مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر بیوچار تهیه‌شده از برگ نخل خرما بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی طالبی رقم سمسوری (*Cucumis melo* cv. Samsouri) تحت تنش کم آبی

سجاد باقری[۱]، محمدرضا حسندخت[۲]*، عباس میرسلیمانی[۳]، امیر موسوی[۴]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

[۲] گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

[۳] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و طبیعی منابع داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، [۴] مؤسسه ملی مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۴/۱۵)

چکیده

مشکل کمبود آب از مهم‌ترین محدودیت‌ها در تولید محصولات کشاورزی به‌خصوص سبزی‌های میوه‌ای به‌شمار می‌آید. طالبی توده سمسوری بومی ایران بوده و به‌دلیل دارابودن ویژگی‌های مطلوب در سطح وسیعی در ایران کشت می‌گردد. گزارش شده که بیوچار (زغال تهیه‌شده از مواد آلی) می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کاهش میزان آب مصرفی گیاه شوند. به‌منظور بررسی تأثیر بیوچار برگ خرما بر برخی صفات طالبی (*Cucumis melo* L.) تحت تنش کم‌آبی آزمایشی در مزرعه به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل تنش کم‌آبی در سه سطح (۶۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کرت فرعی شامل بیوچار در چهار سطح (صفر، ۰/۱۹، ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع) بود. تیمار ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار در مترمربع و ۱۰۰ درصد نیاز آبی صفات وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، وزن متوسط میوه و کارایی مصرف آب را به‌ترتیب به میزان ۷۷، ۳۲، ۱۰۰، ۸۴، ۵۷، ۸۴ و ۸۸ درصد نسبت به تیمار بدون بیوچار و ۶۰ درصد نیاز آبی افزایش داد. تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین گیاه گردید، ولی با کاربرد بیوچار، اثر تنش کم‌آبی کمتر شد و میزان پرولین برگ کاهش یافت و بیشترین میزان پرولین نیز مربوط به تیمار بدون بیوچار و ۶۰ درصد نیاز آبی بود. بیشترین میزان نیتروژن برگ، پتاسیم برگ، منگنز برگ، طول شاخساره، سطح برگ و تعداد برگ در بوته، قطر میوه و قطر گوشت میوه مربوط به تیمار ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۵۸، ۴۸، ۶۵، ۱۸، ۵۰، ۹۵، ۴۳ و ۵۵ درصد بود و تفاوت معنی‌داری با تیمار ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار در مترمربع ۸۵ درصد نیاز آبی نداشت. اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار نشان داد تیمار ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع و ۶۰ درصد نیاز آبی موجب افزایش آهن، روی و مس به میزان ۶۰، ۴۴ و ۶۶ درصد نسبت به تیمار بدون بیوچار با آبیاری کامل (۱۰۰ درصد) شد. به‌طورکلی تیمارهای ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع موجب افزایش اکثر صفات شدند، هرچند بین این تیمارها نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی نیز توانست با کاربرد بیوچار، تنش کم‌آبی را جبران کند. بنابراین با کاربرد ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار در مترمربع و ۸۵ درصد نیاز آبی می‌توان با کاهش آب مصرفی در وقت و هزینه صرفه‌جویی کرد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، تنش کم‌آبی، عناصر پرمصرف، عناصر کم‌مصرف

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mrhassan@ut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

مقدمه

طالبی (*Cucumis melo* L.) یکی از گیاهان تیره کدوسانان (Cucurbitaceae) است و نیازمند آب‌وهوای گرم و نور زیاد است (Sangeetha *et al.*, 2006). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد گیاه و تولید محصول را به‌طور نامطلوبی تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بیش از ۴۵ درصد از زمین‌های کشاورزی به‌طور دائم در معرض خشکی قرار دارند و ۳۸ درصد جمعیت دنیا، در آن مکان‌ها ساکن هستند (Ashraf and Foolad, 2007). لذا در آینده، بیشترین تلاش‌ها در جهت تولید محصول در شرایط کم‌آبی خواهد بود (Sinaki *et al.*, 2007). در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که بخش عمده ایران را نیز شامل می‌شود، عدم‌وجود پوشش گیاهی کافی و مناسب سبب کاهش بازگشت بقایای گیاهی به خاک و درنتیجه فقر ماده آلی خاک می‌شود (Tate, 2000). بیش‌تر خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران کم‌تر از یک درصد ماده آلی دارند (Asghari, 2011). کمبود مواد آلی موجب کاهش پایداری ساختمان خاک، پوسته پوسته شدن آن و درنهایت ایجاد خاکی سخت و متراکم می‌شود (Hemmat *et al.*, 2010). یکی از راه‌های افزایش مقدار ماده آلی در خاک‌های زراعی، استفاده از کودهای آلی مانند کود حیوانی است، اما کاربرد این ماده نمی‌تواند جوابگوی نیازهای خاک‌های زراعی باشد (Mesa and Spokas, 2011). بیوچار، زغال تهیه‌شده از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی مانند کاه گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر است که طی فرآیند ترموشیمیایی پیرولوسیس تولید می‌شود. این فرآیند، سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن است (Glaser and Birk, 2012). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که بیوچار یک ماده اصلاح‌کننده مفید برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، مؤثر در حفظ ماده آلی خاک، افزایش بهره‌وری کود استفاده‌شده و افزایش تولید محصول به‌ویژه برای خاک‌های مناطق نیمه‌گرمسیری و گرمسیری که طولانی‌مدت کشت شده‌اند است (Van Zwieten *et al.*, 2010; Rodrigues *et al.*, 2010).

یکی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی خاک که به‌شدت تولید محصول را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، آب در دسترس گیاه است. مطالعات اخیر نشان دادند که بیوچار سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود (Basso *et al.*, 2013). بیوچار منبعی مستقیم برای عناصر پتاسیم، کلسیم، فسفر، روی و مس است و فراهمی عناصر غذایی بر اثر افزودن بیوچار به خاک، می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تغییر pH خاک و یا افزوده‌شدن مستقیم عنصر از بیوچار به خاک افزایش یابد. در آزمایشی کاربرد بیوچار شلتوک برنج به میزان صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک، موجب افزایش وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه، تعداد برگ در گیاهان کاهو و کلم شد و بیشترین تأثیر هم مربوط به بالاترین تیمار بیوچار بود (Carter *et al.*, 2013). با کاربرد صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار بیوچار موجب افزایش پارامترهای pH، EC، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم خاک و فسفر، نیتروژن، پتاسیم کاهو در خاک شدند. بیشترین تأثیر مقدار ۱۰ تن در هکتار به خود اختصاص داد (Nigussie *et al.*, 2012). کاربرد بیوچار به میزان ۵۰۰ گرم از ۱۰ کیلوگرم خاک در گلخانه موجب افزایش رشد، سرعت فتوسنتز، کارایی مصرف آب و عملکرد گیاه طالبی در شرایط شوری شد (Elbashier *et al.*, 2018). کاربرد صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزن بیوچار مخلوط‌شده در کشت بدون خاک موجب افزایش سطح برگ، وزن خشک، تعداد گره و عملکرد گیاه فلفل و در گوجه‌فرنگی نیز موجب افزایش وزن گیاه و اندازه برگ شد (Graber *et al.*, 2010).

