Archive of SID

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

تأثیر کاربرد برخی بقایای گیاهان زراعی و تفاله شیرین‌بیان و بیوچار حاصل از آن‌ها بر وضعیت پتاسیم یک خاک آهکی

*مهدی نجفی‌قیری[۱] و حمیدرضا بوستانی[۲]

[۱]دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز،
[۲]استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از ترکیب‌های آلی مختلف در کشاورزی ارگانیک می‌تواند سبب تغییر در وضعیت عناصر مورد نیاز گیاه در خاک‌های دچار کمبود گردد. خاک‌های مناطق خشک ایران دارای مقدار قابل‌توجهی پتاسیم قابل‌استفاده هستند که با کشاورزی فشرده مقدار آن‌ها در حال کاهش می‌باشد. مقداری از این کمبود می‌تواند با کاربرد ترکیب‌های آلی مختلف در کشاورزی ارگانیک جبران گردد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با کاربرد چهار ماده آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها در یک خاک آهکی و تأثیر آن بر مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم انجام شد. مقدار ۳ گرم کاه گندم، کاه ذرت، سبوس برنج و تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار حاصل از آن‌ها به ۱۰۰ گرم از یک خاک لوم‌رسی آهکی اضافه گردید و نمونه‌ها به‌مدت ۹۰ روز در دمای ۲±۲۲ درجه سلسیوس و ۵۰ درصد رطوبت اشباع نگهداری گردید. نمونه‌های خاک، هواخشک و الک شد و pH، قابلیت هدایت الکتریکی و مقادیر پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی، قابل‌استخراج با اسیدنیتریک و مقدار پتاسیم آزاد شده از کانی‌های خاک اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربرد مواد آلی گیاهی، pH خاک را تغییر نداد اما بیوچار سبب افزایش pH خاک گردید (میانگین ۰/۰۷). قابلیت هدایت الکتریکی خاک با کاربرد کاه گندم و ذرت افزایش یافت و تبدیل مواد آلی گیاهی به بیوچار شوری خاک را بیش‌تر افزایش داد. تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار آن تأثیری بر مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم نداشتند اما سایر مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها سبب افزایش پتاسیم قابل‌استخراج با اسیدنیتریک، محلول و تبادلی شدند و ترتیب این افزایش به‌صورت کاه گندم > کاه ذرت > سبوس برنج بود. به‌طور میانگین، بیوچارها نسبت به مواد آلی گیاهی افزایش بیش‌تری را در مقدار پتاسیم محلول، تبادلی و قابل‌استخراج با اسیدنیتریک نشان دادند (به‌ترتیب ۲۱۲، ۲۶۹ و ۲۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم). پتاسیم غیرتبادلی با کاربرد مواد آلی گیاهی و بیوچار آن‌ها (به‌جز کاه ذرت) تغییری نیافت. کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج سبب آزادسازی به‌ترتیب ۲۸۶، ۲۱۷ و ۱۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیوچار کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج سبب آزادسازی به‌ترتیب ۶۳۷، ۴۲۹ و ۲۹۰ میلی‌گرم

* مسئول مکاتبه: mnajafighiri@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

بر کیلوگرم پتاسیم از ساختمان کانی‌های پتاسیم‌دار خاک شدند که این می‌تواند در نتیجه تأثیر ملکول‌های آلی و کاتیون‌های معدنی موجود در ترکیب‌ها بر تجزیه کانی‌ها و آزادسازی پتاسیم از آن‌ها باشد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها می‌تواند تأثیراتی شگرف بر وضعیت پتاسیم خاک و رفع کمبود این عنصر داشته و در این میان نقش بیوچار به مراتب مهم‌تر از مواد آلی اولیه می‌باشد. از طرف دیگر افزایش شوری و pH خاک به‌ویژه در خاک‌های آهکی مناطق خشک باید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: آزادسازی پتاسیم، قابلیت هدایت الکتریکی، pH خاک، شکل‌های پتاسیم

مقدمه

امروزه با توسعه کشاورزی ارگانیک، کاهش استفاده از کودهای شیمیایی مدنظر قرار گرفته است. ترکیب‌های آلی مختلف می‌توانند علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، سبب تأمین برخی عناصر مورد نیاز گیاه شوند. در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک، با وجود مقادیر بالای پتاسیم قابل‌استفاده، امروزه با توسعه کشاورزی فشرده و استفاده از ارقام پرمحصول با جذب بالای پتاسیم، کمبود پتاسیم ممکن است رخ دهد (۳). ترکیب‌های آلی می‌توانند مقداری از پتاسیم از دست رفته خاک را جبران کنند. با توجه به این‌که پتاسیم در ترکیب‌های آلی به‌شکل معدنی وجود دارد افزودن این ترکیب‌ها به خاک سبب رهاسازی مقدار زیادی پتاسیم به محلول خاک می‌شود (۸). با افزایش پتاسیم محلول خاک، به‌علت تعادل بین شکل‌های مختلف پتاسیم، مقداری از یون‌های پتاسیم محلول وارد فاز تبادلی و غیرتبادلی‌شده و در نتیجه سبب افزایش همه شکل‌های پتاسیم می‌شود (۸). از طرف دیگر ملکول‌های آلی و کاتیون‌های معدنی موجود در ترکیب‌های آلی نیز می‌توانند سبب هوادیدگی کانی‌های پتاسیم‌دار و آزادسازی پتاسیم از آن‌ها شوند (۳۹).

مهم‌ترین ترکیب‌های آلی که امروزه برای بهبود ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل بقایای گیاهی و ضایعات کشاورزی، کودهای دامی، فاضلاب‌ها، کود سبز و بیوچارها می‌باشند. بیوچارها ترکیب‌هایی هستند که از گرماکافت آهسته بقایای گیاهی در محیط بدون اکسیژن و یا دارای اکسیژن محدود در دمای زیاد تولید می‌شوند و می‌توانند به‌مدت طولانی در خاک باقی‌مانده و سبب ترسیب کربن، کاهش کربن اتمسفری و در نتیجه تعدیل اثرهای گازهای گلخانه‌ای و گرمایش کره زمین شوند (٤۰). با افزودن بیوچارها به خاک به‌دلیل سطح ویژه بالا، ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد، pH قلیایی و املاح محلول زیاد این ترکیب‌ها، تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و قابلیت استفاده عناصر غذایی به‌وجود می‌آید. گاسکین و همکاران (۲۰۱۰)، جلالی (۲۰۱۱)، اولاریتا و همکاران (۲۰۱۱) و نجفی‌قیری (۲۰۱۵) افزایش قابل‌توجهی در مقادیر شکل‌های مختلف پتاسیم و همچنین آهنگ آزادسازی پتاسیم از کانی‌های خاک با کاربرد بقایای مختلف گیاهی و بیوچارهای حاصل از آن‌ها گزارش کرده‌اند (٦، ۲۳ و ۳۰). جلالی (۲۰۱۱) گزارش کرد که کاربرد بقایای گیاهی مختلف به تعدادی از خاک‌های آهکی همدان سبب افزایش آزادسازی پتاسیم خاک تا ۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد (۱٤). نجفی‌قیری (۲۰۱۵) نیز افزایش ۹۳٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مجموع شکل‌های پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی با کاربرد

www.SID.ir

Archive of SID

بیوچارهای با منشاء گیاهی مختلف در خاک‌های آهکی استان فارس گزارش کرد (۲۳). با این‌حال، کاربرد بقایای گیاهی و بیوچار در خاک‌ها سبب بروز مشکلاتی نیز می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها افزایش pH خاک‌های آهکی و افزایش شوری خاک‌های مختلف می‌باشد (٤٦).

