بیوچار و کاربردهای آن در افزایش حاصلخیزی خاک

امیرحسین ولی خانی [*۱]، عباس عساکره [۲]، احمد فرخیان فیروزی [۳]

۱. دانشجوی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی (will.amirhossein@gmail.com)
۲. استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی (A.asakereh@scu.ac.ir)
۳. دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی (a.farrokhian@scu.ac.ir)

چکیده

این مطالعه به بررسی بیوچار به منظور افزودنی برای افزایش کیفیت خاک پرداخته است. مفاهیم بیوچار و ترکیبات مرتبط با آن و ساختار بیوچار بررسی گردید. فرآیندهای مرتبط با بیوچار و فرآیند تولید بیوچار بیان گردید. تأثیر بیوچار بر خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک مورد بررسی قرار گرفت و اثرات مختلف ان بر خاک بیان گردید. بیوچار مواد غذایی موجود در خاک را حفظ کرده و به طور بالقوه نیازمندی‌های کودی را کاهش می‌دهد. این ماده فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌های مهم خاک از نظر کشاورزی را افزایش می‌دهد. همچنین تأثیر بیوچار بر عملکرد گیاه و حاصلخیزی خاک و تأثیر آن بر آلاینده‌های خاک مورد بررسی قرار گرفت. درنهایت کاربردهای متداول بیوچار بیان گردید. بیوچار می‌توانند به عنوان منبع بالقوه‌ای برای افزایش کربن خاک، جذب عناصر غذایی، افزایش راندمان آبیاری بوده و راهکار مؤثری در مدیریت ضایعات کشاورزی و شهری می‌باشد.

کلمات کلیدی: بیوچار، *پسماند، خصوصیات شیمیایی خاک، خصوصیات فیزیکی خاک.*

*نویسنده مسئول: will.amirhossein@gmail.com

بیوچار و کاربردهای آن در افزایش کیفیت خاک

مقدمه

محیط‌زیست انسانی مجموعه‌ای کامل شامل محیط‌های فیزیکی، طبیعی و روابط بین انسان و محیط است. پس از آب و هوا، خاک مهم‌ترین جزء محیط‌زیست تلقی می‌شود. مهم‌ترین نقش خاک در تهیه بستری جهت پرورش گیاهان است؛ که نتیجه آن تولید مواد غذایی مورد نیاز جهت بقای نسل انسان و موجودات زنده است. رشد جمعیت و تغییر الگوی مصرف در دهه‌های اخیر نه موجب افزایش استفاده از خاک جهت تولید بیشتر محصولات و در نتیجه آلودگی آن شده است. افزایش روز افزون قیمت کودهای کشاورزی و تأثیر منفی آن‌ها بر محصولات کشاورزی و خاک و افزایش میزان پسماندها، استفاده از یک محصول ارزان‌قیمت و کارآمد جهت بهبود اراضی کشاورزی و مدیریت ضایعات و پسماندها در این زمینه به وضوح احساس می‌شود. تولید بیوچار از پسماندهای کشاورزی می‌تواند یک راهکار مفید و کارآمد در مدیریت ضایعات کشاورزی و بازیافت آن‌ها باشد. استفاده از زغال زیستی به صورت سنتی در خاک‌های کشاورزی جهت بهبود برخی خصوصیات و حاصلخیزی آن قدمت دیرینه‌ای دارد. در مکان‌های مختلف، مدارکی از هزاران سال استفاده سنتی از زغال نیم‌سوز در خاک‌ها به دست آمده است که معروف‌ترین آن‌ها در خاک‌های حاصلخیز تراپرتا در برزیل است. استفاده از زغال نیم‌سوز در ژاپن نیز سابقه طولانی دارد. استفاده سنتی از این ماده در کشورهای برزیل و ژاپن، مدارک مستندی از تأثیرات مثبت بیوچار بر روی خاک‌ها است[۴]. خواصی مانند سطح ویژه و حضور حفرات ریز در آن از خواص کلیدی بیوچار می‌باشند که استفاده از آن در خاک باعث تغییر سطح ویژه، توزیع اندازه ذرات، جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و مقاومت به نفوذ خاک می‌شود. مواد خام و اولیه عامل مهم برای تعیین عملکرد بیوچار در خاک است. یکی از ویژگی مهم بیوچار این است که دارای مقدار بسیار زیادی کربن آلی به صورت ترکیبات آروماتیک (شامل حلقه‌هایی با ۶ اتم کربن که بدون اکسیژن و هیدروژن به هم متصل شده‌اند) است. اگر حلقه‌های آروماتیک کاملاً روی هم چیده و مرتب شوند آنگاه ماده مورد نظر را می‌توان گرافیت نامید [۲۳].

در فرآیند تولید بیوچار محصولات جانبی مانند گاز و روغن نیز تولید می‌شوند که می‌توانند به عنوان سوخت مصرف شده و انرژی (تجدیدپذیر) تولید کنند. تولید همزمان بیوچار و بیوانرژی علاوه بر ترسیب کربن در قالب کربن پایدار در خاک، می‌تواند با کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار آلاینده‌های هوا به عنوان یکی از راهکارهای مقابله با تغییر اقلیم جهانی مطرح باشد. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بیوچار عمدتاً متأثر از نوع ماده آلی انتخاب شده برای تولید آن و شرایط فرآیند پیرولیز (دما و زمان) می‌باشد. این ویژگی‌ها بر واکنش‌هایی که بیوچار در محیط کاربردش به جا می‌گذارد و نیز بر سرنوشت بیوچار تأثیرگذار می‌باشند [۹].

اهمیت بیوچار به دلایل زیادی ازجمله ساخته شدن آن از مواد زائد و ارزان قیمت، بهبود کیفیت خاک، افزایش عملکرد محصول، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، کاهش جذب مواد سمی و بهبود ساختمان خاک است. لازم به ذکر است که بیوچار متمایز از زغال چوب و هر ماده مشابه دیگری می‌باشد، زیرا این واقعیت مورد بحث است که بیوچار به عنوان ماده‌ای برای بهبود حاصلخیزی پایدار خاک و رفع آلودگی، تولید می‌شود [۱۳].

در سال‌های اخیر استفاده از بیوچار گسترش یافته است و تحقیقات بسیاری جنبه‌های مختلف استفاده از آن را بیان کرده‌اند. در این مطالعه سعی شده است به بیان برخی از کاربردها بیوچار در راستای افزایش حاصلخیزی خاک پرداخته شده است.

ساختار بیوچار

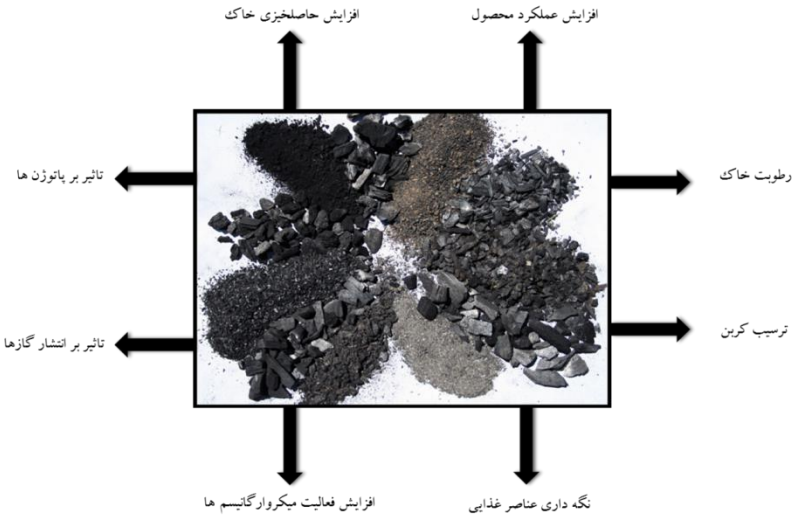
ساختار بیوچار را می‌توان به کربن سخت تجزیه‌پذیر، کربن قابل آبشویی یا در دسترس و خاکستر تقسیم کرد [۱۸]. تفاوت اساسی بین بیوچار و دیگر مواد آلی، وجود اجزای زیاد کربن آروماتیک در آن و ساختارهای کربن‌های آروماتیک به هم جوش خورده آن‌ها در مقایسه با ساختارهای آروماتیک ماده آلی مانند لیگنین است [۲۳]. این ساختارهای آروماتیک به هم‌جوش خورده بیوچار خود می‌توانند به

فرم‌های مختلفی وجود داشته باشند که شامل کربن آمورفوس۱ (در دماهای پایین پیرولیز بیشتر ایجاد می‌شود) و کربن توربوستراتیک۲ (که در دماهای بالا بیشتر ایجاد می‌شود) می‌باشد [۱۶].

پایداری شیمیایی بیوچار به این معنی است که میکروارگانیسم‌ها قادر به استفاده از بخش بزرگی از کربن به عنوان منبع انرژی یا نیتروژن و احتمالاً دیگر مواد مغذی نیستند. با این حال بسته به نوع بیوچار، ممکن است بخشی از آن قابل آبشویی و معدنی شدن باشد [۱۸]. همچنین در برخی موارد مشاهده شده است که بیوچار جمعیت میکروبی خاک را تحریک و افزایش می‌دهد [۲۷].

مفاهیم بیوچار و ترکیبات مرتبط با آن

مفهوم بیوچار به عنوان یک ماده با منشان آلی در سال‌های اخیر متداول گردیده و در رابطه با مدیریت و ترسیب کربن خاک مورد استفاده قرار گرفته است. واژه بیوچار بر پایه و اساس بیولوژیکی استوار است. این زیستی بودن بیوچار آن را از پلاستیک سوخته و سایر مواد غیرزیستی زغال شده متمایز می‌کند. بیوچار نشان‌دهنده مواد آلی زغال شده‌ای است که از منابع زیستی مختلف و متفاوتی تهیه شده است و به عنوان یک محصول جانبی فرآیند گرماکافت۳ جهت بهبود خصوصیات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۷]. در حقیقت، بیوچار یک ترکیب باقیمانده جامد حاوی کربن است که در شرایط گرمایی و در شرایط محدود اکسیژن و در درجه حرارت پایین‌تر از ۷۰۰ درجه سلسیوس تولید می‌شود که این فرآیند تحت عنوان گرماکافت در دمای کم است و ماده‌ی جامد حاصل از آن دارای زیست‌توده غنی از کربن است. اصطلاح بیوچار را اولین بار "پیتر رید" برای استفاده و بهبود خاک مطرح کرد. بیوچار می‌تواند با هدف بهبود عملکرد خاک، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ذخیره کربن و غیره به خاک اضافه شود [۱۸]. علاوه بر این، بیوچار در صنایع غذایی، الکترونیکی و تولید انرژی نیز استفاده می‌گردد. در شکل ۱ تأثیرات کلی بیوچار بر خاک نشان داده شده است.



شکل ۱- تأثیر بیوچار بر خاک

ترکیبات مرتبط با بیوچار

1. Amorphous
2. Turbostratic
3. pyrolysis

چارکول۴: شامل کربن سبک وزن سیاه و خاکستر که با حذف آب و سایر مواد فرار از مواد حیوانی و گیاهی تولید می‌شود. این ماده به علت آهسته کردن پیرولیز با گرم کردن چوب یا سایر مواد در غیاب اکسیژن تولید می‌شود که به زغال چوب هم معروف است. به عنوان سوخت به منظور تولید گرما، به‌عنوان یک فیلتر و احیاکننده، در ساخت آهن و نیز یک عامل رنگی در صنعت و هنر به کار می‌رود. بیوچار به شیوه‌ای کاملاً متفاوت از چارکول تهیه و تولید می‌شود و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آن‌ها از هم متفاوت است. ویژگی کلی مشترک بین زغال چوب و بیوچار این است که هر دو حاوی اشکال آروماتیک پایدار کربن آلی هستند که به دلیل کند بودن سرعت تجزیه، حتی در شرایط محیطی و بیولوژیکی مناسب، به آسانی به صورت دی‌اکسید کربن در اتمسفر آزاد نمی‌شوند [۲۶].

اگری‌چار۵: مفهوم اگری‌چار که دارای ارتباط نزدیکی با بیوچار می‌باشد، به معنی کاربرد مواد آلی زغالی شده در خاک ازجمله بیوچار می‌باشد. اما بیوچار شامل مواد آلی زغالی شده‌ای است که علاوه بر کشاورزی، در حوزه‌هایی مانند اصلاح خاک و سایر خدمات محیط‌زیست استفاده می‌شود [۱۷].این محصول تفاوت عمده با بیوچار در تکنولوژی تولید و مواد اولیه دارد.

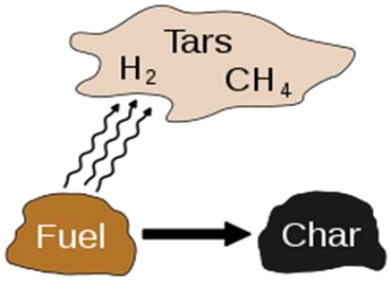
چار۶: مفهومی است که اغلب به جای زغال چوب کاربرد دارد، اما این مفهوم گاهی اوقات نیز برای اشاره به موادی که تا حدی کمتر از زغال چوب، به زغال تبدیل شده‌اند و معمولاً یکی از تولیدات حاصل از سوختن است، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۳].

کربن فعال۷: مفهومی است که برای موادی از نوع بیوچار و همچنین زغالی که به شیوه‌های مختلف و برای مثال اغلب با استفاده از بخار یا مواد شیمیایی در دمای بالا (بیش از ۷۰۰ درجه سلسیوس) فعال شده است، به کار می‌رود. این ماده با هدف افزایش سطح ویژه به منظور کاربرد در فرآیندهای صنعتی مانند فیلتر کردن استفاده می‌شود [۶].

کربن سیاه۸: این اصطلاح شامل بقایای کربنی جامد ناشی از احتراق و گرما و همچنین محصولات ناشی از میعان می‌باشد، که به عنوان دوده شناخته می‌شود. سوخت‌های فسیلی مانند زغال، گاز و بنزین و همچنین زیست‌توده می‌توانند کربن سیاه را تولید کنند. کربن سیاه شامل طیف وسیعی از مواد زغال شده مانند چار، چارکول و بیوچار تا دوده، کربن ساه گرافیتی و گرافیت می‌باشد [۲۳].

فرآیندهای مرتبط

فرآیند آتشکافت۹: معمولاً هم برای فرآیندهای تجزیه‌ای که با هدف بررسی و مطالعه شیمی مواد آلی و هم برای سیستم‌های بیوانرژی (انرژی زیستی) که گازهای خارج شده در طول فرآیند زغال شدن را به دام می‌اندازند (شکل ۲-۷) و از آن‌ها برای تولید هیدروژن، سوخت‌های زیستی، گرما یا برق استفاده می‌کنند، به کار می‌رود [۷].



شکل ۲- فرآیند پیرولایزیز

4. Charcoal
5 . Agri-Char
6. Char
7. Activated Carbon
8. Black Carbon
9. Pyrolysis

فرآیند سوختن[10]: معمولاً در صورتی که پیش ماده آلی به طور کامل به خاکستری که فاقد کربن آلی است تبدیل شود و هیچ زغالی باقی نماند به کار می‌رود. سوختن با پیرولایزیز تفاوت دارد و این تفاوت نه تنها به بقایای خاکستر جامد در مقایسه با بیوچار و مواد مربوط به آن، بلکه از لحاظ فرآورده‌های گازی که تولید شده‌اند قابل‌توجه است. از این رو این دو فرآیند را باید کاملاً از یکدیگر مجزا دانست [۱۷].

تولید بیوچار

بیوچار ماده‌ای سرشار از کربن است که وقتی توده‌های زیستی همچون چوب، ساقه درختان و یا برگ‌ها با مقدار کمی اکسیژن یا بدون اکسیژن سوزانده می‌شود، تولید می‌گردد. در واحدهای پیشرفته‌تر، بیوچار توسط تجزیه گرمایی مواد آلی با مقدار کمی اکسیژن و در دمای نسبتاً پائین (کمتر از ۷۰۰ درجه سلسیوس) تولید می‌شود. این فرآیند غالبا فرآیند تولید زغال نیم‌سوخته می‌باشد که احتمالاً قدیمی‌ترین تکنولوژی صنعتی توسعه‌یافته توسط بشر می‌باشد. به هر حال بیوچار با هدف بهبود سلامت خاک و تصفیه آن و حفظ مواد غذایی در خاک و ذخیره کربن تولید شده، ماهیت خود را از زغال نیم‌سوز و مواد دیگر متمایز کرده است [۴].

فناوری تولید بیوچار

روش‌های زیادی برای تولید بیوچار وجود دارد؛ اما همه آن‌ها شامل گرم کردن توده زیستی با کمی اکسیژن و یا بدون حضور اکسیژن می‌باشد که باعث از بین رفتن گازهای فرار می‌شود. در این فرآیند ساده که تجزیه حرارتی نامیده می‌شود معمولاً از پیرولیز یا گازسازی استفاده می‌شود. روش‌های بیان شده می‌توانند انرژی خالص را به شکل گاز و یا روغن همراه با بیوچار تولید کنند. ممکن است که این انرژی برای مصارف دیگر قابل بازیافت باشند و یا ممکن است به سادگی سوخته و به شکل گرما آزاد شود. در مطالعه‌ای، با بررسی اثر دماهای مختلف پیرولیز بر ویژگی‌های بقایای کلزا، ذرت، سویا و بادام زمینی دریافتند که با افزایش دما pH و قلیائیت بیوچارها افزایش می‌یابد [۲۹].

هر فرآورده‌ای به شکل گاز یا نفت می‌تواند به همراه بیوچار تولید گردد، که به عنوان انرژی برای مصارف دیگر قابل استفاده بوده و یا می‌تواند به سادگی سوزانده و به شکل گرما آزاد شود. علاوه بر این موارد، بیوچار می‌تواند از توده‌های زیستی گوناگون تهیه شود. در نتیجه، روش‌های بسیار مختلف تولید بیوچار در مقیاس‌های مختلفی تولید شده‌اند و از واحدهای کوچک خانگی تا کارخانه‌های بزرگ تولید برق را شامل می‌شوند [۱۸].

تأثیر بیوچار بر خصوصیات شیمیایی خاک

بیوچار به طور کلی سبب افزایش pH، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شود. به دلیل اینکه بیوچار مواد غذایی خاک را جذب و حفظ می‌کند، به طور بالقوه نیازمندی‌های کودی را کاهش می‌دهد. در نتیجه هزینه‌های کوددهی به حداقل رسیده و کود (هر دو نوع کود آلی و شیمیایی) برای مدت طولانی‌تری در خاک باقی می‌ماند. در اکثر شرایط کشاورزی در جهان، pH (مقدار اسیدی

10 . Burning

بودن خاک) پائین است. یعنی وقتی pH خاک زیر هفت باشد، بدین معناست که خاک اسیدی بوده و می‌بایست قلیائیت آن افزایش یابد. بیوچار به طور مستقیم از طریق شارژ منفی که سطوح آن را در برمی‌گیرد، مواد غذایی موجود در خاک را حفظ کرده و این شارژ منفی می‌تواند مقدار اسید در خاک را بافر کند و به طور کلی مواد آلی آن را حفظ کند. کاتیون‌ها، یون‌های شارژ مثبت هستند که مواد غذایی گیاهی همچون کلسیم، پتاسیم و منیزیم نمونه‌هایی از آن‌ها هستند. این عناصر ساده، موادی هستند که گیاهان از طریق ریشه‌هایشان آن‌ها را جذب می‌کنند. مواد آلی و خاک رس این مواد غذایی شارژدار مثبت را نگه می‌دارند، چون آن‌ها محل‌های شارژ منفی بر روی این سطوح دارند و شارژهای مخالف همدیگر را جذب می‌کنند. سپس این خاک می‌تواند مواد غذایی را با ریشه‌های گیاهان مبادله کند. این مواد غالبا همراه با آب هدر می‌روند. بیوچار بر روی انتقال مواد غذایی خاک نیز اثر می‌گذارد که این تأثیر عموماً مثبت بوده و سبب افزایش نگهداشت عناصر در خاک می‌شود [۴].