هر درخت خرما بسته به رقم و شرایط زراعی در طول سال، حدود ۲۵ – ۱۵ برگ خشک تولید می‌کند که هر کدام به‌طور متوسط ۲/۵ – ۱/۵ کیلوگرم وزن دارد. تعمیم این مقدار بقایای گیاهی به چند میلیون اصله نخل موجود در کشور رقم بزرگی بوده که نیاز به مدیریت بهره‌وری و استفاده بهینه را می‌طلبد. این ضایعات را می‌توان تبدیل به بیوچار نمود و در خاک استفاده کرد. لذا هدف پژوهش حاضر، استفاده از بیوچار برگ خرما، جهت افزایش ماده آلی خاک و کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی و مطالعه اثر آن بر برخی صفات گیاه طالبی رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

سمسوری در شرایط مزرعه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه تجاری واقع در شهرستان زرین‌دشت با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۲۰ دقیقه با ارتفاع ۱۰۲۱ از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی تنش کم‌آبی در سه سطح (۶۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) (I_1، I_2 وI_3) و کرت فرعی بیوچار در چهار سطح (صفر، ۰/۱۹، ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع) (B_1، B_2، B_3 و B_4)بود. در این آزمایش از طالبی رقم سمسوری زودرس ورامین استفاده شد. جهت تهیه بیوچار از بقایای برگ درخت نخل موجود در نخلستان‌های شهرستان زرین‌دشت (استان فارس) استفاده شدند. بقایا پس از جمع‌آوری، هوا خشک و خردشده و سپس در ورقه‌های آلومینیومی بسته‌بندی شدند تا فرآیند اکسیژن‌رسانی به بقایا محدود شود. سپس به مدت چهار ساعت در دمای ۵۶۰ درجه سلسیوس در داخل کوره قرار داده شدند تا بیوچار تولید شود (Hall *et al.*, 2008). مشخصات شیمیایی بیوچار مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. در سال پیش از کشت، زمین زراعی مورد نظر به‌صورت آیش بود و جهت آماده‌سازی زمین، ابتدا زمین به‌خوبی شخم زده شد و تسطیح گردید. قبل از کاشت بذر، نمونه خاک از مزرعه جمع‌آوری شد و مشخصات شیمیایی اندازگیری گردید (جدول ۲). میزان بیوچار مورد نظر در عمق ۱۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط و پس از آن بذرها در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر کاشته شد. در مرحله ۴ تا ۵ برگی ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌صورت اوره)، ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (به‌صورت سوپرفسفات تریپل)، ۴۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (به‌صورت سولفات پتاسیم) به خاک اضافه گردید. در این آزمایش آبیاری به‌صورت قطره‌ای اعمال گردید، به این صورت که در کنار هر گیاه یک قطره‌چکان قرار داده شد تا میزان آب مصرفی گیاه اندازه‌گیری گردد. جهت برآورد میزان نیاز آبی گیاه، داده‌های هواشناسی شامل دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت حداقل، رطوبت حداکثر، میزان تابش خورشید و سرعت باد در سطح ۲ متری از اداره هواشناسی تهیه گردید و با واردکردن این داده‌ها به برنامه کراپ وات میزان تبخیر و تعرق گیاه طالبی اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول‌های مربوطه میزان آب روزانه مورد نیاز گیاه بدست آمد. بدین منظور پارامترهای تبخیر و تعرق بالقوه سطح استاندارد گیاه (ETO) که قدرت تبخیرکنندگی هوا است برآورد شده و سپس با معرفی ضریب گیاهی (Kc) برحسب نوع گیاه، مرحله و طول دوره رشد و تأثیر آن بر (ETO)، تبخیر و تعرق گیاهی (ETc) محاسبه شده است. نهایتاً با کم‌نمودن بارندگی مؤثر، نیاز خالص آب آبیاری (In) که همان کمبود رطوبت خاک است و بایستی با آبیاری جبران گردد برآورد شد.

$$Etc = ETo \times Kc$$

ETc = تبخیر و تعرق واقعی گیاه mm/day

Eto = تبخیر و تعرق گیاه مرجع mm/day

Kc = ضریب گیاهی

قبل از رسیدن میوه طالبی، پارامترهای طول ساقه، طول بوته، سطح برگ و تعداد برگ در بوته نیز اندازه‌گیری شدند و در زمان برداشت نیز پارامترهای وزن تر و خشک شاخه، وزن‌تر و خشک ریشه، طول ریشه، تعداد میوه در بوته، طول میوه، قطر میوه، قطر پوست میوه، قطر گوشت میوه، وزن متوسط میوه و عملکرد کل اندازه‌گیری شد. میزان پرولین، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز برگ نیز اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ چون امکان جداکردن برگ در تمام مراحل وجود نداشت، ابتدا چندین برگ را جدا کرده و طول، عرض و طول در عرض آن‌ها محاسبه گردید. سپس با استفاده از کاغذ شطرنجی (میلی‌متری) مساحت آن‌ها را اندازه‌گیری و با استفاده از نرم‌افزار Excel رابطه بین مساحت بدست آمد و از رابطه ذیل، که دارای بالاترین ضریب رگرسیون (R2) بود، برای محاسبه سطح برگ استفاده شد:

$$Y = 1.03X + 44$$

Y (cm^2) = سطح برگ

X(cm^2) = (cm) عرض × (cm) طول

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار مورد استفاده در آزمایش

pH (1:5)	EC ($dS\ m^{-1}$) (1:5)	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
		(%)			(ppm)			
۹	۷/۵	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۸۳	۹۸۳/۲	۳۲/۴	۲	۱۳۹/۳

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه

pH (1:5)	EC ($dS\ m^{-1}$) (1:5)	N	P	K
		(%)		
۷/۸	۰/۵۴	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۱۴

طول شاخساره از یقه تا جوانه انتهایی با خط‌کش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد دو بوته از خاک بیرون آورده شد و با جداکردن ریشه و قسمت اندام هوایی، آنها را به‌صورت جداگانه با استفاده از ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۰۱ (توسط ترازوی Shimadzu مدل AEL-40SM) توزین و به‌عنوان وزن تر یادداشت شدند. اندازه‌گیری قطر پوست و گوشت میوه، بعد از قاچ کردن میوه با استفاده از خط‌کش صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میزان پرولین، از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. کارایی مصرف آبی به‌عنوان رابطه‌ای بین عملکرد گیاه و آب مصرفی گیاه در طول دوره تیمار محاسبه شد (Liu *et al.*, 2011).

$$WP= Y/V$$

WP: کارایی مصرف آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب

Y: میزان عملکرد برحسب کیلوگرم در بوته

V: کل آب مصرفی شامل آبیاری و بارندگی برحسب مترمکعب

نیتروژن کل به روش کلجدال (دستگاه Kjeldahl- PECO) (Bremner, 1996)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (توسط دستگاه Spectrophotometer JENWAY)، پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (Sparks and Helmke, 1996).

آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی (PG 990، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد (Lindsay and Norvell, 1978).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثرات تنش کم‌آبی و بیوچار و همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر کلیه صفات فیزیولوژیکی معنی‌دار گردید (جدول ۳ و ۴).

وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه: کاربرد تیمار I_3B_2 صفات وزن تر شاخساره (شکل ۱)، وزن خشک شاخساره (جدول ۵)، وزن تر ریشه (شکل ۲)، وزن خشک ریشه و طول ریشه (جدول ۵) را به‌ترتیب به میزان ۷۷، ۳۲، ۱۰۰، ۸۴ و ۷۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (I_1B_1) افزایش داد و این تیمار (I_3B_2) نسبت به تیمارهای I_3B_4 و تیمار I_2B_3 تفاوت معنی‌داری نداشت. ریشه‌های گیاهان در بسترهای حاوی بیوچار رشد خوبی دارند که می‌تواند به‌علت بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک ریزوسفر باشد. بنابراین کاهش مقاومت خاک به رشد ریشه در این محیط‌های کشت دیده می‌شود (Altland and Locke, 2013; Chen *et al.*, 2008). بیوچار می‌تواند نفوذپذیری آب خاک را بهبود بخشد و سبب تسهیل نفوذ ریشه و افزایش وزن و طول ریشه شود.

