

## اثر بیوچار بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو گونه (علف پشمکی)

### *Medicago sativa* (یونجه) و *Bromus tomentellus*

زهرا عباس نسب<sup>۱</sup>، مهدی عابدی<sup>۱\*</sup>، سید احسان ساداتی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس، <sup>۲</sup> 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 زیست توده در شرایط اکسیژن کم یا بدون اکسیژن تولید می شود. در این تحقیق اثر کاربرد بیوچار در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی، بر خصوصیات مورفولوژیکی مانند ارتفاع، سطح ویژه برگ، زیست توده اندام هوایی و زمینی، طول و حجم ریشه و خصوصیات فیزیولوژیکی مانند کلروفیل، تبادلات گازی و نشت الکترولیت در دو گونه *Medicago sativa* و *Bromus tomentellus* بررسی شد. نتایج نشان داد که بیوچار باعث افزایش ارتفاع گونه های *M. sativa* و *B. tomentellus* شده که این افزایش در بیوچار سطح ۰/۵ درصد وزنی بیش تر از بیوچار در سطح ۱ درصد است. اما در گونه *M. sativa* بین گونه شاهد و سطح ۱ درصد بیوچار اختلاف معنی دار مشاهده نشد. در هر دو گونه مورد بررسی، بیوچار بر سطح ویژه برگ، تأثیر معنی داری ندارد. در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر زیست توده هوایی و زمینی تأثیر معنی داری ندارد. در گونه *M. sativa* بیوچار بر زی توده هوایی تأثیر معنی داری نداشت ولی باعث افزایش معنی داری زی توده زمینی شد. حجم و طول ریشه در هر دو گونه مورد بررسی تحت تأثیر بیوچار افزایش معنی داری پیدا کرد که افزایش غلظت بیوچار باعث کاهش معنی داری دو پارامتر مذکور شد. در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر کلروفیل تأثیر معنی داری نداشت ولی در گونه *M. sativa* سطح ۰/۵ درصد وزنی بیوچار باعث افزایش معنی داری کلروفیل شد. تبادلات گازی برگ، با افزایش غلظت بیوچار، افزایش می یابد. بیوچار بر نشت الکترولیت هر دو گونه مورد بررسی، تأثیر معنی داری نداشت. به طور کلی، بیوچار می تواند اثرات مثبتی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان مرتعی مورد مطالعه داشته باشد.

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

#### مقدمه

پیرولیز (Pyrolysis) به طور گسترده ای در طی قرن ها 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 می تواند وزن، حجم و بوی نامطبوع زیست توده

امروزه تعداد زیادی از ضایعات یا محصولات جانبی در زمینه های کشاورزی و صنعتی با بهبود کیفی زندگی انسان تولید شده است. در سراسر جهان، مدیریت عملی و دفع بی رویه این زیست توده به یکی از مهم ترین نگرانی های زیست محیطی تبدیل شده است (Oh et al., 2012).

2014). همچنین بهترین تیمار برای بهبود و افزایش توان گیاه‌پالایی محسوب می‌شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۶).

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 (۱۳۹۶)، عملکرد و اجرای عملکرد سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) به‌وسیله بیوچار تولیدشده از ضایعات چوب درخت گردو در کوره بدون اکسیژن با دمای ۴۰۰ 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

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، چغندرقد، 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، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بر ویژگی‌های فیزیوشیمیایی 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، ۱۳۹۴) و افزایش ظرفیت زراعی و کاهش تخلخل خاک می‌گردد (Albuquerque et al., )

پارامترهای فیزیولوژی انتخاب شدند.

**اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژی:** در یک روز آفتابی، میزان تعرق (Transpiration) برگ، هدایت روزنه‌ای (Stomata conductance) و نرخ فتوسنتز خالص (Net photosynthesis rate) (هر یک ۱۰ تکرار)، توسط دستگاه پرتابل اندازه‌گیری تبدلات گازی (Model LCpro+, ADC BioScientific Ltd., Hertfordshire, UK) (۱۰ تکرار)، اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل برگ (۱۰ تکرار)، با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (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 آب مقطر 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 به مدت 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 به مدت 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 در نهایت 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

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. بذرها *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

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های بیوپچار 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

و آزمون تی غیرجفتی استفاده شد. کلیه آزمون‌ها در نرم‌افزار R نسخه ۳.۲.۲ انجام شد.

### نتایج

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

با توجه به خروجی آزمون فیشر، اثر بیوپچار بر ارتفاع، زیست‌توده زیرزمینی، حجم ریشه، طول ریشه، کلروفیل، فتوستتوز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، در سطح ۵ درصد دارای معنی‌داری بود و بر پارامترهای زیست‌توده هوایی، کلروفیل، فتوستتوز، 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* بیوپچار باعث افزایش ارتفاع، حجم ریشه، طول ریشه، فتوستتوز، هدایت روزنه‌ای و تعرق می‌شود. درحالی‌که بر سطح ویژه برگ، زیست‌توده هوایی، زمینی، کلروفیل و نشت الکتروولت تأثیر معنی‌داری ندارد. در گونه *M. sativa* بیوپچار باعث افزایش ارتفاع، زیست‌توده زمینی، حجم ریشه، طول ریشه، کلروفیل، فتوستتوز، هدایت روزنه‌ای و تعرق می‌شود. درحالی‌که بر سطح ویژه برگ، زیست‌توده هوایی و نشت الکتروولت تأثیر معنی‌داری ندارد (شکل ۱ و ۲).

اسکن شد. سپس به مدت 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 ImageJ 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 به مدت 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 بیوپچار از مدل خطی ترکیبی عمومی (General linear mixed model) استفاده شد. در مدل گلدان‌ها به‌عنوان عامل تصادفی و اثر بیوپچار 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

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

F-value	p-value	Df		
۱۱۴/۰۴	<۰/۰۰۰۱	۲	بیوچار	ارتفاع
۰/۰۱	۰/۹۱	۲	گونه	
۸/۲۱	۰/۰۰۰۹	۲	بیوچار × گونه	
۰/۲۹	۰/۷۵	۲	بیوچار	سطح ویژه برگ
۱/۴۹	۰/۲۴	۲	گونه	
۱/۸۵	۰/۱۸	۲	بیوچار × گونه	
۱/۱۷	۰/۳۵	۲	بیوچار	زیست‌توده هوایی
۱۶/۷۱	۰/۰۰۲	۲	گونه	
۴/۰۵	۰/۰۵	۲	بیوچار × گونه	
۶/۳۲	۰/۰۲	۲	بیوچار	زیست‌توده زمینی
۰	۰/۹۸	۲	گونه	
۵/۱۷	۰/۰۳	۲	بیوچار × گونه	
۱۰/۴۷	۰/۰۰۴	۲	بیوچار	حجم ریشه
۰/۲۲	۰/۶۵	۲	گونه	
۰/۲۲	۰/۸۱	۲	بیوچار × گونه	
۶۹/۸۷	<۰/۰۰۰۱	۲	بیوچار	طول ریشه
۲/۶۷	۰/۱۳	۲	گونه	
۰/۲۹	۰/۷۵	۲	بیوچار × گونه	
۸/۶۶	۰/۰۰۰۷	۲	بیوچار	کلروفیل
۱۳۸۱/۹۵	<۰/۰۰۰۱	۲	گونه	
۱/۰۹	۰/۳۵	۲	بیوچار × گونه	
۷۸/۰۱	<۰/۰۰۰۱	۲	بیوچار	فتوستنتز
۱۰۲۵/۳۶	<۰/۰۰۰۱	۲	گونه	
۲/۰۸	۰/۱۴	۲	بیوچار × گونه	
۳۳/۳۱	<۰/۰۰۰۱	۲	بیوچار	هدایت روزنه‌ای
۲۲۷/۲۲	<۰/۰۰۰۱	۲	گونه	
۱۰/۹۹	۰/۰۰۰۱	۲	بیوچار × گونه	

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

#### بحث

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

نتایج نشان می‌دهد بیوچار باعث افزایش ارتفاع گونه‌های *M. sativa* و *B. tomentellus* شده که این افزایش در بیوچار

## ادامه جدول ۲-

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

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

بیوچار به دلیل 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 به دلیل تغییر در ویژگی‌های خاک به وسیله اضافه کردن بیوچار باشد (Olmo et al., 2016).

