تأثیر بیوچار و ورمی‌کمپوست بر غلظت برخی عناصر کم‌مصرف در گیاه کلزا تحت تنش شوری

الهام قدم خیر[۱]، حبیب الله نادیان[۲]، سیروس جعفری[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۳- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(elham2011gh@yahoo.com)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر بیوچار و ورمی‌کمپوست بر غلظت برخی از عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه کلزا تحت تنش شوری، پژوهش گلخانه‌ای به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل: ۱) سه سطح بیوچار (۰، ۱ و ۲ درصد)، ۲)، سه سطح ورمی‌کمپوست (۰، ۱ و ۲ درصد)، ۳) و سه سطح شوری (شاهد، ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری از شاهد به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر غلظت مس، روی و آهن در بخش هوایی کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، درحالی‌که افزودن بیوچار و ورمی‌کمپوست در خاک باعث تعدیل اثرات تنش شوری و افزایش غلظت این عناصر شدند. به‌طور کلی در هر سطح شوری با کاربرد تلفیقی بیوچار و ورمی‌کمپوست بیشترین غلظت مس، روی و آهن در بخش هوایی کلزا مشاهده گردید. بنابراین با توجه اثرات مثبت این نوع مواد آلی بر وضعیت تغذیه‌ای عناصر کم‌مصرف استفاده از آن‌ها به‌ویژه تحت شرایط شور توصیه می‌گردد.

واژه های کلیدی: شوری، بیوچار، ورمی‌کمپوست، عناصر کم مصرف، کلزا.

مقدمه

اثر نامطلوب زیادی مواد معدنی مانند یون‌های سدیم و کلر برای گیاه تنش شوری نامیده می‌شود (Munns, 2005). تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصول در مناطق خشک و نیمه خشک است (Neumann, 1997). شوری به‌طور مستقیم بر فرآیند جذب، قابلیت دسترسی و انتقال عناصر کم مصرف مانند آهن و روی اثر گذاشته و با کاهش یا افزایش جذب، انباشتگی و تغییر توزیع عنصر در داخل گیاه بر کیفیت و عملکرد محصول اثر می‌گذارد (Khoshgoftarmanesh *et al.*, 2006) به همین دلیل، کمبود آهن و روی و بروز نشانه‌های زرد برگی (کلروز) نیز، از شایع‌ترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک است (Fernández and Ebert, 2005) و باوجود اینکه گاهی آهن و روی به مقدار زیاد در خاک وجود دارد، اما به علت وجود آهک، pH بالا و شوری، به شکل قابل جذب برای گیاه نبوده و علائم کمبود این عناصر در گیاه بروز پیدا می‌کند. از جمله روش‌های افزایش مقدار قابل جذب این عناصر تحت شرایط فوق استفاده از مواد آلی است (Sallaku *et al.*, 2009; Akhtar *et al.*, 2015). بررسی‌ها نشان داده است که افزودن مواد آلی به خاک، بسته به ویژگی‌های انواع این مواد که آن‌ها را از هم بسیار متفاوت می‌کند، اثرات متفاوتی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از جمله؛ ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، فعالیت آنزیمی، وزن مخصوص ظاهری و ظرفیت نگهداری آب می‌گذارد که در بیشتر موارد با بهینه کردن این شرایط، امکان لازم برای تولید محصولات با عملکرد بالا از نظر کیفی و کمی را فراهم می‌آورد. اجزاء ماده آلی اضافه شده در خاک می‌تواند با عناصر مس، روی و آهن برای مکان‌های جذب رقابت کند و در نتیجه فراهمی این عناصر در خاک را افزایش دهد. بیوچار در مقایسه با سایر بهسازهای خاک به دلیل دارا بودن سطح بالا و تخلخل زیاد، در جذب یا حفظ مواد مغذی و آب و همچنین فراهم نمودن یک زیستگاه مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌های مفید دارای نقش مؤثری است. ورمی‌کمپوست نیز با حفظ و فراهمی عناصر غذایی گیاهان به شکل‌های قابل جذب بر تغذیه گیاهان اثر مثبت دارد. در مطالعاتی با کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست تعدیل اثرات تنش شوری بر رشد سیب زمینی و خیار را گزارش شد (Sallaku et

al., 2009; Akhtar et al., 2015). با توجه به اینکه گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) فاقد کلسترول و دارای اسیدهای چرب غیر اشباع و نیز کیفیت تغذیه‌ای بالا است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح می‌باشد (شریعتی ۱۳۸۰)، در این پژوهش اثر کاربرد بیوچار ورمی‌کمپوست بر غلظت عناصر مس، روی و آهن در بخش هوایی گیاه کلزا تحت شرایط تنش شوری ناشی از نمک کلرید سدیم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه عامل شامل: ۱) بیوچار باگاس نیشکر در سه سطح (۰ ، ۱ و ۲ درصد وزنی)، ورمی‌کمپوست در سه سطح (۰، ۱ و ۲ درصد وزنی) و ۳) شوری در سه سطح (۰، ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) اجرا گردید. خاک مورد نظر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جمع‌آوری شد. پس از انتقال نمونه خاک به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک گردید و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. سپس برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت، کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی و pH،کربنات کلسیم معادل، غلظت نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی قابل جذب و درصد رطوبت ظرفیت مزرعه بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). برای تهیه بیوچار ابتدا باگاس نیشکر خشک و سپس کوبیده و به منظور یکنواختی از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. سپس در یک کوره دست‌ساز تحت تجزیه حرارتی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت. کود ورمی‌کمپوست نیز از کود دامی، پسماندهای آلی ازجمله هویج، باگاس نیشکر و کلش گندم تهیه گردید. سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار و ورمی‌کمپوست به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (جداول ۲ و ۳). برای کشت از گلدان‌های پلاستیکی (ارتفاع و قطر دهانه ۱۸ سانتی‌متر) استفاده شد. به منظور ایجاد زهکش، در ته همه گلدان ماسه شسته شده به میزان یکسان قرار داده و درون هر گلدان مقدار ۳ کیلوگرم خاک و بیوچار و ورمی‌کمپوست براساس سطوح مورد نظر ریخته شد. سپس کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک به گلدان‌ها اضافه شدند. پس از تیمار خاک با بیوچار، به‌منظور ایجاد تعادل، به مدت ۲۱ روز تحت شرایط انکوباسیون (رطوبت ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) قرار گرفت. سپس در هر گلدان ۵ عدد بذر جوانه‌زده کلزا قرار داده و پس از سبز شدن به ۳ بوته کاهش داده شد.۲۰ روز بعد از شروع کشت، سطوح شوری مورد نظر به تدریج اعمال گردید. در طول دوره رشد رطوبت خاک گلدان‌ها روزانه از طریق توزین در دامنه ظرفیت مزرعه نگهداری شد. همچنین در طول دوره کشت محلول غذایی اسمیت به همراه نیتروژن طی سه مرحله به گلدان‌ها اضافه گردید. پس از ۶۰ روز رشد (اتمام دوره رویشی)، بخش هوایی گیاهان از محل طوقه برداشت شد. برای عصاره‌گیری عناصر غذایی از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد و غلظت عناصر

جدول۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت	کربنات کلسیم (%)	pH گل اشباع	EC (dS/m)	رطوبت FC (%)	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	روی
							(mg/kg)				
لوم شنی	۴۱	۷/۵۶	۲/۴	۱۴/۳	۰/۰۴	۰/۴	۱۴	۲۸۲	۱۲	۰/۳۱	۰/۴۳

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورد استفاده

$pH_{1:10}$	$EC_{1:10}$ (dS/m)	C/N	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	روی	چگالی ظاهری (g/cm^3)	سطح ویژه (m^2/g)	CEC ($cmol_+/kg$)
			(mg/kg)								
۷/۵	۰/۸	۲۴۹/۳	۰/۲۷۹	۴۶۱	۲۵۷۰	۱۲۴۹	۳۴	۴۵	۰/۱۳	۱۶۴	۳۶/۳

جدول ۳- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده

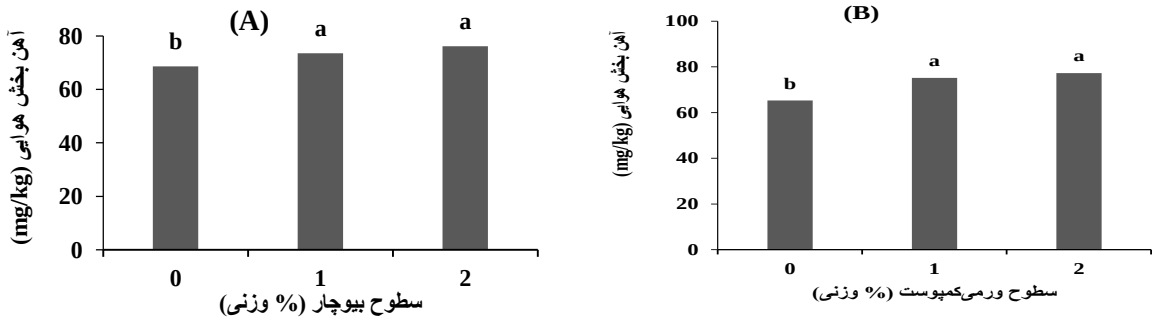
pH اشباع	EC (dS/m)	C/N	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	روی
			(mg/kg)					
۷/۷۵	۲/۴	۹/۲	۱۹۰۰۰	۲۴۰۰۰	۱۴۰۰	۲۰۰۰	۹۰	۸۰۰

آهن، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. درنهایت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

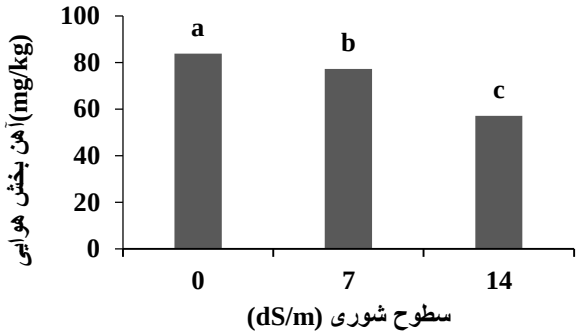
نتایج و بحث

غلظت آهن بخش هوایی

نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار غلظت آهن بخش هوایی گیاه کلزا نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۱). میانگین غلظت آهن بخش هوایی کلزا از ۶۸/۶ و ۶۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ترتیب به ۷۶/۱ و ۷۷/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار ۲ درصد وزنی بیوچار و ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در مقابل، با افزایش شوری از تیمار شاهد به سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر میانگین غلظت آهن بخش هوایی کلزا از ۸۳/۸ به ۵۷/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزودن بیوچار اساسا ظرفیت تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد (Liang *et al.*, 2006)، و در نتیجه، بخشی از سدیم محلول جذب مکان‌های تبادل می‌گردد که این امر غلظت تعادلی سدیم محلول در خاک را کاهش خواهد داد و در نهایت سبب کاهش اثرات تنش شوری می‌شود (Akhtar *et al.*, 2015). استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش پتاسیم قابل جذب می‌شود. بنابراین غلظت بیشتر آهن و نرخ بالاتر تحمل به شوری به دلیل تجمع پایین‌تر سدیم یا کلر در برگ‌ها به دلیل افزایش پتاسیم قابل جذب در بستر رشد گیاه در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند توضیح داده شود. از دلایل دیگر تاثیر کودهای آلی روی جذب آهن می‌توان به این اشاره که کود آلی افزون بر اینکه خود دارای عناصر کم مصرفی مانند آهن می‌باشد، به شکل یک منبع انرژی برای ریزجانداران خاک بوده و در فرایند معدنی شدن به دلیل آزادسازی اسیدهای آلی، سبب کاهش موضعی pH خاک شده و جذب آهن را افزایش می‌دهد (Ouda and Mahadeen, 2008). همچنین تشکیل لیگاندهای آلی محلول در نتیجه تجزیه مواد آلی در نگهداری آهن به شکل فراهم موثر بوده و مواد آلی در خاک با افزایش تولید میکروارگانیسم‌های تولیدکننده سیدروفورها، سبب افزایش حلالیت آهن در خاک می‌شوند (Crowly *et al.*, 1992).



شکل ۱- تأثیر بیوچار (A) و ورمی‌کمپوست (B) بر غلظت آهن گیاه کلزا. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).



شکل ۲- تأثیر شوری بر غلظت آهن گیاه کلزا. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

غلظت مس بخش هوایی

اثر متقابل بیوچار و ورمی‌کمپوست غلظت مس بخش هوایی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تیمار ترکیبی ۲ درصد بیوچار و ۱ درصد ورمی‌کمپوست با میانگین ۲۷/۹۳ میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک گیاه دارای بیشترین غلظت مس در بخش هوایی و تیمار شاهد (عدم کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست) با میانگین ۱۵/۱۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک گیاه دارای کمترین غلظت مس بود.

افزایش شوری سبب کاهش غلظت مس بخش هوایی کلزا گردید (جدول ۵). به عنوان مثال غلظت مس از ۲۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد (B1S1) به ۱۲/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (B1S3) به‌طور معنی‌دار کاهش نشان داد. در حالی‌که کاربرد بیوچار اثر منفی شوری را کاهش داد. به طور مثال در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر غلظت مس در شرایط کاربرد (B3S3) و عدم کاربرد بیوچار (B1S3) به ترتیب ۱۷/۱ و ۱۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

اثر متقابل ورمی‌کمپوست و شوری (جدول ۶) نیز نشان داد که بالاترین غلظت مس در بخش هوایی گیاه کلزا (۳۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در شرایط عدم شوری و کاربرد ۲ درصد وزنی ورمی‌کمپوست (V3S1) بدست آمد و کمترین غلظت مس (۱۲/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار دارای شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست (V1S3) بود.

به طورکلی مواد آلی با دارا بودن عناصر غذایی لازم برای رشد گیاه به نسبت‌های متعادل‌تر، رهاسازی تدریجی این عناصر بر اساس شرایط موجود در خاک و همچنین قدرت کمپلکس‌کنندگی زیاد باعث رفع کمبود مس در خاک و در نتیجه بهبود باروری و حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شوند.

غلظت روی بخش هوایی

اثر متقابل بیوچار و ورمی‌کمپوست بر غلظت روی بخش هوایی در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تیمار ترکیبی ۱ درصد بیوچار و ۲ درصد ورمی‌کمپوست (B2V3) با میانگین ۵۶/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم وزن خشک گیاه دارای بیشترین غلظت روی در بخش هوایی و تیمار شاهد (B1V1) با میانگین ۲۴/۴۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم وزن خشک گیاه دارای کمترین غلظت روی بود.

جدول ۴- اثر متقابل سطوح مختلف بیوچار و ورمی‌کمپوست بر غلظت مس بخش هوایی (mg/kg)

B1V1	B1V2	B1V3	B2V1	B2V2	B2V3	B3V1	B3V2	B13V3
۱۵/۱۶^{d}	۱۸/۳۱^{c}	۲۰/۳۳^{b}	۱۷/۹۳^{c}	۲۶/۴۲^{a}	۲۷/۷۵^{a}	۱۹/۳۷^{cb}	۲۷/۹۳^{a}	۲۷/۵۳^{a}

B: بیوچار، V: ورمی‌کمپوست و ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سطح اول، دوم و سوم کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست است. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

جدول ۵- اثر متقابل سطوح مختلف بیوچار و شوری بر غلظت مس بخش هوایی (mg/kg)

B1S1	B1S2	B1S3	B2S1	B2S2	B2S3	B3S1	B3S2	B3S3
۲۱/۶۰^{c}	۱۹/۵۶^{d}	۱۲/۶۴^{f}	۲۹/۲۳^{a}	۲۶/۰۶^{b}	۱۶/۸۱^{e}	۳۰/۵۸^{a}	۲۷/۰۸^{b}	۱۷/۱۷^{e}

B: بیوچار، V: ورمی‌کمپوست و ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سطح اول، دوم و سوم کاربرد بیوچار و شوری است. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

جدول ۶-اثر متقابل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و شوری بر غلظت مس بخش هوایی (mg/kg)

V1S1	V1S2	V1S3	V2S1	V2S2	V2S3	V3S1	V3S2	V3S3
۲۱/۱۸^{c}	۱۹/۰۷^{d}	۱۲/۲۱^{f}	۲۹/۳۳^{a}	۲۶/۴۱^{b}	۱۶/۹۳^{e}	۳۰/۸۹^{a}	۲۷/۲۳^{b}	۱۷/۴۹^{ed}

B: بیوچار، V: ورمی‌کمپوست و ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سطح اول، دوم و سوم کاربرد ورمی‌کمپوست و شوری است. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

غلظت روی در بخش هوایی و تیمار شاهد (B1V1) با میانگین ۲۴/۴۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم وزن خشک گیاه دارای کمترین غلظت روی بود.

کاربرد بیوچار باعث افزایش ولی شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت روی بخش هوایی کلزا شد (جدول ۸). به طوریکه بیشترین غلظت روی بخش هوایی مربوط به تیمار دارای بیوچار ۲ درصد و بدون اعمال شوری (B3S1) با میانگین ۵۸/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین غلظت روی در بخش هوایی مربوط به تیمار دارای شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و بدون کاربرد بیوچار (B1S3) با میانگین ۲۰/۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

اثر متقابل ورمی‌کمپوست و شوری نیز نشان داد (جدول ۹) که تیمار دارای ۲ درصد وزنی ورمی‌کمپوست و بدون اعمال شوری (V3S1) با میانگین ۶۱/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم دارای بیشترین و تیمار دارای شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست (V1S3) با میانگین ۱۷/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم دارای کمترین غلظت روی در بخش هوایی کلزا بود.

بیوچار و ورمی‌کمپوست هر دو اثر منفی شوری را کاهش دادند (جداول ۸ و ۹). به‌طور مثال در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر غلظت روی در شرایط کاربرد (B3S3) و عدم کاربرد بیوچار (B1S3) به ترتیب ۲۸/۷۲ و ۲۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شرایط کاربرد (V3S3) و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست (V1S3) به ترتیب ۳۰/۷۵ و ۱۷/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

غلظت عناصر کم مصرف بخش هوایی گیاه در شرایط شوری بستگی به غلظت عناصر کم مصرف در خاک، میزان شوری و نوع اندام گیاه دارد. افزایش شوری باعث بروز عدم تعادل عناصر غذایی ناشی از کاهش جذب و انتقال عناصر شده، در نتیجه باعث کاهش معنی‌دار غلظت عناصر آهن، مس و روی شد. این کاهش می‌تواند ناشی از جذب بیشتر عناصری چون کلسیم، منیزیم و سدیم نیز باشد. بی ریا و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که بیوچار باگاس نیشکر تأثیر معنی‌داری بر میزان آهن و روی داشت و باعث افزایش غلظت آن در گیاه ذرت گردید. برخی مطالعات دیگر هم به نقش موثر بیوچار در افزایش غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف اشاره کرده‌اند (Duku *et al.*, 2011). بیوچار دارای سطح ویژه بالا و همچنین دارای عناصر مغذی فراوانی نیز در ترکیب خود بوده که این مسئله برای گیاه و بهبود حاصلخیزی خاک بسیار مهم است. کربونیزه کردن باگاس نیشکر و تولید بیوچار از آن باعث افزایش غلظت عناصر موجود در آن می‌شود. علت این امر احتمالاً آزادسازی عناصر از بخش آلی و تجمع آن در خاکستر بیوچار می‌باشد. نتایج مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داد ورمی‌کمپوست غلظت عناصر آهن و روی در اندام هوایی گل اطلسی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Chamani et al., 2008).

جدول ۷- اثر متقابل سطوح مختلف بیوچار و ورمی کمپوست بر غلظت روی بخش هوایی (mg/kg)

B1V1	B1V2	B1V3	B2V1	B2V2	B2V3	B3V1	B3V2	B13V3
۲۴/۴۳^{d}	۳۲/۸۰^{cb}	۳۶/۱۰^{b}	۲۵/۵۰^{d}	۵۴/۹۳^{a}	۵۶/۸۰^{a}	۲۸/۸۳^{cd}	۵۵/۶۲^{a}	۵۶/۳۶^{a}

B: بیوچار، V: ورمی‌کمپوست و ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سطح اول، دوم و سوم کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست است. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

جدول ۸- اثر متقابل سطوح مختلف بیوچار و شوری بر غلظت روی بخش هوایی (mg/kg)

B1S1	B1S2	B1S3	B2S1	B2S2	B2S3	B3S1	B3S2	B3S3
۳۸/۱^{d}	۳۴/۸۸^{d}	۲۰/۳۵^{f}	۵۶/۱۷^{ba}	۵۰/۶۶^{c}	۲۹/۸۶^{e}	۵۸/۴۷^{a}	۵۳/۶۱^{bc}	۲۸/۷۲^{e}

B: بیوچار، V: ورمی‌کمپوست و ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سطح اول، دوم و سوم کاربرد بیوچار و شوری است. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

جدول ۹- اثر متقابل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و شوری بر غلظت روی بخش هوایی (mg/kg)

V1S1	V1S2	V1S3	V2S1	V2S2	V2S3	V3S1	V3S2	V3S3
۳۲/۱۶^{d}	۲۹/۳۶^{d}	۱۷/۲۳^{e}	۵۸/۶۶^{ba}	۵۳/۲۰^{c}	۱۶/۹۳^{e}	۶۱/۹۱^{a}	۵۶/۶۰^{bc}	۳۰/۷۵^{d}

B: بیوچار، V: ورمی‌کمپوست و ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سطح اول، دوم و سوم کاربرد ورمی‌کمپوست و شوری است. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0.05$).

منابع

بی‌ریا، میلاد. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر بیوچار بر تحرک کادمیوم و سرب در ستون خاک تحت کشت ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.

شریعتی، شهاب. و قاضی شاهین زاده، پوران. ۱۳۸۰. کلزا. مجله سازمان جهاد کشاورزی تهران.

Ahmad M., Rajapaksha A.U., Lim J.E., Zhang M., Bolan N., Mohan D., Vithanage M., Lee S.S. and Ok Y.S. 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water. Chemosphere, 99: 19-33.

Akhtar S.S., Andersen M.N., and Liu F. 2015. Biochar mitigates salinity stress in potato. Journal of Agronomy and Crop Science, 201(5), 368-378.

Chamani E., Joyce D.C. and Reihanytabar, A. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of Petunia hybrid 'Dream Neon Rose'. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 3: 506-512.

Crowly D.E., Romheld V., Marschner H. and Szaniszli P.J. 1992. Root microbial effects on plant iron uptake from sidrophores and phito sidrophores. Plant and Soil, 142: 1-7.

Duku M.H., Gu S. and Hagan, E.B., 2011. Biochar production potential in Ghana—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15: 3539-3551.

Fernández V. and Ebert G. 2005. Foliar iron fertilization: A critical review. Journal of Plant Nutrition, 28: 2113–2124.

Khoshgoftarmanesh A.H., Shariatmadari H., Karimian N., Kalbasi M. and Van der Zee S.E.A.T.M. 2006. Cadmium and zinc in saline soil solutions and their concentrations in wheat. Soil Science Society of America Journal, 70: 582-589.

Liang B., Lehmann J., Solomon D., Kinyangi J., Grossman J., O'neill B., Skjemstad J.O., Thies J., Luizao F.J., Petersen J. and Neves E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal, 70: 1719-1730.

Munns R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New phytologist, 167: 645-663.

Neumann P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant, Cell and Environment, 20: 1193-1198.

Ouda B.A. and Mahadeen A.Y. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (Brassica oleracea). International Journal of Agriculture and Biology. 10: 627–32.

Sallaku G., Babaj I., Kaciu S. and Balliu A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (Cucumis sativus L.) seedlings under saline conditions. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7: 869-872.

The effect of biochar and vermicompost on concentration of some micronutrients in canola under salinity stress

E. Ghadam Kheir[1], H. Nadian[2], S. Jafari[3]

1. MSc. Student, Department of Soil Science, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan (elham2011gh@yahoo.com)
2. Full Professor, Department of Soil Science, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan
3. Associate Professor, Department of Soil Science, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

Abstract

To evaluate the effect of biochar and vermicompost on concentration of some micronutrients in on canola under salinity stress, a greenhouse research was conducted in a factorial experiment based on randomized completely design with three replications.Factors included: 1) biochar levels (0, 1 and 2 %wt), 2) vermicompost levels (0, 1 and 2 %wt) and 3) salinity levels (control, 7 and 14 dS/m). The results showed that with salinity increase from control to 14 dS/m, Fe, Cu and Zn (in shoot) and Mg concentration (in root) significantly decreased respectively, while application of biochar and vermicompost alleviated the adverse effect of salinity stress and increased the concentration of these elements. Generally, in each level of salinity the highest concentration of Cu, Zn and Fe was observed by concomitant use of biochar and vermicompost. Therefore, according to the positive effects of this type of organic matters on the nutritional status of micronutrients their use are recommended, especially under saline conditions.

Key words: Biochar, Vermicompost, Microelements, Canola