اثر بیوچار سبوس برنج و کم‌آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی و کارایی مصرف آب گیاه نعناع فلفلی

انیس کوشکی[۱]، افسانه عالی نژادیان*[۲]، عباس ملکی[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.

۲) استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.

۳) استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.

*نویسنده مسئول: **alinezhadian.a@lu.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۸**

چکیده

تنش‌خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات محصولات کشاورزی را با مشکل روبرو می‌کند. در راستای بررسی اثر بیوچار حاصل از سبوس برنج بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه نعناع فلفلی آزمایشی در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با تیمارهای سه سطح بیوچار (صفر، ۳ و ۶ تن در هکتار) و چهار سطح آبیاری (۱۰۰ درصد آبیاری (بدون تنش)، ۶۰، ۸۰ و ۱۲۰ درصد آبیاری کامل، با چهار تکرار در آبان سال ۹۸ انجام شد. نتایج نشان داد با توجه به معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش تیمارها بر وزن‌تر برگ، بیش‌ترین وزن‌تر مربوط به سطح کاربرد ۳ تن در هکتار بیوچار و تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری کامل به مقدار۲۳/۹۳ گرم در گلدان به‌دست آمد. همچنین کم‌ترین وزن‌تر (۱۳/۰۳ گرم در گلدان) در سطح ۳ تن در هکتار بیوچار و تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل مشاهده گردید، درحالی‌که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین کاربرد ۶ تن در هکتار بیوچار سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک، ارتفاع، میزان آب مصرفی گیاه و کارایی مصرف آب به ترتیب به میزان ۲۸/۱۳، ۱۰/۷۳، ۱۰/۶۹ و ۴۴/۷۳ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین با کاهش اعمال سطوح مختلف آبیاری در سطح ۶۰ درصد آبیاری کامل، وزن خشک، ارتفاع، مقدارآب مصرفی و کارایی مصرف آب گیاه در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۳۹/۸۹، ۳۳/۳۴، ۱۴/۶۹ و ۲۹/۴۶ درصد کاهش معنی‌داری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، تنش‌خشکی، کارایی مصرف آب.

مقدمه

کشور ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است و کمبود آب یکی از مهم‌ترین مشکلات در زمینه‌ی کشاورزی است، بنابراین وقوع تنش‌خشکی در طول دوره رشد گیاه اجتناب‌ناپذیر است (Vieira et al., 1992). در اکثر نقاط جهان تنش‌های غیرزیستی و زیستی مانند شوری بالا، خشک‌سالی و دمای شدید باعث بیش‌ترین آسیب در رشد و نمو گیاه می‌شود (Islam et al., 2018). در مناطقی که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک هستند، عدم وجود پوشش گیاهی مناسب و برگشت مقدار کم باقی ملنده‌های گیاهی به خاک، باعث کاهش مقدار ماده‌ی آلی خاک می‌شوند (Yazdanpanahi et al., 2018). استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی علاوه بر هزینه‌های بالای آن‌ها، آلودگی محیط و تخریب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را در پی خواهند داشت. درصورتی‌که افزودن کودهای آلی مانند کمپوست، کود حیوانی و غیره علاوه بر دردسترس بودن، به محیط زیست نیز آسیبی وارد نمی‌کند. کودهای آلی علاوه بر بهبود خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها منجر به افزایش رشد گیاه نیز خواهند شد (Rita and Animesh, 2011). بنابراین جهت بهبود ویژگی‌های خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مصرف کودهای آلی می‌تواند راهی موثر باشد (Aggelides and Londra, 2000). امروزه تبدیل کودهای آلی به بیوچار (زغال زیستی) برای بکار بردن در زمین‌های کشاورزی به‌عنوان یک کود آلی توجه پژوهش‌گران زیادی را به خود جلب کرده است (Abbasi and Anwar, 2015). بیوچار زغال به‌دست آمده از ضایعات آلی است که در طی یک فرآیند ترموشیمیایی (پرولوسیس) حاصل می‌شود و فرآیندی است که در آن مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا عدم حضور اکسیژن آرام سوخته می‌شوند (Verheijen et al., 2010). تجزیه شدن زیست‌توده گیاهی مانند کاه و کلش گندم، سبوس برنج، تفاله نیشکر، ذرت، بقایای محصولات کشاورزی و یا فضولات حیوانی در دمای زیاد و در شرایطی که اکسیژن حضور ندارد یا حضور آن بسیار کم است، باعث به وجود آمدن یک ترکیب کربنی به نام بیوچار می‌شود (Lehmann and Joseph, 2015). اکثر مواد آلی و پسماندهایی مثل فاضلاب کارخانه‌های کشاورزی، کود حیوانی، فاضلاب شهری، جلبک‌های آبی، گیاهان آبی و غیره از مواد اولیه مورد نیاز برای تولید بیوچار هستند که مورد استفاده قرار می‌گیرند (Woolf et al., 2010). بیوچار به‌دست آمده از کود حیوانی در مقایسه با بیوچار به‌دست آمده از گیاهان، دارای ارزش غذایی بیش‌تری است (Singh et al., 2010). بیوچار از طریق راه‌های مختلفی مانند نگهداری آب و مواد غذایی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (Glaser et al., 2002)، بهبود خصوصیات خاک (Sohi, 2012)، بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی (Ippolito et al., 2012)، کاهش گازهای گلخانه‌ای و افزایش میزان ترسیب کربن (Chan et al., 2008) و افزایش فعالیت ریزجانداران در خاک (Lehmann et al., 2011)، موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌شود. بعضی از بیوچارها به علت داشتن سطح ویژه زیاد، تخلخل خاک و توزیع اندازه ذرات را تغییر می‌دهند و منجر به افزایش مقدار آب قابل دسترس گیاه می‌شوند (Andrenelli et al., 2016). در پژوهشی بیوچار، بیومس و رشد گیاهان را تحت شرایط کم‌آبیاری بهبود بخشید، به‌گونه‌ای‌که

استفاده از بیوچار بالاترین میزان تولید بذر و رشد رویشی را در گیاه زراعی آفتابگردان تحت شرایط کم‌آبیاری نشان داد (Pandian et al., 2016). در پژوهشی دیگر به‌کار بردن ۶۰ تن در هکتار بیوچار حاصل از چوب جنگلی در دمای ۵۰۰ درجه، باعث افزایش ۳۰ درصد عملکرد شد (Vaccari et al., 2011). نعناع فلفلی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی است که سالانه حدود ۴۰۰۰ تن اسانس از آن تولید می‌شود که ۸۰ درصد این مقدار به کشور آمریکا مربوط می‌شود (Rita and Animesh, 2011). در بین گونه‌های مختلف نعناع، نعناع فلفلی (M. piperita) از نظر تولید اسانس بیش‌ترین کاربرد تجاری را دارد. میزان اسانس تولید شده توسط نعناع فلفلی بر حسب مکان رشد و ژنوتیپ متغیر است و بین ۰/۳ تا ۳ درصد گزارش شده است (Mirzaie-Nodoushan et al., 2001; Zeinali et al., 2004). به دلیل اینکه کشور ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است، بررسی امکان کشت گیاهان دارویی در مناطق مختلف کشور که با کمبود بارش مواجه هستند از اهمیت خاصی برخوردار است (نظامی و همکاران، ۱۳۹۵). گیاهان تیره نعناع نسبت به کم‌آبی حساس هستند (Laribi et al., 2011). ریشه‌ی این گیاهان به دلیل افشان بودن قدرت نفوذ به اعماق خاک را ندارد درنتیجه در اثر کم‌آبی دچار تنش شدید می‌شوند (Capuzzo and Maffei, 2016). بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف بیوچار حاصل از سبوس برنج و سطوح مختلف آب مصرف شده بر کارایی مصرف آب و خصوصیات مورفولوژیکی گیاه نعناع فلفلی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی واقع در شهرستان خرم‌آباد در آبان ماه سال ۹۸ انجام شد. خاک مورد استفاده برای گلدان‌ها از زمین‌های زراعی دانشکده کشاورزی برداشت شد. بیوچار با توجه به تیمارها به خاک اضافه و ترکیب شد و به گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی منتقل گردید. پس از این مرحله تعداد مساوی از ریزوم گیاه نعناع فلفلی کشت در گلدان‌ها کشت شد. در طول فصل رشد پس از استقرار گیاه، مقدار آب آبیاری با توزین گلدان‌ها در حالت ظرفیت زراعی و بر اساس تیمارها محاسبه و اعمال شد و مقدار آب به کاربرده شده به هر گلدان در طول فصل رشد نیز اندازه‌گیری شد. پس از اتمام دوره رشد گیاه، اندام‌های هوایی جهت اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژی برداشت شد. وزن‌تر گیاه بلافاصله پس از برداشت گیاه به‌وسیله‌ی ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. ارتفاع اندام هوایی توسط خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها توسط آب مقطر شسته شدند و پس از خشک کردن با دستمال کاغذی، درون پاکت قرار داده شدند و تا رسیدن به وزن ثابت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن با ترازوی دیجیتالی وزن شدند. پس از برداشت گیاه و بدست آوردن وزن خشک و محاسبه آب مصرفی گیاه در دوره‌ی رشد، کارایی مصرف آب با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{وزن خشک گیاه (گرم)}}{\text{کل آب مصرفی (گرم)}}$$

پس از به‌دست آوردن نتایج آزمایشگاهی، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با نرم افزار SPSS22 انجام شد و با استفاده از آزمون دانکن و در سطح پنج درصد، میانگین‌ها با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد اثر اصلی سطوح بیوچار و تنش‌خشکی بر وزن‌تر، خشک، ارتفاع، میزان آب مصرفی گیاه در طول دوره رشد و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در حالی‌که اثر برهم‌کنش بیوچار و سطوح آب بر وزن‌تر در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر بیوچار و سطوح آب بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه نعناع فلفلی

منابع تغییرات		میانگین مربعات				
	درجه آزادی	وزن‌تر	وزن خشک	ارتفاع گیاه	آب مصرفی گیاه	کارایی مصرف آب
بیوچار	۲	۲۷/۳۹**	۲/۰۴**	۴۵/۲۵**	۱۴۲۳۵۸۸**	۰/۱۲۴**
سطوح آب	۳	۲۵۵/۶۳**	۱۳/۷۸**	۷۵۷/۹۸**	۲۷۱۳۷۰۹**	۰/۲۲۱**
بیوچار*سطوح آب	۶	۶/۶۲**	۰/۰۹ns	۱/۳۷ns	۳۷۸۴۱ns	۰/۰۰۳ns
خطا	۲۴	۱/۳۴	۰/۲۵۰	۴/۳۴	۴۸۰۵۰	۰/۰۰۷

* و ** به ترتیب بیانگر معنی‌داری تیمارها در سطوح پنج و یک درصد و ns بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

نتایج حاصل از (جدول ۲) نشان داد کاربرد ۳ و ۶ تن در هکتار بیوچار سبوس برنج سبب افزایش معنی‌دار وزن‌تر اندام هوایی در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیش‌ترین وزن‌تر مربوط به سطح کاربرد ۳ تن در هکتار بیوچار و ۱۲۰ درصد آبیاری کامل به مقدار ۲۳/۹۳ گرم در گلدان بود. همچنین کم‌ترین وزن‌تر (۱۳/۰۳ گرم در گلدان) در سطح ۳ تن در هکتار بیوچار و تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل مشاهده گردید. درحالی‌که با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. تاثیرات بیوچار می‌تواند به‌دلیل افزایش ماده آلی خاک و افزایش دسترسی به عناصر غذایی باشد. به‌کار بردن ۲۵ تن در هکتار بیوچار کود گاوی در سطوح مختلف آبیاری، باعث کم‌شدن اثرات منفی تنش‌خشکی و افزایش شاخص‌های رشد در اسفناج شد (گویلی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به (شکل ۱) و معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش بیوچار و تنش‌خشکی بر وزن‌تر اندام هوایی، بیش‌ترین وزن‌تر اندام هوایی مربوط به سطح کاربرد ۳ تن در هکتار بیوچار و ۱۲۰ درصد آبیاری کامل بود. هرچند با برخی سطوح دیگر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کم‌ترین وزن‌تر اندام هوایی در سطح ۳ تن در هکتار بیوجار و تنش ۶۰ درصد آبیاری کامل مشاهده گردید در حالی‌که با برخی سطوح دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. در شکل(۱) میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن با هم ندارند.

شکل ۱: مقایسه میانگین تیمارهای مختلف بیوچار و سطوح آب بر وزن‌تر اندام هوایی (گرم در گلدان)

در تحقیق حاضر، کاربرد ۳ و ۶ تن در هکتار بیوچار سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب به میزان ۱۳/۵۵ و ۲۸/۱۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. درحالی‌که بین سطح ۳ تن در هکتار بیوچار و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. اعمال سطح آبی ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل، وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۲۸/۶۸ و ۳۹/۸۹ درصد کاهش داد. درحالی‌که بین این دو سطح تفاوت معنی‌داری مشاهده شد که احتمالا می‌تواند به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از خاک و همچنین کاهش جذب دی‌اکسیدکربن به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط خشکی و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز و کربوهیدرات‌های تولید شده طی فرآیند فتوسنتز باشد. همچنین تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری کامل سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی به میزان ۳۵/۷۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۲).

جدول۲: مقایسه میانگین اثرات اصلی بیوچار و سطوح آب بر صفات اندازه‌گیری شده

	سطوح تیمارها	وزن‌تر (گرم در گلدان)	وزن خشک (گرم در گلدان)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	آب مصرفی گیاه (میلی‌لیتر در گلدان)	کارایی مصرف آب (گرم در لیتر)
بیوچار	شاهد (عدم مصرف بیوچار)	۱۶/۶۴c*	۲/۹۵b	۳۶/۱۶b	۶۳۱۸a	۰/۴۵۶c
	۳ تن در هکتار	۱۸/۱۴b	۳/۳۵b	۳۸/۳۳a	۵۸۶۶b	۰/۵۶۱b
	۶ تن در هکتار	۱۹/۲۰a	۳/۷۸a	۴۰/۰۴a	۵۶۴۲c	۰/۶۶۰a
سطوح آب	۶۰ درصد آبیاری کامل	۱۳/۲۵d	۲/۲۰c	۲۷/۷۷d	۵۲۸۳d	۰/۴۱۹c
	۸۰ درصد آبیاری کامل	۱۵/۴۳c	۲/۶۱c	۳۴/۲۷c	۵۷۴۲c	۰/۴۵۹c
	شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری کامل)	۲۰/۹۲b	۳/۶۶b	۴۱/۶۶b	۶۱۹۳b	۰/۵۹۴b
	۱۲۰ درصد آبیاری کامل	۲۲/۳۷a	۴/۹۷a	۴۹a	۶۵۴۸a	۰/۷۶۶a

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

در تنش‌خشـــکی به‌دلیل کاهش تعداد برگ و ارتفاع گیاه، وزن خشـــک و تر اندام‌های هوایی هم کاهش پیدا می‌کند (Siddique et al., 1999). کاربرد ۳ و ۶ تن در هکتار بیوچار سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه به ترتیب به میزان ۶ و ۱۰/۷۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. درحالی‌که بین این دو سطح از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید که احتمالا تفاوت نتایج به‌دست آمده بین تیمار شاهد و تیمارهای دارای بیوچار به‌علت بهبود ساختمان خاک، افزایش حاصل‌خیزی خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و افزایش عناصر غذایی ناشی از مصرف بیوچار است. در پژوهش Carter و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد بیوچار تهیه شـــده از پوســـته برنج به مقدار ۲۵، ۵۰ و ۱۵۰ گرم در کیلوگرم خاک باعث افزایش ارتفاع و تعداد برگ در کاهو و کلم شـــد. اعمال ســـطح آبی ۸۰ و ۶۰ درصـــد آبیاری کامل، ارتفاع گیاه را در مقایســـه با تیمار شـــاهد به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۱۷/۷۳ و ۳۳/۳۴ درصد کاهش داد. اعمال ۱۲۰ درصد آبیاری کامل سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه به میزان ۱۷/۶۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری کامل) شد. Babaei و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود بیان نمودند که تنش‌خشـکی سـبب کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشـک اندام‌های رویشـی و تعداد شـاخه‌های جانبی چغندر علوفه‌ای شد. اعمال سطح آبی ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل، آب مصرفی گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۷/۲۸ و ۱۴/۶۹ درصد کاهش داد که با توجه به مصرف آب کم‌تر در تیمارهای تحت تنش‌آبی قابل توجیه است. اعمال ۱۲۰ درصد آبیاری کامل سبب افزایش معنی‌دار مقدار آب مصرفی گیاه به میزان ۵/۷۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری کامل) شد. کاربرد ۳ و ۶ تن در هکتار بیوچار سـبب کاهش معنی‌دار میزان آب مصـرفی گیاه به ترتیب به میزان ۷/۱۵ و ۱۰/۶۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. اعمال سطح آبی ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل، کارایی مصرف آب را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۲۲/۷۲ و ۲۹/۴۶ درصد کاهش داد. در حالیکه بین این دو سطح تفاوت معنی‌داری مشـاهده نشـد. همچنین تیمار ۱۲۰ درصـد آبیاری کامل سـبب افزایش معنی‌دار مقدار کارایی مصـرف آب به میزان ۲۸/۹۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاربرد ۳ و ۶ تن در هکتار بیوچار سبب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب به ترتیب به میزان ۲۳/۰۲ و ۴۴/۷۳ درصـد در مقایســه با تیمار شـاهد شـد که می‌تواند به‌دلیل داشـتن منافذ زیاد و توانایی نگهداری آب بالا باشد که ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش می‌دهد. درواقع بیوچار قادر است منافذ ذخیره و انتقال خاک را با تشکیل منافذ ثانویه و نیز تغییر اندازه و تراکم خاک‌دانه‌های خاک افزایش دهد که به لحاظ ذخیره آب قابل دسترس گیاه و انتقال آب و عناصر غذایی حائز اهمیت است، ولی بر منافذ باقی‌مانده تاثیر معنی‌داری ندارد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۵؛ رزاقی و رضـــایی، ۱۳۹۶). خادم و همکاران (۱۳۹۶) در گزارش‌های خود بیان کردند که بیوچار تاثیر مثبتی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها مانند افزایش نگهداشـــت آب، نفوذپذیری و زهکشـــی خاک دارد. طبق (جدول ۲) مشـــاهده می‌شـــود که با افزایش تنش‌رطوبتی، کارایی مصرف آب کاهش یافته است. در پژوهشـی کاربرد بیوچار در گیاه گوجه‌فرنگی باعث مقاومت این گیاه به

تنش‌خشکی گردید و عملکرد گیاهان تحت تنش تیمار شده با بیوچار به‌دلیل افزایش کارایی مصرف آب و محتوای نسبی آب در این تیمارها افزایش یافت (Akhtar et al., 2014).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد که کاربرد بیوچار سبوس برنج، تحت شرایط تنش‌رطوبتی، به دلیل بهبود قدرت نگهداری آب و بهبود وضعیت تغذیه‌ای خاک سبب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب در همه تیمارهای آبیاری در مقایسه با شرایط بدون بیوچار شد. همچنین بیوچار سبب کاهش معنی‌دار مقدار کل آب مصرفی گیاه شد که احتمالا به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک در طول فصل رشد می‌باشد.

منابع

خادم، ا.، رئیسی، ف. و بشارتی، ح. (۱۳۹۶). مروری بر اثرات کاربرد بیوچار بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک. مدیریت اراضی، دوره ۵، شماره ۱، ص ۳۰-۱۳.

رزاقی، ف. و رضایی، ن. (۱۳۹۶). اثر سطوح مختلف بیوچار بر خواص فیزیکی خاک با بافت‌های مختلف. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، دوره ۷، شماره ۱، ص ۸۷-۷۶.

گویلی، ا.، موسوی س. ع.ا. و کامگارحقیقی ع. ا. (۱۳۹۵). اثر بیوچار کود گاوی و تنش‌رطوبتی بر ویژگی‌های رشد و کارآیی مصرف آب اسفناج در شرایط گلخانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، دوره ۳۰، شماره ۲، ص ۲۴۳-۲۵۹.

نظامی، س.، نعمتی، س.، آرویی، ح. و باقری، ع. (۱۳۹۵). تاثیر رژیم‌های رطوبتی خاک در شرایط کنترل شده روی خصوصیات رشدی و زیست توده گونه‌های نعناع. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی دوره ۲۳، شماره ۲، ص ۷۲-۵۱.

نوروزی، م.، طباطبائی، س. ح.، نوری، م. و متقیان، ح. (۱۳۹۵). اثرات کوتاه مدت بایوچار حاصل از برگ خرما بر حفظ رطوبت در خاک لوم شنی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، دوره ۶، شماره ۲، ص ۱۵۰-۱۳۷.

Abbasi, M. K. and Anwar, A. A. (2015). Ameliorating effects of biochar derived from poultry manure and white clover residues on soil nutrient status and plant growth promotion-greenhouse experiments. PloS one, 10 (6), pp: e0131592.

Aggelides, S. M. and Londra, P. A. (2000). Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. Bioresource technology, 71(3), pp: 253-259.

Akhtar, S. S., Andersen, M. N. and Liu, F. (**2014**)**.** Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. Agricultural Water Management, 138, pp: 44-37.

Andrenelli, M. C., Maienza, A., Genesio, L., Miglietta, F., Pellegrini, S., Vaccari, F. P. and Vignozzi, N. (2016). Field application of pelletized biochar: Short term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil. Agricultural Water Management, 163, pp: 190-196.

Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M. and Jabari, R. (**2010**)**.** Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26 (2), pp: 239-251.

Capuzzo, A. and Maffei, M. (2016). Molecular fingerprinting of peppermint (*Mentha piperita*) and some Mentha hybrids by sequencing and RFLP analysis of the 5S rRNA Non-Transcribed Spacer (NTS) region. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 150 (2), pp:236-243.

Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T. B. and Haefele, S. (2013). The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). Agronomy Journal, 3 (2), pp: 404-418.

Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. Soil Research, 46 (5), pp: 437-444.

Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal–a review. Biology and Fertility of Soils, 35 (4), pp: 219-230.

Ippolito, J. A., Laird, D. A. and Busscher, W. J. (2012). Environmental benefits of biochar. Journal of environmental quality, 41 (4), pp: 967-972.

Islam, W., Adnan, M., Tayyab, M., Hussain, M. and Islam, S. U. (2018). Phyto-metabolites; an impregnable shield against plant viruses. Natural Product Communications, 13 (1), pp: 105-112.

Laribi, B., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Marzouk, B. (2011). Essential oil and fatty acid composition of a Tunisian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotype cultivated under water deficit. Advances in Environmental Biology, 5 (2), pp: 257-265.

Lehmann, J. and Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: an introduction. Biochar for environmental management: Science, technology and Implemantation, 2nd Edition, 14p.

Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C. and Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota–a review. Soil biology and biochemistry, 43 (9), pp: 1812-1836.

Mirzaie-Nodoushan, H., Rezaie, M. B. and Jaimand, K. (2001). Path analysis of the essential oil-related characters in Mentha spp. Flavour and fragrance journal, 16 (5), pp: 340-343.

Pandian, K., Subramaniayan, P., Gnasekaran, P. and Chitraputhirapillai, S. (2016). Effect of biochar amendment on soil physical, chemical and biological properties and groundnut yield in rainfed Alfisol of semi-arid tropic. Archives of Agronomy and Soil Science, 62 (9), pp: 1293-1310.

Rita, P. and Animesh, D. K. (2011). An updated overview on peppermint (Mentha piperita L.). International Research Journal of Pharmacy, 2 (8), pp: 1-10.

Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam, M. S. (1999). Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 40, pp: 141-145.

Singh, B., Singh, B. P. and Cowie, A. L. (2010). Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. Soil Resercher, 48 (7), pp: 516-525

Sohi, S. P. (2012). Carbon storage with benefits. Science, 338 (6110), pp: 1034-1035.

Vaccari, F. P., Baronti, S., Lugato, E., Genesio, L., Castaldi, S., Fornasier, F. and Miglietta, F. (2011). Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. European Journal of Agronomy, 34 (4), pp: 231-238.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van der Velde, M., and Diafas, I. (2010). Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. Publication of Europeam Commission, 162p.

Vieira, R. D., Tekrony, D. M. and Egli, D. B. (1992). Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. Crop Science, 32 (2), pp: 471-475.

Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J. and Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. Naturcommunications, 1 (1), pp: 1-9.

Yazdanpanahi, A., Ahmadaali, Kh, Zare, S. and Shabani Omran, T. (2018). Investigating the effect of natural and urban waste compost biochars on hydraulic parameters in sandy soils. Journal of Range and Watershed Management, 71(2), pp: 555-561.

Zeinali, H., Arzani, A. and Razmjo, K. (2004). Morphological and essential oil content diversity of Iranian mints (Mentha spp). Iranian Journal of Science Technology, 28(1), pp:1-9.

Effect of Rice Bran Biochar and Deficit Irrigation on Morphological Characteristics and Water Use Efficiency in Peppermint Plant

Anis Koshki[1], Afsaneh Alinejadian[2]*, Abbas Maleki[3]

1) Ms. student of Soil Engineering Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2) Department of Soil Engineering Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

3) Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

*Correspondence author: alinezhadian.a@lu.ac.ir

Received Date: 2021. 04. 04 **Accepted Date: 2021. 09. 09**

Abstract

Drought stress is one of the most important environmental stresses that lead to problems in agricultural production. In order to investigate the effect of rice bran biochar on morphological characteristics of peppermint plant, an experiment conducted in greenhouse conditions in factorial conditions and in a completely randomized design with 3 levels of biochar (0, 3 and 6 t/ha) and 4 irrigation levels (100% full irrigation (Without stress), 60, 80 and 120% full irrigation) with 4 replications in November 2020. The results showed that due to the significant effect of interaction of treatments on leaf fresh weight, the highest fresh weight was related to the application level of 3 t/ha of biochar and the water level of 120% full irrigation in the amount of 23.93 g.pot-1. Also, the lowest fresh weight was observed at the level of 3 t/ha of biochar and the water level of 60% full irrigation at the rate of 13.03 gr in pots while there was no significant difference with the control treatment. Also, application of 6 t/ha of biochar compared to the control treatment caused a significant increase in dry weight, height, water use and water use efficiency by 28.13, 10.73, 10.69 and 44.73%, respectively. Also, at the level of 60% of full irrigation, in comparison with the control treatment, dry weight, height, water use and water use efficiency of the plant reduced significantly by 39.89, 33.34, 14.69 and 29.64 respectively.

Keywords: Biochar, Drought stress, Water use efficiency.