فرض بر این است که مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها می‌توانند بر برخی ویژگی‌های خاک و مقادیر شکل‌های مختلف پتاسیم خاک اثر گذاشته و در نتیجه قابلیت استفاده این عنصر و تثبیت و آزادسازی آن را تغییر دهند. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر چهار نوع ماده آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها و مقایسه این دو بر pH و قابلیت هدایت الکتریکی یک خاک آهکی و همچنین شکل‌های محلول، تبادلی و غیرتبادلی پتاسیم و مقدار آزادسازی پتاسیم از ساختمان کانی‌ها بود.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد آلی گیاهی و تولید بیوچار از آن‌ها: کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج از مزارع شهرستان‌های داراب و مرودشت و تفاله ریشه شیرین‌بیان از کارخانه فرآوری آن در شهر زرقان (استان فارس) جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در دمای ٦٠ درجه سلسیوس به‌مدت ٢٤ ساعت خشک شدند و سپس آسیاب و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. جهت تهیه بیوچار، مقدار ۲۰۰ گرم از هر نمونه در بشر ۲۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شد و به‌وسیله ورقه‌های آلومینیمی پوشانده شد و با پیچاندن سیم‌های فلزی اطراف آن‌ها محکم گردید تا از ورود هوا به داخل ظرف جلوگیری شده و شرایط دسترسی اکسیژن محدود ایجاد گردد. گرماکافت نمونه‌ها در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس به‌مدت چهار ساعت صورت گرفت. آهنگ افزایش دمای کوره ۱۰ درجه سلسیوس بر دقیقه بود و پس از رسیدن به دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس، نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در این دما قرار گرفتند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، وزن نهایی آن‌ها اندازه‌گیری گردید. درصد کاهش وزن بقایا بر اثر گرماکافت و تبدیل به بیوچار نیز محاسبه گردید (۲۳). مقدار pH (در تعلیق ۱ به ۵ ماده آلی به آب)، قابلیت هدایت الکتریکی (در عصاره ۱ به ۵ ماده آلی به آب) و پتاسیم کل (به روش خشک‌سوزانی و حل در اسید کلریدریک) در نمونه‌های ترکیب‌های آلی و بیوچار حاصل از آن‌ها اندازه‌گیری گردید (٤٤). توزیع شکل‌های پتاسیم نیز با تقسیم مقدار هر شکل پتاسیم به مقدار پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک بر حسب درصد محاسبه گردید.

تهیه نمونه خاک و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن: نمونه خاک مورد مطالعه از مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب (جنوب‌شرقی استان فارس) تهیه شد. نمونه‌برداری با استفاده از بیل و از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر انجام شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و هواخشک شدن، برای تعیین ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی از ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک شامل بافت خاک (۳۱)، pH گل اشباع (۳۲)، کربنات کلسیم معادل (۲۰)، قابلیت هدایت الکتریکی (۳۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی (۳۸) و کربن آلی (۲۹) اندازه‌گیری شد.

اعمال تیمارها: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل نه تیمار (کاه گندم، کاه ذرت، سبوس برنج، تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار آن‌ها و شاهد) روی خاک مورد مطالعه با سه تکرار انجام شد. به این ترتیب که ۱۰۰ گرم خاک در ظروف پلاستیکی ریخته و سه گرم از مواد آلی موردنظر (معادل سه درصد) به

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها اضافه شد. تیمار بدون ماده آلی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی در ۵۰ درصد رطوبت اشباع و دمای ۲±۲۲ درجه سلسیوس به‌مدت ۹۰ روز نگهداری شدند. حفظ رطوبت در نمونه‌ها با توزین روزانه آن‌ها و افزودن آب انجام شد. در پایان نمونه‌ها هوا خشک شدند و پس از خرد کردن کاملاً مخلوط شده و pH، قابلیت هدایت الکتریکی و شکل‌های مختلف پتاسیم در آن‌ها اندازه‌گیری شد. pH خاک در خمیر اشباع و قابلیت هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک در عصاره اشباع اندازه‌گیری شد (۳۲). اندازه‌گیری شکل‌های مختلف پتاسیم شامل پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی به روش باشور و سایق (۲۰۰۷) انجام گرفت (۵). مقدار پتاسیم محلول در عصاره اشباع نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. پتاسیم تبادلی با چهار بار عصاره‌گیری نمونه‌های خاک با استات آمونیم یک مولار در pH هفت و کسر مقدار پتاسیم محلول از آن و پتاسیم غیرتبادلی خاک با استفاده از اسید نیتریک یک مولار جوشان و کسر مقدار پتاسیم محلول و تبادلی از آن به‌دست آمد. مقدار پتاسیم در عصاره‌های حاصل به‌روش شعله‌سنجی با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (Corning 450, USA) اندازه‌گیری شد.

مقدار پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک در نمونه‌های خاک تیمارشده با مواد آلی می‌تواند پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی بومی خاک اولیه (K_c)، پتاسیم کل مواد آلی افزوده‌شده (K_o) و پتاسیم ساختمانی آزاد شده از کانی‌های پتاسیم‌دار خاک (K_r) باشد. مجموع مقدار پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی بومی خاک و پتاسیم افزوده شده از طریق ترکیب‌های آلی در نمونه‌های خاک تیمار شده با سه درصد از ترکیب‌های آلی (K_e) از رابطه ۱ قابل محاسبه می‌باشد:

$$K_e = 0.97\ K_c + 0.03\ K_o \qquad (۱)$$

با کسر مقدار به‌دست آمده از رابطه ۱ از مقدار اندازه‌گیری‌شده در خاک تیمارشده با ترکیب‌های آلی (K_t)، مقدار پتاسیم آزادشده از کانی‌های خاک (K_r) از رابطه ۲ به‌دست می‌آید.

$$K_r = K_t - K_e \qquad (۲)$$

تحلیل آماری: برای تجزیه آماری نمونه‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های خاک و مواد آلی مورد استفاده: خاک مورد استفاده فراوان‌ترین خاک در منطقه مورد مطالعه بوده و تحت کشت گندم قرار داشت. بر اساس گروه نقشه‌برداری خاک (۱۹۹٤)، خاک مورد مطالعه به‌عنوان Fine, carbonatic, hyperthermic Typic Calciustepts رده‌بندی می‌شود (۳٤). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این خاک در جدول ۱ آورده شده است. خاک مورد استفاده دارای بافت لوم‌رسی و شدیداً آهکی می‌باشد. اگرچه قابلیت هدایت الکتریکی خاک مورد مطالعه کم بود اما مقدار پتاسیم محلول در آن بالا می‌باشد که این می‌تواند در نتیجه کاربرد کودهای شیمیایی حاوی پتاسیم باشد. مقدار پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی نیز در محدوده گزارش شده به‌وسیله نجفی‌قیری و همکاران (۲۰۱۱) برای خاک‌های جنوب ایران می‌باشد (۲۸). ترکیب عنصری و برخی ویژگی‌های مواد آلی گیاهی مورد استفاده و بیوچار حاصل از آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است. مقدار کربن در مواد آلی گیاهی مورد استفاده از ۳۸ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

