مروری بر روش‌های تولید، خواص و کاربرد بیوچار

سید امین میرباقری[۱]، سید محمد صفی‌الدین اردبیلی[۲*]، مصطفی کیانی‌ده‌کیانی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، seyedaminmirbagheri@gmail.com
۲. استادیار، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، m.safieddin@scu.ac.ir
۳. استادیار، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، m.kiani@scu.ac.ir

چکیده

فعالیت‌های انسانی در زمینه‌های مختلف کشاورزی و صنعتی موجب افزایش روزافزون ضایعات می‌گردد. دفع و تخلیه نامناسب این ضایعات در محیط باعث ایجاد عوارض نامطلوبی برای محیط‌زیست می‌گردد. استفاده مناسب و کاربردی از این ضایعات موجب کاهش فشار بر محیط‌زیست خواهد شد. یکی از راهکارهای استفاده از این بقایا اعمال فرآیند پیرولیز و تبدیل آن‌ها به بیوچار است. بیوچار ماده کربنی است که از گرمادهی بقایا و ضایعات محصولات کشاورزی و جانوری در محیط حاوی اکسیژن محدود یا بدون اکسیژن به دست می‌آید. تجزیه گرمایی زیست توده در محیط فاقد اکسیژن را گرماکافت می‌نامند. بیوچار پایداری بالایی داشته و به منظور مدیریت ضایعات، تولید انرژی، اصلاح خاک، افزایش عملکرد گیاه، جاذب آلودگی آب، کاتالیزور فرآیندهای شیمیایی و کاهش تغییرات اقلیمی تولید می‌شود. این کاربردها در این مطالعه به صورت مختصر توضیح داده شده است.

کلمات کلیدی: *بیوچار، پیرولیز، مدیریت ضایعات، زیست‌توده، انرژی، اصلاح خاک، محیط‌زیست*

*نویسنده مسئول: m.safieddin@scu.ac.ir

مقدمه

ازدیاد روزافزون جمعیت و به تبع آن افزایش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی می‌تواند سبب تولید انبوه پسماندهای آلی در مزارع شود. افزایش این پسماندها می‌تواند پیامدهای زیانبار بسیاری برای سلامتی محیط‌زیست ایجاد کند [۲۵]. یکی از رویه‌های نامناسب، به‌ویژه در کشورهای توسعه‌نیافته و درحال‌توسعه، سوزاندن پسماندهای آلی و بقایای گیاهی در مزارع است که در درازمدت سبب تخریب ساختمان خاک از طریق حذف مواد آلی و فعالیت ریز جانداران شده که نتیجه آن کاهش نفوذپذیری و افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک هست [۲۷]. امروزه بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه تمایل به استفاده بهینه از بقایای محصولات کشاورزی مانند: باگاس نیشکر، کاه و پوشال برنج و گندم، غلاف برنج، بقایای ذرت و آفتابگردان دارند [۲۳]. یکی از راه‌حل‌های این موضوع فرآیند گرماکافت[1]هست که به کمک آن می‌توان پسماندهای آلی را به بیوچار[2]تبدیل نمود [۳۶]. به زغال و یا پودر زغال حاصل از زیست‌توده[3]بیوچار یا زغال زیستی گفته می‌شود که یک ماده متخلخل، غنی از کربن و ریزدانه است.

منابع اولیه تولید بیوچار

بیوچار از گرمادهی زیست‌توده به دست می‌آید. زیست‌توده به بقایا و ضایعات محصولات کشاورزی و جانوری گفته می‌شود. نمونه‌ای از این زیست‌توده‌ها که بیوچار حاصل از آن‌ها تولیدشده است عبارت‌اند از: باگاس (تفاله) نیشکر، ضایعات هرس، بقایا (پوست) پسته، بقایا (کاه) و چوب ذرت، بقایا (کاه) گندم، سبوس برنج، تفاله ریشه شیرین‌بیان، بقایای پنبه، بقایای کنجد، بقایای اکالیپتوس، چوب کاج، بلوط، کنوکارپوس و ...، خاک اره، ضایعات چمن، ضایعات مرکبات، بقایای آفتابگردان، کود دامی، کود مرغی و لجن فاضلاب.

شکل (۱): بیوچار حاصل از باگاس نیشکر

1 pyrolysis
2 Biochar
3 Biomass

شکل (۲): بیوچار حاصل از ضایعات هرس

شکل (۳): بیوچار حاصل از بقایا (پوست) پسته

روش تولید بیوچار

به منظور تولید بیوچار، باید بر روی زیست‌توده مورد نظر عملیات گرماکافت یا پیرولیز صورت گیرد. پیرولیز یک فرآیند تبدیل گرمایی- شیمیایی است که در نبود اکسیژن و یا حضور اکسیژن به صورت محدود اتفاق می‌افتد. در طی این فرآیند ۳ فاز گاز، مایع و جامد (بیوچار) تولید می‌شود. فاز گاز عمدتا شامل متان یا سایر هیدروکربن‌های قابل اشتعال است که به آن بیوگاز گفته می‌شود که یک سوخت زیستی و تجدیدپذیر است. فاز مایع شامل روغنی است که در کف کوره جمع می‌شود و از طریق لوله خروجی، خارج می‌شود که به آن روغن زیستی[1] گفته می‌شود و می‌توان با رقیق سازی و برخی عملیات دیگر این روغن را تبدیل به سوخت زیستی و تجدیدپذیر بیودیزل نمود. این فازهای گاز و مایع می‌توانند به عنوان سوخت و برای تولید گرما و انرژی پاک مورد استفاده قرار گیرند. فاز جامد بیوچار یا زغال زیستی نامیده می‌شود.