طول شاخساره، سطح برگ و تعداد برگ در بوته: بیشترین میزان طول شاخساره، سطح برگ و تعداد برگ در بوته (جدول ۵) مربوط به تیمار I_3B_4 به میزان ۱۸، ۵۰، ۹۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (I_1B_1) بود، اگرچه این تیمار (I_3B_4) نسبت به تیمار I_3B_3 تفاوت معنی‌داری نداشت. در این آزمایش با کاهش آبیاری و افزایش تنش گیاه طول شاخساره، سطح برگ و تعداد برگ گیاه کاهش یافت و با افزایش آبیاری و کاربرد بیوچار و درنتیجه کاهش تنش میزان این‌ها افزایش پیدا کرد. گیاه در این شرایط به‌دلیل کاهش تعرق، اندازه سلول-های برگ خود را کاهش و موجب کوچک‌شدن برگ می‌شود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

جدول ۳- ترکیب تیمارها

ترکیب تیماری	نشانه
۶۰ درصد نیاز آبی و بدون بیوچار	I_1B_1
۶۰ درصد نیاز آبی و ۰/۱۹ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_1B_2
۶۰ درصد نیاز آبی و ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_1B_3
۶۰ درصد نیاز آبی و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_1B_4
۸۵ درصد نیاز آبی و بدون بیوچار	I_2B_1
۸۵ درصد نیاز آبی و ۰/۱۹ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_2B_2
۸۵ درصد نیاز آبی و ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_2B_3
۸۵ درصد نیاز آبی و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_2B_4
۱۰۰ درصد نیاز آبی و بدون بیوچار	I_3B_1
۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۰/۱۹ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_3B_2
۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_3B_3
۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع	I_3B_4

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر بیوچار و تنش کم‌آبی بر برخی صفات رویشی و زایشی طالبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	طول شاخساره	طول ریشه
بلوک	۲	۴۲۸۳۳/۵*	۳۲۵۳/۹**	۵۳/۳**	۱/۰**	۱۱۲/۵**	۳۵/۵**
تنش (a)	۲	۲۲۸۵۴۵/۶**	۶۹۵۴/۶**	۱۵۸/۶**	۲/۹**	۱۸۴/۲**	۷۲/۸**
r (year)	۲	۹۱۸۳/۵	۱۵/۳	۱/۰۲	۰/۱	۱/۲	۰/۲
بیوچار (b)	۳	۲۲۹۶۳۴/۷**	۳۰۷۱/۴**	۸۱/۰**	۱/۱**	۱۱۷/۸**	۲۰/۰**
a×b	۶	۵۹۴۸۴/۶**	۳۵۸/۱**	۱۰/۰*	۰/۳**	۶۰/۹**	۴/۲*
a×r (yaer)	۸	۱۱۸۴۵/۳	۳۶۷/۰	۴/۰	۰/۱	۲۸/۵	۲/۳
Error	۳۶	۱۳۰۰۱/۴	۶۹/۷	۴/۱	۰/۰۸	۱۳/۴۷	۱/۷۷
CV %		۱۲/۱۵	۳/۸۷	۱۵/۳۸	۱۱/۲۵	۴/۵۸	۹/۱۵

*** و** به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد**

بیوچار با افزایش کارایی مصرف آب و درنتیجه کاهش تنش موجب افزایش سطح و تعداد برگ می‌گردد (Olympios, 1992). طول شاخساره به‌دلیل تأثیر بیوچار در افزایش فسفر قابل دسترس که موجب افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی می‌شود، افزیش می‌یابد (Hossain *et al.*, 2010). همچنین Song و Guo (۲۰۱۲) بیان کردند بیوچار با افزایش میزان کلروفیل، موجب بهبود فتوسنتز مواد هیدروکربنی و تولید زی‌توده بیشتر می‌شود که از جمله نتایج آن، افزایش سطح و تعداد برگ و به‌دنبال آن افزایش وزن و طول ریشه و شاخساره گیاه می‌شود. احتمالاً در این آزمایش نیز افزایش کلروفیل موجب افزایش صفات رویشی شده است.

قطر میوه و قطر گوشت میوه: تیمار I_3B_4، قطر میوه و قطر

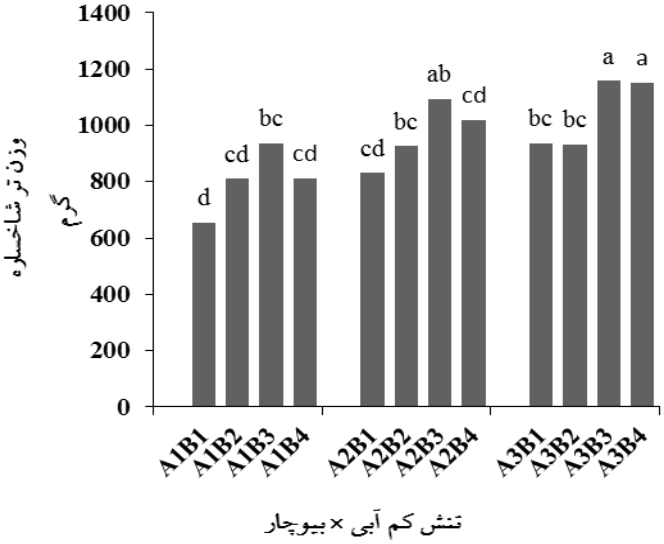
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات رویشی و زایشی طالبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سطح برگ	تعداد برگ در بوته	قطر میوه	قطر گوشت میوه	وزن متوسط میوه	عملکرد کل
بلوک	۲	۱۱۵/۱	۱۶۲۶/۱**	۱۰/۲	۰/۰۷	۹۴۱۵۱/۶**	۲۳۵۳۷۹۰/۵**
تنش (a)	۲	۴۱۳۵/۶**	۳۶۰۳/۲**	۳۵۱/۹**	۲/۵**	۹۳۲۸۵۳/۴**	۲۳۳۲۱۳۳۵/۹**
r (year)	۲	۷۶/۵	۲/۲	۴/۱	۰/۰۹	۴۶۷۶۸/۰	۱۱۶۹۲۰۱/۳
بیوچار (b)	۳	۶۱۲۹/۹**	۳۰۷۹/۳**	۸۲/۰**	۰/۶**	۳۵۲۳۵۳/۲**	۸۸۰۸۸۳۰/۴**
a*b	۶	۱۰۸۷/۷**	۶۱۸/۲**	۲۵/۵**	۱۵/۰*	۶۰۶۷۸/۶**	۱۵۱۶۹۶۷/۱**
a*r(yaer)	۸	۶۰۸/۷	۴۷/۴	۶/۳	۰/۲	۲۸۸۹۶/۸	۷۲۲۴۲۱/۴
خطا	۳۶	۲۴۴/۹	۱۱۷/۴	۴/۷	۰/۰۵	۸۲۵۶/۵	۲۰۶۴۱۴/۴
CV %		۷/۷۰	۱۰/۱۰	۴/۶۱	۸/۰۲	۹/۱۷	۹/۳۸