برای سبوس برنج تا ٤٩ درصد برای تفاله ریشه شیرین‌بیان متغیر بود (میانگین ٤٣ درصد) و با تبدیل مواد آلی گیاهی به بیوچار درصد کربن آن‌ها افزایش یافت (میانگین ٥٨ درصد). مقدار هیدروژن نیز در مواد آلی گیاهی بیش‌تر از ٤ درصد بود و با تبدیل آن‌ها به بیوچار به کم‌تر از ٣ درصد کاهش یافت. مقدار نیتروژن در مواد آلی گیاهی نیز با تبدیل آن‌ها به بیوچار کاهش یافت. مقدار پتاسیم کل در مواد آلی گیاهی متغیر و از ٠/٢ درصد برای تفاله ریشه شیرین‌بیان تا ١/٥ درصد برای کاه گندم متغیر بود. افزایش قابل‌ملاحظه در مقدار پتاسیم با تبدیل مواد گیاهی اولیه به بیوچار مشاهده شد. این مقادیر پتاسیم در دامنه بیان شده توسط پژوهشگران مختلف برای بقایای گیاهی و بیوچارهای با منابع متفاوت می‌باشد (١، ٢، ١١، ١٥ و ٢٣).

کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار قابلیت هدایت الکتریکی به‌ترتیب در تفاله ریشه شیرین‌بیان و کاه گندم مشاهده گردید و با تبدیل آن‌ها به بیوچار مقدار آن افزایش یافت. نجفی‌قیری (٢٠١٥) مقدار قابلیت هدایت الکتریکی برای بیوچارهای مختلف با منشاء گیاهی کم‌تر از ٠/٥ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند که بسیار کم‌تر از نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر می‌باشد که این می‌تواند مربوط به تنوع در نوع بقایای گیاهی، شرایط نگهداری و شرایط تولید بیوچار باشد (٢٣). pH مواد آلی گیاهی اسیدی تا خنثی بوده و با تبدیل آن‌ها به بیوچار افزایش شدیدی را نشان داد و به بالاتر از ٩/٥ رسید. بیش‌ترین pH مربوط به بیوچار سبوس برنج بود. این نتایج موافق نتایج نجفی‌قیری (٢٠١٥) می‌باشد (٢٣).

جدول ١- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.

Table 1. Physical and chemical properties of the used soil.

ویژگی Property	مقدار Content	ویژگی Property	مقدار Content
شن Sand (%)	23	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	0.34
سیلت Silt (%)	40	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (cmol(+) kg^{-1})	14.2
رس Clay (%)	37	پتاسیم محلول Soluble K (mg kg^{-1})	45
کربنات‌کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent (%)	40	پتاسیم تبادلی Exchangeable K (mg kg^{-1})	246
pH	7.83	پتاسیم غیرتبادلی Non-exchangeable K (mg kg^{-1})	351
ماده آلی Organic matter (%)	1.2	پتاسیم کل Total K (%)	0.54

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- برخی ویژگی‌های مواد آلی مورد استفاده و بیوچار حاصل از آن‌ها.

Table 2. Some properties of the used organic materials and their biochars.

pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	پتاسیم K (%)	نیتروژن N (%)	هیدروژن H (%)	کربن C (%)	ترکیب‌های آلی Organic materials
5.64	5.46	0.65	2.76	5.40	41.04	کاه ذرت Corn straw
6.08	10.08	1.50	1.52	4.93	42.69	کاه گندم Wheat straw
7.04	2.85	0.30	0.89	4.71	38.27	سبوس برنج Rice bran
6.55	1.17	0.20	2.53	5.76	48.73	تفاله ریشه شیرین‌بیان Licorice root residue
10.60	6.40	2.80	1.24	2.84	68.02	بیوچار کاه ذرت Corn straw biochar
10.50	11.62	4.20	0.71	2.48	56.25	بیوچار کاه گندم Wheat straw biochar
11.00	3.50	0.80	0.77	2.19	49.22	بیوچار سبوس برنج Rice bran biochar
9.50	2.40	0.30	2.43	2.25	57.76	بیوچار ریشه شیرین‌بیان Licorice root biochar

تأثیر کاربرد ترکیب‌های آلی بر برخی ویژگی‌های خاک: ترکیب‌های آلی افزوده‌شده سبب تغییر معنادار pH نمونه‌های خاک شدند (جدول ۳). pH نمونه‌های خاک تیمارشده با کاه ذرت و گندم نسبت به خاک شاهد کاهش یافت. اما pH نمونه‌های تیمار شده با سبوس برنج و تفاله ریشه شیرین‌بیان تغییر معناداری را نشان نداد (شکل ۱). بیوچار کاه ذرت و سبوس برنج pH خاک را افزایش دادند اما بیوچار تفاله ریشه شیرین‌بیان و کاه گندم تأثیری بر آن نداشتند. به‌طورکلی نمونه‌های خاک تیمارشده با بیوچار، pH بالاتری نسبت به نمونه‌های خاک تیمار شده با مواد آلی گیاهی داشتند. تغییر pH در نتیجه افزودن بقایای آلی به خاک بستگی به ویژگی‌های ترکیب‌های آلی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. مواد آلی گیاهی مورد استفاده در این مطالعه اغلب دارای pH اسیدی ضعیف بودند (میانگین ٦/۳۳) اما تبدیل آن‌ها به بیوچار سبب افزایش شدید pH آن‌ها شد (میانگین ۱۰/٤). علت اصلی افزایش pH خاک با کابرد بیوچار مربوط به کربنات‌های عناصر قلیایی موجود در آن می‌باشد (۳۵). افزایش pH خاک در نتیجه کاربرد بقایای آلی توسط یو و همکاران (۲۰۱٤) و زلفی باوریانی و همکاران (۲۰۱٦) نیز گزارش شده است (٤۳ و ٤٦). یوان و ژو (۲۰۱۱) بقایای گیاهی مختلف را به بیوچار تبدیل کرده و بیان کردند که تمامی بیوچارهای تولیدی pH قلیایی داشتند و بیوچار حاصل از بقایای سویا بیش‌ترین مقدار pH را داشت (٤٤). آن‌ها دلیل تفاوت pH بیوچارها را در تفاوت مقدار کاتیون‌های بازی در آن‌ها بیان کردند. یو و همکاران (۲۰۱٤) نیز با کاربرد بیوچار کاه و کلش و کود دامی به یک خاک آهکی افزایش ۰/٤۵ در مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

pH را مشاهده کردند (٤٣). یان و همکاران (١٩٩٦) بیان کردند که افزودن ترکیب‌های آلی به خاک‌های اسیدی در ابتدا با توجه به تفکیک گروه‌های کربوکسیل سبب کاهش pH و سپس با تجزیه گروه‌های کربوکسیل و تولید دی‌اکسیدکربن سبب افزایش pH خاک می‌شود (٤٢). در خاک مورد مطالعه به‌نظر می‌رسد که تجزیه ترکیب‌های آلی افزوده شده به خاک و تولید دی‌اکسیدکربن سبب کاهش pH خاک شده است؛ در حالی‌که بیوچارها به تجزیه میکروبی مقاوم‌تر بوده و بنابراین تأثیر کم‌تری بر pH خاک از طریق تولید دی‌اکسیدکربن داشته‌اند. از طرف دیگر تبدیل ترکیب‌های آلی به بیوچار سبب رهاسازی مقدار بالای کاتیون‌های قلیایی مانند کلسیم و منیزیم در بیوچار شده و در نتیجه افزایش pH بیوچار و خاک‌های تیمارشده با آن‌ها را به‌دنبال خواهد داشت (٤٤).

