مجله ایمنی زیستی

دوره ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

ISSN 2716-9804 الکترونیکی، ISSN 2717-0632 چاپی

اثر زغال زیستی (بیوچار) در افزایش مقاومت گیاهان نسبت به عوامل بیماری‌زا

20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1

مریم افراشته[۱] و داود کولیوند*[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- دانشیار بیماری شناسی گیاهی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

koolivand@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۱

صفحه ۳۰-۱۷

چکیده

بیوچار (biochar) زغالی است که در طی فرآیند پیرولیز از سوختن زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن در دمای ۴۵۰-۵۵۰ درجه سلسیوس تهیه شده است و به‌عنوان کود زیستی استفاده می‌شود. از دیدگاه کشاورزی یکی از مزایای عمده و مهم بیوچار، مدیریت ضایعات کشاورزی است. این ماده جامد سرشار از کربن بوده و به‌علت سرعت تجزیه بسیار کُند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی اکسید کربن و متان که از ضایعات آزاد می‌شود را دارد و می‌تواند کربن را برای هزاران سال نگه دارد. بیوچار به‌عنوان ابزاری کارآمد برای ترسیب کربن و افزایش حاصلخیزی خاک شناخته شده است و به‌عنوان بهبوددهنده خاک و یا احیای اراضی و محافظت محیط در برابر آلاینده‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش پایداری کربن آلی خاک در برابر عوامل محیطی و کاهش معدنی شدن آن می‌شود که موجب افزایش کربن آلی و در نتیجه باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و جذب بهتر عناصر غذایی از خاک می‌شود. از طرف دیگر بیوچار با افزایش مقاومت سیستمیک گیاه در برابر تعدادی از عوامل بیماری‌زا گیاهی و جذب بقایای سموم و علف‌کش‌های به کار رفته در مزرعه منجر به بهبود عملکرد محصول، مدیریت صحیح ضایعات کشاورزی و در نهایت تولید محصولاتی سالم‌تر خواهد شد. گسترش کشاورزی ارگانیک از یک سو و آلودگی‌های جوی از سوی دیگر باعث شده است تا استفاده از این نوع کود در دنیا روز به روز افزایش پیدا کند، با اینحال، استفاده از این مواد هنوز در ایران به خوبی شناخته نشده است.

واژه‌های کلیدی: اصلاح خاک، بیوچار، عملکرد گیاه، مدیریت آفات و بیماری گیاهان ، القاء مقاومت.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی به میزان زیاد به‌عنوان یک نیاز بشر در سراسر دنیاست. در گذشته‌ای نه چندان دور، به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، سطح زیر کشت محصولات افزایش پیدا کرده است. امروزه این رویه تا حدی تغییر یافته و محققین و کشاورزان به دنبال روش‌هایی برای افزایش تولید محصول در واحد سطح هستند. اما افزایش تولید در واحد سطح در بسیاری از موارد سبب تحت فشار قرار گرفتن زمین زیر کشت می‌شود. در این شرایط، اگر مدیریت صحیح انجام نگیرد، عناصر غذایی به میزان زیادی از خاک برداشت و پس از گذشت مدت زمان معینی، خاک از عناصرغذایی ارزشمند خالی می‌شود. همچنین افزایش بیماری‌های گیاهی و عدم کنترل عوامل بیماری‌زا سبب کاهش عملکرد و در نتیجه کاهش میزان محصولات کشاورزی می‌شود. بنابراین نیاز است با استفاده از یکسری مواد اصلاح‌کننده خاک، از کاهش محصولات کشاورزی جلوگیری شود. این مواد با هدف بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی خاک و افزایش مقاومت گیاهان نسبت به عوامل بیماری‌زا استفاده می‌شوند. از مواد بهبوددهنده و اصلاح‌کننده خاک می‌توان به بیوچار اشاره کرد. بخش کشاورزی می‌تواند از دو طریق بهبود خاک و دفع مواد زائد حیوانی و گیاهی از بیوچار بهره‌مند شود. استفاده از بیوچار به روشی احیاشده از دوران قدیم برای کشاورزی در آینده تبدیل می‌شود. گزارش شده است که بیوچارهای تولیدشده از سوزاندن بقایای گندم و برنج تا ۲۵۰۰ برابر در جذب علف‌کش‌ها در خاک موثر هستند (Yang and Sheng, 2003).

بیوچار به دلیل ساختار و میانگین مدت زمان ماندگاری در خاک (بیش از ۱۰۰ سال) امکان ترسیب طولانی‌مدت کربن در خاک را دارد. سرعت تجزیه بیوچار در خاک کند است که نشان می‌دهد، می‌تواند احتمالاً در کاهش CO_2 جوی نقش داشته باشد (Van Zwieten et al. 2010a). به‌طور عمده بیوچار با افزایش pH در خاک‌های اسیدی یا بهبود احتباس مواد مغذی از طریق جذب کاتیون سبب بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود و جمعیت بیولوژیکی خاک را نیز تغییر می‌دهد (Sohi et al. 2010).

چنین تغییراتی ممکن است بر چرخه‌های غذایی یا ساختار خاک تأثیر بگذارد و از این رو، به‌طور غیر مستقیم رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Warnock et al. 2007). علاوه‌بر این، بیوچار ممکن است انتشار سایر گازهای گلخانه‌ای از

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

خاک مانند اکسید نیتروژن (N_2O) یا متان (CH_4) را نیز تغییر دهد (Wardle et al. 2008).

معرفی بیوچار

بیوچار با نام زغال زیستی شناخته می‌شود که از دو واژه‌ی بیومس (biomass) به معنای زیست‌توده و چارکول (charcoal) به معنای زغال، تشکیل شده و عبارت است از زغال تهیه‌شده از ضایعات کشاورزی و زیست‌توده‌های گیاهی که به‌عنوان کود در کشاورزی استفاده می‌شود. واژه بیوچار از قرن ۲۰ وارد ادبیات علمی جهان شده است. اگرچه تاریخچه بیوچار به هزاران سال برمی‌گردد، اما علم شناخت آن هنوز کامل نیست. توجه دانشمندان به بیوچار به‌عنوان بهبوددهنده و اصلاح‌کننده خاک با کشف خاک‌های باستانی تراپرتا (Terra Preta) در جنگل‌های آمازون جلب شد. این خاک‌های سیاه رنگ که منشاء انسانی دارند و ریشه در اقدامات بومی خاک در آمازون دارد، سرشار از کربن و عناصر غذایی هستند، که علت آن افزودن زغال به خاک طی سال‌های متمادی توسط ساکنین و کشاورزان بومی آن منطقه برای افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصولات زراعی است و قرن‌ها از نیازهای کشاورزی آمازونی‌ها پشتیبانی می‌کرده است. بنابراین، خاک‌های سیاه تراپرتا در واقع خاک‌های اصلاح‌شده توسط بشر بودند، که به خاک‌های دست‌ساز بشر نیز معروف هستند، که نشان‌دهنده تعامل بین انسان و طبیعت است (Lehmann et al. 2006).

در ژاپن از سال ۱۶۹۷ میلادی از زغال تهیه‌شده از شالی برنج برای بهبود خاک‌های کشاورزی و باغی استفاده می‌کردند (Ogawa and Okimori, 2010).

در اسپانیا کوره‌های قدیمی برای تولید زغال جهت اصلاح خاک وجود دارد که مشابه آن‌ها امروزه در بوتان و هند استفاده می‌شود (Olarieta et al. 2011).

با شروع قرن ۲۱ همراه با کشف و روشن شدن وضعیت خاک‌های تراپرتا و همچنین در بین محققان رشته‌های مختلف توجه به نقش‌های بیوچار و کاربرد بیوچار در خاک و محیط زیست و افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌های گیاهی شتاب زیادی پیدا کرد (Aller 2016). علاوه‌بر دانشمندان و محققان رشته‌های مختلف کشاورزی، به دلیل ساختارهای خاص فیزیکی و شیمیایی بیوچار، دانشمندان علوم مختلف مهندسی نیز تحقیقات را روی این ماده شروع کرده‌اند (Verheijen et al. 2009).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

ترکیب بیوچار بسیار ناهمگن و شامل کربن، مواد فرار، مواد معدنی (خاکستر) و رطوبت است (Lehmann et al. 2011).

خاکستر موجود در بیوچار حاوی مواد معدنی و عناصر ماکرو و میکرو است. این زغال از کربن تشکیل شده است و حاوی مقادیری از عناصر نیتروژن، هیدروژن، اکسیژن، گوگرد و آهن است (Novak et al. 2009).

اجزای تشکیل‌دهنده بیوچار شامل یک تا ۱۵ درصد آب، نیم تا ۵ درصد مواد معدنی، ۵۰ تا ۹۰ درصد کربن و صفر تا ۴۰ درصد مواد فرار است. بیوچار حداقل از چهار نوع کربن تشکیل شده است.

۱. کربن فوق متحرک (super labile): کربنی که در طی چند ساعت تا چند روزمعدنی می‌شود و به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود.

۲. کربن متحرک (labile): کربنی که در طی چند هفته تا چند ماه معدنی می‌شود.

۳. کربن ناپایدار: کربنی که در طی چند ماه تا چند سال معدنی می‌شود.

۴. کربن پایدار: کربنی که در کمتر از زمان‌های بسیار طولانی (بیش از ۱۰۰ سال) معدنی نمی‌شود (Bourke et al. 2007).

سنتز بیوچار

فرآیند خاصی که زیست‌توده را به بیوچار تبدیل می‌کند دارای سه مرحله پیرولیز (pyrolysis)، کربنیزاسیون (carbonization) و گازسازی (gasification) است. این واکنش‌های فیزیکوشیمیایی هم زمان انجام می‌شوند و زیست‌توده را به زغال و گاز تبدیل می‌کنند. زغال و بیوچار از نظر ماهیت ماده تفاوتی با هم ندارند، اما وجه تمایز آن‌ها تنها در نحوه استفاده و کاربرد آن‌ها است. زغال زیست‌توده پیرولیز شده است که از آن به‌عنوان سوخت استفاده می‌شود. وقتی از زغال با اهداف غیرسوختی مانند اصلاح خاک، ترسیب کربن استفاده شود، به آن بیوچار می‌گویند. فرآیند پیرولیز تغییر شیمیایی در اثر حرارت است و در طی آن تجزیه شیمیایی ماده و رهاسازی گازها اتفاق می‌افتد و در فرآیند کربنیزاسیون بیوچار تولید می‌شود. در مرحله گازسازی هدف اصلی تولید سوخت زیستی (syngas) از زیست‌توده است، که مخلوطی از هیدروژن و مونوکسیدکربن و کمی دی‌اکسیدکربن است. این گازها قابل احتراق هستند و کاربردهای متنوعی در بخش صنایع مختلف دارد و می‌تواند به‌عنوان منبع سوخت، برای ایجاد برق مورد نیاز برای تأمین

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

انرژی کوره یا مراحل ثانویه فرآیند استفاده شود (McLaughlin et al. 2009).

عوامل تأثیرگذار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار

کارآیی بیوچار به‌عنوان ابزاری برای مدیریت محیط زیست تحت تاثیر ویژگی‌های فیزیکی قرار می‌گیرد. ساختمان، تخلخل و توزیع اندازه خلل و فرج از جمله ویژگی‌های فیزیکی بیوچار هستند. این ویژگی‌های می‌توانند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سیستم سه‌گانه خاک-آب-گیاه اثرگذار باشند. همچنین با فراهم کردن مکان‌های فیزیکی برای تبادل آنیون‌ها، کاتیون‌ها، واکنش‌های شیمیایی خاک و زیستگاه‌هایی برای رشد و نمو میکروارگانیسم‌های خاک، می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر رشد گیاهان اثرگذار باشد. بیوچار با استفاده از یکسری مکانیسم‌ها می‌تواند عوامل بیماری‌زای گیاهی را کنترل کند. خصوصیات شیمیایی بیوچار اثر زیادی بر نقش و ماندگاری بیوچار در خاک و توانایی آن در نگهداری کربن در خاک دارد. خصوصیاتی که تحت تاثیر بیوچار قرار می‌گیرند شامل ویژگی‌ها و فرآیندهای شیمیایی ذاتی خاک از جمله اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) است (McLaughlin et al. 2009).

ماده خام اولیه

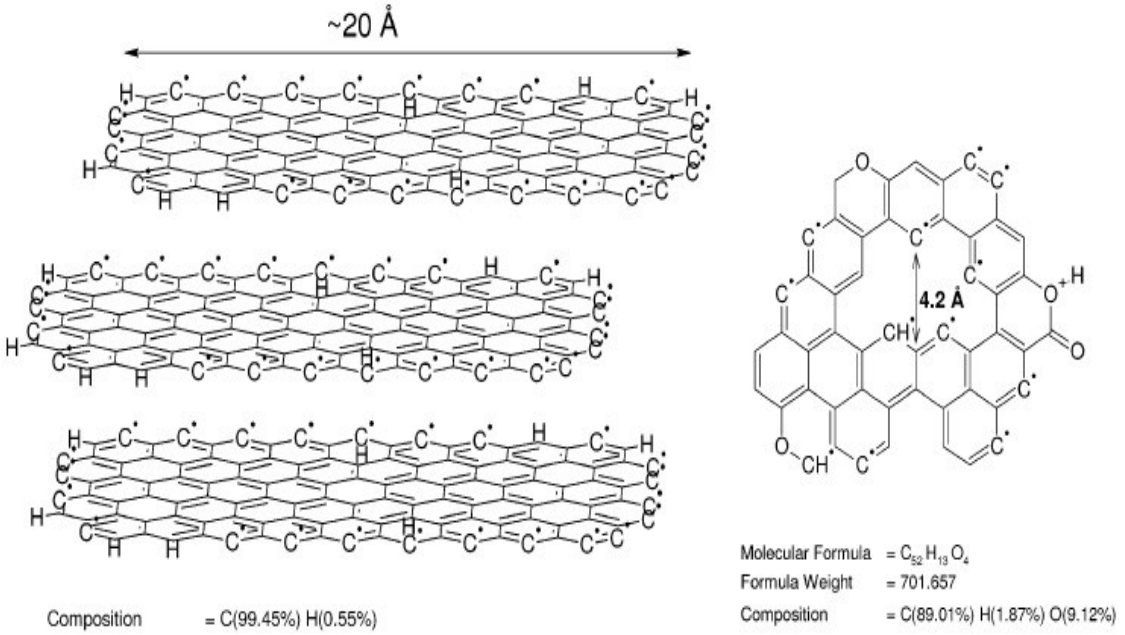
هر نوع ماده خام اولیه را می‌توان به بیوچار تبدیل کرد، اما عملکرد بیوچار تولیدشده بسیار متفاوت است. به‌طور کلی، مناسب بودن یک زیست‌توده به‌عنوان ماده خام اولیه برای تولید بیوچار، وابسته به عوامل شیمیایی، فیزیکی، جغرافیایی، زیست‌محیطی و اقتصادی است. متداول‌ترین منابع زیست‌توده برای تولید بیوچار بقایای کشاورزی و جنگل‌ها، جلبک‌ها، لجن فاضلاب و ضایعات دام و طیور است. اگر ماده خام اولیه مورد استفاده نیز یکسان باشد، تفاوت اساسی بین بیوچارهای تولیدشده به دلیل روش‌های مختلف پیرولیز، وجود خواهد داشت. در این فرآیند می‌توان شرایط را انتخاب و تحت کنترل قرار داد، که این شرایط شامل حداکثر دمای گرمادهی، مدت زمان فرآیند، سرعت افزایش دما و فشار است. فرآیند پیرولیز اینگونه است که چوب و یا ضایعات کشاورزی درون کوره‌ای با حرارت بالا در شرایطی که اکسیژن ناموجود بوده یا به مقدار خیلی کم وجود داشته باشد، حرارت داده می‌شود (Novak et al. 2009).

