فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و یکم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۱۵-۲۷/ پاییز و زمستان ۱۴۰۰
DOI: 10.22084/PPT.2022.15190.1834

اثر بیوچار برگ نخل و تنش رطوبتی روی برخی ویژگی‌های رشد و غلظت عناصر کم‌مصرف ریحان مقدس

Effect of Palm Leaf Biochar and Water Stress on some Growth Characteristics and Micronutrients Concentration of Holy Basil

صدیقه صفرزاده شیرازی[1*]، پویا استوار[2]، زهرا زیبایی[2] و مریم براتی[3]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱
(مقاله پژوهشی)

چکیده

تنش رطوبتی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و شایع‌ترین تنش غیرزیستی محیطی است. به‌منظور بررسی اثر بیوچار حاصل از برگ نخل و تنش رطوبتی بر ویژگی‌های مورفولوژیک و غلظت عناصر کم‌مصرف گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. عامل‌ها شامل سه سطح رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (بدون تنش)، ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه) و سه سطح بیوچار (صفر، دو و چهار درصد وزنی خاک) بود. نتایج نشان داد که سطوح ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه، به‌ترتیب سبب کاهش ۶/۶ و ۱۹/۲ درصدی ارتفاع گیاه، ۱۳/۸ و ۳۸ درصدی وزن‌تر و ۸ و ۲۰ درصدی وزن خشک در مقایسه با شاهد شد. درحالی‌که در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه، شاخص سبزینگی گیاه افزایش معنی‌دار ۱۸/۸ درصدی داشت. غلظت عناصر روی و مس با اعمال تنش رطوبتی کاهش و عناصر آهن و منگنز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. افزودن دو درصد وزنی بیوچار برگ نخل در خاک به‌طور معنی‌داری غلظت آهن و منگنز اندام هوایی ریحان مقدس را به‌ترتیب به مقدار ۲۶ و ۱۱/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، خشکی، عملکرد گیاه، عناصر غذایی

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی شیمی، نفت و گاز، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران
*: نویسنده مسئول Email: safarzadeh@shirazu.ac.ir

مقدمه

تنش رطوبتی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و شایع‌ترین تنش محیطی است (بابایی و همکاران، ۱۳۸۹). کمبود آب می‌تواند به‌صورت عدم وجود رطوبت کافی و ضروری برای یک گیاه به‌منظور رشد و کامل کردن چرخه زندگی تعریف شود (*منیوانان*[1] و همکاران، 2008). تنش آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای شیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها و انتقال مواد فتوسنتزی را کاهش دهد. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (حکمت شعار، ۱۳۷۲). آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (امیدبیگی، ۱۳۷۹). *آلکیر*[2] و همکاران (1993) با بررسی اثر آبیاری کامل (تقریباً معادل ۲/۵ سانتی‌متر)، آبیاری مختصر (تقریباً معادل ۱/۲ سانتی‌متر) و عدم انجام آبیاری، بر گیاه نعناع فلفلی نتیجه گرفتند که تنش آبی ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ و ساقه را کاهش داد. در تحقیقی در طی اعمال تنش رطوبتی با سطوح ۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه بیش‌ترین کاهش رشد گیاه دارویی بادرنجبویه در سطح ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد (صفی‌خانی و همکاران، ۱۳۸۷).

ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی چندساله از خانواده نعناعیان[3] است. گیاه دارویی ریحان مقدس که در هندوستان به نام تولسی شناخته می‌شود به‌عنوان ملکه گیاهان دارویی موجود در طبیعت شناخته شده است. این گیاه بومی مناطق گرمسیری آسیا و کشورهایی همچون بنگلادش، هند و تایلند است. به‌دلیل کاربردهای فراوان این گیاه در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی و عطرسازی کشت و توسعه آن در سرتاسر جهان رو به گسترش می‌باشد (*پوجاناپیمول*[4]، 2004). این گیاه در داروسازی، صنایع غذایی، عطرسازی و صنایع آرایشی کاربرد دارد. از تأثیرات دارویی این گیاه می‌توان به درمان گاستریک معده، درمان بیماری‌های کبدی، از بین بردن کرم‌های روده، درمان برونشیت، سرفه و عفونت‌های دستگاه تنفسی اشاره کرد. هم چنین اسانس استخراج‌شده از آن دارای ویژگی آنتی‌اکسیدانی و فعالیت ضدمیکروبی، ضدقارچی و ضدباکتریایی است (*کومار*[5] و همکاران، 2012). *سیمون*[6] و همکاران (1992) اثر رژیم‌های مختلف آبی بر گیاه ریحان را بررسی کرده و مشاهده نمودند که با تشدید کمبود آب وزن خشک ساقه و برگ کاهش یافت. هم‌چنین اثر دور آبیاری (در فواصل ۷، ۱۴، ۲۸ روز) بر گیاه ریحان نشان داد که با طولانی شدن دور آبیاری رشد گیاه کاهش یافت (*رفعت* و *صالح*[7]، 1997).

در کشورهای پیشرفته، کشاورزی پایدار به‌دلیل توجه زیاد به مسئله ترسیب کربن در خاک و نقش آن در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید اصلاح‌کننده‌های کارآمد خاک و درعین‌حال با کم‌ترین آسیب به محیط‌زیست موردتوجه زیادی قرار گرفته است. در سال‌های اخیر از بیوچار (زغال زیستی) به عنوان اصلاح‌کننده خاک (منبع کربن آلی) و به‌نوعی روشی برای ترسیب کربن[8] در خاک‌های کشاورزی استفاده شده است (گویلی و همکاران، ۱۳۹۵). بیوچار، زغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی مانند کاه گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر است که طی فرآیند ترموشیمیایی پیرولوسیس که سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است، تولید می‌شود (*گلاسر* و *بیرک*[9]، 2012). بیوچار به‌عنوان یک ماده افزودنی، در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نهایت بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصولات کشاورزی مؤثر گزارش شده است (*واکاری*[10] و همکاران، 2011؛ *جفری* و همکاران، 2011). گزارش‌های زیادی در خصوص تأثیر بیوچار تهیه شده از منابع مختلف زیست توده تحت شرایط متفاوت تولید، بر حاصلخیزی خاک وجود دارد (*حسین*[11] و همکاران، 2010؛ *واکاری* و همکاران، 2011).