قابلیت هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک با کاربرد مواد آلی مختلف و بیوچار حاصل از آن‌ها به‌طور معناداری تغییر یافت (شکل ٢). افزودن کاه گندم و ذرت باعث افزایش شوری خاک شد (به‌ترتیب ٠/٢٩ و ٠/٢٢ دسی‌زیمنس بر متر)؛ در حالی‌که تفاله ریشه شیرین‌بیان مقدار آن را کاهش داد (٠/٠٨ دسی‌زیمنس بر متر). کاربرد سبوس برنج تأثیری بر شوری خاک نداشت. بیوچار حاصل از کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج شوری خاک را به‌ترتیب ٠/٨٤، ٠/٣٥ و ٠/٠٧ دسی‌زیمنس بر متر افزایش دادند اما بیوچار تفاله ریشه شیرین‌بیان تأثیری بر آن نداشت. به‌طورکلی تبدیل مواد آلی اولیه به بیوچار باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک‌های تیمار شده با آن‌ها شد؛ البته این تأثیر برای کاه گندم بسیار محسوس‌تر بود و تبدیل کاه گندم به بیوچار باعث افزایش دو برابری قابلیت هدایت الکتریکی خاک شد. همان‌گونه که بیان گردید تبدیل بقایای گیاهی به بیوچار سبب آزادسازی عناصر قلیایی آن‌ها شد و این می‌تواند دلیل افزایش بیش‌تر شوری خاک‌های تیمارشده با بیوچار باشد. افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک با کاربرد بیوچار به‌وسیله سونگ و گوا (٢٠١٢) و زلفی باوریانی (٢٠١٦) گزارش شده‌است (٣٥ و ٤٦). این پژوهشگران بیان کردند که برای کاربرد بیوچار در خاک به‌دلیل افزایش شوری خاک و احتمال صدمه به بذر و نهال گیاهان باید دقت کافی را به‌کار برد.

جدول ٣- نتایج تجزیه واریانس تأثیر مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها بر pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک.

Table 3. Analysis of variance of the effect of organic materials and their biochars on soil pH and EC.

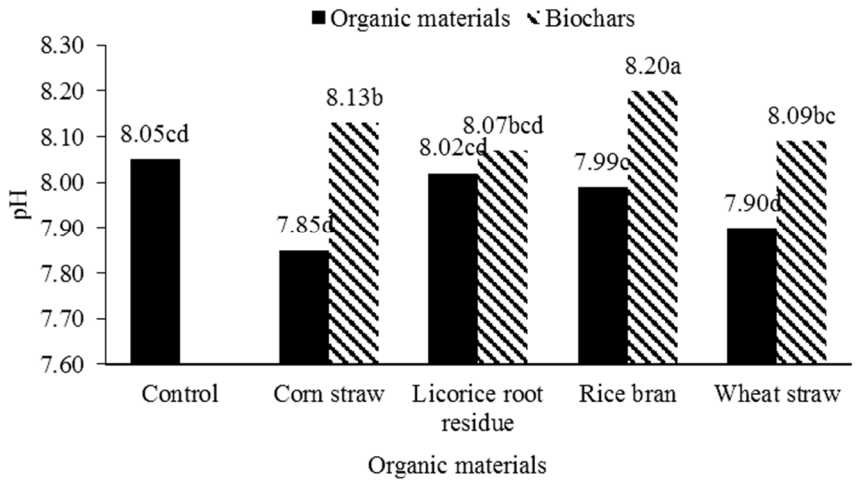
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square	
		pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC
ترکیب‌های آلی و بیوچار آن‌ها Organic materials and biochars	8	0.002**	0.259**
خطای کل Total error	16	0.002	0.002
ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)		0.55	3.27

** معنادار در سطح احتمال ١ درصد.

** Significant at 1%.

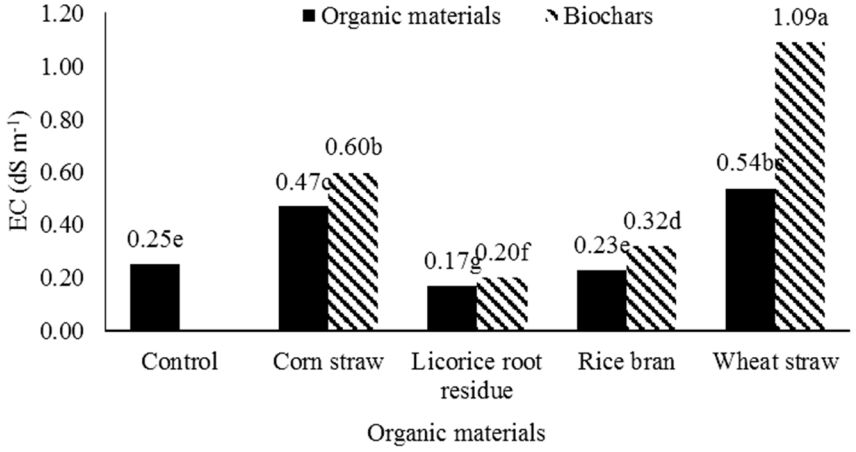
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقدار pH نمونه‌های خاک شاهد و تیمارشده با مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها.

Figure 1. pH of control and soil samples treated with organic materials and their biochars.



شکل ۲- مقدار قابلیت هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک شاهد و تیمارشده با مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها.

Figure 2. Electrical conductivity of control and soil samples treated with organic materials and their biochars.