فرآیند پیرولیز بر اساس محدوده دما به سه کلاس: پیرولیز آهسته (۲۰۰ تا ۹۰۰ درجه سلسیوس)، پیرولیز سریع (۸۵۰ تا ۱۲۵۰ درجه سلسیوس) و پیرولیز خیلی سریع (۱۰۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سلسیوس) تقسیم می‌شود [۳۷]. همانطور که گفته شد برای انجام پیرولیز نیاز به حرارتدهی می‌باشد، به همین منظور از کوره‌های تولید بیوچار استفاده می‌شود. این کوره‌ها شامل کوره‌های الکتریکی که با برق کار می‌کنند و کوره‌هایی که با سوخت‌هایی نظیر گازوئیل، گاز و ... کار می‌کنند، می‌باشد. در شکل(۴) نمونه‌ای از کوره برقی و در شکل(۵) نمونه‌ای از یک کوره گازوئیلی نشان داده شده است.

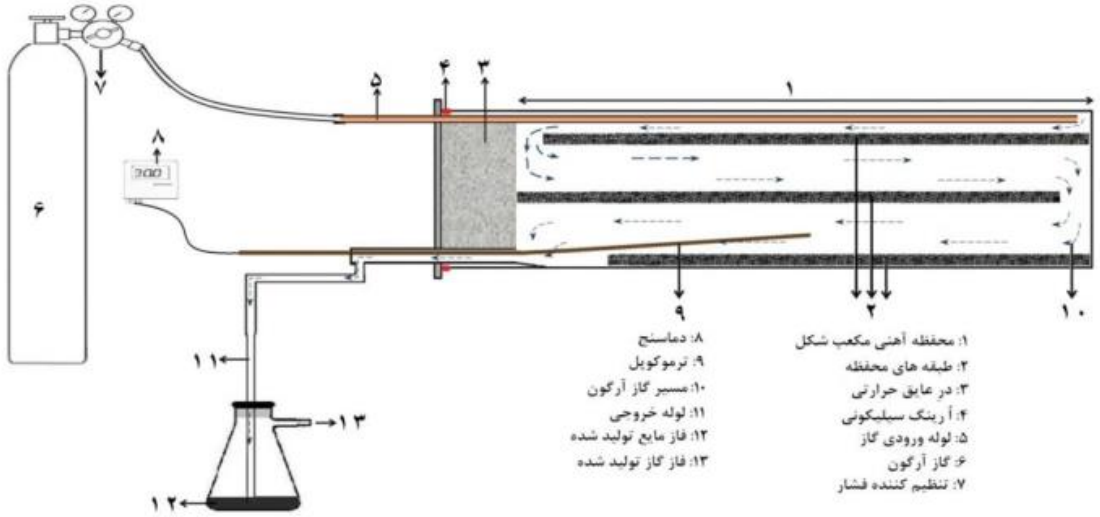
1 Bio Oil

شکل(٤): کوره الکتریکی

شکل(٥): کوره گازوئیلی

همانظور که گفته شد برای تولید بیوچار، فرآیند پیرولیز باید در نبود اکسیژن و یا حضور اکسیژن به صورت محدود انجام شود. برای محقق شدن این امر روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین صورت که زیست‌توده را پس از قرار دادن در هوای آزاد و زیر نور خورشید و یا گذاشتن در آون به منظور از دست دادن رطوبت اولیه، آن‌ها را در کوره قرار می‌دهیم. بدین صورت که زیست‌توده‌های کوچک و ریز (مانند: باگاس نیشکر عبور داده شده از الک شماره ۲) را در ظروف مقاوم در برابر درجه حرارت بالا و با عمق کم حدود ۳ سانتی متر قرار داده می‌شود تا گرما به صورت یکنواخت به همه‌ی زیست‌توده برسد و برای زیست‌توده‌های بزرگتر (مانند: ضایعات هرس و شاخه‌های درختان) آن‌ها را برش داده و در کوره‌های بزرگ مناسب این کار قرار داده می‌شود. در یکی از این روش‌ها کوره مجهز به لوله‌های ورودی و خروجی است. بدین صورت که پس از قرار دادن زیست‌توده در کوره و بستن درب آن، گاز آرگون که معروف به گاز بی اثر می‌باشد و در فرآیند شیمیایی تاثیری ندارد را وارد کوره نموده و با عبور از همه طبقات کوره، هوای موجود در آن را از طریق لوله‌ی خروجی، خارج می‌کند و عملیات گرماکافت در نبود اکسیژن اتفاق می‌افتد. شماتیک کوره‌ی انجام این روش در شکل (۶) نشان داده شده است. در روش دیگر، زیست توده را در ظروف ریخته و آن را فشار داده تا هوای کمتری بین آن باشد سپس

روی ظروف آلومینیوم کشیده و در کوره قرار می‌دهیم. در این روش گرماکافت در حضور اکسیژن به صورت محدود اتفاق می‌افتد.



