اثر دمای پیرولیز بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار حاصل از کاه گندم، باگاس نیشکر، خوشه خرما، خاک اره و شلتوک برنج

گل‌نوش بنی‌طالبی[۱]، محمدرضا مصدقی[۲]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۳]
۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

افزایش گنجایشنگهداشت آب و بهبود ویژگی‌های فیزیکی بسترهای رشد گیاه به واسطه‌ی کاربرد پس‌ماندهای آلی کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف از انجام این پژوهش مقایسه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچارهای تهیه‌شده از بقایای مختلف و در شرایط مختلف گرماکافت بود. بیوچار از بقایای کاه‌گندم، شلتوک برنج، خاک اره، باگاس نیشکر و خوشه خرما و در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس تولید شد. نتایج بدست‌آمده نشان داد که با افزایش دمای پیرولیز مقدار عملکرد، ماده آلی، نیتروژن کل، چگالی ظاهری و گنجایش تبادل کاتیونی بیوچار کاهش یافت در حالی که رسانایی الکتریکی، pH، چگالی حقیقی و مقدار خاکستر افزایش یافت. نتایج حاصله هم‌چنین نشان داد کهافزایش دمای تولید بیوچار منجر به افزایش معنی‌دارآب به آسانی قابل دسترس (EAW)، رطوبت اشباع (θ_s)، رطوبت باقی‌مانده(θ_r) و مکش در نقطه عطف منحنی مشخصه رطوبتی (α)، و کاهش تخلخل تهویه‌ای (AFP) گردید.

واژه‌های کلیدی: بیوچار؛ بقایای کشاورزی؛ گرماکافت؛ آب به آسانی قابل دسترس؛ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی.

مقدمه

کمبود شدید آب در کشور و وقوع خشک‌سالی های متوالی، افزایشبهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی را به یکی از مهم‌ترین چالش‌های روز تبدیل کرده است. از این رو افزایش گنجایشنگهداشت آب در خاک زمین‌های زراعی و یا بسترهای رشد بدون خاک گل‌خانه‌ای باعث بهبود کارآیی مصرف آب درتولید محصولات زراعی و گل‌خانه‌ایی شده و نقش مهمی را در تأمین هرچه بهتر انرژی و غذا برای جمعیت رو به رشد جهان ایفا خواهد نمود.بیوچار (Biochar) زغال تهیه‌شده از زیست‌توده های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن انجام می‌شود. این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گل‌خانه‌ای (مانند دی‌اکسید کربن و متان) دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند.همچنین از بیوچار می‌توان به عنوان ماده مؤثر در بهبود ویژگی‌های فیزیکی بستر رشدگیاه (گنجایش نگهداشت آب و نفوذپذیری) نام برد (بکی و عابدی‌کوپایی، ۱۳۹۵).

موادی زائدی که برای تولید بیوچاراستفاده می‌شود اغلب دارای ارزش اقتصادی کم بوده و دفع این بقایا نیز دشواری‌های خاص خود را به همراه دارد (عثمان و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین نیاز به تبدیل این مواد زائد به محصولات جانبی و با هزینه کم است. علاوه براین تبدیل این مواد به بیوچار به محیط زیست کمک نموده و می‌تواند روش مناسبی برای دفع مواد زائد بوده و به کاهش هزینه‌های دفع زباله کمک کند.ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار متاثر از نوع ماده آلی اولیه برای تولید آن و شرایط فرآیند گرماکافت (دمای پیرولیز و زمانگرمادهی) است. عثمان و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد بیوچارهای خوشه خرما تولیدشده در دماهای مختلفبه این نتیجه رسیدند که با افزایش دمای پیرولیز مقدار کربن آلی، pH و رسانایی الکتریکی بیوچار افزایش یافته و مقدار نیتروژن کل نسبت به ماده خام کاهش یافت. کلاستون و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تفاوت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دو بیوچار شلتوک برنج و شاخه درختان میوه طی فرآیند پیرولیز آهسته پرداختند.نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار تخلخل کل، خاکستر، EC و pH در هر دو بیوچار با افزایش دمای پیرولیز افزایش یافت در حالی‌که میزان عملکرد، گنجایش تبادل کاتیونی، نیتروژن کل و کربن با افزایش دمای پیرولیز کاهش یافت. کاستیلی و همکاران (۲۰۱۵) اثر بیوچار تهیه‌شده از شاخه های هرس‌شده درختان میوه در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوسو در پنج سطح کاربردرا بر ویژگی‌های چگالی ظاهری، منحنی مشخصه رطوبتی، آب قابل استفاده گیاه، تخلخل تهویه‌ای، تخلخل منافذ درشت و گنجایش مزرعه‌ای نسبی را مورد بررسی قرار