واکاری و همکاران (2011) با کاربرد ۶۰ تن در هکتار بیوچار تولیدشده از چوب جنگلی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس، ۳۰ درصد افزایش در عملکرد گندم را گزارش کردند. گویلی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که کاربرد ۱/۲۵ درصد بیوچار در سطوح مختلف تنش رطوبتی سبب کاهش اثرات منفی تنش رطوبتی (کاهش وزن‌تر و خشک اندام هوایی و غیره) و بهبود ویژگی‌های رشد گیاه در مقایسه با شاهد شد. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد بیوچار برای گیاهان تحت تنش رطوبتی و یا گیاهان موجود در گلخانه‌ها و خزانه‌ها به‌منظور کاهش آب مصرفی و بهبود رشد و عملکرد گیاه؛ می تواند قابل توصیه باشد. خاشعی سیوکی و همکاران (۱۳۹۸) با

1. Manivannan
2. Alkire
3. Labiatae
4. Pojjanapimol
5. Kumar
6. Simon
7. Reffat and saleh
8. Carbon sequestration
9. Glaser and Birk
10. Vaccari
11. Hossain

بررسی اثر بیوچار و نیاز آبی بر رشد و عملکرد گیاه دارویی زنیان، نشان دادند که کاربرد ۴۵ تن در هکتار بیوچار در شرایط آبیاری کامل، سبب تولید بیش‌ترین عملکرد و ویژگی‌های رشدی گیاه شده است. عباس‌پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیان کردند که وزن خشک اندام هوایی سیاهدانه در تیمارهای حاوی بیوچار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. هم‌چنین اثر متقابل بیوچار و آبیاری نشان داد که وزن خشک اندام هوایی در تیمار آبیاری کامل و ۲۰ تن در هکتار بیوچار بیش‌تر از سایر تیمارها بود. بیطرفان و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که کاربرد بیوچار در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی عملکرد دانه و وزن صددانه گیاه دارویی شنبلیله را افزایش داده است.

اگرچه تاکنون تحقیقات زیادی در رابطه با تأثیر تنش رطوبتی بر گیاهان زراعی صورت گرفته است اما در مورد گیاهان دارویی و معطر مطالعات کم‌تری در دسترس است؛ بنابراین مطالعه عملکرد گیاهان دارویی در نواحی خشک به همراه مصرف بیوچار به‌عنوان یک ماده اصلاح‌کننده و حاوی عناصر غذایی می‌تواند مفید باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از بیوچار برگ نخل به‌عنوان ماده اصلاحی بر رشد، ویژگی‌های مورفولوژیک و غلظت عناصر کم مصرف گیاه ریحان مقدس در شرایط تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه و تجزیه آزمایشگاهی خاک مورداستفاده

این آزمایش در فروردین‌ماه ۱۳۹۵ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل ۳×۳ و با سه سطح بیوچار برگ نخل (صفر، دو و چهار درصد وزنی خاک) و سه سطح رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (بدون تنش)، ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه) و با سه تکرار و در گلخانه بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. خاک موردنیاز از افق سطحی سری کوی اساتید (Loamy skeletal over fragmental, Carbonatic, Mesic, Fluventic Xerorthents) واقع در منطقه باجگاه استان فارس نمونه‌برداری شد. نمونه خاک پس از جمع آوری، هوا خشک و پس از عبور از الک دو میلی‌متری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن با استفاده از روش‌های معمول استاندارد به شرح زیر اندازه‌گیری شد: پ‌هاش در گل اشباع با دستگاه پ‌هاش‌متر مدل EDT-RE357، بافت خاک به روش هیدرومتری (*جی* و *بادر*[1]، 1986)، ماده آلی به روش تر سوزانی (*نلسون* و *سامرز*[2]، 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (*رودز*[3]، 1996) و غلظت عناصر کم‌مصرف کاتیونی (مس، روی، آهن و منگنز) به روش عصاره‌گیری با دی تی پی ا (*لیندزی* و *نورول*[4]، 1978) و قرائت با دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670G انجام شد (جدول ۱).

تهیه و تجزیه آزمایشگاهی بیوچار

جهت تهیه بیوچار، ضایعات برگ نخل منطقه لارستان استان فارس جمع‌آوری‌شده و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک، سپس آسیاب گردید پس از عبور از الک دو میلی‌متری، در ورقه‌های آلومینیومی بسته‌بندی و به‌مدت چهار ساعت در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس در داخل کوره الکتریکی قرار داده شد تا فرآیند آتشکافت[5] انجام شود (*کیم*[6] و همکاران، 2012). سپس بیوچار تولید شده از کوره خارج شده و برخی از ویژگی‌های شیمیایی مانند پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت ۱ به ۱۰ بیوچار به آب، ماده آلی مطابق با روشی که برای خاک در قسمت قبل آمده است، نیتروژن کل به روش کجلدال (*برمنر*[7]، 1996)، عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) با روش هضم در اسید کلریدریک و اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی و غلظت فسفر به روش آمونیوم مولیبدات وانادات (*چاپمن* و *پرات*[8]، 1961) اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین مقدار خاکستر از نسبت وزن خاکستر تولیدی در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس به وزن بیوچار برحسب درصد به‌دست آمد (جدول ۲).

آزمایش گلخانه‌ای

در ابتدا نمونه‌های خاک به وزن ۲/۵ کیلوگرم آماده و سپس در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و براساس نتایج آزمون خاک اولیه برخی از عناصر غذایی به‌صورت محلول به خاک اضافه شد. سپس خاک درون کیسه‌ها کاملاً مخلوط شده و به داخل گلدان‌های ۲/۵ کیلوگرمی پلاستیکی منتقل شد. سپس در هر گلدان ده عدد بذر ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) در عمق مناسب کاشته شد. پس از سه هفته تعداد گیاهان به ۶ بوته در هر گلدان تنک شد. در طول فصل رشد جهت اعمال سطوح تنش رطوبتی، روزانه گلدان‌ها توزین و به‌وسیله

1. Gee and Bauder
2. Nelson and Sommers
3. Rhoades
4. Lindsay and Norvell
5. Pyrolysis
6. Kim
7. Bremner
8. Chapman and Pratt

آب مقطر سطوح تنش رطوبتی اعمال شد. جهت اعمال سطوح تنش رطوبتی، در ابتدا مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (۲۰ درصد وزنی) تعیین شد. آبیاری و روش اعمال سطوح تنش به‌صورت وزنی بود. در طول فصل رشد (پس از سه هفته کاشت و در زمان شروع کاربرد تنش)، هر روز وزن تمام گلدان‌ها با ترازوی دیجیتال برحسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد و با مقایسه وزن اولیه هر گلدان (وزن روز آبیاری) با وزن روزانه آن مقدار رطوبت موجود محاسبه شد و جهت جبران کمبود آب خاک در زمان آبیاری، آب مقطر (براساس عامل‌ها) به آن‌ها افزوده شد.

