Archive of SID

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد نهم، شماره چهارم، ۱۳۹۸
۸۹-۱۰۷
http://ejsms.gau.ac.ir

اثر کاربرد بیوچارهای مختلف و مواد اولیه آن‌ها بر رشد گیاه ذرت و فراهمی پتاسیم در یک خاک آهکی

مجید فروهر[۱و۲]، *رضا خراسانی[۳]، امیر فتوت[۴]، حسین شریعتمداری[۵] و کاظم خاوازی[۶]

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، [۳]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۴]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۵]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، [۶]استاد بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: امروزه استفاده از بیوچار در مدیریت پایدار حاصلخیزی خاک به‌عنوان یک تفکر راهبردی چندمنظوره و سازگار با محیط‌زیست، توجه بسیاری از پژوهشگران را در سطح جهانی به خود معطوف کرده است. با توجه به اثرات بارز و در عین‌حال متفاوت مشاهده شده از بیوچارهای مختلف در افزایش کربن آلی خاک، غلظت قابل‌استفاده برخی عناصر غذایی و رشد گیاه، ضروری است قبل از استفاده گسترده از هر نوع بیوچاری، واکنش گیاه نسبت به آن، مورد بررسی قرار گیرد. در همین راستا در پژوهش حاضر تأثیر مصرف سه نوع بیوچار مختلف و مواد اولیه آن‌ها، بر فراهمی پتاسیم و رشد گیاه ذرت در خاک مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در قالب دو طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش در هردو بخش گلخانه‌ای و آزمایشگاهی عبارت بودند از شاهد (بدون مصرف ماده آلی)، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب، کود گاوی و بیوچارهای آن‌ها. در بخش آزمایشگاهی، اثر تیمارها بر پتاسیم قابل‌استفاده خاک و پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم بررسی شد. در بخش گلخانه‌ای، اثر تیمارها بر رشد گیاه، غلظت و جذب پتاسیم در گیاه مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از نتایج هر دو بخش، ارتباط بین پتاسیم قابل‌استفاده خاک با پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم و روابط بین پارامترهای گیاهی با پتاسیم قابل‌استفاده خاک مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: در بین تیمارها، کود گاوی و بیوچار آن با ایجاد افزایش بیش‌تری در پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم، سبب افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک شدند. در حالی‌که لجن فاضلاب و بیوچار آن با ایجاد افزایش کم‌تری در پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم، پتاسیم قابل‌استفاده خاک را به مقدار کم‌تری افزایش دادند. کمپوست زباله شهری و بیوچار آن از لحاظ تأثیر بر پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم و ایجاد افزایش در پتاسیم قابل‌استفاده خاک، در بین این دو قرار داشتند. در مجموع، ترتیب کلی تیمارها از لحاظ افزایش فراهمی پتاسیم، به‌صورت زیر بود. ۱- بیوچار کود گاوی ۲- کود گاوی ۳- بیوچار کمپوست زباله شهری ٤- کمپوست زباله شهری ۵- بیوچار لجن فاضلاب و لجن فاضلاب،

* مسئول مکاتبه: khorasani@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

٦- شاهد. با این‌حال با توجه به وابستگی رشد گیاه به عوامل متعددی فراتر از پتاسیم قابل‌استفاده خاک، ترتیب تیمارها در بهبود شرایط رشد گیاه با ترتیب تیمارها در افزایش فراهمی پتاسیم، مطابقت نداشت. ترتیب برتری تیمارها در بهبود شرایط رشد گیاه و افزایش وزن خشک گیاه به‌صورت زیر استنتاج شد: ۱- کود گاوی ۲- بیوچار لجن فاضلاب و لجن فاضلاب ۳- بیوچار کمپوست زباله شهری ٤- بیوچار کود گاوی ٥- شاهد و کمپوست زباله شهری.

نتیجه‌گیری: با توجه به برتری بیوچار کمپوست زباله شهری نسبت به کمپوست زباله شهری از هر دو جنبه تأثیر بر فراهمی پتاسیم و تأثیر بر وزن خشک گیاه، می‌توان در شرایط مشابه آزمایش، مصرف بیوچار کمپوست زباله شهری را بر مصرف کمپوست زباله شهری ترجیح داد. با توجه به کاهش رشد گیاه در بیوچار کود گاوی نسبت به کود گاوی و در عین‌حال برتری بیوچار کود گاوی از لحاظ تأثیر بر فراهمی پتاسیم و با توجه به خصوصیات آن، به‌نظر می‌رسد که در مصرف بیوچار کود گاوی باید ملاحظاتی مانند شوری و موازنه عناصر غذایی با دقت بیش‌تری مورد توجه قرار گرفته و مدیریت شود. علی‌رغم تشابه بیوچار لجن فاضلاب با لجن فاضلاب در افزایش رشد گیاه و مقدار پتاسیم قابل‌استفاده، با توجه به بالاتر بودن ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم در این بیوچار و در نتیجه احتمال تداوم بیش‌تر تامین پتاسیم قابل‌استفاده توسط آن، می‌توان در شرایط مشابه آزمایش، مصرف این بیوچار را بر مصرف لجن فاضلاب ترجیح داد.

واژه‌های کلیدی: بهسازهای آلی، کمپوست زباله شهری، کود گاوی، لجن فاضلاب

مقدمه

بر اساس گزارش کمیته فنی خاک فائو (۲۰۱۵)، از دست رفتن کربن آلی خاک‌ها، کمبود عناصر غذایی و در مواردی سمیت آن‌ها، از مهم‌ترین فاکتورهای تهدیدکننده خاک‌ها در ارائه وظایف اکوسیستمی‌شان محسوب می‌شوند (٣٤). بیش از ٦٠ درصد از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران از لحاظ محتوای کربن آلی، فقیر محسوب می‌شوند.۳۰ درصد از خاک‌ها نیز دچار کمبود پتاسیم هستند (٤٠). بنابراین در مدیریت خاک‌های کشاورزی کشور، توجه هم‌زمان به تأمین منابع آلی و عناصر غذایی، ضروری است. یکی از راهکارهای پیشنهادی برای مدیریت پایدار حاصلخیزی در چنین خاک‌هایی، استفاده از بیوچارهایی[1] مانند بیوچارهای حاصل از کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و کود دامی می‌باشد (۱۰). اتخاذ این استراتژی، علاوه بر بهره‌گیری از ماندگاری بیش‌تر کربن بیوچاری نسبت به کربن زیست‌توده و افزایش غلظت قابل‌استفاده برخی عناصر غذایی مانند فسفر و پتاسیم در خاک، می‌تواند چالش‌های زیست‌محیطی و بهداشتی مطرح در مصرف مستقیم برخی منابع آلی مانند کود دامی و لجن فاضلاب (نشر گازهای گلخانه‌ای، خطر وجود کلیفرم‌های مدفوعی، تخم انگل و انباشت تجمعی عناصر سنگین) را نیز مرتفع سازد (۱۹، ۲۳ و ۲۷). بیوچار ماده جامد غنی از کربن آلی است که می‌تواند از پیرولیز[2] انواع مواد آلی حاصل شود. به‌عبارت دیگر بیوچار از تخریب حرارتی بسیاری از مواد آلی (زیست‌توده گیاهی، فضولات جانوری، لجن فاضلاب و ...) در شرایط نبود یا کمبود اکسیژن ایجاد می‌شود و در مقابل تجزیه میکروبی، ماندگاری چندین ساله پیدا می‌کند (۲۲). این ماده حاوی هیدروکربن‌های حلقوی متعدد با گروه‌های عاملی فراوان می‌باشد (۸، ۳۵ و ۳۸). بحران