به‌دلیل تنوع در ماده اولیه مورد استفاده، ساختمان بیوچار به‌طور دقیق مشخص نیست، اما

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

دانشمندان معتقد هستند، که هر ذره بیوچـار از دو بخـش سـاختاری اصـلی تشـکیل شـده اسـت: ورقه‌های گرافن کریستالی انباشـته و سـاختارهای معطر و بی‌شکل که به‌طور تصادفی مرتب شده‌اند (شکل ۱) (Bourke et al. 2007).



شکل ۱- ساختار بیوچار، مدلی از یک ساختار گرافیتی در سمت چپ و یک ساختار معطر حاوی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کربن در سمت راست نشان داده شده است (Bourke et al. 2007).

کاربردهای بیوچار

کاربردهای متنوع و اثرات سودمند بیوچار شامل دسته‌بندی‌های زیر هستند:

۱. کشاورزی: از طریـق اصـلاح خـاک و افـزایش عملکرد محصولات زراعـی، کنتـرل بیمـاری‌هـای گیاهی اثرگذار است.

۲. محیط زیست: به مدیریت و کاهش پسـماندها، کـاهش آلـودگی آب و خـاک و مقابلـه بـا اثـرات نامطلوب تغییر اقلیم از طریق ترسیب کربن کمـک می‌کند (شکل ۲).

۳. انرژی و صنایع: استفاده از فناوری‌های کم‌هزینه برای تبدیل ضایعات و بقایای کشاورزی به بیوچار می‌تواند، منبع انـرژی سـاده و ارزان قیمتـی را در اختیار ساکنین این مناطق قرار دهد.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]



شکل ۲- اثرات بیوچار در خاک

استفاده از بیوچار برای کنترل عوامل بیماری‌زا گیاهی

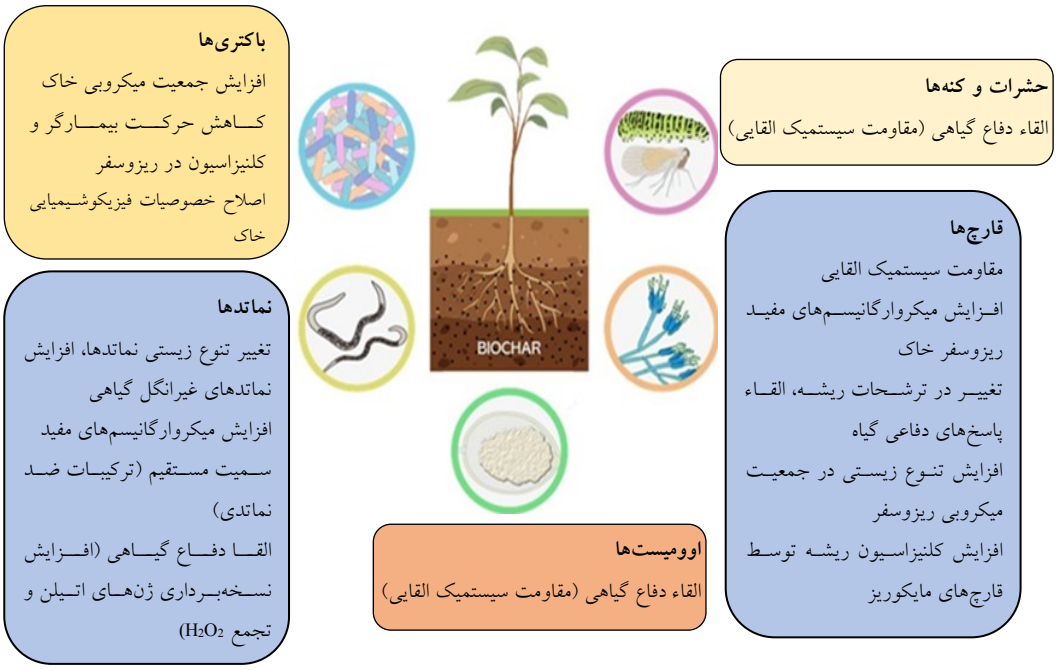
بیوچار حاصل از پسماندهای کشاورزی و دیگر پسماندهای آلی، به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک و سرکوب‌کننده عوامل بیماری‌زا استفاده می‌شود. طیف گسترده‌ای از اثرات بیوچار به کنترل عوامل بیماری‌زا قارچی ریشه یا شاخه و برگ کمک می‌کند. القاء دفاع سیستمیک توسط بیوچار در ریشه‌ها برای کاهش قارچ‌های بیماری‌زای شاخ و برگ، فعال شدن پاسخ‌های هورمونی و همچنین تغییرات در گونه‌های فعال اکسیژن نشان‌دهنده یک سیگنالینگ هماهنگ هورمونی در داخل گیاه است. اگرچه اطلاعات کمی برای اوومیست‌ها و بیمارگرهای باکتریایی در دسترس است، اما گزارش‌ها حاکی از آن است که بیوچار تغییراتی را در میکروارگانیسم‌های خاک که بر عوامل بیماری‌زا و القاء دفاع سیستمیک گیاهی مؤثر هستند، افزایش می‌دهد که هر دو به کنترل بیماری‌ها کمک می‌کند. بیوچار همچنین می‌تواند نماتد و حشرات را کنترل کند. افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک می‌شود (Zhang et al. 2019). در مورد اکثر عوامل بیماری‌زای گیاهی، برخی مطالعات نشان داده‌اند که غلظت کمتر از (≤۱٪) بیوچار بیماری را سرکوب می‌کند و غلظت‌های بالاتر (>۳٪) به‌طور عمده بی‌اثر هستند (Frenkel et al. 2017). مکانیسم‌هایی که به کمک آن بیوچار ممکن است گیاهان را در برابر بیماری‌ها محافظت کند، متفاوت است. این مکانیسم‌ها شامل افزایش رشد گیاه با تأمین مواد غذایی، افزایش

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

میکروارگانیسم‌های متنوع در خاک، جذب سموم تولیدشده توسط عوامل بیماری‌زا، تحریک تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، تغییر شیمیایی ترشحات ریشه، القاء سیستمیک مکانیسم‌های دفاعی گیاه که از طریق ترکیبات شیمیایی و یا از طریق میکروارگانیسم‌های موجود در زیستگاه‌های کوچک عمل می‌کنند، هستند (Bonanomi et al. 2015). بیوچار به‌طور موثر در برابر طیف گسترده‌ای از عوامل بیماری‌زا گیاهی از جمله بیمارگرهای هوابرد و خاکبرد استفاده شده است (Lou et al. 2016). بیماری در گیاهان غالباً هنگامی اتفاق می‌افتد که گیاه در خاکی که قبلاً از همان گیاه یا گونه‌های گیاهی مشابه در آن کاشته شده بوده، دوباره کاشته شوند. این بیماری به‌طور معمول منجر به کاهش رشد گیاه و عملکرد محصول می‌شود و می‌توان با کاربرد بیوچار این بیماری‌ها را کنترل کرد (Yang et al. 2012).

اثرات مفید بیوچار بیشتر از آنکه به دفاع القاء گیاهان مربوط شود به اثر تقویت‌کننده رشد آن‌ها مربوط می‌شود (شکل ۳) (Viger et al. 2015).



شکل ۳- مکانیسم‌های دخیل در کاهش بیماری‌های گیاهی و آفات در خاک‌های اصلاح‌شده با بیوچار (Poveda et al. 2021).

از بیوچار برای مبارزه و کنترل بیماری پژمردگی باکتریایی ایجادشده توسط عامل باکتریایی *Ralstonia solanacearum* که یکی از مهمترین عوامل بیماری‌زای سبزیجات در سراسر جهان به

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

حساب می‌آید، استفاده شده است (Choudhary et al. 2018).

بیوچارهای مورد استفاده علیه باکتری‌ها از زیست‌توده‌های متنوعی تولید شدند، که در کاهش پژمردگی باکتریایی در گیاهان گوجه‌فرنگی و تنباکو اثر مثبتی را نشان می‌دهند. مکانیسم‌های درگیر در این اثر حفاظتی شامل بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها در ریزوسفر، کاهش تحرک باکتری *R. solanacearum* و ظرفیت کلنیزاسیون ریشه است (Zhang et al. 2017). قارچ‌ها از رایج‌ترین و مخرب‌ترین عوامل بیماری‌زای گیاهی و تهدیدکننده عمده در کشاورزی هستند. بیماری‌های خاکزاد ناشی از گونه‌های جنس *Fusarium* بر طیف وسیعی از محصولات کشاورزی در مناطقی با آب و هوای متفاوت تاثیر می‌گذارد و همچنین باعث تولید مایکوتوکسین و ذخیره آن در محصولات کشاورزی می‌شوند (Summerell, 2019).

استفاده از بیوچار چوب منجر به افزایش جمعیت آنتاگونیست‌هایی مانند قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌شود (Elmer, 2016). بیوچار کپک خاکستری ناشی از *Botrytis cinerea* را بر روی گوجه‌فرنگی، فلفل و توت‌فرنگی کنترل کرد (Mehari et al 2015). همچنین بروز سفیدک پودری ناشی از *Leveillula taurica* بر روی گوجه‌فرنگی و *Podosphaera* بر روی توت‌فرنگی را به‌طور قابل توجهی کاهش داد (Harel et al. 2012).

به‌طور موثری *Rhizoctonia solani* را روی خیار و لوبیا کنترل کند. اثر مثبت بیوچار در کاهش قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* در گوجه‌فرنگی از طریق غنی‌سازی میکروارگانیسم‌های مفید، یا از طریق عملکرد مستقیم و یا غیر مستقیم از طریق القاء مقاومت سیستمیک در گیاه انجام می‌شود (Akhter et al. 2016). در قارچ *R. solani* اثرات مثبت بیوچار از طریق القا مقاومت سیستمیک در گیاه است که این مکانیسم به‌عنوان یک سرکوب‌کننده قارچ و افزایش توان دفاعی گیاه عمل می‌کند (Verwaaijen et al. 2017).

استفاده از بیوچار حاصل از زباله‌های گلخانه‌ای در گوجه‌فرنگی در برابر *B. cinerea* باعث ایجاد پاسخ‌های دفاعی، شامل القاء بیان ژن‌های مربوط به پاسخ‌های اسید جاسمونیک و اتیلن و تجمع بالای گونه اکسیژن فعال مانند H_2O_2 می‌شود (Mehari et al. 2015). نماتدهای انگل گیاهی می‌توانند باعث از دست دادن عملکرد متوسط در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

محصولات حدود ۱۲/۳ درصد شوند (Singh et al. 2015).

استفاده از بیوچار تهیه‌شده از کاه گندم بر روی تنوع نماتد در خاک تأثیر گذاشته است و باعث کاهش نماتدهای انگل گیاهی مانند نماتدهایی از جنس *Coslenchus*، *Hirschmanniella*، *Rotylenchus* و *Tylenchus* شده است (Zhang et al. 2013). استفاده از بیوچار تهیه‌شده از بستر مرغ به دلیل افزایش تنوع میکروارگانیسم‌های مفید خاک، باعث کاهش جمعیت نماتدهایی چون *Meloidogyne javanica*، *Tylenchulus semipenetrans*، *Pratylenchus* spp.، *Criconemoid* spp. و *Helicotylenchus* spp. می‌شود (Rahman et al. 2014).

با استفاده از بیوچار تولیدشده از ضایعات کشاورزی القاء مقاومت در بوته‌های گوجه‌فرنگی در برابر ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (TYLCD) ایجاد شد. این آزمایش برای بررسی اثرات بیوچار بر ویروس عامل بیماری پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی انجام گرفت. بیوچار با غلظت ۱، ۲ و ۳ درصد به خاک گلدان اضافه شد. بعد از استفاده از بیوچار، شدت بیماری ۲۲/۴۳ درصد ثبت شد که به‌طور قابل توجهی کمتر از گیاه شاهد بود. در مورد بیوچار مورد استفاده، کاهش بیماری در غلظت بالاتر از ۳ درصد بیشتر از دو غلظت دیگر بود. گیاهان گوجه‌فرنگی تحت تیمار با مقادیر مختلف بیوچار می‌توانند شدت بیماری را تا ۶۵ درصد کاهش دهند. بیوچار به‌طور قابل توجهی از شدت بیماری می‌کاهد. استفاده از بیوچار علاوه‌بر اینکه باعث تغییر خواص فیزیکی خاک می‌شود، مقاومت سیستمیک در گیاه گوجه‌فرنگی را نیز افزایش می‌دهد (Elad et al. 2011; Mehari et al. 2015).

جدول ۲ - استفاده از بیوچار در برابر گروه‌های مختلف عوامل بیماری‌زا (Poveda et al. 2021).

مکانیسم‌های سرکوب بیماری	گیاه میزبان	بیمارگر
القاء مقاومت در گیاه	*Lycopersicon esculentum* *Capsicum annuum* cv. Maccabi	*B. cinerea*
القاء مقاومت در گیاه	*Fragaria ananassa*	*Colletotricum acutatum*
افزایش کلنیزاسیون همزیست‌ها	*Asparagus* sp.	*F. oxysporum* f.sp. *asparagi*
القاء مقاومت در گیاه	*Capsicum annuum* cv. Maccabi	*L. taurica*
بیوچار به‌عنوان حامل عمل می‌کند	*Lycopersicon esculentum*	*Phytium aphanidermatum*
القاء مقاومت در گیاه	*Acer rubrum*	*Phytophthora cactorum*

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

القاء مقاومت در گیاه	*Quercus rubra*	*Phytophthora cinnamomi*
سرکوب بیماری دیده نشده	*Brassica rapa chinensis*	*Plasmodiophora brassicae*
القاء مقاومت در گیاه	*Fragaria ananassa*	*Podosphaera aphanis*
القاء مقاومت در گیاه	*Cucumis sativus* cv.	*R. solani*

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده از بیوچار دارای اثرات مفیدی از جمله کنترل عوامل بیماری‌زا گیاهی است، اما این اثرات بر روی عوامل بیماری‌زای مختلف، متفاوت است. اثرات و ویژگی‌های بیوچار و تأثیرات آن بر خصوصیات خاک و کنترل عوامل بیماری‌زا، بیشتر به ماده خام مورد استفاده برای تهیه بیوچار، شرایط تجزیه و تولید آن و مقدار استفاده از آن در خاک بستگی دارد. هر چند این مسئله یک نقطه ضعف برای بیوچار بشمار می‌رود، زیرا سنتز و کاربرد بیوچار باید به‌طور خاص در هر مورد شود و سپس عملی شود. با این حال، این طراحی نیز می‌تواند متناسب با نوع عامل بیماری‌زا و شدت بیماری ایجاد شده باشد. روش تولید و استفاده از بیوچار باید برای هر مکان و سیستم کشاورزی مورد مطالعه، آزمایش و طراحی قرار بگیرد. باید بر تغییرات فیزیکی، شیمیایی، هیدرولوژیکی و اکولوژیکی خاک تحت استفاده طولانی‌مدت از بیوچار نظارت وجود داشته باشد. اکثر مطالعات و تحقیقات انجام شده، نشان می‌دهد که پس از تنظیم و کنترل تعدادی متغیر مانند کاربرد، روش تولید و سنتز، افزایش میزان در دسترس بودن مواد مغذی در خاک، استفاده از بیوچار می‌تواند در برابر تعداد زیادی از بیمارگرهای گیاهی و آفات موثر عمل کند و به کشاورزی کمک زیادی کند. به‌طور کلی استفاده از بیوچار در زمینه کشاورزی، علاوه‌بر افزایش میزان عملکرد محصول و کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی، دارای مزیت‌های اجتماعی و اقتصادی نیز است. از جمله این مزیت‌ها، استفاده از منابع و مواد اولیه موجود در هر منطقه برای تولید بیوچار است، که به حمل و نقل از راه دور نیاز ندارند و اقتصاد منطقه را گسترش می‌دهند. در نتیجه، بیوچار به‌عنوان یک محصول مشتق شده از موادی چون زباله‌های کشاورزی، یک استراتژی امیدوارکننده و قابل سرمایه‌گذاری در زمینه کشاورزی است، که باید مورد مطالعه وتحقیق قرار گیرد و ضعف‌های آن برطرف شود. علاوه‌بر موارد ذکرشده، یک کاربرد بیوچار که هنوز به‌طور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته است، امکان استفاده از عصاره‌های آب حاصل از شستشوهای کود بیوچار برای کنترل

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

عوامل بیماری‌زای گیاهی است. در آینده نزدیک، انجام تحقیقات اساسی و کامل برای شناخت مکانیسم تاثیر مستقیم (تاثیر بر روی عامل بیماریزا) و غیرمستقیم (تاثیر بر روی گیاه) بیوچار در کنترل بیماری لازم به نظر می‌رسد..

فهرست منابع

References

Akhter A, Hage Ahmed K, Soja G, Steinkellner S. 2016 Potential of Fusarium wilt-inducing chlamydospores, in vitro behaviour in root exudates and physiology of tomato in biochar and compost amended soil. Plant and Soil 406: 425-440.

Aller MF. 2016. Biochar properties Transport, fate, and impact. Critical reviews in environmental science and technology 46: 1183-1296.

Ali N, Khan S, Yao H, Wang J. 2019. Biochars reduced the bioaccessibility and (bio) uptake of organochlorine pesticides and changed the microbial community dynamics in agricultural soils. Chemosphere 224: 805-815.

Bonanomi G, Ippolito F, Scala F. 2015. A "black" future for plant pathology? Biochar as a new soil amendment for controlling plant diseases. Journal of Plant Pathology 97: 223-234.

Bourke J, Manley-Harris M, Fushimi C, Dowaki K, Nunoura T, 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.

Choudhary DK, Nabi SU, Dar MS, Khan KA. 2018. Ralstonia solanacearum: A wide spread and global bacterial plant wilt pathogen. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7: 85-90.

Compant S, Clement S, Sessitsch A. 2010. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. Soil Biology and Biochemistry. 42: 669-678.

Elad Y, Cytryn E, Harel YM, Lew B, Graber ER. 2011. The biochar effect: plant resistance to biotic stresses. Phytopathologia Mediterranea. 50: 335-349.

Elmer WH. 2016. Effect of leaf mold mulch, biochar, and earthworms on mycorrhizal colonization and yield of asparagus affected by Fusarium crown and root rot. Plant disease. 100: 2507-2512.

Frenkel O, Jaiswal AK, Elad Y, Lew B, Kammann C, Graber ER. 2017. The effect of biochar on plant diseases: what should we learn while designing biochar substrates? Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. 25: 105-113.

Harel YM, Elad Y, Rav-David D, Borenstein M, Shulchani R, Lew B, Graber ER. 2012. Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. Plant and Soil. 357: 245–257.

Jha P, Biswas AK, Lakaria BL, Rao AS. 2010. Biochar in agriculture–prospects and related implications. Current Science. 1218-1225.

Lehmann J, Gaunt J, Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems–a review. Mitigation and adaptation strategies for global change. 11: 403-427.

Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota–a review. Soil Biology and Biochemistry. 43: 1812-1836.

Lou, Y, Joseph S, Li L, Graber ER, Liu X, Pan G. 2016. Water extract from straw biochar used for plant growth promotion: an initial test. BioResources. 11: 249-266.

McLaughlin H, Anderson PS, Shields FE, Reed TB. 2009. All Biochars are not Created Equal, and How to Tell Them Apart. North American Biochar Conference, Boulder, CO.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

Mehari ZH, Elad Y, Rav-David D, Graber ER, Harel YM. 2015. Induced systemic resistance in tomato (*Solanum lycopersicum*) against Botrytis cinerea by biochar amendment involves jasmonic acid signaling. Plant and Soil. 395: 31-44.

Novak J M, Lima I, Xing B, Gaskin J W, Steiner C, Das K C, Schomberg H. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Annals of Environmental Science. 3:195-206.

Ogawa M, Okimori Y. 2010. Pioneering works in biochar research, Japan. Soil Research. 48: 489-500.

Olarieta JR, Padro R, Masip G, Rodriguez-Ochoa R, Tello E. 2011. Formiguers, a historical system of soil fertilization and biochar production? Agriculture, Ecosystems and Environment. 140: 27-33.

Poveda J, Martinez Gomez A, Fenoll C, Escobar C. 2021. The use of biochar for plant-pathogen control. Phytopathology. doi 10.1094/PHYTO-06-20-0248-RVW.

Rahman L, Whitelaw-Weckert MA, Orchard B. 2014. Impact of organic soil amendments, including poultry-litter biochar, on nematodes in a Riverina, New South Wales, vineyard. Soil Research. 52: 604-619.

Singh S, Singh B, Singh AP. 2015. Nematodes: A threat to sustainability of agriculture. Procedia Environmental Sciences. 29: 215-216.

Sohi S, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy. 105: 47-82.

Summerell B A. 2019. Resolving Fusarium: current status of the genus. Annual Review of Phytopathology. 57: 323-339.

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

Verheijen F, Jeffery S, Bastos AC, Van Der Velde M, Diafas I, Parsons C. 2009. Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy. pp. 149.

Verwaaijen B, Wibberg D, Krober M, Winkler A, Zrenner R, Bednarz H, Schlüter A. 2017. The Rhizoctonia solani AG1-IB (isolate 7/3/14) transcriptome during interaction with the host plant lettuce (*Lactuca sativa* L.). PloS one. 12(5): e0177278.

Viger M, Hancock RD, Miglietta F, Taylor G. 2015. More plant growth but less plant defence? First global gene expression data for plants grown in soil amended with biochar. Gcb Bioenergy. 7: 658-672.

Wardle DA, Nilsson MC, Zackrisson O. 2008. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. Science. 320: 629-629.

Warnock DD, Lehmann J, Kuyper TW, Rillig MC. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil e concepts and mechanisms. Plant and Soil. 300: 9-20.

Yang Y, Sheng G. 2003. Enhanced pesticide sorption by soils containing particulate matter from crop residue burns. Environmental Science and Technology. 37: 3635-3639.

Yang JI, Ruegger PM, McKenry MV, Becker JO, Borneman J. 2012. Correlations between root-associated microorganisms and peach replant disease symptoms in a California soil. PloS One. 7: -46420.

Zhang XK, Qi LI, LIANG WJ, Zhang M, Xue-Lian BAO, Zu-Bin XIE. 2013. Soil nematode response to biochar addition in a Chinese wheat field. Pedosphere. 23: 98-103.

Zhang C, Lin Y, Tian X, Xu Q, Chen Z, Lin W. 2017. Tobacco bacterial wilt suppression with biochar soil addition associates to improved soil physiochemical properties and increased rhizosphere bacteria abundance. Applied Soil Ecology. 112: 90-96.

Zhang L, Xiang Y, Jing Y, Zhang R. 2019. Biochar amendment effects on the activities of soil carbon, nitrogen, and phosphorus hydrolytic enzymes: a meta-analysis. Environmental Science and Pollution Research. 26: 22990-23001.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]

The Effect of Biochar on Increasing Plant Resistance to Pathogens

Maryam Afrashteh[1], Davoud Koolivand[*2]

1- M.Sc. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

koolivand@znu.ac.ir

Abstract

Biochar is a coal that is prepared during the pyrolysis process by burning plant biomass and agricultural waste in the presence or absence of oxygen at a temperature around 450-550°C that is used as a fertilizer. In view of agriculture, one of the benefits of biochar is waste management in agriculture. This solid material is rich in carbon and has a large capacity to reduce greenhouse gases such as carbon dioxide and methane released from waste due to very slow decomposition rate compared to other organic materials, and can keep carbon for a thousands of years. Biochar is widely known as an efficient way for carbon sequestration and increasing soil fertility. It is used as a soil texture improver or to regenerate lands as well as protecting the environment against certain pollutants. By the addition of biochar, the stability of soil will increase the organic carbon against environmental factors and reduces mineralization which increases organic carbon and improves soil structure. Increasing water holding capacity and activity of microorganisms and better absorption of nutrients from soil is one of the main roles of biochar. In addition, biochar will improve crop yields, management of agricultural waste. Increasing plant's systemic resistance to a number of plant pathogens and uptake of pesticide and herbicide residues from the soil will cause the growth of healthier plants. Development of organic agriculture and problems that resulted in air pollution has made use of this type of fertilizer around the world, however, this organic material has remained somewhat unknown in Iran.

Keywords: Soil Improvement, Biochar, Plant Yield, Plant Pest Management, Induce Resistance.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.2.2.1]