پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

مقایسه ترکیب شیمیایی چهار نوع ماده آلی گیاهی و زغال‌زیستی آن‌ها و تأثیر آن‌ها بر فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف در یک خاک آهکی

حمیدرضا بوستانی، مهدی نجفی‌قیری و حسین حیدری
گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی چهار نوع ماده‌آلی‌گیاهی و زغال‌زیستی آن‌ها و تأثیر کاربرد آن‌ها بر فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) در یک خاک آهکی بود. آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل نه تیمار (شاهد، کاه‌گندم، کاه‌ذرت، سبوس‌برنج، تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان و زغال‌زیستی آن‌ها) به‌صورت انکوباسیون در سه تکرار انجام گرفت. با تبدیل مواد اولیه به زغال‌زیستی، قابلیت‌هدایت‌الکتریکی، پ‌هاش، محتوای کربن و غلظت عناصر آهن، منگنز، مس و روی در زغال‌های‌زیستی افزایش و درصد نیتروژن کاهش‌یافت. کاربرد همه ترکیبات‌آلی در خاک، سبب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز قابل‌استفاده (عصاره‌گیری‌شده توسط DTPA) و کاهش معنی‌دار مس قابل‌استفاده در خاک شدند. تأثیر تیمارهای آلی مختلف بر غلظت آهن و روی قابل‌استفاده در خاک متفاوت و بستگی به نوع تیمارآلی داشت. به‌طورکلی بیشترین افزایش روی، آهن و منگنز قابل‌استفاده به‌ترتیب مربوط‌به تیمارهای کاه‌ذرت، زغال‌زیستی‌تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان و کاه‌ذرت بود. همچنین، بیشترین کاهش مس قابل‌استفاده نیز مربوط‌به کاربرد تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان بود.

واژه های کلیدی: زغال‌زیستی‌تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان، کاه‌ذرت، مس، منگنز

مقدمه

ویژگی های فیزیکی (ظرفیت نگهداری آب و پایداری خاکدانه‌ها)، شیمیایی (ظرفیت تبادل کاتیونی و عرضه عناصر غذایی) و بیولوژیکی (فعالیت ریزجانداران و چرخه عناصر غذایی) خاک بر اثر کاربرد مواد آلی بهبود یافته که نتیجه آن رشد و توسعه بهتر گیاهان در حضور ماده آلی است، بنابراین کاربرد ماده آلی جهت اصلاح خاک برای کشاورزی و تولید پایدار بسیار مهم و ضروری است (Wong et al., 2009). میزان مواد آلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بخصوص خاک‌های آهکی جنوب کشور بسیار پایین است و از طرفی سرعت تجزیه مواد آلی افزوده شده به خاک در در این مناطق به دلیل استفاده فشرده از زمین، دمای بالا و کمبود نزولات آسمانی زیاد بوده، بنابراین کشاورز هر ساله ناگزیر به استفاده مقدار قابل توجهی از مواد آلی است. این موضوع علاوه بر ایجاد مشکلات زیست محیطی، افزایش هزینه تولید را نیز در پی دارد. از این رو مدتی است که استفاده از زغال‌زیستی در زمین کشاورزی به عنوان یک ماده آلی جایگزین مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرارگرفته است. زغال‌های-زیستی ترکیباتی 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 (صدها تا هزاران سال) در خاک باقی مانده و سبب ترسیب کربن، کاهش کربن اتمسفری و در نتیجه تعدیل اثرات گازهای گلخانه‌ای و گرمایش کره زمین شوند (Namgay et al., 2010). علاوه بر این، زغال-زیستی به‌عنوان یک ماده افزودنی مؤثر در بهبود ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک گزارش شده است (Vaccari et al., 2011). ویژگی‌های شیمیایی و ترکیب ساختاری ماده آلی اولیه بر ترکیب زغال‌زیستی تولیدی و به دنبال آن بر رفتار، کارکرد و سرنوشت آن در خاک مؤثر است (Winsley, 2007). گزارش‌های متنوعی در خصوص تأثیر زغال‌زیستی تهیه شده از منابع متفاوت مواد آلی بر خصوصیات شیمیایی و حاصلخیزی خاک‌های اسیدی موجود است (Vaccari et al., 2011; Mustafa et al., 2010) ولی در خاک‌های آهکی پژوهش‌های چندانی انجام نشده‌است. در خاک‌های آهکی به دلیل مقدار زیاد کربنات کلسیم و پ‌هاش بالا قابلیت زیست‌فراهمی عناصری مانند آهن، روی، منگنز و مس پایین است (Havlin et al., 2005). فرض بر این است که بقایای گیاهی و زغال‌زیستی حاصل از آن‌ها می‌توانند بر ویژگی‌های خاک اثر گذاشته و در نتیجه قابلیت زیست-

فراهمی عناصر کم‌مصرف را در خاک آهکی تغییر دهند. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی چهار نوع ماده آلی گیاهی در اثر تبدیل به زغال‌زیستی و مقایسه تأثیر مواد آلی اولیه و زغال‌زیستی آن‌ها بر فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) در یک خاک آهکی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد آلی و تولید زغال‌زیستی

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 گردید. مواد آلی مورد مطالعه به‌دلیل برخی مشکلات در اراضی آتش زده و یا برای مصارف علوفه جمع‌آوری و یا دفن می‌شوند. زغال‌های‌زیستی مواد آلی مذکور از طریق روش گرماکافت آهسته در شرایط اکسیژن محدود تهیه شد. روش‌کار به‌این‌صورت بود که مواد آلی مورد نظر پس از هواخشک شدن آسیاب شده و در یک کوره الکتریکی در شرایط اکسیژن محدود در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده شدند. دمای گرماکافت به صورت تدریجی بالا برده شد به‌طوری‌که از دمای اتاق شروع شد و در هر یک دقیقه ده درجه سلسیوس دمای کوره افزایش یافت تا دما به ۵۰۰ درجه سلسیوس (دمای نهایی) رسید و سپس نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در این دما نگهداری شدند. پس از آن، زغال‌های‌زیستی تولیدی در دمای اتاق به تدریج سرد شدند و قبل از استفاده از الک ۲ میلی‌متری عبور داده‌شدند (Mendez et al., 2012). برخی از خصوصیات شیمیایی و تجزیه عنصری مواد آلی اولیه و زغال‌زیستی آن‌ها توسط روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری خاک

نمونه‌های 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 از الک ۲ میلی‌متری عبور داده‌شدند و سپس برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک به روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (Page, 1982).

روش انجام آزمایش و آنالیز آماری

آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل نه تیمار (کاه گندم، کاه ذرت، سبوس برنج، تفاله ریشه شیرین‌بیان و زغال-زیستی آن‌ها و شاهد) روی خاک مورد مطالعه با سه تکرار انجام گرفت. جهت این امر، ۱۰۰ گرم خاک در ظروف پلاستیکی ریخته و سه گرم از مواد آلی موردنظر (معادل سه درصد) به آنها افزوده شد. تیمار بدون ماده آلی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی در رطوبت ظرفیت زراعی (۵۰ درصد رطوبت اشباع) و دمای ۲±۲۲ درجه سلسیوس به مدت ۹۰ روز نگهداری شدند. حفظ رطوبت در نمونه‌ها با توزین روزانه آنها و افزودن آب مقطر انجام گرفت. در پایان نمونه‌های خاک هواخشک و پس از خرد کردن کاملاً مخلوط شده و غلظت قابل استفاده عناصر آهن، منگنز، مس و روی پس از عصاره-گیری توسط محلول DTPA توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری داده‌ها، به وسیله نرم افزار MSTATC انجام و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی های خاک و مواد آلی

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده‌شده‌است. بافت خاک لوم‌رسی، مقدار ماده آلی و قابلیت هدایت الکتریکی پایین، شدیداً آهکی و دارای پ‌هاش قلیایی بود. همانطور که از جدول مشخص است، خاک مورد مطالعه از نظر مقدار عناصر کم‌مصرف بخصوص آهن، روی و منگنز دارای کمبود است، که در واقع این شاخص اکثر خاک‌های

آهکی است، که میزان کربنات کلسیم و پ‌هاش بالا دارند (هاولین و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین رده‌بندی علمی خاک به صورت Fine, carbonatic, hyperthermic Typic Calciustepts بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
شن (٪)	۲۳	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۳۴
سیلت (٪)	۴۰	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol(+)\ kg^{-1}$)	۱۴/۲
رس (٪)	۳۷	آهن‌عصاره‌گیری‌شده با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۲
کربنات کلسیم معادل (٪)	۴۰	روی‌عصاره‌گیری‌شده با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۵
پ‌هاش	۷/۸۳	مس عصاره‌گیری‌شده با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۱
ماده آلی (٪)	۱/۲	منگنزعصاره‌گیری‌شده با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۲

برخی از خصوصیات شیمیایی و ترکیب عنصری مواد آلی اولیه و زغال‌زیستی حاصل از آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است. کمترین مقدار کربن در مواد آلی اولیه مربوط به سبوس برنج (۳۸/۳ درصد) و بیشترین محتوای کربن مربوط به تفاله‌ریشه-شیرین‌بیان (۴۸/۷ درصد) بود. با تبدیل مواد آلی اولیه به زغال‌زیستی محتوای کربن آلی آن‌ها به‌طور محسوسی افزایش یافت و در مواد آلی مختلف متغیر بود، به طوری که بیشترین افزایش مربوط به زغال‌زیستی کاه‌ذرت به میزان ۶۵/۷ درصد بود. بهشتی و همکاران (۱۳۹۵) مشاهده کردند که تبدیل کود گاوی به زغال‌زیستی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس سبب افزایش مقدار کربن پایدار می‌شود. مقدار نیتروژن نیز با تبدیل مواد آلی اولیه به زغال‌زیستی کاهش یافت و بیشترین کاهش مربوط به زغال‌زیستی کاه‌گندم به میزان ۵۳ درصد بود. Claston et al., (2014) گزارش‌کردند که با افزایش دمای گرماکافت مقدار نیتروژن کل زغال‌زیستی شلتوک برنج در اثر تصعید ترکیبات نیترژن‌دار کاهش یافت. در اثر تبدیل مواد اولیه آلی به زغال-زیستی مقدار پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی مواد آلی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت به‌طوری‌که زغال‌زیستی کاه‌گندم داری بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی (۱۱/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر) و زغازیستی تفاله‌ریشه شیرین‌بیان دارای کمترین قابلیت هدایت الکتریکی (۲/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر) بود. همه‌ی مواد آلی مورد استفاده در اثر تبدیل به زغال‌زیستی دارای پ‌هاش قلیایی شدند و بیشترین پ‌هاش مربوط به زغال‌زیستی سبوس برنج به میزان ۱۱ بود. افزایش پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در اثر تبدیل کود آلی به زغال‌زیستی احتمالاً می‌تواند در اثر افزایش غلظت اکسیدهای فلزی (کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم)، افزایش مقدار خاکستر و همچنین جدا شدن مواد معدنی از بخش آلی در اثر گرماکافت باشد (Song and Guo, 2012). مقدار عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، مس و روی در اثر تبدیل مواد اولیه به زغال‌زیستی افزایش یافتند و مقدار افزایش عناصر در مواد آلی مختلف متفاوت بود. افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف را در زغال‌زیستی لجن فاضلاب گزارش کردند و بیان کردند که افزایش غلظت عناصر با افزایش دما به شکل‌های شیمیایی عنصر و یا تبخیر عناصر در دماهای بالا بستگی دارد (Hossein et al., 2011).

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی مواد آلی اولیه و زغال‌زیستی حاصل از آن‌ها

	تفاله ریشه-شیرین-بیان	زغال زیستی تفاله‌ریشه-شیرین‌بیان	کاه-گندم	زغال‌زیستی کاه‌گندم	کاه‌ذرت	زغال‌زیستی‌کاه ذرت	سبوس-برنج	زغال‌زیستی سبوس‌برنج
پهاش (۱:۲۰)	۶/۵۵	۹/۵۰	۶/۰۸	۱۰/۵۰	۵/۶۴	۱۰/۶۰	۷/۰۴	۱۱
قابلیت‌هدایت-الکتریکی (dSm^{-1}) (۱:۱۰)	۱/۱۷	۲/۴۰	۱۰	۱۱/۶۲	۵/۴۶	۶/۴۰	۲/۸۵	۳/۵۰
کربن (٪)	۴۸/۷	۵۷/۸	۴۲/۷	۵۶/۳	۴۱/۱	۶۸/۱	۳۸/۳	۴۹/۲
نیتروژن (٪)	۲/۵	۲/۳	۱/۵	۰/۷	۲/۷	۱/۳	۰/۹	۰/۷
آهن ($mg\ kg^{-1}$)	۱۵۵۷/۵	۱۷۱۷	۱۰۱/۶	۱۷۵/۲	۱۶۸/۷	۲۸۹/۳	۱۵۱/۹	۲۸۱/۶
منگنز ($mg\ kg^{-1}$)	۳۲/۱	۴۳	۲۰/۹	۲۹/۶	۴۵/۱	۸۵/۴	۴۶/۱	۱۰۳/۳
مس ($mg\ kg^{-1}$)	۹	۱۴/۳	۱/۶	۲	۴/۸	۶	۱/۴	۲/۳
روی ($mg\ kg^{-1}$)	۱۶/۸	۲۹/۱	۷/۴	۱۰/۳	۲۷/۶	۳۱/۷	۹/۵	۱۲/۶

تأثیر مواد آلی گیاهی و زغال‌زیستی آن‌ها بر فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف در خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ترکیبات آلی مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر غلظت قابل استفاده عناصر کم-مصرف (عصاره‌گیری‌شده توسط DTPA) در خاک داشتند (جدول ۳).

جدول ۳-میانگین مربعات تأثیر ترکیبات آلی بر زیست‌فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف در خاک

منابع تغییر	درجه‌آزادی	آهن	منگنز	مس	روی
ترکیبات آلی	۸	۰/۰۱**	۲/۷۹**	۰/۰۸۲**	۰/۰۵۱**
خطا	۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۳۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۶۴	۵/۱۷	۲/۸۸	۴/۰۹

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

کاربرد سبوس‌برنج و کاه‌گندم و زغال‌زیستی حاصل از آن‌ها تأثیرمعنی‌داری بر غلظت روی قابل‌استفاده در خاک نداشت درحالی‌که کاربرد کاه‌ذرت و زغال‌زیستی حاصل از آن به‌طور معنی‌داری غلظت روی قابل‌استفاده در خاک را نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد ماده آلی) افزایش دادند، به‌طوری‌که تأثیر کاه‌ذرت نسبت به زغال‌زیستی آن بیشتر بود (جدول ۴). همچنین کاربرد تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی قابل استفاده در خاک شد ولی تأثیر زغال‌زیستی آن بر افزایش غلظت روی در خاک معنی‌دار نبود (جدول ۴). تأثیر کاه ذرت در افزایش غلظت روی قابل استفاده نسبت به تیمار شاهد از همه‌ی مواد آلی کاربردی بیشتر و معادل ۷۱ درصد بود (جدول ۴). بجز زغال‌زیستی تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان که سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن قابل استفاده خاک نسبت به تیمار شاهد شد، کاربرد زغال‌های زیستی دیگر تأثیر معنی‌داری را بر غلظت آهن نداشتند (جدول ۴). همچنین کاربرد کاه‌ذرت و تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان تأثیر معنی‌داری بر غلظت آهن قابل استفاده در خاک نداشتند ولی کاربرد سبوس‌برنج و کاه‌گندم سبب کاهش معنی‌دار غلظت آهن قابل استفاده در خاک نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۴). کاربرد تمام مواد آلی و زغال‌زیستی آن‌ها در خاک سبب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز قابل‌استفاده در خاک نسبت به تیمار شاهد شد به‌طوری که بیشترین افزایش مربوط کاربرد کاه‌ذرت به میزان ۲/۵ برابر و کمترین میزان

افزایش مربوط به تیمار زغال‌زیستی سبوس‌برنج به میزان ۲۶/۲ درصد بود (جدول ۴). کاربرد تمام مواد آلی و زغال‌زیستی حاصل از آن‌ها سبب کاهش معنی‌دار غلظت مس قابل استفاده در خاک شد (جدول ۴). بیشرین کاهش مربوط به تیمار تفاله-ریشه‌شیرین بیان به میزان ۲۷ درصد و کمترین کاهش مربوط به تیمار زغال‌زیستی تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان به میزان ۶ درصد بود (جدول ۴). نجفی‌قیری (۱۳۹۴) با کاربرد چهار نوع زغال‌زیستی تهیه شده در دمای ۵۰۰ درجه‌سلسیوس (کاه‌ذرت، چوب ذرت، بقایای پنبه و بقایای کنجد) در یک خاک آهکی به‌میزان ۲ درصد وزنی در مدت ۹۰ روز انکوباسیون نتیجه‌گرفت که کاربرد هر چهار نوع زغال‌زیستی در خاک سبب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز قابل‌جذب نسبت به تیمار شاهد شدند که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین گزارش کرد که غلظت روی و مس تحت تاثیر کاربرد هیچکدام از زغال‌های زیستی قرار نگرفت و فقط زغال‌های‌زیستی بقایای پنبه و کنجد غلظت آهن قابل‌استفاده را افزایش دادند. Mendez et al., (2012) بیان کردند که کاربرد زغال‌زیستی لجن فاضلاب در یک خاک مدیترانه‌ای سبب کاهش معنی‌دار مس قابل استفاده در خاک شد. تفاوت رفتار فلزات در اثر کاربرد زغال‌های‌زیستی متفاوت احتمالاً می‌تواند به نوع ماده‌اولیه و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن، شرایط تشکیل (مدت زمان و دما)، نوع خاک (میزان رس و ظرفیت تبادل‌کاتیونی) و میزان تغییر پ‌هاش خاک در اثر کاربرد زغال‌زیستی وابسته باشد.

جدول ۳-تأثیر مواد آلی و زغال‌زیستی آن‌ها بر زیست‌فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف

	DTPA-Zn (mg kg^{-1})	DTPA-Fe (mg kg^{-1})	DTPA-Mn (mg kg^{-1})	DTPA-Cu (mg kg^{-1})
شاهد (بدون کاربرد ماده آلی)	۰/۵۵۴ de	۱/۹۷ b	۲/۱۸ e	۲/۱۵ a
سبوس برنج	۰/۵۵۲ de	۱/۸۶ d	۳/۰۲ cd	۱/۸۵ cd
زغال‌زیستی سبوس برنج	۰/۵۲۳ e	۱/۹۵ b	۲/۷۵ d	۱/۸۶ cd
کاه‌گندم	۰/۵۸۹ cd	۱/۸۷ cd	۴/۷۴ b	۱/۷۸ d
زغال‌زیستی‌کاه‌گندم	۰/۵۶۵ de	۱/۹۷ b	۳/۳۱ c	۱/۷۹ d
کاه‌ذرت	۰/۹۵۲ a	۱/۹۲ bc	۵/۳۶ a	۱/۸۱ d
زغال‌زیستی‌کاه‌ذرت	۰/۶۶۳ b	۱/۹۷ b	۳/۲۶ c	۱/۹۳ bc
تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان	۰/۶۴۸ bc	۱/۹۲ bcd	۳/۱۲ c	۱/۵۶ e
زغال‌زیستی‌تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان	۰/۵۷۵ de	۲/۰۵ a	۳/۰۲ cd	۲/۰۱ b

به‌طور کلی کاربرد همه ترکیبات‌آلی (موادآلی‌گیاهی و زغال‌های زیستی) سبب افزایش معتی‌دار منگنز قابل‌استفاده و کاهش معنی‌دار مس قابل‌استفاده در خاک شدند. تأثیر تیمارهای آلی مختلف بر غلظت آهن و روی قابل‌استفاده در خاک متفاوت و بستگی به توع تیمار آلی کاربردی داشت. بیشترین افزایش روی، آهن و منگنز قابل‌استفاده به‌ترتیب مربوط به تیمارهای کاه‌ذرت، زغال‌زیستی‌تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان و کاه‌ذرت بود. بیشترین کاهش مس قابل‌استفاده نیز مربوط‌به کاربرد تفاله‌ریشه‌شیرین‌بیان بود.

منابع

بهشتی، م.، علیخانی، ح.، متشرع زاده، ب. و محمدی، ل. ۱۳۹۵. تغییرات کیفیت بیوچار تولید شده از کود گاوی در طی فرایند پیرولیز آهسته در دماهای مختلف. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد چهل‌وهفتم، شماره ۱، صفحه‌های ۲۵۹ تا ۲۶۷.

نجفی قیری، م. ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگی های خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصر غذایی در یک خاک آهکی. مجله پژوهشهای خاک، جلد بیست‌و نهم، شماره ۳، صفحه‌های ۳۵۱ تا ۳۵۸.

Wong V.N.L., Dalal R.C. and Greene R.S.B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soil following gypsum and organic material additions: A Laboratory Incubation. Applied Soil Ecology, 41: 29-40.

Claoston N.A., Samsuri M.H. and Husni, A. 2014. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochars. Waste Management and Research, 32(4): 331-339.

Hossain M.K., Strezov V. and Saxena R. 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. Journal of Environmental Management, 92(1): 223-228.

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)*. Aust. J. Soil Res., 48: 638-647.

Vaccari F.P., Baronti S., Leugato E., Genesio L., Castaldi S., Fornasier F.and Miglietta F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. Europ. J. Agron., 34: 231-238.

Mustafa K.H., 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: 1167-1171.

Havlin J.L., Beaton J.D., Tisadale S.L. and Nelson W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management.7th Edition. Pearson Education Inc., Upper Saddle River. New Jersey, USA.

Page A.L. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. Agronomy No.9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Song, W. and Guo M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 94: 138-145.

Winsley P. 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. N. Z. Sci. Rev., 64: 5-10.

Mendez A., Gomez A., Paz-Ferreeiro J. and Gasco G. 2012. Effects of sewage sludge biochar on plant metal availability after application to a Mediterranean soil. Chemosphere, 89: 1354-1359.

Comparison of chemical composition of four types of herbal organic matter and their biochars and their effects on availability of some micronutrients in a calcareous soil

H. R. Boostani, M. Najafi-Ghiri, H. Heidari

Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University

Abstract

The aim of this research was to investigate the changes of chemical composition of four types of herbal organic matter and their biochars and the effects of their application on availability of some micronutrients (iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu) and Zinc (Zn)) in a calcareous soil. An incubation experiment as a completely randomized design include nine treatments (control, wheat straw, corn straw, rice husk, licorice root pulp and their biochars) was performed with three replication. Electrical conductivity, pH, carbon content and concentration of Fe, Mn, Cu and Zn were increased and nitrogen percentage was decreased by transforming the raw organic materials into biochars. Application of all organic materials caused a significant increase of available concentration of Mn (extracted by DTPA) and a significant decrease of available concentration of Cu in soil. Effects of various organic treatments on available concentration of Fe and Zn in soil were different and depended on types of organic treatments. Generally, the greatest increase of available concentration of Zn, Fe and Mn was associated to corn straw, licorice root pulp biochar and corn straw respectively. Also, the highest decrease of available concentration of Cu was related to licorice root pulp application.

Key words: licorice root pulp biochar, corn straw, copper, manganese