مقاله پژوهشی

اثر بیوچار بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو گونه (علف‌پشمکی) *Bromus tomentellus* و (یونجه) *Medicago sativa*

زهرا عباس نسب[۱]، مهدی عابدی[۱*]، سید احسان ساداتی[۲]

[۱] دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس، [۲] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱)

چکیده

بیوچار یا زغال زیستی، یک محصول غنی از کربن است که از سوختن انواع مختلف زیست‌توده در شرایط اکسیژن کم یا بدون اکسیژن تولید می‌شود. در این تحقیق اثر کاربرد بیوچار در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی، بر خصوصیات مورفولوژیکی مانند ارتفاع، سطح ویژه برگ، زیست‌توده اندام هوایی و زمینی، طول و حجم ریشه و خصوصیات فیزیولوژیکی مانند کلروفیل، تبادلات گازی و نشت الکترولیت در دو گونه *Bromus tomentellus* و *Medicago sativa* بررسی شد. نتایج نشان داد که بیوچار باعث افزایش ارتفاع گونه‌های *M. sativa* و *B. tomentellus* شده که این افزایش در بیوچار سطح ۰/۵ درصد وزنی بیش‌تر از بیوچار در سطح ۱ درصد است. اما در گونه *M. sativa* بین گونه شاهد و سطح ۱ درصد بیوچار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در هر دو گونه مورد بررسی، بیوچار بر سطح ویژه برگ، تأثیر معنی‌داری ندارد. در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر زیست‌توده هوایی و زمینی تأثیر معنی‌داری ندارد. در گونه *M. sativa* بیوچار بر زی‌توده هوایی تأثیر معنی‌داری نداشت ولی باعث افزایش معنی‌داری زی‌توده زمینی شد. حجم و طول ریشه در هر دو گونه مورد بررسی تحت تأثیر بیوچار افزایش معنی‌داری پیدا کرد که افزایش غلظت بیوچار باعث کاهش معنی‌داری دو پارامتر مذکور شد. در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر کلروفیل تأثیر معنی‌داری نداشت ولی در گونه *M. sativa* سطح ۰/۵ درصد وزنی بیوچار باعث افزایش معنی‌داری کلروفیل شد. تبادلات گازی برگ، با افزایش غلظت بیوچار، افزایش می‌یابد. بیوچار بر نشت الکترولیت هر دو گونه مورد بررسی، تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی، بیوچار می‌تواند اثرات مثبتی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان مرتعی مورد مطالعه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، کربن، صفات کارکردی، *Bromus tomentellus*، *Medicago sativa*

مقدمه

امروزه تعداد زیادی از ضایعات یا محصولات جانبی در زمینه‌های کشاورزی و صنعتی با بهبود کیفی زندگی انسان تولید شده است. در سراسر جهان، مدیریت عملی و دفع بی‌رویه این زیست‌توده به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های زیست محیطی تبدیل شده است (Oh *et al.*, 2012). پیرولیز (Pyrolysis) به‌طور گسترده‌ای در طی قرن‌ها برای حل این مشکلات به عنوان یک روش جایگزین برای مدیریت طیف وسیعی از مواد زائد آلی استفاده می شود (Kanri and Shinogi, 2003)، زیرا این فرایند، سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن است (Abdel-Fattah *et al.*, 2015) و می‌تواند وزن، حجم و بوی نامطبوع زیست‌توده

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Mehdi.abedi@modares.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

را کاهش دهد و همچنین باعث می‌شود محصول آسان‌تر بدست آید (Shinogi *et al.*, 2003). به‌طور خاص، بیوچاری که از طریق پردازش پیرولیز تولید می‌شود به عنوان یک ماده مفید بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Oh *et al.*, 2012).

بیوچار ماده‌ای غنی از کربن است که از حرارت‌دادن زیست‌توده در شرایط اکسیژن محدود تهیه می‌شود (Abdel-Akhtar *et al.*, 2015; Fattah *et al.*, 2015) و برای ایجاد آن از طیف گسترده‌ای از زیست‌توده مانند گراس‌ها، چغندرقند، ضایعات زراعی و لجن فاضلاب می‌توان استفاده کرد (Free *et al.*, 2010). ویژگی‌های بیوچار به شدت تحت تأثیر نوع مواد اولیه آن، قرار دارد، بنابراین تأثیر آن بر متغیرهای رشد گیاهی بسته به نوع بیوچار مشخص خواهد شد (بهنام و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعه Kim و همکاران (۲۰۱۲)، پیرامون تأثیر پیرولیز گونه *Pinus rigida* در سه دمای ۳۰۰، ٤۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیوچار، نشان داد که افزایش دمای پیرولیز باعث کاهش عملکرد بیوچار خواهد شد.

براساس نوع زیست‌توده‌ای که بیوچار از آن تولید می‌شود، بیوچارها حاوی مقادیر زیادی عناصر غذایی هستند که می‌تواند جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار دهد (Gaskin *et al.*, 2008) و باعث احیای علفزار در چندین زیستگاه تخریب‌شده می‌گردد (Ohsowski *et al.*, 2017). همچنین بیوچار به عنوان اصلاح‌کننده ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شناخته شده است (بهنام و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج تحقیق Dong و همکاران (۲۰۱۵)، به اهمیت بیوچار به عنوان اصلاح‌کننده ویژگی‌های خاک و افزایش‌دهنده رشد محصول اشاره دارد. مطالعات Gaskin و همکاران (۲۰۰۸) پیرامون ارزیابی پتانسیل بیوچار برای افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک‌های شنی نشان داد که بیوچار برای رشد و جوانه‌زنی گیاه، نگهداری آب و مواد غذایی، مفید است. افزودن بیوچار به خاک باعث تغییر در برخی ویژگی‌های خاک مانند pH، مقدار کربن آلی و همچنین قابلیت استفاده برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به‌خصوص پتاسیم (نجفی‌قیری، ۱۳۹٤) و افزایش ظرفیت زراعی و کاهش تخلخل خاک می‌گردد (Alburquerque *et al.*, 2014). همچنین بهترین تیمار برای بهبود و افزایش توان گیاه‌پالایی محسوب می‌شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹٦).