دادند.نتایج آن‌ها نشان داد که در بالاترین مقدار بیوچار به کار رفته مقدار نگه‌داشت آب در ناحیه نزدیک به اشباع ($0<h<10$ cm) افزایش یافت و تخلخل تهویه‌ای و تخلخل درشت دارای بیشترین مقدار بود.

براساس آمار ۱۰ ساله جهاد کشاورزی بیشترین سطح زیر کشت در کشور اختصاص به گندم داشته و بنابراین انتظار می‌رود بیش‌ترین مقادیر کاه وکلش از گندم تولید شود. شلتوک برنج، خاک اره، باگاس نیشکر و خوشه‌های نخل خرما نیز از دیگر پس‌ماندهای کشاورزی بوده که پس از کاه و کلش گندم سهم زیادی دارند. بنابراین هدف از انجام این پژوهش مقایسه ویژگی‌های بیوچارهایبقایای کاه گندم، شلتوک برنج، خاک اره، باگاس نیشکر و خوشه خرما در شرایط مختلف گرماکافتبود.

مواد و روش‌ها

ابتدا بقایای کشاورزی مذکور در دمای ۷۰ درجه سلسیوس آون-خشک و آسیاب شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. بیوچار در یک کوره الکتریکی و در شرایط عدم حضور اکسیژن توسط پیرولیز آهسته در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس تهیه شد. مدت گرمادهی در کوره و در دمای مورد نظر ۲ ساعت و نرخ افزایش دمای کوره ۲ درجه سلسیوس در دقیقه بود. مقدار عملکرد بیوچار از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$\text{عملکردبیوچار}(\%) = \frac{\text{بیوچاروزن}}{\text{اولیهخاممادهوزن}} * 100 \quad (۱)$$

pH و رسانایی الکتریکی (EC) در عصاره وزنی ۱ به ۱۰ بیوچار به آب مقطر اندازه‌گیری شد (وردانک و گابریلز، ۱۹۹۲).گنجایش تبادل کاتیونی بیوچاربا استفاده از استات باریمتعیین شد (ریپی و نلسون، ۲۰۰۷). نیتروژن کل با روش کلدال (خان‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۴) و ماده آلی باسوزاندن یک گرم نمونه آون-خشک در کوره و از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{آلیماده}(\%) = \frac{\text{خاکستروزن} - \text{خشکآوننمونهوزن}}{\text{خشکآوننمونهوزن}} * 100 \quad (۲)$$

چگالی ظاهری در استوانه‌ایی به حجم یک لیتر و با اعمال فشار ۰/۹ کیلوپاسکال (خوشگفتارمنش، ۱۳۹۱) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین چگالی حقیقی بیوچار به علت سبک‌بودن این مواد و وزن کم آن‌ها از سیال نفت استفاده شد. برخی از ویژگی‌های بقایایمورد استفاده در تهیه بیوچار در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های مواد خام مورد استفاده در تهیه بیوچار