تأثیر مواد آلی گیاهی و بیوچار آن‌ها بر پتاسیم خاک: جدول ٤ نشان می‌دهد که اثر کاربرد مواد آلی مختلف و بیوچارهای حاصل از آن‌ها بر مقدار همه شکل‌های پتاسیم خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کاه ذرت و گندم، سبوس برنج و بیوچارهای حاصل از آن‌ها باعث افزایش معنادار مقدار پتاسیم محلول خاک شد؛ در حالی‌که تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار آن تغییر معنادار در مقدار آن ایجاد نکرد. ترتیب افزایش مقدار پتاسیم محلول به‌صورت کاه گندم > کاه ذرت > سبوس برنج بود. به‌طورکلی تبدیل مواد آلی گیاهی به بیوچار باعث افزایش تأثیر آن بر مقدار پتاسیم محلول خاک شد و این مقدار افزایش (تفاوت مواد آلی گیاهی و بیوچار آن‌ها) برای کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج

www.SID.ir

Archive of SID

به‌ترتیب ۳٤٦، ۲۳٦ و ٥٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. تبدیل تفاله ریشه شیرین‌بیان به بیوچار سبب کاهش مقدار پتاسیم محلول خاک به مقدار ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد که البته این کاهش معنادار نبود. نجفی‌قیری (۲۰۱٥) افزایش ٤/٤ تا ۷ برابری پتاسیم محلول را در نتیجه افزودن بیوچار حاصل از بقایای گندم، پنبه، ذرت و کنجد به یک خاک آهکی گزارش کرد و بیان نمود که این افزایش با کاربرد بیوچار گندم و کنجد بیش‌تر از بیوچار ذرت و پنبه بود (۲۳). افزایش پتاسیم محلول در نتیجه کاربرد بقایای گیاهی و بیوچار به ترکیب آن‌ها به‌ویژه مقدار پتاسیم موجود در آن‌ها، سرعت آزادسازی پتاسیم و تأثیر ملکول‌های آلی بر آزادسازی پتاسیم از کانی‌های خاک ارتباط دارد (۱٤ و ۲۳).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس تأثیر ترکیب‌های آلی مورد استفاده بر شکل‌های مختلف پتاسیم خاک.

Table 4. Analysis of variance of the effect of the used organic materials on different forms of K in soil.

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square			
		شکل‌های پتاسیم K forms			
		محلول Soluble	تبادلی Exchangeable	غیرتبادلی Non-exchangeable	کل Total
ترکیب‌های آلی و بیوچار آن‌ها Organic materials and biochars	8	104177**	295544**	13140**	734215**
خطای کل Total error	16	320	219	980	861
ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)		2.26	2.97	7.76	2.67
منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	درصد پتاسیم K percentage			نسبت پتاسیم تبادلی به محلول Exchangeable to soluble K ratio
		محلول Soluble	تبادلی Exchangeable	غیرتبادلی Non-exchangeable	
ترکیب‌های آلی و بیوچار آن‌ها Organic materials and biochars	8	167**	161**	602**	5.58**
خطای کل Total error	16	0.24	3.12	3.79	0.05
ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)		3.24	4.13	3.79	6.44

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

** Significant at 1%.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقادیر شکل‌های پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نمونه‌های خاک تیمارشده با ترکیب‌های آلی مختلف.

Table 5. Contents of K forms (mg kg^{-1}) in soil samples treated with different organic materials.

تیمار Treatment	شکل‌های پتاسیم K forms				
	محلول Soluble	تبادلی Exchangeable	غیرتبادلی Non-exchangeable	اسیدنیتریک HNO_3-extractable	نسبت تبادلی به محلول Exchangeable to soluble ratio
شاهد Control	45^{f}	246^{g}	351^{bc}	642^{g}	5.5^{a}
کاه ذرت Corn straw	136^{d}	347^{e}	490^{a}	976^{e}	2.5^{d}
بیوچار کاه ذرت Corn straw biochar	372^{b}	764^{b}	481^{a}	1618^{b}	2.0^{e}
تفاله ریشه شیرین‌بیان Licorice root residue	69^{ef}	225^{g}	374^{bc}	669^{g}	3.3^{c}
بیوچار ریشه شیرین‌بیان Licorice root biochar	49^{f}	278^{f}	366^{bc}	693^{g}	5.6^{a}
سبوس برنج Rice bran	93^{e}	353^{f}	388^{b}	835^{f}	3.8^{b}
بیوچار سبوس برنج Rice bran biochar	149^{d}	434^{d}	495^{a}	1079^{d}	2.9^{c}
کاه گندم Wheat straw	258^{c}	650^{c}	362^{bc}	1271^{c}	2.5^{d}
بیوچار کاه گندم Wheat straw biochar	604^{a}	1176^{a}	326^{c}	2106^{a}	1.9^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌ها با آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) می‌باشد.

Numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan's test ($P<0.05$).

مواد آلی اولیه گیاهی و بیوچارهای حاصل از آن‌ها (به‌جز تفاله ریشه شیرین‌بیان) سبب افزایش معنادار پتاسیم تبادلی خاک شد. ترتیب تأثیر مواد آلی مورد استفاده بر افزایش پتاسیم تبادلی به‌صورت کاه گندم > سبوس برنج = کاه ذرت > تفاله ریشه شیرین‌بیان بود. لایرد و همکاران (۲۰۱۰) با افزودن بیوچار انواع مختلف چوب و کودهای دامی به خاک، افزایش مقدار پتاسیم را در خاک مشاهده نمودند (۱۸). افزایش قابل‌توجه در مقدار کاتیون‌های بازی با افزودن انواع مختلف بیوچار شامل بیوچار بقایای گندم، ذرت، نخود، برنج و سویا توسط جین‌هوا و همکاران (۲۰۱۱) و هافله و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شده است (۱٦ و ۷). از طرف دیگر، کاهش مقدار پتاسیم قابل استفاده نیز با کاربرد بیوچار لجن فاضلاب به خاک توسط حسین و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است (۱۰). تبدیل مواد آلی گیاهی به بیوچار و کاربرد آن‌ها در خاک تأثیر بیش‌تری نسبت به مواد آلی اولیه در افزایش مقدار پتاسیم تبادلی خاک داشت (میانگین ٦٦۳ در مقابل ۳۹٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مقدار این افزایش برای بیوچار کاه گندم، کاه ذرت، سبوس برنج و تفاله ریشه شیرین‌بیان به‌ترتیب ۵۲٦، ٤۱۷، ۸۱ و ۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نجفی‌قیری (۲۰۱۵) افزایش بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم تبادلی را در نتیجه کاربرد بیوچارهای مختلف حاصل از بقایای گیاهی در یک خاک آهکی گزارش کرد (۲۳).

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت پتاسیم تبادلی به محلول در خاک شاهد ۵/۵ بود که با کاربرد ترکیب‌های مختلف (به‌جز بیوچار تفاله ریشه شیرین‌بیان) کاهش یافت. ترتیب کاهش این نسبت با کاربرد مواد آلی گیاهی و بیوچار آن‌ها به‌صورت کاه گندم > کاه ذرت > سبوس برنج > تفاله ریشه شیرین‌بیان بود. به‌طورکلی تبدیل کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج به بیوچار باعث کاهش نسبت پتاسیم تبادلی به محلول شد در حالی‌که تبدیل تفاله ریشه شیرین‌بیان به بیوچار این نسبت را افزایش داد.