گویلی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی اثر بیوچار کود گاوی و تنش رطوبتی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب اسفناج در شرایط گلخانه‌ای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیوچار تنش رطوبتی سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، آب مصرفی، وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد درحالی‌که شاخص سبزینگی، سطح برگ و هدایت روزنه‌ای را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. Carter و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند کاربرد سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۵۰ گرم در کیلوگرم بیوچار تولیدشده از پوسته برنج، سبب افزایش نهایی زیست‌توده گیاهی، زیست‌توده ریشه، ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها در کاهو و کلم در مقایسه با شاهد (بدون مصرف بیوچار) شد. در مطالعه Sun و همکاران (۲۰۱۷) پیرامون رشد و پاسخ‌های متابولیکی ریشه ذرت به کاربرد بیوچار نی *Phragmites australis* در مقدارهای مختلف، کاربرد بیوچار در میزان ۱ تا ۵ درصد، باعث تغییرات فیزیولوژیکی گیاهان ذرت از جمله افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه، و بهبود محتوای کلروفیل و فتوسنتز شد که منجر به افزایش محصول و عملکرد گیاه ذرت گردید. عباس‌پور و همکاران (۱۳۹٦)، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) به‌وسیله بیوچار تولیدشده از ضایعات چوب درخت گردو در کوره بدون اکسیژن با دمای ٤۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار در مقایسه با مصرف ۲۰ تن در هکتار، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. به‌طورکلی مطالعات مربوط به بیوچار از تنوع بالایی برخوردار است (Teat, 2014). از آن جایی‌که در ایران، تحقیقات در زمینه بررسی تأثیر بیوچار بر صفات کارکردی گونه‌های مرتعی، نادر است، این تحقیق به‌دنبال اثر کاربرد سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی بیوچار بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو گونه مرتعی *Bromus tomentellus* (علف‌پشمکی) و *Medicago sativa* (یونجه) در مقیاس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

گلخانه است. با توجه به این‌که گونه‌های غالب اکثر مراتع ایران، گندمیان و بقولات می‌باشند و این گیاهان دارای اهمیت ویژه‌ای هستند (Armaki *et al.*, 2013) برای این تحقیق، این دو گونه مهم مرتعی انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

تولید بیوچار: جهت تولید بیوچار، بقایای شاخه‌های *Acer monspessulanum* و بوته *Artemisia sieberi*، همچنین ساقه‌های خشک *Agropyron cristatum* از منطقه گردنه یاخچیکلان و سولگرد واقع در پارک ملی گلستان، جمع‌آوری و استفاده شد. بدین صورت که، ابتدا زی‌توده جمع‌آوری شده، هوا خشک شد. سپس به قطعات کوچک خرد و بعد از آن به وسیله آسیاب پودر شده و بر اثر سوختن در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت در دستگاه پیرولیز در آزمایشگاه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی تربیت مدرس، بیوچار تولید شد (Oh *et al.*, 2012). برخی از ویژگی‌های بیوچار تولید شده اندازه‌گیری و در جدول ۱ آورده شد.

کاشت گونه‌ها و اعمال تیمار بیوچار: بذر دو گونه مورد مطالعه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرهای *B. tomentellus* از روستای حنا در ۲۰ کیلومتری سمیرم و بذر *M. sativa* از روستای مهاجران همدان جمع‌آوری شده است. به‌منظور بررسی صفات کارکردی، بیوچار تولیدشده (ترکیبی از هر سه نوع زی‌توده چوبی، بوته‌ای و گندمی به نسبت یکسان) در سه سطح صفر، ۰/۵، ۱ درصد وزنی (Olmo *et al.*, 2016)، با خاک گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۴ و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر، حاوی مخلوطی از خاک جمع‌آوری شده از پارک ملی گلستان و ماسه شسته شده، (۱:۲)، ترکیب شد و سپس ۲۵ عدد بذر از گونه *B. tomentellus* و ۲۵ عدد بذر از گونه *M. sativa* هر کدام در ۱۰ تکرار (گلدان) در گلخانه مرتعداری دانشکده منابع طبیعی تربیت مدرس کاشته شد. گلدان‌ها هر روز به مقدار نیاز گیاه و با توجه به ظرفیت زراعی خاک بستر گلدان‌ها، آبیاری شدند. سپس ۱۵ پایه گیاهی در هر گلدان انتخاب شد. گیاهان پس از رسیدن به رشد کافی (۱۲ هفته)، برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژی انتخاب شدند.

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژی: در یک روز آفتابی، میزان تعرق (Transpiration) برگ، هدایت روزنه‌ای (Stomata conduntance) و نرخ فتوسنتز خالص (Net photosynthesis rate) (هر یک ۱۰ تکرار)، توسط دستگاه پرتابل اندازه‌گیری تبادلات گازی (Model LCpro+, ADC BioScientific Ltd., Hertfordshire, UK)، اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل برگ (۱۰ تکرار)، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD-502 اندازه‌گیری شد.