نام	pH	EC(dS/m)	گنجایش تبادل کاتیونی (cmol(+)/kg)	٪N	مقدار ماده آلی(٪)	مقدار خاکستر(٪)	چگالی ظاهری (g/cm^3)	چگالی حقیقی (g/cm^3)
کاه و کلش گندم	۶/۹۰	۰/۶۲	۲۱/۰۰	۰/۹۵	۹۲/۳	۷/۷	۰/۱۸	۱/۲۷
شلتوک برنج	۶/۷۰	۰/۲۳	۱۲/۰۰	۰/۵۵	۷۸/۳	۲۱/۷	۰/۳۰	۱/۴۴
خاک اره	۵/۶۲	۰/۱۷	۱۵/۱۷	۰/۰۸	۹۵/۳	۴/۷	۰/۲۲	۱/۲۰
باگاس نیشکر	۷/۱۱	۰/۶۶	۳۲/۳۳	۰/۴۸	۹۰/۷	۹/۳	۰/۱۲	۱/۱۴
خوشه خرما	۶/۴۴	۱/۰۹	۲۵/۸۳	۰/۶۴	۹۴/۳	۵/۷	۰/۳۲	۱/۱۶

منحنی مشخصه رطوبتی بیوچار در مکش‌های ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه‌های جعبه‌ی شن وصفحه فشاری اندازه‌گیری شد و معادله ون‌گنوختن (۱۹۸۰) بر داده‌های آن برازش داده شد(Raviv et al., 1999):

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = [1 + (\alpha h)^n]^{-m} \ , (m = 1 - \frac{1}{n}) \quad (۳)$$

که در این معادله، θ مقدار رطوبت در یک مکش مشخص، θ_rرطوبت باقی‌مانده و θ_sرطوبت اشباع بر حسب cm^3/cm^3، αپارامتر مرتبط با عکس مکش در نقطه عطف(cm^{-1})، h مکش بر حسب سانتی‌متر و mو nپارامترهای شکل می‌باشند. مقدار آب به آسانی قابل دسترس (EAW) و تخلخل تهویه‌ای (AFP)نیز به کمکروابط زیر محاسبه شد ((Verdonck and Gabrials, 1992):

$$EAW = \theta_{10} - \theta_{50} \quad (۴)$$

$$AFP = \theta_s - \theta_{10} \quad (۵)$$

که در این معادلات θ_{10} و θ_{50} به ترتیب بیان‌گر مقادیر رطوبت در مکش‌های ۱۰ و ۵۰ سانتی‌متر بر حسب cm^3/cm^3 است..کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار و داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SASتجزیه و تحلیل آماری شد.

نتایج و بحث

۱- عملکرد بیوچار

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار تحت تاثیر نوع ماده اولیه و دمای پیرولیز قرار گرفت. با افزایش دمای پیرولیز، سهم فاز جامد (عملکرد پیرولیز) کاهش و سهم شیرابه (بخش مایع) و گاز افزایش یافت(جدول۲). بیش‌ترین میزان عملکرد به‌ترتیب اختصاص به بیوچار شلتوک برنج و کاه گندم در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس و کم‌ترین مقادیر آنمربوط خوشه خرما و خاک اره تولیدشده دردمای ۵۰۰ درجه سلسیوس است. نتایج سایر پژوهش‌گران نیز کاهش عملکرد بیوچار با افزایش دمای پیرولیز را نشان می‌دهد (خان‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ بهشتی و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار مواد مختلف تولیدشده در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس[۱]