کاه ذرت و بیوچار آن و بیوچار سبوس برنج مقدار پتاسیم غیرتبادلی خاک را افزایش دادند در حالی‌که بیوچار کاه گندم مقدار آن را کاهش داد. سایر ترکیب‌های آلی تأثیر معناداری بر مقدار پتاسیم غیرتبادلی نداشتند. تبدیل بقایای گیاهی (به‌جز سبوس برنج) به بیوچار تأثیر معنادار بر افزایش پتاسیم غیرتبادلی خاک نداشت. با افزودن پتاسیم به خاک از طریق ترکیب‌های آلی دو اتفاق متفاوت روی می‌دهد که یکی در جهت تثبیت پتاسیم و افزایش پتاسیم غیرتبادلی و ایجاد تعادل بین شکل‌های پتاسیم خاک است (۸، ۲۲، ۲٤ و ۲۵)؛ این افزایش که در نتیجه پخشیدگی یون‌های پتاسیم محلول به بین لایه‌های کانی‌هایی مانند ایلیت، ورمیکولیت و اسمکتیت و تثبیت آن‌ها است می‌تواند سبب تغییر و تحول جزئی کانی‌های خاک و تبدیل این کانی‌های به میکا و ایلیت شود (۲۵ و ۳٦). اتفاق دیگر مربوط به ملکول‌های آلی و کاتیون‌هایی مانند کلسیم موجود در ترکیب‌های آلی است که ممکن است نقش مهمی در باز کردن لایه‌های کانی‌های تثبیت‌کننده پتاسیم و آزادسازی یون‌های پتاسیم داشته باشند (۲۷ و ۳٦). به‌نظر می‌رسد با توجه به مقدار بالای قابلیت هدایت الکتریکی بیوچار کاه گندم، نقش انواع یون‌های محلول مانند کلسیم در آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی مهم باشد (۱۳ و ۲۷).

پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک یک‌مولار جوشان مجموع پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی را شامل می‌شود. همه مواد آلی گیاهی و بیوچار آن‌ها به‌جز تفاله ریشه شیرین‌بیان باعث افزایش مقدار این شکل پتاسیم شدند. ترتیب افزایش مقدار پتاسیم قابل‌استخراج با اسیدنیتریک خاک به‌صورت کاه گندم > کاه ذرت > سبوس برنج بود. به‌طورکلی افزایش مقدار مجموع شکل‌های پتاسیم به‌وسیله بیوچار به‌طور معناداری بیش‌تر از مواد آلی گیاهی اولیه بود (به‌طور میانگین ۱۲۲٤ در مقابل ۹۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم).

مقدار پتاسیم موجود در تفاله ریشه شیرین‌بیان بسیار کم‌تر از سایر بقایا بوده و این ممکن است به‌دلیل فرآیند عصاره‌گیری ریشه شیرین‌بیان و خروج مقدار زیادی از املاح آن در نتیجه عصاره‌گیری در کارخانه باشد (۲۱) که نیاز به پژوهش‌های بیش‌تر دارد. به‌هرحال سایر مواد آلی گیاهی با توجه به تازه بودن آن و عدم اعمال هیچ فرآیندی روی آن دارای مقدار قابل‌توجه پتاسیم بودند (جدول ٦). افزایش ٦۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم قابل‌استخراج با اسیدنیتریک با کاربرد بیوچار حاصل از بقایای گیاهی توسط نجفی‌قیری (۲۰۱۵) گزارش شده است (۲۳).

مقدار پتاسیم آزادشده از کانی‌های خاک (شکل ساختمانی پتاسیم) در نتیجه کاربرد مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها در جدول ٦ آورده شده است. مقدار پتاسیم آزادشده از کانی‌های خاک به بخش محلول، تبادلی و غیرتبادلی در نتیجه اضافه شدن ترکیب‌های آلی از ۲۰- تا ۲۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) متغیر بود. تأثیر مواد آلی گیاهی بر آزادسازی پتاسیم به‌صورت کاه گندم > کاه ذرت > سبوس برنج > تفاله ریشه شیرین‌بیان بود. این ترتیب برای بیوچارها نیز صادق بود. به‌طورکلی تأثیر بیوچارها در آزادسازی پتاسیم به‌طور معنادار بیش‌تر از مواد آلی گیاهی اولیه بود (میانگین ۱٤٤ در مقابل ۱۱٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم).

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش مقدار آزادسازی پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار مانند میکاها و فلدسپات‌ها که در خاک‌های جنوب ایران فراوان هستند (۲٦) می‌تواند در نتیجه تأثیر مثبت ترکیب‌های آلی بر فعالیت میکروب‌های حل‌کننده کانی‌های پتاسیم‌دار، نقش عوامل کلات‌کننده حاصل از ترکیب‌های آلی در کلات کردن عناصر کانی‌ها مانند آلومینیم و در نتیجه انحلال آن‌ها و همچنین تغییر ترکیب محلول خاک و اثر بر انحلال کانی‌ها باشد (٤، ۹، ۱۲، ۱۹، ۳۳ و ٤٥). تأثیر قارچ‌ها و باکتری‌های مختلف خاکزی بر انحلال کانی‌های پتاسیم‌دار مانند میکا و بیوتیت توسط پژوهشگران زیادی (٤، ۱۲، ۳۳ و ٤٥) گزارش شده است. به‌هرحال افزودن بیوچار به خاک می‌تواند تأثیرات مثبتی بر فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌های خاک از طریق تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، جذب ترکیب‌های سمی موجود در خاک و تغییر شرایط برای فعالیت بیش‌تر برخی میکروب‌ها داشته باشد (۱۷، ۳۷ و ٤۱).

جدول ٦- مقدار پتاسیم آزادشده از کانی‌های خاک پس از کاربرد بقایای گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها.

Table 6. Contents of K released from soil minerals due to application of organic materials and their biochar.

ترکیب‌های آلی و بیوچار آن‌ها Organic materials and biochars	شکل پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K form (mg kg^{-1})			
	پتاسیم خاک اولیه Primary soil K 0.97Kc	پتاسیم ترکیب آلی Organic material K 0.03Ko	پتاسیم کل Total K Kt	پتاسیم آزاد شده Released K Kr
کاه ذرت Corn straw	623	195^{e}	976	158^{c}
بیوچار کاه ذرت Corn straw biochar	623	840^{b}	1618	155^{c}
تفاله ریشه شیرین‌بیان Licorice root residue	623	60^{f}	669	-15^{e}
بیوچار ریشه شیرین‌بیان Licorice root biochar	623	90^{f}	693	-20^{e}
سبوس برنج Rice bran	623	90^{f}	835	122^{d}
بیوچار سبوس برنج Rice bran biochar	623	240^{d}	1079	216^{a}
کاه گندم Wheat straw	623	450^{c}	1271	198^{b}
بیوچار کاه گندم Wheat straw biochar	623	1260^{a}	2106	223^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌ها با آزمون دانکن (سطح احتمال ٥ درصد) می‌باشد.

Numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan's test ($P<0.05$).