نشت الکترولیت براساس روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد (پنج تکرار). براساس این روش از هر گیاه شش برگ توسعه‌یافته قطع و پس از سه بار شستشو با آب مقطر به لوله آزمایش انتقال داده شد. به هر یک از لوله‌های آزمایش به میزان ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه گردید و نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر با ۱۵۰ دور در دقیقه قرار داده شد. در مرحله بعد نمونه‌ها به‌مدت یک دقیقه ورتکس و هدایت الکتریکی آن‌ها به‌عنوان هدایت الکتریکی اولیه توسط EC متر مدل CC-501 اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ثانویه، نمونه‌ها به‌مدت ۴۰ دقیقه درون اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از اتمام اتوکلاو و رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط، مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها به‌عنوان هدایت الکتریکی ثانویه اندازه‌گیری شد و درنهایت درصد نشت یونی از حاصل تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر ثانویه محاسبه گردید.

اندازه‌گیری پارامترهای مورفولوژی: در این تحقیق در انتهای دوره آزمایش، پارامترهای مورفولوژی از قبیل ارتفاع (۱۰ تکرار)، سطح ویژه برگ (پنج تکرار)، زی‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی، طول و حجم ریشه (سه تکرار)، اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاهان از ناحیه یقه به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری سطح ویژه برگ، پس از قطع برگ‌ها و قراردادن در پلاستیک دارای خلأ (برای حفظ تازگی برگ) و انتقال به آزمایشگاه، ابتدا برگ‌ها با استفاده از دستگاه اسکنر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های بیوچار تولید شده

ویژگی	pH	Ec (ms/cm)	H	O	N	C	C/N	موادفرار	خاکستر
			(%)					(٪)	
مقدار	۷/۵۰	۴۷۵	۵/۶۹	۳/۴۲	۰/۲۲	۹۰/۶۷	۴۱۲/۱۳	۷۹/۷۱	۸/۵۷

اسکن شد. سپس به‌مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید. بعد از خشک‌شدن برگ‌ها و توزین آنها با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم)، جهت اندازه‌گیری نسبت سطح برگ از نرم‌افزار ImagaJ استفاده گردید (Berihun *et al.*, 2017). سطح ویژه برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{سطح ویژه برگ} = \frac{\text{سطح برگ (سانتی متر مربع)}}{\text{وزن خشک برگ (گرم)}}$$

همچنین در انتهای آزمایش، از هر تیمار سه تکرار، جهت اندازه‌گیری زی‌توده اندام‌های هوایی و زمینی، طول و حجم ریشه، از گلدان خارج شد. بدین صورت که ابتدا گیاهان از قسمت یقه برای اندازه‌گیری زی‌توده اندام هوایی قطع‌شده، سپس، ریشه‌ها از خاک خارج و پس از شستشوی خاک اطراف ریشه، طول ریشه و حجم ریشه اندازه‌گیری شد. طول ریشه با استفاده از خط‌کش و حجم ریشه با استفاده از لوله مدرج (افزایش حجم آب در لوله مدرج) اندازه‌گیری شد (Bohm, 1979). پس از آن اندام‌های هوایی و ریشه‌ها در آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) قرار داده شد و بعد از توزین با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم)، زی‌توده اندام‌های هوایی و زمینی تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: به‌منظور تعیین مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر صفات در گونه‌های مورد بررسی و تیمار بیوچار از مدل خطی ترکیبی عمومی (General linear mixed model) استفاده شد. در مدل گلدان‌ها به‌عنوان عامل تصادفی و اثر بیوچار و گونه‌ها به‌عنوان اثر اصلی لحاظ شد. بدین منظور از توزیع گاوسی و نیز تابع پیوند همانی (Identity) استفاده شد و اثر تصادفی داده‌ها براساس تعداد گلدان در گونه در نظر گرفته شد. ارزیابی مدل براساس خروجی فیشر (F) تحلیل شد. به‌منظور مقایسه میانگین تیمارها نیز از حداقل مربعات میانگین و آزمون تی غیرجفتی استفاده شد. کلیه آزمون‌ها در نرم‌افزار R نسخه ۳.۲.۲ انجام شد.

نتایج

برخی از ویژگی‌های بیوچار تولیدشده در جدول ۱ ارائه شده است. به‌طورکلی این بیوچار دارای درصد بالای کربن، مواد فرار، نسبت کربن به نیتروژن و درصد کمی از نیتروژن و اکسیژن است که نشان‌دهنده مطلوب‌بودن کیفیت بیوچار تولید شده است (Asadullah *et al.*, 2007).

با توجه به خروجی آزمون فیشر، اثر بیوچار بر ارتفاع، زیست‌توده زیرزمینی ، حجم ریشه ، طول ریشه، کلروفیل، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، در سطح ۵ درصد دارای معنی‌داری بود و بر پارامترهای زیست‌توده هوایی، کلروفیل، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، گونه تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین اثر متقابل تیمار در گونه، بر پارامترهای ارتفاع زیست‌توده هوایی، زیست‌توده زمینی، هدایت روزنه‌ای و تعرق، تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

مقایسه میانگین بین گونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که، در گونه *B. tomentellus* بیوچار باعث افزایش ارتفاع، حجم ریشه، طول ریشه، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق می‌شود. درحالی‌که بر سطح ویژه برگ، زیست‌توده هوایی، زمینی، کلروفیل و نشت الکترولیت تأثیر معنی‌داری ندارد. در گونه *M. sativa* بیوچار باعث افزایش ارتفاع، زیست‌توده زمینی، حجم ریشه، طول ریشه، کلروفیل، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق می‌شود. درحالی‌که بر سطح ویژه برگ، زیست‌توده هوایی و نشت الکترولیت تأثیر معنی‌داری ندارد (شکل ۱ و ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

