محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

اثر لجن فاضلاب و بیوچار آن بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیک دو خاک آهکی تحت کشت ذرت

زهرا خان‌محمّدی[1*]، مجید افیونی[2]، محمّدرضا مصدّقی[2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اصفهان

[2] استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

بیوچار یک ماده جامد غنی از کربن است که طی فرآیند پیرولیز زیتوده در شرایط عدم حضور و یا حضور جزئی اکسیژن تولید می‌شود. بیوچار می‌تواند سبب افزایش یا کاهش فراهمی عناصر غذایی در خاک شود. این پژوهش با هدف بررسی اثر لجن فاضلاب و بیوچار آن بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیک دو خاک آهکی لوم رسی و لوم تحت کشت ذرت انجام شد. مقادیر کاربرد لجن فاضلاب (S) ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار (به ترتیب تیمار S۱، S۲ و S۳) بود. بیوچار (B) نیز در مقادیر ۷/۳، ۱۴/۵ و ۲۹ تن در هکتار (B۱، B۲ و B۳) اعمال شد. در پایان دوره رشد ذرت، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، کربن آلی خاک، تنفس میکروبی و غلظت فلزات سنگین قابل استخراج با DTPA اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار تاثیر معنی‌داری بر افزایش مقدار نیتروژن کل خاک نداشت. نسبت C/N در خاک‌های تیمارشده با بیوچار (۹/۲) به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد (۸/۰) بود، در نتیجه تنفس میکروبی کم‌تری در تیمارهای بیوچار در مقایسه با شاهد مشاهده شد. غلظت قابل عصاره‌گیری با DTPA فلزات سنگین در خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب بیش‌تر از تیمارهای بیوچار بود. کاربرد بیوچار در خاک‌های لوم رسی و لوم به ترتیب سبب کاهش غلظت سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA به میزان ۲۲/۳ و ۵/۴ درصد در مقایسه با شاهد شد. بنابراین کاربرد بیوچار در خاک می‌تواند سبب کاهش غلظت قابل عصاره‌گیری با DTPA فلزات سنگین شود.

کلمات کلیدی: لجن فاضلاب، بیوچار، عناصر غذایی، تنفس میکروبی، فلزات سنگین.

مقدمه

امروزه تولید بیوچار به عنوان محصول فرآیند پیرولیز مورد توجه قرار گرفته است. پیرولیز عبارت است از فرآیند تبدیل گرمایی-شیمیایی[1] زیتوده در شرایط عدم حضور و یا حضور جزئی اکسیژن که منجر به ایجاد سه فاز می‌شود: ۱) گاز، ۲) مایع (روغن و قیر)، و ۳) جامد (بیوچار[2]). ساختار آروماتیک چندحلقه‌ای فاز جامد یا همان بیوچار سبب پایداری آن در محیط و ذخیره و ترسیب کربن در خاک می‌شود (Verheijen و همکاران، ۲۰۱۰). گزارش شده است که افزودن بیوچار غالباً موجب بهبود حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان به ویژه به همراه افزودن کودهای نیتروژن در خاک‌های با حاصلخیزی کم می‌شود (Major و همکاران، ۲۰۱۰). هنگام کاربرد بیوچار در خاک فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس بیوچار برای گیاه بستگی به نوع خاک و بیوچار دارد و می‌تواند سبب افزایش یا کاهش فراهمی عناصر غذایی شود. نتایج پژوهش Partey و همکاران (۲۰۱۶) بیانگرافزایش معنی‌دار عملکرد اندام هوایی و دانه برنج و نیز افزایش معنی‌دار گنجایش تبادل کاتیونی خاک (CEC) و فراهمی زیستی عناصر غذایی در خاک تیمارشده با بیوچار در مقایسه با خاک شاهد بود. Park و همکاران (۲۰۱۱) پژوهشی را با هدف بررسی اثر بی‌تحرک‌شدن[3] فلزات توسط بیوچار کود مرغی و بقایای سبز و تاثیر آن در بهبود رشد گیاه انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن یک درصد بیوچار کود مرغی به خاک، زیتوده خشک گیاهی در بخش اندام هوایی و ریشه را به ترتیب ۳۵۳ و ۵۷۲ درصد افزایش می‌دهد. این پژوهشگران بیان نمودند که این نتیجه را می‌توان به کاهش سمیّت فلزات سنگین ناشی از تبدیل آن‌ها به شکل‌های کم‌تر قابل دسترس و افزایش فراهمی عناصر غذایی مانند فسفر و پتاسیم نسبت داد. این پژوهش با هدف بررسی اثر لجن فاضلاب (S) و بیوچار آن (B) بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی دو خاک آهکی با بافت متفاوت وتحت کشت ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