*** و** به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد**

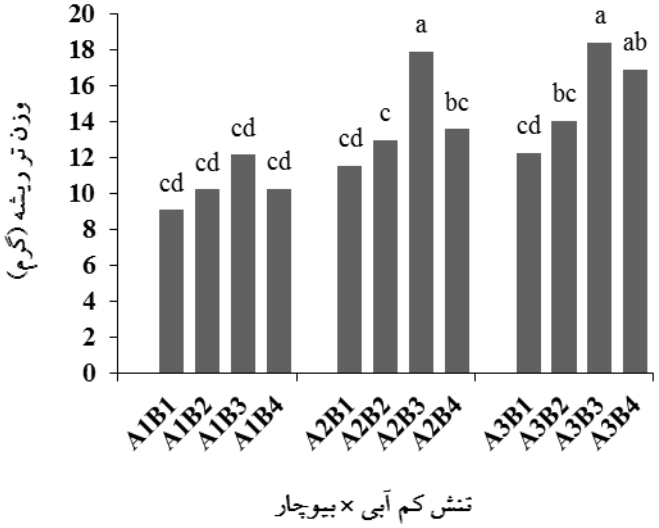


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر وزن تر بوته طالبی

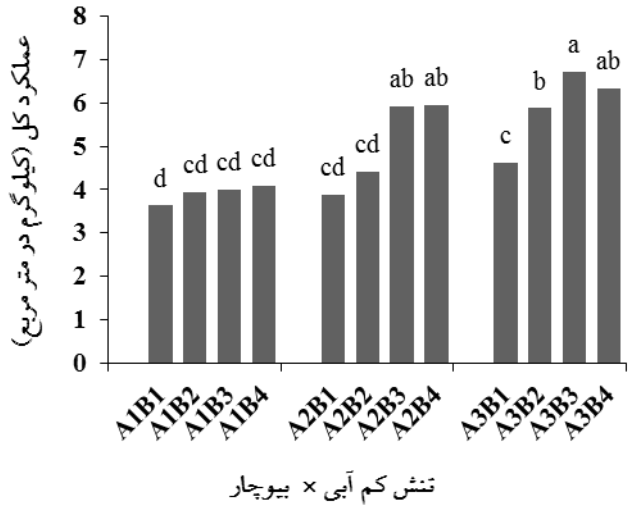
گوشت میوه (جدول ۵) را به میزان ۴۳ و ۵۵ درصد نسبت به تیمار I_1B_1 افزایش داد، اگرچه با تیمار I_3B_3 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در این آزمایش با کاربرد بیوچار قطر میوه، قطر گوشت میوه و درنتیجه عملکرد افزایش یافت. که این افزایش می تواند به‌دلیل عناصر غذایی موجود در برگ نخل خرما به بیوچار تبدیل شده (مستقیم) و همچنین بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک آن باشد (غیرمستقیم) (Major *et al.*, 2010). بیوچار به‌طور قابل‌توجهی موجب افزایش کربن آلی و حاصلخیزی خاک (Kumar *et al.*, 2013). افزایش رشدونمو و عملکرد محصول (Spokas *et al.*, 2010)، افزایش ماده خشک (Van Zwieten *et al.*, 2010) می‌گردد.

وزن متوسط میوه و عمکرد میوه: تیمار I_3B_3 وزن متوسط میوه (جدول ۵) و عملکرد میوه (شکل ۳) را به میزان ۸۴ درصد نسبت به تیمار I_1B_1 افزایش داد، ولی نسبت به تیمارهای I_3B_4، I_2B_4 و I_2B_3 تفاوت معنی‌داری نداشت. سایر محققان (Chan *et al.*, 2008) نیز افزایش رشد و عملکرد ذرت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر وزن تر ریشه طالبی



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر عملکرد طالبی

در تیمارهای بیوچار را به افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند کاهش چگالی ظاهری نسبت دادند. همچنین بیوچار موجب بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مانند افزایش گروه‌های عاملی و ظرفیت تبادل کاتیونی (Kharea *et al.*, 2013) و دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده که باعث می‌شود گیاه رشد بهتری داشته باشد (Lehmann and Joseph, 2009). Uzoma و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که کاربرد بیوچار سبب افزایش رشد و عملکرد ذرت در مقایسه با شاهد شد.

نتایج نشان داد که اثرات تنش کم‌آبی و بیوچار و همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر مقدار پرولین برگ، کارایی مصرف آب و کلیه صفات شیمیایی، بجز اثر متقابل فسفر، معنی‌دار گردید (جدول ۶).

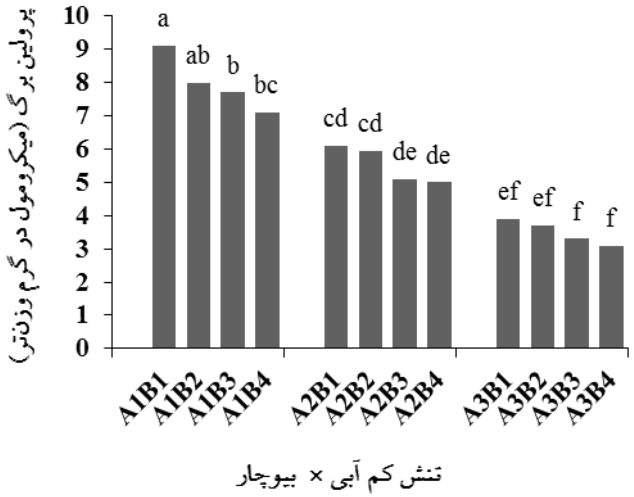
پرولین: در این آزمایش با افزایش مقدار تیمارهای بیوچار از B_2 به B_4 و افزایش نیاز آبی از I_1 به I_3 میزان پرولین نیز کاهش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان پرولین مربوط به تیمارهای I_3B_3 و I_3B_4 و بیشترین میزان پرولین نیز مربوط به تیمار I_1B_1 بود و نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار و تنش کم آبی بر برخی صفات رویشی و زایشی طالبی

تیمار	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه	سطح برگ	تعداد برگ در بوته	طول ریشه	طول شاخساره	قطر میوه	قطر گوشت میوه	وزن متوسط میوه (گرم)
	(گرم)		(سانتی‌مترمربع)		(سانتی‌متر)				
I_1B_1	۱۸۸/۳ e	۱/۷۱ d	۱۶۷/۷ d	۷۶/۵e	۱۰/۲ e	۷۵ d	۳۶ e	۲/۱۵ e	۷۲۹ d
I_1B_2	۱۹۳/۳ de	۲/۵۲ bc	۱۸۶/۹ cd	۹۱/۵ de	۱۲/۷ d	۷۷ cd	۴۳/۳ d	۲/۷۶ cd	۷۸۸/۳ cd
I_1B_3	۲۰۶ cd	۲/۳۴ bc	۱۸۸/۳ cd	۱۰۳/۴ bcd	۱۳/۴ cd	۷۶/۸ cd	۴۳/۳ d	۲/۶۴ d	۸۰۳/۳ cd
I_1B_4	۲۰۵/۲ cd	۲/۰۶ cd	۱۹۰/۲ cd	۱۰۶/۵ bcd	۱۴/۱ bcd	۷۷ cd	۴۳/۴ d	۲/۸۴ bcd	۸۱۹/۳ cd
I_2B_1	۲۰۰/۸ cde	۲/۵۰ bc	۱۹۳/۱ cd	۹۸/۵ cd	۱۴/۷ bcd	۷۷ cd	۴۶/۴ cd	۲/۸۱ bcd	۷۷۷/۲ cd
I_2B_2	۲۱۶ bc	۲/۶۸ ab	۱۹۸/۸ c	۱۰۴/۲ bcd	۱۴/۲ bcd	۸۱/۲ bcd	۴۶/۱ cd	۲/۸۳ bcd	۸۸۲/۴ cd
I_2B_3	۲۳۸/۷ a	۳/۱۴ a	۲۱۲/۲ bc	۱۱۹/۷ ab	۱۵/۸ abc	۸۵/۵ ab	۴۸/۲ bc	۳/۲۳ ab	۱۱۸۴ ab
I_2B_4	۲۰۹/۸ bc	۲/۴۴ bc	۲۰۷/۵ bc	۱۱۰ bcd	۱۵/۲ abc	۷۹/۶ bcd	۴۶/۵ cd	۳/۱۹ abc	۱۱۹۱ ab
I_3B_1	۲۱۳/۳ bc	۲/۷۷ ab	۲۰۲/۴ c	۱۰۳ bcd	۱۴/۵ bcd	۷۸/۱ cd	۴۷ c	۳/۱۴ abc	۹۲۶/۳ c
I_3B_2	۲۲۲/۷ b	۲/۶۸ ab	۲۰۳/۱ c	۱۰۶ bcd	۱۵/۹ abc	۸۰/۸ bcd	۴۶/۵ cd	۳/۱۶ abc	۱۱۷۶ b
I_3B_3	۲۵۰ a	۳/۱۵ a	۲۳۳/۹ ab	۱۱۷/۴ abc	۱۷/۵ a	۴/۸۳ abc	۵۰/۷ ab	۳۰/۳ a	۱۳۴۴ a
I_3B_4	۲۴۹/۲ a	۲/۷۱ ab	۲۵۲/۷ a	۱۳۲/۵ a	۱۶/۱ ab	۸۸/۵ a	۵۱/۷ a	۳/۳۵ a	۱۲۶۶ ab

†در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند تفاوت معنی‌داری درسطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن ندارند.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر پرولین برگ طالبی

داشت (شکل ۴). بیوچار با کاهش تبخیر آب و نگهداری رطوبت در محیط ریشه به‌دلیل منافذ فراوان در سطح خود و یا بهبود بافت خاک موجب رشد بهتر ریشه و درنتیجه کاهش تنش می‌گردد. در شرایط تنش خشکی میزان پتانسیل آبی برگ به‌طور شدید کاهش می‌یابد که برای سازگاری با شرایط اسموتیک، محلول‌هایی از جمله پرولین در برگ تجمع می‌یابند. کاهش پرولین در برگ‌های تحت تنش به‌علت کاهش سنتز و افزایش اکسیداسیون است. در آزمایشی که Rasuli و همکاران (۲۰۰۹) بر روی انگور انجام دادند مشاهده کردند که تنش خشکی میزان ظرفیت آب برگ را کاهش می‌دهد و درنتیجه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

موجب افزایش پرولین می‌شود که با کاربرد بیوچار میزان پرولین کاهش می‌یابد. کاربرد بیوچار برگ نخل خرما موجب افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت می‌شود و این افزایش موجب کاهش تنش و درنتیجه کاهش پرولین می‌گردد (Nowroozi *et al.*, 2017).

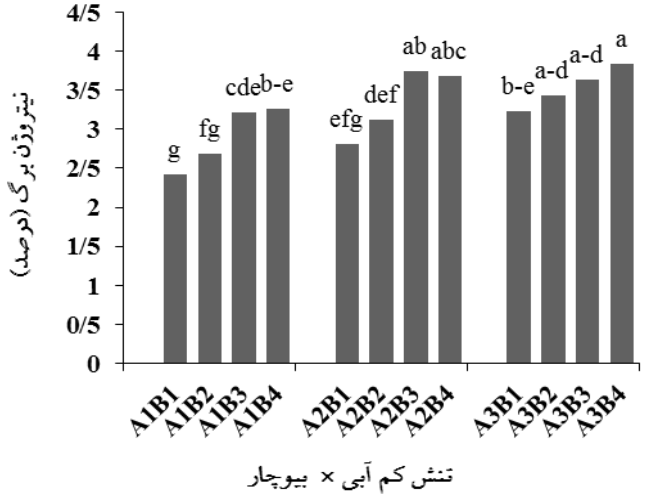
کارایی مصرف آب: تیمارهای I_3B_3 و I_3B_4 با افزایش ۸۸ و ۷۶ درصد کارایی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد (I_1B_1) بیشترین مقدار را داشتند، ولی نسبت به تیمارهای I_3B_2، I_2B_3 و I_2B_4 تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۶). کاهش منابع آب فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه را آسیب می‌رساند که این باعث کاهش ویژگی‌های رشد و عملکرد می‌شود. در این آزمایش با کاربرد بیوچار، کمبود آب مصرفی گیاه جبران شد و کارایی مصرف آب گیاه بدون کاهش رشدونمو بالا برده شد. تیمارهای I_3B_3 و I_3B_4 به میزان ۸۸ و ۷۶ درصد کارایی مصرف آب را نسبت به تیمار (I_1B_1)، افزایش دادند، ولی نسبت به تیمارهای I_2B_4، I_2B_3 و I_2B_4 تفاوت معنی‌داری نداشتند. در این آزمایش بین تیمارهای رطوبتی ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌خصوص در تیمارهای ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که نشان‌دهنده این واقعیت است که کاربرد بیوچار در تنش ۸۵ درصد نیاز آبی سبب کاهش معنی‌دار مصرف آب گیاه و درنتیجه اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب گیاه داشت. کاربرد بیوچار حاصل از ترکیب پوسته برنج و دانه کتان سبب افزایش کارایی مصرف آب در همه تیمارهای آبیاری در مقایسه با شرایط بدون بیوچار شد (Akhtar *et al.*, 2014). همچنین کاربرد ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار بیوچار کود گاوی کارایی مصرف آب ذرت در یک خاک شنی را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد به‌ترتیب به میزان ۶، ۱۳۹ و ۹۱ درصد افزایش داد (Uzoma *et al.*, 2011).

نیتروژن برگ: تیمار I_3B_4، نیتروژن گیاه را به میزان ۵۸ درصد نسبت به تیمار I_1B_1 افزایش داد، و تیمار I_3B_4 نسبت به تیمارهای I_3B_2، I_3B_3، I_2B_2 و I_2B_3 تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵). نیتروژن عنصری متحرک محسوب می‌شود به همین دلیل در شرایط کمبود آب میزان نیتروژن کاهش می‌یابد. بر این اساس و به‌طور قطعی می‌توان دریافت که افزودن بیوچار به خاک با افزایش نگهداری آب، موجب کاهش آبشویی نیترات از خاک و افزایش قابل دسترسی نیتروژن در خاک می‌شود و این اثر حداقل برای پنج ماه پایدار است. Knowles و همکاران (۲۰۱۱) نیز به نتایج مشابهی در خصوص کاهش آبشویی نیترات و افزایش نیتروژن در محدوده ریشه با افزودن بیوچار دست یافتند. بیوچار دارای قابلیت جذب آنیونی بوده و سطح ویژه بالایی دارد (Troeh and Thompson, 2005) و بنابراین قادر است یون‌های نیترات را جذب کرده و موجب نگهداری آن در خاک شود. همچنین جاذبه الرطوبه بودن بیوچار و بالا بودن تخلخل ریز در ساختار آن این امکان را برای ریز جانداران و سایر فرآیندهای نیترات‌ساز تسهیل می‌کند (Mukherjee *et al.*, 2013). همچنین بیوچار به‌دلیل افزایش هوادهی خاک از دنیتروفیکاسیون جلوگیری می‌کند و جذب و نگهداری آمونیوم را در خاک سبب می‌شود که منجر به کاهش قابل دسترس‌بودن نیتروژن برای دنیتریفیکاسیون می‌گردد (Sarah Carter *et al.*, 2013). محققین با کاربرد ۱۴ تن در هکتار بیوچار در گوجه‌فرنگی موجب افزایش نیتروژن خاک و گیاه گردیدند (Vaccari *et al.*, 2015). به‌طورکلی گزارش‌های موجود در زمینهٔ اثر تنش خشکی بر میزان عناصر غذایی در گونه‌های گیاهی متفاوت است. کاهش میزان نیتروژن در شرایط کم‌آبی و افزایش آن تحت تنش خشکی گزارش شده است (Feike and Mingzhu, 2014).

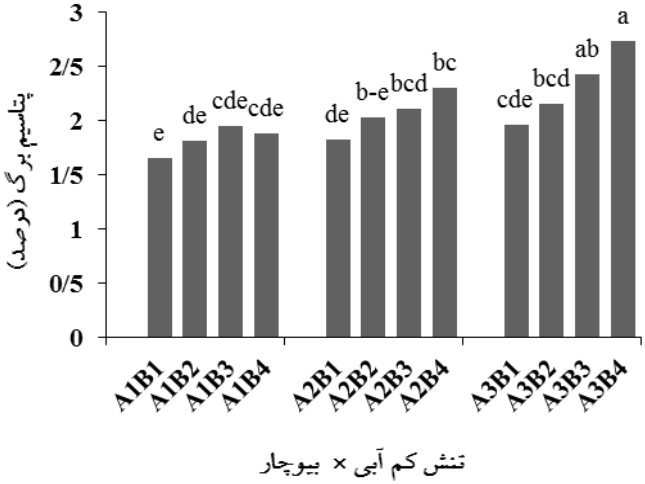
پتاسیم برگ: تیمار I_3B_4 غلظت پتاسیم گیاه را به میزان ۶۵ درصد نسبت به تیمار I_1B_1 افزایش داد. تیمار I_3B_4 با تیمار I_3B_3 تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۶). افزایش پتاسیم محلول درنتیجه کاربرد بیوچار به ترکیب آن‌ها به‌ویژه مقدار پتاسیم موجود در آن‌ها، سرعت آزادسازی پتاسیم و تأثیر مولکول‌های آلی بر آزادسازی پتاسیم از کانی‌های خاک ارتباط دارد (Jalali, 2006; Najafi-Ghiri, 2015). Larid و همکاران (۲۰۱۰) با افزودن بیوچار انواع مختلف چوب و کودهای دامی به خاک، افزایش مقدار پتاسیم را در خاک مشاهده نمودند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر نیتروژن برگ طالبی

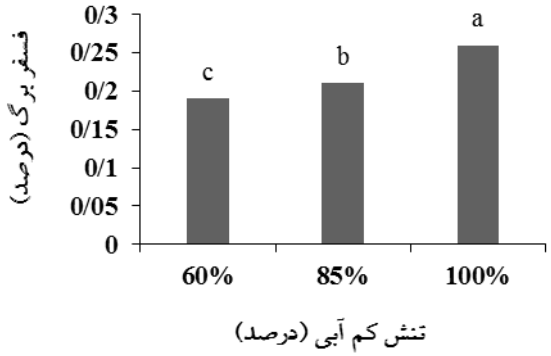


شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر پتاسیم برگ طالبی

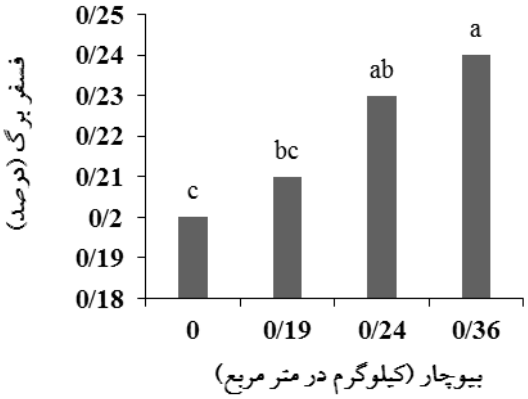
(Laird *et al.*, 2010). Najafi-Ghiri (۲۰۱۵) افزایش بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم تبادلی را درنتیجه کاربرد بیوچارهای مختلف حاصل از بقایای گیاهی در یک خاک آهکی گزارش کرد و مشاهده شد که درصد پتاسیم در گیاهان تحت تنش کمتر بوده و دلیل آن می‌تواند کاهش قابلیت دسترسی این عناصر در شرایط کمبود رطوبت باشد. به این صورت که در اثر وجود آب زیادتر، یون‌های یک ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک به‌طور نسبی بیشتر از یون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم افزایش می‌یابد، اما به‌تدریج که خاک خشک می‌شود، کلوئیدهای رس با قدرت بیشتری پتاسیم (یون‌های یک ظرفیتی) را به سطح خود جذب کرده و مانع از جدا شدن این یون‌ها می‌شوند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

فسفر برگ: کاربرد تیمارهای B_2 (۰/۱۹ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع)، B_3 (۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع) و B_4 (۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار بر مترمربع) موجب افزایش به‌ترتیب ۵، ۱۵ و ۲۰ درصد فسفرگیاه نسبت به تیمار بدون بیوچار (B_1) گردید. همچنین تیمارهای I_2 (۸۵ درصد نیاز آبی) و I_3 (۱۰۰ درصد نیاز آبی) فسفر گیاه را به میزان ۳۶ و ۱۰ درصد نسبت به تیمار I_1 (۶۰ درصد نیاز آبی) افزایش دادند (شکل‌های ۷ و ۸). میزان تأثیر مواد آلی در افزایش فراهمی فسفر در خاک به مقدار فسفر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر فسفر برگ طالبی

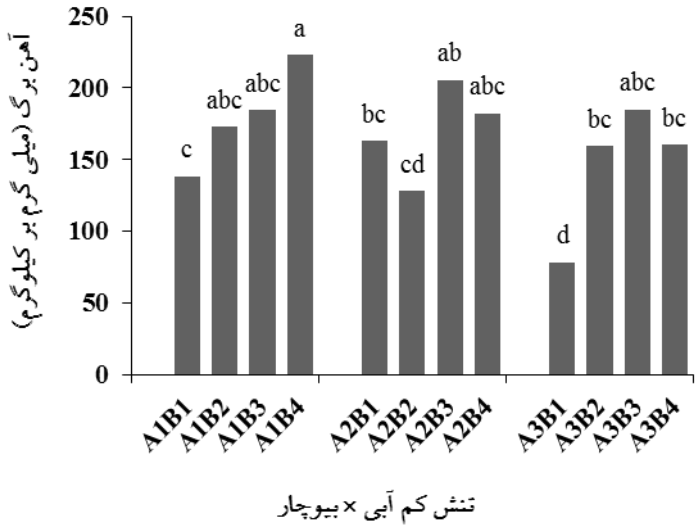


شکل ۸- مقایسه میانگین اثر بیوچار بر فسفر برگ طالبی

آنها بستگی دارد. بیوچار علاوه بر آزادکردن مستقیم فسفر محلول و برخی عناصر غذایی ضروری، می‌تواند ظرفیت تبادل یونی خاک را افزایش دهد و ممکن است قابلیت دسترسی فسفر را با مهیاکردن ظرفیت تبادل آنیونی یا با تأثیر بر فعالیت کاتیون‌هایی که در تعامل با فسفر هستند تغییر دهد (Liang *et al.*, 2006). در شرایط کمبود رطوبت، جذب فسفر کاهش می‌یابد البته خاک‌های مختلف به‌علت توانایی متفاوتی که از نظر تثبیت فسفر دارند، از این نظر متفاوت هستند. جذب عناصرغذایی و آب قابل دسترس توسط ریشه‌های گیاه ارتباط نزدیکی با هم دارند. روابط آبی تمام فرآیندهای فیزیولوژیک را که با حلالیت و قابل دسترس‌بودن عناصرغذایی ارتباط دارند، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. تنش خشکی انتقال فسفر به شاخه‌ها را شدیداً محدود می‌کند (Feike and Mingzhu, 2014). کاربرد بیوچار به‌علت داشتن ظرفیت تبادلی بالا و همچنین ظرفیت نگهداری آب، موجب نگهداشت این عنصر در خاک خواهد شد. با افزایش و قابل دسترس بودن فسفر در خاک، میزان فسفر در گیاه نیز افزایش می‌یابد. با این حال واکنش‌های گیاهان به قابلیت دسترسی فسفر و آب در خصوصیات ریشه و اندام هوایی هم متفاوت است (Fay *et al.*, 2006).

آهن، روی و مس برگ: بررسی اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار نشان داد تیمار I_1B_4 موجب افزایش آهن (شکل ۹)، روی و مس (جدول ۷) به میزان ۶۰، ۴۴ و ۶۶ درصد نسبت به تیمار I_1B_1 گردید (شکل ۹). کمترین مقدار هم مربوط به تیمار I_3B_1 بود. محققیق بیان نموده‌اند که تنش کم آبی فعالیت ریشه‌های پیرتر را متوقف می‌کند و فقط نوک ریشه‌ها جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند که کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند آهن نسبت به یک ظرفیتی بیشتر جذب می‌شوند و جذب آنیون‌ها نیز محدود می‌گردد (Martins *et al.*, 2003). در آزمایشی کاربرد بیوچار موجب افزایش آهن در گیاه ریحان مقدس شد (صفرزاده شیرازی و همکاران، ۱۳۹۸). در مورد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و بیوچار بر آهن برگ طالبی

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار و تنش کم‌آبی بر کارایی مصرف آب و غلظت برخی عناصر برگ طالبی

تیمار	کارایی مصرف آب	روی	مس	منگنز
	(کیلوگرم بر متر مکعب)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
I_1B_1	۷/۱۹ c	۴۴/۰۷ bcd	۹/۵۱ d	۴۴ d
I_1B_2	۷/۷۵ c	۴۶/۸۷ bcd	۱۰/۱۸ d	۴۷/۱۷ d
I_1B_3	۷/۹۲ c	۵۴/۹۷ ab	۱۴/۳۸ ab	۵۱/۵۱ bcd
I_1B_4	۷/۸۸ c	۶۳/۷ a	۱۵/۷۵ a	۵۱/۹۸ bcd
I_2B_1	۷/۶۸ c	۳۸/۸۳ cde	۹/۹۸ d	۴۹/۶۸ cd
I_2B_2	۸/۷۳ bc	۳۵/۲ de	۱۰/۵۵ d	۵۰/۹ bcd
I_2B_3	۱۱/۷۷ ab	۵۱/۳ abc	۱۱/۹۲ bcd	۵۶/۸۸ abc
I_2B_4	۱۲/۰۱ ab	۴۵/۵ bcd	۱۳/۹۸ ab	۵۹/۱ ab
I_3B_1	۹/۰۲ bc	۲۵/۲۷ e	۸/۴۱ d	۵۰/۹ bcd
I_3B_2	۱۲/۰۱ ab	۴۲/۳۷ bcd	۱۱/۳۵ bcd	۵۲/۷۳ bcd
I_3B_3	۱۳/۵۵ a	۴۰/۰۳ bcd	۱۱/۰۱ bcd	۵۹/۳۷ ab
I_3B_4	۱۲/۶۹ a	۴۳/۵۳ bcd	۱۰/۸۵ cd	۶۵/۳۴ a

†در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه هستند تفاوت معنی داری درسطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن ندارند.

عناصر روی و مس نیز احتمالاً در شرایط تنش خشکی، تر و خشک‌شدن متوالی و طولانی در خاک باعث رهاشدن این عناصر از بین لایه‌های رسی شده و غلظت این‌ها در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب را افزایش می‌دهد (Logan *et al.*, 1977). Sodayizadeh و Mansoori (۱۳۹۳) بررسی کردند که تنش خشکی موجب افزایش عناصر روی، آهن و مس در گیاه مریم‌گلی لوله‌ای گردید. Zolfi Bavariani و همکاران (۱۳۹۵) با کاربرد بیوچار مرغی تهیه‌شده با دمای ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ درجه سلیسیوس پی بردند که بیوچار تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سیلیسیوس بیشترین تأثیر در افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) دارد.سرعت زیاد تجزیه کود مرغی و بیوچار تهیه‌شده از آن رهاسازی سریعتر عناصر موجود در ساختار آنها را سبب شده است (Steiner *et al*., 2007).

منگنز برگ: تیمار I_3B_4 منگنز برگ را به میزان ۴۸ درصد نسبت به تیمار I_1B_1 افزایش داد و کمترین میزان این عنصر نیز مربوط به تیمار I_1B_1 بود (جدول ۷). منگنز و آهن از نظر جذب توسط گیاه رابطه عکس با یکدیگر دارند یعنی افزایش جذب منگنز باعث کاهش جذب آهن می‌گردد (Martins *et al*., 2003). تغییر در قابلیت استفاده عناصر غذایی کم مصرف در خاک تحت‌تأثیر ویژگی‌های مواد آلی و خاک است. با تجزیه مواد آلی، عناصر غذایی موجود در آن آزاد می‌شود، هر چند مکانیسم‌های متعددی مسئول افزایش یا کاهش نگهداری عناصر غذایی در خاک است (Van Herwijnen *et al*., 2007)، اما مطالعات نشان داد که اضافه‌نمودن بیوچار به خاک با تأثیر بر ظرفیت تبادل یونی و فعالیت‌های میکروبی بر قابلیت استفاده یون‌های غذایی مؤثر است (Atkinson *et al*., 2010). در آزمایشی تنش خشکی موجب افزایش روی و مس و کاهش منگنز گردید (Alizadeh *et al*., 2008). صفرزاده شیرازی و همکاران در سال ۱۳۹۸ با کاربرد بیوچار موجب افزایش منگنز در گیاه ریحان مقدس گردیدند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی بیشترین تأثیر روی صفات مربوط به تیمارهای کاربرد ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع بود. بین تیمارهای ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و همچنین تأثیر ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار در مترمربع بر صفات بیشتر بود، پس می‌توان با کاربرد ۰/۲۴ کیلوگرم بیوچار در مترمربع در وقت و هزینه صرفه‌جویی کرد. در تنش ۶۰ درصد نیاز آبی، به‌دلیل کاهش جذب عناصر، گیاه فرصت رشد را از دست داد و کمترین میزان رشدونمو داشت ولی میزان جذب عناصر آهن، روی و مس در شرایط تنش ۶۰ درصد نیاز آبی، نسبت به تنش ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشتر بود. تنش ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه رشدش کمتر بود، ولی با استفاده از بیوچار بخصوص با کاربرد ۰/۲۴ و ۰/۳۶ کیلوگرم بیوچار در مترمربع گیاه توانست کمبود رشد خود را جبران کند و تقریباً به حالت نرمال برسد. در تیمار آبیاری کامل نیز کاربرد بیوچار باعث افزایش جذب عناصر و رشد گیاه شد.

منابع

صفرزاده شیرازی، ص.، زیبایی، ز و استوار، پ. (۱۳۹۸) اثر بیوچار پوسته برنج بر رشد و غلظت عناصر غذایی کم مصرف در گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) تحت تنش آبی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۲: ۱۱۴-۱۰۱.

کافی، م.، گنجعلی، ع.، نظامی، ا. و شریعتمدار، ب. (۱۳۹۷) آب‌وهوا و عملکرد گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

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

Altland, J. E. and Locke, C. (2013) Effect of biochar type on macronutrient retention and release from soilless substrate. HortScience 48: 1397-1402.

Alizadeh, A., Majidi, A. and Mohammadi, Gh. (2008) Effect of water stress and soil nitrogen on nutrients absorption in corn plant ksc 704. Journal of Research in Agricultural Science 4: 51-59.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D. and Hipps, N. A. (2010) Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils. Plant and Soil 337: 1-18.

Basso, A. S., Miguez, F. E., Laird, D. A., Horton, R. and Westgate, M. (2013) Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. Global Change Biology Bioenergy 5: 132-143.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

Bremner, J. M. (1996) Nitrogen total. In: Methods of Soil Analysis. Part 3- Chemical Methods (ed. Sparks, D. L.) Pp. 1085-1121. Soil Science Society of America, Madison,Wisconsin.

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

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

Elbashier, M. M. A., Xiaohou, Sh., Albashir, A. S. A. and Mohmmed, A. (2018) Effect of digestate and biochar amendments on photosynthesis rate, growth parameters,water use efficiency and yield of chinese melon (*Cucumis melo* L.) under saline irrigation. Agronomy 8: 1-11.

Fay, I. O., Diouf, A., Guisse, M. S. and Diallo, N. (2006) Characterizing root response to low phosphorus in pearl millet. Agronomy Journal 98: 1187-1194.

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

Graber, E. R., Harel, Y. M., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., David, D. R., Tsechansky, L., Borenshtein, M. and Elad, Y. (2010) Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. Plant and Soil 337: 481-496.

Hall, G., Woodborne, S. and Scholes, M. (2008) Stable carbon isotope ratios from archaeological charcoal as palaeoenvironmental indicators. Chemical Geology 247: 384-400.

Helmke, P. A. and Sparks, D. L. (1996) Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. methods of soil analysis. part 3- chemical methods and microbiological properties. Soil Science of America and American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin 551-574.

Hemmat, A., Aghilinategh, N. and Sadeghi, M. (2010) Shear strength of repacked remoulded samples of a calcareous soil as affected by long-term incorporation of three organic manures in central Iran. Biosystems Engineering 107: 257-261.

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

Jalali, M. (2006) Kinetics of non-exchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of western Iran. Geoderma 135: 63-71.

Kharea, P., Dilshada,U. P., Routb, K., Yadava, V. and Jaina, S. (2013) Plant refuses driven biochar: Application as metal adsorbent from acidic solutions. Arabian Journal of Chemistry 226: 1-10.

Knowles, O. A., Robinson, B. H., Contangelo, A. and Clucas, L. (2011) Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. Science of the Total Enviornment 409: 3206-3210.

Kumar, S., Masto, R. E., Ram, L. C., Sarkar, P., George, J. and Selvi, V. A. (2013) Biochar preparation 373 from parthenium hysterophorus and its potential use in soil application. Journal of Ecological Engineering 55: 67-72.

Laird, D. A., Fleming, P., Davis, D. D., Horton, R., Wang, B. and Karlen, D. L. (2010) Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma158: 443-449.

Lehmann, J. and Joseph, S. (2009) Biochar for environmental management. Science, Technology and Implementation, London and Sterling,VA USA.

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

Liu, Y. F., Qi, H. Y., Bai, C. M. M., Qi, F., Xu, C., Hao, Q. J. H., Li, Y. and Li, T. L. (2011) Grafting helps improve photosynthesis and carbohydrate metabolism in leaves of muskmelon. International Journal of Biological Sciences 7: 1161-1170.

Lindsay, W. 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.

Logan, T. J., Goins, L. E. and Jlindsay, B. (1997) Field assessment of trace element uptake by six vegetables from n-viro soil. Water Environmental Research 69: 28-33.

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J. and Lehman, J. (2010) Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil 333: 117-128.

Martins, A. L. C., Batagha, O. C. Camargo, O. A. and Contarella, H. (2003) Corn yield and uptake of Cu, Fe, Mn and Zn from sewage sludge-amend soil with and without liming. Revista de Ciencias Sociales 27: 563-574.

Mesa, A. C. and Spokas, K. A. (2011) Impacts of biochar (black carbon) additions on the sorption and efficacy of herbicides. Herbicides Environment 315-340.

Mingzhu, H. and Feike, A. D. (2014) Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: A meta-analysis. New Phytologist 204: 924-931.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

Mukherjee, A., Hamdan, R., Cooper, W. T. and Zimmerman, A. R. A. (2013) Chemical comparison of freshly-produced and field-aged biochars and biochar-amended soils. Chemosphere, Solid Earth Discussions 6: 731-760.

Najafi-Ghiri, M. (2015) Effect of different biochars application on some soil properties and potassium pools distribution in a calcareous soil Iran. Journal of Soil Science 29: 351-358.

Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M. and Ambaw, G. (2012) Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa* L.) grown in chromium polluted soils. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 12: 369-376.

Nowroozi, M., Tabatabaei, H., Nori, R. and Mottaghian, H. (2017) Short-term effects of biochar produced from date palm's leaves on moisture retention in sandy loam soil. Journal of Water and Soil Resources Conservation 6: 138-149.

Olympios, C. (1992) Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. Horticultural Science 323: 215-234.

Rasuli, V. and Golmohammadi, M. (2009) Evaluation of drought stress tolerance in grapevine cultivars of qazvin province. Seed and Plant Improvement Journal 2: 349-359.

Rodrigues, J. G., Edvardo, P. M. J., Forner, B. and Angeles, F. (2010) Citrus rootstock response to water stress. Scientia Horticulturae 126: 95-102.

Sangeetha, M., Singaram, P. and Uma Devi, R. (2006) Effect of lignite humic acid and fertilizer on yield of onion and nutrient availability. International Union of Soil Science 21: 163-168.

Sarah, C., Simon, Sh., Saran, S., Tan Boun, S. and Stephan, H. (2013) The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and Cabbage (*Brassica chinensis*). Agronomy 3: 404-418.

Sinaki, J. M., Heravan, E. M., Shirani, A. H., Noormohammadi, G. and Zarei, G. (2007) The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural and Environmental Sciences 2: 417-422.

Sodayizadeh, H. and Mansoori, F. (2014) Effects of drought stress on dry matter accumulation, nutrient concentration and soluble carbohydrate of *Salvia macrosiphon* as a medicinal plant. Arid Biome 4: 1-9.

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.

Spokas, K. A., Baker, J. M. and Reicosky, D. C. (2010) Ethylene: Potential key for biochar 420 amendment impacts. Plant and Soil 333: 443-452.

Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., MaceDo, J. L. V., Blum, W. E. H. and Zech, W. (2007) Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central amazonian upland soil. Plant and Soil 291: 275-290.

Tate, R. L. (2000) Soil Microbiology. John Wily and Sons. New York, USA.

Troeh, F. R. and Thompson, L. M. (2005) Soils and Soil Fertility. Blackwell Publishing, Iowa, US.

Uzoma, K., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A. and Nishihara, E. (2011) Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. Soil Use and Manag 27: 205-212.

Vaccari, F. P., Maienza, A., Miglietta, F., Baronti, S., Di Lonardo, S., Giagnoni, L., Lagomarsino, A., Pozzi, A., Pusceddu, E., Ranieri, R., Valboa, G. and Genesio, L. (2015) Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. Agriculture, Ecosystems and Environment 207: 163-170.

Van Herwijnen, R., Hutchings, T., Al-Tabbaa, A., Moffat, A., Johns, M. and Ouki, S. (2007) Remediation of metal contaminated soil with mineral-amended composts. Environmental Pollution 150: 347-354.

Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K., Downie, A., Rust, J., Joseph, S. and Cowie, A. (2010) Effects of biochar from slow pyrolysis of paper mill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant and Soil 327: 235-246.

Zolfi Bavariani, M., Ronaghi, A., Karimian, N., Ghasemi, R. and Yasrebi, J. (2016) Effect of poultry manure derived biochars at different temperatures on chemical properties of a calcareous soil. Journal of Water and Soil Science 20: 73-86.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]

Effect of palm leaf biochar application on some physiological and biochemical characteristics of melon plants (*Cucumis melo* cv. Samsouri) under drought stress

Sajad Bagheri[1], Mohammad Reza Hassandokht[2]*, Abbas Mirsoleimani[3], Amir Mousavi[4]

[1] Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Horticultural Sciences, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[3] Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab,Shiraz University, Shiraz, Iran
[4] National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran
(Received: 21/02/2021, Accepted: 06/07/2021)

Abstract

In order to investigate the effect of palm leaf biochar on some characteristics of *Cucumis melo* L. under drought stress, a split plot experiment was conducted in a completely randomized block design with three replications for two consecutive years. The main plot included irrigation level (60, 85, and 100% water requirement) and subplot was biochar in four levels (0, 0.18, 0.24, and 0.36 kg/m2). Results showed that treatment of 0.24 kg/m2 biochar and 100% water requirement increased the characteristics of shoot fresh weight up to 77%, shoot dry weight up to 32%, root fresh weight up to 100%, root dry weight up to 84%, root length up to 54%, and average fruit weight 84%, water use efficiency up to 88%, compared to the treatment without biochar and 60% water requirement. The biocharfree treatment with 60% water requirement accounted for the highest amount of proline due to high stress, and the proline content reduced with increasing biochar and decreasing stress in treatments. The highest level of leaf N, Mn and K, shoot length, leaf area, leaf number, fruit diameter and fruit flesh thickness in the treatment of 0.36 kg/m2 biochar and 100% water requirement were higher up to 58%, 48%, 65%, 18%, 50%, 95%, 43% and 55%, compared to the treatment without biochar and 60% water requirement respectively and had no significant difference with the treatment of 0.24 kg/m2 biochar and 85% water requirement. The highest rates of Fe, Zn and Cu were related to 0.36 kg/m2 biochar and 60% water requirement as 60, 44 and 66% respectively compared to the treatment without biochar and 100% water requirement. Generally, the treatments of 0.24 and 0.36 kg/m2 of biochar increased most of the characteristics, however no significant difference was observed between these treatments. Moreover, in 85% water requirement the drought stress conditions could compensate with the application of biochar. Thus, using 0.24 kg/m2 of biochar and 85% of water requirement, recommended for the best result.

Key words: Biochar; Drought stress; Macronutrient; Micronutrient.

Corresponding author, Email: mrhassan@ut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.5.3]