1- Biochar

2- Pyrolysis

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر اقلیم و لزوم تعدیل آن از یک طرف و تناسب بیوچار برای ماندگار کردن کربن ترسیب‌شده و تعدیل شدت تغییر اقلیم از طرف دیگر سبب شد که در دهه اول قرن حاضر (قرن بیست و یکم) پژوهش‌های زیادی در مورد بیوچار و مصرف آن در خاک در کشورهای اروپایی و مناطق حاره انجام شود. بسیاری از این مطالعات، نشان‌دهنده تأثیر مثبت انواع بیوچار بر مقدار قابل‌استفاده عناصر غذایی، باروری خاک، رشد گیاه و عملکرد محصول بودند (۵، ۱۱، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۳۱ و ٤٥). در سال‌های اخیر دامنه مطالعات در مورد مصرف بیوچارها علاوه بر خاک‌های اسیدی و شدیداً هوازده، به مناطق خشک و نیمه‌خشک و خاک‌های آهکی نیز کشانده شده است. در شرایط خاک‌های آهکی، مصرف بیوچارهای هریک از مواد کاه گندم و کود مرغی (٢٦)، کود مرغی (١٧)، ضایعات آلی شهری (٤٢) و چوب ذرت (٢)، به‌ترتیب سبب افزایش مقدار فسفر و پتاسیم قابل‌استفاده و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه ذرت، افزایش وزن خشک اندام هوایی و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه ذرت، افزایش جذب پتاسیم و رشد گیاه ذرت و افزایش جذب پتاسیم و رشد گیاه گندم شدند. امین (٢٠١٦) در مطالعه خود در یک خاک آهکی، اثر بیوچار حاصل از چوب ذرت را بر پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم بررسی کرد. در گزارش این پژوهشگر اثر بیوچار مذکور بر پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم معنی‌دار بود (٢). نجفی قیری و همکاران (٢٠١٤) با مصرف ۵ نوع بیوچار تهیه شده از بقایای گیاهی مختلف در یک خاک آهکی، شاهد تأثیر مثبت بیوچار بر شکل‌های محلول و تبادلی پتاسیم بودند. آن‌ها پتانسیل بیوچارهای مذکور برای تامین پتاسیم در خاک‌های کشورمان را قابل‌توجه و درخور پژوهش بیش‌تری دانستند (۳۰). زلفی باوریانی و همکاران (٢٠١٦) ضمن گزارش تأثیر مثبت بعضی بیوچارهای حاصل از کود مرغی در افزایش عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در یک خاک آهکی، بررسی تأثیر آن‌ها بر رشد گیاه را نیز پیشنهاد کردند (٤٦). فروهر و همکاران (٢٠١٨) با مصرف بیوچارهای حاصل از کود گاوی، لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری در یک خاک آهکی، افزایش بارزی در مقدار فسفر و پتاسیم قابل‌استفاده گیاه مشاهده کردند و برای مصرف بیوچارهای مذکور، پژوهش بیش‌تری با تاکید بر رشد گیاه و بررسی روابط فراهمی عناصر غذایی پیشنهاد کردند (۹). عربی (٢٠١٨) در ناحیه استپی یا نیمه‌خشک شمال‌شرق استان گلستان با کاربرد بیوچار حاصل از درختان جنگلی سپیدار شاهد افزایش عملکرد دانه و درصد روغن در سویا بود (۳). علی‌رغم پژوهش‌های پرشماری که اثر مثبت بیوچار را بر ویژگی‌های خاک و رشد گیاه تأیید می‌کند، مطالعاتی نیز نشان‌دهنده عدم تأثیر و یا تأثیر منفی بیوچار بر رشد گیاه و عملکرد محصول می‌باشد (۱، ۷، ۹، ١٤، ٣٢، ٣٦، ٣٧، ۳۹ و ٤٤). این امر ناشی از این واقعیت است که نوع رفتار بیوچار در خاک و تأثیر آن بر رشد گیاه، بستگی به عواملی مانند نوع مواد اولیه، شرایط دمایی و اتمسفری محفظه تولید بیوچار، شرایط خاک و اقلیم، مقدار مصرف بیوچار و نوع گیاه دارد (۲۳ و ۲۹).

در اغلب پژوهش‌های انجام شده با بیوچار، به سه موضوع کم‌تر پرداخته شده است. اول این‌که بیوچارها اغلب منشأ گیاهی داشته‌اند و بیوچارهای دارای منشأ جانوری کم‌تر بررسی شده‌اند. دوم این‌که مقایسه تأثیر بیوچارها و مواد اولیه آن‌ها کم‌تر انجام شده است. سوم این‌که اغلب، مقدار قابل استفاده عناصر و رشد گیاه بررسی شده‌اند و شکل‌های مختلف یک عنصر و فراهمی آن کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به این سه موضوع و با توجه به فقدان پژوهش‌های کافی در مورد نوع رفتار بیوچارهای مختلف در خاک

www.SID.ir

Archive of SID

و تأثیر آن‌ها بر رشد گیاه در شرایط خاک‌های آهکی کشور، پژوهش حاضر، شکل گرفت. در این مطالعه، تأثیر سه نوع بیوچار حاصل از کود گاوی، لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری در مقایسه با مواد اولیه آن‌ها، بر رشد گیاه ذرت، غلظت، جذب و فراهمی پتاسیم، مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی فراهمی پتاسیم، علاوه بر پتاسیم قابل استفاده، شکل‌های مختلف پتاسیم نیز با استفاده از روابط کمیت- شدت پتاسیم تعیین و تغییرات آن‌ها تحت‌تأثیر تیمارها مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو بخش مجزای آزمایشگاهی و گلخانه‌ای انجام شد. مشخصات خاک مورد مطالعه (جدول ۱) و تیمارها (جدول ۲) در هر دو بخش پژوهش یکسان بود. بیوچارهای مورد استفاده در این پژوهش، در دستگاه مجهزی که به همین منظور ساخته شده بود، در شرایط یکسان دمایی (٤۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت) و در حضور جریان مداومی از گاز N_2 تولید شده‌بودند. در طول مدت پیرولیز، دما و اتمسفر محفظه پیرولیز به دقت کنترل شد. مایعات و بخارات حاصل از پیرولیز به‌طور کامل به بیرون از محفظه هدایت شد و به این ترتیب از رسوب کردن و اختلاط آن‌ها با بیوچارهای در حال شکل‌گیری ممانعت شد (۹). خاک مورد استفاده در هر یک از بخش‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای پژوهش، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از اراضی زراعی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی با مختصات جغرافیایی ۳٦/۲۱۰۵۸ درجه شمالی و ٥۹/٦٤۳۹٦ درجه شرقی برداشت شده بود.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد آزمایش.

Table 1. Some characteristics of the soil.

بافت texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	آهک معادل TNV (%)	پتاسیم قابل‌استفاده Available K ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر قابل‌استفاده Available P ($mg\ kg^{-1}$)	نیتروژن کل TN (%)	کربن آلی OC (%)	رطوبت اشباع SP (%)	رطوبت ظرفیت مزرعه FC (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته گل اشباع pH
SCL	21	7	72	16	76	6.3	0.04	0.23	24.3	12.2	1	8

جدول ۲- برخی از خصوصیات مواد اولیه و بیوچارهای مورد استفاده در آزمایش.

Table 2. Some characteristics of biochars and their feedstock.

ماده اولیه و بیوچار Feedstock and biochars	پتاسیم کل total K (%)	فسفر کل total P (%)	نیتروژن کل total N (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی عصاره ۱:۵ EC1:5 ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته سوسپانسیون ۱:۵ pH 1:5
کمپوست زباله شهری Municipal Waste Compost (MWC)	0.56	0.44	1.37	10.3	9.36	7.4
بیوچار کمپوست زباله شهری Biochar of MWC (BMWC)	0.72	0.58	1.09	11	9.5	8.8
لجن فاضلاب شهری Sewage Sludge (SS)	0.11	0.58	1.87	12.9	3.37	7.5
بیوچارلجن فاضلاب Biochar of SS(BSS)	0.11	0.59	1.52	15.2	3.68	7.8
کود گاوی Cow Manure(CM)	2.46	0.91	1.94	25.8	22.8	8.3
بیوچار کود گاوی Biochar of C M (BCM)	2.89	1.02	1.79	28.7	40.6	10.5