۱- Thermochemical transformation

۲- Biochar

۳- Immobilization

به منظور انجام این پژوهش، نمونه‌هایی از دو خاک آهکی با رده‌بندی Typic Haplocambids و بافت‌های لوم رسی و لوم به ترتیب از مناطق فلاورجان و زیار در استان اصفهان تهیه شدند (جدول ۱). خاک‌ها ابتدا هوا-خشک شده و سپس برای حفظ خاکدانه‌ها و حداقل تخریب واحدهای ساختمانی در پژوهش گلخانه‌ای، از الک ۶ میلی‌متری عبور داده شدند. بیوچار لجن فاضلاب در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس تهیه شد (Khanmohammadi و همکاران ۲۰۱۵). برخی از ویژگی‌های لجن فاضلاب و بیوچار آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها قبل از کشت، لجن فاضلاب و بیوچار تولیدشده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس.

ویژگی		واحد	خاک فلاورجان	خاک زیار	لجن فاضلاب	بیوچار
رس		$kg\ 100kg^{-1}$	۳۰/۲	۱۵/۷	–	–
شن		$kg\ 100kg^{-1}$	۲۲/۲	۴۲/۸	–	–
سیلت		$kg\ 100kg^{-1}$	۴۷/۶	۴۱/۵	–	–
بافت		-	لوم رسی	لوم	–	–
pH		-	۷/۵	۷/۶	۶/۸	۸/۲
رسانایی الکتریکی		$dS\ m^{-1}$	۰/۵۰	۰/۴۶	۲/۲۰	۰/۵۲
گنجایش تبادل کاتیونی		$cmol_c\ kg^{-1}$	۱۵/۸	۱۳/۱	۹۹/۳	۱۹۱/۸
نیتروژن کل		$kg\ 100kg^{-1}$	۰/۱۱۲	۰/۰۷۸	۳/۳	۲/۷
کربن آلی کل		$kg\ 100kg^{-1}$	۰/۵۶	۰/۶۳	۴۰/۸	۳۴/۰
نسبت C/N		–	۵/۰	۸/۱	۱۲/۴	۱۲/۸
فسفر کل		$kg\ 100kg^{-1}$	-	-	۱/۱	۱/۷
پتاسیم کل		$kg\ 100kg^{-1}$	-	-	۰/۲۰	۰/۲۶
فسفر قابل دسترس		$mg\ kg^{-1}$	۴۲	۶۵	-	-
پتاسیم قابل دسترس		$mg\ kg^{-1}$	۲۴۰	۱۰۹	-	-
آهک		$kg\ 100kg^{-1}$	۳۴/۵	۳۲/۲	۱۶/۹	۲۳/۰
آهن	عصاره‌گیری با DTPA	$mg\ kg^{-1}$	۳۵/۶	۲۹/۷	۲۸۸/۰	۲۷/۶
روی		$mg\ kg^{-1}$	۲/۱	۲/۳	۱۳۰/۰	۲/۵
مس		$mg\ kg^{-1}$	۶/۴	۳/۲	۲۰/۵	۰/۵
منگنز		$mg\ kg^{-1}$	۹/۴	۷/۵	۲۳/۳	۲/۰
سرب		$mg\ kg^{-1}$	۱/۷	۰/۸۲	۱۳/۲	۱/۴

لجن فاضلاب (S) در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار با خاک‌ها مخلوط شد و به ترتیب با نمادهای S۲،S۱ و S۳ بیان شد. از آن‌جا که فرآیند پیرولیز سبب کاهش جرم بیوچار نسبت به لجن فاضلاب می‌شود (۲۷/۵ درصد از لجن فاضلاب تبدیل به فاز مایع و گاز می‌شود) و به منظور داشتن نتایج قابل مقایسه، میزان کاربرد بیوچار (B) ۷/۳، ۱۴/۵ و ۲۹ تن در هکتار در نظر گرفته شد و به ترتیب با نمادهای B۱، B۲ و B۳ بیان شد. سپس لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر داخلی ۲۱/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر با خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب و بیوچار به صورت جداگانه و در سه تکرار پر شدند؛ به گونه‌ای که ارتفاع ستون‌های خاک ۵۰ سانتی‌متر شد. یک تیمار شاهد نیز برای هر خاک در نظر گرفته شد. تمام تیمارها در سه تکرار اعمال شدند. برای پایش مقدار آب خاک در طول پژوهش گلخانه‌ای، از روش انعکاس‌سنجی زمانی[۱] (TDR) استفاده شد. به این منظور میله‌های دستگاه TDR درون سوراخ‌های ایجادشده در ستون‌ها و در عمق‌های ۱۰، ۲۵ و ۴۰ سانتی‌متری

[۱]- Time domain reflectometry

خاک قرار گرفتند. در هر ستون سه عدد بذر گیاه ذرت (Single Cross ۷۰۴) کشت شد. پس از رسیدن به مرحله دو برگی گیاه ذرت به یک عدد در هر ستون کاهش یافت. در نهایت گیاهان ذرت در هر ستون به مدت ۷۸ روز پس از جوانه‌زنی رشد کردند.

در پایان دوره رشد، اندام هوایی و ریشه‌ها به طور جداگانه برداشت شدند. نمونه‌های خاک از لایه ۱۲/۵ تا ۲۵ سانتی‌متری هر ستون، یعنی جایی‌که بیش‌ترین تراکم ریشه‌ها وجود داشت جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک هوا-خشک و سپس کوبیده شده و برای تجزیه شیمیایی از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس خاک، به ترتیب با روش کلدال و اولسن تعیین شدند (Olsen و Sommers، ۱۹۸۲). پتاسیم قابل دسترس خاک با استفاده از استات آمونیوم عصاره‌گیری شده و با فلیم فتومتر قرائت شد (Knudsen و همکاران، ۱۹۸۲). کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر با اسید کرومیک و تیتراسیون برگشتی با فروسولفات آمونیوم اندازه گیری شد (Nelson و Sommers، ۱۹۸۲). مقدار تنفس میکروبی از طریق اندازه‌گیری مقدار تجمعی CO_2 تولید شده پس از ۷ روز انکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تعیین شد (Alef، ۱۹۹۵). برای تعیین شکل قابل دسترس آهن، روی، مس، منگنز، نیکل و سرب در خاک عصاره‌گیری با استفاده از DTPA ۰/۰۰۵ مولار انجام شد (Lindsay و Norvell، ۱۹۷۸).

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت آرایش فاکتوریل سه‌فاکتوره شامل فاکتورهای دو نوع خاک (فلاورجان و زیار)، دو نوع کود آلی (لجن فاضلاب و بیوچار) و سه نرخ کاربرد (۱، ۲ و ۳) مورد تجزیه آماری قرار گرفت. نتایج به روش تجزیه واریانس (ANOVA) با نرم‌افزار SAS تجزیه آماری شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال $p<$۰/۰۵ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اثر نوع خاک، نوع تیمار آلی و نرخ کاربرد بر ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم، مقدار TOC، نسبت C/N و تنفس میکروبی و غلظت قابل عصاره‌گیری با DTPA آهن، روی، مس، منگنز و سرب در سطح آماری یک درصد ($p \leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود. اثر نوع تیمار بر ویژگی‌های شیمیایی و غلظت عناصر پرنیاز خاک‌ها پس از برداشت ذرت در جدول ۲ نشان داده شده است. کاربرد بیوچار تاثیر معنی‌داری بر افزایش مقدار نیتروژن کل خاک نسبت به تیمار شاهد نداشت. در حضور لجن فاضلاب و بیوچار، کربن آلی کل خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت. در کل نسبت C/N خاک با کاربرد بیوچار افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار تنفس میکروبی در خاک تیمارشده با لجن فاضلاب دیده شد که می‌تواند به دلیل مقدار بیش‌تر ماده آلی در این تیمار باشد (جدول ۲). از آن‌جا که نسبت C/N در تیمار بیوچار بیش‌تر بود، کاربرد بیوچار سبب کاهش معنی‌دار تنفس میکروبی در این تیمار در مقایسه با تیمار شاهد در خاک‌های پس از برداشت شد. این یافته نشان‌دهنده نقش مثبت بیوچار در ذخیره کربن خاک است که به دلیل ساختار آروماتیک چندحلقه‌ای بیوچار است. این ساختار سبب مقاومت بیوچار در برابر تجزیه بیولوژیک در محیط می‌شود (Deluca و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر نوع تیمار اصلاحی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها پس از برداشت.

نوع تیمار	TN	TOC	C/N	P_{av}	K_{av}	تنفس میکروبی
	kg 100kg^{-1}		-	(mg kg^{-1})		(mg C-CO_2(kg day)$^{-1}$)
شاهد	۰/۰۸۵^{b}	۰/۶۶^{b}	۸/۰^{c}	۴۹/۳^{d}	۱۳۶/۴^{b}	۷/۷^{b}
لجن فاضلاب	۰/۰۹۱^{a}	۰/۷۶^{a}	۸/۵^{b}	۶۹/۳^{a}	۱۳۴/۰^{c}	۱۰/۱^{a}
بیوچار	۰/۰۸۴^{b}	۰/۷۶^{a}	۹/۲^{a}	۶۵/۴^{b}	۱۴۰/۲^{a}	۶/۳^{c}
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۷۶	۰/۳۸۰	۰/۷۳۳	۰/۰۷۲

TN نیتروژن کل، TOC کربن آلی کل، C/N نسبت کربن به نیتروژن، P_{av} فسفر قابل دسترس، K_{av} پتاسیم قابل دسترس. حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

همچنین پیرولیز موجب از بین رفتن جمعیت میکروبی ماده اولیه بیوچار می‌شود، که به دنبال آن ممکن است اثر منفی بر تنفس میکروبی خاک هنگام کاربرد بیوچار داشته باشد. اثرات بیوچار بر تنفس میکروبی بسته به نوع بیوچار، نوع خاک، گیاه کشت‌شده و رطوبت و دمای خاک متغیر گزارش شده است. بنابراین به دنبال استفاده از بیوچار، تنفس میکروبی خاک ممکن است افزایش یابد و یا باز داشته شود. Lu و

همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد بیوچار تاثیری بر افزایش تنفس میکروبی در مقایسه با تیمار شاهد نداشت. اگرچه مقدار کربن آلی کل در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار مشابه بود، مقدار تنفس میکروبی در تیمار بیوچار به طور معنی‌داری کم‌تر از لجن فاضلاب بود (جدول ۲). تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار TOC بین مقدارهای مشابه کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار در خاک‌های تیمارشده نبود (جدول ۳). با افزایش مقدار کاربرد بیوچار نسبت C/N نیز روندی افزایشی داشت. نسبت C/N در مقادیر کاربرد ۱۴/۵ و ۲۹ تن در هکتار به طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. این یافته اهمیت پیرولیز در تولید پیوندهای کربن پایدار که در برابر تجزیه مقاوم می‌باشند را تایید می‌کند. نسبت C/N تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای لجن فاضلاب و تیمار شاهد نداشت. مقدار تنفس میکروبی بیش‌تر در خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب می‌تواند به دلیل مقدار بیش‌تر ماده آلی در این تیمار باشد. گزارش‌هایی مبنی بر رابطه مثبت بین مقدار تنفس میکروبی و مقدار ماده آلی خاک وجود دارد (Buchmann، ۲۰۰۰). مقادیر نیتروژن کل خاک تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای B۱، B۲ و شاهد نداشت (جدول ۳). همچنین تفاوت معنی‌داری از نظر غلظت پتاسیم قابل دسترس خاک بین نرخ های مختلف کاربرد لجن فاضلاب وجود نداشت. روند مشابهی برای تیمارهای بیوچار نیز دیده شد. غلظت پتاسیم قابل دسترس خاک در تیمار بیوچار با نرخ کاربرد ۲۹ تن در هکتار به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد و تیمارهای لجن فاضلاب بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش نوع تیمار آلی و مقدار کاربرد بر ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها پس از برداشت.

تیمار آلی	مقدار کاربرد	TN	TOC	C/N	P_{av}	K_{av}	تنفس میکروبی
	ton ha^{-1}	kg $100kg^{-1}$		-	(mg kg^{-1})		(mg $C\text{-}CO_2(kg\ day)^{-1}$)
لجن فاضلاب	۱۰-S۱	۰/۰۸^{c}	۰/۶۸^{cd}	۸/۴^{c}	۵۷/۳^{d}	۱۳۳/۱^{c}	۸/۷^{c}
	۲۰-S۲	۰/۰۹^{b}	۰/۷۶^{b}	۸/۵^{c}	۶۷/۱^{c}	۱۳۴/۹^{c}	۹/۴^{b}
	۴۰-S۳	۰/۱^{a}	۰/۸۴^{a}	۸/۵^{c}	۸۳/۵^{a}	۱۳۳/۹^{c}	۱۲/۳^{a}
بیوچار	۷/۳-B۱	۰/۰۸^{c}	۰/۶۹^{c}	۸/۵^{c}	۵۵/۱^{d}	۱۳۷/۱^{bc}	۶/۷^{e}
	۱۴/۵-B۲	۰/۰۸^{c}	۰/۷۴^{b}	۹/۲^{b}	۶۵/۲^{c}	۱۴۰/۷^{ab}	۶/۱^{f}
	۲۹-B۳	۰/۰۹^{b}	۰/۸۶^{a}	۹/۸^{a}	۷۶/۱^{b}	۱۴۲/۹^{a}	۶/۲^{f}
شاهد	۰	۰/۰۸^{c}	۰/۶۶^{d}	۸/۰۵^{c}	۴۹/۳^{e}	۱۳۶/۴^{bc}	۷/۷^{d}
$LSD_{0.05}$	-	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۲۲۹	۱/۱۴	۲/۲۰	۰/۲۱۵

TN نیتروژن کل، TOC کربن آلی کل، C/N نسبت کربن به نیتروژن، P_{av} فسفر قابل دسترس، K_{av} پتاسیم قابل دسترس. حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقدار نیتروژن و کربن آلی کل در خاک فلاورجان پس از برداشت بیش‌تر از خاک زیار بود (جدول ۴). این یافته احتمالاً به دلیل مقدار رس بیش‌تر در خاک فلاورجان و نقش بخش رس در نگه‌داری ماده آلی است زیرا همبستگی مثبتی بین ماده آلی و مقدار رس، CEC و نیتروژن کل خاک وجود دارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر نوع خاک بر ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها پس از برداشت.

نوع خاک	TN	TOC	C/N	P_{av}	K_{av}	تنفس میکروبی	CEC
	kg $100kg^{-1}$		-	(mg kg^{-1})		(mg $C\text{-}CO_2(kg\ day)^{-1}$)	($Cmol_c\ Kg^{-1}$)
فلاورجان	۰/۰۹۸^{a}	۰/۷۹^{a}	۸/۱^{b}	۵۱/۸^{b}	۱۸۲/۳^{a}	۸/۰^{a}	۱۶/۷^{a}
زیار	۰/۰۷۴^{b}	۰/۶۸^{b}	۹/۲^{a}	۷۴/۲^{a}	۹۱/۳^{b}	۷/۷^{b}	۱۳/۳^{b}
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۶	۰/۰۵۷	۰/۲۸۵	۰/۵۵۰	۰/۰۵۴	۰/۰۲۶

TN نیتروژن کل، TOC کربن آلی کل، C/N نسبت کربن به نیتروژن، P_{av} فسفر قابل دسترس، K_{av} پتاسیم قابل دسترس، CEC گنجایش تبادل کاتیونی خاک. حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقدار بیش‌تر تنفس میکروبی در خاک فلاورجان نسبت به خاک زیار می‌تواند به دلیل مقدار بیش‌تر ماده آلی در این خاک باشد. به علاوه به نظر می‌رسد شرایط ساختمانی و تهویه‌ای بهتر خاک فلاورجان به افزایش میزان تنفس میکروبی در این خاک کمک کرده است. نسبت کربن به نیتروژن در خاک زیار به طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک فلاورجان بود (جدول ۴). غلظت فسفر قابل دسترس در خاک زیار نیز به طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک فلاورجان بود، که می‌تواند ناشی از غلظت بیش‌تر آن در خاک زیار پیش از کشت باشد (جدول ۱). از طرف دیگر غلظت پتاسیم قابل دسترس در خاک فلاورجان پس از برداشت در مقایسه با خاک زیار به طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۴).

غلظت آهن، روی، مس، منگنز و سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA در تیمارهای لجن فاضلاب به طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای بیوچار و شاهد بود (جدول ۵). به علاوه غلظت آهن، روی و مس قابل عصاره‌گیری با DTPA در تیمارهای بیوچار (به استثنای مس قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک فلاورجان) به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود. کاربرد بیوچار در خاک‌های فلاورجان و زیار به ترتیب سبب کاهش غلظت سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA به میزان ۲۲/۳ و۵/۴ درصد شد. این تفاوت را می‌توان به مقدار بیش‌تر رس، ماده آلی و CEC خاک فلاورجان نسبت داد.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش نوع خاک و تیمار آلی بر جذب آهن، روی، مس، منگنز و سرب خاک‌ها پس از برداشت.

نوع خاک	نوع تیمار آلی	آهن	روی	مس	منگنز	سرب
		($mg\ kg^{-1}$)				
فلاورجان	لجن فاضلاب	۴۱/۴^{a}	۳/۲^{a}	۷/۲^{a}	۶/۵^{c}	۱/۹^{a}
	بیوچار	۳۸/۳^{b}	۲/۵^{d}	۶/۲^{c}	۵/۸^{d}	۱/۳^{c}
	شاهد	۳۵/۲^{c}	۱/۸^{f}	۶/۴^{b}	۵/۸^{d}	۱/۶^{b}
زیار	لجن فاضلاب	۴۱/۰^{a}	۳/۱^{b}	۴/۲^{d}	۸/۱^{a}	۱/۲^{d}
	بیوچار	۳۴/۸^{c}	۲/۶^{c}	۳/۶^{e}	۶/۹^{b}	۱/۰^{f}
	شاهد	۳۲/۳^{d}	۲/۱^{e}	۳/۳^{f}	۶/۹^{b}	۱/۱^{e}
$LSD_{0.05}$	-	۰/۵۹	۰/۰۴۵	۰/۰۳۷	۰/۰۸۴	۰/۰۱۳

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

نتیجه‌گیری

کاربرد بیوچار تاثیر معنی‌داری بر افزایش مقدار نیتروژن کل خاک نسبت به تیمار شاهد نداشت. نسبت C/N در خاک‌های تیمارشده با بیوچار به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود. بنابراین تنفس میکروبی کم‌تری در این تیمارها در مقایسه با شاهد مشاهده شد. مخلوط‌کردن بیوچار با خاک‌ها سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی کل شد. با افزایش مقدار کاربرد بیوچار، کربن آلی کل نسبت به نیتروژن کل افزایش بیش‌تری نشان داد. غلظت پتاسیم قابل دسترس در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لومی بود. غلظت قابل عصاره‌گیری با DTPA فلزات سنگین در خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب بیش‌تر از تیمارهای بیوچار بود. کاربرد بیوچار در خاک‌های فلاورجان و زیار به ترتیب سبب کاهش غلظت سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA به میزان ۲۲/۳ و۵/۴ درصد شد. بنابراین کاربرد بیوچار در خاک می‌تواند سبب کاهش غلظت قابل عصاره‌گیری با DTPA فلزات سنگین شود.