شکل(٦): نمایی از طرح کلی دستگاه پیرولیز [۵۲]

عوامل موثر بر خصوصیات بیوچار

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع مواد اولیه، شرایط واحد گرماکافت، سرعت گرمادهی، اندازه ذرات بیوچار و دمای اوج گرماکافت و مدت زمان گرماکافت قرار می‌گیرد. دامنه گسترده فرایند گرماکافت منجر به تشکیل بیوچارهایی می‌شود که از نظر ترکیب عنصری و خاکستر، جرم مخصوص، تخلخل، توزیع اندازه منافذ، سطح ویژه، خصوصیات شیمیایی سطح، جذب و دفع آب و یونها، PH و یکنواختی ساختمان فیزیکی بسیار متفاوت هستند [۳۰ و ۳۱]. دما از متغیرهای اصلی تهیه بیوچار است که تأثیر مهمی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و پایداری آن دارد. خصوصیاتی از بیوچار که تحت تأثیر دما قرار میگیرند عبارتند از مقدار بیوچار تولید شده [۱۱ و ۲۸]، درصد کربن، ترکیب عنصری [۱، ۲، ۳و ۱۷]، میزان خاکستر، میزان مواد فرار، وزن مخصوص، توزیع اندازه خلل و فرج، سطح ویژه، خصوصیات شیمیایی سطح [۴۱]، جذب سطحی آب و یونها، PH [۲۴]، ساختمان فیزیکی و پایداری در مقابل تجزیه [۱۲ و ۳۵]. نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد با افزایش دمای گرماکافت بر میزان خاکستر آن افزوده می شود و همچنین بقایای چوبی نسبت به بقایای علفی خاکستر کمتری تولید می نماید [۱۷، ۱۸، ۴۴ و ۴۹].

زیست توده بر خصوصیات بیوچار [۱۸]

متغیرهای اندازه گیری شده	بیوچار پوست قهوه تهیه شده در ۳۵۰°C	بیوچار پوست قهوه تهیه شده در ۵۰۰°C	بیوچار کلش ذرت تهیه شده در ۳۵۰°C	بیوچار کلش ذرت تهیه شده در ۵۰۰°C
سطح ویژه (m^2g^{-1})	۱۴/۰۷±۰/۰۲	۲۶/۲±۰/۰۱	۴/۴۶±۰/۰۵	۱۸/۱±۰/۰۴
pH H_2O (1:10)	۹/۶۲±۰/۰۶	۱۱/۰±۰/۰۲	۸/۱۵±۰/۰۱	۹/۴۴±۰/۰۳
EC (mS/cm^{-1}) (1:10)	۴/۲۹±۰/۰۳	۶/۴۴±۰/۱۳	۰/۸۹±۰/۲۳	۱/۸۱±۰/۲۴
کلسیم تبادلی (me/100g)	۵۰/۵±۰/۶۸	۶۱/۵±۰/۸۱	۳۷/۴±۰/۵۶	۴۸/۴±۰/۰۶
منیزیم تبادلی (me/100g)	۶/۷۱±۰/۱۱	۸/۲۱±۰/۰۶	۴/۹۳±۰/۰۴	۶/۴۳±۰/۰۶
پتاسیم تبادلی (me/100g)	۱/۹۶±۰/۲۷	۲/۷۷±۰/۴۳	۱/۷۱±۰/۲۶	۲/۱۶±۰/۱۴
سدیم تبادلی (me/100g)	۳/۴۳±۰/۰۲	۵/۱۵±۰/۱۱	۰/۷۱±۰/۱۸	۱/۴۵±۰/۱۹
ظرفیت تبادل کاتیونی (me/100g)	۶۴/۸±۰/۷۶	۷۹/۲±۰/۳۳	۴۷/۵±۰/۶۶	۶۲/۰±۰/۸۰
کربن آلی (٪)	۱۶/۵±۱/۹۶	۲۶/۹±۷/۲۲	۱۴/۰±۲/۴۵	۲۰/۶±۱/۴۰
ماده آلی (٪)	۲۸/۴±۳/۳۸	۴۶/۴±۱۲/۵	۲۴/۱±۴/۲۳	۳۵/۵±۲/۴۱
نیتروژن کل (٪)	۱/۴۲±۰/۱۷	۲/۳۲±۰/۶۲	۱/۲۰±۰/۲۱	۱/۷۷±۰/۱۲
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۹/۷۹±۱/۳۴	۱۳/۹±۲/۱۶	۸/۵۵±۱/۳۱	۱۰/۸±۲/۴۱

موارد استفاده از بیوچار

به طور کلی بیوچار برای تحقق چهار هدف مدیریت ضایعات، کاهش تغییرات اقلیمی، کاهش مصرف سوختهای فسیلی و تولید انرژی و همچنین بهبود خصوصیات خاک تهیه می‌شود [۴۴].

استفاده از بیوچار به عنوان زغال معمول موجود در بازار

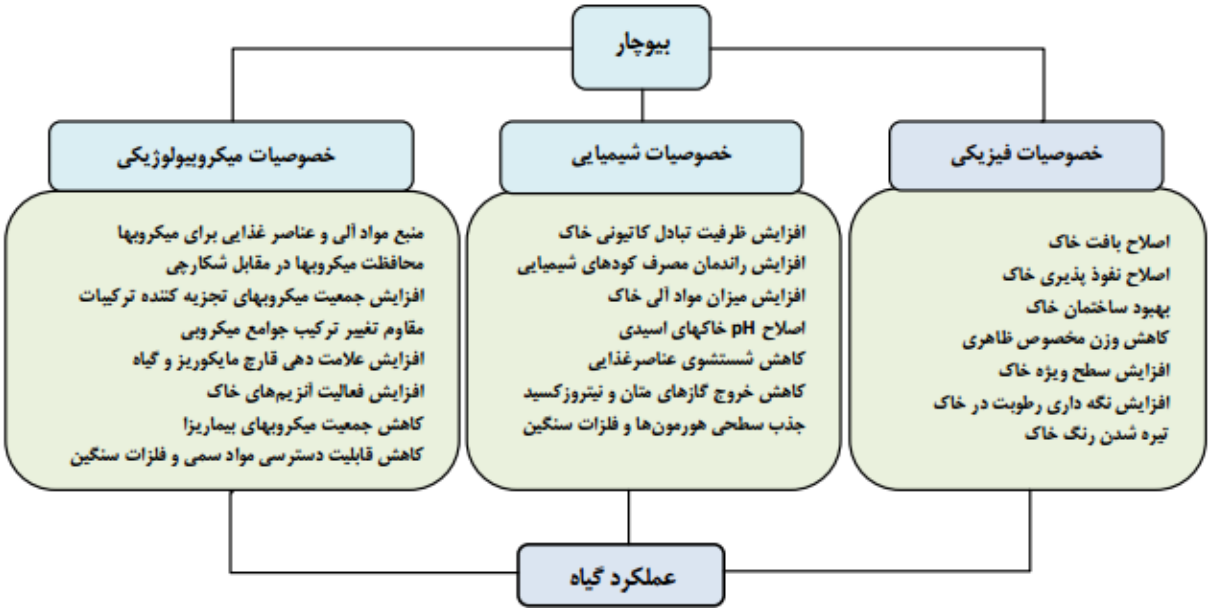
از بیوچار که یک زغال زیستی می‌باشد می‌توان به عنوان زغال معمولی استفاده نمود. مانند:

- پخت و پز: به عنوان سوخت در منقل یا اجاق استفاده شود
- مصرف توتون و تنباکو
- استفاده به عنوان سوخت کوره و دیگ و بویلر بخار و آب گرم

استفاده از بیوچار برای اصلاح خاک

بیوچار به علت ویژگی‌های منحصر به فردی که دارد، به عنوان اصلاح کننده خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. یکی از ویژگی‌های مهم بیوچار، پایداری آن پس از افزودن به خاک می‌باشد، که به دمای تولید بیوچار و حتی شرایط و نوع خاک بستگی دارد [۳۳]. این خصوصیت بیوچار برای ترسیب کربن در خاک بسیار مهم است [۱۳ و ۵۱]. فانگ و همکاران (۲۰۱۴) پایداری بیوچار تولید شده در دماهای ۴۵۰ و ۵۵۰ درجه سانتیگراد را در چهار خاک مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که پس از گذشت یک سال تنها ۳/۷۱-۰/۳ درصد کربن بیوچار معدنی می شود و با افزایش دمای گرماکافت، پایداری کربن بیوچار افزایش می‌یابد [۲۱]. پایداری بیشتر کربن بیوچار تولید شده در دماهای بالاتر به درصد نسبی کربن الکیل و آروماتیک، میزان تراکم کربن آروماتیک، نوع مواد اولیه مورد استفاده برای تولید بیوچار و کاهش بخش ناپایدار کربن نسبت داده می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که کربن بیوچار بسیار مقاوم و پایدار بوده و زمان ماندگاری آنها در مورد بیوچار چوب در دامنه ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال قرار میگیرد که ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر زمان ماندگاری کربن آلی خاک است. بنابراین افزودن بیوچار به خاک می تواند مخزن بالقوه‌ای از کربن را در خاک فراهم آورد [۴۷]. در مطالعات تأثیر بیوچار بر خصوصیات خاک مشخص گردیده پایداری بالای بیوچار در خاک عامل کلیدی در کاهش خروج گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر است. بیوچار علاوه بر دی اکسید کربن از خروج گازهای نیتروزاکسید و متان نیز جلوگیری می‌نماید [۵۰].

مصرف بیوچار در خاک باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می گردد. نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد مصرف بیوچار در خاک موجب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی، پایداری خاکدانه‌ها، ساختمان خاک و سطح ویژه [۱۹، ۲۶، ۳۹ و ۴۲]، خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل pH، قابلیت هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و عناصر قابل جذب خاک [۲، ۱۴، ۲۲ و ۲۹] و و خصوصیات زیستی خاک مانند فعالیت آنزیمی، فعالیت میکروبی، معدنی شدن عناصر، خروج گازهای گلخانه‌ای [۱۶، ۴۳، ۴۵ و ۴۸] می گردد.



شکل(۷): تأثیر بیوچار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک [۳۳]

نجفی قیری (۱۳۹۴) تأثیر کاربرد بیوچار را بر ویژگیهای خاک و قابلیت جذب عناصر غذایی بررسی نمود. نتایج این تحقیق نشان داد مصرف بیوچار باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی و قابلیت هدایت الکتریکی و پتاسیم محلول و تبادلی گردید در حالی که قابلیت دسترسی نیتروژن، فسفر، روی و مس تحت تأثیر مصرف بیوچار قرار نگرفت [۹].

نتایج مطالعه دیوبند هفشجانی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد افزودن بیوچار باگاس نیشکر تهیه شده در ۳۰۰ درجه سلسیوس و در سطوح ۰/۲، ۰/۵ و یک درصد، طی هشت ماه دوره آزمایش، باعث افزایش معنی‌دار کربن آلی، ازت کل، فسفر قابل جذب، ظرفیت تبادل آنیونی، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گردید [۶].

نیگوسی و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر بیوچار بر خصوصیات خاک و جذب عناصر غذایی توسط کاهو را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد بیوچار موجب افزایش pH، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، ظرفیت تبادل کاتیونی و بازهای تبادلی می گردد [۴۰].

نتایج مطالعه ماستو و همکاران (۲۰۱۳) افزایش PH خاک (۹٪)، افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک (۵۰٪)، میزان مواد آلی خاک (۱/۱۷ ٪)نیتروژن کل (۱۰٪)، فسفر (۶۵٪)، پتاسیم (۱۱۸٪) را بر اثر کاربرد بیوچار نشان داد. افزایش میزان عناصر ذکر شده به افزایش PH خاک و اثر آهکی بیوچار در افزایش قابلیت جذب فسفر و افزوده شدن مستقیم پتاسیم توسط بیوچار (که در خاکستر بیوچار موجود است) نسبت داده شد [۳۸].

استنبیس و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که افزودن بیوچار به خاک به دلیل افزایش PH خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، جذب قارچ‌ها و میکروب‌های مفید، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، نگهداری و ابقاء عناصر غذایی، باعث ارتقاء حاصلخیزی و بهبود کیفیت خاک می‌گردد [۴۶].

نتایج مطالعه کویی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد استفاده از سطوح ۲۰ ،۱۰و ۴۰ تن در هکتار بیوچار باعث افزایش دو تا پنج درصدی PH خاک و ۱۶تا ۵۱ درصدی کربن آلی خاک می‌گردد [۱۵]. در خاک‌های آهکی استفاده از بیوچار باعث تغییر اندک در PH خاک گردید که این تغییر به خاصیت بافری شدید این خاک‌ها نسبت داده شد [۲۰].

نتایج مطالعه زلفی باوریانی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد افزودن بیوچارکود مرغی باعث افزایش معنی‌دار PH، قابلیت هدایت الکتریکی، ماده آلی خاک، پتاسیم و فسفر قابل دسترس گردید و بالاترین میزان عناصر قابل جذب در بیوچار تهیه شده در ۳۰۰ درجه سلسیوس مشاهده گردید [۷].

از طرفی لهمان و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که بیوچار به خاطر نسبت کربن به نیتروژن بالا ممکن است قابلیت دسترسی نیتروژن خاک را محدود نموده و مصرف آن باعث کاهش باروری خاک گردد [۷ و ۳۴].

نجفی‌قیری و همکاران (۱۳۹۶) تاثیر کاربرد برخی بقایای گیاهان زراعی و تفاله شیرین‌بیان و بیوچار حاصل از آن‌ها بر وضعیت پتاسیم یک خاک آهکی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که مواد آلی گیاهی شامل کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج می‌توانند سبب تغییرات قابل توجهی در مقدار پتاسیم خاک و همچنین آزادسازی پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار خاک شوند. همچنین بیوچار حاصل از این ترکیب‌ها نیز می‌تواند سبب افزایش مقدار پتاسیم خاک شود. با این‌حال تفاله ریشه شیرین‌بیان و بیوچار حاصل از آن تأثیر قابل‌توجهی بر وضعیت پتاسیم خاک نداشت. آنها بیان کردند که نوع ترکیب‌های آلی مورد استفاده می‌تواند از نظر تأمین پتاسیم خاک بسیار متفاوت باشد و همچنین فرآوری ترکیب‌ها و تبدیل آنها به بیوچار نیز می‌تواند در شدت تأثیر آنها بر مقدار پتاسیم خاک اثر بگذارد. با این‌حال تأثیرهای منفی کاربرد مواد آلی گیاهی و بیوچار حاصل از آنها بر افزایش PH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک که معمولاً دارای خاک‌های آهکی با PH بالا و شوری بالا هستند نباید نادیده گرفته شود [۱۰].

پایداری این ماده و مقاومت آن در مقابل تجزیه موجب انباشت طولانی مدت کربن در خاک شده و از شدت خروج گازهای گلخانه ای از جمله دی اکسید کربن و نیتروزاکسید و آثار ناشی از آن بر گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی می کاهد این ماده می تواند با اصلاح خصوصیات فیزیکی از قبیل ساختمان خاک و دانه‌بندی آن شرایط فیزیکی خاک را برای رشد هر چه بهتر گیاه آماده نموده و لذا حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد. بعلاوه با افزایش ظرفیت نگه داری آب و عناصر غذایی موجب افزایش راندمان مصرف کودهای شیمیایی شده و بهره وری از کودهای شیمیای بهبود می یابد. مصرف این ماده زیستی در خاک موجب افزایش جمعیت میکروبی خاک و فعالیت آنزیمی آن شده و در نتیجه موجب بهبود چرخه عناصر غذایی و استفاده از ظرفیت خود خاک در تأمین عناصر غذایی را موجب شده و می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهد [۴].

استفاده از بیوچار برای تصفیه آب و پساب های صنعتی

از زغال و نانومواد حاوی کربن برای تصفیه آب و پساب‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور مثال در:

- استفاده در دستگاه های تصفیه آب خانگی، نیمه صنعتی و صنعتی

- استفاده در دستگاه های تصفیه آب خانگی، نیمه صنعتی و صنعتی
- استفاده در دستگاه های تصفیه آب خانگی، نیمه صنعتی و صنعتی

تحقیقی در مرکز رشد دانشگاه ایلام توسط خانم دکتر فاطمه ولی‌زاده در راستای رفع مشکلات پساب‌های صنعتی انجام گرفت. آنها بیان داشتند که ماده آلی بیوچار یا همان زغال زیستی یک ترکیب دیر تجزیه و پایدار است که با درصد جذب ۹۹ درصدی می تواند تمام آلاینده های پساب های صنایع، فاضلاب ها و آب های آلوده را جذب کند و اگر خود به عنوان یک آلاینده باقی بماند تاثیری بر محیط نخواهد داشت. همچنین نتایج آنها نشان داد که گروهای عاملی موجود بر روی بیوچار باعث افزایش قدرت جذب آن می شود، آزمایشات بر روی قسمت میکروبی آن ادامه دارد که انتظار می‌رود با توجه به ویژگی‌های این ماده برای جذب میکروارگانیسم‌ها نیز از آن استفاده شود. با توجه به این موضوع، ادارات آب و فاضلاب، صنایع و کارخانجات مختلف، شرکت نفت و شرکت گاز از بهترین ارگان‌هایی هستند که می توانند از این تولید برای قسمت پساب هایشان استفاده کنند. استفاده از بیوچار نسبت به روش‌های دیگر تصفیه پساب یا فاضلاب از قبیل استفاده از رآکتورها و فیلترهای غشایی هزینه احداث و نگهداری ندارد و هزینه مصرف آن هم با وجود قدرت بالای جذب بسیار پائین است. اگر صادرات انواع جاذب ها را کم کنیم با جایگزین کردن این جاذب که از قدرت بیشتری برخوردار است استفاده شود، علاوه بر ایجاد اشتغال برای جوانان این مملکت، از خروج دلار برای وارد کردن انواع جاذب ها جلوگیری کرده و با رونق اقتصاد و اعتماد به نیرو و فکر داخلی می توانیم در جهان هم حرفی برای گفتن داشته باشیم.

استفاده از بیوچار به عنوان کاتالیزور

از بیوچار می‌توان به عنوان کاتالیزور برای انجام برخی فرآیندهای شیمیایی استفاده کرد [۳۲]. مانند:

- تولید بیودیزل
- کاهش قطران روغن‌های زیستی و سینگاز یا گازهای سنتزی (گازهای سنتز: H_2، CO و CO_2)
- افزایش تولید گازهای سنتزی
- تبدیل زیست‌توده به مواد شیمیایی و سوخت‌های زیستی
- واکنش‌های $deNO_X$
- الکترودهای سلول سوخت میکروبی

در انتها در خصوص دیگر کاربردهای بیوچار لازم به ذکر هست از آنجایی که امروزه استفاده ازغال و مواد حاوی کربن فعال، در مواد آرایشی، بهداشتی و دارویی مانند: شامپو زغالی، مایع ظرفشویی زغالی، ماسک سیاه پوست و قرص معده و... رو به رشد است و بیوچار یک زغال زیستی، سازگار با محیط‌زیست و غنی از کربن است، می‌توان در این زمینه کارهایی صورت داد. همچنین با پیشرفت فناوری نانو در زمینه‌های مختلف، تولید نانوبیوچار و بررسی کاربرد آن به عنوان افزودنی سوخت می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. نانوبیوچار ساختاری شبیه به نانولوله کربن دارد، با این تفاوت که نانوبیوچار، یک نانوذره زیستی، تجدیدپذیر و ارزان قیمت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

تولید بیوچار یک راه حل مناسب و مفید برای مدیریت پسماند محصولات کشاورزی و جانوری و جلوگیری از دفن و سوزاندن ضایعات می‌باشد. بیوچار یک ماده زیستی، متخلخل و غنی از کربن است که از مواد اولیه تجدیدپذیر و ارزان قیمت تولید می‌شود و در زمینه‌های مختلفی می‌توان مورد استفاده قرار داد. بیوچار پایداری بالایی داشته و به منظور مدیریت ضایعات، تولید انرژی، اصلاح خاک، افزایش عملکرد گیاه، جاذب آلودگی آب، کاتالیزور فرآیندهای شیمیایی و کاهش تغییرات اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مراجع

۱- بهشتی، م.، علیخانی، ح.، متشرع زاده، ب. و محمدی، ل. ۱۳۹۵. تغییرات کیفیت بیوچار تولید شده از کود گاوی در طی فرایند پیرولیز آهسته در دماهای مختلف. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شمارهٔ ۱: ۷۶۴-۷۵۹.

۲- خادم، ا.، رئیسی، ف. و بشارتی، ح. ۱۳۹۵الف. تاثیر بیوچار ذرت بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک های آهکی. دومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران. خرداد، تهران.

۳- خادم، ا.، رئیسی، ف. و بشارتی، ح. ۱۳۹۵ب. تأثیر دمای گرماکافت بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار ذرت و تصاعد دی اکسید کربن از خاک. دومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران. خرداد ، تهران.

۴- خادم، ا.، رئیسی، ف. و بشارتی، ح. ۱۳۹۶. مروری بر اثرات کاربرد بیوچار بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک. نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی، ۵(۱).

۵- خان‌محمدی، ز.، افیونی، م.، و مصدقی، م.ر. ۱۳۹۴. اثر دمای پیرولیز بر ویژگی‌های شیمیایی بیوچار حاصل از باگاس نیشکر و بقایای پسته. تحقیقات کاربردی خاک، ۳(۱).

۶- دیوبند هفشجانی، ل.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، عباسی، ف. و سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر خصوصیات شیمیایی یک خاک لوم شنی. مجله علوم و مهندسی آبیاری، جلد۴۰، شماره ۱: ۷۲-۶۳.

۷- زلفی باوریانی، م.، رونقی، ع.، کریمیان، ن.، قاسمی، و. و یثربی، ج. ۱۳۹۵. اثر بیوچار تهیه شده از کود مرغی در دماهای متفاوت بر ویژگیهای شیمیایی یک خاک آهکی. نشریه علوم آب و خاک.، جلد ۲۰، شماره ۷۵: ۸۴-۷۳.

۸- عظیم زاده، ی. و نجفی، ن. ۱۳۹۵. اثر بیوچار بر ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک. نشریه مدیریت اراضی. جلد ۴، شماره ۲: ۱۷۳-۱۶۱.

۹- نجفی‌قیری، م. ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگی های خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصر غذایی در یک خاک آهکی. نشریه پژوهشهای خاک. جلد ،۲۹شماره .

۱۰- نجفی‌قیری، م. و بوستانی، ح.ر. ۱۳۹۶. تاثیر کاربرد برخی بقایای گیاهی زراعی و تفاله شیرین‌بیان و بیوچار حاصل از آن‌ها بر وضعیت پتاسیم یک خاک آهکی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۳).

11- Aston, S., Doerr, S., and Perrott, A.S. 2013. The impacts of pyrolysis temperature and feedstock type on biochar properties and the effects of biochar application on the properties of sandy loam. Geophysical Research Abstracts.

12- Baldock, J.A., and Smernik, R.J. 2002. Chemical composition and bioavailability of thermally altered Pinus resinosa (Red Pine) wood. Organic Geochemistry 33:1093-1109.
13- Bamminger, C., Marschner, B., and Juschke, E. 2014. An incubation study on the stability and biological effects of pyrogenic and hydrothermal biochar in two soils. European Journal of Soil Science 65:72–82.
14- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., and Joseph, S. 2007. Assessing the agronomic values of contrasting char materials on Australian hardsetting soil.
15- 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.
16- Dempster, D.N., Gleeson, D.B., Solaiman, Z.M., Jones, D.L., and Murphy, D.V. 2012. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. Plant and Soil 354:311–324.
17- Devi, P., and Saroha, A.K. 2013. Effect of temperature on biochar properties during paper mill sludge pyrolysis. International Journal of Chemtech Research 5:682–687.
18- Dume, B., Berecha, G., and Tulu, S. 2015. Characterization of biochar produced at different temperatures and its effect on acidic Nitosol of Jimma, Southwest Ethiopia. International Journal of Soil Science 10:63-73.
19- Eastman, C.M. 2011. Soil physical characteristics of an acric ochraqualf amended with biochar. Master of Science Thesis. Ohio State University, USA.
20- Elzobair, K.A., Stromberger, M.E., Ippolito, J.A., and Lentz, R.D. 2016. Contrasting effects of biochar versus manure on soil microbial communities and enzyme activities in an Aridisol. Chemosphere 142:145-152.
21- Fang, Y., Singh, B., singh, B.P., and Krull, E. 2014. Biochar carbon stability in four contrasting soils. European Journal of Soil Science 65:60–71.
22- Farrell, M., Kuhn, T.K., Macdonald, L.M., Maddern, T.M., Murphy, D.V., Hall, P.A., Singh, B.P., Baumann, K., Krull, E.S., and Baldock, J.A. 2013. Microbial utilization of biochar derived carbon. Science of the Total Environment 465:288–297.
23- Fu, P., Yi, W., Bai, X., Li, Z., Hu, S., and Xiang, J. 2011. Effect of temperature on gas composition and char structural features of pyrolyzed agricultural residues. Bioresource Technology, 102(17), 8211-8219.
24- Gundale, M.J., and DeLuca, T.H. 2006. Temperature and substrate influence the chemical properties of charcoal in the Ponderosa pine/Douglas-fir ecosystem. Forest Ecology and Management 231:86–93.
25- Hameed, B.H., Ahamd, A.L., and Latiff, K.N.A. 2007. Adsorption of basic dye (methyl blue) onto activated carbon prepared form rattan sawdust. *Dyes and Pigments*, 75: 143-150.
26- Herath, H.M., Arbestain, M.C., and Hedley, M. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol. Geoderma 209-210:188–197.
27- Hooker, M., Herron, G., and Pena, P. 1982 Effects of residue burring removal, and incorporation on irrigated cereal crop yields and chemical properties. *Soil Sci.* 46: 122-126.

28- Kanyaporn, C., Kiatsiriroat, T., Vorayos, N., and Thararax, C. 2012. Biochar production from freshwater algae by slow pyrolysis. Maejo International Journal of Science and Technology 6:186–195.
29- Karami, N., Clemente, R., Jimenez, E.M., Lepp, N.W., and Beesley, L. 2011. Efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass. Journal of Hazardous Materials 191:41–48.
30- Laird, D.A., Fleming, P.D., Karlen, D.L., Wang, B., and Horton, R. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma 158:436–442.
31- Laird, D.A., Rogovska, N.P., Garcia-Perez, M., Collins, H.P., Streubel, J.D., and Smith, M. 2010. Pyrolysis and biochar opportunities for distributed production and soil quality enhancement. In: Braun R. Karlen D. and Johnson D. Sustainable alternative fuel feedstock opportunities, challenges and roadmaps for six U. S. regions. Proceedings of the Sustainable Feedstocks for Advance Biofuels Workshop, pp. 257–281.
32- Lee, J., Kim, K.H., and Kwon, E.E. 2017. Biochar as a catalyst. Rnewable and Sustainable Energy Reviews, 77: 70-79.
33- Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management- an introduction. In: Lehmann J. and Joseph S. (Eds). Biochar for environmental management: Science and Technology. Earthscan, London, pp. 1–11.
34- Lehmann, J., Da Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil 249:343–357.
35- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota- a review. Soil Biology and Biochemistry 43:1812–1836.
36- Lehmann, J. (2007). Bio-energy in the black, Frontiers Ecol. *Environ*. 5(7): 381–387.
37- Maschio, G.C., and Koufopanos, A.L. 1992. Pyrolysis, a promising route for biomass utilization. Bioresource Technology, 42(3): 219-231.
38- Masto, R.E., Kumar, S., Rout, T.K., Sarkar, P., George, J., and Ram, L.C. 2013. Biochar from water hyacinth (Eichornia crassipes) and its impact on soil biological activity. Catena 111:64–71.
39- Mukherjee, A., Lal, R., and Zimmerman, A.R. 2014. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil. Science of the Total Environment 487:26–36.
40- 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.
41- Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W., and Niandou, M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a Southeastern coastal Plain soil. Soil Science 174:105–112.

42- Ouyang, L., Wang, F., Tang, J., Yu, L., and Zhang, R. 2013. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13:991–1002.
43- Paz-Ferreiro, J., Gasco, G., Gutiérrez, B., and Mendez, A. 2012. Soil biochemical activities and the geometric mean of enzyme ctivities after application of sewage sludge and sewage sludge biochar to soil. Biology and Fertility of Soils 48:511–517.
44- Rodriguez, M. 2010. Biochar as a strategy for sustainable land management, poverty reduction and climate change mitigation/adaptation. Master of Science Thesis. University of Amsterdam, Nederland.
45- Salem, M., Kohler, J., Wurst, S., and Rillig, M.C. 2013. Earthworms can modify effects of hydrochar on growth of Plantago lanceolata and performance of arbuscular mycorrhizal fungi. Pedobiologia 56:219–224.
46- 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.
47- 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.
48- Wu, F., Jia, Z., Wang, S.S., Chang, X., and Startse, A. 2013. Contrasting effects of wheat straw and its biochar on greenhouse gas emissions and enzyme activities in a Chernozemic soil. Biology and Fertility of Soils 49:555–565.
49- Yang, H., and Sheng K. 2012. Characterization of biochar properties affected by different pyrolysis temperatures using visible near infrared spectroscopy. International Scholarly Research Network Spectroscopy.
50- Zhang, A., Liu, Y., Pan, G., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., and Zhang, X. 2012. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil from central China plain. Plant and Soil 351:263–275.
51- Zimmerman, A.R., Gao B., and Ahn, M.Y. 2011. Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar amended soils. Soil Biology and Biochemistry 43:1169–1179.

Overview of production methods, peroperties and applications of biochar

Seyed Amin Mirbagheri[1], Seyed Mohammad Safieddin Ardebili[2*], and Mostafa Kiani deh kiani

1. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz
2. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz
3. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract

Human activities in various field of agriculture and industry are increasing waste. Improper disposal of this waste in the environment causes adverse effects on the environment. Proper and functional use of these wastes it will reduce the pressure on the environment. One way to use these remnants is to apply the pyrolysis process to make them biochar. Biochar matter is a carbon obtained from the heating of residues and wastes of agricultural and animal products in a place containing limited or no oxygen. Heat decomposition of biomass in an oxygen-free place is called pyrolysis. Biochar has high stability and produced for management purposes waste, energy production, soil correction, increasing plant yield, water pollution absorbent, chemical process catalyst and climate change reduction. These applications are briefly described in this study.

Key words: Biochar, Pyrolysis, Waste management, Biomass, Energy, Soil remediation, Environment

*Corresponding author
E-mail: m.safieddin@scu.ac.ir