جدول ۲- نتایج اثر یک‌جانبه و متقابل بیوچار و گونه‌ها بر بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی با استفاده از مدل خطی ترکیبی عمومی

		Df	p-value	F-value
ارتفاع	بیوچار	۲	<۰/۰۰۰۱	۱۱٤/۰٤
	گونه	۲	۰/۹۱	۰/۰۱
	بیوچار × گونه	۲	۰/۰۰۰۹	۸/۲۱
سطح ویژه برگ	بیوچار	۲	۰/۷۵	۰/۲۹
	گونه	۲	۰/۲٤	۱/٤۹
	بیوچار × گونه	۲	۰/۱۸	۱/۸۵
زیست‌توده هوایی	بیوچار	۲	۰/۳۵	۱/۱۷
	گونه	۲	۰/۰۰۲	۱٦/۷۱
	بیوچار × گونه	۲	۰/۰۵	٤/۰۵
زیست‌توده زمینی	بیوچار	۲	۰/۰۲	٦/۳۲
	گونه	۲	۰/۹۸	۰
	بیوچار × گونه	۲	۰/۰۳	۵/۱۷
حجم ریشه	بیوچار	۲	۰/۰۰٤	۱۰/٤۷
	گونه	۲	۰/٦۵	۰/۲۲
	بیوچار × گونه	۲	۰/۸۱	۰/۲۲
طول ریشه	بیوچار	۲	<۰/۰۰۰۱	٦۹/۸۷
	گونه	۲	۰/۱۳	۲/٦۷
	بیوچار × گونه	۲	۰/۷۵	۰/۲۹
کلروفیل	بیوچار	۲	۰/۰۰۰۷	۸/٦٦
	گونه	۲	<۰/۰۰۰۱	۱۳۸۱/۹۵
	بیوچار × گونه	۲	۰/۳۵	۱/۰۹
فتوسنتز	بیوچار	۲	<۰/۰۰۰۱	۷۸/۰۱
	گونه	۲	<۰/۰۰۰۱	۱۰۲۵/۳٦
	بیوچار × گونه	۲	۰/۱٤	۲/۰۸
هدایت روزنه‌ای	بیوچار	۲	<۰/۰۰۰۱	۳۳/۳۱
	گونه	۲	<۰/۰۰۰۱	۲۲۷/۲۲
	بیوچار × گونه	۲	۰/۰۰۰۱	۱۰/۹۹

مقادیر P نشان‌دهنده میزان تأثیر در سطح احتمال ۹۵ درصد ارائه شده است. مقادیر پر رنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است.

بحث

نتایج نشان می‌دهد بیوچار باعث افزایش ارتفاع گونه‌های *M. sativa* و *B. tomentellus* شده که این افزایش در بیوچار سطح ۰/۵ درصد وزنی بیش‌تر از بیوچار در سطح ۱ درصد است. اما در گونه *M. sativa* بین گونه شاهد و سطح ۱ درصد بیوچار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در بررسی Berihun و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

ادامه جدول ۲-

		Df	p-value	F-value
تعرق	بیوچار	۲	<۰/۰۰۰۱	۵۰/۷۱
	گونه	۲	<۰/۰۰۰۱	۲۰۸/۲۱
	بیوچار × گونه	۲	۰/۰۰۰۳	۹/۸۸
نشت الکترولیت	بیوچار	۲	۰/۴۷	۰/۷۹
	گونه	۲	۰/۴۰	۰/۷۳
	بیوچار × گونه	۲	۰/۱۲	۲/۳۸

مقادیر P نشان‌دهنده میزان تأثیر در سطح احتمال ۹۵ درصد ارائه شده است. مقادیر پر رنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است.

همکاران (۲۰۱۷) بر روی گونه (*Pisum sativum* L.)، بیوچار تهیه‌شده از چوب ذرت و گونه *Lantana camara* باعث افزایش ارتفاع گیاه شده است. در مطالعه Carter و همکاران (۲۰۱۳) بیوچار حاصل از پوسته برنج باعث افزایش ارتفاع در گونه‌های (*Lactuca sativa*) و (*Brassica chinensis*) شد. به‌نظر می‌رسد رابطه مثبتی بین رشد گیاه و بیوچار اضافه‌شده به خاک وجود دارد (Bhattarai *et al.*, 2015). اثرات مثبت بیوچار بر رشد گیاه و عملکرد محصول، عمدتاً مربوط به دسترسی به مواد مغذی بیش‌تر و یا بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک است (Jeffery *et al.*, 2011; Hossain *et al.*, 2011).

در هر دو گونه مورد بررسی، بیوچار بر سطح ویژه برگ، تأثیر معنی‌دار ندارد که با نتایج Eyles و همکاران (۲۰۱۵)، بر روی درخت سیب، همخوانی دارد. اما نتایج تحقیق Alburquerque و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهد بیوچار باعث افزایش سطح ویژه برگ در گیاه آفتابگردان شده است.

طبق نتایج بدست آمده از این تحقیق، در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر زی‌توده هوایی و زمینی تأثیر معنی‌داری ندارد. در گونه *M. sativa* بیوچار بر زی‌توده هوایی تأثیر معنی‌دار نداشت ولی باعث افزایش معنی‌دار زی‌توده زمینی شد. در مطالعه Biederman و همکاران (۲۰۱۳)، زی‌توده هوایی افزایش و زی‌توده زمینی تأثیر معنی‌داری در پاسخ به بیوچار نشان نداد. نتایج حاصل از مطالعات Chan و همکاران (۲۰۰۷)، بر روی گونه (*Raphanus sativus*) بیان می‌کند، بیوچار بر روی زی‌توده هوایی افزایش معنی‌دار ندارد. بیوچار به‌دلیل نقش تغذیه‌ای و باروری خاک می‌تواند منجر به افزایش رشد محصول شود (Van Zwieten *et al.*, 2010).

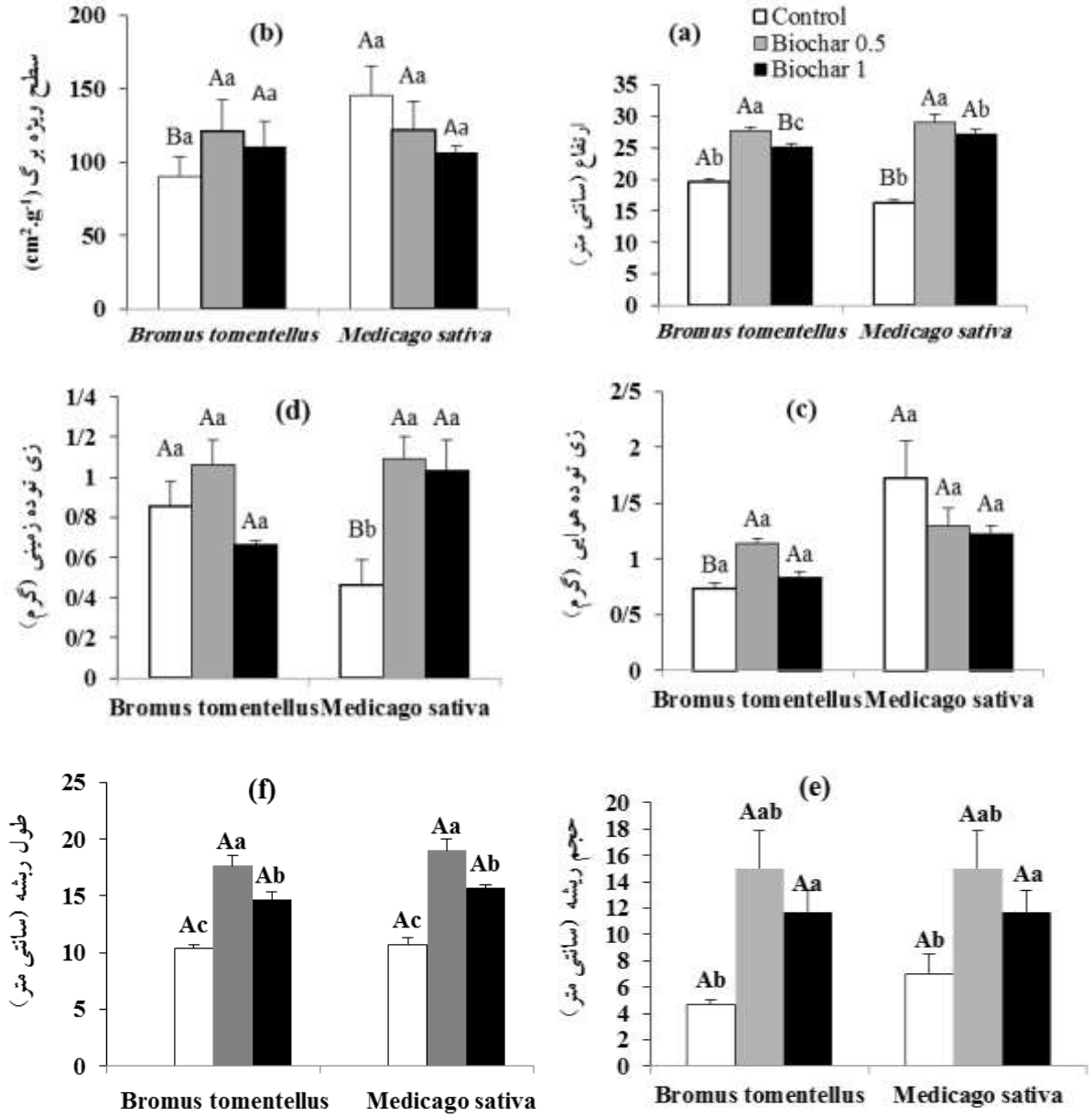
حجم و طول ریشه در هر دو گونه مورد بررسی تحت تأثیر بیوچار افزایش معنی‌دار پیدا کرد که با مطالعات Olmo و همکاران (۲۰۱۶)، پیرامون اثر بیوچار بر رشد و توسعه ریشه گندم، همخوانی دارد. تغییر در مورفولوژی ریشه ممکن است به‌دلیل تغییر در ویژگی‌های خاک به‌وسیله اضافه‌کردن بیوچار باشد (Olmo *et al.*, 2016).

در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر کلروفیل تأثیر معنی‌دار نداشت ولی در گونه *M. sativa* سطح ۰/۵ درصد وزنی بیوچار باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل شد که این افزایش کلروفیل با مطالعات Sun و همکاران (۲۰۱۷)، بر روی گونه *Zea mays* L. همخوانی دارد. افزایش محتوی کلروفیل به‌عنوان عامل مهم در دستگاه فتوسنتزی گیاه موجب افزایش رشد آن می‌شود که به‌نظر می‌رسد، بیوچار بر روند رشد *M. sativa* اثر مثبت داشته و آن‌را تقویت کرده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در هر دو گونه مورد بررسی، بیوچار باعث افزایش معنی‌دار تبادلات گازی برگ شد که با مطالعات Akhtar و همکاران (۲۰۱۵)، بر روی گیاه گندم، همخوانی دارد.

