تأثیر بیوچار بقایای گندم بر شاخص‌های میکروبی و تنوع‌زیستی ریزجانداران خاک و نقش آن در تحریک رشد گیاهی

فاطمه عطار شهرکی[۱]
نسرین قرهی[۲*]
رسول زمانی احمد محمودی[۲]
صاحب سودایی مشائی[۳]
الهام قهساره اردستانی[۴]
محسن بهمنی جونقانی[۵]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.
۲. دانشیار گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.
۳. استادیار گروه مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.
۴. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.
۵. دانشیار گروه مهندسی صنایع مبلمان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

*** نویسنده مسئول مکاتبات**
na_gharahi@yahoo.co.uk
nasrin.gharahi@nres.sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

تنوع‌زیستی ریزجانداران خاک به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی سلامت خاک و عملکرد اکوسیستمی، تحت تأثیر عوامل مدیریتی از جمله استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی قرار دارد. این پژوهش در فروردین ۱۴۰۳ به مدت ۲ ماه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر شاخص‌های میکروبی، تنوع‌زیستی ریزجانداران خاک و رشد گیاه چاودار (*Secale montanum*) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. بیوچار مورد استفاده از بقایای کاه و کلش گندم در شرایط پیرولیز (دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد، به‌مدت ۴ ساعت) تهیه گردید و در چهار سطح (۰، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) به گلدان‌هایی حاوی ۴۰۰ گرم خاک لومی اضافه شد. در ۲۱ نمونه گلدانی، بذور چاودار کاشته شد و برخی نمونه‌ها به عنوان تیمارهای بدون گیاه در نظر گرفته شدند. نمونه‌ها به مدت ۶۰ روز تحت شرایط گلخانه‌ای نگهداری شدند و پس از آن، ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی خاک و شاخص‌های رشد گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. افزودن بیوچار منجر به افزایش قابل‌توجه در رشد گیاه شد. وزن تر بوته‌ها از ۰/۳ گرم در تیمار شاهد به ۰/۵ گرم در سطح ۵ درصد بیوچار افزایش یافت. همچنین pH خاک از ۷/۶۵ (شاهد) به ۷/۸۳ در سطح ۱ درصد بیوچار رسید. هدایت الکتریکی نیز در تیمارهای دارای گیاه و بیوچار به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. از نظر میکروبی، نرخ تنفس خاک از ۰/۱۲ mg CO_2/gr.day در سطح ۱ درصد به ۰/۱۶ mg CO_2 /gr.day در سطح ۳ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی، تیمارهای دارای گیاه چاودار تغییرات بیشتری در ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی خاک نسبت به تیمارهای بدون گیاه نشان دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد بیوچار، به‌ویژه در سطوح بالاتر، نه‌تنها موجب بهبود شاخص‌های میکروبی خاک مانند تنفس و pH شد، بلکه توانایی خاک در حمایت از رشد گیاه را نیز افزایش داد. این یافته‌ها حاکی از آن است که بیوچار می‌تواند به عنوان یک اصلاح‌کننده مؤثر برای ارتقای کیفیت زیستی خاک و افزایش کارایی تولید گیاهی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: بیوچار، تنوع‌زیستی، گیاه چاودار، شاخص میکروبی.

مقدمه

خاک، ترکیبی پیچیده از ذرات معدنی، مواد آلی، آب و هوا، زیستگاه اصلی انواع میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، آکتینومیست‌ها، پروتوزوآها و ویروس‌ها است (Adekiya *et al*., 2019). این موجودات نقش مهمی در تجزیه مواد آلی به عناصر مغذی حیاتی مانند نیتروژن، فسفر و کربن دارند که برای رشد گیاهان ضروری‌اند. برخی باکتری‌ها مانند ریزوبیوم در تثبیت نیتروژن جوی موثرند و قارچ‌های میکوریزا با همزیستی با ریشه گیاهان جذب آب و مواد مغذی را افزایش می‌دهند و مقاومت گیاهان را بهبود می‌بخشند. میکروارگانیسم‌ها همچنین در تجزیه آلاینده‌ها و حفظ تعادل محیطزیستی خاک نقش دارند که به حفظ حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم‌های زمینی کمک می‌کند (Hu *et al*., 2023). چرخش عناصر و تجزیه مواد آلی که از مهم‌ترین فرایندهای اکولوژیکی در اکوسیستم خاک محسوب می‌شود. تنفس یکی از مهم‌ترین فرایندهای بیولوژیکی خاک است که توسط ریز جانداران خاک صورت می‌گیرد (Landi *et al*., 2000). تنفس ریز جانداران همانند گیاهان با مصرف اکسیژن و رهاسازی دی‌اکسید کربن همراه است که یک فرایند انرژی‌زا است و طی آن ترکیبات آلی با مبادله جفت الکترون‌ها، اکسایش پیدا کرده و دی‌اکسید کربن تولید می‌شود. این فرایند توسط سلول‌های باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و پروتزئرهای خاک صورت می‌گیرد و در صورتی‌که در خاک تهویه به خوبی انجام نگیرد، بین ریز جانداران و گیاهان برای به دست آوردن

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

اکسیژن رقابت به وجود می‌آید (Hillel, 1980) . تنفس و زیتوده میکروبی را می‌توان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها و شاخص‌ها در امر تحول و تکامل خاک دانست که می‌تواند بر فرآیندهای مهم اکوسیستم نظیر چرخه جهانی کربن، چرخه عناصر غذایی و اصلاح زیستی اثر بگذارند (Ayustin *et al*., 2004).

با این حال، اکوسیستم‌های خاکی با چالش‌های جدی مواجه هستند که می‌تواند عملکرد میکروارگانیسم‌ها و کیفیت خاک را تحت تاثیر قرار دهد. آلودگی خاک ناشی از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی ناپایدار، و استفاده بی‌رویه از کودها و سموم شیمیایی باعث تجمع مواد سمی و کاهش تنوع‌زیستی میکروارگانیسم‌ها می‌شود. کاهش تنوع‌زیستی خاک، به‌ویژه کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید، می‌تواند به ضعف در چرخه مواد مغذی، کاهش حاصلخیزی و آسیب‌پذیری بیشتر اکوسیستم‌ها منجر شود. علاوه بر این، تغییرات اقلیمی و تخریب فیزیکی خاک مانند فرسایش، ساختار خاک را تخریب کرده و باعث کاهش ظرفیت آن در حفظ آب و مواد مغذی می‌شود. مواجهه با این چالش‌ها نیازمند شناخت عمیق‌تر از اکوسیستم‌های خاکی و توسعه روش‌های مدیریت پایدار برای حفظ سلامت خاک و افزایش عملکرد کشاورزی است.