اثر مواد آلی گیاهی و بیوچار تولید شده از آن‌ها بر توزیع پتاسیم خاک بین شکل‌های محلول، تبادلی و غیرتبادلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ٤ و ۷). در خاک مورد استفاده، بیش از ٥۰ درصد پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک خاک به شکل غیرتبادلی و کم‌تر از ٥۰ درصد آن به شکل‌های محلول و تبادلی بود. همه ترکیب‌های آلی مورد استفاده به‌جز بیوچار تفاله ریشه شیرین‌بیان سبب

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش درصد پتاسیم محلول خاک شدند و ترتیب این افزایش برای بقایای گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها به‌صورت کاه گندم > کاه ذرت > سبوس برنج ≈ تفاله ریشه شیرین‌بیان بود. کاربرد کاه گندم، سبوس برنج و بیوچار کاه گندم و ذرت، درصد پتاسیم تبادلی خاک را افزایش داد در حالی‌که کاه ذرت، بیوچار سبوس برنج، تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار آن تأثیر معنادار بر آن نداشت. درصد پتاسیم غیرتبادلی با کاربرد کاه گندم و بیوچار آن، سبوس برنج و کاه ذرت کاهش یافت. به‌طورکلی تبدیل کاه ذرت و گندم به بیوچار سبب تمرکز بیش‌تر پتاسیم خاک به‌شکل‌های محلول و تبادلی شد در حالی‌که این تأثیر برای سبوس برنج و تفاله ریشه شیرین‌بیان معنادار نبود. کاهش درصد پتاسیم غیرتبادلی با کاربرد ترکیب‌های آلی ممکن است در نتیجه ظرفیت محدود کانی‌های تثبیت‌کننده پتاسیم، تأثیر برخی ملکول‌های آلی بر باز کردن نواحی گوه‌ای‌شکل لبه‌های کانی‌های پتاسیم‌دار مانند میکاها و ایلیت و آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از آن‌ها و نقش کاتیون‌های همراه پتاسیم در مواد آلی مانند کلسیم باشد.

جدول ۷- توزیع پتاسیم بین شکل‌های مختلف (درصد) در نمونه‌های خاک تیمارشده با ترکیب‌های آلی مختلف.

Table 7. Potassium pools distribution (%) in soil samples treated with different organic materials.

شکل‌های پتاسیم K forms			تیمار Treatment
غیرتبادلی Non-exchangeable	تبادلی Exchangeable	محلول Soluble	
54.7^{a}	38.3^{ef}	7.0^{f}	شاهد Control
50.2^{b}	35.6^{fg}	14.2^{d}	کاه ذرت Corn straw
29.7^{d}	47.3^{c}	23.0^{b}	بیوچار کاه ذرت Corn straw biochar
55.8^{a}	33.8^{g}	10.3^{e}	تفاله ریشه شیرین‌بیان Licorice root residue
52.8^{ab}	40.1^{de}	7.1^{f}	بیوچار ریشه شیرین‌بیان Licorice root biochar
46.4^{c}	42.4^{d}	11.2^{e}	سبوس برنج Rice bran
45.8^{c}	40.4^{de}	13.9^{d}	بیوچار سبوس برنج Rice bran biochar
28.5^{d}	51.2^{b}	20.4^{c}	کاه گندم Wheat straw
15.5^{e}	55.9^{a}	28.7^{a}	بیوچار کاه گندم Wheat straw biochar

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌ها با آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) می‌باشد.

Numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan's test ($P<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که مواد آلی گیاهی شامل کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج می‌توانند سبب تغییرات قابل‌توجهی در مقدار پتاسیم خاک و همچنین آزادسازی پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار خاک شوند. از طرفی، بیوچار حاصل از این ترکیب‌ها نیز می‌تواند سبب افزایش مقدار پتاسیم خاک شود. با این‌حال تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار حاصل از آن تأثیر قابل‌توجهی بر وضعیت پتاسیم خاک نداشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که نوع ترکیب‌های آلی مورد استفاده می‌تواند از نظر تأمین پتاسیم خاک بسیار متفاوت باشد و همچنین فرآوری ترکیب‌ها و تبدیل آن‌ها به بیوچار نیز می‌تواند در شدت تأثیر آن‌ها بر مقدار پتاسیم خاک اثر بگذارد. با این‌حال تأثیرهای منفی کاربرد مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آن‌ها بر افزایش pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک که معمولاً دارای خاک‌های آهکی با pH بالا و شوری بالا هستند نباید نادیده گرفته شود.

منابع

1.Agblevor, F.A., Beis, S., Kim, S.S., Tarrant, R., and Mante, N.O. 2010. Biocrude oils from the fast pyrolysis of poultry litter and hardwood. Waste Management. 30: 2. 298-307.

2.Ahmad, M., Lee, S.S., Dou, X., Mohan, D., Sung, J.K., Yang, J.E., and Ok, Y.S. 2012. Effects of pyrolysis temperature on soybean stover- and peanut shell-derived biochar properties and TCE adsorption in water. Bioresource Technology. 118: 536-544.

3.Balali, M., and Malakouti, M. 1998. Study of exchangeable K changes in agricultural soils of Iran. Soil Water. 12: 3. 59-70.

4.Basak, B., and Biswas, D. 2009. Influence of potassium solubilizing microorganism (Bacillus mucilaginosus) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (Sorghum vulgare Pers.) grown under two Alfisols. Plant and Soil. 317: 1-2. 235-255.

5.Bashour, I.I., and Sayegh, A.H. 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions. FA. Roma, 119p.

6.Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K., Lee, R.D., Morris, L.A., and Fisher, D.S. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status and yield. Agron. J. 102: 2. 623-633.

7.Haefele, S.M., Konboon, Y., Wongboon, W., Amarante, S., Maarifat, A.A., Pfeiffer, E.M., and Knoblauch, C. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. Field Crops Research. 121: 3. 430-440.

8.Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., and Nelson, W. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. Pretince Hall, New Jersey, 515p.

9.Haynes, R., and Mokolobate, M. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. Nutrient cycling in agroecosystems. 59: 47-63.

10.Hossain, M.K., Strezov, V., Chan, K.Y., and Nelson, P.F. 2010. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (Lycopersicon esculentum). Chemosphere. 78: 9. 1167-1171.

11.Hossain, M.K., Strezov, V., Chan, K.Y., Ziolkowski, A., and Nelson, P.F. 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. J. Environ. Manage. 92: 223-228.

12.Hue, N., Craddock, G., and Adams, F. 1986. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50: 28-34.

13.Jalali, M. 2006. Kinetics of non-exchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of western Iran. Geoderma. 135: 63-71.