تأثیر بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک

افزودن بیوچار به خاک می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت، ساختمان، توزیع اندازه منافذ و وزن مخصوص خاک را با پیامدهایی برای تهویه خاک، ظرفیت نگهداری آب، رشد گیاه و قابلیت کار بر روی خاک تغییر دهد. یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر ساختمان خاک، ماده آلی است. مقدار مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به علت بازگشت ناچیز بقایای گیاهی به خاک و سرعت زیاد تجزیه مواد آلی بسیار کم می‌باشد. در نتیجه شناخت چگونگی تغییرات پایداری خاکدانه‌ها متأثر از کاربرد مواد آلی مختلف جهت اعمال مدیریت درست زراعی به‌ویژه در این مناطق ضروری به نظر می‌رسد. ماده آلی علاوه بر تأمین منابع غذایی برای رشد گیاهان، در کاهش فرسایش‌پذیری خاک و پایداری اکوسیستم خاک نیز که یکی از اهداف مهم خاکشناسان است، تأثیر به سزایی دارد. بیوچار یکی از اصلاح کننده‌های خاک است که امروزه مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد کاربرد بیوچار موجب کاهش اثر مخرب خاک‌ورزی در خاکدانه و حتی بهبود ثبات ساختاری کشت در خاک می‌شود [۲۶]. تأثیر بیوچار به عنوان یک اصلاح‌کننده بستگی به خواص و ویژگی‌هایش دارد. سطح ویژه و حضور حفرات ریز در قدرت جذب بیوچار مؤثرند. در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای نشان داده شد که افزودن بیوچار به خاک در کشت گوجه‌فرنگی اثر مثبتی بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک دارد. به خصوص اینکه بیوچار با کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک منجر به افزایش تخلخل کل خاک شد. بسته به توزیع اندازه منافذ، تخلخل کل ممکن است هوادهی خاک و یا مقدار رطوبت حجمی و نگهداشت آب را افزایش دهد. این موارد منجر به افزایش رشد گیاه از طریق دسترسی ریشه به رطوبت و اکسیژن کافی می‌شود [۱۱]. در پژوهشی که بر روی چمن‌ها در خاک‌های شنی انجام گرفت، نتایج نشان داد که افزودن بیوچار موجب افزایش نگهداشت آب و آب قابل استفاده گیاه می‌گردد. در این تحقیق کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع مشاهده شد [۲۴]. بیوچار حاصل از ضایعات کشاورزی و جنگلی در خاک رسی موجب بهبود ساختمان، ظرفیت نگهداری آب، هدایت هیدرولیکی اشباع و تهویه خاک می‌شود [۲۵]. بیوچار تولید شده از برنج و پوست کتان در خاک لوم شنی موجب افزایش نگهداشت آب می‌شود [۲۲].

تاثیر بیوچار بر خصوصیات بیولوژیکی خاک

چند دهه پژوهش در ژاپن و تحقیقات اخیر در آمریکا نشان داده است که بیوچار فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌های مهم خاک از نظر کشاورزی را افزایش می‌دهد و می‌تواند بر روی خواص بیولوژیکی خاک‌ها اثر بگذارد. منافذ بیوچار با حفاظت از آن‌ها در برابر فرسایش و خشکی، زیستگاه مناسبی برای میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند و همچنین انواعی از مواد غذایی معدنی، انرژی و کربن هم تولید می‌کند. با توجه به استفاده از بیوچار برای بهبود حاصلخیزی خاک، مطالعات زیادی انجام شده است تا درک بهتری از چگونگی اثرگذاری این ماده بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین مناسب بودن آن به عنوان یک زیستگاه میکروبی، بدست آید. از آنجایی که

میکروارگانیسم‌های خاک خدمات فراوان اکوسیستمی فراهم می‌کنند، درک کردن تاثیر اضافه کردن بیوچار به خاک بر روی اکولوژی، حفظ کیفیت خاک و هماهنگی سیستم‌های فرعی آن ضروری و حیاتی است. تحقیقات نشان داده است که بیوچار با تاثیر بر چرخه نیتروژن، موجب افزایش بازده مصرف کود در زمین‌های کشاورزی می‌شود. همچنین بیوچار توانایی بالایی در افزایش اسیدیته خاک، تحریک فعالیت میکروبی جامعه خاک و همچنین افزایش سرعت نیترات‌زایی دارد. بیوچار موجب خنثی شدن pH خاک‌های اسیدی و آماده کردن شرایط برای فعالیت بیشتر ریز جانداران خاک در چرخه‌های عناصر غذایی می‌گردد [۴].

تاثیر بیوچار بر عملکرد گیاه و حاصلخیزی خاک

تحقیقات بسیار زیادی وجود دارند که مزایای تولید محصول در خاک اصلاح شده توسط بیوچار را شرح می‌دهند. در چند سال گذشته، آزمایش‌هایی با استفاده از بیوچار بر روی زمین‌های کشاورزی در نواحی استوایی انجام شده است. همه این آزمایش‌ها نشان داده‌اند هنگامی که در خاک کشاورزی بیوچار استفاده می‌شود و مواد غذایی هم به شکل مناسبی کنترل شده باشد، تولید در بهترین وضعیت است. اخیراً آزمایش‌هایی در مقیاس بزرگ درباره حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی توسط مراکز تحقیقاتی کشاورزی آمریکا انجام شده است. نتایج سال‌های اولیه این تحقیقات مثبت بودند؛ اما هنوز چند سال وقت لازم است تا نتایج بلند مدت بدست آید [۱۴]. بیوچار تولید شده از باگاس نیشکر موجب افزایش رشد گیاه ذرت در خاک‌های آلوده به کادمیوم و سرب می‌شود. دلیل این امر،کاهش جذب کادمیوم و سرب توسط گیاه ذرت و افزایش فراهمی زیستی و جذب عناصر غذایی در آن بیان شده است [۱].

تاثیر بیوچار بر آلاینده‌های خاک

بیوچار به طور کلی سبب پالایش خاک می‌گردد. بیوچار می‌تواند تحرک برخی از آلاینده‌های آلی و معدنی را در خاک کاهش دهد. منابع تولیدی بیوچار بر توانایی حبس مواد آلی تاثیر می‌گذارد. سطح بزرگ بیوچار ممکن است به ایجاد یک محیط میکروبی در خاک سمی کمک کند. در مطالعه‌ای اثرات بیوچار بازمانده از برنج در تشکیل پلاک آهن و تجمع کادمیوم، مس، سرب و روی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیوچار باعث کاهش غلظت کادمیوم، روی و سرب خاک به ترتیب به میزان ۹۸، ۸۳ و ۷۲ درصد شده است. همچنین کاربرد بیوچار سبب کاهش غلظت کادمیوم و روی در زه آب خروجی شده است. علاوه بر این کاهش محسوسی را در انتقال کادمیوم و سرب به گیاه مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد بیوچار دارای پتانسیل بالقوه‌ای برای کاهش تحرک سرب و کادمیوم در خاک و انتقال آن به گیاه می‌باشد. همچنین بیوچار به سرعت می‌تواند به کاهش تحرک آلاینده‌ها به خصوص در رابطه با کادمیوم در خاک منجر شود. دلیل توانایی بیوچار را می‌توان به دو عامل افزایش pH خاک و افزایش کربن محلول خاک مربوط دانست [۳۰].

بیوچار نسبت به کربن فعال دارای گروه‌های عاملی بیشتری می‌باشد. از دیگر تفاوت‌های بین بیوچار و کربن فعال، منشاء زیستی بیوچار و صنعتی کربن فعال می‌باشد. بیوچار سبب کاهش تصعید متان می‌شود. علاوه بر این، سموم را راحت جذب می‌کند. امروزه برای کاهش آلودگی هوا، به دنبال کاهش گاز کربنیک در هوا و تثبیت آن در زمین هستند. یک راه آن تولید بیوچار می‌باشد. بیوچار به عنوان یک منبع کربنی مطرح است که مورد استفاده باکتری‌ها نیز قرار می‌گیرد. همچنین به عنوان یک کود آلی نیز مطرح می‌باشد. بیوچار باعث هوادهی و تهویه خوب و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌گردد [۱۰]. مطالعات نشان می‌دهد بیوچار در مقایسه با کمپوست به صورت معنی‌داری باعث کاهش جذب مس در گیاه می‌شود. ولی این اثر در مورد سرب قابل توجه نبود [۱۵]. حمزئی و همکاران در سال ۱۳۹۱ تاثیر بیوچار و فاضلاب را بر غلظت کادمیوم قابل جذب و رشد گیاه ماش بررسی نمودند و نشان دادند که سطوح مختلف فاضلاب باعث افزایش فراهمی کادمیم در خاک می‌شوند. افزایش بیوچار در سطوح بالای فاضلاب موجب افزایش شوری خاک شد و در پی آن فراهمی

عنصر کادمیوم نیز در خاک افزایش یافت. کاربرد فاضلاب باعث کاهش رشد گیاه شد، اما افزایش بیوچار فقط در سطوح پایین فاضلاب، اثر منفی فاضلاب را بهبود بخشید و موجب افزایش رشد گیاه شد، ولی در سطوح بالای فاضلاب موجب کاهش رشد گیاه شد. همچنین در یک تحقیق به بررسی اثرات سودمند کاربرد بیوچار در خاک آلوده در فراهمی زیستی کادمیوم، سرب و روی و تولید زیست توده گیاه کلزا پرداخته شد. نتایج به دست آمده نشان داد که غلظت فلزات با افزایش میزان استفاده از بیوچار کاهش یافته است. غلظت فلزات نیز در شاخه‌ها و ریشه‌های گیاه کاهش یافت. تولید زیست توده سه برابر شد که به عنوان یک نتیجه از بهبود باروری خاک محسوب می‌شود [۱۲].

در طول سال‌های اخیر، بیوچار نه تنها به عنوان یک ترسیب کننده کربن شناخته شده است، بلکه به عنوان یک جاذب جدید برای زدودن خاک‌های آلوده مطرح است. در پژوهشی محققین، پتانسیل بالای بیوچار را برای توقف تحرک فلزات سنگین بسته به ماهیت عناصر موجود در بیوچار اثبات نمودند. مکانیزمی که پشت این تثبیت نهفته است هنوز کشف نشده است. با این حال برخی از دانشمندان یک ظرفیت جذبی بالا در بیوچار و سطح بزرگ آن را عامل این فرآیند دانسته‌اند. در حالی که برخی این امر را عمدتاً به دلیل افزایش pH خاک می‌دانند. در هر صورت، با توجه به ماهیت بیوچار، استفاده از آن تاکیدی بر بهینه‌سازی پتانسیل خاک‌ها و حذف آلاینده‌ها از آن خواهد بود [۲]. اضافه کردن بیوچار که معمولاً pH بین ۹-۷ دارد، علاوه بر افزایش pH خاک‌های اسیدی موجب کاهش همزمان در تحرک فلزات کاتیونی می‌شود، اما اضافه کردن آن به خاک‌های خنثی یا قلیایی ممکن است موجب کاهش در تحرک فلزات نشود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت مس و آرسنیک به ترتیب به علت افزایش کربن آلی خاک و افزایش دو واحد در pH خاک، به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد، اما غلظت روی و کادمیوم کاهش می‌یابد [۵]. بیوچار به دلیل اثرات مثبتی که بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد، می‌تواند برای رشد گیاه و افزایش عملکرد مفید واقع شود [۲۱]. در پژوهشی دیگر گزارش شد که آبشویی عناصر کادمیوم و روی در خاک تیمار شده با بیوچار به ترتیب ۳۰۰ و ۴۵۰ برابر کاهش یافت ولی کاهش آبشویی آرسنیک به مقدار ناچیزی گزارش شد [۱۴].

در مطالعه‌ای تثبیت همزمان سرب و آترازین در خاک‌های تیمار شده با بیوچار حاصل از کودهای لبنی (کود تولید شده از پسماندهای صنایع لبنی) مورد بررسی قرار گرفت. این ماده به عنوان یک ترسیب‌کننده کربن و اصلاح‌کننده محیط‌زیست، مقرون‌به‌صرفه بوده و این مسئله به رسمیت شناخته شده است. این مطالعه به منظور تعیین توانایی بیوچار در جمع‌کردن فلزات سنگین و آفت‌کش آترازین در خاک آلوده صورت پذیرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که بیوچار توانایی بیشتری در تثبیت آترازین نسبت به سرب دارد. با این وجود، بیوچار در عدم تحرک سرب و آترازین تاثیر معنی‌داری دارد و این اثربخشی با افزایش دوره افزوده شدن بیشتر می‌شود. به طور کلی نتایج نشان داد که بیوچار حاصل از کود به عنوان یک اصلاح‌کننده منحصر به فرد برای عدم تحرک فلز سنگین و آلاینده‌های آلی در خاک‌های آلوده می‌تواند استفاده شود. در سایر مطالعات انجام شده توسط محققین نیز به تاثیر مثبت بیوچار بر تثبیت سرب و آترازین اشاره شده است [۸]. در مطالعه دیگری مشاهده شد که کاربرد بیوچار تاثیر معنی‌داری بر مقادیر pH و EC خاک آلوده و غیرآلوده و همچنین جذب عناصر دارد. علاوه بر این، فلزات سنگین بیشتری را جذب می‌کند. بیوچار یک جاذب خوب است که این مسئله احتمالاً بدلیل سطح ویژه بالای آن می‌باشد. ارزش متوسط ازت نیز با کاربرد بیوچار افزایش و رشد گیاهان نیز بیشتر خواهد شد. میزان کربن آلی نیز افزایش معنی‌داری را در اثر اختلاط بیوچار با خاک نشان داد [۲۰].

آلودگی خاک با فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی به طور فزاینده‌ای به یک مسئله جهانی جدی محیط‌زیست در سال‌های اخیر تبدیل شده است. تلاش‌های قابل‌توجهی نیز برای پالایش خاک‌های آلوده صورت گرفته است. بیوچار دارای یک سطح بزرگ و ظرفیت بالا برای جذب فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی می‌باشد. استفاده از بیوچار ممکن است به عنوان یک راه‌حل جدید برای مشکل آلودگی خاک استفاده و پالایش زیستی آن را فراهم کند [۱۹].

کاربردهای متداول بیوچار

در طی ورود کاوشگران اروپایی در قرن نوزدهم میلادی، خاک‌های سیاهی را در آمازون یافتند که به آن خاک‌های تیرا پریتا[11] گفته می‌شد که دارای مقادیر زیادی کربن ناشی از زغال می‌باشند که در مقایسه با خاک‌های با بیوچار کم، دارای بیشترین فعالیت میکروبی و حاصلخیزی بهتر و عملکرد بیشتر بود [۲۸]، این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای و ذخیره طولانی مدت کربن دارد. این امر موجب بهبود کیفیت و حاصلخیزی خاک می‌شود. علاوه بر این، بیوچار با مدیریت ضایعات نقش بسزایی در کاهش حجم آن‌ها و بهبود مصرف انرژی و همچنین بهبود وضعیت زیست‌محیطی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب بیان شده، تولید و مصرف بیوچار از ضایعات علاوه بر مدیریت ضایعات و رفع مشکلات ناشی از آن‌ها یکی از بهترین روش‌های مدیریت و اصلاح خاک محسوب شده و می‌تواند برای افزایش پایداری ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قرار گیرد. تولید بیوچار از ضایعات اکالیپتوس می‌تواند روش مناسبی جهت تبدیل ضایعات این درخت به ترکیبات مفید باشد که منجر به حفظ محیط زیست شود. مقاومت بیوچار در مقابل تجزیه موجب انباشت طولانی مدت کربن در خاک می‌شود و از شدت خروج گازهای گلخانه‌ای می‌کاهد.

منابع

۱. بی‌ریا، م.، معزی، ب.، عامری خواه، ه. ۱۳۹۶. تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر رشد گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم و سرب. آب و خاک، ۳۱(۲): ۶۰۹-۶۲۶.

۲. حجازی زاده، الف.، غلامعلی زاده آهنگر، الف.، قربانی، م. ۱۳۹۵. تأثیر بیوچار برجذب سرب و کادمیم لجن فاضلاب کارخانه‌های کاغذ توسط آفتابگردان. دانش آب و خاک، ۲۶(۱): ۲۵۹-۲۷۱.

۳. حمزئی، ا.، لکزیان، الف.، آستارایی، ع.، فتوت، الف. ۱۳۹۱. تاثیر بیوچار و فاضلاب بر غلظت کادمیوم قابل جذب خاک و رشد گیاه ماش. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ساری، ۲۰-۲۱ شهریورماه.

۴. ربیعی، ه.، داوری، م.، مقیمی‌نژاد، س.، ارمغان، ف. ۱۳۹۲. بیوچار (ماده زیستی نیمسوز)، ماده اصلاح کننده خاک در کشاورزی پایدار. همایش ملی علوم و فنون کشاورزی. ملایر، ۱۵ اسفندماه.

5. Beesley, L. E., Moreno-Jimenez, L., Jose, L., and Gomez-Eyles, J. L. 2010. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. Environmental Pollution, 158: 2282-2287.
6. Boehm, H.P. 1994. Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons. Carbon, 32(5): 759-769
7. Bridgwater, A.V., Meier, D., and Radlein, D. 1999. An overview of fast pyrolysis of biomass. Organic Geochemistry, 30(12): 1479-1493
8. Cao, X., Liang Y. M., Gao, B., and Harris, W. 2011. Simultaneous immobilization of lead and atrazine in contaminated soil drairy manure biochar. Environmental Science and Technology, 145(11): 4884-9

[11] . Terra Preta

9. Chan, K.Y., and Xu, Z. 2009. Biochar: nutrient properties and their enhancement, J. Lehmann, S., and Joseph, G. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds.), Earthscan, 67-81.
10. Dowine , A., Louise Cowie, A., and Van Zwieten, L. 2011. Biochar as a Geoengineering Climate Solution: Hazard Identification and Risk Management. Critical Reviews In Environmental Science and Technology, 42: 225–250.
11. Githinji, L. 2004. Effect of biochar application rate on soil physical and hydraulic properties of a sandy loam. Archives of Agronomy and Soil Science, 60(4): 457-70.
12. Houben, D., Evrard, L., and Sonnet, P. 2013. Mobility, bioavailability and pH-dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar. Chemosphere, 92(11):1450-1457.
13. Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Velde, M., and Bastos, A.C. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment, 144(1): 175-187.
14. Jha, P., Biswas, A. K., Lakaria, B. L., and Subba, A. 2010. Biochar in agriculture – prospects and related implications. Current Science, 99(9): 1218- 1225.
15. Karami, N. R., Clemente, E., Moreno-Jimenez, N., Lepp, L., 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.
16. Keiluweit, M., Nico, P. S., Johnson. M. G., and Kleber, M. 2010. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). Environ Sci Technol, 44(4):1247-1253.
17. Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. London: Earthscan publishing (eds), 405p.
18. Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems–a review. Mitigation and adaptation strategies for global change, 11(2): 395-419.
19. Montanarella, M., and Lugato, E. 2013. The Application of Biochar in the EU: Challenges and Opportunities. Agronomy, 3: 462-473.
20. 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.
21. Novak, J. M., Lima, E., Xing, B., Gaskin, J. W., Steiner, C., Das, K. S., Ahmedna, M., Rehrah, D., Watts, D. W., Busscher, W. J., and 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.
22. Saqib, S., Guitong. L., Mathias. N., and Fulai, L. 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. Agricultural Water Management, 138: 37– 44.
23. Schmidt, MWI., and Noack, AG. 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenges. Global biogeochemical cycles, 14 (3): 777–793.
24. Shan, J., Ji, J., Yu, Y., Xie, Z., and Yan, X. 2015. Biochar, activated carbon, and carbon nanotubes have different effects on fate of 14C-catechol and microbial community in soil. Scientific Repots, 14(3): 1-11.
25. Shang, G., Li, Q., Liu, L., Chen, P., and Huang, X. 2016. Adsorption of hydrogen sulfide by biochars derived from pyrolysis of different agricultural/forestry wastes. J Air Waste Manag Assoc. 66(1):8-16.

26. Sohi, S.P., Krull, E., Lopez-Capel, E., and Bol, R. 2010. Chapter 2 - A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil. Advances in Agronomy, 105: 47-82.
27. Steiner, C., and Harttung, T. 2014. Biochar as a growing media additive and peat substitute. Solid Earth, 5: 995–999.
28. Winsley, P. 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. New Zealand Science Review, 64 (1): 5-10.
29. Yuan, J. H., Xu, R. K., and Zhang, H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Bioresour Technol, 102: 3488–3497.
30. Zhang, X. 2013. Using biochar for Remdition Heavy metals. Soil Science Society of America, 69: 1651-1658.

Biochar and its applications in increasing soil fertility

Amir hossein Valikhani[1*], Abbas Asakereh[2], Ahmad farokhian firoozi[2]

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

Abstract

This study investigated the effects of biochar on soil quality. The concepts of biochar and its related constituents and biochar structure were studied. The biochar production process and biochar related processes were introduced. Effects of biochar on chemical, physical and biological properties of soil were investigated and its various effects on soil were expressed. Biochar preserves nutrients in the soil and potentially reduces the need for fertilizer. This material increases the activity of many important soil microorganisms in agriculture. Also the effect of biochar on crop yield and soil fertility and its effect on soil pollutants were investigated. Finally, common applications of biochar were expressed. Biochar can be a potential source for increasing soil carbon, nutrient uptake, increasing irrigation efficiency, and are an effective way to manage agricultural and municipal waste.

Key words: Biochar, biological properties of soil, chemical properties of soil, wastes.

*Corresponding author
E-mail: will.amirhossein@gmail.com