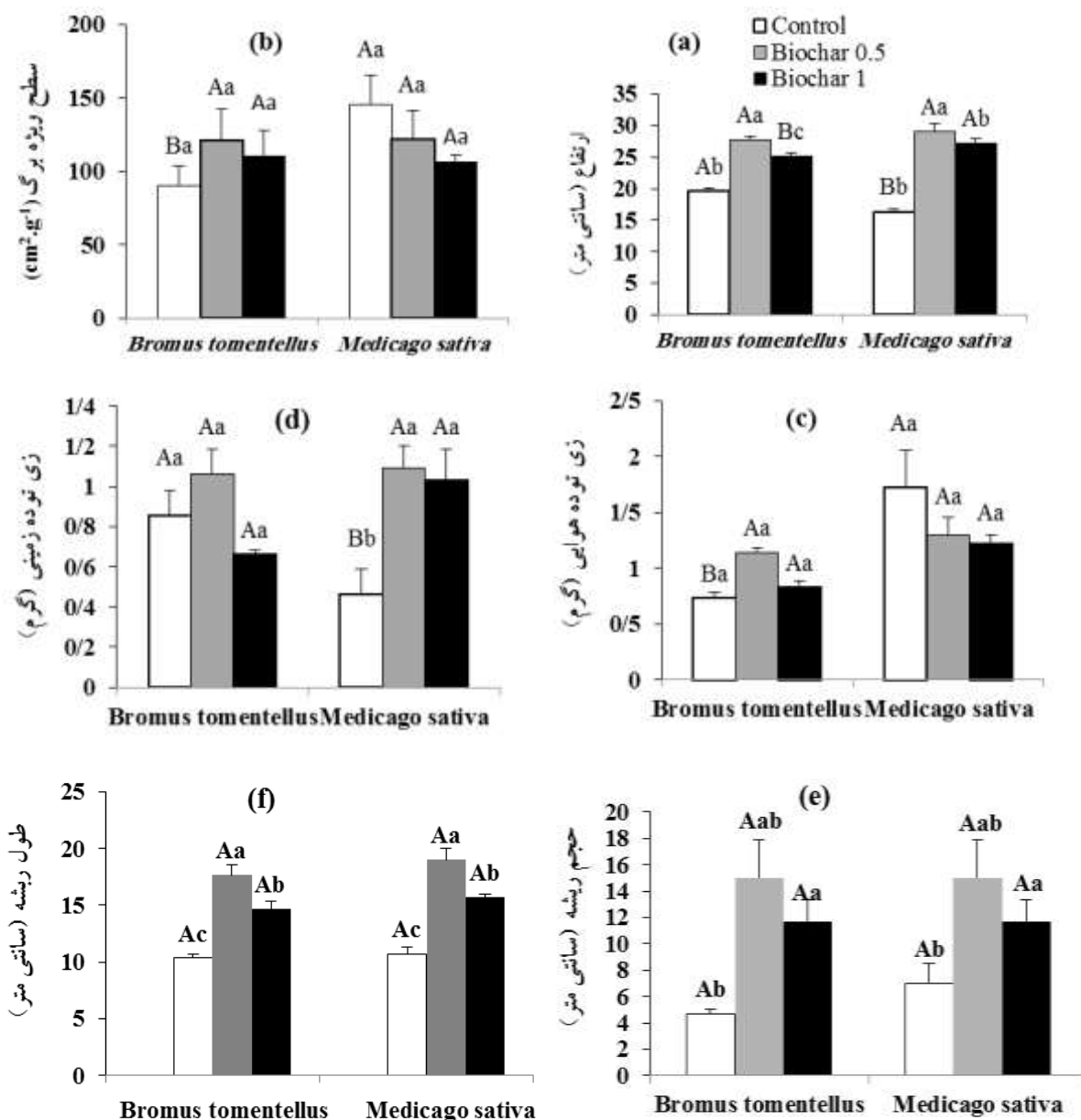
در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر کلروفیل تأثیر معنی‌دار نداشت ولی در گونه *M. sativa* سطح ۰/۵ درصد وزنی بیوچار باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل شد که این افزایش کلروفیل با مطالعات Sun و همکاران (۲۰۱۷)، بر روی گونه *Zea mays* L. همخوانی دارد. افزایش محتوی کلروفیل به عنوان عامل مهم در دستگاه فتوسنتزی گیاه موجب افزایش رشد آن می‌شود که به نظر 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 طولانی بودن زمان تأثیر