بیوچار، ماده‌ای آلی جامد است که از کربونیزه شدن بقایای گیاهی، فضولات دامی و ضایعات کشاورزی در شرایط کم‌اکسیژن تولید می‌شود و به عنوان اصلاح‌کننده پایدار خاک شناخته می‌شود. این ماده می‌تواند خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را بهبود دهد و سلامت و عملکرد گیاهان و اکوسیستم‌های وابسته را ارتقا بخشد. اثرات بیوچار بر تنوع‌زیستی ریزجانداران خاک به عوامل مختلفی مانند نوع مواد اولیه، شرایط تولید و نوع خاک بستگی دارد (Keiluweit, 2010; Bracmort, 2009). بیوچار، زغالی است که طی فرآیند ترموشیمیایی از زیست‌توده تولید می‌شود و از ویژگی‌هایی چون چگالی کم، سطح تماس زیاد، ظرفیت تبادل کاتیون و ساختار متخلخل برخوردار است که نیمه عمر طولانی برای تجزیه دارد (Moses *et al*., 2011; Lehmann *et al*., 2006; Lehmann *et al*., 2005). خواص بیوچار شامل قابلیت هدایت الکتریکی، اسیدیته، میزان کربن آلی و مواد معدنی است که تحت تاثیر شرایط گرماکافت و مواد اولیه متغیر است (Sato *et al*., 2019). کربن بیوچار در چهار دسته از نظر پایداری معدنی طبقه‌بندی می‌شود که شامل کربن فوق متحرک تا کربن پایدار است که بیش از صد سال در خاک باقی می‌ماند (Bourke *et al*., 2007). بیوچار با فرآیندهای پیرولیز، کربونیزاسیون و گازسازی تولید می‌شود و برخلاف زغال سوختی، به عنوان اصلاح‌کننده خاک و ترسیب کربن کاربرد دارد (Verheijen *et al*., 2010 ; جهانگیرفر و همکاران، ۱۴۰۴).

استفاده از بیوچار در خاک می‌تواند عملکرد محصولات کشاورزی به‌ویژه در خاک‌های اسیدی را بهبود دهد، حاصلخیزی خاک را افزایش دهد و به مدیریت خاک تالاب‌ها کمک کند. همچنین بیوچار می‌تواند چرخه‌های غذایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد گیاهان آبزی را تحت تاثیر قرار دهد (Baiamonte *et al*., 2017; Sato *et al*., 2019) به دلیل خاصیت جذب بالا، بیوچار می‌تواند آلاینده‌ها و فلزات سنگین خاک تالاب‌ها را کاهش داده و نقش مهمی در تصفیه زیستی و کاهش آلودگی ایفا کند. به‌کارگیری بیوچار در احیای تالاب‌ها باعث بهبود کیفیت خاک و آب، افزایش تنوع‌زیستی میکروبی و گیاهی و پایداری اکوسیستم‌های تالابی می‌شود (Beesley *et al*., 2011). سرمستی و ارشدی (۱۴۰۱) بیان کردند که مصرف زغال زیستی سبب افزایش معنی‌دار میزان کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کاتیون‌های تبادلی فسفر قابل جذب و نیتروژن نسبت به نمونه شاهد شد. در خاک اسیدی زغال زیستی پوست پسته سبب افزایش قابل‌توجهی در مقدار فسفر قابل جذب و پتاسیم و منیزیم قابل عصاره‌گیری، کلسیم، منیزیم و سدیم تبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گردید. زغال زیستی سبوس برنج سبب افزایش نیتروژن و کلسیم خاک شد، اما زغال زیستی بقایای راش مقدار کربن آلی و pH خاک را افزایش داد. نتایج نشان داد بالاترین هدر رفت کربن به صورت دی‌اکسیدکربن در خاک اسیدی از خاک تیمار شده با ۴ درصد زغال زیستی راش مشاهده شد و پایین ترین هدررفت کربن در خاک تیمارشده با ۲ درصد زغال زیستی سبوس برنج بود. ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در ترکیب ورمی کمپوست و بیوچار مشاهده شد. همچنین بیشترین تعداد میوه در بوته، عملکرد کل و کارایی مصرف آب در در اثر مصرف بیوچار خرما دیده شد. بیوچار کاه و کلش گندم، یکی از انواع بیوچارهای زیستی است که از پیرولیز بقایای کشاورزی گیاه گندم (شامل ساقه، برگ و سایر اجزای غیر دانه‌ای) در شرایط دمای بالا و حضور محدود یا بدون اکسیژن تولید می‌شود. این نوع بیوچار به دلیل در دسترس بودن گسترده مواد اولیه، هزینه پایین تولید و ویژگی‌های شیمیایی مطلوب، گزینه‌ای مناسب برای استفاده به عنوان اصلاح‌کننده خاک به‌شمار می‌رود. بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم معمولاً دارای درصد بالایی از کربن آلی پایدار، ظرفیت نگهداشت

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

آب مناسب، تخلخل زیاد و pH قلیایی است که می‌تواند به بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک کمک کند. با وجود این، تحقیقات در مورد اثرات بیوچار کاه و کلش گندم بر خاک و ریزجانداران هنوز محدود است. بیوچار می‌تواند محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌های مفید ایجاد کند که منجر به بهبود کیفیت خاک و افزایش دسترسی گیاهان به عناصر مغذی می‌شود. همچنین ممکن است نفوذ ریشه و دسترسی به آب و مواد مغذی را تسهیل کند. هدف کلی این تحقیق بررسی اثرات بیوچار حاصل از کاه و کلش گندم بر خصوصیات مختلف خاک و رشد گیاهان است. در این راستا، پژوهش حاضر به تحلیل تغییرات فیزیکی خاک، بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند کربن آلی پایدار، pH و عناصر غذایی، و مطالعه نقش بیوچار در بهبود شاخص‌های زیستی خاک از جمله تنوع و جمعیت ریزجانداران و زیست‌توده میکروبی می‌پردازد. همچنین اثر کاربرد بیوچار بر رشد و نمو گیاهان در خاک‌های با بافت متوسط مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند به روشن شدن مکانیسم‌های اثر بیوچار در ارتقای کیفیت خاک و پایداری نظام‌های زراعی کمک کند و در نهایت موجب افزایش بهره‌وری منابع خاک در کشاورزی پایدار شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام آزمایش، تلاش شد از خاکی با بافت متوسط و ویژگی‌های نسبتاً یکنواخت استفاده شود. بر این اساس، خاک لومی به عنوان بافت هدف انتخاب گردید. نمونه‌برداری از خاک یک زمین کشاورزی واقع در منطقه قنداب (با مختصات جغرافیایی X=490426.919 و Y=3572092.611) در فروردین ۱۴۰۳ انجام شد. پس از برداشت، خاک به آزمایشگاه منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد منتقل گردید تا مراحل آماده‌سازی و آزمون‌های اولیه بر روی آن صورت گیرد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه و آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه شهرکرد اجرا شد. دو عامل مورد بررسی شامل: عامل اول: سطوح بیوچار (۰، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) و عامل دوم: حضور یا عدم حضور گیاه چاودار وحشی(*Secale montanum*) . برای هر تیمار، ۳ تکرار در نظر گرفته شد. بنابراین در مجموع ۸ تیمار × ۳ تکرار = ۲۴ واحد آزمایشی اجرا شد. جزییات تیمارها در جدول زیر آمده است (جدول ۱)

جدول۱: تیمارهای تهیه شده.

تیمار	درصد بیوچار	حضور گیاه	تعداد تکرار
T1	0% + ۴۰۰ گرم خاک	دارد	۳
T2	1% + ۴۰۰ گرم خاک	دارد	۳
T3	3% + ۴۰۰ گرم خاک	دارد	۳
T4	5% + ۴۰۰ گرم خاک	دارد	۳
T5	0% + ۴۰۰ گرم خاک	ندارد	۳
T6	1% + ۴۰۰ گرم خاک	ندارد	۳
T7	3% + ۴۰۰ گرم خاک	ندارد	۳
T8	5% + ۴۰۰ گرم خاک	ندارد	۳
تعداد کل نمونه‌ها			۲۴

پس از پایان دوره آزمایش، پس از گذشت دو ماه که طول دوره رشد گیاه بود، اثر بیوچار با درصدهای وزنی مشخص بر خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و همچنین بر میزان تنوع و توزیع میکروارگانیسم‌ها، میزان رشد گیاه چاودار و مقایسه آن‌ها با نمونه‌های شاهد مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری (غازان شاهی، ۱۳۸۵؛ Hazelton and Murphy, 2007؛ Bouyoucos, 1962) و اسیدیته خاک مورد مطالعه در سوسپانسیون ۱ به ۵ خاک به آب و با استفاده از دستگاه pH متر (Richards, 1954) اندازه‌گیری شدند. مقادیر کربن زیست‌توده میکروبی MBC (Microbial biomass carbon) از روش تدخین-عصاره‌گیری (جورگنس، ۱۹۹۵)، تنفس جمعیت میکروبی خاک براساس اندازه‌گیری میزان دی‌اکسیدکربن (CO_2) حاصل ازفعالیت کاتابولیکی جمعیت میکروبی (Anderson and Domsch, 1990) و جمعیت باکتری‌های خاک با تهیه سری رقت‌های متوالی و انجام کشت میکروبی، و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

سپس با استفاده از جدول حداکثر تعداد ممکن MPN (Most Probable Number) محاسبه و بر حسب تعداد باکتری در هر گرم خاک (Wallom, 1982; Kucey, 1983) اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های غنا و تنوع به ترتیب، توسط شاخص غنای منهینیک (رابطه ۱) و شاخص تنوع شانون–وینر (رابطه ۲) محاسبه شد (Thukral, 2017).

$$\text{Minhinick} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$ رابطه (۱)

که N تعداد افراد و S تعداد گونه‌هاست.

$$\text{Shannon} = \sum_i^S (Pi)(Log_2 Pi)$$ رابطه (۲)

که در رابطه بالا Pi نسبت افراد یا گونه i به کل گونه‌هاست.

برای آماده‌سازی بیوچار، مقدار مشخصی از کاه و کلش گندم در لوله‌های فلزی استوانه‌ای درب‌دار قرار داده می‌شود و محتویات آن کاملاً فشرده می‌گردد تا شرایط کم‌اکسیژن فراهم شود. درب ظرف و کوره به‌طور کامل بسته می‌شود و کوره در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت بیوچار تولید می‌کند. انتخاب دما به‌دلیل نتایج تحقیقات Yang و Lau (2004) است که نشان می‌دهد دماهای زیر ۳۰۰ درجه نمی‌توانند همه مواد آلی را به بیوچار تبدیل کنند و دماهای بالای ۷۵۰ درجه، عملکرد بیوچار را کاهش می‌دهند. در نهایت، بیوچار آماده‌شده از الک ۲ میلی‌متری عبور داده می‌شود.

برای انجام این آزمایش، ۳۶ ظرف با زهکش تهیه شد و برای هر ظرف ۴۰۰ گرم خاک که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده بود، در نظر گرفته شد. بعد از آن، بیوچارهای الک شده در درصدهای ۱، ۳ و ۵ درصد به خاک اضافه گردید و ۶ ظرف به‌عنوان شاهد بدون بیوچار اختصاص داده شد. در هر ظرف، ۱۰ بذر در عمق ۲–۳ سانتی‌متری خاک و با فواصل مشخص قرار داده شد. پس از آماده‌سازی تیمارها، خاک به مدت یک هفته استراحت داده شد تا به شرایط پایدار برسد. در طول دوره رشد گیاه که به مدت دو ماه به طول انجامید، اثر سطوح مختلف بیوچار بر عملکرد گیاه چاودار و همچنین بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان دوره رشد، ارتفاع هر بوته به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. سپس کل بوته‌ها به‌آرامی از خاک خارج گردیده و وزن‌تر آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های گیاهی درون آون (کوره) با دمای ثابت قرار داده شدند و پس از رسیدن به وزن ثابت، وزن خشک آن‌ها نیز ثبت گردید. علاوه بر داده‌های رشدی گیاه، اندازه‌گیری‌های تکمیلی بر روی نمونه‌های خاک شاملpH ، هدایت الکتریکی (EC) و میزان تنفس میکروبی نیز انجام شد تا اثر بیوچار بر وضعیت کلی خاک به‌طور دقیق‌تری تحلیل شود.

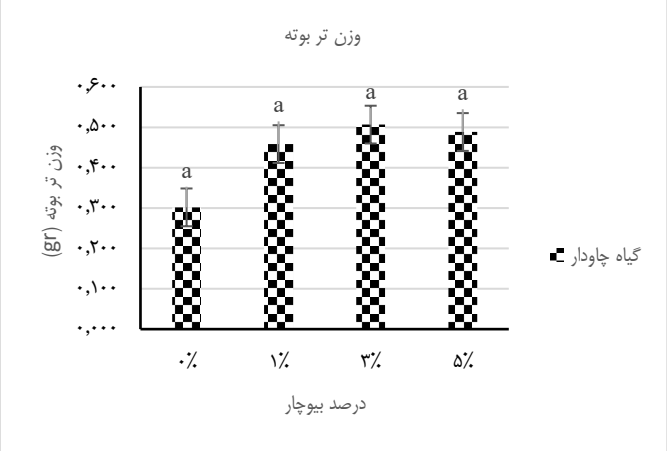
برای مقایسه خصوصیات شیمیایی خاک و تنفس میکروبی، تنوع زیستی خاک، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و ارتفاع بوته تحت تیمارهای مورد بررسی از تجزیه واریانس یک‌طرفه ((one-way ANOVA (Duncan)) استفاده شد. پیش از انجام تحلیل آماری، مفروضات اولیه شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. برای ارزیابی نرمال بودن، از آزمون‌هایی نظیر شاپیرو–ویلک یا کولموگروف–اسمیرنوف استفاده شد و نتایج نشان‌دهنده‌ی توزیع نرمال داده‌ها بودند. همچنین، به منظور بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لِوِن بهره گرفته شد که نتایج آن نشان داد فرض همگنی واریانس‌ها برقرار است. بر این اساس، شرایط لازم برای ادامه تحلیل‌های آماری فراهم بود و تحلیل‌ها بر اساس این پیش‌فرض‌ها انجام شدند. تمامی تجزیه و تحلیل آماری در نرم افزار SPSS V.22 و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

در این مقایسه، افزایش وزن‌تر گیاه بین تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱ درصد بیوچار مشاهده شد (شکل ۱) و به‌طور کلی با افزایش سطح بیوچار، روند افزایشی در وزن‌تر گیاه نیز نمایان گردید. با این حال، اگرچه تفاوت میان تیمارها از نظر عددی محسوس بود، اما این تغییرات از لحاظ آماری در سطح معنی‌داری ($p < 0.05$) قرار نگرفت. این موضوع می‌تواند ناشی از عواملی مانند مدت‌زمان محدود آزمایش، واریانس بالا در داده‌ها یا ظرفیت بالقوه خاک برای تأمین عناصر غذایی بدون نیاز فوری به بیوچار باشد. همچنین، ممکن است در سطوح پایین‌تر

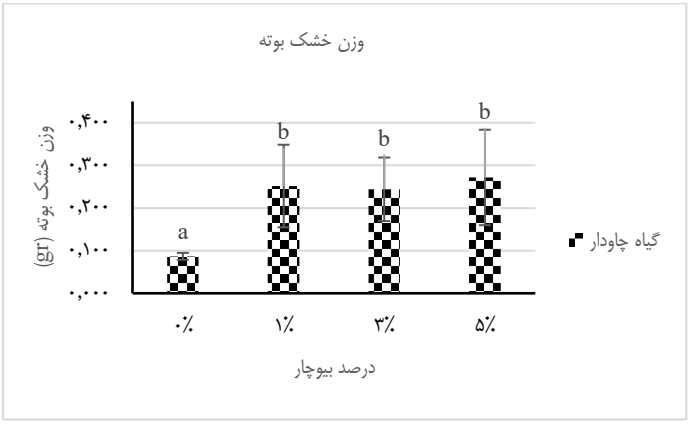
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

بیوچار، غلظت مواد مغذی آزادشده و تأثیرات فیزیولوژیکی آن هنوز به حدی نرسیده باشد که منجر به تغییرات معنی‌دار آماری در شاخص‌های رشد گیاه گردد. بنابراین، هرچند روند نتایج افزایش وزن‌تر را با افزایش بیوچار نشان می‌دهد، اما برای تأیید قطعی این رابطه نیاز به تکرار آزمایش در شرایط میدانی، مدت‌زمان طولانی‌تر و با اندازه نمونه بزرگ‌تر وجود دارد.



شکل ۱: مقایسه اثر بیوچار بر وزن تر بوته. حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد ($p \geq 0/05$) بر اساس آزمون دانکن است.

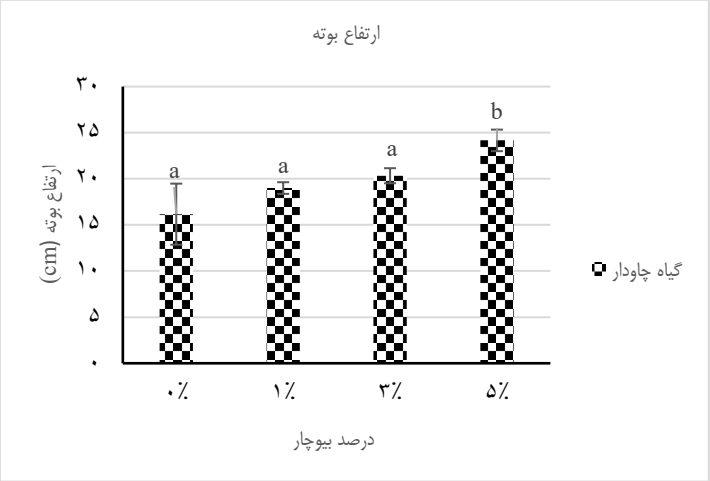
نتایج مقایسه وزن خشک بوته‌ها نیز در تیمار شاهد و سطوح مختلف بیوچار در شکل ۲ ارائه شده است. در اینجا، تفاوت قابل‌توجهی بین تیمار شاهد و تیمار با ۱درصد بیوچار مشاهده می‌شود و با افزایش درصد بیوچار، وزن خشک نیز افزایش می‌یابد. تیمار با ۵ درصد بیوچار بالاترین وزن خشک را نسبت به سایر تیمارها ثبت کرده است. همچنین، مقایسه میانگین‌ها، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها (اثر بیوچار بر وزن خشک بوته) نشان می‌دهد (شکل ۲). در شکل‌های ۳ تا ۸ حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد ($p \geq 0/05$) بر اساس آزمون دانکن است.



شکل ۲: مقایسه اثر بیوچار بر وزن خشک بوته

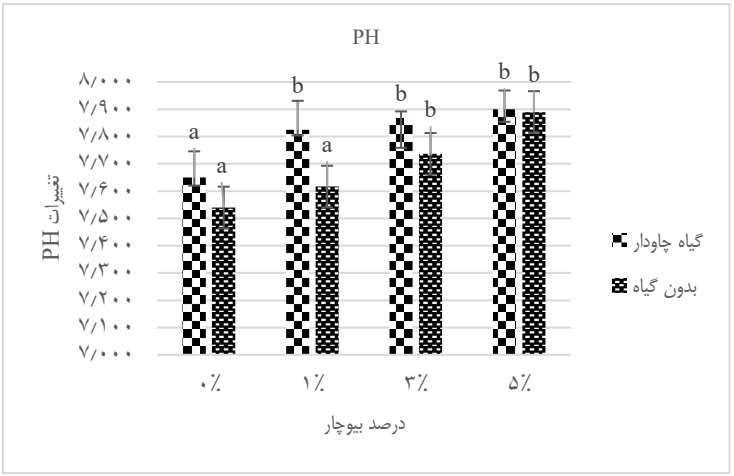
مقایسه تغییرات ارتفاع بوته‌ها در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی بیوچار در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که بیوچار تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوته‌ها دارد. به‌خصوص، در تیمار حاوی ۱ درصد بیوچار نسبت به تیمار شاهد، افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته‌ها مشاهده شده است. با افزایش بیوچار به ۳ درصد و ۵ درصد، افزایش بیشتری در ارتفاع ثبت شده و تیمار با ۵ درصد بیوچار بالاترین افزایش را نشان می‌دهد. مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سطوح ۵ درصد بیوچار نشان می‌دهد (شکل ۳).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]



شکل ۳: مقایسه اثر بیوچار بر ارتفاع بوته

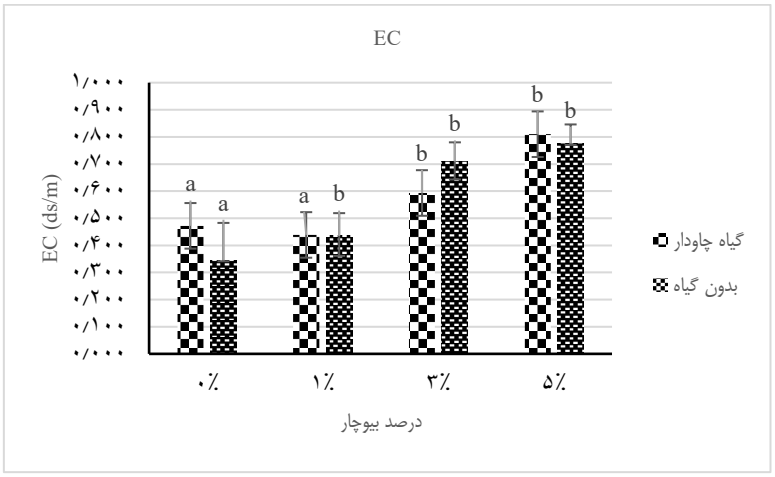
مقایسه pH در تیمار شاهد و تیمارهای بیوچار ۱ درصد، ۳ درصد و ۵ درصد نشان داد که pH با افزایش درصد بیوچار افزایش می‌یابد. تغییرات pH در تیمارهای حاوی گیاه بیشتر از تیمارهای بدون گیاه بود (شکل ۴). تیمار شاهد در نمونه‌های حاوی گیاه و همچنین در نمونه‌های بدون گیاه (با تیمارهای ۳ درصد و ۵ درصد) دارای اختلاف معنی‌دار با سطوح دیگر بیوچار بود.



شکل ۴: مقایسه اثر بیوچار بر PH

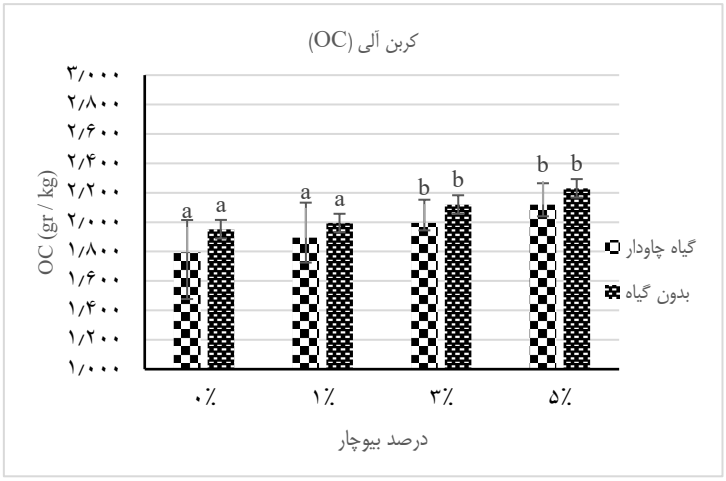
در تحقیق حاضر، مقایسه تغییرات EC در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی بیوچار ۱درصد، ۳ درصد و ۵ درصد نشان داد که با افزودن ۱ درصد بیوچار، EC افزایش می‌یابد و این افزایش با ۳ درصد و ۵ درصد بیشتر می‌شود، به‌طوری‌که تیمار ۵ درصد بالاترین EC را دارد (شکل ۵). سطح معنی‌داری برای تیمارهای حاوی گیاه و بدون گیاه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در هر دو حالت است ($p < 0.05$). نتایج میانگین‌ها نشان می‌دهد که در نمونه حاوی گیاه، تیمار شاهد با سطوح ۳ درصد و ۵ درصد بیوچار و در نمونه بدون گیاه، تیمار شاهد با تمامی سطوح بیوچار اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0.05$).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]



شکل ۵: مقایسه اثر بیوچار بر EC

مقایسه کربن آلی در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی بیوچار (۱درصد، ۳ درصد و ۵ درصد) نشان داد که بیوچار تأثیر مثبت و افزایشی بر کربن آلی دارد. تغییرات کربن آلی در نمونه‌های بدون گیاه بیشتر از نمونه‌های دارای گیاه بود. سطح معنی‌داری ($p < 0.05$) در هر دو حالت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمار شاهد و سطوح ۳ درصد و ۵ درصد بیوچار است (شکل ۶).



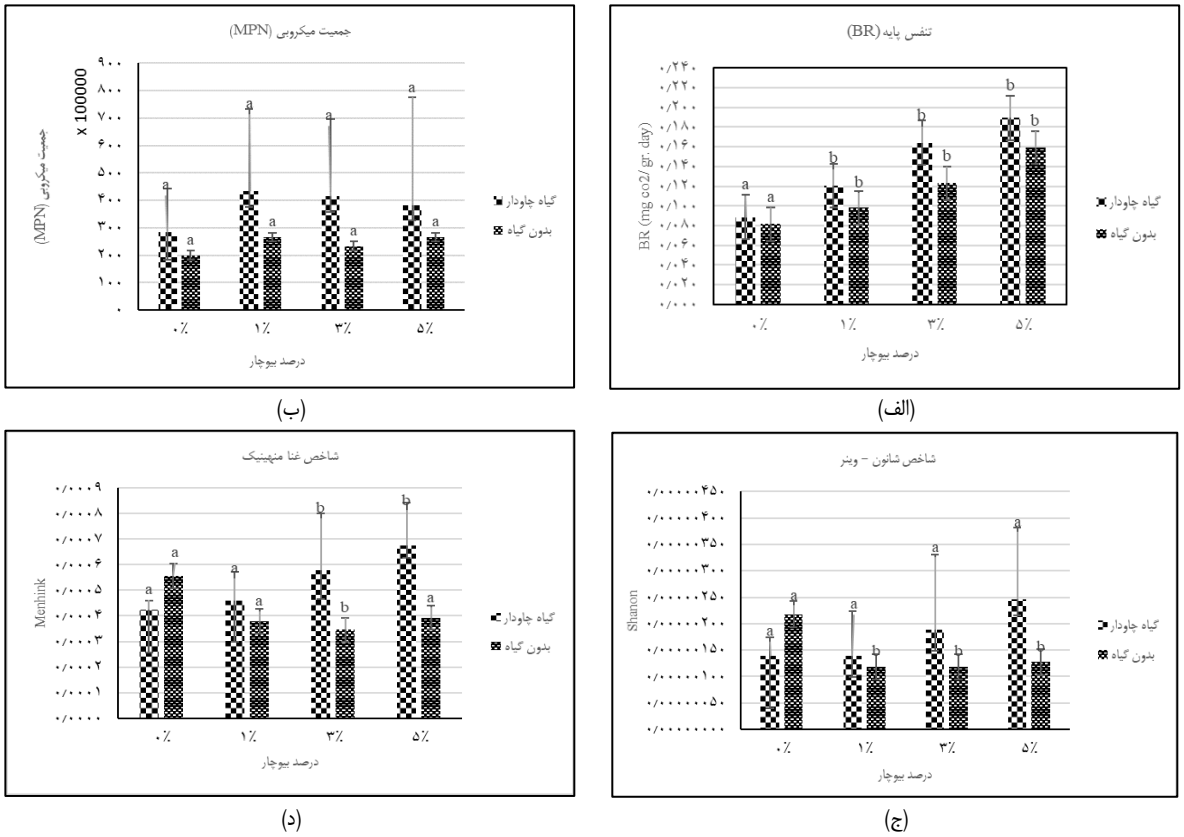
شکل ۶: مقایسه اثر بیوچار بر درصد کربن آلی

در تحقیق حاضر، تغییرات تنفس بوته‌ها در تیمار شاهد (بدون بیوچار) و تیمارهای حاوی سطوح مختلف بیوچار (۱درصد، ۳ درصد و ۵ درصد) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطح بیوچار، تنفس افزایش می‌یابد، این تغییرات در تیمارهای دارای گیاه بیشتر از تیمارهای بدون گیاه بوده است. از نظر میکروبی، نرخ تنفس خاک از ۰/۱۲ mg CO_2/gr.day در سطح ۱ درصد به ۰/۱۶ mg CO_2 /gr.day در سطح ۳ درصد افزایش یافت. نتایج میانگین‌ها نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌دار در همه سطوح استفاده از بیوچار است (شکل ۷-الف).

تغییرات جمعیت میکروبی بوته‌ها در تیمار شاهد (بدون بیوچار) و تیمارهای حاوی سطوح مختلف بیوچار (۱درصد، ۳ درصد، ۵ درصد) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش سطح بیوچار، جمعیت میکروبی به طور کلی افزایش می‌یابد، اما این تغییرات در تیمارهای دارای گیاه بیشتر از تیمارهای بدون گیاه بوده و از نظر آماری اثر بیوچار بر جمعیت میکروبی معنادار نبوده است (شکل ۷-ب).همچنین، شاخص شانون-وینر نیز با افزایش بیوچار بهبود یافته، اما در هیچ‌یک از سطوح، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. علاوه بر این، تغییرات شاخص غنا منهینیک نیز با افزایش بیوچار مشاهده شده است و تیمار با ۵ درصد بیوچار بالاترین افزایش را داشته است. در اینجا نیز، تغییرات شاخص در نمونه‌های حاوی گیاه بیشتر بوده و اثر بیوچار بر نمونه‌های حاوی گیاه از لحاظ آماری معنی‌دار است، در حالی که در نمونه‌های

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

بدون گیاه این اختلاف وجود ندارد. به‌طور کلی، نتایج نشان‌دهنده تاثیر مثبت بیوچار بر شاخص‌های میکروبی و تنوع‌زیستی است، با این حال، تغییرات ثبت شده به لحاظ آماری در برخی موارد معنی‌دار نمی‌باشند (شکل ۷–ج و د).



شکل۷: مقایسه اثر بیوچار بر (الف) تنفس پایه، (ب) جمعیت میکروبی، (ج) شاخص شانون-وینر و (د) شاخص منهینیک

بحث و نتیجه‌گیری

افزودن بیوچار به‌طور معناداری باعث افزایش pH خاک شد. این اثر در همه سطوح بیوچار مشاهده گردید، اما در تیمار 5% به بالاترین حد خود رسید. افزایش pH می‌تواند ناشی از حضور کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های سطحی، ترکیبات معدنی بازی در ساختار بیوچار، و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا باشد که به خنثی‌سازی اسیدیته خاک کمک می‌کنند. در نمونه‌های حاوی گیاه چاودار، اثر بیوچار بر pH چشمگیرتر بود که می‌تواند به افزایش ترشحات ریشه‌ای، تحریک فعالیت‌های میکروبی و افزایش مصرف یون‌های اسیدی مرتبط باشد. مطالعات پیشین نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کنند. به عنوان مثال، Steinbeiss *et al*. (2009) نشان دادند که بیوچار با بهبود شرایط شیمیایی خاک، از جمله افزایش pH، ظرفیت نگهداری آب و جذب عناصر غذایی، موجب ارتقاء کیفیت خاک می‌شود. همچنین، Cui *et al*. (2013) گزارش کردند که مصرف بیوچار در دامنه ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار موجب افزایش ۲ تا ۵ درصدی pH در خاک‌های اسیدی شده است. هم‌راستا با این مطالعات، پژوهش حاضر نیز نشان داد که افزودن بیوچار، به‌ویژه در سطوح بالا، اثر خنثی‌کنندگی بالایی بر اسیدیته خاک دارد.

هدایت الکتریکی (EC) به عنوان شاخصی از غلظت کل یون‌های محلول در خاک، تحت تأثیر بیوچار قرار گرفت. داده‌ها نشان دادند که در تیمارهای دارای بیوچار، به‌ویژه سطح ۵٪، EC به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش احتمالاً به‌دلیل آزادسازی یون‌های محلول از ساختار بیوچار و افزایش معدنی‌شدن مواد آلی در نتیجه فعالیت‌های میکروبی است .نکته قابل‌توجه آن است که افزایش EC در تیمارهای دارای گیاه بیش از نمونه‌های فاقد گیاه بود، مگر در سطح 3% که افزایش EC در نبود گیاه بیشتر بود. این تفاوت می‌تواند ناشی از مصرف بیشتر یون‌ها توسط گیاه در تیمارهای دیگر و افزایش تجمع یون‌ها در غیاب جذب گیاهی در سطح 3% باشد. چنین یافته‌هایی نشان‌دهنده تعامل پیچیده بین بیوچار، گیاه و دینامیک شیمیایی خاک است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

فعالیت میکروبی خاک، به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های سلامت خاک، در پاسخ به افزودن بیوچار افزایش یافت. تیمار ۵٪ بیوچار در حضور گیاه چاودار بیشترین میزان تنفس میکروبی را نشان داد که نشان‌دهنده افزایش فعالیت موجودات زنده خاک و ارتقای فرآیندهای بیوشیمیایی مانند تجزیه مواد آلی و تبدیل عناصر غذایی است. افزایش منافذ خاک، فراهمی بهتر آب و هوا، و بهبود ساختار خاک به‌دلیل وجود بیوچار، از دلایل این افزایش محسوب می‌شوند. مطالعات Mahajan *et al*. (2019) و El-Naggar *et al*. (2019) نیز تأیید کرده‌اند که بیوچار با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش ماده آلی، محیط مناسبی برای فعالیت‌های میکروبی فراهم می‌کند. این اثر در حضور گیاهان زراعی بیشتر نمایان می‌شود، زیرا ترشحات ریشه‌ای می‌توانند منبع انرژی برای میکروارگانیسم‌ها فراهم آورند.

بررسی‌های میکروبی نشان داد که افزودن بیوچار موجب افزایش تنوع‌زیستی خاک می‌شود، به‌ویژه در سطوح بالاتر و در ترکیب با گیاه. در تیمارهای بیوچار ۳٪ و ۵٪ در حضور گیاه، افزایش قابل‌توجهی در غنای گونه‌ای و تنوع میکروبی مشاهده شد. این اثر می‌تواند ناشی از افزایش هتروژنی محیط، فراهمی منابع غذایی متنوع‌تر، و پناهگاه‌های فیزیکی بیشتر برای میکروارگانیسم‌ها در ساختار متخلخل بیوچار باشد. مطالعات قبلی از جمله Lavelle *et al*. (2013) و Nsabimana *et al*. (2004) نیز بر نقش بیوچار در ارتقاء تنوع میکروبی تأکید داشته‌اند. آن‌ها بیان کرده‌اند که میکروبیوم خاک نه تنها در افزایش حاصلخیزی بلکه در پایداری اکوسیستم‌های زراعی نقش کلیدی دارد. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات متعددی هم‌راستا بوده است. برای مثال: Steinbeiss *et al*. (2009) و *Nigussie et al. (2012)* به اثربخشی بیوچار در بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک در حضور گیاهان اشاره کرده‌اند. Bagheri *et al*. (2020) گزارش دادند که بیوچار خرما می‌تواند منجر به افزایش وزن تر و خشک اندام‌های گیاهان شود. Carter *et al*. (2013) نیز نشان دادند که بیوچار موجب افزایش تعداد برگ، وزن تر ساقه و عملکرد کاهو و شلتوک برنج می‌شود، به‌ویژه در سطوح بالای بیوچار. این هم‌راستایی با مطالعات قبلی، بر اعتبار یافته‌های پژوهش حاضر تأکید دارد. با این حال، برخی تفاوت‌ها نیز مشاهده شد که ممکن است ناشی از نوع بیوچار، شرایط اقلیمی، ترکیب خاک و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه باشد.

با وجود یافته‌های ارزشمند این تحقیق، برخی محدودیت‌ها وجود دارد که باید در تفسیر و تعمیم نتایج مورد توجه قرار گیرد. نخست، مطالعه حاضر در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای و طی یک دوره زمانی نسبتاً کوتاه (۲ ماه، طول دوره رشد گیاه چاودار) انجام شده است. چنین شرایطی اگرچه امکان کنترل متغیرهای مزاحم را فراهم می‌سازد، اما ممکن است نتایج به‌دست‌آمده را از واقعیت‌های پیچیده و پویای مزرعه‌ای دور کند و قابلیت تعمیم آنها به محیط‌های طبیعی را محدود نماید. همچنین، استفاده از یک نوع خاص خاک در این مطالعه، دامنه تعمیم‌پذیری نتایج را کاهش می‌دهد؛ چرا که واکنش بیوچار با خاک ممکن است بسته به بافت، pH، مواد آلی اولیه و وضعیت میکروبیوم آن متفاوت باشد. علاوه بر این، تمرکز پژوهش بر یک گونه گیاهی (چاودار) امکان بررسی تفاوت‌های گونه‌ای در پاسخ به بیوچار را محدود ساخته است؛ در حالی که انواع مختلف گیاهان، بسته به نیازهای تغذیه‌ای، سیستم ریشه‌ای و ترشحات ریشه‌ای، ممکن است واکنش‌های متفاوتی به بیوچار نشان دهند. با توجه به این محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، آزمایش‌های میدانی بلندمدت (۶ ماه و بیشتر) در شرایط واقعی مزرعه و در اقلیم‌های متنوع انجام گیرد. همچنین، بررسی اثر بیوچارهای تولیدشده از منابع مختلف زیستی (مانند بقایای چوبی، ضایعات کشاورزی و پسماندهای صنعتی‌زیستی) می‌تواند به درک بهتر تأثیر منشأ بیوچار بر عملکرد آن کمک کند. ارزیابی جنبه‌های اقتصادی، محیط‌زیستی و پایداری کاربرد بیوچار نیز از دیگر زمینه‌های مهمی است که در پژوهش‌های آینده باید مورد توجه قرار گیرد. به‌علاوه، مطالعات آینده می‌توانند با بهره‌گیری از روش‌های مولکولی و ژنومی، به بررسی دقیق‌تر تعاملات بیوچار با میکروبیوم خاک و تأثیر آن بر چرخه‌های زیستی و زیست جهانی خاک بپردازند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

منابع

ابراهیمی، م.، سوری، م.ک.، موسوی، الف.، صاحبانی، ن. ۱۴۰۱. مطالعه اثر ورمی کمپوست و بیوچار بر رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب بادنجان در شرایط مزرعه. مجله علوم باغبانی (۱): صفحات ۲۳-۳۳

جهانگیرفر، م.، تیشه زن، پ.، دیوبند هفشجانی، ل. ۱۴۰۴. استفاده از تئوری آنتروپی شانون در بهینه‌سازی سیستم‌های جاذب ستونی برای کاهش COD آب خاکستری، مطالعات علوم محیط زیست، جلد ۱۰ (۱): صفحات ۹۸۶۵-۹۸۷۵.

سرمستی، خ.، و ارشدی، ف. ۱۴۰۱. تاثیر زغال زیستی بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی در خاک اسیدی و دینامیک کربن آلی خاک، مجله باروری خاک، صفحات ۹۰-۱۰۸

Adekiya, A. O., Agbede, T. M., Aboyeji, C. M., Dunsin, O. and Simeon, V. T. 2019. Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish. Scientia horticulturae, 243: 457-463.

-**Anderson., Traute-Heidi. and K. H. Domsch.** 1990**.** Application of eco-physiological quotients (qCO2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biology and Biochemistr, 22.2: 251-255.

Bagheri, S., Hassandokht, M. R., Mirsoleimani, A. and Mousavi, A. 2020. Efects of palm leaf biochar on the availability of soil nutrients, leaf nutrient concentration, and physiological characteristics of melon plants (Cucumis melo L.) under drought stress. Acta Agrobotanica, 73 (1): 1-12.

Baiamonte, G., Pasquale, C.D., Marsala, V., Cimò, G., Moragues-Saitua, G.L., Arias, G.A. and Bengoetxea, G.N. 2017. Effects of biochar and wood ash on soil hydraulic properties: A field experiment involving contrasting temperate soils. Geoderma, 305: 144–152.

Bourke J., Manley-Harris M., Fushimi C., Dowaki K., Nunoura T. and Antal MJ. 2007. Do all carbonized charcoals have the same chemical structure? A model of the chemical structure of carbonized charcoal. Industrial and Engineering Chemistry Research, 46: 5954 -5967.

Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy journal, 54 (5): 464-465.

Bracmort, K. S. 2009. Biochar examination of an emerging concept to sequester carbon. Congressional. Research Service.

Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., 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). Agronomy, 3: 404-418.

Cui L., Yan J., Yang Y., Li L., Quan G., Ding C., Chen T., Fu Q. and Chang A. 2013. Biochar for heavy metals in soil. Bioresources, 8: 5536-5548.

El-Naggar, A., Lee, S.S., Rinklebe, J., Farooq, M., Song, H., Sarmah, A.K., immerman, A.R., Ahmad, M., Shaheen S.M. and Ok, Y.S. 2019. Biochar application to low fertility soils: a review of current status, and future prospects. Geoderma, 337: 536-554.

Hillel, D. 1980. Environmental soil physics, Academic press, 281- 284.

Hu, Y., Thomsen, T. P., Fenton, O., Sommer, S. G., Shi, W. and Cui, W. 2023. Effects of dairy processing sludge and derived biochar on greenhouse gas emissions from Danish and Irish soils. Environmental Research, 216: 114-543.

Keiluweit, M. 2010. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). Environmental Science and Technology, 44 (4): 1247-53.

Kucey, RMN. 1983. "Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils." Canadian Journal of Soil Science, 63.4: 671-678.

Landi, L., et al. 2000. Influence of cadmium on the metabolic quotient, L-: D-glutamic acid respiration ratio and enzyme activity: microbial biomass ratio under laboratory conditions. Biology and fertility of soils, 32: 8-16.

Lavelle P., Decaens T., Aubert M., Barot S., Margerie P., Mora P. and Rossi J.P. 2013. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology, 42 (1): 3-15.

Lehmann J., Gaunt J. and Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosys-tems – A review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11: 395-419.

Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M., 2005. Bio- char sequestration in terrestrial ecosystems- a review. Mitigation and adaptation strategies for global change.

Mahajan, N.C., Mrunalini, K., Krishna Prasad, K. S., Naresh, R. K. and Sirisha, L. 2019. Soil Quality Indicators, Building Soil Organic Matter and Microbial Derived Inputs to Soil Organic Matter under Conservation Agriculture Ecosystem: A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8 (2): 1859-1879.

Moses, H. D., G. Sai. and B. H. Essel. 2011. Biochar production potential in Ghana: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15: 3539-3551.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

Nigussie, A., Endalkachew, K., Mastawesha, M. and Gebermedihin, A. 2012. Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of Lettuces (Lactuca sativa) grown in chromium polluted soils. American - Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 12: 369 –376.

Nsabimana, D., Haynes, R.J. and Wallis, F. M. 2004. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. Applied Soil Ecology, 26 (2): 81-92.

Richards., Lorenzo Adolph, ed. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. No. 60. US Government Printing Office.

Sato, M.K., de Lima, H.V., Costa, A.N., Rodrigues, S., Pedroso, A. J. S. and de Freitas Maia, C. M. B. 2019. Biochar from Acai agroindustry waste: Study of pyrolysis conditions. Waste Management, 96: 158-167.

Steinbeiss, S., Gleixner G. and Antonietti, M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biology and Biochemistry, 41: 1301 –1310.

Thukral., Ashwani, K. 2017. "A review on measurement of Alpha diversity in biology." Agricultural Research Journal, 54.1.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van Der Velde, M. and Diafas, I. 2010. Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties processes and functions. Joint Research Centre Scientific and Technical Reports.

Yang, F. and Lau, K. M. 2004. Trend and variability of China precipitation in spring and summer: linkage to sea-surface temperatures. International Journal of Climatology. A Journal of the Royal Meteorological Society, 24 (13): 1625-1644.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]

The Effect of Biochar on Soil Microbial Indicators and Biodiversity and Its Role in Stimulating Plant Growth

Fatemeh Attar Shahraki[1]
Nasrin Gharahi[2]*
Rasool ZamanAhmadmahmoodi [2]
Saheb Soodaie Mashaie[3]
Elham Ghehsareh Ardestani[4]
Mohsen Bahmani[5]

1. Master's degree student, Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord.
2. Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord.
3. Assistant Professor, Department of Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord.
4. Associate Professor, Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord.
5. Associate Professor, Department of furniture-industry, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord.

*Corresponding author:
na_gharahi@yahoo.co.uk
nasrin.gharahi@nres.sku.ac.ir

Received date: **July/08/2025**
Reception date: **December/03/2025**

Abstract

The biodiversity of soil microorganisms is a key indicator for evaluating soil function and identifying contaminants. Biochar, a solid organic material produced from plant residues and agricultural waste under low-oxygen conditions, is recognized as a soil amendment that improves the soil's physical and chemical properties and influences microbial biodiversity. This study investigated the effects of biochar on soil microbial indicators, microbial biodiversity, and the growth of rye plants. For this purpose, biochar was prepared from wheat straw and stubble in an electric furnace and added to 400 grams of loamy soil at concentrations of 0% (control), 1%, 3%, and 5%. Subsequently, 10 rye seeds were planted in some samples, and other samples were prepared without plants. The samples were allowed to rest for two months before soil property measurements. The results showed that the addition of biochar to the soil increased the growth of rye, with increases in the fresh weight, dry weight, and height of the plant. For example, the fresh weight was 0.30 grams in the control sample and reached 0.50 grams at the 5% biochar level. Furthermore, biochar positively affected soil pH and electrical conductivity (EC) parameters, increasing the pH from 7.65 in the control sample to 7.83 at the 1% level. Soil microbial respiration also increased with increasing biochar; the respiration reached 0.12 mg CO2/g.day at the 1% level and 0.16 mg CO_2 /g.day at the 3% level. This study demonstrates that biochar not only increases microbial respiration but also improves the soil's capacity to support plant growth, and the changes in the measured parameters were greater in the samples containing rye plants compared to those without plants.

Keywords: Biochar, Biodiversity, Rye plant, Microbial indicator.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-05-25]