www.SID.ir

Archive of SID

14.Jalali, M. 2011. Comparison of potassium release of organic residues in five calcareous soils of western Iran in laboratory incubation test. Arid Land Research and Management. 25: 2. 101-115.
15.Jia, J., Li, B., Chen, Z., Xie, Z., and Xiong, Z. 2012. Effects of biochar application on vegetable production and emissions of N_2O and CH_4. Soil Science and Plant Nutrition. 58: 4. 503-509.
16.Jin-Hua, Y.U.A.N., Ren-Kou, X.U., Ning, W., and Jiu-Yu, L.I. 2011. Amendment of acid soils with crop residues and biochars. Pedosphere. 21: 3. 302-308.
17.Ladygina, N., and Rineau, F. 2013. Biochar and soil biota. CRC Press, Germany, 270p.
18.Laird, D.A., Fleming, P., Davis, D.D., Horton, R., Wang, B., and Karlen, D.L. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma. 158: 3. 443-449.
19.Lian, B., Wang, B., Pan, M., Liu, C., and Teng, H.H. 2008. Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus Aspergillus fumigatus. Geochimica et Cosmochimica Acta. 72: 1. 87-98.
20.Loppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. P 437-474, In: D.L. Sparks, (Ed.), Method of soil analysis. Part III, 3rd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
21.Miremadi, P., Ezatpanah, H., Larijani, K., Azizinezhad, R., and Motaghian, P. 2011. Comparison of different methods of obtaining glycyrrhizic acid from licorice extract powder. J. Food Technol. Nutr. 8: 1. 1-27.
22.Murashkina, M.A., Southard, R.J., and Pettygrove, G.S. 2007. Silt and fine sand fractions dominate K fixation in soils derived from granitic alluvium of the San Joaquin Valley, California. Geoderma. 141: 3. 283-293.
23.Najafi-Ghiri, M. 2015. Effect of different biochars application on some soil properties and potassium pools distribution in a calcareous soil. Iran. J. Soil Res. 29: 351-358. (In Persian)
24.Najafi-Ghiri, M., and Abtahi, A. 2012. Factors affecting potassium fixation in calcareous soils of southern Iran. Archives of Agronomy and Soil Science. 58: 3. 335-352.
25.Najafi-Ghiri, M., and Abtahi, A. 2013. Potassium Fixation in Soil Size Fractions of Arid Soils. Soil and Water Research. 8: 2. 49-55.
26.Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., Hashemi, S.S., and Jaberian, F. 2012. Potassium release from sand, silt and clay fractions in calcareous soils of southern Iran. Archives of Agronomy and Soil Science. 58: 12. 1439-1454.
27.Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., Karimian, N., Owliaie, H., and Khormali, F. 2011. Kinetics of non-exchangeable potassium release as a function of clay mineralogy and soil taxonomy in calcareous soils of southern Iran. Archives of Agronomy and Soil Science. 57: 4. 343-363.
28.Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., Owliaie, H., Hashemi, S.S., and Koohkan, H. 2011. Factors Affecting Potassium Pools Distribution in Calcareous Soils of Southern Iran. Arid Land Research and Management. 25: 4. 313-327.
29.Nelson, D., and Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 539-579, In: A. Page (Ed.), Methods of soil analysis, Part 2, American Society of Agronomy, Madison (WI).
30.Olarieta, J.R., Padrò, R., Masip, G., Rodríguez-Ochoa, R., and Tello, E. 2011. 'Formiguers', a historical system of soil fertilization (and biochar production?). Agriculture, Ecosystems and Environment. 140: 1. 27-33.
31.Rowell, D. 1994. Soil science: methods and applications. Harlow, Essex (UK), Longman Scientific and Technical.
32.Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. United States Department of Agriculture (USDA), Washington (DC).
33.Singh, G., Biswas, D., and Marwaha, T. 2010. Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (Zea mays) and wheat (*Triticum aestivum* L.): a hydroponics study under phytotron growth chamber. J. Plant Nutr. 33: 8. 1236-1251.

www.SID.ir

Archive of SID

34.Soil Survey Staff. 1994. Keys to soil taxonomy. USDA NRCS, Washington (DC), USA.
35.Song, W., and Guo, M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. J. Anal. Appl. Pyrol. 94: 138-145.
36.Sparks, D., and Huang, P. 1985. Physical chemistry of soil potassium. P 201-276, In: R. Mounson (Ed.), Potassium in agriculture, ASA, Madison (WI).
37.Steinbeiss, S., Gleixner, G., and Antonietti, M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biology and Biochemistry. 41: 6. 1301-1310.
38.Sumner, M., Miller, W., Sparks, D., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., and Johnston, C. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. P 1201-1229, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods. American Society of Agronomy, Madison (WI).
39.Varadachari, C., Barman, A.K., and Ghosh, K. 1994. Weathering of silicate minerals by organic acids II. Nature of residual products. Geoderma. 61: 3. 251-268.
40.Wang, J., Xiong, Z., and Kuzyakov, Y. 2016. Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. Gcb Bioenergy. 8: 3. 512-523.
41.Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W., and Rillig, M.C. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil–concepts and mechanisms. Plant and soil. 300: 1. 9-20.
42.Yan, F., Schubert, S., and Mengel, K. 1996. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. Soil Biology and Biochemistry. 28: 4. 617-624.
43.Yu, L., Jiao, Y., Zhao, X., Li, G., Zhao, L., and Meng, H. 2014. Improvement to maize growth caused by biochars derived from six feedstocks prepared at three different temperatures. J. Integ. Agric. 13: 3. 533-540.
44.Yuan, J.H., and Xu, R.K. 2011. The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic Ultisol. Soil Use and Management. 27: 1. 110-115.
45.Yuan, L., Huang, J., Li, X., and Christie, P. 2004. Biological mobilization of potassium from clay minerals by ectomycorrhizal fungi and eucalypt seedling roots. Plant and Soil. 262: 1. 351-361.
46.Zolfi-Bavariani, M., Ronaghi, A., Ghasemi-Fasaei, R., and Yasrebi, J. 2016. Influence of poultry manure–derived biochars on nutrients bioavailability and chemical properties of a calcareous soil. Archives of Agronomy and Soil Science. 62: 11. 1578-1591.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(3), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Effect of application of crop and licorice root residues and their biochars on potassium status of a calcareous soil

***M. Najafi-Ghiri[1] and H.R. Boostani[2]**

[1]Associate Prof., Dept. of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, [2]Assistant Prof., Dept. of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University

Received: 02/04/2017; Accepted: 09/06/2017

Abstract

Background and Objectives: Application of different organic materials in organic agriculture may change the status of plant nutrients in deficient soils. Arid soils of Iran may have a considerable content of potassium (K); but their K content is decreasing due to intensive agriculture. This K deficiency may be alleviated by different organic materials application in organic agriculture.

Materials and Methods: In the current investigation, a completely randomized experiment was done with application of four plant residues and their produced biochars to a calcareous soil and their effect on different forms of K. Three grams of wheat straw, corn straw, rice bran and licorice root residue and their produced biochars was added to 100 g of a clay loam calcareous soil and incubated for 90 days at 22±2 °C and 50 % of saturation moisture content. The soil samples were air-dried and sieved and pH, electrical conductivity and contents of soluble, exchangeable, non-exchangeable, HNO_3-extractable K and K release rate from soil minerals were determined.

Results: Results indicated that plant residues had no effect on soil pH, but all biochars increased soil pH (mean of 0.07). Soil EC was increased with application of wheat and corn straws and conversion of plant residues to biochars had more effect on soil salinity. Licorice root residue and its biochar had no effect on the content of different K forms; but other plant residues and their biochars increased soluble, exchangeable and HNO_3-extractable K in the order of wheat residue > corn residue > rice bran. On average, biochars had more effect than plant residues on the content of soluble, exchangeable and HNO_3-extractable K (212, 269 and 286 mg kg^{-1}, respectively). The content of HNO_3-extractable K was not affected with plant residues and their biochars (except for corn straw). Wheat and corn straws and rice bran released 286, 217 and 146 mg K kg^{-1}, respectively; and their biochars released 637, 429 and 290 mg K kg^{-1}, respectively from K-bearing minerals and this may be due to the effect of organic molecules and non-organic cations of organic materials on mineral weathering and K release.

Conclusion: It is concluded that application of plant residues and their biochars may have significant effects on soil K status and alleviation of K deficiency and the role of biochar is more important than primary plant residues. On the other hand, increase in soil salinity and pH especially in calcareous soils of arid land should be take into consideration.

Keywords: Potassium release, Electrical conductivity (EC), Soil pH, Potassium forms

* Corresponding Author; Email: mnajafighiri@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir