محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

بررسی اثر بیوچار بر تامین آهن در دو رقم سویا

جلال‌الدین خال‌لی زاده [۱*]،اسماعیل دردی‌پور[۲]، مجتبی بارانی‌مطلق[۲]، عبدالرضا قرنجیکی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشدگروه علوم‌خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

۲ دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۳] عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان، ایران

چکیده

در میان عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاهان، آهن محدودیت‌های فراوانی را برای محصولات کشاورزی به خصوص در خاک‌های آهکی ایجاد کرده است. به منظور بررسی اثر بیوچار اشباع شده با آهن در عرضه آهن و رفع کلروز آن در سویا در یک خاک آهکی، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل بیوچارهای‌اشباع نشده (بیوچار کاه‌گندم (WB) و بیوچار نئوپان (PB) هر کدام ۲/۵ درصد وزنی)، و بیوچارهای‌اشباع شده (بیوچار اشباع شده کاه‌گندم (Fe-IWB1) ۲/۵ درصد وزنی، بیوچار اشباع شده کاه‌گندم (Fe-IWB2) ۵ درصد وزنی، بیوچار نئوپان اشباع شده (Fe-IPB1) ۲/۵ درصد وزنی و بیوچار اشباع شده نئوپان (Fe-IPB2) ۵ درصد وزنی)، و کود آهن از منبع سکوسترین آهن (S) و خاک شاهد بدون آهن و بیوچار (C) بر روی دو رقم سویا (ویلیامز و سامان) بود. نتایج نشان داد با افزایش میزان مصرف بیوچارهای اشباع شده با آهن غلظت آهن فراهم خاک و غلظت آهن کل گیاه افزایش معنادار یافت ($P\leq$ ۰/۰۵). بنابراین، بیوچار اشباع شده با آهن قادر به عرضه آهن کافی و رفع کلروز آهن سویا در یک خاک آهکی می‌باشد.

کلمات کلیدی: کاه‌گندم، نئوپان، کلروز آهن ، اشباع‌سازی

مقدمه

آهن یکی از عناصر کم مصرف ضروری برای گیاهان است. متوسط مقدار این عنصر در پوسته زمین حدود ۵ درصد است ولی قابلیت استفاده آن در خاک‌ها کم است و تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله pH مقادیر ماده آلی و آهک خاک و غیره قرار می‌گیرد. آهن به مقدار نسبتا کم به‌وسیله گیاه جذب می‌شود به طوری که حد بحرانی آهن ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Lindsay and Norvell، ۱۹۷۸). خاک‌های آهکی در مناطق خشک و نیمه خشک بیش از ۶۰۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا را تشکیل می‌دهد (Leytem و همکاران، ۲۰۰۵) و دسترسی عناصر غذایی را برای گیاهان محدود می‌کند. با توجه به کشت متراکم محصولات زراعی در اراضی کشاورزی، کاربرد مواد اصلاحی که عناصر غذایی موجود در خاک را فراهم می‌کنند، ضروری می‌باشد. انتخاب این مواد بستگی به تاثیر نسبی آن‌ها در رشد گیاه، قیمت و زمان مورد نیاز جهت اثر گذاری آن‌ها بر خاک دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). از جمله مهم‌ترین آن‌ها، مواد آلی هستند که به دلیل دارا بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش فعالیت زیستی و بهبود شرایط فیزیکی خاک از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. حفظ و مدیریت حاصلخیزی خاک برای توسعه سیستم‌های پایدار تولید غذا امری اساسی است. در دهه اخیر، تولید در کشاورزی متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی به منظور کسب عملکرد بالا بوده که علاوه بر ایجاد مشکلات عمده و آلودگی محیط زیست، این مواد مانع بزرگی در دستیابی به تولید پایدار می‌باشند (پیوست و همکاران، ۱۳۸۷). حفظ باروری خاک‌ها و در عین حال آلوده نکردن آن‌ها یک امر ضروری جهت تولید دراز مدت در کشاورزی ارگانیک محسوب می‌شود (یحیی‌آبادی و همکاران، ۳۸۷). استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی مشکلات متعددی از قبیل تخریب و کاهش نفوذپذیری خاک، تخریب ساختمان خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی و سمیت عناصر سنگین را در بر دارد. مواد آلی به‌علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و حاصلخیزی خاک دارد، یکی از ارکان مهم باروری

[*]ایمیل نویسنده مسئول: jalal.addinn@gmail.com

خاک محسوب می‌شود. این در حالی است که بیش از ۶۰ درصد خاک‌های ایران کمتر ارز یک درصد ماده آلی دارند (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷). از این رو در کشور بایستی به جنبه‌های زیست‌محیطی و بیولوژیکی استفاده از مواد کشاورزی، از جمله بیوچار در تحقیقات کاربردی اهمیت بیشتری داده شود. یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از بیوچار اثر مثبت آن بر حاصلخیزی خاک و افزایش رشد محصولات کشاورزی است. افزایش حاصلخیزی خاک متعاقبا افزایش تولید محصول به دلیل بهبود ویژگی‌های خاک به وسیله‌ی بیوچار با بهبود رطوبت و فعالیت میکروبی و بازگردانی موادغذایی صورت می‌گیرد. Salim (۲۰۱۶)، گزارش داد افزودن بیوچار با ۲٪ و ۵٪ وزنی و زغال زیستی با جلبک باعث کاهش غلظت آهن در ریشه گندم شد ولی باعث افزایش غلظت آهن در برگ گندم شد. Ramzani و همکاران(۲۰۱۶) گزارش دادند افزودن زغال زیستی مخلوط شده با آهن باعث افزایش غلظت آهن و روی دانه برنج شد. کمبود آهن در اغلب مناطق کشاورزی دنیا شایع بوده و به دلیل آهکی بودن و بالا بودن مقدار شوری و pH در خاک‌های ایران تشدید می‌شود و البته باید توجه داشت که میزان آهن کل خاک در بیشتر مواقع، بسیار بیشتر از نیاز گیاه بوده، اما به دلیل حلالیت کم ترکیبات آهن‌دار در بسیاری از خاک‌ها جذب آن توسط گیاه به خوبی صورت نمی‌گیرد و منجر به بروز علائم کمبود آهن در گیاه می‌شود. هدف از انجام این پژوهش بررسی کارایی بیوچار در روند فعالیت‌های حیاتی و جذب عنصر آهن توسط گیاه سویا است.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده در این آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از شرق استان گلستان که دارای آهک بالا و دچار کمبود آهن بود نمونه برداری گردید. سپس برای انجام مطالعات بعدی از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. ابتدا بقایای نئوپان و کاه‌گندم در آون در درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید، سپس در کوره الکتریکی در شرایط اکسیژن محدود با شیب دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه قرار داده شد و در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تبدیل به بیوچار شد، بعد از مدت زمانی که کوره به دمای مورد نظر رسید، ۲ ساعت نیز در این دما باقی ماند، پس از خنک شدن نمونه و رسیدن به دمای محیط، بیوچار از کوره خارج شد. برخی از خصوصیات اندازه‌گیری شده بیوچارهای تولیدی در جدول (۲) آمده است. پ.هاش با روش Sun و همکاران (۲۰۱۴) در سوسپانسیون ۱:۲۰ بیوچار به آب مقطر، هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۱۰ بیوچار به آب مقطر (Yang و همکاران، ۲۰۱۶)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش اصلاح شده استات آمونیوم نرمال پ‌هاش خنثی (Gaskin و همکاران، ۲۰۰۸)، کربن، هیدروژن و نیتروژن با دستگاه (Elemental analyzer CHN)، عملکرد و خاکستر (Song و همکاران، ۲۰۱۲) اندازه‌گیری شد. به منظور اشباع سازی بیوچار، ۵ گرم از بیوچار را در یک لیتر محلول حاوی ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آهن (II) که از نمک $FeSO_4.7H_2O$ تهیه شده بود غوطه‌ور شد. مخلوط بیوچار و محلول آهن (II) به مدت ۲۴ ساعت تکانده و سپس صاف شد. به‌منظور بررسی پاسخ گیاهی به بیوچارهای اشباع شده، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمارهای بیوچارهای اشباع نشده (بیوچار کاه‌گندم (WB) و بیوچار نئوپان (PB) هر کدام ۲/۵ درصد وزنی)، و بیوچارهای اشباع شده (بیوچار اشباع شده کاه‌گندم (Fe-IWB1) ۲/۵ درصد وزنی، بیوچار اشباع شده کاه‌گندم (Fe-IWB2) ۵ درصد وزنی، بیوچار نئوپان اشباع شده (Fe-IPB1) ۲/۵ درصد وزنی و بیوچار اشباع شده نئوپان (Fe-IPB2) ۵ درصد وزنی)، و کود آهن (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از منبع سکوسترین آهن (S) و خاک شاهد بدون آهن و بیوچار (C) بر روی دو رقم سویا (ویلیامز و سامان) انجام شد. سویا در گلدان‌های حاوی ۵ کیلوگرم خاک کشت و با آب مقطر بر اساس وزنی (تخلیه ۲۵٪ آب قابل استفاده) آبیاری شد. در طول دوره رشد رطوبت گلدانها در حدود ظرفیت گلدانی نگهداری شد. بعد از گذشت ۱۲ هفته از کشت، برداشت گیاه به صورت کف بر انجام شد سپس غلظت آهن فراهم خاک (Lindsay and Norvell، ۱۹۷۸) و غلظت آهن کل گیاه (Jones and Case ، ۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ و تجزیه آماری با نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) و ویژگی‌های بیوچارها در جدول(۲) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای آهک زیاد با ماده آلی کم (کمتر از ۱ در صد) و بافت سیلت لوم بود. مقدار آهن قابل استفاده خاک نیز نشان می‌دهد که خاک مورد استفاده دارای کمبود آهن برای گیاهان حساس به کمبود آهن است. بیوچارهای تولید شده در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد که نشان می‌دهد برای بهبود حاصلخیزی خاک مناسب می‌باشند.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

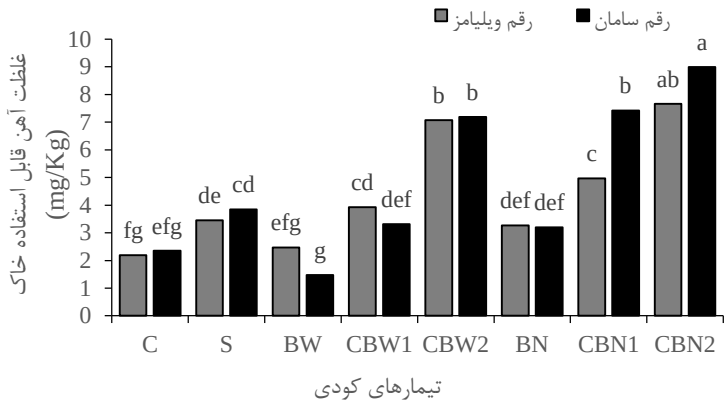
نام منطقه	پ‌هاش	شوری	ظرفیت‌تبادل‌کاتیونی	آهن قابل استفاده	کربن آلی	آهک	رس	سیلت	بافت
		$dS\ m^{-1}$	$Cmol(+)Kg^{-1}$	$mg\ Kg^{-1}$	%				
آق‌امام	۷/۸	۰/۸	۱۵/۵	۳/۴۲	۰/۹۳	۱۷	۲۲/۵	۶۳	سیلت لوم

جدول ۲. برخی ویژگی‌های بیوچار مورد مطالعه

بیوچار	پ‌هاش	شوری	ظرفیت‌تبادل‌کاتیونی	آهن فراهم	کربن	هیدروژن	نیتروژن	عملکرد	خاکستر
		$dS\ m^{-1}$	$Cmol(+)Kg^{-1}$	$mg\ Kg^{-1}$			%		
کاه‌گندم	۶/۹	۳/۷	۱۰۸/۵	۲۰/۱	۵۲/۱۵	۴/۲۶	N/A	۵۱/۲	۲۸/۴
نئوپان	۶/۲	۳/۲۵	۶۰/۷	۲۰/۲	۵۵/۷۸	۴/۴۷	N/A	۷۱/۴	۱۲

غلظت آهن فراهم خاک پس از برداشت

آزمون مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار آهن فراهم خاک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم کنش رقم و کود قرار گرفته است (شکل ۱). به‌طوری که در خاکی که رقم ویلیامز کشت شده بود میزان آهن فراهم در تیمارهای بیوچار کاه‌گندم بیشتر از خاکی است که رقم سامان کشت شده بود. در حالی که در تیمارهای بیوچار نئوپان روندی کاملا برعکس مشاهد شد به‌نحوی که در خاکی که رقم ویلیامز کشت شده بود میزان آهن فراهم در تیمارهای بیوچار نئوپان کمتر از خاکی است که رقم سامان کشت شده بود. بیشترین مقدار آهن فراهم خاک مربوط به تیمار بیوچار ۵٪ اشباع شده نئوپان بود. شکل ۱ نشان می‌دهد که همه بیوچارها به‌ویژه بیوچارهای اشباع شده با آهن موجب افزایش مقدار آهن فراهم خاک شده‌اند. همچنین غلظت آهن فراهم خاک با افزایش درصد وزنی بیوچارهای اشباع شده نئوپان و کاه‌گندم نیز افزایش یافت. افزایش آهن قابل استفاده در تیمار سکوسترین نسبت به شاهد می‌تواند ناشی از قدرت کلات کنندگی سکوسترین باشد. در تیمارهای بیوچار این افزایش احتمالا می‌تواند به دو دلیل باشد. با توجه به مقدار بالای ماده آلی در بیوچار (جدول ۲) تجزیه آن در طول رشد گیاه احتمالا باعث تولید ترکیبات آلی با قدرت کلات کنندگی بالا مثل اسیدهیومیک و اسید فولیک شده باشد ثانیا در تیمارهای بیوچار که با آهن اشباع سازی شده است آزاد سازی آهن از سطوح آنها باعث افزایش بیشتر آهن قابل استفاده در خاک شده است و احتمالا به همین دلیل اثر آن بیشتر از تیمار سکوسترین آهن شده باشد. همچنین، بیوچار گندم به‌دلیل قدرت جذب بالاتر آن (جدول ۲) احتمالا آهن را کمتر از بیوچار نئوپان آزاد کرده است. رمضانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند مصرف مخلوط بیوچار و سولفات آهن در یک خاک آهکی باعث افزایش آهن عصاره‌گیری شده با DTPA شد. مواد آلی از جمله بیوچار با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب تحرک و فراهمی بیشتر آهن و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه می‌شوند (Du Laing و همکاران، ۲۰۰۹؛ Xu و همکاران، ۲۰۱۳).

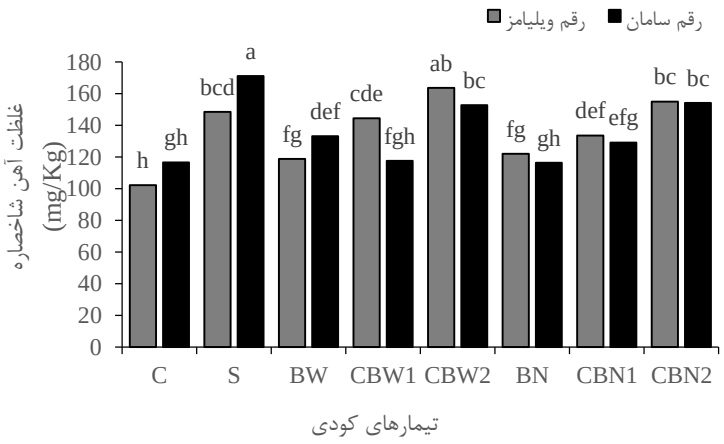


شکل ۱- اثر متقابل رقم و کود بر غلظت آهن فراهم خاک بعد از برداشت گیاه

(میانگین‌های با حروف مشابه روی ستون‌ها در سطح LSD 5% معنی دار نیست)

غلظت آهن شاخساره

نتایج آزمون مقایسات میانگین (شکل ۲) نشان داد که پاسخ رقم سامان به تیمارهای کودی بیوچار کاه‌گندم با پاسخ رقم ویلیامر به آن متفاوت بود. به‌طوریکه غلظت آهن شاخساره رقم ویلیامز در سطوح بیوچار کاه‌گندم افزایشی بود ولی مقدار آن در رقم سامان ابتدا کاهش سپس افزایش یافت. همچنین غلظت آهن شاخساره بین دو رقم در تیمارهای کودی مختلف به غیر از تیمارهای سکوسترین آهن و بیوچار ۲/۵٪ کاه‌گندم اشباع شده ، تفاوت معنی‌داری بایکدیگر نداشتند. بیوچارهای ۵٪ اشباع شده نئوپان و کاه‌گندم برای هر دو رقم سویا توانستند مقدار غلظت آهن شاخساره را نسبت به خاک شاهد افزایش دهند. بیوچارهای ۲/۵٪ اشباع شده نئوپان و کاه‌گندم توانستد مقدار غلظت آهن شاخساره را برای رقم ویلیامز نسبت به خاک شاهد افزایش دهند ولی برای رقم سامان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در این تحقیق مشاهده شد که مصرف بیوچار به همراه آهن یا بدون آن و کاربرد سکوسترین آهن به تنهایی غلظت آهن در گیاه را افزایش داد. نتایج با نتایج Ramzani و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت، آنها گزارش دادند با مصرف مخلوط بیوچار و سولفات آهن غلظت آهن شاخساره و دانه برنج افزایش یافت.



شکل۲- اثر متقابل رقم و کود بر غلظت آهن کل شاخساره

(میانگین‌های با حروف مشابه روی ستون‌ها در سطح LSD 5% معنی دار نیست)

نتیجه‌گیری

بیوچار با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و با توجه به قدرت بالای آن در جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی، باعث افزایش فراهمی آهن در خاک و تأمین تدریجی آن برای گیاه شد. مصرف بیوچارهای اشباع شده با آهن سبب افزایش میزان غلظت آهن در اندام هوایی سویا در خاک آهکی شدند. به‌طوری که بیشترین مقدار غلظت آهن شاخساره در هر دو رقم سویا در سطح ۵ درصد بیوچار کاه گندم اشباع‌شده با آهن مشاهده شد. از طرف دیگر مصرف مقادیر بالای بیوچار از نظر اقتصادی شاید مقرون به صرفه نباشد و اشباع سازی آنها با عناصر غذایی می‌تواند راه کار مناسبی برای کاهش مقدار مصرف آن باشد. بنابراین، مصرف بیوچار اشباع شده با آهن، می‌تواند رهیافت امیدبخشی برای رفع کلروز آهن در گیاهان حساس بویژه سویا در خاک‌های آهکی باشد.

منابع

پیوست، غ. و الفتی چیرانی، ج. ۱۳۸۷. سبزیکاری با کمپوست. چاپ اول. انتشارات عبدی. رشت. ص۱۱۱-۹۹

کریمی زارچی، م. و کلباسی، م. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر هوادهی و مخلوط کردن بر فرایند تولید کمپوست و کیفیت کمپوست تولیدی از زباله‌های شهری. ششمین کنگره علوم خاک ایران.

ملکوتی، م. ج.، همایی، و. م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نمیه خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران. ۴۸۲ صفحه.

یحیی آبادی، م. و امتیازی، گ. ۱۳۸۷. تغییرات کمی و کیفی میکروارگانیسم‌های خاک پس از افزودن مواد زاید شهری و کشاورزی. ششمین کنگره علوم خاک ایران.

Du Laing, G., Rinklebe, J., Vandecasteele, B., Meers, E. and Tack, F.M. 2009. Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: a review. Science of the total environment, 407,3972-3985.

Gaskin, J.W., Steiner, C., Harris, K., Das, K.C. and Bibens, B. 2008. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. Transactions of the ASABE, 51, 2061-2069.

Jones, J.B. Jr., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. P 389-427, In: R.L. Westerman (ed.), Soil testing and plant analysis. 3rd ed. SSSA, Madison, WI, USA.

Leytem, A. B., & Mikkelsen, R. L. 2005. The nature of phosphorus in calcareous soils. Better Crops, 89, 11-13.

Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. Soil science society of America journal, 42,421-428.

Ramzani, P. M. A., Khalid, M., Naveed, M., Ahmad, R., & Shahid, M. 2016. Iron biofortification of wheat grains through integrated use of organic and chemical fertilizers in pH affected calcareous soil. Plant Physiology and Biochemistry, 104, 284-293.

Salim, B.B.M. 2016. Influence of biochar and seaweed extract applications on growth, yield and mineral composition of wheat (Triticum aestivum L.) under sandy soil conditions. Annals of Agricultural Sciences, 61,257-265.

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.

Sun, Y., Gao, B., Yao, Y., Fang, J., Zhang, M., Zhou, Y., Chen, H. and Yang, L. 2014. Effects of feedstock type, production method, and pyrolysis temperature on biochar and hydrochar properties. Chemical Engineering Journal, 240,574-578.

Xu, G., Wei, L.L., Sun, J.N., Shao, H.B. and Chang, S.X. 2013. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: Direct or indirect mechanism?. Ecological engineering, 52,119-124.

Yang, X., Liu, J., McGrouther, K., Huang, H., Lu, K., Guo, X., He, L., Lin, X., Che, L., Ye, Z. and Wang, H. 2016. Effect of biochar on the extractability of heavy metals (Cd, Cu, Pb, and Zn) and enzyme activity in soil. Environmental Science and Pollution Research, 23,974-984.

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 biochar in the supply of iron for two soybean cultivar

Khallizadeh, J.[1*], Dordipour[2], E., Baranimotlgh[2], M. and Gharanjiki[3], A.

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

3 Scientific Staff Member, Cotton Research Institute, Areeo, Gorgan, Iran

Abstract

Among microelements required for plants, nutrient element of iron has set many limitations for agricultural products especially for cultivations in calcareous soils. A pot experiment was conducted as factorial based on completely randomized design with four replications. Experimental factors included 2.5 weight percent of both unsaturated biochar (wheat straw biochar (WB) and particle board biochar (PB)), and saturated biochars (2.5 weighted percentage of biochar from wheat straw (Fe-IWB1), 5 weighted percentage of saturated biochar from wheat straw (Fe-IWB2), 2.5 weighted percentage of saturated biochar from particle board (Fe-IPB1), and 5 weighted percentage of saturated biochar from particle board (Fe-IPB2)), iron fertilizer from iron sequestrin source (S) and iron-free biochar-free control soil (C) and two soybean cultivars (Williams and Saman cultivars). According to the results obtained, available iron of soil and iron concentration of shoots increased with increasing application of iron-saturated biochar ($P \leq 0.05$). Therefore, iron-saturated biochar can supply enough iron and resolve iron chlorosis of soybean in a calcareous soil.

Keyword: Wheat straw, Particle board, Iron chlorosis, Saturation

[*] Corresponding author, Email: jalal.addinn@gmail.com