تجزیه آزمایشگاهی گیاه

پس از ۱۲ هفته از کشت گیاه، قبل از مرحله گل‌دهی ریحان مقدس، شاخص کلروفیل برگ با دستگاه کلروفیل‌متر دستی SPAD 502، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین اندازه‌گیری شد. سپس گیاه از محل طوقه در سطح خاک برداشت شده و پس از توزین و شستشو با آب معمولی و آب مقطر تا رسیدن به وزن ثابت در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شده و سپس توزین و در آسیاب برقی پودر شدند. از نمونه‌های گیاهی به روش خاکستر خشک عصاره‌گیری شد (*چاپمن* و *پرات*، 1961) و غلظت کل عناصر کم‌مصرف (آهن، مس، روی و منگنز) به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670G تعیین شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و EXCEL انجام و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن و در سطح احتمال آماری پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تنش رطوبتی و بیوچار برگ نخل روی برخی ویژگی های رشد گیاه ریحان مقدس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر اصلی عامل تنش رطوبتی بر شاخص کلروفیل برگ، ارتفاع گیاه، وزن‌تر ریحان مقدس (در سطح احتمال یک درصد) و وزن خشک گیاه (در سطح پنج درصد) معنی‌دار بود؛ هم‌چنین اثر اصلی عامل بیوچار برگ نخل بر ارتفاع گیاه، تعداد گل‌آذین، وزن‌تر و وزن خشک در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل تنش رطوبتی و بیوچار بر ارتفاع گیاه، تعداد گل‌آذین و وزن‌تر در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

شاخص کلروفیل

از بین عامل‌ها تنها تنش رطوبتی بر شاخص کلروفیل برگ ریحان مقدس اثر داشت (جدول ۳). بیش‌ترین شاخص کلروفیل در سطح ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد که ۱۸/۸ درصد بیش‌تر از شاهد بود و تفاوت معنی‌دار با شاهد و سطح ۷۵ درصد تنش رطوبتی داشت (شکل ۱). سایر محققان نیز گزارش کردند با افزایش تنش رطوبتی شاخص کلروفیل برگ ذرت و اسفناج افزایش یافت (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۶؛ گویلی و همکاران، ۱۳۹۵). افزایش کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی نشان می‌دهد که در شرایط تنش، رنگدانه‌های کلروفیل تا حدودی به کاهش آب مقاوم هستند (*اسچاتز و فانگمیر*[1]، 2001). هم‌چنین اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش وزن خشک گیاه و درنتیجه افزایش غلظت نیتروژن در اندام هوایی گیاه شده (جدول ۷) و ازآنجاکه همبستگی مثبتی بین نیتروژن و کلروفیل وجود دارد، ممکن است تنش سبب افزایش شاخص کلروفیل شده باشد.

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تنش رطوبتی و بیوچار بر ارتفاع گیاه، تعداد گل‌آذین و وزن‌تر در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین ارتفاع گیاه در شرایط بدون تنش و سطح صفر بیوچار و کم‌ترین آن در سطح تنش رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه و سطح ۴ درصد بیوچار مشاهده گردید که با برخی سطوح تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بابائی و همکاران (۱۳۸۸) و محمدی بابازیدی و همکاران (۱۳۹۲) نتایج مشابهی را به‌ترتیب در مورد گیاهان آویشن و ریحان در شرایط تنش رطوبتی گزارش کردند. علت کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند ناشی از کاهش تقسیم و گسترش سلولی باشد (*اهارونی*[2] و همکاران، 1979).

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بیوچار نتوانسته سبب کاهش اثرات سوء تنش رطوبتی بر ارتفاع گیاه شود. البته در رابطه با اثر بیوچار بر عملکرد محصول نتایج متفاوتی گزارش شده است (*جفری*[3] و همکاران، 2011). در برخی از مطالعات اثر معنی‌داری بر عملکرد گیاهان نداشته (*رجبی* و همکاران، ۱۳۹۶) و در برخی دیگر اثر منفی بیوچار (*زوالونی*[3] و همکاران، 2011) و در تعدادی دیگر اثر مثبت آن (*واکاری* و همکاران،

1. Schutz, M., and Fangmeir
2. Aharoni
3. Jeffrey

2011؛ *کارتر*[1]، 2013) بر عملکرد گیاه و حاصلخیزی خاک مشاهده شده است.

تعداد گل‌آذین

بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و بدون اعمال بیوچار مشاهده شد و کم‌ترین آن در با کاربرد ۴ درصد بیوچار مشاهده شد (جدول ۴). تنش رطوبتی سبب کاهش میانگین تعداد گل‌آذین ریحان مقدس شد اما این کاهش معنی‌دار نبود، هم‌چنین کاربرد ۲ درصد بیوچار اثر معنی‌داری بر عملکرد گل نداشت ولی کاربرد ۴ درصد بیوچار برگ نخل سبب کاهش معنی‌دار ۶۲/۲ درصدی میانگین تعداد گل‌آذین نسبت به شاهد شد (جدول ۴). آرزمجو و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثر تنش رطوبتی و سه نوع کود بر عملکرد گل تولیدی در گیاه بابونه گزارش کردند، تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد گل در گیاه بابونه شد. حیدری و مینایی (۱۳۹۳) کاهش عملکرد گل در گیاه گل گاوزبان در اثر تنش رطوبتی را گزارش کردند.