ویژگی	کاه و کلش گندم		شلتوک برنج		خاک اره		باگاس نیشکر		خوشه خرما	
دما (C^0)	۳۰۰	۵۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۳۰۰	۵۰۰
عملکرد (٪)	۴۵/۴^{b}	۳۳/۶^{g}	۵۹/۰^{a}	۴۳/۵^{c}	۴۱/۰^{e}	۲۷/۳۲	۴۲/۳^{d}	۳۰/۰^{h}	۳۸/۱^{f}	۲۴/۷^{j}
pH	۹/۵۸^{bc}	۱۰/۱۳^{a}	۷/۷۴^{de}	۹/۶۱^{b}	۷/۵۱^{fg}	۷/۸۶^{d}	۷/۴۱^{g}	۹/۶۱^{b}	۷/۶۷^{ef}	۹/۴۴^{c}
EC(dS/m)	۳/۱۴^{e}	۴/۲۱^{c}	۰/۴۰^{f}	۰/۷۳^{f}	۰/۲۲^{f}	۰/۳۶^{f}	۲/۱۹^{e}	۳/۲۵^{d}	۶/۳۴^{b}	۷/۴۱^{a}
گنجایش تبادل کاتیونی(cmol(+)/kg)	۲۸/۰۰^{a}	۱۵/۲۵^{d}	۱۲/۰۰^{de}	۱۰/۶۷^{e}	۱۱/۰۰^{e}	۱۰/۶۷^{e}	۳۲/۱۷^{a}	۲۴/۳۳^{b}	۲۰/۲۵^{c}	۱۲/۰۰^{de}
نیتروژنکل (٪)	۱/۲۶^{a}	۱/۱۰^{b}	۰/۵۸^{f}	۰/۵۷^{f}	۰/۴۰^{g}	۰/۲۲^{h}	۰/۴۲^{g}	۰/۷۰^{e}	۰/۹۲^{c}	۰/۷۷^{d}
مقدار ماده آلی(٪)	۷۴/۰^{e}	۶۴/۰^{g}	۶۲/۷^{h}	۵۰/۰^{i}	۹۸/۷^{a}	۹۵/۳^{b}	۷۶/۷^{d}	۷۱/۰^{f}	۸۵/۷^{c}	۸۳/۳^{c}
مقدار خاکستر (٪)	۲۶/۰^{c}	۳۶/۰^{b}	۳۷/۳^{b}	۵۰/۰^{a}	۱/۳^{e}	۴/۷^{e}	۲۷/۷^{c}	۲۷/۳^{c}	۱۴/۳^{d}	۱۶/۷^{d}
چگالی ظاهری(g/cm^3)	۰/۲۲^{a}	۰/۱۳^{e}	۰/۲۳^{a}	۰/۲۰^{b}	۰/۲۲^{cd}	۰/۱۷^{d}	۰/۱۰^{f}	۰/۰۹^{f}	۰/۱۹^{bc}	۰/۱۳^{e}
چگالی حقیقی(g/cm^3)	۱/۱۱^{c}	۱/۱۶^{b}	۱/۱۰^{c}	۱/۲۰^{a}	۱/۵۶^{g}	۱/۵۸^{f}	۱/۰۱^{e}	۱/۰۷^{d}	۱/۰۵^{d}	۱/۱۱^{c}

[۱] حروف کوچک متفاوت انگلیسیدر هر ردیف، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار آماری در سطح۰/۰۵ براساس آزمون LSDاست.

۲- pHو رسانایی الکتریکی

دامنه تغییرات pHدر بین پس‌ماندهای کشاورزی بین ۷/۱۱-۵/۶۲ بوده و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به باگاس نیشکر (۷/۱۱) و کم‌ترین مقدار آن مربوط به خاک اره (۵/۶۲) است. با تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوچار و افزایش دمای پیرولیز مقدار pHاین مواد افزایش یافته و دامنه تغییرات آن بین ۱۰/۱۳-۷/۴۱ بود. بیشترین pHمربوط به بیوچار کاه گندم تولیدی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس است (جدول ۲). کلاستون و همکاران(۲۰۱۴)افزایشpHرادربیوچارشلتوکبرنج باافزایشدمایفرآیندگرماکافتگزارشکردندکه به دلیل جداشدنموادمعدنیازبخشآلیبیوچاردردمایبالاتراز۳۵۰درجهسلسیوستمی‌تواند باشد (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۴). با افزایش دمای پیرولیز مقدار خاکستر تولیدشده افزایش یافته که می‌تواند دلیلی بر افزایش pHبیوچار با افزایش دمای پیرولیز باشد (جدول ۲).

با افزایش دمای پیرولیز،ECعصاره بیوچار افزایش یافت (جدول ۲). کم‌ترین ECمربوط به بیوچارهای شلتوک برنج و خاک اره تولیدی در دو دماو بیش‌ترین مقدار آن به ترتیب مربوط به بیوچارهای خوشه خرما، کاه گندم و باگاس نیشکر در دو دمای پیرولیز است. به نظر می‌رسد که علت افزایش EC با افزایش دمای پیرولیز به علت کاهش بخش آلی بیوچار باشد.

۳- گنجایش تبادل کاتیونی(CEC)

بررسی اثر برهم‌کنش نوع بقایا و دمای پیرولیز نشان می‌دهد که بیش‌ترین CEC مربوط به بیوچار باگاس نیشکر و کاه گندم تولیدی در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس و کم‌ترین مقدار آن مربوط به شلتوک برنج و خاک اره تولیدی در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس است.افزایش دمای پیرولیز منجر به کاهش معنی‌دار CEC در بیوچارهای کاه گندم، باگاس نیشکر و خوشه خرما شده است در حالی کاهشCECبرای بیوچارهای شلتوک برنج و خاک ارهمعنی‌دار نبود (جدول ۲). جونگ و همکاران(۲۰۱۶) عامل کاهش CEC با افزایش دمای پیرولیز را کاهش گروه‌های عاملی اسیدی عنوان نموده‌اند.کلاستون و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که وجود گروه‌های عامل فنولی، هیدروکسیلی، کربونیلی و کوئینی بر CECبیوچار اثرگذار است.

۴- نیتروژنکلومادهآلی

با انجام پیرولیز و افزایش دمای پیرولیز درصد نیتروژن کل در باگاس نیشکر افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۲)در حالی که مقدار این ویژگی در سایر بیوچارهای تولیدشده در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس کم‌تر از مقدار آن در بیوچار تولیدی در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس است؛ مقدار نیتروژن کل بیوچار تولیدی در دمای ۵۰۰ سلسیوس تقریباً ۱/۵ برابر مقدار نیتروژن کل در بقایای اولیه بود. به نظر می‌رسد که با وجود خروج ترکیبات آلی و کاهش کربن آلی کل در بیوچار باگاس تولیدشده در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس نسبت به ماده خام اولیه آن، ترکیب‌های نیتروژن‌دار هم‌چنان در باگاس نیشکر باقی مانده‌اند (خان‌محمدیو همکاران، ۱۳۹۴). میزان ماده آلی برای بقایای کاه گندم و شلتوک برنج با افزایش دمای پیرولیز کاهش معنی‌دار یافته است. ولی بین مقادیر مادهآلی بیوچارهای خاک اره، باگاس نیشکر و خوشه خرما تفاوت معنی‌داری دیدهنشد. مقدار ماده آلی در بقایای خاک اره و خوشه خرما بیش‌تر از سایر بقایا بوده که علت این امر را می‌توان به مقدار ماده آلی بیش‌تر در بقایای اولیه خاک اره و خوشه خرما و یا مقاومت بیش‌تر ترکیبات کربن آلی این بقایا در برابر دما دانست.

۵- چگالی ظاهری و چگالی حقیقی

مقدارچگالی ظاهری مواد مورد استفاده برای تهیه بیوچار در دامنهg/cm^3 ۰/۱۲-۰/۳۲ متغیر است. تهیه بیوچار و افزایش دمای پیرولیز منجر به کاهش چگالی ظاهری شده است. کم‌ترین مقدار این ویژگی مربوط به بیوچار باگاس نیشکر در هر دو دما و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به بیوچارهای شلتوک برنج، کاه گندم و خاک اره در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس است(جدول ۲). بنابراین انتظار می‌رود که در اثر کاربرد بیوچار در محیط خاک و یا بسترهای رشد مقدار تخلخل و نگه‌داشت آب افزایش یابد.افزایش دمای پیرولیز منجر به افزایش چگالی حقیقی نیز شده است. بیش‌ترین مقدار این ویژگی مربوط به بیوچار خاک اره و شلتوک برنج در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس است.