همکاران (۲۰۱۷) بر روی گونه (*Pisum sativum* L.)، بیوچار تهیه شده 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. به نظر می‌رسد رابطه مثبتی بین رشد گیاه و بیوچار اضافه شده 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 Albuquerque و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهد بیوچار باعث افزایش سطح ویژه برگ در گیاه آفتابگردان شده است.

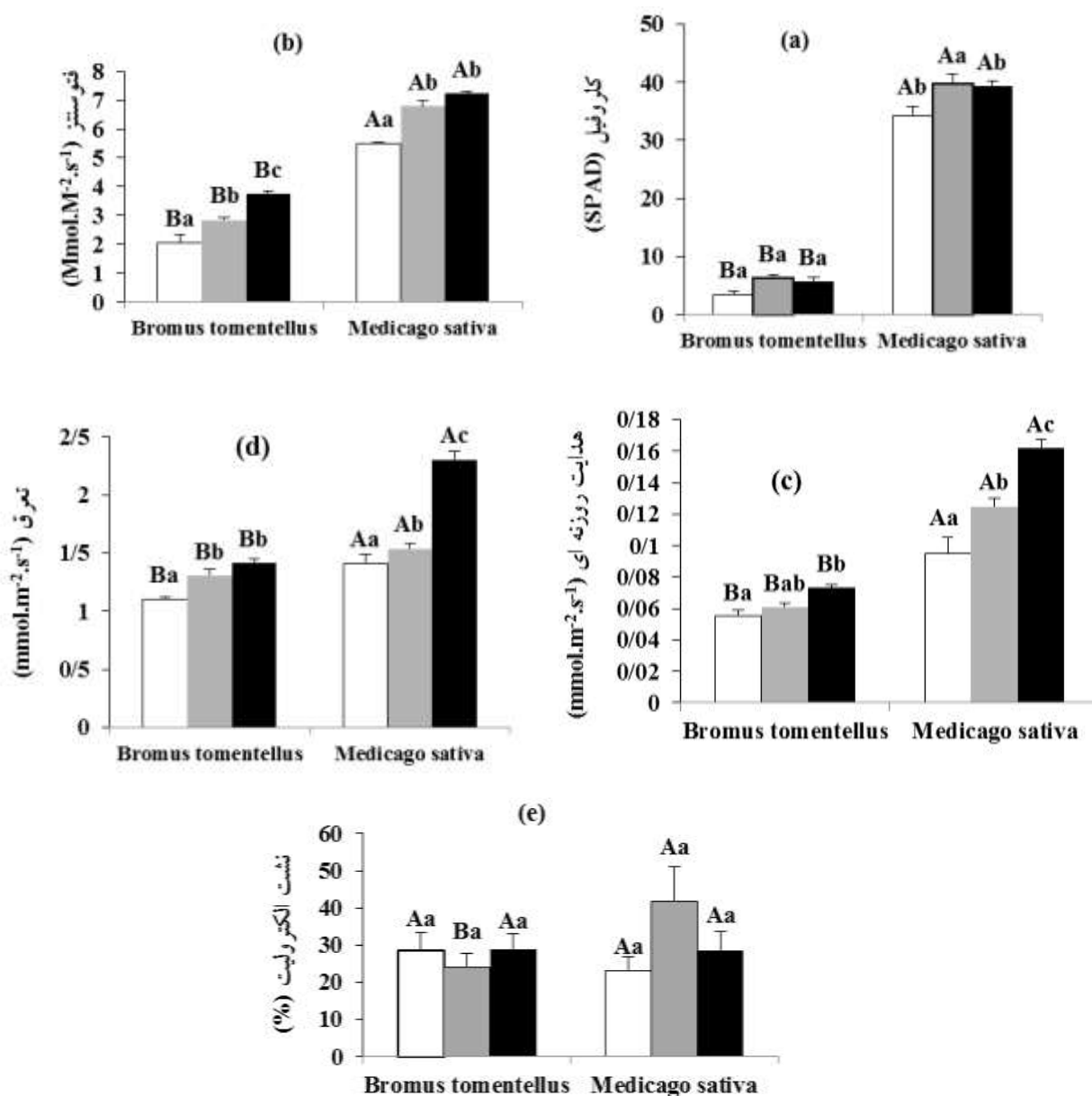
طبق نتایج بدست آمده از این تحقیق، در گونه *B. tomentellus* بیوچار بر زی‌توده هوایی و زمینی تأثیر معنی‌داری ندارد. در گونه *M. sativa* بیوچار بر زی‌توده هوایی تأثیر معنی‌دار نداشت ولی باعث افزایش معنی‌دار زی‌توده زمینی شد. در مطالعه Biederman و همکاران (۲۰۱۳)، زی‌توده هوایی افزایش و زی‌توده زمینی تأثیر 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.