وزن‌تر و خشک گیاه

بیش‌ترین میانگین وزن‌تر ریحان در سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (شکل ۲) و در حالت بدون بیوچار مشاهده گردید (شکل ۳). با اعمال تنش رطوبتی ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه، وزن‌تر اندام هوایی ریحان مقدس به‌ترتیب ۱۳/۸ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت؛ که احتمالاً می‌تواند به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی موردنیاز گیاه از خاک و هم چنین کاهش جذب دی‌اکسیدکربن به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش رطوبتی و درنتیجه کاهش فتوسنتز و کربوهیدرات‌های تولید شده طی فرایند فتوسنتز باشد (گویلی و همکاران، ۱۳۹۵). کاربرد بیوچار در سطوح ۲ و ۴ درصد وزنی به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱۰ و ۳۵ درصدی میانگین وزن‌تر اندام هوایی ریحان مقدس نسبت به شاهد گردید (شکل ۳).

وزن خشک اندام هوایی ریحان مقدس در سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه در مقایسه با شرایط بدون تنش، به‌ترتیب ۸ و ۲۰ درصد کاهش یافت (جدول ۴). البته اعمال تنش ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاه دارویی ریحان مقدس شد اما تنش ۷۵ درصدی رطوبت مزرعه اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه نسبت به شاهد نداشت. *لولر و کمیک*[2] (2002) گزارش کردند در شرایط تنش آبی کاهش ماده خشک می‌تواند به‌دلیل فشار آماس سلولی ناشی از کاهش سطح برگ گیاه و هم‌چنین کاهش فتوستنز به دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌ویژه کلروفیل‌ها باشد.

کاربرد بیوچار در سطوح ۲ و ۴ درصد وزنی، به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱۹ و ۴۵ درصدی میانگین وزن خشک اندام هوایی ریحان مقدس نسبت به شاهد گردید. درواقع اثر بیوچار بر عملکرد گیاه به منبع زیست‌توده اولیه به‌کاربرده شده در تهیه بیوچار و شرایط تولید آن (*جفری* و همکاران، 2011) بستگی دارد. در برخی از تحقیقات اثر منفی بیوچار (*کیشیموتا*[3] و همکاران، 1985) و در برخی از تحقیقات اثر مثبت آن (*واکاری* و همکاران، 2011) بر عملکرد گیاه و حاصلخیزی خاک گزارش شده است. به‌عبارت‌دیگر بسیاری از بیوچارها به دلیل داشتن سطوح تبادلی زیاد می‌توانند منجر به افزایش نگهداری عناصر غذایی در خاک و درنهایت افزایش کارآیی استفاده از عناصر غذایی شوند (*ماژور*[4] و همکاران، 2009)، اما از طرف دیگر ممکن است فراهمی برخی از عناصر غذایی را در خاک های غیرحاصلخیز کاهش داده و سبب کاهش رشد گیاه شوند. برخی محققین کاهش وزن‌تر و خشک گیاه در اثر کاربرد بیوچار را به غیرمتحرک شدن تیتروژن در اثر کاربرد بیوچار نسبت داده‌اند (*بلک ول*[5] و همکاران، 2010 و *راندون*[6] و همکاران، 2007).

بلک ول و همکاران (2007) با کاربرد بیوچار افزایش عملکرد گندم را مشاهده نکردند. پریدار (۱۳۹۵) بیان کرد کاربرد سطوح ۲ و ۴ درصد وزنی بیوچار برگ نخل به‌ترتیب باعث کاهش معنی‌دار ۱۲ و ۱۷ درصدی میانگین وزن‌تر و ۱۱ و ۱۶ درصدی میانگین وزن خشک اندام هوایی نخود نسبت به شاهد گردید که با نتایج ما همسو بود.

اثر تنش رطوبتی و بیوچار برگ نخل بر غلظت عناصر کم مصرف موجود در اندام هوایی گیاه ریحان مقدس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که اثرات اصلی و متقابل عامل‌های تنش رطوبتی و بیوچار برگ‌نخل بر غلظت عناصر روی، آهن، مس و منگنز در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

1. Carter
2. Lawlor and Comic
3. Kishimoto
4. Major
5. Blackwell
6. Rondon

جدول ۱: برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورداستفاده

Table 1: Some chemical and physical properties of studied soil

ویژگی Property	مقدار Value
بافت Texture	رسی - سیلتی Silty - Clay
شن (درصد) Sand (%)	4
سیلت (درصد) Silt (%)	54
رس (درصد) Clay (%)	42
پ‌هاش pH	7.83
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	0.34
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	1.1
منگنز قابل عصاره‌گیری با دی تی پی ا (میلی‌گرم در کیلوگرم) DTPA-extractable Mn ($mg.kg^{-1}$)	1.85
مس قابل عصاره‌گیری با دی تی پی ا (میلی‌گرم در کیلوگرم) DTPA-extractable Cu ($mg.kg^{-1}$)	1.68
آهن قابل عصاره‌گیری با دی تی پی ا (میلی‌گرم در کیلوگرم) DTPA-extractable Fe ($mg.kg^{-1}$)	1.88
روی قابل عصاره‌گیری با دی تی پی ا (میلی‌گرم در کیلوگرم) DTPA-extractable Zn ($mg.kg^{-1}$)	0.6

جدول ۲: برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار مورد استفاده

Table 2: Some chemical properties of studied Biochar

ویژگی Property	مقدار Value
پ‌هاش (۱:۱۰ بیوچار به آب) pH (1:10 biochar:water)	7.5
قابلیت هدایت الکتریکی (۱:۱۰ بیوچار به آب) (دسی‌زیمنس بر متر) EC (1: 10 biochar: water) ($ds\ m^{-1}$)	3.35
کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	22.5
نیتروژن کل(درصد) Total N (%)	1.25
فسفر کل (درصد) Total P (%)	0.07
پتاسیم کل (درصد) Total K (%)	0.44
آهن کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total Fe ($mg.kg^{-1}$)	20.2
روی کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total Zn ($mg.kg^{-1}$)	22.1
مس کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total Cu ($mg.kg^{-1}$)	0.6
منگنز کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total Mn ($mg.kg^{-1}$)	1.1
خاکستر (درصد) Ash (%)	96.5