۶- آب به آسانی قابل دسترس (EAW) و تخلخل تهویه‌ای (AFP)

مقایسه میانگین پارامترهایمعادله ون‌گنوختن بین بیوچارهای تهیه‌شده در جدول ۳ آورده شده است. در بین تمامی بیوچارهای مورد بررسی (به جزء بیوچار باگاس نیشکر)،با افزایش دمای پیرولیز مقدار θ_sبه طور معنی‌داریافزایش یافت. علت افزایش این ویژگی را می‌توان به کاهش چگالی ظاهری و افزایش تخلخل بیوچار با افزایش دمای پیرولیز مربوط دانست. صرف‌نظر از دمای پیرولیز، بیش‌ترین مقدار θ_s مربوط به بیوچار باگاس نیشکر در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس وکم‌ترین مقدار آن مربوط به بیوچار خاک اره در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس است. به نظر می‌رسد که ریزشدن (افزایش سطح ویژه) ذرات با افزایش دمای پیرولیز (به استثنا بیوچار باگاس نیشکر و شلتوک برنج) منجر به افزایش نگه‌داشت آب و آب باقی‌مانده (θ_r) گردد.

نتایج خان‌محمدی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که افزایش دمای پیرولیز منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی بیوچار می‌شود. دمای بالای ۵۰۰ درجه سلسیوس پارامتر α را کاهش داده که به معنی افزایش مکش در نقطه عطف منحنی (ریزشدن منافذ) است. بنابراین انتظار می‌رود که با کاربرد بیوچار تهیه‌شده در دمای بالا مقدار نگه‌داشت آب در مکش‌های پایین به علت افزایش α بیش‌تر شود. بیش‌ترین میزان افزایش α مربوط به بیوچار خاک اره و کم‌ترین مقدار آن مربوط به بیوچار کاه و کلش گندم بود (جدول ۳). با افزایش دمای پیرولیز شیب منحنی مشخصه رطوبتی (n) بیوچارهای کاه گندم، شلتوک برنج و خاک اره افزایش

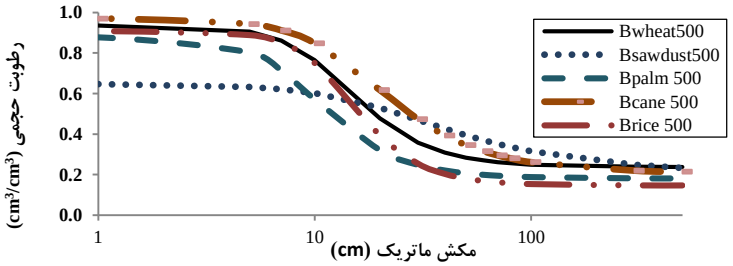
یافت. مقادیر nدر بیوچارهای خوشه خرما در دو دما، شلتوک برنج در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس، خاک اره در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس و کاه گندم در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس با یکدیگر تفاوت معنی‌دار آماری نداشت.

منحنی مشخصه رطوبتی بیوچارهای تولیدشده در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. روند افزایشی در مقدار رطوبت اشباع و آب قابل دسترس با افزایش دما به خوبی مشخص است. شیب منحنی مشخصه رطوبتی برای بیوچار کاه گندم و شلتوک برنج بیش‌تر است که علت این امر را می‌توان به افزایش گنجایش زراعی و کاهش ناچیز نقطه پژمردگی این دو ماده بر شمرد.در عمده بیوچارها تولیدی، افزایش دما منجر به کاهش تخلخل تهویه‌ای (AFP)شده است.بیش‌ترین مقدار پارامتر AFP مربوط به بیوچارهای خوشه خرما تولیدی در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس و کم‌ترین مقدار آن مربوط به بیوچارهای خاک اره و باگاس نیشکر به‌ترتیب تولیدیدر دو دمای ۵۰۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس است.

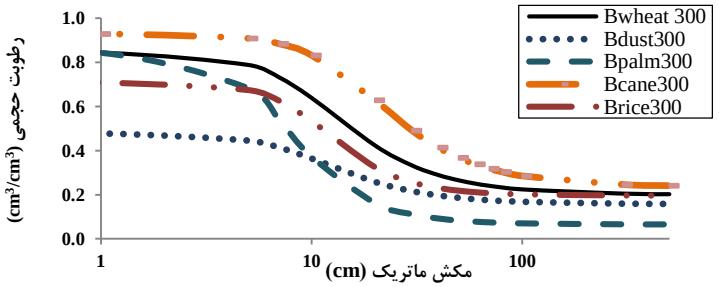
جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی و پارامترهای مدل ون‌گنوختن در بیوچارهای مورد بررسی

نام	دما (C^0)	AFP (cm^3/cm^3)	EAW (cm^3/cm^3)	θ_s (cm^3/cm^3)	(-) n	θ_r (cm^3/cm^3)	α (1/cm)
کاه و کلش گندم	۳۰۰	۰/۲۱^{c}	۰/۳۷c	۰/۸۴^{de}	۲/۴۵^{c}	۰/۲۰^{ab}	۰/۰۹۶^{c}
	۵۰۰	۰/۱۷^{dc}	۰/۴۶^{b}	۰/۹۴^{ab}	۲/۹۳^{b}	۰/۲۴^{a}	۰/۰۸۰^{d}
شلتوک برنج	۳۰۰	۰/۱۶^{dce}	۰/۲۸^{d}	۰/۶۸^{f}	۲/۹۳^{b}	۰/۲۱^{ab}	۰/۱۰۱^{bc}
	۵۰۰	۰/۱۴^{g}	۰/۵۸^{a}	۰/۹۱^{bc}	۳/۳۳^{a}	۰/۱۵^{d}	۰/۰۷۵^{de}
خاک اره	۳۰۰	۰/۱۳^{fe}	۰/۱۷^{e}	۰/۴۸^{g}	۲/۴۶^{dc}	۰/۱۶^{dc}	۰/۱۰۴^{bc}
	۵۰۰	۰/۰۵^{g}	۰/۲۵^{d}	۰/۶۵^{f}	۱/۸۶^{ab}	۰/۲۱^{ab}	۰/۰۴۸^{g}
باگاس نیشکر	۳۰۰	۰/۰۸^{dce}	۰/۴۶^{b}	۰/۹۳^{ab}	۲/۴۷^{c}	۰/۲۴^{a}	۰/۰۶۱^{f}
	۵۰۰	۰/۱۶^{gf}	۰/۴۸^{b}	۰/۹۷^{a}	۲/۴۳^{c}	۰/۲۱^{ab}	۰/۰۶۵^{ef}
خوشه خرما	۳۰۰	۰/۴۷^{a}	۰/۲۵^{d}	۰/۸۴^{e}	۲/۸۸^{b}	۰/۱۰^{e}	۰/۱۵۲^{a}
	۵۰۰	۰/۳۵^{b}	۰/۳۱^{dc}	۰/۸۸^{dc}	۲/۹۰^{b}	۰/۱۸^{bc}	۰/۱۱۳^{b}

[1] حروف کوچک متفاوت انگلیسی در هر ستون نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۰/۰۵ بر اساس آزمون LSD است.



شکل ۱- منحنی مشخصه رطوبتی بیوچارهای تولیدشده در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس



شکل ۲- منحنی مشخصه رطوبتی بیوچارهای تولیدشده در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس

با توجه به نتایج بدست‌آمده می‌توان بیان نمود که انتخاب بیوچار مورد استفاده در ترکیب با خاک و یا به عنوان یک بستر رشد جداگانه برای گیاه مستلزمدر نظر گرفتن پارامترهایی مانند شرایط پیرولیز، نوع بقایای مورد استفاده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها است. علاوه بر این فراهمی بقایای مورد استفاده، قیمت این بقایا و توجه به افزایش آب قابل دسترس با استفاده از این مواد به علت کمبود آبدر کشور نیز در انتخاب نوع بیوچار موثر است.بیوچار مورد استفاده به عنوان یک بستر رشد بایستی ۳۰-۱۰٪ تخلخلتهویه‌ای، ۳۵-۲۵٪ آب قابل دسترس، ۸۵-۵۰٪ تخلخل کل و ۰/۷-۰/۱۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب چگالی ظاهری داشته باشد (Raviv et al., 1999). در بین بیوچارهای مورد بررسی،ویژگی‌های مذکور برای بیوچارهای کاه گندم تولیدی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس، بیوچارهای شلتوک برنج تولیدی در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ و بیوچار خوشه خرما تولیدی در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس در محدوده‌ی مناسب قرار دارد.

منابع

بهشتی م. وعلیخانی ه. ۱۳۹۵. تغییرات کیفیت بیوچارتولیدشده ازکاه وکلش گندم درطی فرآیندپیرولیزآهسته دردماهای مختلف. مجله دانش کشاورزی وتولید پایدار،جلد ۲۶،شماره ۲،صفحه‌های ۱۸۹ تا ۲۰۲.

بکی م. وعابدیکوپایی ج. ۱۳۹۵. ارزیابی تأثیربیوچارحاصل ازکنجاله کلزا،باگاس وسبوس برنج روی ظرفیت نگهداشت آب خاک لوم شنی. صفحه‌های ۲ تا ۹. دومین کنگره ملی آبیاری وزهکشی ایران،دانشگاه صنعتی اصفهان،اصفهان.

خوشگفتارمنش ا. ح. ۱۳۹۱. مدیریت تغذیه گیاهان گلخانه‌ای،انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

خان‌محمدی ز. افیونی م. ومصدقی م.ر. ۱۳۹۴. اثردمای پیرولیزبرویژگی‌های شیمیایی بیوچارحاصل ازباگاس نیشکروبقایای پسته. مجله تحقیقات کاربردی،جلد ۳،شماره ۱،صفحه‌های ۱ تا ۱۳.

Castellinia M., Giglioa L., Nieddab M., Palumboa A.D., and Ventrellaa D. 2015. Impact of biochar addition on the physical and hydraulic properties of a clay soil. Soil and Tillage Research, 154: 1–13.

Claston N., Samsuri A.W., Ahmad Husni M.H., and Mohd Amran M.S. 2014.Effect of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochar. Waste Management and Research, 32: 331–339.

Jeonge C.Y., Dodla S.K., and Wang J.J. 2016. Fundumental and molecular composition characteristics of biochars produced from sugarcane and rice crop residue and by-products. Chemosphere, 142: 4–13.

Raviv M., Wallach R., Silber A., Medina Sh., and Krasnovsky A. 1999. The effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soiless culture. Journal of American Horticulture Science, 124: 205–209.

Raviv M.J. and Lieth H. 2008. Significance of Soilless Culture in Agriculture. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Rippy J.F.M. and Nelson P.V. 2007. Cation exchange capacity and base saturation variation among Alberta, Canada, moss peats. Horticulture Science, 42: 349–352.

Usmana A.R.A., Abduljabbar A., Vithanage M., Sikok Y., Ahmada M., Ahmada M., Elfaki J., and Abdulazeem S.S. 2015. Biochar production from date palm waste: Charring temperature induced changes in composition and surface chemistry. Journal of Analytical and Applied Science, 115:392–400.

Verdonck O. and Gabriels R. 1992. Reference method for the determination of physical properties of plant substrates. II. Reference method for the determination of chemical properties of plant substrates. Acta Horticulture, 302: 169–179.

Effect of Pyrolysis Temperature on Physical and Chemical Properties ofWheat Straw, Sugarcane Bagasse, Date-Palm, Sawdust and Ricehull Biochar

G. Banitalebi, M.R. Mosaddeghi, A. H. Khoshgoftarmanesh

PhD Studentand Professors, Respectively, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

Abstract

Increase of water holding capacity and improvement of physical and chemical properties of plant growth substrates through the use of agricultural organic residues have significant importance. This study was conducted to investigate the effects of feedstock and pyrolysis temperature on physical and chemical properties of produced biochars. Ten biochars were produced from wheat-straw, rice hull, sawdust, sugarcane bagasse and date-palm at pyrolysis temperatures of 300 and 500°C. The results showed that biochar yield, organic matter, total nitrogen, bulk density and cation exhangable capacity decreased as pyrolysis temperature increased,

whereas electrical conductivity, pH,particle density and ash content increased athigher temperature. The results also showed that biochar produced at higher temperature hadgreater easily available water (EAW), saturated water content (θ_s), residual water content (θ_r) and matric suction at inflection point of water retention curve (α),whereasan increment in pyrolysis temperature decreasedthe air-filled porosity (AFP).
Keywords: Biochar, Agricultural residues, Pyrolysis, Easily available water, Physical and chemical properties