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

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، بیوجار بر گونه لگوم در مقایسه با گندمی، تأثیر بیش‌تری دارد.

بیوجار بر رشد گیاهان اشاره شده است، به‌گونه‌ای که به گذشت زمان اثرات مثبت بیوجار بیش‌تر می‌شود (Schulz et al., 2014). به‌طورکلی ویژگی‌های بیوجار و چگونگی تأثیر آن بر گیاه بستگی به عوامل مختلفی مانند نوع مواد اولیه بیوجار، میزان مصرف آن، ویژگی‌های خاک و شرایط محیطی دارد.



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر بیوچار بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو گونه *M. sativa* و *B. tomentellus* بر صفات کلروفیل (a)، فتوسنتز (b)، هدایت روزنه‌ای (c)، تعرق (d) و نشأت 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.

صورت پذیرد.

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

تشکر و قدردانی

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



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.، معماری، م.، جهانتاب، ا. و ضرغام، ع. ا. (۱۳۹۶) تأثیر کمپوست زباله شهری و بیوچار بر توانایی گیاه‌پالایی گونه *Bromus tomentellus* Boiss در شرایط گلخانه‌ای. نشریه علمی پژوهشی مرتع ۲: ۱۹۴-۲۰۶.
- عباس‌پور، ف.، اصغری، ح. ر.، رضوانی‌مقدم، پ.، عباس‌دخت، ح.، شباهنگ، ج. و بابایی، ع. (۱۳۹۶) 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: ۲۴۴-۲۵۹.
- نجفی‌قیری، م. (۱۳۹۴) 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.
- Albuquerque, 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 geddo zone Southern Ethiopia. *International Journal of Agronomy* 6: 1-8.
- Bhattarai, B., Neupane, J., Dhakal, S. P., Nepal, J., Gnyawali, B., Timalisina, 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 lettuce (*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., Lazzizzera, 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.

- 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.

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

Zahra Abbasnasab<sup>1</sup>, Mehdi Abedi<sup>\*1</sup>, Sayed Ehsan Sadati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Natural Resources and Marine Sciences Tarbiat Modares University, Iran

<sup>2</sup> 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