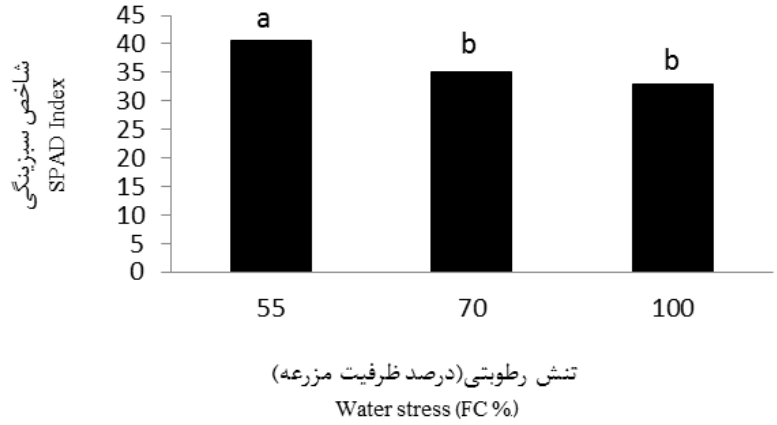
جدول ۳: تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های رشد گیاه ریحان مقدس

Table 3: Analysis of variance some morphological characteristics of Holy Basil

منابع تغییرات Source	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل SPAD index	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گل‌آذین Number of inflorescences	وزن‌تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight
تنش رطوبتی Water stress	2	140.30**	127.73**	0.84^{ns}	431.65**	2.44*
بیوچار Biochar	2	0.33^{ns}	308.38**	8.79**	354.63**	15.6**
تنش × بیوچار Biochar × Stress	4	4.34^{ns}	30.99*	1.23*	4.72^{ns}	1.26*
خطا Error	18	6.74	7.80	0.5	9.79	0.43
درصد ضریب تغییرات CV (%)	-	7.16	7.94	30.55	10.52	14.48

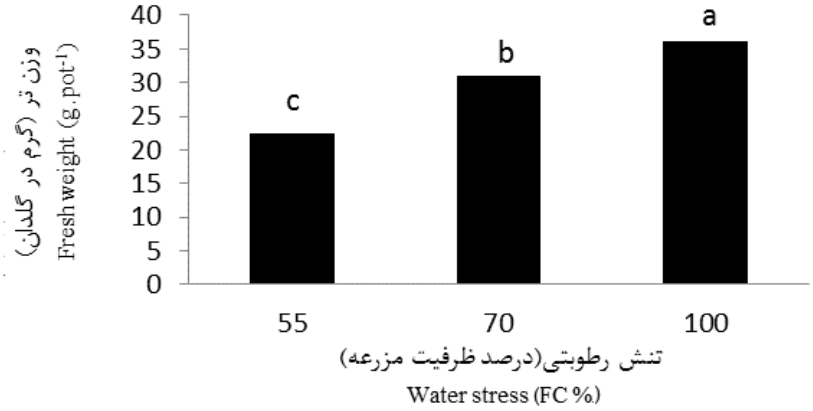
ns، * و **: به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱: اثر اصلی تنش رطوبتی بر شاخص کلروفیل برگ ریحان مقدس

Fig. 1: The main effect of water stress on the SPAD index of Holy Basil



شکل ۲: اثر اصلی سطوح تنش رطوبتی بر وزن‌تر ریحان مقدس (گرم در گلدان)

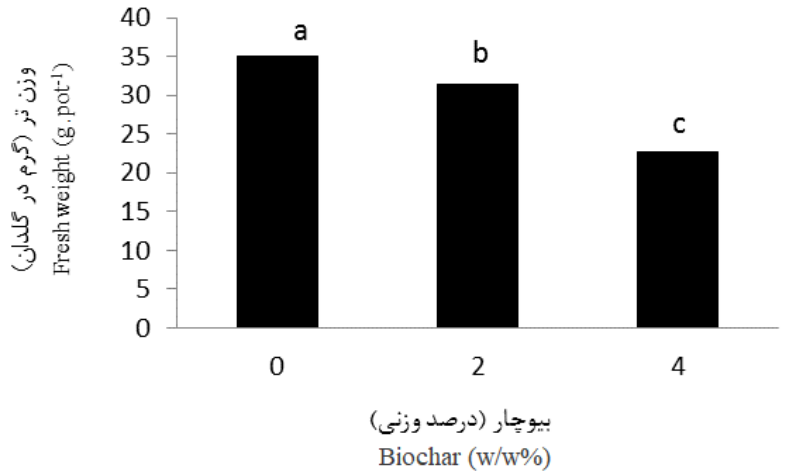
Fig. 2: The main effect of water stress on the Holy Basil fresh weight ($g.pot^{-1}$)

جدول ۴: اثر تنش رطوبتی و بیوچار برگ نخل بر ارتفاع (سانتی‌متر) و تعداد گل‌آذین وزن خشک (گرم در گلدان) گیاه ریحان مقدس
Table 4: Effect of water stress and palm leaf biochar on plant height (cm), number of inflorescences and dry weight ($g.pot^{-1}$) in Holy Basil

میانگین Mean	بیوچار (درصد وزنی) Biochar (w%)			تنش رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه) Water stress (FC%)
	4	2	0	
	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)			
38.49A	30.47cd	40.95ab	44.05a	100
35.94A	28.34cd	38.00b	42.92ab	75
31.08B	26.92d	32.61c	32.28c	55
	28.58B	37.19A	39.75A	میانگین Mean
	تعداد گل‌آذین Number of inflorescences			
2.56A	1c	3ab	3.67a*	100
2.22A	1c	2.33abc	3.33a	75
1.94A	1.33c	2.67ab	1.83bc	55
	1.11B	2.67A	2.94A	میانگین Mean
	وزن خشک (گرم در گلدان) Dry weight ($g.pot^{-1}$)			
5.02A	3.52cd	5.21b	6.34a*	100
4.61AB	2.99d	4.29bc	6.55a	75
3.99B	2.97d	4.54bc	4.45bc	55
	3.16C	4.68B	5.78A	میانگین Mean

*: در هر ستون یا هر ردیف، کلیه میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بزرگ یا کوچک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند

*: Means in each column or row for shoot or root followed by the same lowercase or capital letters are not significantly different ($p \leq 0.05$)



شکل ۳: اثر اصلی بیوچار برگ نخل (درصد وزنی) بر وزن‌تر ریحان مقدس (گرم در گلدان)
Fig. 3: The main effect of Palm leaf biochar levels (w/w%) on the Holy Basil fresh weight ($g.pot^{-1}$)

غلظت روی

بیش‌ترین غلظت روی اندام هوایی گیاه در شاهد (بدون اعمال تنش رطوبتی و بیوچار) و کم‌ترین آن با اعمال تنش رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه و بیوچار در سطح ۴ درصد وزنی مشاهده شد (جدول ۶). با افزایش تنش رطوبتی به ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت روی اندام هوایی ریحان مقدس به‌ترتیب ۲۵ و ۲۹ درصد کاهش یافت. عناصر کم‌مصرف روی و آهن در جذب و انتقال به بخش‌های مختلف گیاه با یکدیگر رقابت می‌کنند. ازآنجاکه افزایش تنش رطوبتی باعث افزایش غلظت آهن موجود در شاخساره ریحان مقدس گردید (جدول ۶) این امر احتمالاً باعث کاهش غلظت روی شده است. عزیزآبادی و همکاران (۱۳۹۳) در مورد گلرنگ نتایج مشابهی را گزارش کردند. کاربرد سطوح ۲ و ۴ درصد وزنی بیوچار سبب کاهش معنی‌دار ۱۳ و ۳۰ درصدی میانگین غلظت روی اندام

هوایی ریحان مقدس شد. رجبی (۱۳۹۳) و پریدار (۱۳۹۵) نتایج مشابهی را به‌ترتیب با کاربرد بیوچار تفاله پسته و برگ نخل بر غلظت روی اندام هوایی اسفناج بیان کردند.

جدول ۵: تجزیه واریانس غلظت عناصر کم‌مصرف موجود در اندام هوایی گیاه ریحان مقدس
Table 7: Analysis of variance of micronutrients concentration in the Holy Basil plant

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		غلظت روی Zn concentration	غلظت آهن Fe concentration	غلظت مس Cu concentration	غلظت منگنز Mn concentration
تنش رطوبتی Water stress	2	170.32**	278.72**	11.54**	569.76**
بیوچار Biochsr	2	148.95**	1954.67**	10.82**	415.96**
تنش × بیوچار Stress × Biochar	4	40.52**	413.87**	0.84**	135.47**
خطای آزمایش Experimental error	18	3.73	40.32	0.14	7.77
درصد ضریب تغییرات CV (%)	-	8.61	7.37	7.47	5.76

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, * and **: no significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

این نتیجه که با یافته‌های *پوگا*[1] و همکاران (2015) مطابقت دارد، بیانگر آن است که با اضافه شدن بیوچار به خاک، زیست فراهمی روی اصلاح‌شده و در نتیجه تجمع و سمیت آن در گیاه کاهش خواهد یافت.

غلظت آهن

بیش‌ترین غلظت آهن در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه و ۲ درصد وزنی بیوچار مشاهده گردید (جدول ۶). با افزایش تنش رطوبتی به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت آهن افزایش معنی‌دار ۱۲ درصدی داشت. ممکن است افزایش غلظت آهن در گیاه به‌دلیل کاهش وزن خشک گیاه در اثر تنش رطوبتی بوده است (اثر فاکتور رقت). نمازی و همکاران (۱۳۸۸) در ذرت و عزیزآبادی و همکاران (۱۳۹۳) در گلرنگ نتایج مشابهی را گزارش کردند. کاربرد ۲ درصد بیوچار برگ نخل، باعث افزایش ۲۶ درصدی معنی‌دار غلظت آهن اندام هوایی ریحان مقدس نسبت به شاهد شد. پریدار (۱۳۹۵) نتایج مشابهی را در مورد گیاه نخود گزارش کرد. ایشان دلیل افزایش جذب آهن را به کاهش پ‌هاش در خاک پس از برداشت، درنتیجه کاربرد بیوچار برگ نخل، نسبت داد.

غلظت مس

به‌تدریج با افزایش اعمال تنش رطوبتی و سطوح بیوچار از غلظت مس موجود در شاخساره گیاه ریحان مقدس به‌طور معنی‌داری کاسته شد (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد افزایش جذب آهن توسط گیاه، در اثر افزایش تنش رطوبتی، باعث کاهش غلظت مس در برگ و اندام‌های هوایی گیاه ریحان مقدس شده است. عزیزآبادی و همکاران (۱۳۹۳) نتایج مشابهی را در مورد گیاه گلرنگ گزارش کردند. کاربرد بیوچار در سطوح ۲ و ۴ درصد وزنی به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱۱/۷ و ۳۶ درصدی میانگین غلظت مس اندام هوایی ریحان مقدس نسبت به شاهد گردید. رجبی (۱۳۹۳) گزارش کرد با کاربرد بیوچار تفاله پسته در سطوح ۳ و ۶ درصد وزنی، غلظت مس اندام هوایی اسفناج به‌ترتیب ۵ و ۱۳/۴ درصد کاهش معنی‌دار نشان داد. پریدار (۱۳۹۵) به نتایج مشابهی در گیاه نخود و اسفناج دست‌یافت؛ که با نتایج ما هم‌سو می‌باشد.

غلظت منگنز

بیش‌ترین غلظت منگنز موجود در اندام هوایی گیاه در سطح ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و کاربرد ۴ درصد وزنی بیوچار مشاهده شد (جدول ۶). کاربرد بیوچار در سطوح ۲ و ۴ درصد وزنی به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۱۱/۷ و ۲۴/۷ درصدی غلظت منگنز اندام هوایی ریحان مقدس شد. رجبی (۱۳۹۳) و پریدار (۱۳۹۵) نتایج مشابهی را به‌ترتیب در گیاه اسفناج و نخود گزارش کردند. در تنش رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت منگنز اندام هوایی ریحان مقدس ۲۵/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

1. Puga

جدول ۶: اثر سطوح تنش رطوبتی و بیوچار برگ نخل بر غلظت روی، آهن، مس و منگنز در اندام هوایی ریحان مقدس (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 8: Effect of water stress levels and palm leaf biochar on Zn, Fe, Cu, Mn concentration in the Holy Basil plant ($mg.kg^{-1}$)

میانگین Mean	بیوچار (درصد وزنی) Biochar (w/w%)			تنش رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه) Water stress (FC%)
	4	2	0	
	غلظت روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zn concentration ($mg.kg^{-1}$)			
27.39A	18.95de	28.67b	34.55a*	100
20.51B	18.21de	19.02de	24.31c	75
19.33B	17.24e	20.94d	19.83de	55
	18.13C	22.88B	26.23 A	میانگین Mean
	غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe concentration ($mg\ kg^{-1}$)			
80.36B	77.51c	87.50bc	76.07c*	100
86.49AB	84.64c	98.02b	76.80c	75
91.47A	75.22c	123.58a	75.60c	55
	79.12B	103.04A	76.16B	میانگین Mean
	غلظت مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cu concentration ($mg.kg^{-1}$)			
6.26A	4.76c	6.22b	7.79a*	100
4.69B	3.42d	4.94c	5.7b	75
4.06C	3.22d	4.59c	4.37c	55
	3.8C	5.25B	5.95A	میانگین Mean
	غلظت منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم) Mn concentration ($mg.kg^{-1}$)			
39.21B	45.38c	33.66d	38.6d*	100
52.43A	63.71a	55.27 b	38.32d	75
53.49A	56.1b	56.88b	47.5c	55
	55.06A	48.6B	41.47C	میانگین Mean

*: در هر ستون یا هر ردیف، کلیه میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بزرگ یا کوچک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارد

*: Means in each column or row for shoot or root followed by the same lowercase or capital letters are not significantly different ($p\leq0.05$)

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر با اعمال تنش رطوبتی، اکثر ویژگی‌های مورفولوژیک مانند ارتفاع گیاه، وزن‌تر و وزن خشک گیاه ریحان مقدس کاهش یافت ولی شاخص سبزینگی ریحان مقدس افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که اعمال تنش ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاه دارویی ریحان مقدس شد اما تنش ۷۵ درصدی رطوبت مزرعه اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه نسبت به شاهد نداشت. غلظت عناصر کم‌مصرف روی و مس با اعمال تنش رطوبتی کاهش و عناصر آهن و منگنز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. افزودن بیوچار توانست غلظت عناصر کم‌مصرف آهن و منگنز را افزایش دهد. دلیل کاربرد در این آزمایش هدف از کاربرد بیوچار برگ نخل بررسی اثر آن بر کاهش اثرات سوء تنش رطوبتی بود و به‌عنوان یک اصلاح‌کننده قابل‌دسترس در منطقه خشک به‌کار برده شد؛ اما بیوچار مورداستفاده اثر چندانی بر بهبود رشد گیاه ریحان مقدس (وزن‌تر و خشک گیاه) نداشت. عدم تطابق نتایج ما به‌ویژه در سطوح زیاد بیوچار با نتایج برخی محققان می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع و ویژگی های بیوچار به‌کاررفته، تفاوت در نوع گیاه و ویژگی‌های خاک مورداستفاده باشد. با توجه به این‌که مطالعات کمی در مورد اثر بیوچار بر رشد گیاهان در شرایط تنش صورت گرفته، پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های بیش‌تری در شرایط مزرعه و با بیوچارهای حاصل از مواد اولیه دیگر، تولیدشده در دماهای مختلف و یا غنی‌شده با عناصر مختلف بر سایر گیاهان دارویی صورت گیرد. هم‌چنین ازآنجایی‌که ریحان مقدس یک سبزی اسانس‌دار و معطر است. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعدی درصد اسانس و کیفیت آن نیز مورد ارزیابی قرار بگیرد.

منابع

آرزمجو، ا.، حیدری، م. و قنبری، ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و نوع کود بر عملکرد و کیفیت بابونه آلمانی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۲ (۲): ۱۰۰-۱۱۱.

امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول. چاپ دوم، انتشارات طراحان نشر، تهران، ۲۸۳ صفحه.

بابایی، ک.، امینی دهقی، م.، مدرس ثانوی، ع. م. و جباری، ر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۲): ۲۳۹-۲۵۱.

بیطرفان، ز.، اصغری، ح. ر.، حسنلو، ط.، غلامی، ا.، و مرادی، ف. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد بیوچار بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های گیاه دارویی شنبلیه در رژیم‌های مختلف آبیاری. همایش ملی گیاهان دارویی. ۵ صفحه.

پریدار، ز. ۱۳۹۵. اثر کادمیم و بیوچار برگ نخل بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج و نخود و امکان تغییر کانی‌های رسی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۱۳۷ صفحه.

حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات نیکنام، تبریز. ۲۵۱ صفحه.

حیدری، م. و مینایی، آ. ۱۳۹۳. تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱ (۱): ۱۶۷-۱۸۲.

خاشعی سیوکی، ع.، شهیدی، ع.، یعقوب زاده، م. و دستورانی، م. ۱۳۹۸. کاربرد بیوچار و سطوح مدیریت آبیاری بر عملکرد و اجرای عملکرد گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi*). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳ (۲): ۳۱۹-۳۲۸.

رجبی، ح. ۱۳۹۳. اثر بیوچار تفاله پسته، لجن فاضلاب و کود شیمیایی بر زیست‌فراهمی و جذب نیتروژن و فسفر به‌وسیله اسفناج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۲۱۰ صفحه.

رجبی، ح.، صفرزاده، ص. و رونقی، ع. م. ۱۳۹۶. اثر بیوچار تفاله پسته تولید شده در دو دمای مختلف و سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر غلظت برخی عناصر پرمصرف و رشد اسفناج. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۱ (۲): ۵۵۷-۵۶۹.

صفی‌خانی، ف. ا.، حیدری شریف‌آباد، ح.، شریفی عاشورآبادی، ا.، سیادت، س. ع.، سیدنژاد، س. م. و عباس‌زاده، ب. ۱۳۸۷. اثر کم‌آبی بر عملکرد و اندام‌های مختلف بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش و سازندگی، ۲۱: ۲-۱۲.

عباس‌پور، ف.، اصغری، ح. ر.، رضوانی‌مقدم، پ.، عباسدخت، ح.، شباهنگ، ج. و بیگ بابایی، ع. ۱۳۹۶. تأثیر کاربرد بیوچار در بهبود برخی ویژگی‌های خاک و رشد گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش آبی. ۱۳۹۶. کنفرانس بین‌المللی علوم کشاورزی، گیاهان دارویی و طب سنتی. ۱-۱۱.

عزیزآبادی، ا.، گلچین، ا. و دلاور م. ا. ۱۳۹۳. تأثیر پتاسیم و تنش خشکی بر شاخص‌های رشد و غلظت عناصر غذایی برگ گیاه گلرنگ. مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای، ۱۹: ۶۵-۷۹.

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

مجیدیان، م.، قلاوند ا.، کامگارحقیقی، ع. ا. و کریمیان، ن. ع. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل‌متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دآنانی سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰ (۳): ۳۰۳-۳۳۰.

محمدی بابازیدی، ه.، فلکناز، م.، حیدری، پ.، همتی، م. س. و فرخیان، ش. ۱۳۹۲. تأثیر باکتری آزوسپریلیوم و سالسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ریحان تحت تنش کم‌آبی. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی، ۳ (۱۲): ۳۱-۳۶.

نمازی، ل.، نادیان، ح.، علیزاده، ا. و معزی، ع. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر جذب عناصر غذایی توسط ذرت میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در غلظت‌های مختلف فسفر خاک. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۱ الی ۲۴ تیرماه ۱۳۸۸. دانشگاه گرگان. صفحات ۳۴۷-۳۴۹.

Aharoni, N., Anderson, J. D. and Liebrman, M. 1979. Production and action of ethylene in senescing leaf discs: Effect of indoleacetic Acid, Kinetin, Silver ion, and Carbon dioxide. Journal of Plant Physiology, 64 (5): 805-809.

Alkire, B. H., Simon, J. E., Palevitch, D. and Putievsky, E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha poperita* L.) growing in highly organic soil, Indiana, USA. Acta Horticulture, 344: 544-556.

Blackwell P., Krull E., Butler G., Herbert A. and Solaiman Z. 2010. Effect of banded biochar on dry land wheat production and fertiliser use in south-western Australia: an agronomic and economic perspective. Australian Journal of Soil Research, 48: 531-548.

Blackwell, P., Shea, S., Storer, P., Solaiman, Z., Kerkmans, M. and Stanley, I. 2007. Improving wheat production with deep banded oil mallee charcoal in Western Australia. In First Asia Pacific biochar conference, Terrigal, Australia.

Bremner, J. M. 1996. Nitrogen total. In: Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N. and Sumner, M. E. Methods of Soil Analysis Part 3. 3rd Ed. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1085-1121.

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 Jouranal, 3: 404-418.

Chapman, H. D. and Pratt, P. F. 1961. Methods of Analysis of Soil, Plant and Water. University of California, Division of Agricultural Science. USA. 60-61: 150-179.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle- size analysis. In Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 383-411.

Glaser, B. and Birk, J. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). Geochimica et Cosmochimica Acta, 82: 39-51.

Hossain, M. K., Strezov, V., Chan, K. Y. and Nelson, P. F. 2010. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). Chemosphere, 78: 1167-1171.

Jeffery, S., Verheijen, F. G., 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 (1): 175-187.

Kim, K. H., Kim, J. Y., Cho, T.S. and J.W. Choi. 2012. Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine, Bioresource Technology, 118: 158-162.

Kishimoto, S. and Sugiura, G. 1985. Charcoal as a soil conditioner. International Achievement Future, 5: 12-23.

Kumar, P. K., Kumar, M. R., Kavitha, K., Singh, J. and Khan, R. 2012. Pharmacological actions of *Ocimum sanctum*-review article. International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry, 1 (3): 406-411.

Lawlor, D. W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant. Plant, Cell and Environment, 25: 249-279.

Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of American Journal, 42: 421-428.

Major, J., Steiner, C., Downie, A. and Lehmann, J. 2009. Biochar effects on nutrient leaching. In Lehmann, J., Joseph, S. (eds.). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. London: Earthscan publishing. 405p. Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment, 5: 381-387.

Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2008. Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annus* under triadmefon drenching. Comptes Rendus Biologies, 331: 418-425.

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N. and Sumner, M. E. Methods of Soil Analysis. Part 3 Part 3. 3rd Ed. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 961-1010.

Pojjanapimol, S. 2004. Characterization of aroma impact compounds in fresh, heated and dry Holy Basil (*Ocimum sanctum*) leaves, PhD thesis, Kasetsart University, pp: 12-30.

Puga, A. P., Abreu, C. A., Melo, L. C. A. and Beesley, L. 2015. Biochar application to a contaminated soil reduces the availability and plant uptake of zinc, lead and cadmium. Journal of Environmental Management, 159: 86-93.

Reffat, A. M. and Saleh, M. M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo, 48: 515-527.

Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved soils. In: Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N. and Sumner, M. E. Methods of Soil Analysis Part 3. 3rd Ed. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 417-436.

Rondon M.A., Lehmann J., Ramirez J. and Hurtado M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. Biology and Fertility of Soils, 43: 699.

Schutz, M. and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Polluttion, 114: 187-194.

Simon, J. E., Bubenheim, R. D., Joly, R. J. and Charles, D. J. 1992. Water stress induced alternations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Reserch, 4: 71-75.

Vaccari, F., 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: 231-238.

Zavalloni, C., Alberti, G., Biasiol, S., Vedove, G. D., Fornasier, F., Liu, J. and Peressotti, A. 2011. Microbial mineralization of biochar and wheat straw mixture in soil: A short-term study. Applied Soil Ecology, 50: 45-51.

Effect of Palm Leaf Biochar and Water Stress on some Morphological Characteristics and Micronutrients Concentration of Holy Basil

Safarzadeh Shirazi[1*], S., Ostovar[2], P., Zibaei[2], Z. and Barati[3], M.

Abstract

Water stress is one of the most important growth limiting factors of plants and the most common environmental stress. An experiment was conducted as a factorial design in a completely randomized design with three replications to study the effect of palm leaf biochar and water stress on morphological characteristics and micronutrients concentration of holy basil plant. Treatments consisted of three water levels [100% field capacity (without stress), 75 and 55% field capacity] and three biochar levels (0, 2 and 4% by weight). Results showed that the application of 75 and 55% of the field capacity decreased 6.6% and 19.2% of plant height, 13.8% and 38% fresh weight and 8% and 20% dry weight, respectively, as compared with control. However, in 55% of the field capacity, SPAD index significantly increased by 18.8%. With application of water stresses, the concentration of zinc and copper decreased, but iron and manganese significantly increased as compared to the control. Addition of 2% of palm leaf biochar significantly increased the iron and manganese concentration in the holy basil by about 26 and 11.7%, respectively, as compared with control.

Keywords: Biochar, Drought, Plant yield, Nutrients

1 and 2. Assistant Professor and PhD Student, Respectively, Department of Soil Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3. Assistant Professor, Department of Chemical, Petroleum and Gas engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

※: Corresponding author Email: safarzadeh@shirazu.ac.ir