منابع:

Alef, K. 1995. Soil respiration. PP. 214–222. In: K. Alef and P. Nannipieri (Eds.), Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. New York: Academic Press.

Buchmann, N. 2000. Biotic and abiotic factores controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands. Soil Biol. Biochem. 32: 1625–1635.

DeLuca T. H., MacKenzie, M., Gundale, D.M.J. and Holben W. E. 2006. Wildfire produced charcoal directly influences nitrogen cycling in Ponderosa Pine forests. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 448–453.

Khanmohammadi Z., Afyuni M. and Mosaddeghi M.R. 2015. Effect of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of sewage sludge biochar. Waste Management and Research. 33: 275–283.

Knudsen, D., Peterson, G. A and. Pratt, P. F. 1982. Lithium, sodium, and potassium. PP. 225–246. In: A. L. Page, R.H. Miller, D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical Methods, SSSA/ASA, Madison, Wisconsin.

Lindsay W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421–428.

Lu N., Liu, X. R., Du, Z. L., Wang Y. D. and Zhang, Q. Z. 2014. Effect of biochar on soil respiration in the maize growing season after 5 years of consecutive application. Soil Res. 52: 505–512.

Major, J., Lehmann, J., Rondon, M., and Goodale, C. 2010. Fate of soil applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. Glob. Change Biol. 16: 1366–1379.

Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. PP. 539–579. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney, (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical Methods. Agronomy Monographs, SSSA/ASA, Madison, Wisconsin.

Olsen S. R., and Sommers, L. E. 1982. Phosphorus. PP. 403–430. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical Methods. Agronomy Monographs, SSSA/ASA, Madison, Wisconsin.

Park, J. H., Choppala, G. K., Bolan, N. S. Chung, J. W., and Chuasavathi, T. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. Plant Soil. 348: 439–451.

Partey, S. T., Saito, K., Preziozi, R. F., and Robson, G. D. 2016. Biochar use in a legume-rice rotation system: effects on soil fertility and crop performance. Arch. Agron. Soil Sci. 62(2): 199–215.

Verheijen, F. S. Jeffery, Bastos, A. C., Van der Velde, M. and Diafas, I. 2010. Biochar Application to Soils. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation.

Effect of sewage sludge and its biochar on some chemical and biological properties of two calcareous soils under corn

Zahra Khanmohammadi[1]*, Majid Afyuni[2] and Mohammad Reza Mosaddeghi[2]

1 Assist. Prof., Department of Soil and Water Research, Isfahan Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran.

[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran.

Abstract

Biochar is a carbon-rich solid material that is produced during pyrolysis process under partial or no oxygen condition. Biochar can increase or decrease availability of soil nutrients. The objective of this study was to determine the effect sewage sludge and its biochar application on some chemical and biological properties of two calcareous clay loam and loam soils under corn cultivation. The soils were mixed with sewage sludge (S) at the rates of 10, 20 and 40 ton ha^{-1} (S1, S2 and S3 treatments, respectively). The biochar (B) was applied at the rates of 7.3, 14.5 and 29 ton ha^{-1} (B1, B2 and B3). At the harvest time, soil total nitrogen, available phosphorous and potassium, total organic carbon, soil respiration and DTPA-extractable concentrations of heavy metals were determined. Results showed that biochar application did not significantly increase the soil total nitrogen. The C/N ratio was significantly higher in biochar-treated soils (9.2) compared with control (8.0), leading to lower soil respiration rate in the biochar treatments. The DTPA-extractable concentrations of heavy metals in sewage sludge treatments were higher than the biochar treatments. Biochar application decreased the DTPA-extractable concentration of soil Pb by 22.3% and 5.4% relative to control in clay loam and loam soils, respectively. Therefore, biochar application can decrease the DTPA-extractable concentrations of heavy metals in soil.

Keywords: Sewage sludge, Biochar, Nutrients, Soil respiration, Heavy metals.

* Corresponding author, Email: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir