نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۷، ص. ۳۹۷-۳۸۷

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 2, May.-Jan. 2018, p. 387-397

بررسی اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لوم- شنی

ایمان نیک روش[۱]- سعید برومندنسب[۲*]- عبدعلی ناصری[۳]- امیر سلطانی محمدی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹

چکیده

بیوچار و هیدروچار به‌عنوان مواد پایدار و غنی از کربن شناخته می‌شوند. این مواد دارای ساختار بسیار متخلخل و سطح بزرگ واکنش‌پذیر می‌باشند که بسته به نوع ماده اولیه مورد استفاده و دمای فرآیند متفاوت است. استفاده از این مواد برای تحقق اهداف کشاورزی در بهبود طیف وسیعی از خصوصیات خاک، از جمله اثر آهک، ظرفیت نگهداشت آب و حفظ مواد مغذی توصیه می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کاربرد بیوچار کاه گندم (BW) و هیدروچار کاه گندم (HW) بر خواص فیزیکی خاک شامل منحنی رطوبتی، وزن مخصوص ظاهری و تخلخل کل می‌باشد. تیمارهای آزمایش در این پژوهش شامل سه سطح بیوچار و هیدروچار کاه گندم (HW2=۲ و BW2، HW5=۵ و BW5، HW10=۱۰ و HW10 گرم بر کیلوگرم خاک) در سه تکرار می‌باشد. این تیمارها با اختصاص سه عدد لایسیمتر به‌عنوان تیمار شاهد در مجموع در ۲۱ عدد لایسیمتر با بافت خاک لوم- شنی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اعمال شدند. نتایج مقایسه میانگین‌های وزن مخصوص ظاهری نشان داد افزودن تیمارهای HW2، HW5، HW10، BW2، BW5 و BW10 به خاک نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب به مقدار ۸/۹۷، ۱۱/۷۲، ۱۵/۱۷، ۷/۵۹، ۱۰/۳۴ و ۱۳/۱۰ درصد شده است. همچنین نتایج حاکی از آن بود که تیمارهای HW2، HW5 و HW10 نسبت به تیمارهای BW2، BW5 و BW10 باعث کاهش بیشتر وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب به مقدار ۱۸/۱۸، ۱۳/۳۵ و ۱۵/۸۰ درصد شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های تخلخل کل نشان داد افزودن تیمارهای HW2، HW5، HW10، BW2، BW5 و BW10 به خاک نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش تخلخل کل خاک به ترتیب به مقدار ۸/۷۸، ۱۱/۸۴، ۱۵/۷۷، ۶/۴۸، ۹/۷۵ و ۱۳/۲۲ درصد شده است. نتایج نشان داد درصد رطوبت قابل دسترس خاک برای تیمارهای HW2، HW5، HW10، BW2، BW5 و BW10 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۴/۱۱، ۴۳/۶۱، ۷۸/۸۸، ۱۶/۳۴، ۳۴/۳۰ و ۶۹/۷۴ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج بیانگر اثرات مؤثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک با بافت نسبتاً سبک می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، ماده آلی، منحنی رطوبتی خاک، هیدروچار

مقدمه

ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه‌سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک، عنصر اصلی برای حاصلخیزی خاک محسوب می شود. درحالی‌که استفاده از کودهای شیمیائی برای دستیابی به عملکرد بالا، سبب گردیده است تا اهمیت مواد آلی کمتر در نظر گرفته شود. بنابراین، جایگزینی کودهای آلی در سطح تولید بهینه محصول به حالت پایدار، به مدیریتی جامع نگر و آگاه به تمامی جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک تأثیرگذار نه تنها بر کمیت تولید بلکه بر کیفیت و سلامت منابع خاک و محیط زیست، نیازمند است. ساقه و پوسته‌ای که اطراف دانه‌های غلات چون گندم و جو را می‌پوشاند و هنگام خرمن‌کوبی، هوا آن را پراکنده می‌کند، کاه می‌گویند. کاه از محصولات جانبی کشاورزی بوده و عمدتاً از سلولز و لیگنین تشکیل شده است. در مزارع خوزستان هر ساله از اول اردیبهشت همراه با برداشت محصول گندم، کاه و کلش باقی‌مانده به آتش کشیده می‌شود. خارج شدن عناصر غذایی خاک و تبدیل آن به گاز که به فقر غذایی خاک منجر می‌شود، یکی از نتایج مهم آتش زدن کاه و کلش در مزارع گندم بوده که این امر منجر به از بین رفتن موجودات زنده مفید مخصوصاً کرم خاکی و از بین رفتن ساختمان خاک و نهایتاً به سخت‌تر شدن خاک بر اثر گرما و ایجاد سله می‌انجامد. از این‌رو با توجه به اینکه حجم وسیعی از کاه و کلش گندم به این شکل از بین رفته و همچنین اثرات سوء دفع آن در محیط زیست، بنابراین استفاده از این ضایعات کمک شایانی به کشاورزی پایدار خواهد کرد.

یکی از راهکارهای مفید استفاده از بقایای گیاهی، تبدیل آن‌ها به بیوچار و هیدرچار است (۳۰). بیوچار نوعی زغال تهیه شده از زیست

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email:boroomand@scu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.v32i2.70445

توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آنها در حضور مقادیر کم اکسیژن و یا عدم حضور آن انجام می‌شود. طی این فرآیند نوعی سوخت زیستی به صورت مایع یا گاز هم تولید می‌شود که برای مصارف مختلف قابل استفاده است. بیوچار به عنوان ماده‌ای که توانایی بهبود پدیده گرمایش زمین را دارد، توجهات زیادی را به خود جلب نموده است، زیرا این ماده ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی‌مدت در خاک ذخیره کند (۱۵). بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که بیوچار منبع مناسبی برای بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد و رشد گیاهان را بهبود می‌بخشد و خاک‌ها را برای کشت در درازمدت به‌ویژه در مناطق گرمسیری، مناسب نگاه می‌دارد (۳، ۴، ۶، ۲۴ و ۳۵). استفاده از روش سنتی تولید بیوچار (پیرولیز خشک) دارای مشکلاتی نظیر: کاربرد بقایای گیاهی تنها به‌صورت خشک، تولید گازهای مضری نظیر مونوکسید کربن، متان، هیدروکربن‌های آلکان (C2) و هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی[1] (PAHs) و تولید روغن می‌باشد. در این شرایط این گازها می‌بایست بازیافت شده و به‌صورت مفید و کم‌خطر برای محیط زیست تبدیل گردند که این امر مستلزم استفاده از تجهیزات گسترده و پیچیده می‌باشد (۲۶ و ۳۴). درنتیجه نیاز به انرژی و هزینه‌های بالا دانشمندان را به سوی روش‌های جایگزین سوق داده است. یکی از روش‌های پیشنهادی کربن‌سازی هیدروترمال[2] می‌باشد.

فرآیند هیدروترمال شامل حرارت دادن زیست توده گیاهی یا مواد دیگر در یک ظرف سربسته تحت فشار در حضور آب و در دمایی بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس می‌باشد و حاصل این واکنش، زغال (هیدروچار) و مواد آلی محلول است (۱۹ و ۳۳). اساس فرآیند هیدروترمال، تجزیه ساختار کربوهیدرات‌ها بوسیله عمل گرمازایی می باشد و در طی آن مواد قندی آزاد و سایر محصولات تولید می‌شود (۱۰ و ۱۱). درنتیجه این فرآیند نشان‌دهنده سازگاری با محیط زیست و ارائه یک تکنیک ساده می‌باشد که طی آن در ابتدا زیست توده و مواد قندی به پلیمرهای پیش تغلیظ شده تبدیل و در ادامه طی فرآیندهای آبگیری، پولیمر شدن و متراکم شدن بیشتر، مشتقاتی غنی از کربن به‌دست می‌آید (۳۳). لازم به ذکر است خصوصیات شیمیایی بیوچار و هیدروچار دقیقاً به خصوصیات فیزیکو شیمیایی زیست توده گیاهی و شرایط تولید، برای مثال درجه حرارت و مدت زمان فرآیند تولید آن دارد (۹، ۱۹ و ۳۶). فواید هیدروچار مانند بیوچار شامل دارا بودن پتانسیل تغییر آب و هوا از راه ترسیب کربن، افزایش CEC خاک، افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش رشد گیاه و توسعه ریشه، بهبود بخشیدن به ساختار و پایداری خاک، افزایش ظرفیت نگهداشت رطوبت خاک و تعدیل pH خاک می‌باشد (۱۶ و ۱۹).

از دلایل اثر بیوچار بر افزایش تخلخل کل خاک می‌توان به افزایش منافذ درشت خاک، تخلخل بالای بیوچار و افزایش پایداری ساختمان خاک به علت وجود مواد آلی اشاره کرد (۱۸ و ۳۲). هسو و همکاران (۱۲)، افزایش مقدار رطوبت قابل دسترس در اثر کاربرد بیوچار پوسته شلتوک را ناشی از افزایش منافذ ریز خاک بیان کردند. نتایج تحقیق اویانگ و همکاران (۲۳) نیز نشان داد که بیوچار به علت تخلخل بالا به‌طور مستقیم و از طریق افزایش ماده آلی خاک به‌طور غیرمستقیم رطوبت قابل دسترس را افزایش می‌دهد.

نتایج تحقیقات متعددی نشان می‌دهد افزودن بیوچار به خاک باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (۱۱، ۱۴ و ۱۸). بایومنته و همکاران (۲) نشان دادند افزایش سطح کاربرد بیوچار در خاک باعث افزایش درصد رطوبت می‌شود. علت این امر به سطح ویژه و تخلخل زیاد بیوچار نسبت داده شده است. فنگ و همکاران (۸) در تحقیقی از سه نوع ماده خام (باگاس نیشکر، درخت گردوی امریکایی و پوست بادام زمینی) در دماهای مختلف (۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس) برای تهیه هیدروچار استفاده کردند. نتایج نشان داد هیدروچار تولید شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس در هرسه ماده خام دارای بیشترین سطح ویژه و حجم منافذ می‌باشد که باعث افزایش تخلخل و درنتیجه نگهداشت رطوبت در خاک می‌شود. سوهی و همکاران (۲۸) گزارش کردند کاربرد بیوچار در خاک باعث افزایش درصد رطوبت خاک و درنتیجه افزایش عملکرد گیاه می‌شود. حضور گروه‌های عاملی سطحی اکسیژن‌دار مانند گروه‌های هیدروکسیلی، کربوکسیلی و کربونیلی در هیدروچار باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی هیدروچار شده و درنتیجه منجر به افزایش قدرت نگهداشت مواد مغذی و رطوبت در خاک و جذب آلودگی‌ها نظیر فلزات سنگین در محیط‌های آبی و خاکی می‌شود (۸ و ۳۶). با توجه به اندازه منافذ مرتبط با ذخیره آب موجود در گیاه (۰/۲ تا ۵۰ میکرومتر) و توانایی بیوچار و هیدروچار در نگهداشت رطوبت خاک، تصاویر میکروسکوپ الکترونی مربوط به بیوچار و هیدروچار محتوای بالایی از منافذ در این محدوده را تأیید می‌کند (۱۲ و ۲۸).

با توجه به اینکه خاک‌های نسبتاً سبک دارای منافذ درشت و ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی کم می‌باشند. این تحقیق با هدف تعیین دمای بهینه تولید بیوچار و هیدروچار کاه گندم و بررسی اثر این مواد بر وزن مخصوص ظاهری، تخلخل کل و منحنی رطوبتی یک خاک لوم- شنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه بیوچار و هیدروچار کاه گندم

این تحقیق در آزمایشگاه‌های تحقیقات آب و خاک و کیفیت آب

1- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
2- Hydrothermal carbonization

دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک لوم شنی انجام گردید. برای تهیه بیوچار ابتدا کاه گندم به مدت سه روز متوالی در هوا خشک شد. سپس این مواد در ظروف مخصوصی که دارای درپوش بود ریخته شدند و در کوره الکتریکی به مدت چهار ساعت با نرخ ۲۰ $C^{o}\ min^{-1}$ قرار گرفتند. دمای کوره در درجه حرارت‌های مختلف بین ۶۰۰-۲۰۰ تنظیم می‌شود و کاه و کلش گندم در این دماها پیرولیز گردید. برای تهیه هیدروچار نیز ابتدا کاه گندم هوا خشک و خرد گردید. سپس در اتوکلاو[1] از جنس فولاد ضد زنگ به همراه آب دیونیزه قرار داده شد. اتوکلاو در درجه حرارت‌های مختلف بین ۲۳۰-۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت حرارت داده شد. بعد از این مرحله و رسیدن دمای ظرف به دمای اتاق آزمایشگاه، پس از عبور محتویات ظرف از کاغذ صافی، ذرات جامد را با آب دیونیزه شستشو داده (برای رفع ناخالصی های مواد) و سپس در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. کربن آلی قابل اکسید شدن از روش اکسیداسیون دی کرومات پتاسیم، ماده قابل احتراق به وسیله حرارت دادن نمونه در دمای ۷۵۰ درجه سلسیوس و به مدت دو ساعت، بازده بیوچار و مواد آلی پایدار از روابط زیر محاسبه گردید:

$$Yield = \frac{m_{Biochar,Hydrochar}}{m_{raw}} \times 100\% \quad (۱)$$

و

$$SOM = LOI - (OC \times 1.724) \quad (۲)$$

که در رابطه‌های بالا: Yield بازده تولید بر حسب درصد؛ $m_{Biochar,Hydrochar}$ و m_{raw} به ترتیب وزن بیوچار- هیدرچار و وزن ماده خام بر حسب کیلوگرم؛ SOM مواد آلی پایدار؛ LOI ماده قابل احتراق، OC کرین آلی قابل اکسید شدن و عدد ۱/۷۲۴ ضریب تبدیل کربن آلی به ماده آلی می‌باشد. شاخص بهره‌وری مواد آلی پایدار نیز از رابطه ۳ به دست آمد:

$$SOMYI = \frac{Yield \times SOM}{100} \quad (۳)$$

با استفاده از شاخص بهره‌وری مواد آلی پایدار، دمای بهینه تولید بیوچار و هیدروچار تعیین و برای ادامه تحقیق استفاده شد.

اسیدیته و هدایت الکتریکی با تهیه سوسپانسیون (W/V) ۱:۲۰ بیوچار و هیدروچار با آب دیونیزه و قرار دادن به مدت ۳۰ دقیقه روی لرزاننده، ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی با روش جایگزینی نیترات سدیم به جای اسید هیدروکلریک و کلرید پتاسیم (۵)، سطح ویژه مواد به روش جذب متیلن بلو، درصد سولفور، نیتروژن، کربن، هیدروژن و اکسیژن با دستگاه CHNSO (۷)، پتاسیم و سدیم بادستگاه فلیم فتومتر و کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون با EDTA اندازه‌گیری شد.

1- Autoclave

آماده‌سازی لایسیمترها

نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با بافت خاک لوم شنی تهیه شد. شهر اهواز در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۲/۵ متر می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شده در جدول (۴) آورده شده است. مشخصات لایسیمترهای مورد استفاده در این تحقیق شامل: زهکش‌دار بودن، استوانه‌ای شکل و از جنس پلی اتیلن به قطر و ارتفاع به ترتیب ۰/۸ و ۱/۲ متر می‌باشد. ابتدا مقداری ماسه و شن ریز هر یک به ضخامت ۵ سانتی‌متر داخل استوانه‌ها ریخته شد. پس از این مرحله خاک الک شده، در مقادیر مساوی و تقریباً نیم کیلویی، به تدریج داخل استوانه‌ها ریخته و با ضربات همگون تحکیم گردید. در مورد کنترل ضربات، دقت شد تا حجم نهایی خاک بعد از تحکیم هر قسمت، طوری باشد که وزن مخصوص خاک حاصله، نزدیک به مقدار وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده در مزرعه باشد. بعد از آماده سازی لایسیمترها، تیمارهای بیوچار و هیدروچار کاه گندم در سطوح ۲، ۵ و ۱۰ گرم بر کیلوگرم خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متر از خاک سطحی لایسیمترها اعمال شدند و سه عدد لایسیمتر نیز به‌عنوان تیمار شاهد بدون حضور بیوچار و هیدروچار کاه گندم درنظر گرفته شد. حجم آب آبیاری نمونه‌ها از حاصلضرب سطح مقطع لایسیمترها در عمق معلوم آب آبیاری پنج سانتی‌متر معادل ۲۵ لیتر به‌دست آمد. آبیاری لایسیمترها در طی چهار ماه به وسیله آب لوله‌کشی شهری با متوسط هدایت الکتریکی ۱/۵۰ دسی زیمنس بر متر و متوسط اسیدیته ۷/۲۰ با دور آبیاری هفت روز انجام شد. در پایان دوره آزمایش، تأثیر سطوح مختلف بیوچار و هیدروچار بر برخی خصوصیات فیزیکی (منحنی رطوبتی، وزن مخصوص ظاهری و تخلخل کل) خاک تعیین گردید. برای اندازه‌گیری نقاط رطوبتی مورد نیاز جهت رسم منحنی رطوبتی خاک، نمونه‌هایی از خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متر توسط سیلندرهای نمونه‌برداری تهیه شد. سپس نمونه‌ها در داخل دستگاه صفحات فشاری تحت مکش‌های مختلف ۰/۳۳، ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ اتمسفر قرار داده شدند.

برای اندازه‌گیری تخلخل و وزن مخصوص ظاهری خاک از نمونه‌های مورد استفاده برای تعیین منحنی رطوبتی خاک استفاده گردید. به این صورت که بعد از پایان آزمایش مربوطه نمونه‌ها از دستگاه صفحات فشاری برداشته شده و در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت و تحت حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به روش وزنی تخلخل کل و وزن مخصوص ظاهری خاک محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS و مقایسه بین میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات بیوچار و هیدروچار کاه گندم

خصوصیات بیوچار و هیدروچارهای کاه گندم در دماهای مختلف در جدول (۱) نشان داد شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش دما، بازده بیوچار و هیدروچار کاهش می‌یابد با این تفاوت که این میزان کاهش در هیدروچار نسبت به بیوچار کمتر می‌باشد. علت این امر آن است که در دماهای کمتر از ۲۵۰ درجه سلسیوس وزن نمونه‌ها به دلیل کاهش رطوبت و آب هیدراتاسیون کاهش می‌یابد درحالی‌که در دماهای بیشتر از ۲۵۰ درجه سلسیوس، بقایای گیاهی شروع به تجزیه شدن و تبدیل به بخار شامل گروه‌های آلی و گازها (بخار آب، دی اکسید کربن، مونوکسید کربن، هیدروژن، متان و هیدروکربن‌های سنگین‌تر) شده در نتیجه کاهش بازده تولید افزایش می‌یابد (۳۰). طبق نتایج مطالعات سایر محققان، بیوچار و هیدروچار وقتی در خاک‌های کشارزی به کار برده می شود در معرض فرآیندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی قرار می‌گیرد. بنابراین در بیوچار و هیدروچار تولیدی، پایداری کربن نسبت به مقدار کربن از اهمیت بیشتری برخوردار است (۱۳ و ۲۱). طبق جدول (۱)، بیوچار و هیدروچار تولید شده در دماهای ۳۰۰ و ۲۰۰ درجه سلسیوس به دلیل داشتن بالاترین شاخص بهره‌وری مواد آلی پایدار به ترتیب (۲۰/۱۶ و ۶/۱۳)، به عنوان بیوچار و هیدروچار بهینه برای کاربرد در لایسیمترها انتخاب شدند. دماهای بهینه ۳۰۰ و ۲۰۰ درجه سلسیوس برای بیوچار و هیدروچار به ترتیب توسط دیوبند هفشجانی و همکاران (۷) و فنگ و همکاران (۸) گزارش شده است. مقدار عناصر و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار و هیدروچار بهینه در جدول‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است.

تأثیر بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات خاک مورد مطالعه

خصوصیات اولیه خاک مورد مطالعه در جدول (۴) نشان داده شده است. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بیوچار و هیدروچار کاه گندم در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات بیوچار و هیدروچار کاه گندم در دماهای مختلف

Table 1- Properties of Wheat straw Biochar and Hydrochar at different temperatures

دما (درجه سلسیوس) Temperature (C°)	بازده (Yield)	OC	LOI	SOM	SOMYI
			(%)		
W	**-**	**52.85**	–	–	–
BW_{200}	85.53	49.92	90.00	3.94	3.37
BW_{300}	39.47	16.77	80.00	51.09	20.16
BW_{400}	32.89	15.21	66.67	40. 45	13.30
BW_{500}	26.97	12.48	65.00	43. 48	11.73
BW_{600}	23.68	8.22	60.00	45.83	10.85
HW_{140}	88	52.45	92	1.23	1.08
HW_{170}	79	49.17	91.67	6.95	5. 49
HW_{200}	77	47.58	90	7.97	6.13
HW_{230}	59	46.02	83.33	3.99	2.35

(علائم w، BW_{200}، BW_{300}، BW_{400}، BW_{500} ، BW_{600}، HW_{140}، HW_{170}، HW_{200} و HW_{230} به‌ترتیب بیانگرکاه گندم، بیوچار کاه گندم در دماهای ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و هیدروچار کاه گندم در دماهای ۱۴۰، ۱۷۰، ۲۰۰ و ۲۳۰ می‌باشد)

W, BW_{200}, BW_{300}, BW_{400}, BW_{500}, BW_{600}, HW_{140}, HW_{170}, HW_{200} and HW_{230} are wheat straw, biochar and hydrochar of wheat straw produced at different temperatures

جدول ۲- مقادیر عناصر بیوچار و هیدروچار کاه گندم در دمای بهینه

Table 2- Elemental analysis of wheat straw biochar and hydrochar samples at optimum temperature.

نمونه Sample	Ca	Mg	Na	K	N	S	C	H	O	H/C	O/C
					(%)						
BW300	0.2	0.13	0.11	0.16	1.15	0.49	59.65	3.09	27.02	0.05	0.45
HW200	0.13	0.07	0.08	0.02	0.71	0.16	49.14	5.37	38.15	0.11	0.78

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار و هیدروچار کاه گندم در دمای بهینه

Table 3- Chemical and physical properties of wheat straw biochar and hydrochar samples at optimum temperature

نمونه Sample	EC ($dS.m^{-1}$)	سطح ویژه Surface Area ($m^2.g$)	AEC ($Cmol.Kg^{-1}$)	CEC ($Cmol.Kg^{-1}$)	وزن مخصوص ρ ($g.cm^{-3}$)	pH	WHC (%)
BW300	2.35	46.95	10.11	13.75	0.26	7.09	262
HW200	0.53	35.43	9.42	12.66	0.09	6.13	385

نتایج این جدول نشان می‌دهد که تأثیر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در سطح پنج درصد نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول (۶) نشان داد افزودن تیمارهای HW2، HW5، HW10، BW2، BW5 و BW10 به خاک نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب به مقدار ۸/۹۷، ۱۱/۷۲، ۱۵/۱۷، ۷/۵۹، ۱۰/۳۴ و ۱۳/۱۰ درصد شده است (شکل ۱ الف). این کاهش با افزایش سطوح تیمارها در خاک نرخ صعودی نشان داده است. همانطور که در شکل (۱الف) مشخص شده است تیمارهای HW2، HW5 و HW10 نسبت به تیمارهای BW2، BW5 و BW10 باعث کاهش بیشتر وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب به مقدار ۱۸/۱۸، ۱۳/۳۵ و ۱۵/۸۰ درصد شده است. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول (۵) نشان داد افزودن تیمارهای HW2، HW5، HW10، BW2، BW5 و BW10 به خاک نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش تخلخل کل خاک به ترتیب به مقدار ۸/۷۸، ۱۱/۸۴، ۱۵/۷۷، ۶/۴۸، ۹/۷۵ و ۱۳/۲۲ درصد شده است (شکل ۱ب). همانطور که در شکل (۱ب) مشخص شده است تیمارهای HW2، HW5 و HW10 نسبت به تیمارهای BW2، BW5 و BW10 باعث افزایش بیشتر تخلخل کل خاک به ترتیب به مقدار ۳۵/۵۰، ۲۱/۴۴ و ۱۹/۲۹ درصد شده است. علت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش تخلخل کل خاک می‌تواند ناشی از اختلاط خاک با موادی با جرم مخصوص کمتر (مطابق جدول ۳) و تأثیر افزایش ماده آلی خاک در اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار باشد. ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه‌سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک را ارتقا می‌بخشد و از این طریق جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. ابل و همکاران (۱)، گزارش کردند کاربرد هیدروچار و بیوچار بقایای ذرت به ترتیب در دماهای ۲۰۰ و ۵۵۰ درجه سلسیوس سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و درنتیجه افزایش تخلخل خاک به ترتیب به مقدار ۸۴ و ۸۲ درصد گردید. علت افزایش تخلخل کل خاک به شکل و استحکام ساختار بیوچار و هیدروچار نسبت داده شده است. اختلاف معنی‌دار در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در شرایط مصرف و عدم مصرف بیوچار در خاک در تحقیقات زیادی از جمله لاریدو و همکاران (۱۴)، لی و ژانگ (۱۸) و هاردی و همکاران (۱۱) گزارش شده است. علت کاهش و افزایش بیشتر وزن مخصوص ظاهری و تخلخل کل خاک تیمارهای هیدروچار نسبت به بیوچار کاه گندم می تواند ناشی از وزن مخصوص کمتر هیدروچار (۰/۰۹) نسبت به بیوچار (۰/۲۶) و همچنین شکل کروی ساختمان و قابلیت تغییر شکل‌پذیری ذرات هیدروچار نسبت به ساختمان صفحه‌ای ذرات بیوچار باشد (۲۹).

بر اساس تجزیه و تحلیل آماری، تیمارهای بیوچار و هیدروچار کاه گندم اثر معنی‌دار ($P<0/05$) بر درصد رطوبت در مکش‌های ۰/۳۳، ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ اتمسفر داشته است. این اثر (بر اساس آزمون دانکن) در جدول‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است. بر اساس این جدول، منحنی رطوبتی خاک مربوط به تیمارهای بیوچار و هیدروچار رسم شده است (شکل‌های ۳ الف و ب). منحنی‌های رسم شده متوسط سه تکرار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول‌های (۷) و (۸) نشان می‌دهد با افزایش مقدار بیوچار و هیدروچار، ظرفیت نگهداشت آب در خاک افزایش می‌یابد.

جدول ٤- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 4- Physical and Chemical properties of soil

پارامتر Parameter	مقدار Amount	پارامتر Parameter	مقدار Amount
EC ($dS.m^{-1}$)	1.81	بافت خاک Soil Texture	لوم- شنی Loam-Sand
ρ_b ($g.cm^{-3}$)	1.45	pH	7.82
کربن آلی (درصد) OC (%)	0.47	CEC ($cmol.kg^{-1}$)	6.92
ازت کل (درصد) TN (%)	0.03	n (%)	43.50

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی خاک

Table 5- Variance analysis of the effect of wheat straw Biochar and Hydrochar samples on soil physical properties

منابع Index	درجه آزادی Degrees of Freedom	میانگین مربعات هیدروچار Mean of squares (Hydrochar)		میانگین مربعات بیوچار Mean of squares (Biochar)	
		n	ρ_b	n	ρ_b
تیمار Treatment	3	25.503*	0.028*	17.963*	0.021*
تکرار Repetition	2	0.001ns	0.000ns	0.000ns	0.000ns
خطا Error	6	0.000	0.000	0.000	0.000
مجموع Total	11				

ns: فاقد اثر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد

ns: No significant effect, * Significance at the five percent probability level

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بیوچار و هیدروچار کاه کندم بر خصوصیات فیزیکی خاک

Table 6- The Average comparison of the effect of different wheat straw Biochar and Hydrochar treatments on soil physical properties

تیمار Treatment	شاهد Control	BW2	BW5	BW10	HW2	HW5	HW10
ρ_b ($g.cm^{-3}$)	1.45a	1.34b	1.30c	1.26d	1.32e	1.28f	1.23h
n (%)	43.5a	46.32b	47.74c	49.25d	47.32e	48.65f	50.36h

ارقامی که دارای حرف غیرمشترک در یک ردیف هستند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند

Rows with the non-same letters have significance difference at the five percent probability level

درنتیجه استفاده از بیوچار و هیدروچار می‌تواند خصوصیات خاک را تغییر دهد. با توجه به تعریف رطوبت قابل دسترس به عنوان حد بین رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطه پژمردگی دائم خاک، نتایج نشان می‌دهد درصد رطوبت قابل دسترس خاک برای تیمارهای HW2، HW5، HW10، BW2، BW5 و BW10 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۴/۱۱، ۴۳/۶۱، ۷۸/۸۸، ۱۶/۳۴، ۳۴/۳۰ و ۶۹/۷۴ درصد افزایش یافت. مواد آلی بر شبکه منافذ خاک که تعیین کننده ابعاد نگهداشت رطوبت در خاک است، تأثیرگذار می‌باشند. به عنوان مثال، تخلخل ذاتی بیوچار باعث تولید منافذ ریز در خاک و درنتیجه افزایش قدرت حفظ رطوبت خاک می‌شود (۲ و ۳۷). سان و همکاران (۳۱) گزارش کردند علت افزایش قدرت نگهداشت رطوبت یک خاک لومی-شنی، اصلاح ساختار منافذ خاک بعد از اعمال بیوچار در خاک می‌باشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد رطوبت نمونه‌های بیوچار در مکش‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

Table 7- The Average comparison of the moisture content of Biochar samples in different suction based on Duncan test

مکش رطوبت خاک (اتمسفر) Soil moisture suction (atm)	شاهد Control	BW2	BW5	BW10
0.33	$21.39a_0$	$23.53a_1$	$26.32a_2$	$31.22a_3$
3	$17.03b_0$	$18.76b_1$	$20.90\ b_2$	$23.18b_3$
5	$15.67c_0$	$16.72\ c_1$	$17.79\ c_2$	$19.23c_3$
10	$12.37d_0$	$13.36d_1$	$14.02d_2$	$15.18d_3$
15	$9.03f_0$	$9.15\ f_0$	$9.72\ f_0\ f_1$	$10.24\ f_1$

ارقامی که دارای حرف غیرمشترک در یک ردیف هستند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند

Rows with the non-same letters have significance difference at the five percent probability level

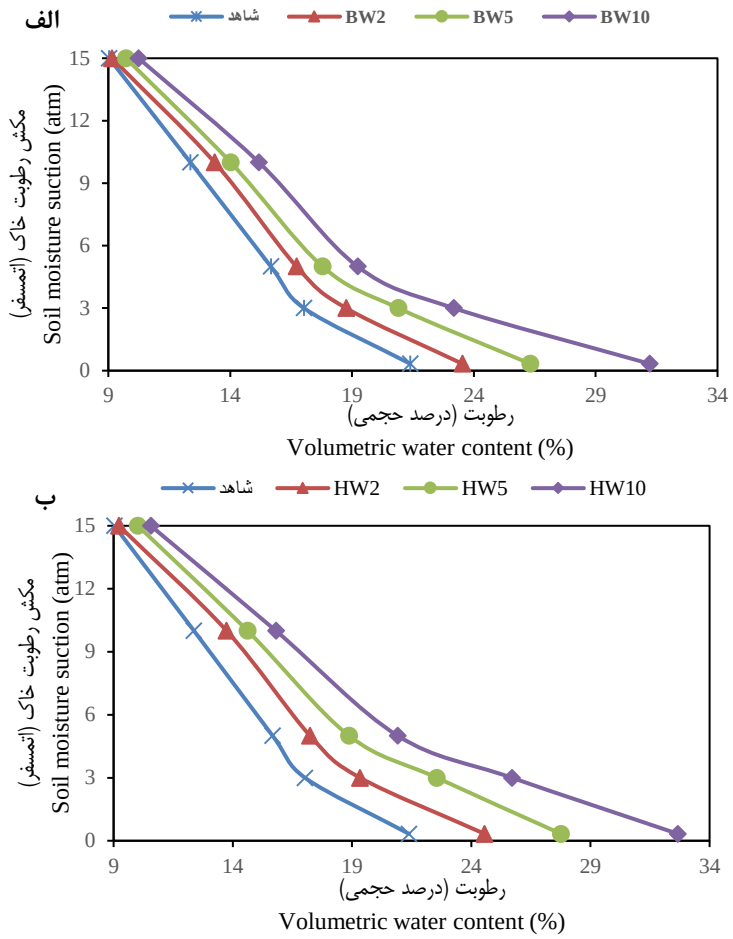
جدول ۸- مقایسه میانگین درصد رطوبت نمونه‌های هیدروچار در مکش‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن

Table 8- The Average comparison of the moisture content of Hydrochar samples in different suction based on Duncan test

مکش رطوبت خاک (اتمسفر) Soil moisture suction (atm)	شاهد Control	HW2	HW5	HW10
0.33	21.39a_0	24.56a_1	27.77a_2	32.67a_3
3	17.03b_0	19.34 b_1	22.56b_2	25.71 b_3
5	15.67c_0	17.24 c_1	18.88 c_2	20.92c_3
10	12.37d_0	13.74d_1	14.62d_1	15.18d_2
15	9.03f_0	9.22 f_0	10.02f_1 f_0	10.56 f_1

ارقامی که دارای حرف غیرمشترک در یک ردیف هستند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند

Rows with the non-same letters have significance difference at the five percent probability level



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بیوچار (الف) و هیدروچار (ب) بر منحنی رطوبتی خاک

Figure 2- The effect of different Biochar (A) and Hydrochar (B) samples on Soil water retention curve

همان طور که از بررسی‌ها مشخص است با افزایش سطوح تیمارهای بیوچار و هیدروچار کاه گندم نرخ افزایش درصد رطوبت در مکش‌های مختلف نیز صعودی می‌باشد و این نتیجه مشابه تحقیقات انجام شده دیگر می‌باشد (۱، ۲۰ و ۲۲). همچنین نتایج نشان می‌دهد قدرت نگهداشت رطوبت در تیمارهای HW2، HW5 و HW10 نسبت به تیمارهای BW2، BW5 و BW10 به ترتیب ۶/۶۸، ۶/۹۳ و ۵/۳۹ درصد بیشتر است. علت این امر می‌تواند ناشی از وزن مخصوص ظاهری کمتر و درنتیجه تخلخل بیشتر هیدروچار نسبت به بیوچار باشد که منجر به افزایش منافذ خاک برای حفظ رطوبت بیشتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی از این تحقیق می توان نتیجه‌گیری کرد کـه افـزودن بیوچار و هیدروچار کاه گندم سبب تغییرات مثبت در برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند وزن مخصوص ظـاهری، تخلخـل کـل و درصـد رطوبت خاک در مکش‌های مختلف می‌شود. با توجه به اینکه بیوچار و هیدروچار به‌عنوان منبع کربنی شناخته می‌شوند و از آن‌جایی که کربن دارای ماهیت بسیار متخلخل و قدرت نگهداشت مواد مغذی و رطوبت بالا می‌باشد. درنتیجه استفاده از بیوچار و هیدروچار در راسـتای بهبـود خصوصیات خاک می‌تواند نقش اساسی ایفـا نمایـد. نتـایج نشـان داد استفاده از بیوچار و هیدروچار کاه گندم با مقدار ۱۰ گـرم بـر کیلـوگرم خاک باعث بیشترین کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (به ترتیـب ۱۳/۱۰ و ۱۵/۱۷ کاهش نسـبت بـه شـاهد) گردیـد. عـلاوه بـر ایـن تیمارهای BW10 و HW10 موجب افزایش ۱۳/۲۲ و ۱۵/۷۷ درصد تخلخل کل و ۶۹/۷۴ و ۷۸/۸۸ درصد رطوبـت قابـل دسـترس خـاک گردیدند. همچنین کمترین اثر کـاربرد در تیمـار ۲ گـرم بـر کیلـوگرم خاک مشاهده شد. به‌طوری‌که تیمارهای BW2 و HW2 بـه ترتیـب باعث کاهش ۷/۵۹ و ۸/۹۷ درصد وزن مخصوص ظـاهری، افـزایش ۶/۴۸ و ۸/۷۸ درصد تخلخل کـل و ۱۶/۳۴ و ۲۴/۱۱ درصـد رطوبـت قابل دسترس خاک نسبت به تیمـار شـاهد شـدند. همچنـین مقایسـه تیمارهای بیوچار و هیدروچار نیز نشـان از تـوان بیشـتر هیـدروچار در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش تخلخل کل و درصـد رطوبت خاک در تمام مکش‌های خاک دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقالـه بـدین وسـیله از کارشناسـان آزمایشـگاه‌هـای دانشکده مهندسی علوم آب و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر حمایت‌هـا و کمـک‌هـای بـی دریغشـان جهـت انجـام آزمایشات مربوطه کمال تشکر و امتنان را داشته برای همگی آنـان از درگاه یزدان پاک آرزوی توفیق روزافزون را مسئلت می‌نمایند.

منابع

1- Abel S., Peters A., Trinks S., Schonsky H., Facklam M., and Wessolek G. 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. Geoderma, 202–203: 183–191.
2- Baiamonte G., De Pasquale C., Marsala V., Cimo G., Alonzo G., Crescimanno G., and Conte P. 2015. Structure alteration of a sandy-clay soil by biochar amendments. Journal of Soils and Sediments, 15**:** 816-824.
3- Brown R. 2009. Biochar for environmental management: Science and technology. Earthscan: London, UK.
4- Chan KY., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., and Joseph S. 2007. Agronomic values of green waste bio-chars as soil amendments. Aust J Soil Res, 45:629–634.
5- Chintala R., Mollinedo J., Schumacher T.E., Papiernik S.K., Malo D.D., Clay D.E., Kumar S., and Gulbrandson D.W. 2013. Nitrate sorption and desorption in bio-chars from fast pyrolysis. Microporous Mesoporous Mater, 179: 250–257.
6- Ding Z., Hu X., Wan Y., Wang S., and Gao B. 2016. Removal of lead, copper, cadmium, zinc, and nickel from aqueous solutions by alkali-modified biochar: batch andcolumn tests. J. Ind. Eng. Chem, 33: 239–245.
7- Divband Hafshejania L., Hooshmanda A., Naseria A., Soltani Mohammadia A., Abbasib F., and Bhatnagarc A. 2016. Removal of nitrate from aqueous solution by modified sugarcane bagasse biochar. Ecological Engineering, 95: 101–111.
8- Fang J., Gao B., Chen J., and Zimmerman A. R. 2015. Hydro-chars derived from plant biomass under various conditions: Characterization and potential applications and impacts. Chemical Engineering Journal, 267: 253–259.
9- Gajic´ A., and Koch H. J. 2012. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth reduction caused by hydrochar is related to nitrogen supply. J. Environ. Qual, 41: 1067–1075.
10- Guiotoku M., Rambo CR., Hansel FA., Magalhaes WLE., and Hotza D. 2009. Microwave-assisted Hydrothermal Carbonization of Lignocellulosic Materials. Mater Lett, 63: 2707-2709.
11- Hardie M., Clothier B., Bound S., Oliver G., and Close D. 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? Plant Soil, 376: 347–361.
12- Heilmann SM., Davis HT., Jader LR., Lefebvre PA., Sadowsky MJ., Schendel FJ, et al. 2010. Hydrothermal Carbonization of Microalgae. Biomass Bioenerg, 34: 875-882.
13- Hseu Z. Y., Jien S. H., Chein W. H., and Liou R. 2014. Impacts of biochar on physical properties and erosion potential of a mudstone slope land soil. The scientific world journal.
14- Kumar S., Masto RE., Ram LC., Sarkar P., George J., and Selvi VA. 2013. Biochar preparation from Parthenium hysterophorus and its potential use in soil application. Ecological Engineering, 55: 67–72.
15- Laird D., Fleming P., Wang B., Horton R., Laird Z., and Karlen D. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma, 158: 436–442.
16- Lehmann J., Gaunt J., and Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11: 403–427.

17- Lehmann J. 2007. A Handful of Carbon. Nature, 447: 143-144.
18- Lehmann J., and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan: London, UK.
19- Lei O., and Zhang R. 2013. Effects of bio-chars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulic properties. Journal of Soils and Sediments, 13: 1561-1572.
20- Libra J.A., Kammann Ro. KS., Funke C., Berge A., Neubauer N.D., et al. 2011. Hydrothermal Carbonization of Biomass Residuals: A Comparative Review of the Chemistry, Processes and Applications of Wet and Dry Pyrolysis. Biofuels, 2: 89-124.
21- Liu Y., Zhao X., Li J., Ma D., and Han R. 2012. Characterization of bio-char from pyrolysis of wheat straw and its evaluation on methylene blue adsorption. Desalin. Water Treat, 46: 115–123.
22- Maˇsek O., Brownsort P., Cross A., and Sohi S. 2013. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. Fuel, 103: 151–155.
23- Novak JM., Busscher W.J., Watts D.W., Amonette J.E., Ippolito J.A., Lima I.M., Gaskin J., Das K.C., Steiner C., Ahmedna M., Rehrah D., and Schomberg H. 2012. Biochars impact on soil-moisture storage in an ultisol and two aridisols. Soil Sci, 177(5):310–320.
24- 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(4): 991-1002.
25- Rondon M.A., Molina D., Hurtado M., Ramirez J., Lehmann J., Major J., et al. 2006. Enhancing the Productivity of Crops and Grasses while Reducing Greenhouse Gas Emissions through Bio-Char Amendments to Unfertile Tropical soils. Proceeding of the 18th World Congress of Soil Science; Pennsylvania, USA.
26- Sevilla M., and Fuertes A.B. 2009. Chemical and Structural Properties of Carbonaceous Products Obtained by Hydrothermal Carbonization of Saccharides. Chem-Eur J, 15: 4195-4203.
27- Snehota M., Dubovec M., Dohnal M., and Cislerova M. 2009. Retention curves of soil from the Liz experimental catchment obtained by three methods. Soil and Water Res, 4(2): 56-513.
28- Sohi S., Lopez-Capel E., Krull E., and Bol R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report, 64.
29- Stella Mary G., Sugumaran P., Niveditha S., Ramalakshmi B., Ravichandran. P., and Seshadri S. 2016. Production, characterization and evaluation of biochar from pod (*Pisum sativum*), leaf (*Brassica oleracea*) and peel (*Citrus sinensis*) wastes. Int J Recycl Org Waste Agricult, 5:43–53.
30- Sun Y., Gao B., Yao Y., Fang J., Zhang M., Zhou Y., Chen H., and Yang L. 2014. Effects of feedstock type, production method, and pyrolysis temperature on biochar and hydrochar properties. Chemical Engineering Journal, 240: 574–578.
31- Sun Z., Arthur E., De Jonge L. W., Elsgaard L., and Moldrup P. 2015. Pore Structure Characteristics after 2 Years of Biochar Application to a Sandy Loam Field. Soil Science, 180**:** 41-46.
32- Tejada M., Garcia-Martinez A., and Parrado J. 2009. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties. soil losses and soil restoration. Catena, 77(3): 238-247.
33- Titirici M.M., Antonietti M., and Baccile N. 2008. Hydrothermal Carbon from Biomass: A Comparison of the Local Structure from Poly- to Monosaccharides and Pentoses/Hexoses. Green Chem, 10: 1204-1212.
34- Titirici M.M., Demir-Cakan R., Baccile N., and Antonietti M. 2009. Carboxylate-Rich Carbonaceous Materials via One-Step Hydrothermal Carbonization of Glucose in the Presence of Acrylic Acid. Chem Mater, 21: 484-490.
35- Van Zwieten L., Kammann C., Cayuela M. L., Singh B., Joseph S., Kimber S., Clough T. J., and Spokas K. A. 2015. Biochar effects on nitrous oxide and methane emissions from soil. In: LEHMANN J. and JOSEPH S. (eds.) Biochar: Science, Technology and Implementation, 487-518.
36- Xu G., Lv Y., Sun J., Shao H., and Wei L. 2012. Recent Advances in Biochar Applications in Agricultural Soils: Benefits and Environmental Implications. Clean-Soil Air Water, 40: 1093-1098.
37-Yu Oy., Raichle B., and Sink S. 2013. Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 4: 1-9.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 2, May.-Jan. 2018, p. 387-397

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۷، ص. ۳۹۷-۳۸۷

Investigating the Effect of Wheat Straw Biochar and Hydrochar on Physical Properties of a Sandy Loam Soil

I. Nikravesh[1]- S. Boroomandnasab*[2]- A. Naseri[3]- A. Soltani Mohammadi[4]

Received: 31-01-2018
Accepted: 09-04-2018

Introduction: Organic matter is considered as the main element for soil fertility by improving the condition of agglomeration, porosity and soil permeability. One of the most useful ways to use plant debris is to turn it into Biochar and Hydrochar. Biochar is a kind of coal produced from plant biomass and agricultural waste that is burned in the presence of low oxygen content or its absence. The hydrothermal process involves heating the biomass or other materials in a pressurized in the presence of water at a temperature between 180 and 250 C, and the result of this reaction is coal (Hydrochar) and soluble organic matter. Biochar and Hydrochar have several advantages such as climate change mitigation through carbon sequestration, soil cation exchange capacity (CEC) increasing, soil fertility, plant growth and root development, improved soil structure and stability, increased soil moisture storage capacity and soil pH adjustment. Coarse soils have large pores and they have low ability to absorb the water and nutrient. The aim of this research was to determine the optimum temperature of wheat straw Biochar and Hydrochar production, and to investigate the effect of these materials on bulk density, total porosity and moisture curve of Sandy Loam soil.

Materials and Methods: In order to produce biochar, at first the wheat straw was washed and dried in the oven. Then it was grinded and was made at different temperatures (200 to 600˚ C) inside a furnace for four hours. Similar to biochar, for producing hydrochar, after washing and drying the wheat straw it was grinded into particles ranges from 0.5 to 1 mm. Then it was placed in a stainless steel autoclave with deionized water. The autoclave was heated at different temperatures between 140-230˚C for four hours. The optimum temperature for producing of biochar and hydro-char was determined by using stable organic matter yield index (SOMYI), and it was used in this study. The pH and EC of the biochar and hydro-char samples were measured by combining 1 g of a sample with 20 mL DI water. The cationic and anionic exchange capacity were determined by replacing sodium nitrate with hydrochloric and potassium chloride (Chintala et al., 2013). Surface area was obtained using methylene blue method. A CHNSO Elemental Analyzer (Vario ELIII- elementar- made in Germany) was used to determine the content of C, N, H, S and O in the samples. Potassium and sodium content were measured by flame photometer and calcium and magnesium were measured by titration with EDTA. Biohchar and hydrochar treatments were applied at three levels of 2, 5 and 10 mg / kg soil in three replications in 21 lysimeter. The bulk density, total porosity and moisture curve of soil were measured after four-month irrigation period.

Results and Discussion: According to the calculated value of stable organic matter yield index (SOMYI) at various temperatures in this study, the maximum thermal constancy of wheat straw biochar was 16.20 at temperature of 300˚C and for hydro-char was obtained as 6.13 at the temperature of 200˚C. So, the temperatures of 300 and 200℃ were determined as the optimum temperature of sustainable carbon biochar and hydro-char production and were used to continue the experiments of this study. The results showed that addition of HW2, HW5, HW10, BW2, BW5 and BW10 to soil compared to control treatment significantly decreased the bulk density of the soil, 8.97, 11.77, 15.17, 7.9, 10 and 13.10 percent respectively. Also, results showed that addition of HW2, HW5, HW10, BW2, BW5 and BW10 to the soil as compared to control treatment increased soil porosity by 8.8, 11.48, 15.77, 6.48, 9 and 22.13 percent, respectively. The reason for reducing the soil bulk density and increasing the total porosity of soil can be due to the mixing of the soil with materials with a lower bulk density and the effect of increasing the organic matter of the soil due to the use of Biochar and Hydrochar. Based on statistical analysis, wheat straw Biochar and Hydrochar had a significant effect ($P < 0.05$) on moisture content in different suction of soil. The results showed that addition of HW2, HW5, HW10, BW2, BW5 and BW10 to soil as compared to control treatment increased available soil moisture content by 24.11, 43.61, 78.88, 16.34, 34.30 and 74.69 percent respectively. Organic matter affects the structure of soil pores that determines the

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student, Professors and Associate Professor of Water Science Engineering Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Respectively
(*- Corresponding Author Email: boroomand@scu.ac.ir)

extent of moisture storage in the soil. For example, intrinsic porosity leads to the formation of fine pores in the soil, thereby it increases soil moisture retention capacity. Comparison of Biochar and Hydrochar treatments showed that Hydrochar has more potential to decrease soil bulk density, increase total porosity and soil moisture content.

Conclusions: In general, it can be concluded that the addition of wheat straw Biochar and Hydrochar samples cause positive changes in some physical properties of the soil such as bulk density, total porosity and soil moisture content in different suction. Given that Biochar and Hydrochar are a carbon source, since carbon is highly porous and has high nutrient and moisture content retaining power. As a result, the use of Biochar and Hydrochar to improve soil properties can play a fundamental role. The results showed that the Biochar and Hydrochar treatments in the amount of 10 and 2 grams per kilogram of soil had the highest and the least effect on the studied properties of the soil, respectively.

Keywords: Biochar, Hydrochar, Organic matter, Soil water retention curve