Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

اثر بیوچار و شوری آب آبیاری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت گندم

ناهید رضایی[۱]، *فاطمه رزاقی[۲]، علیرضا سپاسخواه[۳] و سید علی‌اکبر موسوی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه شیراز، [۲]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شیراز و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشگاه شیراز، [۳]استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه شیراز و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشگاه شیراز، [۴]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: شوری از مهم‌ترین و جدی‌ترین تنش‌های محیطی بوده که عاملی تعیین‌کننده در کاهش محصول گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود. خاک‌هایی که تحت‌تأثیر شوری قرار می‌گیرند معمولاً به‌دلیل کمبود ماده آلی، ساختمان ضعیفی دارند. از این‌رو افزودن مواد آلی می‌تواند سبب بهبود پایداری خاکدانه‌های خاک، افزایش تخلخل خاک و بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک شود. بیوچار نوعی ماده آلی غنی از کربن می‌باشد که از سوزاندن بقایای گیاهی و فضولات حیوانی در شرایط دمای زیاد و اکسیژن کم تولید می‌شود. استفاده از بیوچار به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک، سبب افزایش حاصلخیزی و بهبود کیفیت خاک می‌گردد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری و بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک لوم شنی پس از برداشت گندم می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تیمار شوری آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و ٤ سطح بیوچار (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار) و در سه تکرار انجام شد. خاک مورد استفاده در این پژوهش دارای بافت لوم شنی با وزن مخصوص ظاهری ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب، هدایت الکتریکی عصاره اشباع برابر با ۰/٦٦ دسی‌زیمنس بر متر و ظرفیت نگهداری آب در حد ظرفیت مزرعه‌ای و پژمردگی دایم به‌ترتیب برابر با ۲۱ و ۸ درصد حجمی بود. بیوچار از بقایای گندم در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط بدون اکسیژن تهیه گردید. پس از برداشت گیاه گندم، ویژگی‌های شیمیایی خاک (مانند غلظت سدیم، کلسیم و پتاسیم، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و نسبت جذبی سدیم) در دو لایه ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه بین اثر تیمارها بر ویژگی‌های مورد مطالعه با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها: به‌طورکلی، نتایج نشان داد که غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم، قابلیت هدایت الکتریکی و نسبت جذبی سدیم در لایه ۱۰-۰ سانتی‌متری با اعمال بیش‌ترین سطح بیوچار (۷۵ مگاگرم در هکتار) نسبت به سطح صفر بیوچار

* مسئول مکاتبه: razzaghi@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

به‌ترتیب سبب افزایش ۱/۱ و ۱٤۳/۸، ۲/۲، ۲/۱ و ۰/۸ برابری و با اعمال بیش‌ترین سطح شوری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به سطح شاهد (۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به‌ترتیب سبب افزایش ۱٤/۸ و ۱/٦، ۸/٦، ۲/۱ و ۵/٤ برابری گردید. غلظت عناصر اندازه‌گیری‌شده، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و نسبت جذبی سدیم در لایه ۱۰-۰ به‌دلیل تبخیر از لایه سطحی خاک و بالاتر بودن ظرفیت نگهداری آب به‌واسطه حضور بیوچار بیش‌تر از ۲۰-۱۰ سانتی‌متری بوده است. از طرف دیگر، بالا بودن هدایت الکتریکی عصاره اشباع بیوچار تولیدی (۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به خاک (۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) و همچنین تجمع بیش‌تر عناصر در خاک (از آن‌جایی‌که آبی از انتهای گلدان‌ها خارج نشد) سبب افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمارهای حاوی بیوچار و در هر دو لایه گردیده است.

نتیجه‌گیری: هر چند که خود بیوچار به واسطه شور بودن سبب افزایش شوری خاک و سایر ویژگی‌های شیمیایی خاک گردیده است، افزایش بیوچار به بیش از ۲۵ مگاگرم در هکتار تا حدودی شدت اثرات منفی ناشی از افزایش شوری را کاسته است. از طرف دیگر، با توجه به افزایش میزان پتاسیم در حضور بیوچار، می‌توان از آن به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک‌هایی که دارای کمبود پتاسیم هستند، استفاده نمود. در نتیجه می‌توان استفاده از بیوچار (با شوری کم) در سطوح کم‌تر از ۲۵ مگاگرم بر هکتار را با توجه به قابلیت‌های این ماده به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک و پیشنهاد نمود، به‌نحوی‌که استفاده از آن اقتصادی باشد.

واژهای کلیدی: پتاسیم، سدیم، قابلیت هدایت الکتریکی، کلسیم، نسبت جذبی سدیم

مقدمه

شوری از مهم‌ترین و جدی‌ترین تنش‌های محیطی بوده که عاملی تعیین کننده در کاهش محصول گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود (۱۳). با توجه به برآوردهای اخیر، حدود ۱۱۲۸ میلیون هکتار از زمین‌های جهان تحت‌تأثیر شوری قرار دارند (۱۸). در ایران نیز بخش زیادی از خاک‌ها و حجم چشمگیری از کل منابع آبی موجود در درجات مختلف مبتلا به شوری هستند. در حدود ۵۵/٦ میلیون هکتار از اراضی ایران (۳٤ درصد مساحت کل کشور) دارای خاک‌هایی با درجات مختلف شوری هستند که اکثر آن‌ها در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند (۱۱). مشکل شوری این اراضی به‌دلیل زیاد بودن تبخیر از سطح خاک، بارندگی کم، آبیاری با آب با کیفیت نامناسب و سنگ‌های مادری شور است (۲). خاک‌هایی که تحت‌تأثیر شوری قرار می‌گیرند معمولاً به‌دلیل کمبود ماده آلی، ساختمان ضعیفی دارند (۹). از این‌رو افزودن مواد آلی می‌تواند سبب بهبود پایداری خاکدانه‌های خاک شود. مواد آلی مورد تغذیه ریزجانداران قرار می‌گیرند و از طریق تولید مواد هوموسی می‌توانند به خاکدانه‌سازی کمک کنند. در واقع مواد آلی عامل مؤثری در اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل ساختمان خاک هستند. مواد آلی همچنین می‌توانند موجب افزایش تخلخل خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک شوند و از آن‌جا که منبع عمده عناصر غذایی مختلف در خاک نیز می‌باشند، سبب رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک می‌شوند. در این راستا، مدیریت صحیح بقایای آلی به‌جای سوزاندن و یا حذف آن‌ها از سیستم‌های زراعی باید به‌طور ویژه مورد توجه باشد. امروزه با سوزاندن بقایای گیاهی و ضایعات کشاورزی و دامی در دمای زیاد و در شرایط بی‌هوازی امکان

www.SID.ir

Archive of SID

ذخیره‌سازی طولانی‌مدت کربن به وجود می‌آید (۲۱). این ترکیب آلی که برای اصلاح ویژگی‌های خاک و افزایش مواد غذایی و ظرفیت نگهداری آب در خاک استفاده می‌شود، بیوچار (زغال زیستی) نام دارد (۳). در واقع بیوچار یک محصول کربنی است که از تجزیه زیست‌توده گیاهی مانند بقایای محصولات کشاورزی مانند کاه و کلش گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر و یا فضولات حیوانی در حرارت زیاد و در شرایط عدم حضور اکسیژن یا حضور بسیارکم آن به‌دست آمده است (۹). این ماده به‌دلیل سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن و متان دارد که از ضایعات گیاهی و دامی آزاد می‌شود و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند (۹). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بیوچار نقش مهمی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد و این اثرهای بیوچار، به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مربوط می‌شود که از آن جمله می‌توان به تخلخل و سطح ویژه زیاد، مقاومت زیاد در برابر تجزیه زیستی، غنی‌بودن از عناصر و مواد قابل‌جذب، ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد و داشتن ظرفیت نگهداری آب زیاد اشاره کرد (۹). به عقیده لهمان و همکاران (۲۰۰۳) بیوچار منبعی مستقیم برای عناصر پتاسیم، کلسیم، فسفر، روی و مس می‌باشد و فراهمی عناصر غذایی بر اثر افزودن بیوچار به خاک، می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تغییر پ‌هاش خاک و یا افزوده شدن مستقیم عنصر از بیوچار به خاک افزایش یابد (۱۰). در همین راستا، گویلی و همکاران (۲۰۱٦) و پورمنصور (۲۰۱٦) تأثیر مثبت بیوچار (به‌ترتیب کود گاوی و کاه و کلش گندم) را بر افزایش غلظت منگنز، سدیم، کلسیم، فسفر و نیتروژن در خاک نشان دادند (٤ و ۱۵). بنابراین هدف از انجام این پژوهش، با توجه به فواید عمده بیوچار بر خاک‌های کشاورزی و افزایش فراهمی عناصر در خاک و همچنین مسأله کمبود آب و نیاز به استفاده از آب با کیفیت نامناسب، بررسی اثر سطوح مختلف بیوچار و شوری آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت گندم در شرایط گلخانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و بیوچار بر ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت گندم، آزمایشی در گلخانه‌ی مرکز ملی خشکسالی با پوشش شیشه‌ای واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز با عرض جغرافیایی ´۳٦ °۲۹ و طول جغرافیایی ´۵۲ °۳۳ و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا انجام شد. این پژوهش شامل ٤ تیمار شوری آب آبیاری و ٤ سطح بیوچار در ۳ تکرار به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای شوری شامل آب چاه مورد استفاده در دانشکده کشاورزی با شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس برمتر (S_0) و آب با شوری‌های ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر (S_5، S_7 و S_9) بود. چهار سطح بیوچار عبارت بودند از صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار (B_0، B_{25}، B_{50} و B_{75}) به‌ترتیب معادل صفر، ۱/۲۵، ۲/۵ و ۳/۷۵ درصد وزنی می‌باشد. خاک مورد استفاده در این پژوهش از منطقه گربایگان فسا تهیه شد. این خاک دارای بافت لوم شنی با چگالی ظاهری ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب، درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم به‌ترتیب برابر با ۲۱ و ۸، pH برابر با ۷/٤٤ و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع برابر ۰/٦٦ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. برای تهیه بیوچار از کاه وکلش گندم استفاده شد. ابتدا کاه و کلش‌ها بسته‌بندی شده و سپس در دمای ۵۰۰ °C و در شرایط بدون اکسیژن سوزانده شده و

www.SID.ir

Archive of SID

سپس سرد شد. مقادیر اندازه‌گیری‌شده چگالی ظاهری بیوچار برابر ۰/۲۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب، پ‌هاش ۸/۵ قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع برابر ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر و ظرفیت تبادل کاتیونی برابر ۲٤/٦۸ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم خاک خشک به‌دست آمد.

با توجه به سطوح بیوچار و سطوح شوری در مجموع تعداد ٤۸ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. متوسط ارتفاع و قطر گلدان‌های مورد استفاده به‌ترتیب برابر ۲۰ و ۲۱/٦ سانتی‌متر بود. به‌منظور بهبود کیفیت رشد گیاه با توجه به آزمایش‌های انجام شده بر روی خاک و بیوچار، قبل از این‌که مخلوط خاک و بیوچار در گلدان‌ها ریخته شود، کودهای مورد نیاز تعیین و به خاک افزوده شد. پس از آماده شدن مقدمات کشت، بذرها کاشته شدند. بذر گندم مورد استفاده رقم شیراز بود. به‌دلیل این‌که گیاهان در مراحل ابتدایی رشد حساس به شوری هستند بنابراین تا استقرار کامل گیاه اقدام به اعمال تیمارهای شوری نشد. در این پژوهش از ابتدای کشت تا زمان استقرار کامل گیاه عملیات آبیاری با آب چاه و تا حد ظرفیت مزرعه‌ای به‌صورت یک روز در میان انجام شد. پس از استقرار کامل گیاه، تیمارهای شوری در سطوح مربوطه اعمال شدند. جهت تهیه آب شور از ترکیب NaCl و $CaCl_2$ به نسبت مساوی استفاده گردید. گلدان‌ها یک روز در میان وزن شده و سپس در هر سطح بیوچار، کمبود آب تا حد رطوبت ظرفیت زراعی به‌علاوه ۱۵ درصد مازاد به‌عنوان نیاز آبشویی به‌عنوان آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. پس از برداشت گیاه گندم، از همه گلدان‌ها در دو لایه صفر تا ۱۰ (لایه سطحی) و ۱۰ تا ۲۰ (لایه پایین) سانتی‌متری نمونه خاک جهت اندازه‌گیری‌های مختلف تهیه شد.

تعیین سدیم، پتاسیم، کلسیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک: جهت اندازه‌گیری این ویژگی‌ها از دو لایه صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری نمونه برداشته شد. پس از تهیه عصاره اشباع، با دستگاه EC متر، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع اندازه‌گیری شد. سپس، میزان عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه Flame Photometer اندازه‌گیری شد (۱٦). برای اندازه‌گیری کلسیم موجود در خاک به روش تیتراسیون، پس از تهیه عصاره اشباع، عصاره با سدیم هیدروکسید مخلوط شد و در نهایت با محلول EDTA تیتر شد (۷).

تعیین نسبت جذبی سدیم خاک: با توجه به مقادیر اندازه‌گیری‌شده سدیم و کلسیم (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر) در عصاره اشباع خاک در دو لایه صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری، میزان نسبت جذبی سدیم بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (لازم به ذکر است که از آن‌جا که میزان منیزیم در عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری نشد، در محاسبه نسبت جذبی سدیم، در مخرج کسر تنها مقدار کلسیم لحاظ شد):

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca/2}} \qquad (۱)$$

که در آن، SAR نسبت جذبی سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)$^{۱/۲}$ و Na و Ca غلظت سدیم و کلسیم در عصاره اشباع (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام شد. پردازش داده‌ها نیز با نرم‌افزار Sigma plot انجام شد. مقایسه بین اثر تیمارها بر ویژگی‌های مورد مطالعه با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر سطوح شوری، بیوچار و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های شیمیایی خاک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح شوری بر غلظت سدیم، کلسیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در هر دو لایه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد که اثر بیوچار نیز بر ویژگی‌های ذکرشده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سطوح شوری و بیوچار نیز بر غلظت عناصر ذکرشده و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در هر دو لایه از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح شوری، بیوچار و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت عناصر پتاسیم، سدیم و کلسیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک.

Table 1. Analysis of variance of the effect of salinity and biochar levels and their interaction on potassium, sodium and calcium concentration and soil saturated electrical conductivity.

عمق Depth	منابع تغییرات Degree of freedom	درجه آزادی Degree of freedom	پتاسیم K	سدیم Na	کلسیم Ca	قابلیت هدایت الکتریکی ECe
cm			Meq l^{-1}			dS m^{-1}
0-10	شوری Salinity	3	333.0**	16740.0**	4372.8**	40.1**
	بیوچار Biochar	3	5880.3**	2205.5**	1472.9**	36.8**
	اثر متقابل Interaction	9	33.5**	336.8**	188.2**	2.0**
	خطا Error	32	0.6	1.9	1.1	0.2
10-20	شوری Salinity	3	201.8**	919.1**	333.2**	1.3**
	بیوچار Biochar	3	8527.8**	814.7**	374.5**	40.8**
	اثر متقابل Interaction	9	114.2**	46.9**	11.7**	1.8**
	خطا Error	32	0.5	1.0	0.6	0.2

** در هر عمق، در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

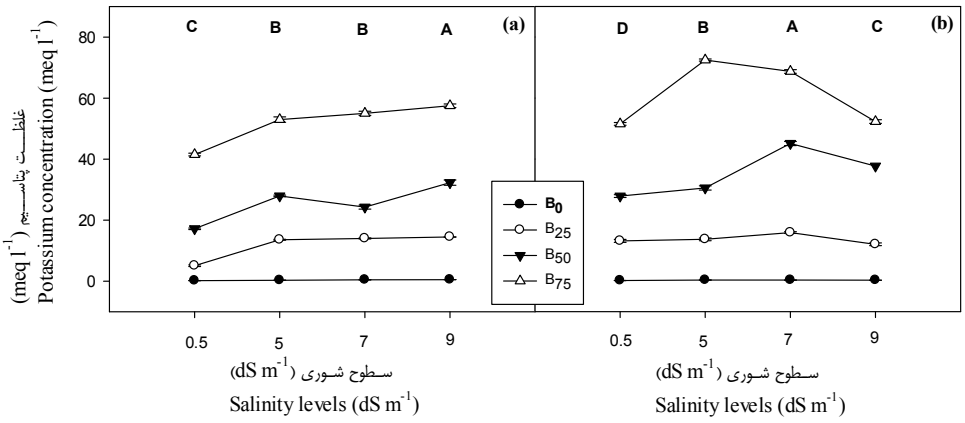
** In each depth, significant at 1% level.

غلظت پتاسیم عصاره اشباع خاک: اثر سطوح مختلف بیوچار و شوری آب آبیاری بر میزان پتاسیم عصاره اشباع خاک نیز اندازه‌گیری شد (شکل ۱). نتایج نشان داد که افزایش شوری در هر دو لایه سبب افزایش معنی‌دار پتاسیم عصاره اشباع خاک شده است. به‌طوری‌که در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر میزان پتاسیم عصاره اشباع به‌ترتیب در لایه سطحی و پایین ۶۳/۸ و ۱۰/۳ درصد بیش‌تر از میزان پتاسیم در سطح شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر شد. همام و نگیم (۲۰۱٤) نیز در طی پژوهش‌های خود در بررسی تأثیر شوری بر رشد گیاه گندم و ویژگی‌های خاک پس از برداشت گندم، بیان کردند که افزایش شوری

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از کلرید سدیم سبب افزایش فراهمی عناصر پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم در خاک شد (۵). به‌طوری‌که در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب افزایش ٤۰، ٦٦/۷، ۷۳۳ و ۳۱٦ درصدی کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. از طرف دیگر، کاربرد سطوح بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم بیوچار در هکتار) میزان پتاسیم را در هر دو لایه به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طوری‌که در لایه سطحی میزان پتاسیم در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار به‌ترتیب ۳۲/۷۵، ۷۰/٦ و ۱٤۳/۸ برابر میزان پتاسیم در تیمار صفر مگاگرم در هکتار بیوچار است. از آن‌جا که بیوچار استفاده شده در پژوهش حاضر حاوی مقدار زیادی پتاسیم است، با افزودن بیوچار به خاک میزان پتاسیم خاک به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. نواک و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که مقدار پتاسیم در خاک‌های اصلاح‌شده با بیوچار افزایش یافته است و دلیل این افزایش را مقدار پتاسیم زیاد در خاکستر بیوچار اضافه شده دانستند (۱۲). آنان گزارش کردند که افزودن سطوح ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی بیوچار تولید شده از پوست گردو در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به خاک پس از ٦۷ روز سبب افزایش پتاسیم خاک شد.



شکل ۱- اثر سطوح بیوچار و شوری بر غلظت پتاسیم عصاره اشباع مربوط به عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری (a) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (b). B_0، B_{25}، B_{50} و B_{75} بیان‌کننده سطوح بیوچار اعمال‌شده به‌ترتیب در سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار می‌باشد. حروف مشابه بزرگ نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین سطوح مختلف تیمار شوری می‌باشد. خطوط عمودی نیز میزان خطای استاندارد را نشان می‌دهد.

Figure 1. Effect of Biochar and salinity levels on potassium concentration in the saturation paste extract of 0-10 cm (a) and 10-20 cm (b) soil depth. B_0, B_{25}, B_{50} and B_{75} represent biochar levels of 0, 25, 50 and 75 Mg ha^{-1}. Similar capital letters indicate no significant difference at the 5% probability level between different salinity levels. Vertical lines show S.E.M.

غلظت سدیم عصاره اشباع خاک: نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارها بر غلظت سدیم عصاره اشباع خاک در دو لایه صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری در جدول ۲ نشان داده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه برهمکنش‌ها در دو لایه، میزان سدیم در لایه سطحی با میانگین ٥٦/۸۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر، به‌طور معنی‌داری از میزان سدیم در لایه پایین با میانگین ۱۹/۹۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بیش‌تر است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اثر سطوح بیوچار (B) و شوری (S) بر غلظت سدیم ($meq\ l^{-1}$) عصاره اشباع خاک.

Table 2. Effect of Biochar (B) and salinity (S) levels on sodium concentration ($meq\ l^{-1}$) in the saturation paste extract.

سطوح شوری Salinity levels ($dS\ m^{-1}$)	سطوح بیوچار Biochar levels ($Mg\ ha^{-1}$)				
	0	25	50	75	Mean
عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری 0-10 cm soil depth					
0.5	1.3±0.0 ^{l*}	7.0±0.5 ^{k}	8.4±0.3 ^{k}	8.7±0.0 ^{k}	6.3 ^{D}
5	28.3±1.3 ^{j}	74.8±0.4 ^{e}	68.8±0.8 ^{f}	45.2±0.9 ^{i}	54.3 ^{C}
7	65.2±1.3 ^{g}	85.2±1.0 ^{c}	81.7±1.0 ^{d}	59.7±0.6 ^{h}	73.0 ^{B}
9	80.5±1.3 ^{d}	122.0±0.8 ^{a}	97.3±0.0 ^{b}	75.4±0.6 ^{e}	93.8 ^{A}
Mean	43.8 ^{D}	72.2 ^{A}	64.1 ^{B}	47.2 ^{C}	
عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری 10-20 cm soil depth					
0.5	1.7±0.0 ^{l}	12.5±0.6 ^{i}	14.2±0.8 ^{h}	8.4±0.3 ^{k}	9.2 ^{D}
5	8.3±0.5 ^{k}	27.8±0.4 ^{d}	20.0±0.4 ^{f}	14.5±0.6 ^{h}	17.6 ^{C}
7	10.4±0.5 ^{j}	38.0±0.5 ^{b}	26.4±0.8 ^{de}	17.4±1.0 ^{g}	22.9 ^{B}
9	24.9±0.6 ^{e}	40.9±0.5 ^{a}	33.6±0.6 ^{c}	20.4±0.4 ^{f}	30.0 ^{A}
Mean	11.3 ^{D}	29.6 ^{A}	23.5 ^{B}	15.2 ^{C}	

* در هر لایه، حروف مشابه کوچک و بزرگ، به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین اثر متقابل تیمارها و اثر تیمارهای شوری و بیوچار می‌باشد.

* In each depth, similar small and capital letters show no significant difference at 5 % probability level between treatment's interaction and salinity and biochar treatment.

در هر دو لایه، سطوح شوری اثر معنی‌داری بر میزان سدیم عصاره اشباع خاک داشت و سبب افزایش آن شد و این افزایش در لایه سطحی به مراتب از لایه زیرین بیش‌تر بود. قابلیت نگهداشت آب بیش‌تر توسط بیوچار در لایه سطحی و همچنین تبخیر از لایه سطحی سبب بالاتر بودن میزان سدیم در این لایه بوده است. در لایه سطحی کاربرد ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم بیوچار در هکتار) میزان سدیم عصاره اشباع خاک را به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان ٦٤/٨، ٤٦/٢ و ۷/۸ درصد افزایش داد. در لایه پایین نیز میزان سدیم در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم بیوچار در هکتار) به‌ترتیب به ١٦١، ۱۰۷ و ۳۳/۹ درصد افزایش یافت. این افزایش ممکن است به‌دلیل وجود زیاد سدیم در بیوچار مورد استفاده باشد. نکته قابل‌توجه این است که در هر دو لایه، با افزایش سطوح بیوچار، میزان سدیم عصاره اشباع خاک نسبت به تیمار بدون بیوچار افزایش یافته است اما نتایج نشان می‌دهد که، دو سطح بالاتر (۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار) نسبت به سطح ۲۵ مگاگرم در هکتار، میزان سدیم کم‌تری در عصاره اشباع خاک وجود دارد. این مسأله ممکن است به این دلیل باشد که با افزایش سطوح بیوچار، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بیش‌تر از میزان سدیم محلول خاک افزوده شده باشد و سدیم بیش‌تری روی سطح ذرات خاک تبادل شده باشد. در لایه سطحی، بیش‌ترین میزان سدیم با میانگین ۱۲۲/۰۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تیمار ۲۵ مگاگرم در هکتار بیوچار در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۱/۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تیمار صفر مگاگرم در هکتار بیوچار در سطح شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. همین روند در لایه پایین نیز مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

خلید چادهری و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که افزودن ۱۲ مگاگرم در هکتار بیوچار تولید شده از چوب درخت اقاقیا در خاک تحت کشت گندم، سبب افزایش سدیم موجود در خاک شد (٦). پیک (۲۰۱۵) گزارش کرد که افزودن ۵۰ و ۱۰۰ مگاگرم در هکتار بیوچار موجب افزایش سدیم در خاک شد (١٤).

غلظت کلسیم عصاره اشباع خاک: جدول ۳ مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارها بر کلسیم عصاره اشباع خاک در دو لایه صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری پس از برداشت گندم را نشان می‌دهد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، در هر دو لایه، افزایش شوری سبب افزایش معنی‌دار کلسیم عصاره اشباع خاک شد. به‌طوری‌که در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلسیم به‌ترتیب در لایه سطحی و پایین، ۸/٦ و ۲/۵ برابر میزان کلسیم در سطح شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر شد. کاربرد سطوح بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم بیوچار در هکتار) در هر دو لایه میزان کلسیم عصاره اشباع را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طوری‌که در لایه سطحی میزان کلسیم در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار به‌ترتیب ۲/٤، ۲/۵ و ۲/۲ برابر میزان کلسیم در تیمار صفر مگاگرم در هکتار بیوچار بود. در لایه پایین نیز میزان کلسیم عصاره اشباع در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار به‌ترتیب ۳/۲، ۳/۹ و ۳/۱ برابر میزان کلسیم در تیمار صفر مگاگرم در هکتار بیوچار بود. طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه برهمکنش‌های دو لایه، میزان کلسیم در لایه سطحی به‌طور معنی‌داری از میزان کلسیم در لایه پایین بیش‌تر است. مشابه با میزان سدیم، دلیل بالاتر بودن میزان کلسیم در لایه سطحی به‌دلیل تبخیر از سطح خاک و نگهداشت آب بیش‌تر توسط بیوچار لایه سطحی می‌باشد.

جدول ۳- اثر سطوح بیوچار (B) و شوری (S) بر غلظت کلسیم ($meq\ l^{-1}$) عصاره اشباع خاک.

Table 3. Effect of Biochar (B) and salinity (S) levels on calcium concentration ($meq\ l^{-1}$) in the saturation paste extract.

سطوح شوری Salinity levels ($dS\ m^{-1}$)	سطوح بیوچار Biochar levels ($Mg\ ha^{-1}$)				
	0	25	50	75	Mean
عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری 0-10 cm soil depth					
0.5	2.0±0.0 ^{n*}	5.8±0.3 ^{m}	7.8±0.1 ^{l}	8.5±0.3 ^{l}	6.0 ^{D}
5	14.0±0.6 ^{k}	32.7±0.7 ^{h}	47.7±0.9 ^{d}	35.0±0.6 ^{g}	32.3 ^{C}
7	21.7±0.9 ^{j}	44.0±0.6 ^{e}	45.0±0.6 ^{e}	40.7±0.7 ^{f}	37.8 ^{B}
9	25.0±0.6 ^{i}	69.3±0.3 ^{a}	58.7±0.9 ^{b}	53.3±0.7 ^{c}	51.6 ^{A}
Mean	15.7 ^{D}	38.0 ^{B}	39.8 ^{A}	34.4 ^{C}	
عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری 10-20 cm soil depth					
0.5	2.0±0.0 ^{i}	7.4±0.1 ^{h}	9.3±0.9 ^{g}	9.1±0.3 ^{g}	7.0 ^{D}
5	2.7±0.3 ^{i}	14.3±0.1 ^{ef}	16.8±0.6 ^{d}	13.7±0.3 ^{f}	11.9 ^{C}
7	3.4±0.2 ^{i}	17.5±0.5 ^{cd}	19.7±0.3 ^{b}	15.3±0.3 ^{e}	14.0 ^{B}
9	10.0±0.6 ^{g}	18.4±0.6 ^{bc}	24.0±0.6 ^{a}	17.7±0.7 ^{cd}	17.5 ^{A}
Mean	4.5 ^{C}	14.4 ^{B}	17.4 ^{A}	13.9 ^{B}	

* در هر لایه، حروف مشابه کوچک و بزرگ، به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین اثر متقابل تیمارها و اثر تیمارهای شوری و بیوچار می‌باشد.

* In each depth, similar small and capital letters show no significant difference at 5 % probability level between treatment's interaction and salinity and biochar treatment.

www.SID.ir

Archive of SID

پورمنصور (۲۰۱٦) گزارش کرد که کاربرد ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ مگاگرم در هکتار بیوچار تولیدشده از کاه و کلش گندم در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم در عصاره اشباع خاک تحت کشت گندم شد (۱۵). به‌طوری‌که که در سطح ۱۰۰ مگاگرم در هکتار بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم در هکتار بیوچار) میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم خاک به‌ترتیب به‌میزان ٤/۷، ٦٤/۵ و ۵ برابر بیش‌تر بوده است. آنگبی و همکاران (۲۰۱٤) به بررسی تأثیر بیوچار بر ویژگی‌های خاک پرداختند و گزارش کردند که کاربرد سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی بیوچار موجب افزایش کلسیم در خاک می‌شود (۱).

نسبت جذبی سدیم در عصاره اشباع خاک: نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارها بر نسبت جذبی سدیم در عصاره اشباع خاک در دو لایه صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری در جدول ٤ نشان داده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه برهمکنش‌های دو لایه نیز، میزان نسبت جذبی سدیم در دو لایه با هم اختلاف معنی‌داری دارند (مشابه با میزان سدیم و کلسیم). در هر دو لایه، افزایش سطوح شوری سبب افزایش معنی‌دار نسبت جذبی سدیم شد.

جدول ٤- اثر سطوح بیوچار (B) و شوری (S) بر نسبت جذبی سدیم خاک.

Table 4. Effect of Biochar (B) and salinity (S) levels on sodium adsorption ratio.

سطوح شوری Salinity levels ($dS\ m^{-1}$)	سطوح بیوچار Biochar levels ($Mg\ ha^{-1}$)				
	0	25	50	75	Mean
	عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری 0-10 cm soil depth				
0.5	1.3±0.0 ^{j*}	4.1±0.2 ^{i}	4.3±0.1 ^{i}	4.2±0.1 ^{i}	3.5 ^{D}
5	10.7±0.2 ^{h}	18.5±0.3 ^{d}	14.1±0.3 ^{f}	10.8±0.3 ^{h}	13.5 ^{C}
7	19.8±0.5 ^{c}	18.2±0.3 ^{d}	17.2±0.3 ^{e}	13.2±0.2 ^{g}	17.1 ^{B}
9	22.8±0.5 ^{a}	20.7±0.1 ^{b}	18.0±0.1 ^{de}	14.6±0.1 ^{f}	19.0 ^{A}
Mean	13.6 ^{B}	15.4 ^{A}	13.4 ^{B}	10.7 ^{C}	
	عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری 10-20 cm soil depth				
0.5	1.7±0.0 ^{k}	6.5±0.3 ^{gh}	6.6±0.1 ^{gh}	3.9±0.1 ^{j}	4.7 ^{D}
5	7.1±0.3 ^{g}	10.4±0.1 ^{d}	6.9±0.2 ^{gh}	5.6±0.3 ^{i}	7.5 ^{C}
7	8.0±0.1 ^{f}	12.7±0.3 ^{b}	8.4±0.2 ^{f}	6.3±0.4 ^{h}	8.8 ^{B}
9	11.2±0.3 ^{c}	13.5±0.1 ^{a}	9.7±0.3 ^{e}	6.9±0.3 ^{gh}	10.3 ^{A}
Mean	7.0 ^{C}	10.8 ^{A}	7.9 ^{B}	5.7 ^{D}	

* در هر لایه، حروف مشابه کوچک و بزرگ، به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین اثر متقابل تیمارها و اثر تیمارهای شوری و بیوچار می‌باشد.

* In each depth, similar small and capital letters show no significant difference at 5 % probability level between treatment's interaction and salinity and biochar treatment.

www.SID.ir

Archive of SID

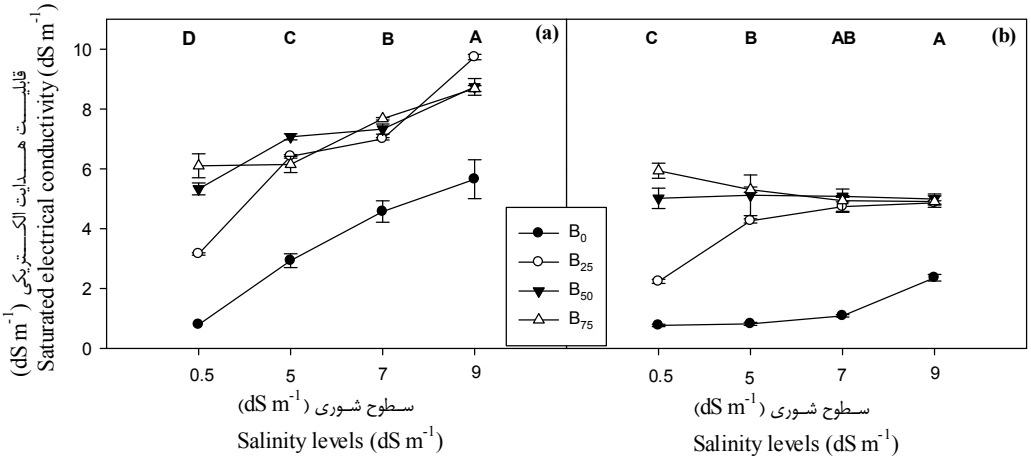
در لایه سطحی، افزایش بیوچار تا ۲۵ مگاگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار نسبت جذبی سدیم شده است اما با افزایش بیوچار به بیش‌تر از ۲۵ مگاگرم در هکتار از میزان نسبت جذبی سدیم در محلول خاک کاسته شده است (البته کاهش در تیمار ۵۰ مگاگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد بیوچار معنی‌دار نبود). در لایه پایین کاربرد سطوح ۲۵ و ۵۰ مگاگرم در هکتار بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم بیوچار در هکتار) نسبت جذبی سدیم را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اما در تیمار ۷۵ مگاگرم در هکتار کاهش ۱۹/۱ درصدی میزان نسبت جذبی سدیم مشاهده می‌شود. طبق طبقه‌بندی خاک‌های شور به روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، به‌طور میانگین در لایه سطحی در تیمارهای صفر، ۲۵ و ۵۰ مگاگرم در هکتار بیوچار، خاک سدیمی شده است (نسبت جذبی سدیم به‌طور میانگین در هر سه سطح به بیش‌تر از ۱۳ افزایش یافته است). این در حالیست که در لایه پایین در تمام تیمارها خطر سدیمی‌شدن در خاک وجود ندارد. ژنگ و همکاران (۲۰۱٦) در پژوهشی به بررسی تأثیر کاربرد ٤۵ مگاگرم بیوچار در هکتار از چهار نوع بیوچار حاصل از پوسته گردو، چوب درخت گردو، ضایعات پنبه و زباله خانگی در دمای ٤۵۰ درجه سانتی‌گراد بر ویژگی‌های شیمیایی دو خاک لوم شنی و لوم رسی پرداختند (۲۰). نتایج نشان داد که کاربرد هر چهار نوع بیوچاردر خاک لوم شنی (با میزان سدیم و نسبت جذبی سدیم (به‌ترتیب برابر ۱/۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۱/۰۳) نسبت به خاک لوم رسی (به‌ترتیب برابر۱٦/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۳/٤۳)، سبب کاهش کم‌تری در نسبت جذبی سدیم در خاک شد. این در حالیست که در خاک لوم رسی با افزودن بیوچارها به خاک بر میزان نسبت جذبی سدیم در خاک افزوده شد.

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک: شکل ۲ مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثر متقابل تیمارها بر میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در دو لایه صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده، مقایسه برهمکنش‌های دو لایه نشان داد که میزان قابلیت هدایت الکتریکی در دو لایه از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند (قابلیت هدایت الکتریکی در لایه سطحی با میانگین ٦/۰۸ دسی‌زیمنس بر متر، از میزان قابلیت هدایت الکتریکی در لایه پایین با میانگین ۳/۹۳ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر است. تبخیر از سطح خاک و بجا ماندن املاح در سطح خاک و در همچنین حرکت آب به سطح خاک می‌تواند منجر به انتقال املاح به لایه سطحی خاک شود و در نتیجه سبب افزایش شوری بیش‌تر در لایه سطحی شود. همین مسأله بالاتر بودن غلظت سدیم و کلسیم در لایه سطحی را تأیید می‌کند. کاربرد سطوح بیوچار در مقایسه با شاهد (صفر مگاگرم بیوچار در هکتار) در هر دو لایه قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طوری‌که در لایه سطحی میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار به‌ترتیب ۱/۹، ۲ و ۲/۱ برابر میزان قابلیت هدایت الکتریکی در تیمار صفر مگاگرم در هکتار بیوچار است. در لایه پایین نیز میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار بیوچار به‌ترتیب ۳/۲، ٤ و ٤/۲ برابر میزان قابلیت هدایت الکتریکی در تیمار صفر مگاگرم در هکتار بیوچار است. افزایش قابلیت هدایت الکتریکی در اثر افزودن بیوچار، احتمالاً به‌دلیل قابلیت هدایت الکتریکی زیاد (۷/۵ دسی‌زیمنس بر

www.SID.ir

Archive of SID

متر) بیوچار افزوده شده به خاک است. قابلیت هدایت الکتریکی محلول خاک، متناسب با غلظت یون‌ها در محلول خاک می‌باشد به‌نحوی‌که هرچه غلظت یون‌ها در محلول خاک بیش‌تر باشد قابلیت هدایت الکتریکی آن نیز بیش‌تر خواهد بود و از آن‌جا که نفوذ آب به خارج از گلدان وجود نداشت، املاح آب آبیاری نیز در طول فصل رشد در خاک تجمع یافته است و سبب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی می‌شود. در همین راستا، اوزوما و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که کاربرد سطوح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مگاگرم در هکتار بیوچار تولیدشده از کود گاوی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به خاک شنی تحت کشت ذرت موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پس از برداشت شد (۱۷). در پژوهش مشابه دیگر، یونس و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که با افزودن ۳ و ۵ درصد وزنی بیوچار تولیدشده از چوب پنبه، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تحت کشت گیاه اسفناج افزایش یافت (۱۹). در مطالعه‌ای که توسط لشری و همکاران (۲۰۱۳) در یک مزرعه با خاک شور (با شوری ۱۲/۶۸ گرم بر کیلوگرم نمک) در چین انجام شد، اثر بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم و مخلوط شده با کمپوست کود مرغ در دمای ۳۵۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد بر محصول گندم مورد بررسی قرار گرفت (۸). طی این آزمایش به‌میزان ۱۲ مگاگرم در هکتار بیوچار و مخلوط کمپوست کود مرغ به خاک اضافه شد. این آزمایش در دو سال متوالی انجام شد. نتایج نشان داد که بیوچار سبب کاهش پ‌هاش خاک، شوری خاک و میزان سدیم و افزایش کلسیم خاک در هر دو سال شد.



شکل ۲- اثر سطوح بیوچار و شوری بر قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مربوط به عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری (a) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (b). B_0، B_{25}، B_{50} و B_{75} بیان‌کننده سطوح بیوچار اعمال‌شده به‌ترتیب در سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ مگاگرم در هکتار می‌باشد. حروف مشابه بزرگ نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین سطوح مختلف تیمار شوری می‌باشد. خطوط عمودی نیز میزان خطای استاندارد را نشان می‌دهد.

Figure 2. Effect of Biochar and salinity levels on saturated electrical conductivity of soil extract in 0-10 cm (a) and 10-20 cm (b) soil depth. B_0, B_{25}, B_{50} and B_{75} represent biochar levels of 0, 25, 50 and 75 Mg ha^{-1}. Similar capital letters indicate no significant difference at the 5% probability level between different salinity levels. Vertical lines show S.E.M.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که افزایش شوری سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هدایت الکتریکی و عناصر سدیم و کلسیم در هر دو لایه شد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد همه سطوح بیوچار، سبب شور شدن خاک شد (در تمام سطوح بیوچار قابلیت هدایت الکتریکی به بیش‌تر از ٤ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت). افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک احتمالاً به‌دلیل قابلیت هدایت الکتریکی زیاد بیوچار اضافه شده به خاک و همچنین تجمع املاح در خاک به‌دلیل عدم وجود نفوذ عمقی می‌باشد. میزان پتاسیم خاک با افزایش بیوچار، به‌علت بالا بودن مقدار پتاسیم در بیوچار، افزایش یافته است، بنابراین می‌توان از آن به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک‌هایی که دارای کمبود پتاسیم هستند، استفاده نمود. از طرفی چون بیوچار مورد استفاده حاوی سدیم نیز بوده است، افزودن آن به خاک سبب افزایش میزان سدیم نیز شده است، به‌طوری‌که سبب سدیمی‌شدن خاک لایه سطحی و افزایش نسبت جذبی سدیم به بیش‌تر از ۱۳ در تیمارهای صفر، ۲۵ و ۵۰ مگاگرم در هکتار بیوچار شده است. در سطح شوری صفر، هر چند که با افزایش بیوچار نسبت جذبی سدیم افزایش یافته است، ولی سبب سدیمی شدن خاک نگردیده است و بنابراین تأثیر شوری بر سدیمی‌شدن خاک به مراتب بیش‌تر است. به‌طورکلی، هر چند که خود بیوچار به واسطه شور بودن سبب افزایش شوری خاک و سایر ویژگی‌های شیمیایی خاک گردیده است، افزایش بیوچار به بیش از ۲۵ مگاگرم بر لیتر تا حدودی شدت اثرات منفی ناشی از افزایش شوری را کاسته است. در نتیجه می‌توان استفاده از بیوچار (با شوری کم) را، با توجه به قابلیت‌های این ماده به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک و در سطوح کم‌تر از ۲۵ مگاگرم بر هکتار به‌نحوی‌که استفاده از آن اقتصادی باشد، پیشنهاد نمود.

منابع

1. Anegbe, B., Okuo, J.M., Ewekay, E.O., and Ogbeifun, D.E. 2014. Fractionation of lead-acid battery soil amended with Biochar. Bayero J. Pure Appl. Sci. 7: 2. 36-43.
2. Barzegar A. 2000. Saline and sodium soils: Recognition and exploitation. Shahid Chamran University Press, 273p. (In Persian)
3. Beesley, L., and Dickinson, N. 2011. Carbon and trace element fluxes in the pore water of an urban soil following greenwaste compost, woody and biochar amendments, inoculated with the earthworm Lumbricus terrestris. Soil Biol. Biochem. 43: 1. 188-196.
4. Gavili, E., Mousavi, A.A., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2016. Effect of cattle manure biochar and drought stress on the growth characteristics and water use efficiency of Spinach under greenhouse conditions. J. Water Res. Agric. 30: 2. 243-259. (In Persian)
5. Hamam. K.A., and Negim. O. 2014. Evaluation of wheat genotypes and some soil properties under saline water irrigation. Ann. Agric. Sci. 59: 2. 165-176.
6. Khalid Chaudhry, U., Shahzad, S., Nadir Naqqash, M., Saboor, A., Subtain Abbas, M., Saeed F., and Yaqoob, S. 2016. Integration of biochar and chemical fertilizer to enhance quality of soil and wheat crop (*Triticum aestivum* L.). J. Biodivers. Environ. Sci. 9: 1. 348-358.
7. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, Sodium and Potassium. P 225-246, In: A.L. Page et al. (eds) Methods of Soil analysis . ASA and SSSA, Madison, WI.
8. Lashari, M.S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., and Yu, X. 2013. Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. Field Crop. Res. 144: 113-118.

www.SID.ir

Archive of SID

9.Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for Environmental Management. Science and Technology, Earthscan. London, UK, 907p.
10.Lehmann, J., Da Silva Jr, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and 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: 2. 343-357.
11.Momeni, A. 2010. Geographic Distribution and Salinity Levels of Iranian Soil Resources. Iran. J. Soil Res. 24: 203-215. (In Persian)
12.Novak, J.M., Lima, I., Xing, B., Gaskin, J.W., Steiner, C., Das, K.C., Ahmedna, M., Rehrah, D., Watts, D.W., Busscher, W.J., and Schomberg, H. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Ann. Environ. Sci. 3: 195-206.
13.Orcutt, D.M., and Nilsen, E.T. 2000. The physiology of plants under stress: soil and biotic factors. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA, 684p.
14.Peake, L. 2015. Biochar amendment to improve soil productivity with particular emphasis on the influence of soil type. Doctoral dissertation, University of East Anglia, 277p.
15.Pourmansour, S. 2016. Effect of different levels of biochar and deficit irrigation on wheat and faba bean growth and yield under greenhouse conditions. Master of Scince dissertation, Shiraz University, 167p. (In Persian)
16.Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil Sci. 78: 2. 154-158.
17.Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., and Nishihara, E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. Soil Use Manage. 27: 2. 205-212.
18.Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W., and Faaij, A. 2011. The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. Energy Environ. Sci. 4: 8. 2669-2681.
19.Younis, U., Athar, M., Malik, S.A., Raza Shah, M.H., and Mahmood, S. 2015. Biochar impact on physiological and biochemical attributes of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) in nickel contaminated soil. Global J. Environ. Sci. Manage. 1: 3. 245-254.
20.Zhang, Y., Idowu, O.J., and Brewer, C.E. 2016. Using agricultural residue biochar to improve soil quality of desert soils. Agriculture, 6: 1. 10.
21.Zimmerman, A.R., Gao, B., and Ahn, M.Y. 2011. Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. Soil Biol. Biochem. 43: 6. 1169-1179.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(4), 2018
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

Effect of biochar and irrigation water salinity on soil chemical properties after wheat harvest

N. Rezaie[1], *F. Razzaghi[2], A.R. Sepaskhah[3] and S.A.A. Moosavi[4]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering, Shiraz University,
[2]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Shiraz University and Drought Research Center, Shiraz University,
[3]Professor, Dept. of Water Engineering, Shiraz University and Drought Research Center, Shiraz University,
[4]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shiraz University

Received: 03.04.2018; Accepted: 06.12.2018

Abstract

Background and Objectives: Salinity is one of the major environmental stresses which negatively influence the agricultural production. The saline soils usually have poor soil structure due to lack of organic matter. Therefore, application of organic matter improves soil aggregate stability, increases soil porosity and enhances soil water holding capacity. Biochar is a carbon rich product, which is produced by burning crop residues and animal manure, under high temperature and limited oxygen conditions. Biochar, when used as a soil amendment, increases soil fertility and improve soil quality. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of different levels of irrigation water salinity and wheat straw biochar on some of soil chemical properties after wheat harvest.

Materials and Methods: A greenhouse experiment was conducted based on completely randomized design with four saline irrigation levels (0.5, 5, 7 and 9 dS m^{-1}) and four levels of biochar (0, 25, 50 and 75 Mg ha^{-1}) with three replications. The soil texture used in experiment was sandy loam with a bulk density of 1.53 g cm^{-3}, the saturated paste extract electrical conductivity of 0.66 dS m^{-1} and the volumetric soil water content of 21 and 8% at field capacity and permanent wilting point, respectively. The biochar was produced from wheat straw at 500 ^{o}C and under non-oxygen conditions. After harvesting of wheat, soil chemical properties (such as sodium, calcium and potassium concentration, soil electrical conductivity in the saturation paste extract and sodium absorption ratio) were measured in two layers of 0-10 and 10-20 cm. Statistical analysis was performed using SAS software. The comparison between the effects of treatments on studied characteristics was performed with Duncan's test at 95% probability level.

Results: In general, the results showed that the concentration of sodium, potassium and calcium, electrical conductivity and sodium absorption ratio in the 0-10 cm layer with the application of the highest level of biochar (75 Mg ha^{-1}) increased by 1.1 and 143.8, 2.2, 2.1 and 0.8 times in comparison with no biochar application. In the same soil depth (0-10 cm), the latter parameters with the application of the maximum level of water salinity (9 dS m^{-1}) were enhanced by 14.8 and 1.6, 8.6, 2.1 and 5.4 times in comparison with 0.5 dS m^{-1} salinity. The concentration of measured ions, soil electrical conductivity and sodium absorption ratio were higher at 0-10 cm compared with those in 10-20 cm due to evaporation from soil surface and higher water holding capacity in top layer of soil due to biochar application. On the other hand, the increase in soil electrical conductivity in both layers by application of biochar was due to

* Corresponding Author; Email: razzaghi@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

high saturated paste extract electrical conductivity of the used biochar (7.5 dS m^{-1}) in comparison with the electrical conductivity of the soil (0.7 dS m^{-1}) and also accumulation of ions in the soil (as water was not drained out of the pots).

Conclusion: Although, biochar increased soil salinity and other soil chemical properties due to its salinity, the increase in biochar application to the levels higher than 25 Mg ha^{-1} to some extent reduced the negative effects caused by elevation of salinity. On the other hand, considering the increase of potassium along with presence of biochar, it can be used as modifier in soils with potassium deficiency. Therefore, according to biochar ability as soil amendment, biochar (with low salinity) can be proposed at levels of less than 25 Mg ha^{-1}, so that its use is economical.

Keywords: Calcium, Electrical conductivity, Potassium, Sodium, Sodium adsorption ratio

www.SID.ir

Archi

www.SID.ir