www.SID.ir

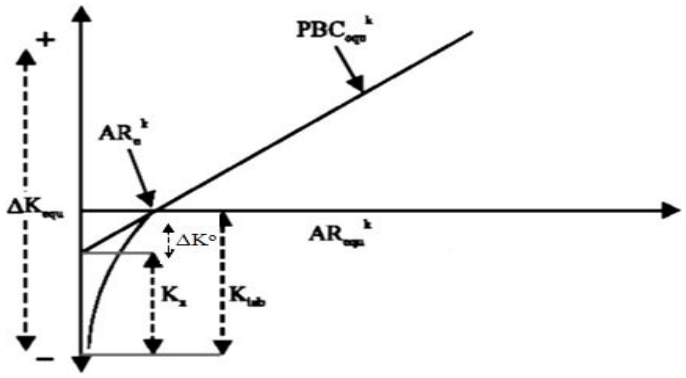
Archive of SID

بخش آزمایشگاهی: برای بررسی تأثیر تیمارها بر فراهمی پتاسیم و یافتن بخشی از دلایل تغییرات پتاسیم قابل‌استفاده، از طریق بررسی تغییرات شکل‌های مختلف پتاسیم و هم‌چنین برای بررسی ارتباط بین تغییرات پتاسیم قابل‌استفاده خاک با رشد گیاه، غلظت و جذب پتاسیم، بخش آزمایشگاهی پژوهش شکل گرفت و به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار و سه تکرار انجام شد. برای تعیین شکل‌های مختلف پتاسیم، از روابط کمیت- شدت پتاسیم استفاده شد. تیمارهای آزمایش در این بخش نیز عبارت بودند از: شاهد (بدون مصرف ماده آلی)، کمپوست زباله شهری (کارخانه تولید کمپوست زباله شهری شهرداری مشهد)، بیوچار کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب مشهد (تصفیه‌خانه اولنگ)، بیوچار لجن فاضلاب، کود گاوی و بیوچار کود گاوی. مقدار مصرف هر یک از تیمارها، یک درصد وزن خاک بود. نمونه‌های ۸۰۰ گرمی از خاک مورد آزمایش (جدول ۱) که قبلاً هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور کرده بودند، به‌دقت توزین شدند. هر نمونه با یکی از تیمارها به‌خوبی مخلوط شد. هر یک از مخلوط‌ها به قوطی‌های پلاستیکی ۱ لیتری درب‌دار منتقل شدند (روی درب هر قوطی سه سوراخ برای تهویه، تعبیه شده بود). با توجه به تعداد ۷ تیمار ذکر شده و در نظر گرفتن سه تکرار برای هر تیمار، تعداد کل قوطی‌ها یا واحدهای آزمایشی ۲۱ عدد بود. رطوبت شاهد و تیمارها به حد طرفیت مزرعه (FC) رسانده شد و پس از بستن درب قوطی‌ها، به‌مدت ۲ ماه در شرایط انکوباتور (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. در طول این مدت، رطوبت خاک داخل قوطی‌ها هر سه روز یکبار بررسی و در حد FC تنظیم شد. در پایان دوره انکوباسیون، خاک هر یک از ۲۱ قوطی به طور جداگانه هواخشک شد و در آن‌ها پتاسیم قابل‌استفاده (قابل عصاره‌گیری با آمونیوم استات یک نرمال) و پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم اندازه‌گیری شد. این پارامترها عبارت بودند از نسبت فعالیت در حال تعادل پتاسیم (ARKe)، پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل (ΔK^o)، پتاسیم به سختی قابل‌تبادل که در واقع بخشی از پتاسیم غیر تبادلی است که قابلیت تبدیل به فرم تبادلی را دارد (Kx)، پتاسیم قابل‌دسترس (K_L یا مجموع ΔK^o و Kx) و ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K). برای آزمایش Q/I (کمیت- شدت)، غلظت‌های صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/٤، ۰/۸، ۱/٦، ۲/٤ و ۳/۲ میلی‌مولار پتاسیم (از نمک پتاسیم کلراید) در محلول ۰/۰۰۲ مولارکلسیم (از نمک کلسیم کلراید) تهیه شدند (٤، ٦، ۱۵). ۲۵ میلی‌لیتر از هر یک از غلظت‌های مذکور به نمونه‌های ۲/۵ گرمی از هر خاک (در سه تکرار) اضافه شد و به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه تکان داده شد. پس از ۵ دقیقه سانتریفیوژ کردن با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه، قابلیت هدایت الکتریکی محلول صاف رویی به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج و غلظت کلسیم و کلسیم + منیزیم آن، به روش تیتراسیون با EDTA (۲۵) و غلظت پتاسیم آن به روش طیف‌سنجی نشر اتمی، اندازه‌گیری شد. تغییر در پتاسیم تبادلی (ΔK)، از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی به‌دست آمد. برای محاسبه نسبت فعالیت پتاسیم، با استفاده از فرمول تجربی $I= 0.013EC$ (لیندزی، ۱۹۷۹)، قدرت یونی محلول (I) محاسبه شد و پس از آن، ضرایب فعالیت یون با استفاده از معادله توسعه‌یافته دبای‌هاکل، محاسبه و با ضرب غلظت در ضریب فعالیت، فعالیت یون‌های مورد نظر تعیین شد (۲٤). سپس با استفاده از رابطه زیر، فاکتور شدت یا نسبت فعالیت پتاسیم (ARK) محاسبه شد. $ARK = \frac{aK}{(aCa+Mg)^{\frac{1}{2}}}$ با رسم تغییرات مقدار پتاسیم جذب‌شده یا آزادشده در مقابل نسبت فعالیت پتاسیم برای هر خاک، نمودار کمیت

www.SID.ir

Archive of SID

به‌شدت پتاسیم حاصل شد. پارامترهای این نمودارها شامل پتاسیم به سهولت قابل تبادل، پتاسیم به سختی قابل‌تبادل، مجموع پتاسیم تبادلی، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل و ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم برای هر واحد آزمایشی مطابق شکل ۱، تعیین شد. شیب قسمت خطی این نمودار، نشان‌دهنده PBC^K، محل برخورد قسمت خطی نمودار با محور افقی، نشان‌دهنده ARKe، محل برخورد امتداد قسمت خطی نمودار با محور عمودی، نشان‌دهنده ΔK^o، محل برخورد قسمت غیرخطی نمودار با محور عمودی، نشان‌دهنده K_L، فاصله بین تقاطع قسمت غیرخطی با محور عمودی و تقاطع امتداد قسمت خطی با محور عمودی، یا تفاضل $K_L - \Delta K^o$ نشان‌دهنده Kx بود. مقایسه بین تیمارها از لحاظ تأثیر بر مقدار پتاسیم قابل‌استفاده و پارامترهای فراهمی پتاسیم، با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. هم‌چنین روابط همبستگی بین پتاسیم قابل‌استفاده و هر یک از پارامترهای کمیت شدت آن نیز مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- نمونه‌ای از منحنی کمیت- شدت پتاسیم و پارامترهای آن.

Figure 1. A typical Q:I curve of potassium and its parameters.

بخش گلخانه‌ای: این بخش از پژوهش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از شاهد (بدون مصرف ماده آلی)، کمپوست زباله شهری (کارخانه تولید کمپوست زباله شهری شهرداری مشهد)، بیوچار کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب شهری (تصفیه‌خانه خین عرب مشهد)، بیوچار لجن فاضلاب، کود گاوی و بیوچار کود گاوی. مقدار مصرف هر یک از تیمارها، یک درصد وزن خاک بود. از خاک مورد آزمایش که هوا خشک شده و از الک ٦ میلی‌متری عبور کرده بود، نمونه‌های ۵ کیلوگرمی به‌دقت وزن شده و به داخل گلدان‌های ٦ لیتری منتقل شدند. به‌جز پتاسیم، سایر عناصر غذایی بر اساس آزمایش خاک و توصیه‌های مبتنی بر آزمون خاک برای هر گلدان تامین شد. هر تیمار با خاک داخل یک گلدان، مخلوط شد. تعداد گلدان‌ها یا واحدهای آزمایشی با احتساب ۷ تیمار و سه تکرار، ۲۱ عدد بود. در هر گلدان ۵ بذر ذرت رقم ۷۰٤ سینگل کراس کاشته شد بعد از سبز شدن، در مرحله رشدی V2 تا V3 (دو برگی تا سه‌برگی)، تعداد گیاهان در هر گلدان به ۲ گیاه کاهش داده شد. برای هر تیمار دو گلدان اضافی به‌منظور نمونه‌برداری خاک در طول دوره آزمایش و تعیین رطوبت آن و محاسبه مقدار آب لازم برای این‌که در حدامکان گیاه دچار تنش کم‌آبی نشود (رطوبت

www.SID.ir

Archive of SID

خاک گلدان‌ها در هر تیمار از ٦٠ تا ٥٠ درصد گنجایش زراعی کم‌تر نشود) در نظر گرفته شد. بر اساس توزین‌های روزانه گلدان‌های اضافی، در این فاصله زمانی، رطوبت خاک گلدان‌ها به حدود ٦٠ تا ٥٠ درصد گنجایش زراعی می‌رسید. بنابراین هر ٤ تا ٥ روز، آبیاری گلدان‌ها تا رسیدن رطوبت خاک گلدان به حد گنجایش زراعی، انجام شد. ٦٠ روز بعد از سبز شدن، بوته‌های هر گلدان از محل طوقه قطع شدند. اندام هوایی و ریشه به‌دقت با آب مقطر شستشو داده شدند. سپس تا رسیدن به وزن ثابت، در آون تهویه‌دار و دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه، غلظت پتاسیم در اندام هوایی و ریشه گیاه، جذب یا محتوای پتاسیم در ریشه و اندام هوایی گیاه و محتوای پتاسیم کل گیاه، در هر تیمار تعیین شد. محتوای پتاسیم اندام هوایی گیاه از حاصلضرب وزن خشک اندام هوایی در غلظت پتاسیم آن حاصل شد. محتوای پتاسیم ریشه نیز از حاصلضرب وزن خشک ریشه در غلظت پتاسیم ریشه محاسبه شد. محتوای کل پتاسیم گیاه، از مجموع محتوای پتاسیم اندام هوایی و ریشه تعیین شد. آنالیز آماری داده‌ها برای بررسی اثر تیمارها بر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ٨/١ انجام شد.