در این تحقیق، بیوچار بر نشت الکترولیت هر دو گونه مورد بررسی، تأثیر معنی‌دار نداشت در صورتی‌که برخی مطالعات کاهش نشت الکترولیت را گزارش کرده‌اند (Conversa *et al.*, 2015; Nadeem *et al.*, 2017; Rizwan *et al.*, 2018). در تحقیقات مختلف به طولانی‌بودن زمان تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

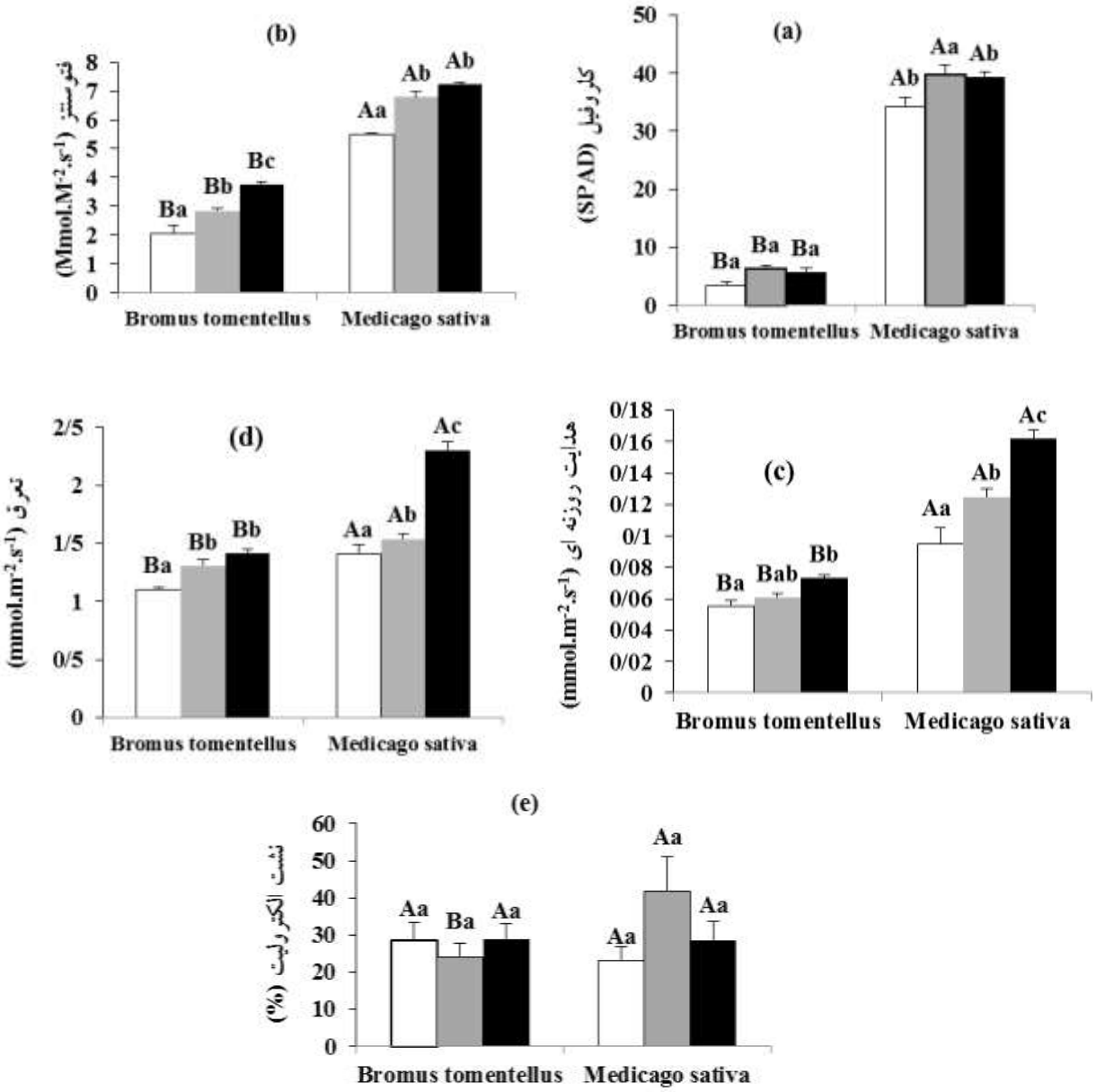


شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر بیوچار بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو گونه *B. tomentellus* و *M. sativa*. حروف متفاوت اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. حروف کوچک نشان‌دهنده مقایسه گونه‌ها در شاهد و تیمار و حروف بزرگ نشان‌دهنده مقایسه اثر تیمار در هر یک از گونه‌های مورد مطالعه است. ارتفاع (a)، سطح ویژه برگ (b)، زی‌توده هوایی (c)، زی‌توده زمینی (d)، حجم ریشه (e)، طول ریشه (f)، کلروفیل (g)، فتوسنتز (h)، هدایت روزنه‌ای (i)، تعرق (j) و نشت الکترولیت (k).

بیوچار بر رشد گیاهان اشاره شده است، به‌گونه‌ای که با گذشت زمان اثرات مثبت بیوچار بیش‌تر می‌شود (Schulz *et al.*, 2014). به‌طورکلی ویژگی‌های بیوچار و چگونگی تأثیر آن بر گیاه بستگی به عوامل مختلفی مانند نوع مواد اولیه بیوچار، میزان مصرف آن، ویژگی‌های خاک و شرایط محیطی دارد (Chan *et al.*, 2011; Schulz *et al.*, 2012; Jeffery *et al.*, 2009) و حتی بیش‌تر از مواد آلی می‌تواند باروری خاک و ذخیره مواد غذایی را افزایش دهد (Lehmann, 2007).

در نتیجه‌گیری کلی این تحقیق می‌توان گفت، بیوچار بر گونه لگوم در مقایسه با گندمی، تأثیر بیش‌تری دارد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر بیوچار بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو گونه *B. tomentellus* و *M. sativa* بر صفات کلروفیل (a)، فتوسنتز (b)، هدایت روزنه‌ای (c)، تعرق (d) و نشت الکترولیت (e). حروف متفاوت اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. حروف کوچک نشان‌دهنده مقایسه گونه‌ها در شاهد و تیمار و حروف بزرگ نشان‌دهنده مقایسه اثر تیمار در هر یک از گونه‌های مورد مطالعه است.

پیشنهادات

از آن جایی‌که بیوچار براساس نوع زیست‌توده اولیه تولیدشده از آن، میزان مصرف و ویژگی‌های خاک، می‌تواند اثرات متفاوتی داشته باشد، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیش‌تری پیرامون انواع بیوچار بر صفات کارکردی گونه‌های مهم مرتعی صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در گلخانه و آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی تربیت مدرس انجام شد. بدین‌وسیله از دانشگاه تربیت مدرس بابت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

تأمین هزینه این تحقیق کمال تشکر را داریم.

منابع

بهنام، ه.، فرخیان فیروزی، ا. و معزی، ع. (۱۳۹۵) تأثیر بیوچار و کمپوست باگاس نیشکر بر برخی ویژگی‌های مکانیکی خاک. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۳: ۲۳۵-۲۵۰.

جعفری، م.، معمری، م.، جهانتاب، ا. و ضرغام، ع. ا. (۱۳۹٦) تأثیر کمپوست زباله شهری و بیوچار بر توانایی گیاه‌پالایی گونه *Bromus tomentellus* Boiss در شرایط گلخانه‌ای. نشریهٔ علمی پژوهشی مرتع ۲: ۱۹٤-۲۰٦.

عباس‌پور، ف.، اصغری، ح. ر.، رضوانی‌مقدم، پ.، عباس‌دخت، ح.، شباهنگ، ج. و بابایی، ع. (۱۳۹٦) تأثیر کاربرد بیوچار بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه *Nigella sativa* L. در شرایط کم آبیاری. ماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۳: ۸۳۷-۸۵۲.

گویلی، ا.، موسوی، س. ع. ا. و کامگار حقیقی، ع. ا. (۱۳۹۵) اثر بیوچار کود گاوی و تنش رطوبتی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب اسفناج در شرایط گلخانه‌ای. مجله پژوهش آب در کشاورزی ۳۰: ۲٤٤_۲۵۹.

نجفی‌قیری، م. (۱۳۹٤) تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصر غذایی در یک خاک آهکی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۹: ۳۵۱-۳۵۸.

Abdel-Fattah, T. M., Mahmoud, M. E., Ahmed, S. B., Huff, M. D., Lee, J. W. and Kumar, S. (2015) Biochar from woody biomass for removing metal contaminants and carbon sequestration. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 22: 103-109.

Akhtar, S. S., Andersen, M. N. and Fulai, L. (2015) Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress, Agricultural Water Management 158: 61-68.

Alburquerque, J. N., Calero, J. M., Barron, V., Torrent, J., Campillo, M. C. D., Gallardo, A. and Villar, R. (2014) Effects of biochars produced from different feedstocks on soil properties and sunflower growth. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 177: 16-25.

Armaki, M. A., Hashemi, M. and Azarnivand, H. (2013) Physiological and morphological responses of three Bromus species to drought stress at seedling stage and grown under germinator and greenhouse conditions. African Journal of Plant Science 7: 155-161.

Asadullah, M., Rahman, M. A., Ali, M. M., Rahman, M. S., Motin, M. A., Sultan, M. B. and Alam, M. R. (2007) Production of bio-oil from fixed bed pyrolysis of bagasse. Fuel 86: 2514-2520.

Berihun, T., Tolosa, S., Tadele, M. and Kebede, F. (2017) Effect of biochar application on growth of garden pea (*Pisum sativum* L.) in acidic soils of bule woreda gedeo zone Southern Ethiopia. International Journal of Agronomy 6: 1-8.

Bhattarai, B., Neupane, J., Dhakal, S. P., Nepal, J., Gnyawali, B., Timalsina, R. and Poudel, A. (2015) Effect of Biochar from different origin on physio-chemical properties of soil and yield of garden pea (*Pisum sativum* L.) at Paklihawa, Rupandehi. Nepal World Journal of Agricultural Research 3: 129-138.

Biederman, L. and Harpole, W. S. (2013) Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. Global Change Bioenergy 5: 202-214.

Bohm,W. (1979) Methodes of Studying Root Systems. Springer-Verlag, Berlin.

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 llettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). Journal of Agronomy 3: 404-418.

Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. (2007) Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research 45: 629-634.

Chan, K. Y. and Xu, Z. (2009) Biochar: nutrient properties and their enhancement. Biochar for Environmental Management: Science and Technology 1: 67-84.

Conversa, G., Bonasia, A., Lazzizera, C. and Elia, A. (2015) Influence of biochar, mycorrhizal inoculation, and fertilizerrate on growth and flowering of Pelargonium (*Pelargonium zonale* L.) plants, Journal of Plant Science 6: 429.

Dong, D. A., Qibo, F., Kim M. G., Min, Y., Hailong, W., Weixiang, W. U. (2015) Effects of biochar amendment on rice growth and nitrogen retention in a waterlogged paddy field. Journal of Soils Sediments 15: 153-162.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

Eyles, A., Bound, S. A., Oliver, G., Corkrey, R., Hardie, M., Green, S. and Close, D. C. (2015) Impact of biochar amendment on the growth, physiology and fruit of a young commercial apple orchard 29: 1817-1826.

Free, H. F., McGill, C. R., Rowarth, J. S. and Hedley, M. J. (2010) The effect of biochars on maize (*Zea mays*) germination. New Zealand Journal of Agricultural Research 53: 1-4.

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

Hossain, A., Sarker, M. A. Z., Hakim, M. A., Lozovskaya, M. V. and Zvolinsky, V. P. (2011) Effect of temperature on yield and some agronomic characters of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. International Journal of Agricultural Research Innovation and Technology 1: 44-54.

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: 175-187.

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

Lehmann, J. (2007) A handful of carbon. Journal of Nature 447: 143-144.

Lutts, S., Kinet, J. and Bouharmont, J. (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Journal of Botany 78: 389-398.

Nadeem, S. M., Imran, M., Naveed, M., Khan, M. Y., Ahmad, M., Zahir, Z. A. and Crowley, D. E. (2017) Synergistic use of biochar, compost and plant growth promoting rhizobacteria for enhancing cucumber growth under water deficit conditions, Journal of the Science of Food and Agriculture 97: 5139-5145.

Oh, T. K., Shingoi, Y., Chikushi, J., Lee, Y. H. and Bong, S. C. (2012) Effect of aqueous extract of biochar on germination and seedling growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University 57: 55-60.

Ohsowski, B. M., Dunfield, K., Klironomos, J. N. and Hart, M. M. (2017) Plant response to biochar, compost, and mycorrhizal fungal amendments in post-mine sandpits, Journal of Society for Ecological Restoration 26: 63-72.

Olmo, M., Villar, R., Salazar, P. and Alburquerque, J. A. (2016) Changes in soil nutrient availability explain biochar's impact on wheat root development. Journal of the Plant Soil 399: 333-343.

Rizwan, M., Ali, S., Abbas, T., Adrees, M., Rehman, M. Z. U., Ibrahim, M., Abbas, F., Qayyum, M. F. and Nawaz, R. (2018) Residual effects of biochar on growth, photosynthesis and cadmium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) under Cd stress with different water conditions. Journal of Environmental Management 206: 676-683.

Schulz, H. and Glaser, B. (2012) Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 175: 410-412.

Schulz, H., Dunst, G. and Glaser, B. (2014) No effect level of co-composted biochar on plant growth and soil properties in a greenhouse experiment. Agronomy 4: 34-51.

Sun, C. X., Chen, X., Cao, M. M., Li, M. Q. and Zhang, Y. L. (2017) Growth and metabolic responses of maize roots to straw biochar application at different rates. Journal of Plant and Soil 416: 487-502.

Shinogi, Y. and Kanri, Y. (2003) Pyrolysis of plant, animal and human waste: physical and chemical characterization of the pyrolytic products. Journal of Bioresource Technology 90: 241-247.

Shinogi, Y., Yoshida, Y., Koizumi, T., Yamaoka, M. and Saito, T. (2003) Basic characteristics of low–temperature carbon products from waste sludge. Advances in Environmental Research 7: 661-665.

Teat, A. L. (2014) Yield and physiological responses of the bioenergy crop *Miscanthus* × *giganteus* to fertilizer, biochar and drought. M.Sc Thesis, Appalachian State University North Carolina.

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]

Effect of biochar on some morphological and physiological traits in *Medicago sativa* and *Bromus tomentellus*

Zahra Abbasnasab[1] , Mehdi Abedi[*1], Sayed Ehsan Sadati[2]
[1] Faculty of Natural Resources and Marine Sciences Tarbiat Modares University, Iran
[2] Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Iran
(Received: 10/09/2019, Accepted: 11/03/2020)

Abstract

Biochar is a carbon rich product which is created under low Oxygen conditions. In this study, the effect of Biochar in three levels 0, 0.5 and 1 weight percentage on morphological traits like height, SLA, aboveground and underground biomass, length and volume of root and physiological characteristics such as chlorophylls, gas exchange and electrolyte leakage for two *Bromus tomentellus* and *Medicago sativa* species were investigated. Results showed that biochar increased the height of both *B. tomentellus* and *M. sativa* which was higher in 0.5 level than 1 percent. However, there were no differences between the control and 1 percent of *M. sativa*. In both species biochar had no effect on SLA. Biochar had no effects on aboveground and below ground biomass for *B. tomentellus* and significantly increased below ground biomass with no effect on above ground biomass. Both root length and volume increased by biochar. Biochar had no effect on chlorophylls of *B. tomentellus* but in level 0.5 led to increase of chlorophylls for *M. sativa*. Gas exchange increased by biochar and electrolyte leakage had no significant effect. In general, increasing biochar level reduced morphological traits and increased physiological traits.

Key words: Biochar, Carbon, Functional traits, *Bromus tomentellus*, *Medicago sativa*

Corresponding author, Email: Mehdi.abedi@modares.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.4.4]