated sewage effluent. Journal of Geoderma, 139(1-2): 241–248.

www.SID.ir

Archive of SID

Gul, S., Whalen, J. K., Thomas, B. W., Sachdeva, V. and Deng, H. 2015. Physico Chemical Properties and Microbial Responses in Biochar-amended Soils: Mechanisms and Future Directions. Journal of Agriculture, Ecosystems & Environment, 206: 46-59.

Hseu, Z., Jien, S., Chien, W. and Liou, R. 2014. Impacts of Biochar on Physical Properties and Erosion Potential of a Mudstone Slopeland Soil. The Scintific World Journal, 110(3-4): 225-233.

Kameyama, K., Miyamoto, T., Shiono, T. and Shinogi, Y. 2012. Influence of Sugarcane Bagasse-derived Biochar Application on Nitrate Leaching in Calcaric Dark red Soil. Journal of Environmental Quality, 41(4): 1131-1137.

Kumar, S., Masto, R., E, R. L., Sarkar, P., George, J. and Selvi, V. A. 2013. Biochar Preparation From Parthenium Hysterophorus and its Potential use in Soil Application. Journal of Ecological Engineering, 55(3): 67-72.

Kent, G. A., Douglqss, F. and Kasten Dumerose, R. 2009. Root desiccation and drought stress responses of bareroot Quercus rubra seedlings treated with a hydrophililc polymer root dip. Journal of Agricultural and Biologicaln Science, 104(315): 229-240.

Kutílek, M., Jendele, L. and Panayiotopoulos, K. P. 2006. The influence of uniaxial compression upon pore size distribution in bi-modal soils. Journal of Soil and Tillage Research, 86(1): 27-37.

Lehmann, J. and Joseph, S.2009. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, London and Sterling,VA USA, 36(3): 38-47.

Lei, O. and Zhang, R. 2013. Effects of Biochars Derived from Different Feedstocks and Pyrolysis Temperatures on Soil Physical and Hydraulic Properties. Journal of Soils Sediments, 13(9): 1561-1572.

Liu, X. H., Han, F. P. and Zhang, X. C. 2012. Effect of Biochar on Soil Aggregates in the Loess Plateau Results from Incubation Experiments. International Journal of Agriculture and Biology, 14(5): 975-979.

Lawrinenko, M. 2014. Anion exchange capacity of biochar. A thesis submitted to the graduate faculty in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science. Iowa State University Ames. Iowa.

Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., Laird, Z. and Karlen, D. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwesten agricultural soil. Journal of Geoderma, 158: 436-442.

Namgay, T., Singh, B. and Singh, B.P. 2010. Influence of Biochar Application to Soil on the Availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to Maize (Zea mays L). Journal of Soil research, 48(7): 638-647.

Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G. and Borresen, T. 2016. In Situ Effects of Biochar on Aggregation, Water Retention and Porosity in Light-textured Tropical Soils. Journal of Soil and Tillage Research, 155: 35-44.

Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E. and Bol, R. 2009. Biochar's role in Soil and Climate Change: a Review of Research Needs. CSIRO Land and Water Science Report, (59): 1–57.

Song, X., Liu, M., Wu, D., Griffiths, B. S., Jiao, J., Li, H. and Hu, F. 2015. Interaction Matters: Synergy Between Vermicompost and PGPR Agents Improves Soil Quality, Crop Quality and Crop Yield in the Field. Journal of Applied Soil Ecology, 89: 25-34.

Tsintskaladze, G., Eprikashvili, L., Urushadze, T., Kordzakhia, T., Sharashenidze, T., Zautashvili, M. and Burjanadze, M. 2016. Nanomodified natural zeolite as a fertilizer of prolonged activity. annals of agrarian science, (14), 163-168.

Tammeorg, P., Bastos, A.C., Jeffery, S., Rees, F., Kern, J., Graber, E.R., Ventura, M., Kibblewhite, M., Amaro, A., Budai, A., Cordovil, C.M.d.S., Domene, X., Gardi, C., Gascó, G., Horák, J., Kammann, C., Kondrlova, E., Laird, D., Loureiro, S., Martins, M.A.S., Panzacchi, P., Prasad, M., Prodana, M., Puga, A.P., Ruysschaert, G., Sas-Paszt, L., Silva, F.C., Teixeira, W.G., Tonon, G., Delle Vedove, G., Zavalloni, C., Glaser, B., Verheijen, F.G.A. 2017. Biochars in soils: towards the required level of scientific understanding. J. Environ. Eng. Landsc. Managm, 25, 192–207.

Uzoma, K., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A. and Nishihara, E. 2011. Effect of Cow Manure Biochar on Maize Productivity Under Sandy Soil Condition. Journal of Soil Use and Management, 27(2): 205-212.

Xu, G. Y., Sun, J., Shao, H. and Wei, L. 2012. Recent Advances in Biochar Applications in Agricultural Soils: Benefits and Environmental Implications. Journal of Clean-Soil Air Water, 40(10): 1093-1098.

Yu, X., Ying, G. and. Kookana, R. S. 2009. Reduced Plant Uptake of Pesticides with Biochar Additions to Soil. Journal of Chemosphere, 76(5): 665–671.

Yuan, G. H., Xu, R. K. and Zhang, H. 2011. The forms of Alkalis in the Biochar Produced from Crop Residues at Different Temperatures. Journal of Bioresource Technology, 102(3): 3488–3497.

Zaghloul, R. A., Mohamed, Y. F. Y. and Rasha, M. E. 2016. Influential Cooperation between Zeolite and PGPR on Yield and Antimicrobial Activity of Thyme Essential Oil. International Journal of Plant & Soil Science, 13(1): 1-18.

www.SID.ir

Archive of SID

Zhang, L. and Sun, X. 2014. Changes in Physical, Chemical, and Microbiological Properties During the tow-stage co-Composting of Green Waste with Spent Mushroom Compost and Biochar. Journal of Bioresource Technology, 171: 274-284.

Zheng, J. Chen, T. Wu, Q. Yu, J. Chen, W., Chen, Y., ... and Xia, G. (2018). Effect of zeolite application on phenology, grain yield and grain quality in rice under water stress. Agricultural Water Management, 206: 241-251.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

Evaluation of modified biochar and zeolite effect on some physical and chemical properties of loamy soil

Yazdan Khodarahmi[1], Saeid Boroomand Nasab [2], Amir Soltani Mohammadi[3*], and Abd Ali Nasseri [4]

1) MSc. Student, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of ahvaz, Ahvaz, Iran.
2) Department, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of ahvaz, Ahvaz, Iran.
3) Department, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of ahvaz, Ahvaz, Iran.
* Corresponding author: A.soltani@scu.ac.ir
4) Department, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: 29-12-2018 Accepted: 15-06-2019

Abstract

Although the use of fertilizers in poor soils is necessary to increase soil fertility and optimal plant growth, but in recent years, the use of chemical fertilizers has caused a lot of environmental damage, The aim of this study was to investigate the effect of different levels of modified biochar sugarcane bagasse and potassium zeolite as natural and environmentally friendly fertilizers on some physical and chemical properties of soil in a completely randomized design with four replications for three months per year 2018 was conducted at the Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz. The levels of biochar and zeolite use included three levels of 0, 2 and 5 grams per kg of soil (0, 0.2 and 0.5 wt%).The results showed that the 2 and 5 grams biochar per kg of soil increased the total porosity by 3.7% and 9.2% respectively, 9.6% and 19% moisture content of crop capacity, 1 and 1.5% moisture content of wilting point, 9.8% and 21.3% organic carbon, 9% and 18% of absorbable phosphorus, 8% and 22% of nitrogen, 6.5% and 27.9% of electrical conductivity , 3.3% and 8% respectively of bulk density and 0.26% 0.92 percent soil acidity. The levels of 2 and 5 grams of zeolite per kilogram of soil also increased 2 and 6 percent bulk density, 2.33% and 3.89% specific gravity, 10.1% and 26.5 percent moisture content, 1.1% And 6.3% moisture content of wilting point, 0.65 and 1.05% of acidity, 9.1% and 33.5% of electrical conductivity, 0.09% and 3.4% of total porosity, 0.26% and 0.92% respectively Soil acidity was not significant and did not have a significant effect on specific gravity, organic carbon, absorbable phosphorus and soil nitrogen. In general, the results indicate superiority of biochar treatment to zeolite treatment is due to the improvement of physical and chemical properties of loamy soil.

Keywords: Modified biochar; Organic matter; Physical and chemical properties of Soil; Potassium Zeolite

www.SID.ir