نتایج و بحث

پتاسیم قابل‌استفاده خاک: نتایج آزمون دانکن (α=٠/٠٥) برای مقایسه اثر تیمارها بر مقدار پتاسیم قابل‌استفاده خاک نشان داد که مصرف هر یک از بیوچارها یا مواد اولیه آن‌ها سبب افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک نسبت به شاهد شد (جدول ٣). بیش‌ترین افزایش در مقدار پتاسیم قابل‌استفاده خاک در اثر مصرف بیوچار کود گاوی حاصل شد، در حالی‌که کم‌ترین افزایش در مقدار این پارامتر در اثر مصرف لجن فاضلاب به‌دست آمد. مقایسه بیوچارها با مواد اولیه آن‌ها نشان داد که به‌جز بیوچار لجن فاضلاب، سایر بیوچارها پتاسیم قابل‌استفاده خاک را بیش از مواد اولیه خود افزایش دادند. در بین بیوچارها، بیوچار کود گاوی و در بین مواد اولیه، کود گاوی بیش‌ترین افزایش در پتاسیم قابل‌استفاده خاک را موجب شدند. افزایش پتاسیم تحت‌تأثیر هر یک از تیمارها نسبت به شاهد می‌تواند علاوه بر ورود مستقیم پتاسیم توسط تیمارها به خاک، ناشی از تأثیر تیمارها بر واکنش‌های رهاسازی پتاسیم خاک نیز باشد. به‌عنوان نمونه، با در نظر گرفتن محتوای پتاسیم بیوچار کود گاوی (جدول ٢)، مصرف یک درصد وزن خاک از آن، سبب اضافه شدن ٢٩٨ میلی‌گرم پتاسیم در هر کیلوگرم خاک می‌شود که با فرض قابل‌استفاده بودن کل آن و احتساب مقدار پتاسیم قابل‌استفاده خاک (٧٦ میلی‌گرم در کیلوگرم)، مقدار پتاسیم قابل‌استفاده تحت‌تأثیر این تیمار باید به ٣٧٣/٧ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برسد. این در حالی است که مقدار پتاسیم قابل‌استفاده تحت‌تأثیر این تیمار به ٤٦٥ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک رسیده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد مصرف بیوچار کود دامی علاوه بر ورود مستقیم مقادیری از پتاسیم به خاک، سبب رهاسازی بخشی از پتاسیم از منابع خاکی آن از جمله پتاسیم موجود در ساختمان کانی‌ها نیز شده است. در مطالعات ونگ و همکاران (٢٠١٨) نیز، مصرف بیوچار حاصل از بامبو، پتاسیم قابل‌استفاده خاک را نسبت به شاهد افزایش داد (٤١). آن‌ها طی این پژوهش، گزارش کردند که بیوچار در افزایش فعالیت باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم (K-dissolving bacteria) تأثیر معنی‌داری داشت. این باکتری‌ها هوادیدگی کانی‌های حاوی پتاسیم را تسهیل می‌کنند (٤١). ویدوواتی و آسناه (٢٠١٤) با مصرف بیوچار در یک خاک اینسپتی‌سول فقیر از پتاسیم، افزایش ١٨٤ درصدی در

www.SID.ir

Archive of SID

پتاسیم قابل‌استفاده خاک را گزارش کردند (٤٢). آمین (٢٠١٦) نیز با مصرف بیوچار چوب بلال ذرت در مقادیر ٢٠، ٤٠ و ٦٠ تن در هکتار، افزایش معنی‌داری در مقدار پتاسیم محلول و قابل‌استفاده خاک ملاحظه کرد. مطالعات دیگری نیز تأثیر بیوچار در افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک را مورد تأیید قرار داده‌اند (١٢، ٢١ و ٢٨).

جدول ۳- اثر تیمارها بر پتاسیم قابل‌استفاده و پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم در خاک (آزمون دانکن، α=۰/۰۵).

Table 3. The effects of treatments on Kava and Q:I parameters of potassium (Duncan, α=0.05).

تیمار Treatment	پتاسیم قابل‌استفاده Kava (AAC)* ($mg\ kg^{-1}$)	نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل ARK_e $(mmol\ l^{-1})^{1/2}$	پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل $-\Delta K^0$ ($Cmol^{(+)}\ kg^{-1}$)	پتاسیم به سختی قابل‌تبادل K_X ($Cmol^{(+)}\ kg^{-1}$)	مجموع پتاسیم تبادلی K_L ($Cmol^{(+)} kg^{-1}$)	ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم PBC^K $(Cmol^{(+)}\ kg^{-1}\ l^{1/2}\ mmol^{-1/2})$
شاهد Ctr	75.7^{f}	0.0077^{d}	0.012^{d}	0.133^{d}	0.144^{d}	1.58^{b}
کمپوست زباله شهری MWC	98^{d}	0.066^{c}	0.106^{c}	0.154^{cd}	0.26^{c}	1.61^{b}
بیوچار کمپوست زباله شهری BMWC	108^{c}	0.047^{c}	0.078^{c}	0.302^{bc}	0.38^{c}	1.66^{b}
لجن فاضلاب شهری SS	78^{e}	0.018^{d}	0.03^{d}	0.308^{bc}	0.34^{c}	1.65^{b}
بیوچار لجن فاضلاب شهری BSS	79^{e}	0.017^{d}	0.031^{d}	0.278^{bcd}	0.306^{c}	1.85^{a}
کود گاوی CM	225^{b}	0.42^{b}	0.486^{b}	0.344^{b}	0.83^{b}	1.13^{c}
بیوچار کود گاوی BCM	465^{a}	1.16^{a}	1.1^{a}	1.62^{a}	2.7^{a}	0.95^{d}

* پتاسیم قابل‌استفاده، عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم ۱ نرمال دارای pH=۷.

در هر ستون، اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند.

* available K, Extracted by NH_4CH_3COO 1 N, pH=7.

In each column numbers with a similar letter are not different at alpha = 0.05.

پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم: به‌جز لجن فاضلاب و بیوچار آن، سایر تیمارها سبب افزایش معنی‌دار نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل خاک (ARKe) نسبت به شاهد شدند (جدول ٣). کم‌ترین نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل خاک در شاهد به مقدار $(mmol\ l^{-1})^{1/2}$ ۰/۰۰۷۷ و بیش‌ترین نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل خاک در تیمار بیوچار کود گاوی به‌میزان $(mmol\ l^{-1})^{1/2}$ ۱/۱٦ مشاهده شد. مقایسه کود گاوی و بیوچار آن نشان داد که نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل خاک در تیمار بیوچار کود گاوی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از این نسبت در تیمار کود گاوی بود. افزایش نسبت فعالیت پتاسیم تحت‌تأثیر کود گاوی و بیوچار آن در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها می‌تواند علاوه بر ورود مستقیم مقادیری پتاسیم محلول توسط این دو تیمار به خاک و نیز تأثیر آن‌ها بر رهاسازی پتاسیم از منابع خاکی آن،

www.SID.ir

Archive of SID

احتمالاً به جذب کلسیم و منیزیم توسط این دو تیمار و در نتیجه کاهش فعالیت این دو کاتیون در محلول خاک نیز مربوط باشد. در پژوهش انجام شده توسط آمین (۲۰۱۶)، مصرف بیوچار حاصل از چوب بلال ذرت در یک خاک آهکی با بافت شنی، افزایش معنی‌داری در نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل خاک نسبت به شاهد ایجاد کرد. یلدهالی و همکاران (۲۰۰۷) در جریان اصلاح یک خاک ورتی‌سول قلیایی با بافت رسی، با مصرف ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و لجن سرباره (از محصولات فرعی کارخانجات ذوب‌آهن)، افزایش معنی‌داری در نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل خاک گزارش دادند (۴۳). آن‌ها این امر را به آزاد شدن پتاسیم از این دو لجن نسبت دادند. عدم همخوانی نتایج مصرف لجن فاضلاب در پژوهش ما با این پژوهش، احتمالاً می‌تواند با تفاوت بافت خاک و در نتیجه تفاوت کانی‌شناسی خاک و نیز تفاوت مقدار مصرف لجن فاضلاب در دو پژوهش مرتبط باشد.

مطابق جدول ۳، پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل خاک (ΔK^o)، تحت‌تأثیر تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار آن، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. این پارامتر در اثر مصرف کمپوست زباله شهری، کود گاوی و بیوچارهای آن‌ها، نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل خاک در اثر مصرف بیوچار کود گاوی حاصل شد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ماده اولیه آن یعنی کود گاوی بود. تیمارهای بیوچار کمپوست زباله شهری و بیوچار لجن فاضلاب، تفاوت معنی‌داری با مواد اولیه خود نداشتند. عدم تغییر ΔK^o در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار آن نسبت به شاهد، احتمالاً می‌تواند با محتوای کم پتاسیم و هم‌چنین وفور مکان‌های جذب ویژه پتاسیم در این دو تیمار مرتبط باشد. در مطالعات یلدهالی و همکاران (۲۰۰۷)، نمونه‌های خاک تیمار شده با لجن فاضلاب مقدار پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل کم‌تری نسبت به شاهد داشتند. این پژوهشگران بیان نمودند که احتمالاً مصرف لجن فاضلاب در خاک مذکور، به تغییر شکل پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل به پتاسیم به سختی قابل‌تبادل کمک کرده است. در پژوهش انجام شده توسط آمین (۲۰۱۶) در یک خاک آهکی با بافت شنی، مصرف بیوچار چوب ذرت، سبب افزایش معنی‌داری در مقدار پتاسیم به سهولت قابل‌تبادل خاک شد. در پژوهش ایشان، مصرف هر یک از مقادیر ۲۰، ۴۰ و ۶۰تن از بیوچار مذکور افزایش معنی‌دار ΔK^o را، نسبت به شاهد در پی داشت.

مطابق نتایج آزمون دانکن (α=۰/۰۵) پتاسیم به سختی قابل تبادل خاک (Kx) که در واقع بخشی از پتاسیم غیرتبادلی است که در مواضع جذب اختصاصی نگهداری می‌شود و قابلیت تبدیل به فرم تبادلی را دارد، تحت‌تأثیر هر یک از تیمارهای لجن فاضلاب، کود گاوی، بیوچار کود گاوی و بیوچار کمپوست زباله شهری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). تیمارهای کمپوست زباله شهری و بیوچار لجن فاضلاب تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. تفاوت بین بیوچارها با مواد اولیه آن‌ها تنها در مورد کود گاوی و بیوچار آن معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیوچار کود گاوی سبب افزایش معنی‌دار پتاسیم به سختی قابل‌تبادل خاک نسبت به کود گاوی شد. در پژوهش انجام‌شده توسط ونگ و همکاران (۲۰۱۸)، مصرف بیوچار حاصل از بامبو در تناوب گندم- ذرت در دو خاک انتی‌سول و آلفی‌سول دو تأثیر متفاوت بر مقدار پتاسیم به سختی قابل‌تبادل خاک داشت. مصرف این بیوچار در خاک انتی‌سول سبب افزایش در پتاسیم به سختی قابل‌تبادل خاک شد ولی در خاک آلفی‌سول تغییری در این پارامتر ایجاد نکرد.

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K) خاک با مصرف بیوچار لجن فاضلاب، به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). در مقابل، مصرف کود گاوی یا بیوچار کود گاوی سبب کاهش ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک نسبت به شاهد شدند. این پارامتر در تیمارهای کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و بیوچار کمپوست زباله شهری، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. بیوچار لجن فاضلاب نسبت به لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک شد اما بیوچار کود گاوی نسبت به کود گاوی، کاهش ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک را به‌دنبال داشت. بنابراین صرف‌نظر از مقدار پتاسیم قابل‌استفاده، به‌نظر می‌رسد که تأمین پتاسیم قابل‌استفاده در تیمار بیوچار لجن فاضلاب به‌طور معنی‌داری از تداوم بیش‌تری نسبت به لجن فاضلاب، سایر تیمارها و شاهد برخوردار است. در مقابل، تأمین پتاسیم قابل‌استفاده در تیمار بیوچار کود گاوی، به‌طور معنی‌داری از تداوم کم‌تری نسبت به کود گاوی برخوردار است. این دو تیمار کم‌ترین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک را نسبت به شاهد و سایر تیمارها موجب شدند. آمین (۲۰۱٦) در پژوهش‌های خود مشاهده کرد که مصرف بیوچار حاصل از چوب ذرت در یک خاک آهکی سبب افزایش معنی‌دار PBC^K درمقایسه با شاهد شد. در مقابل، یلدهالی و همکاران (۲۰۰۷) با مصرف لجن فاضلاب در خاک، شاهد کاهش ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک نسبت به شاهد بودند (٤۳). آن‌ها بیان نمودند که ممکن است مقادیر پتاسیم آزاد شده از لجن فاضلاب از طریق افزایش نسبت فعالیت پتاسیم در محلول خاک سبب کاهش PBC^K شده باشد.

در مجموع با توجه به داده‌های جدول ۳، در بین تیمارها، کود گاوی و بیوچار آن با ایجاد افزایش در پارامترهای ARKe، ΔK^o، Kx و K_L، سبب افزایش بارز پتاسیم قابل‌استفاده خاک نسبت به شاهد شدند. در حالی‌که کمپوست زباله شهری و بیوچار آن با ایجاد افزایش کمتری در پارامترهای ΔK^o، K_L و Kx، موجبات افزایش کم‌تر پتاسیم قابل‌استفاده خاک نسبت به شاهد را فراهم آوردند. به همین ترتیب، لجن فاضلاب و بیوچار آن با تحت‌تأثیر قرار دادن تنها، پارامترهای K_L و Kx و ایجاد کم‌ترین افزایش در آن‌ها، کم‌ترین افزایش در پتاسیم قابل‌استفاده خاک نسبت به شاهد را موجب شدند. هم‌چنین با توجه به جدول‌های ۳ و ٤، تفاوت بین هر بیوچار و ماده اولیه‌اش از لحاظ نحوه تأثیر بر پتاسیم قابل‌استفاده خاک، مشخص شد. در تیمار کود گاوی، پتاسیم قابل‌استفاده خاک، با ARKe، ΔK^o و K_L، همبستگی مثبت داشت (جدول ٤). اما در تیمار بیوچار کود گاوی همبستگی پتاسیم قابل‌استفاده خاک، علاوه بر ARKe، ΔK^o و K_L، با Kx، نیز مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد، افزایش در ARKe، K_L و مؤلفه‌های آن (K و ΔK^o)، سبب افزایش در پتاسیم قابل‌استفاده خاک در تیمار بیوچار کود گاوی نسبت به کود گاوی (جدول ۳)، شده باشد. در برخی منابع علمی، از Kx نیز به‌عنوان منبع پتاسیم قابل‌استفاده نام برده شده است (۱۵). در تیمار کمپوست زباله شهری، پتاسیم قابل‌استفاده خاک با ARKe، ΔK^o و K_L همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت اما در تیمار بیوچار کمپوست زباله شهری همبستگی پتاسیم قابل‌استفاده خاک علاوه بر ARKe، ΔK^o و K_L، با Kx نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ٤). با در نظر گرفتن این مطالب و با توجه به جدول۳ ، به‌نظر می‌رسد افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک در اثر مصرف بیوچار کمپوست زباله شهری نسبت به کمپوست زباله شهری، بیش‌تر از طریق افزایش در پارامتر Kx، رخ داده باشد. در هر دو تیمار لجن فاضلاب و بیوچار آن، پتاسیم قابل‌استفاده، با Kx و

www.SID.ir

Archive of SID

K_L همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ٤). به‌نظر می‌رسد عدم افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک در اثر مصرف بیوچار لجن فاضلاب نسبت به لجن فاضلاب (جدول ۳) به‌خاطر مشابه بودن تأثیر این دو تیمار بر پارامترهای K_L و Kx، باشد.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین پتاسیم قابل‌استفاده خاک با پارامترهای کمیت شدت پتاسیم و پارامترهای گیاهی در تیمارهای مختلف.

Table 4. Coefficient of correlation between available soil potassium and potassium Q:I parameters and plant parameters under different treatments.

shoot K uptake	Shoot K conc.	K_L	Kx	ΔK^o	ARKe	
0.99^{**}	0.99^{**}	0.92^{**}	0.42^{ns}	0.99^{**}	0.99^{**}	پتاسیم قابل‌استفاده درخاک تیمارشده با کمپوست زباله شهری K-available in soil treated by MWC
0.99^{**}	0.99^{**}	0.98^{**}	0.94^{**}	0.97^{**}	0.97^{**}	پتاسیم قابل‌استفاده در خاک تیمارشده با بیوچار کمپوست زباله شهری K-available in soil treated by BMWC
0.96^{**}	0.75^{ns}	0.99^{**}	0.99^{**}	0.73^{ns}	0.68^{ns}	پتاسیم قابل‌استفاده در خاک تیمارشده با لجن فاضلاب K-available in soil treated by SS
0.92^{**}	0.7^{ns}	0.99^{**}	0.98^{**}	0.78^{ns}	0.67^{ns}	پتاسیم قابل‌استفاده در خاک تیمارشده با بیوچار لجن فاضلاب K-available in soil treated by BSS
0.99^{**}	0.99^{**}	0.97^{**}	0.75^{ns}	0.99^{**}	0.99^{**}	پتاسیم قابل‌استفاده در خاک تیمارشده با کود گاوی K-available in soil treated by CM
0.99^{**}	0.99^{*}	0.99^{**}	0.99^{**}	0.99^{**}	0.99^{**}	پتاسیم قابل‌استفاده درخاک تیمارشده با بیوچار کود گاوی K-available in soil treated by BCM

** و * به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار است.

**, * not significant at α= 0.01 and α= 0.05 respectively.

ns در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

ns not significant at α= 0.05.

پارامترهای گیاهی: نتایج آزمون دانکن (α=۰/۰۵) برای مقایسه اثر تیمارها بر وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت نشان داد که به‌جز کمپوست زباله شهری، سایر تیمارها سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه نسبت به شاهد شدند (جدول ۵). در بین تیمارها و مواد اولیه، بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی ذرت در اثر مصرف کود دامی حاصل شد. در بین بیوچارها، بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی از مصرف بیوچار لجن فاضلاب به‌دست آمد. مقایسه بیوچارها با مواد اولیه آن‌ها نشان داد که، اگرچه وزن خشک گیاه در کمپوست زباله شهری و بیوچار آن تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، اما بیوچار کمپوست زباله شهری به‌طور معنی‌داری وزن خشک گیاه را نسبت به شاهد بالا برد در حالی‌که کمپوست زباله شهری، افزایش معنی‌داری در وزن خشک گیاه نسبت به شاهد ایجاد نکرد. بنابراین بیوچار کمپوست زباله شهری برتر از کمپوست زباله شهری بود. بین بیوچار لجن فاضلاب با مواد اولیه آن تفاوتی از لحاظ تأثیر بر وزن خشک گیاه وجود نداشت، اما بیوچار کود گاوی نسبت به ماده اولیه‌اش، سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی شد. شاید یکی از دلایل این کاهش در وزن خشک اندام هوایی، شوری بسیار بیش‌تر بیوچار کود

www.SID.ir

Archive of SID

گاوی نسبت به کود گاوی باشد (جدول ۲). در مجموع، با توجه به این‌که وزن خشک اندام هوایی تابعی از شرایط محیطی و خاکی است و با توجه به این‌که شرایط محیطی گلخانه برای تمام تیمارها یکسان بوده است، می‌توان وزن خشک گیاه را به‌عنوان شاخصی از شرایط خاکی رشد گیاه در نظر گرفت. بر این اساس می‌توان چنین استنباط کرد که از لحاظ شرایط خاکی مناسب رشد گیاه، ترتیب برتری تیمارها در مواد اولیه به‌صورت کود گاوی > لجن فاضلاب > کمپوست و در بیوچارها به‌صورت بیوچار لجن > بیوچار کمپوست > بیوچار کود گاوی بوده است.

اینال و همکاران (۲۰۱۵) با مصرف کود مرغی و بیوچار آن روی لوبیا و ذرت، نتایج متفاوتی را مشاهده کردند. بر اساس گزارش آن‌ها، بیوچار کود مرغی وزن خشک اندام هوایی را هم در لوبیا و هم در ذرت افزایش داد، در حالی‌که کود مرغی فقط در ذرت توانست وزن خشک اندام هوایی را افزایش دهد و در لوبیا تأثیری بر این پارامتر نداشت (١٦). افزایش رشد گیاه در اثر افزایش فراهمی پتاسیم، با مصرف بیوچارهای حاصل از چوب ذرت (۲) و بیوچار مخلوطی از چمنیان (*Lolium perenne, Bromus hordeaceus, Jacobaea vulgaris and Holcus lanatus*) نیز گزارش شده است (۳۳).

جدول ۵- اثر تیمارها بر وزن اندام هوایی، غلظت و محتوای پتاسیم در گیاه.

Table 5. The effects of treatments on plant weight, K-concentration and K-uptake in plant*.

تیمار Treatment	وزن اندام هوایی گیاه Shoot dry weight (g)	غلظت پتاسیم در اندام هوایی K shoot Conc. (%)	محتوای پتاسیم در اندام هوایی K shoot Uptake (mg pot^{-1})	محتوای کل پتاسیم در گیاه K total uptake (mg pot^{-1})
شاهد Ctr	45.4^{d}	0.86^{d}	391.2^{d}	449.4^{d}
کمپوست زباله شهری MWC	46.95^{cd}	2.29^{c}	1075.1^{b}	1172.3^{b}
بیوچار کمپوست زباله BMWC	49.03^{c}	2.37^{c}	1159.1^{b}	1221.1^{b}
لجن فاضلاب SS	55.66^{b}	1.02^{d}	568.6^{c}	626.8^{c}
بیوچار لجن فاضلاب BSS	56.42^{b}	1.07^{d}	601.6^{c}	659.9^{c}
کود گاوی CM	59.93^{a}	2.67^{b}	1598.8^{a}	1681.2^{a}
بیوچار کود گاوی BCM	48.78^{c}	3.07^{a}	1497.1^{a}	1605.5^{a}

* در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر ندارند.

* In each column, numbers with one similar letter, are alike (α=0.05).

غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه به‌جز در تیمار لجن فاضلاب و بیوچار آن، در سایر تیمارها نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۵). به‌جز در این دو تیمار، در سایر تیمارها همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه و پتاسیم قابل‌استفاده خاک وجود داشت (جدول ٤). در بین مواد اولیه، کود گاوی و در بین بیوچارها، بیوچار کود گاوی بیش‌ترین غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه را

www.SID.ir

Archive of SID

موجب شدند. مقایسه بیوچارها و مواد اولیه آن‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین هر یک از بیوچارهای کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب با مواد اولیه آن‌ها وجود نداشت، اما تفاوت بین بیوچار کود گاوی و ماده اولیه آن معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیوچار کود گاوی سبب افزایش غلظت پتاسیم اندام هوایی نسبت به کود گاوی شد. با توجه به وزن خشک کم‌تر اندام هوایی و عدم تغییر معنی‌دار جذب یا محتوای پتاسیم اندام هوایی و کل گیاه در بیوچار کود گاوی (جدول ۵)، می‌توان افزایش غلظت پتاسیم گیاه تحت‌تأثیر این تیمار نسبت به تیمار کود گاوی را مربوط به اثر تغلیظ ناشی از کاهش رشد اندام هوایی دانست. هم‌چنین عدم افزایش غلظت پتاسیم گیاه در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار آن نسبت به شاهد، با توجه به افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی و افزایش محتوای پتاسیم کل و اندام هوایی می‌تواند به اثر رقت ناشی از افزایش رشد گیاه در این دو تیمار نسبت داده شود. در سایر موارد به‌نظر می‌رسد که تغییر غلظت پتاسیم گیاه، تحت‌تأثیر هر دو عامل جذب مطلق و اثر رقت/تغلیظ بوده است. از لحاظ غلظت پتاسیم اندام هوایی، ترتیب مواد اولیه: به‌صورت کود گاوی > کمپوست > لجن > شاهد بود. ترتیب غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه در بین بیوچارها نیز به‌صورت: بیوچار کود گاوی> بیوچار کمپوست > بیوچار لجن> شاهد بود. لو و همکاران (۲۰۱٤) نیز با مصرف ۱۸ نوع بیوچار در گیاه ذرت در یک خاک آهکی، افزایش متوسط ۳۳ درصدی را در غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه نسبت به شاهد گزارش کردند (۲٦) .

آزمون مقایسه میانگین‌ها برای مقایسه اثر تیمارها بر محتوا یا جذب پتاسیم در اندام هوایی گیاه (جدول ۵) نشان داد که تمام تیمارها سبب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم در اندام هوایی گیاه نسبت به شاهد شدند. در تمام تیمارها همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای پتاسیم اندام هوایی گیاه و پتاسیم قابل‌استفاده خاک وجود داشت (جدول ٤). در بین مواد اولیه، کود گاوی و در بین بیوچارها، بیوچار کود گاوی بیش‌ترین محتوای پتاسیم در اندام هوایی گیاه را موجب شدند. از نظر محتوای پتاسیم در اندام هوایی، ترتیب مواد اولیه به‌صورت کود گاوی > کمپوست > لجن > شاهد، بود. ترتیب بیوچارها نیز به‌صورت: بیوچار کود گاوی > بیوچار کمپوست > بیوچار لجن > شاهد ملاحظه شد. بین بیوچارها با ماده اولیه آن‌ها نیز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در مطالعات ویدوواتی و همکاران (۲۰۱٤)، مصرف بیوچار حاصل از زباله آلی شهری (برگ‌ها و ساقه‌های انواع درختان میوه و درختچه‌های زینتی، بقایای میوه‌ها و سبزیجات، چمن‌ها و ...)، جذب پتاسیم در برگ‌های ذرت را ۱۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (٤۲). در مطالعات انجام‌شده توسط ونگ و همکاران (۲۰۱۸) در دو خاک آلفی‌سول و انتی‌سول جذب پتاسیم در گیاهان تیمار شده با بیوچار حاصل از بامبو، بسته به نوع خاک و نوع گیاه متفاوت بود. جذب پتاسیم در گندم و ذرت در خاک آلفی‌سول تیمارشده با بیوچار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک انتی‌سول بود. علاوه بر آن، جذب پتاسیم در گندم بیش از ذرت بود (٤۱).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از هر یک از بیوچارهای حاصل از کود گاوی، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و مواد اولیه آن‌ها، در شرایط آزمایش توانست سبب افزایش فراهمی پتاسیم و افزایش جذب پتاسیم در گیاه ذرت شود. نحوه تأثیر تیمارها در افزایش فراهمی پتاسیم، بسته به نوع بیوچار و نوع ماده اولیه متفاوت بود. کود گاوی و بیوچار آن با ایجاد افزایش بیش‌تری در

www.SID.ir

Archive of SID

پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم، سبب افزایش پتاسیم قابل‌استفاده خاک نسبت به شاهد شدند. لجن فاضلاب و بیوچار آن، با ایجاد افزایش کم‌تری در پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم، پتاسیم قابل‌استفاده خاک را به مقدار کم‌تری افزایش دادند. کمپوست زباله شهری و بیوچار آن از لحاظ تأثیر بر پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم و ایجاد افزایش در پتاسیم قابل‌استفاده خاک در بین این دو، قرار داشتند. ترتیب برتری تیمارها از لحاظ افزایش فراهمی پتاسیم، به‌صورت زیر بود: بیوچار کود گاوی > کود گاوی > بیوچار کمپوست زباله شهری > کمپوست زباله شهری > بیوچار لجن فاضلاب = لجن فاضلاب > شاهد. ترتیب برتری تیمارها در بهبود شرایط رشد گیاه و افزایش وزن خشک گیاه به‌صورت زیر استنتاج شد: کودگاوی > بیوچار لجن فاضلاب = لجن فاضلاب > بیوچار کمپوست زباله شهری > بیوچار کود گاوی > شاهد = کمپوست زباله شهری. در مجموع، با توجه به برتری بیوچار کمپوست زباله شهری نسبت به کمپوست زباله شهری از دو جنبه تأثیر بر فراهمی پتاسیم و تأثیر بر وزن خشک گیاه، می‌توان در شرایط مشابه آزمایش، مصرف بیوچار کمپوست زباله شهری را بر مصرف کمپوست زباله شهری ترجیح داد. با توجه به کاهش رشد گیاه در بیوچار کود گاوی نسبت به کود گاوی و در عین‌حال برتری بیوچار کود گاوی از لحاظ تأثیر بر فراهمی پتاسیم و با توجه به خصوصیات بیوچار کود گاوی، به‌نظر می‌رسد که در مصرف بیوچار کود گاوی باید ملاحظاتی مانند شوری و موازنه عناصر غذایی با دقت بیش‌تری مورد توجه قرار گرفته و مدیریت شود. علی‌رغم تشابه بیوچار لجن فاضلاب با لجن فاضلاب در افزایش رشد گیاه و مقدار پتاسیم قابل‌استفاده، با توجه به بالاتر بودن ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم در این بیوچار و در نتیجه احتمال تداوم بیش‌تر تامین پتاسیم قابل‌استفاده توسط آن، می‌توان در شرایط مشابه آزمایش، مصرف این بیوچار را بر مصرف لجن فاضلاب ترجیح داد.

منابع

1. Aguilar-Chavez, A., Diaz-Rojas, M., Cardenas-Aquino, M.D., Dendooven, L., and Luna-Guido, M. 2012. Greenhouse gas emissions from a wastewater sludge-amended soil cultivated with wheat (*Triticum* spp. L.) as affected by different application rates of charcoal. Soil Biology and Biochemistry, 52: 90-95.
2. Amin, A.E.A.Z. 2016. Impact of Corn Cob Biochar on Potassium Status and Wheat Growth in a Calcareous Sandy Soil. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 47: 17. 2026-2033.
3. Arabi. Z., Eghtedaey, H., Gharehchmaghloo, B., and Faraji, A. 2018. Effects of biochar and bio-fertilizer on yield and qualitative properties of soybean and some chemical properties of soil. Arab. J. Geosci. 11: 672. 1-9.
4. Bahmani, M., Salehi, M.H., and Hosseinpour, A. 2012. The study of the Quantity- Intensity ratio of potassium in the calcareous soils of arid and semi-arid region in Isfahan and Charmahal provinces. J. Water Soil. 26: 2. 349-360. (In Persian)
5. Biederman, L.A., and Harpole, W.S. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. Global Change Biology Bioenergy. 5: 202-214.
6. Bostani, A., and Savaghebi, G.R. 2007. Quantity- intensity curve of potassium and correlation of its parameters with the characteristics of some soil cultivated by sugarcane of Khuzestan province. Iran. J. Agric. Sci. 37: 3. 471-479. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

7.Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., and Joseph, S. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. Austr. J. Soil Res. 45: 629-634.
8.Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T.E., Malo, D.D., Papiernik, S., Clay, D.E., and Gulbrandson, D.W. 2013. Nitrate sorption and desorption by biochars produced from microwave pyrolysis. Microporous and Mesoporous Materials. 179: 250-257.
9.Deenik, J.L., McClellan, T., Uehara, G., Antal, M.J., and Campbell, S. 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. Soil Sci. Soc. Amer. J. 74: 1259-1270.
10.Forouhar, M., Khorassani, R., Fotovat, A., Shariatmadari, H., and Khavazi, K. 2018. The influence of different biochars and their feedstock on some soil chemical properties and nutrients over the time in a calcareous soil. J. Water Soil. 32: 2. 299-312. (In Persian)
11.Galinato, S.P., Yoder, J.K., and Granatstein, D. 2011. The economic value of biochar in crop production and carbon sequestration. Energy Policy. 39: 6344-6350.
12.Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K.C., Lee, R.D., Morris, L.A., Fisher, D.S. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. Agron. J. 102: 623-633.
13.Gayomba, S.R., Zhai, Z., Jung, H., and Vatamaniuk, O.K. 2015. Local and systemic signaling of iron status and its interactions with homeostasis of other essential elements. Frontiers in Plant Science. 6: 716-726.
14.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: 430-440.
15.Hosseinpour, A., and Kalbasi, M. 2000. Quantitiy-Intensity ratio of potassium and the correlation of its parameters with soil properties in some soils of Iran. J. Water Soil Sci. 4: 1. 43-55. (In Persian)
16.Inal, A., Gunes, A., Sahin, O., Taskin, M.B., and Kaya, E.C. 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. Soil Use and Management. 31: 106-113.
17.Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., and van der Velde, M., and Bastos, A.C. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment. 144: 175-187.
18.Jha, P., Biswas, A.K., Lakaria, B.L., and Rao, A.S. 2010. Biochar in agriculture - prospects and related implications. Current Science. 99: 1218-1225.
19.Keiluweit, M., Nico, P.S., Johnson, M., and Kleber, M. 2010. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). Environmental Science and Technology. 44: 1247-1253.
20.Kookana, R.S., Sarmah, A.K., Van Zwieten, L., Krull, E., and Singh, B. 2011. Biochar application to soil: Agronomic and environmental benefits and unintended consequences. Advances in agronomy. 112: 103-143.
21.Lehmann, J., da Silva, 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 and Soil. 249: 343-357.
22.Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11: 403-427.
23.Lehmann, J., and Stephen J. 2009. Biochar for Environmental Management Science and Technology. London. Sterling, VA. 499p.
24.Lindsay, W. 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley and Sons, New York. Pp: 1-20.
25.Loeppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and Gypsum, P 436-474. In: D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3: chemical methods. SSSA Book Series no. 5, Madison, WI.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Luo, Y., 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: 533-540.
27. Masek, O., Brownsort, P., Cross, A., and Sohi, S. 2013. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. Fuel. 103: 151-155.
28. McElligott, K.M., Page-Dumroese, D.S., Coleman, M., and McElligott, K. 2011. Bioenergy production systems and biochar application in forests: potential for renewable energy, soil enhancement, and carbon sequestration. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO. 14p.
29. Mukherjee, A., and Lal, R. 2014. The biochar dilemma. Soil research. 52: 217-230.
30. Najafi Ghiri, M. 2014. The effect of different biochars on some soil properties and availability of some nutrients in a calcareous soil. Iran. J. Soil Res. 29: 2. 351-358.
31. Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W., and Niandou, M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. Soil Science. 174: 105-112.
32. Nzanza, B., Marais, D., and Soundy, P. 2012. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation and biochar amendment on growth and yield of tomato. Inter. J. Agric. Biol. 14: 965-969.
33. Oram, N.J., Van de Voorde, T.F.J., Ouwehand, G.J., Bezemer, T.M., Mommer, L., Simon Jeffery, S., and Groenigen, J.W.V. 2014. Soil amendment with biochar increases the competitive ability of legumes via increased potassium availability. Agriculture, Ecosystems and Environment. 191: 92-98
34. Pennock, D., McKenzie, N., and Montanarella, L. 2015. Status of the world's soil resources. Technical summary. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
35. Preston, C.M., and Schmidt, M.W.I. 2006. Black (pyrogenic) carbon: a synthesis of current knowledge and uncertainties with special consideration of boreal regions. Biogeosciences. 3: 397-420.
36. Quilliam, R.S., Marsden, K.A., Gertler, C., Rousk, J., DeLuca, T.H., and Jones, D.L. 2012. Nutrient dynamics, microbial growth and weed emergence in biochar amended soil are influenced by time since application and reapplication rate. Agriculture, Ecosystems and Environment. 158: 192-199.
37. Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A.R. and Lehmann, J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. Biology and Fertility of Soils. 48: 271-284.
38. Schmidt, M.W.I., and Noack, A.G. 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications and current challenges. Global Biogeochemical Cycles. 14: 777-793.
39. Spokas, K.A., Cantrell, K.B., Novak, J.M., Archer, D.W. et al. 2012. Biochar: A synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. J. Environ. Qual. 41: 973-989.
40. Tehrani, M., Balali, M.R., Moshiri, F. and Daryashenas, A. 2013. Recommendation and estimating of fertilizers in Iran: Challenges and Solutions. Iran. J. Soil Res. 26: 2. 123-144.
41. Wang, L., Xue, C., Nie, X., Liu, Y., and Chen, F. 2018. Effects of biochar application on soil potassium dynamics and crop uptake. J. Plant Nutr. Soil Sci. 181: 5. 635-643.
42. Widowati and Asnah. 2014. Biochar can enhance potassium fertilization efficiency and economic feasibility of Maize cultivation. J. Agric. Sci. 6: 2. 24-32.
43. Yeledhalli, N.A., Prakash, S.S., Patil, C.V., Ravi, M.V., and Rao, K.N. 2007. Potassium kinetics in solid wastes amended vertisols of north eastern arid zone of Karnataka. Karnataka J. Agric. Sci. 20: 3. 518-523.

www.SID.ir

Archive of SID

44. Zhang, Z.H., Solaiman, Z.M., Meney, K., Murphy, D.V., and Rengel, Z. 2013. Biochars immobilize soil cadmium, but do not improve growth of emergent wetland species *Juncus subsecundus* in cadmium-contaminated soil. J. Soil Sed. 13: 1. 140-151.
45. Zhao, X.R., Li, D., Kong, J., and Lin, Q. M. 2014. Does biochar addition influence the change points of soil phosphorus leaching? J. Integ. Agric. 13: 3. 499-506.
46. Zolfi, M., Rownaghi, A.M., Karimian, N., Ghasemi, R., and Yasrebi, J. 2016. The effect of biochars produced of cheeken manure in different temperatures, on chemical properties of a calcareous soil. J. Water Soil Sci. 75: 73-86. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 9(4), 2020
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The Effects of biochars and their feedstock and corn growth and availability of potassium in a calcareous soil

M. Forouhar[1,2], *R. Khorasani[3], A. Fotovat[4], H. Shariatmadari[5] and K. Khavazi[6]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [2]Instructor of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [4]Professor, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [5]Professor, Dept. of Soil Science, Isfahan University of Technology, [6]Professor, Dept. of Soil Biology Researches, Soil and Water Research Institute, AREEO, Iran

Received: 03.05.2019; Accepted: 09.03.2019

Abstract

Background and Objectives: Today, the use of biochar in the sustainable management of soil fertility, has been drawing the attention of scientists as a multi-purpose and environmentally friendly strategic idea. There are several scientific reports, which imply the outstanding positive effect of biochar on soil fertility and plant growth. On the contrary, some inconsistent reports have mentioned negative or no effect of biochar. Therefore, it is necessary to investigate the effect of any biochar on the soil and plant before any widespread use of any kind. In the present study, the effect of three different biochar and their raw materials on potassium availability and corn growth was studied.

Materials and Methods: The study was carried out as a two-part-experiment, including laboratory and greenhouse parts. In both parts of the study, treatments included the control (soil without any biochar or its feedstock), Municipal Waste Compost (MWC), Biochar of Municipal Waste Compost (BMWC), Sewage Sludge (SS), Biochar of Sewage Sludge (BSS), Cow Manure (CM) and Biochar of Cow Manure (BCW). In each study, application rates of treatments to the soil, were 1% w/w. In the laboratory part, the effects of the treatments on available-K and parameters of Quantity/Intensity (Q/I) ratio of potassium were investigated. Also the effects of the treatments on plant growth, K-concentration and K-content of corn were investigated in the greenhouse part.

Results: The CM and its biochar, highly increased the available-K by highly increasing the potassium-Q/I parameters compared to the control. While the SS and its biochar lightly increased the available-K by lightly increasing the potassium-Q/I parameters. The CMW and its biochar, intermediately increased the available-K by intermediately increasing the potassium-Q/I parameters compared to the control. Treatments could improve could improve the growth, k-concentration and k-content of corn compared to the control, excepting of MWC in the case of the plant growth and SS and BSS in the case of k-concentration. Totally, the descending order of treatments in terms of increasing K-availability was as the follows: 1-BCM, 2-CM, 3-BMWC, 4-MWC, 5-SS and BSS, 6-control. The descending order of treatments in improving plant growth conditions and increasing dry weight of the plant was as the follows: 1-CM, 2-BSS and SS, 3-BMWC, 4-BCM, 5-Control and MWC.

Conclusion: Considering the superiority of BMWC to MWC, in terms of affecting on K-availability and plant dry weight, BMWC can be preferred to MWC. Considering the

* Corresponding Author; Email: khorasani@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

superiority of BCM to CM in terms of the effect on K-availability, K-concentration and content of plant compared to the control, meanwhile its decreasing effect on plant growth compared to CM, it seems that some considerations such as salinity and nutritional balance must be carefully considered and managed in the case of BCM application. Despite the similarity of BSS and SS in terms of increasing plant growth, BSS application can be preferred to SS because of the more value of PBC^K and consequently, the more continually K-supply.

Keywords: Biochar, Cow manure, Municipal waste compost, Organic amendments, Sewage sludge

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir