اثرات بیوچار برگ خرما بر ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک لوم شنی

مهرداد نوروزی[۱]، سیدحسن طباطبایی[۲]، محمدرضا نوری[۳] و حمیدرضا متقیان[۴]
۱) عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز بوشهر، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ ایران، ۲) دانشیار گروه مهندسی آب؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران، ۳) دانشیار گروه مهندسی آب؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران، ۴) استادیار گروه علوم خاک؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

چکیده

پنج نوع بیوچار برگ خرما تحت شرایط دمایی متفاوت (۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد) و مدت حرارت ۳ ساعت با استفاده از یک کوره برقی تهیه شد. بیوچارها با نسبت وزنی ۳ درصد بصورت پودری با خاک عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متر مخلوط شده و به مدت ۲ ماه خوابانده شدند. رطوبت در ظرفیت مزرعه (FC)، نقطه پژمردگی دائم (PWP)، آب قابل استفاده (AW)، ظرفیت نگهداری رطوبت (WHC) و درصد اشباع (θ_s) تعیین شدند. بر اساس نتایج به دست آمده، با افزایش دمای پیرولیز در دامنه ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد تغییرات معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی و رفتار رطوبتی خاک ایجاد نشد ولی بطور کلی کاربرد بیوچار باعث کاهش معنی‌دار ($P<0.01$) وزن مخصوص ظاهری گردید. مقادیر میانگین WHC، PAWC، θ_s و FC به ترتیب به میزان ۲۴/۴، ۲۰/۱، ۲۳/۴ و ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کردند ولی PWP تغییرات معنی‌داری نداشت.

واژه های کلیدی: آب قابل استفاده گیاه؛ بیوچار؛ ظرفیت نگهداری رطوبت

مقدمه

بیوچار نام یک ترکیب آلی غنی از کربن است که از طریق تجزیه گرمایی هر نوع زیست توده تحت شرایط بدون اکسیژن یا حضور جزئی آن، که در اصطلاح پیرولیز (Pyrolysis) گفته می‌شود، بدست می‌آید (Lehmann and Joseph., 2009). تولید بیوچار اساساً با هدف جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق تثبیت بلند مدت کربن پیشنهاد شده است (Verheijen et al., 2010) و کاربرد آن در کشاورزی از اهداف جنبی تولید بیوچار است. گزارش‌هایی در خصوص نقش بیوچار در بهبود پایداری خاکدانه‌ها (Ouyang et al., 2013)، افزایش تخلخل، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت (Mollinedo et al., 2015; Andrenelli et al., 2016) ارائه شده است. طبق بعضی گزارش‌ها، بیوچار باعث افزایش آب قابل استفاده گیاه می‌شود (Mukherjee and Lal, 2013). de Melo Carvalho و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثرات بیوچار حاصل از چوب اکالیپتوس تحت فرایند پیرولیز آهسته (دمای حدود ۴۵۰ درجه سانتیگراد) بر حفظ رطوبت در یک خاک لوم شنی گزارش کردند که آب قابل استفاده گیاه در لایه سطحی خاک حدود ۰/۸ درصد به ازای هر تن مصرف بیوچار افزایش پیدا می‌کند. Ouyang و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که خصوصیات رطوبتی خاک لوم شنی نسبت به خاک لوم رسی تغییرات بیشتری تحت تأثیر بیوچار دارد. لذا اثرات اصلاحی بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک، علاوه‌بر شرایط پیرولیز، نوع ماده اولیه، نوع خاک و میزان مصرف بیوچار نیز بستگی دارد (Andrenelli et al., 2016). غالب زمین‌های کشاورزی استان بوشهر در جنوب ایران از نظر ماده آلی فقیر هستند که این امر بر حفظ رطوبت خاک و جذب عناصر غذایی ضروری گیاه اثرات نامطلوب دارد و کشاورزان ناچارند هر ساله مقادیر قابل توجهی کود حیوانی مصرف کنند. در همین حال، وجود حدود ۶ میلیون اصله نخل و هرس سالانه حدود ۵ تا ۷ برگ از هر درخت این فرض را قوت می‌بخشد که می‌توان از این ضایعات مقادیر قابل توجهی بیوچار تولید کرده و از آن در اراضی کشاورزی به منظور کاهش تنش رطوبتی استفاده نمود. لذا هدف پژوهش حاضر، بررسی اثرات مصرف بیوچار برگ خرما بر شرایط فیزیکی و رفتار رطوبتی خاک بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان ۱۳۹۴ در محل مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر انجام شد. با استفاده از فویل آلومنیومی، بسته‌هایی از برگ خرد شده درخت خرما تهیه و در یک کوره برقی در دماهای ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد و بطور میانگین به مدت ۳ ساعت حرارت داده شده و پنج نوع بیوچار با نامهای B300، B350، B400، B450 و B500 تهیه شدند. نمونه‌های بیوچار بدست آمده آسیاب و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و به نسبت وزنی ۳ درصد بطور یکنواخت با خاک مخلوط شدند. خاک مورد استفاده از عمق (۳۰-۰) سانتیمتر زمین زراعی با بافت متوسط (لوم شنی) و وزن مخصوص ظاهری ۱/۳۴ گرم بر سانتیمتر مکعب تهیه شد. نمونه‌های مخلوط خاک و بیوچار به مدت ۲ ماه در داخل کیسه‌های نایلونی، در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد و با رطوبت ثابت خوابانده شدند. بعد از دو ماه خواباندن وزن مخصوص ظاهری نمونه‌ها به روش سیلندر اندازه‌گیری شدند. وزن مخصوص ظاهری نمونه‌ها قبل از خواباندن بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید:

$$\rho_b = 100/\left[\left(\frac{x}{\rho_1}\right)+\left(\frac{100-x}{\rho_2}\right)\right] \qquad (۱)$$

در این معادله ρ_b وزن مخصوص ظاهری مخلوط خاک و بیوچار ($g.cm^{-3}$)، ρ_1 وزن مخصوص ظاهری بیوچار، ρ_2 وزن مخصوص ظاهری خاک و x درصد وزنی بیوچار می‌باشد. یکی از رایج‌ترین روش‌ها در توصیف خصوصیات رطوبتی خاک غیر اشباع، تعیین منحنی مشخصه رطوبتی است (Mollinedo et al., 2015). از مدل‌های معروف که منحنی رطوبتی بر اساس آن تعیین می‌شود مدل ون‌گنوختن است (Van Genuchten, 1980) که بصورت زیر توصیف می‌گردد (معادله ۲):

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_s-\theta_r}{(1+[\alpha h]^n)^m} & for\ h<0 \\ \theta_s & for\ h>0 \end{cases} \qquad (۲)$$

در این معادله α پارامتر عکس مکش نقطه ورود هوا (cm^{-1})، n پارامتر توزیع اندازه منافذ (بدون بعد)، θ_s و θ_r به ترتیب رطوبت اشباع و رطوبت باقیمانده ($cm.cm^{-3}$) می‌باشند. رطوبت نمونه‌ها در مکش‌های ۱۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۵۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۱۰۰۰ سانتیمتر آب، با استفاده از دستگاه صفحات فشار و در مکش‌های ۳۰۰، ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتر آب با استفاده از ستون آویزان آب اندازه‌گیری شد. با بهره‌گیری از قابلیت بهینه‌سازی غیرخطی (Wraith and Or, 1998) در نرم‌افزار اکسل پارامترهای مدل برآورد شدند. بر اساس روش راول (Rowell, 1994) منافذ خاک به سه گروه متفاوت به لحاظ اندازه و نقشی که در خاک ایفا می‌کنند تقسیم می‌شوند: ۱- منافذ انتقال ($d > 50\mu m$) که نقش آنها در تخلیه آب اشباع و ایجاد شرایط تهویه برای گیاهان اهمیت دارد. ۲- منافذ ذخیره ($d = 50\text{-}0.2\mu m$) که نقش آنها در ذخیره آب قابل استفاده گیاه حائز اهمیت است. ۳- منافذ باقیمانده ($d < 0.2\mu m$) که آب ذخیره شده در آنها قابل جذب گیاه نیست. به منظور تعیین میزان رطوبت در این دامنه‌های منافذ خاک، با استفاده از فرم ساده شده معادله یانگ-لاپلاس است (معادله ۳) توزیع اندازه منافذ خاک در تیمارهای مختلف تعیین شد (Andrenelli et al., 2016).

$$d = \frac{30}{|h|} \qquad (۳)$$

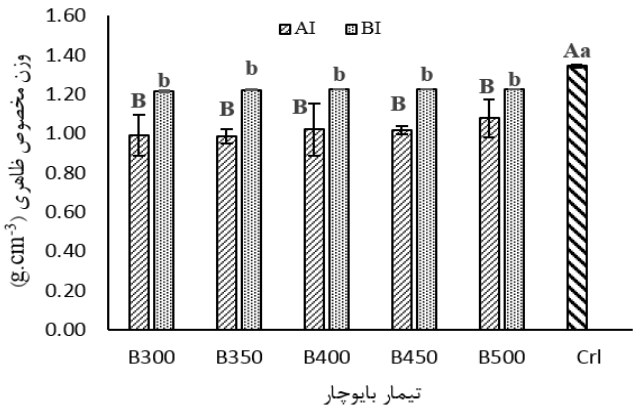
در این معادله d قطر معادل منافذ (mμ) و h پتانسیل ماتریک (m) است. رطوبت در مکش‌های ۳۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتیمتر را به ترتیب رطوبت در ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم در نظر گرفته شد. برای تعیین ظرفیت نگهداری رطوبت در تیمارهای مختلف از معادله ۴ (Yu et al., 2013) استفاده شد:

$$WHC(\%) = \frac{M_{wet}-M_{dry}}{M_{dry}} \times 100 \qquad (۴)$$

که در آن M_{wet} وزن تر و M_{dry} وزن خشک نمونه‌ها است. نتایج بدست آمده پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل مورد تجزیه آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف بیوچار با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ به ۵۰۰ درجه سانتیگراد تغییرات معنی‌داری نداشته ولی نسبت به خاک بدون بیوچار (تیمار شاهد) هم قبل از خواباندن و هم بعد از خواباندن تغییرات معنی‌دار ($P<0.01$) داشته است.



شکل ۱- مقایسه مقادیر وزن مخصوص ظاهری تیمارهای مختلف قبل از خواباندن (BI) و بعد از خواباندن (AI) با آزمون دانکن.
تیمارهای با حروف بزرگ یا کوچک مشترک در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. نوارهای خطا (Error Bar) انحراف از معیار می‌باشند (n=3).

وزن مخصوص ظاهری محاسبه شده بر اساس معادله ۱ به میزان ۹ درصد نسبت به خاک بدون بیوچار کاهش داشت که به دلیل چگالی کم ذرات بیوچار ($۰/۳۲ g.cm^{-3}$) دور از انتظار نبود (Lim et al., 2015) و نتیجه مشابه در تحقیقات دیگر هم گزارش شده است (Mukherjee and Lal, 2013)، ولی وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده بعد از دوره خواباندن ۲۴ درصد نسبت به خاک بدون بیوچار کاهش داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که بیوچار علاوه بر نقش مستقیم آن در کاهش وزن مخصوص ظاهری، قادر است از طریق تغییر در تراکم دانه‌های خاک وزن مخصوص ظاهری آن را کاهش دهد (Lim et al., 2015). به نظر می‌رسد در این تغییر دو فرآیند نقش اساسی ایفا می‌کند: ۱- افزایش تخلخل از طریق تشکیل منافذ ثانویه بین ذرات بیوچار و خاکدانه‌های دربرگیرنده آنها که تحت تأثیر بافت خاک و اندازه ذرات بیوچار قرار دارد (Hardie et al., 2014). ۲- برهمکنش بیوچار با ماتریکس خاک تحت تأثیر فرایندهای شیمیایی و بیولوژیکی که قادر است باعث تشکیل و پایداری خاکدانه‌های درشت‌تر، افزایش تخلخل و نهایتاً کاهش وزن مخصوص ظاهری شود (Verheijen et al., 2010). علی رغم کوتاه بودن مدت آزمایش، نباید نقش تأثیرگذار این فرآیند را نادیده گرفت (Andrenelli et al., 2016). مقایسه ضرایب رطوبتی خاک شامل WHC، FC، AW و PWP بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های ضرایب رطوبتی خاک با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

تیمار	تکرار	WHC**	FC**	PAWC**	PWP ns
		(درصد وزنی)			
B300	۳	۲۸/۵ A	۲۶/۲ A	۱۹/۶ A	۶/۶ A
B350	۳	۲۸/۷ A	۲۶/۶ A	۱۹/۴ A	۶/۵ A
B400	۳	۲۸/۴ A	۲۵/۴ A	۱۹/۱ A	۶/۳ A
B450	۳	۲۸/۰ A	۲۶/۶ A	۲۰/۰ A	۶/۶ A
B500	۳	۲۸/۷ A	۲۵/۸ A	۱۹/۳ A	۶/۵ A
Ctrl (شاهد)	۳	۲۳/۰ B	۲۱/۶ B	۱۵/۸ B	۵/۸ A

** میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
ns . میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌دار ندارند.

بطور کلی کاربرد بیوچار سبب شده است تا ضرایب فوق به جز PWP، نسبت به تیمار شاهد بطور معنی‌دار ($P<0.01$) افزایش پیدا کنند. ولی با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ به ۵۰۰ درجه سانتیگراد تغییرات معنی‌داری در این ضرایب ایجاد نشده است. علی‌رغم اینکه زمان آزمایش کوتاه بود و بررسی‌ها به فاصله کمی بعد از افزودن بیوچار به خاک صورت گرفت، ولی این بیوچار باعث بهبود معنی‌دار شرایط فیزیکی خاک گردید. میزان رطوبت در وضعیت‌های WHC، FC و AW به ترتیب به میزان ۲۴/۴، ۲۴، ۲۰/۱ درصد افزایش پیدا کرد ولی در وضعیت PWP تغییرات معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات بیوچار بر پارامترهای اندازه‌گیری شده (θ_s) و برآورد شده مدل ون‌گنوختن (θ_r، α، n و m) بر اساس آزمون دانکن در جدول ۲ ارائه شده است. درصد اشباع (θ_s) و α با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ به ۵۰۰ درجه سانتیگراد تغییری نکرده ولی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار ($P<0.01$) داشته‌اند. بیوچار اثر معنی‌داری بر مقادیر رطوبت باقیمانده (θ_r)، n و m نداشته است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های ضرایب معادله‌های منحنی مشخصه رطوبتی در تیمارهای مختلف با آزمون دانکن

تیمار	تکرار	اندازه‌گیری شده	برآورد شده با روش بهینه‌سازی غیرخطی			
		$\theta_s(cm^3.cm^{-3})$	$\theta_r(cm^3.cm^{-3})$	$\alpha(m^{-1})$	n	m
B300	۳	۰/٤٤A	۰/۰٦۹A	۰/٤٥۲AB	۱/۸۸A	۰/٤٦٦۱A
B350	۳	۰/٤۷A	۰/۰٦۸A	۰/٤٥٥AB	۱/۹۳A	۰/٤۸۱٥A
B400	۳	۰/٤٥A	۰/۰٦۳A	۰/٤٦٦AB	۱/۸٤A	۰/٤٥٦۱A
B450	۳	۰/٤٥A	۰/۰٦A	۰/٤۹٦A	۱/۷٦A	۰/٤۲۹٥A
B500	۳	۰/٤٥A	۰/۰٦A	۰/٤۹۲A	۱/۷٥A	۰/۷۲۷٤A
Ctrl	۳	۰/۳۹B	۰/۰۷A	۰/٤۰۲B	۲/۰۲A	۰/٥۰٤A

** میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

مقایسه مقادیر رطوبت وزنی در دامنه‌های اندازه منافذ خاک در جدول ۳ ارائه شده است. رطوبت منافذ ذخیره و انتقال (بزرگ‌تر از ۰/۲µm) بطور معنی‌داری ($P<0.01$) نسبت به تیمار شاهد (خاک بدون بیوچار) افزایش داشته ولی در منافذ باقیمانده (کوچک‌تر از ۰/۲µm) تغییرات معنی‌دار نبوده است. رطوبت در منافذ ذخیره و انتقال که ذخیره آب قابل استفاده گیاه و جریان آب و عناصر غذایی در این بخش از تخلخل خاک اتفاق می‌افتد بطور متوسط به میزان ۲۳ درصد افزایش پیدا کرده است.

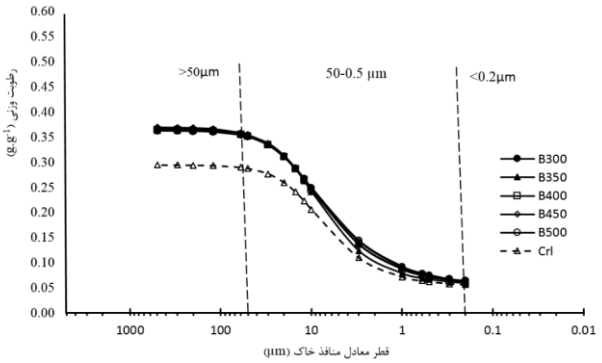
جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر رطوبت وزنی در دامنه‌های اندازه قطر منافذ خاک بر اساس آزمون دانکن

تیمار	تعداد تکرار	>۵۰µm	۰/۲-۵۰µm	<۰/۲ µm
			(درصد وزنی)	
B300	۳	۱/۱۵ AB**	۲۷/۸۲ A**	۶/۳۹ Ans
B350	۳	۱/۰۳ BC	۲۸/۵۶ A	۶/۰۲ A
B400	۳	۱/۲۸ AB	۲۸/۲۲ A	۶/۰۵ A
B450	۳	۱/۵۱ A	۲۸/۳۹ A	۶/۱۵ A
B500	۳	۱/۴۹ A	۲۶/۸۲ AB	۶/۱۸ A
Ctrl	۳	۰/۶۷ C	۲۳/۱۲ B	۵/۵۶ A

** میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

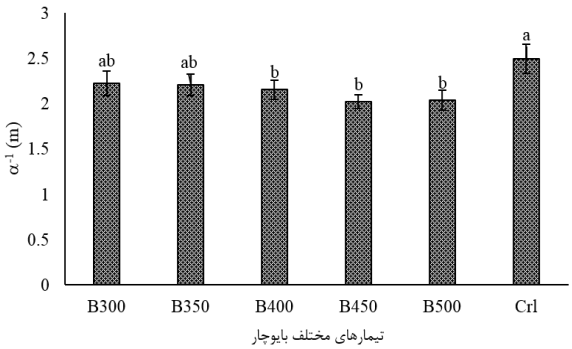
این شرایط باعث شده تا منحنی‌های مشخصه رطوبتی به لحاظ شکل کلی تفاوتی با یکدیگر نداشته باشند ولی به لحاظ نگهداری رطوبت متفاوت باشند و از طرفی با کوچک‌تر شدن اندازه منافذ این منحنی‌ها به همدیگر نزدیک و نزدیک‌تر شوند (شکل ۲). از آنجا که اساساً رفتار رطوبتی خاک در مکش‌های ماتریک بالا تحت کنترل بافت خاک و منافذ ریز آن قرار دارد ولی در مکش‌های پایین تحت کنترل ساختمان خاک و تخلخل درشت آن می‌باشد (Hillel, 1982) و از طرفی بخش اعظم تخلخل بیوچار را منافذ ریز تشکیل می‌دهد (Major et al., 2009) انتظار این بود که با افزودن بیوچار تخلخل ریز خاک افزایش پیدا کرده و به تبع آن رطوبت در وضعیت PWP نیز افزایش معنی‌دار پیدا کند ولی در عمل اینگونه نشد. لذا این نتایج تأییدی است بر گزارش Andrenelli و همکاران (۲۰۱۶) مبنی بر این که کاربرد بیوچار باعث اصلاح شرایط ساختمانی خاک و تخلخل درشت آن

شده ولی در بافت و منافذ ریز آن تغییری ایجاد نمی‌کند. به همین دلیل رطوبت در WHC، FC، PAWC و θ_s افزایش پیدا کرده، ولی در PWP که تحت کنترل منافذ ریز خاک قرار دارد تغییرات معنی‌داری نداشته است. در پژوهش‌های مشابه دیگر هم گزارش شده است که با افزودن بیوچار رطوبت در وضعیت PWP افزایش پیدا نمی‌کند (Hardie et al., 2014).



شکل ۲- منحنی‌های مشخصه رطوبتی بر اساس مقادیر رطوبت وزنی در مقابل قطر معادل منافذ در تیمارهای مختلف

قسمت بالایی منحنی مشخصه رطوبتی شامل تخلخل درشت و منافذی از خاک است که آب ذخیره شده در آن تحت تأثیر نیروی ثقل به راحتی تخلیه شده و هوا جایگزین آن می‌شود و پارامتر α مربوط به همین قسمت منحنی است (Mollinedo et al., 2015). در این تحقیق، تحلیل پارامتر α و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان می‌دهد که اگر چه افزایش دمای پیرولیز در دامنه ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد اثر معنی‌داری بر α نداشته است ولی اثر کلی بیوچار بر این پارامتر معنی‌دار ($P<0.01$) بوده است (شکل ۳). بطوریکه مقادیر α^{-1} در تیمارهای مختلف بطور متوسط ۱۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. این نتیجه بدان معنی است که کاربرد بیوچار باعث شده است تا ورود هوا در بار مکش ماتریک پایین‌تر (بطور متوسط ۲/۱ متر آب) نسبت به خاک بدون بیوچار (۲/۵ متر آب) اتفاق بیفتد که بیانگر وقوع زهکشی و تهویه سریع‌تر خاک در اثر تشکیل منافذ بزرگ‌تر می‌باشد.



شکل۳- مقایسه مقادیر میانگین مربوط به α^{-1} در تیمارهای مختلف بیوچار بر اساس آزمون دانکن.

تیمارهایی که حروف مشترک دارند در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. نوارهای خطا بیانگر انحراف از معیار می‌باشند (n=3).

طبق نتایج بدست آمده، می‌توان گفت بیوچار برگ خرما در خاک لوم شنی می‌تواند یک اصلاح کننده مؤثر برای بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و آب قابل استفاده گیاه باشد. در عین حال کاربرد این بیوچار بر نگهداری رطوبت در نقطه پژمردگی دائم تأثیری ندارد. در واقع این بیوچار قادر است منافذ ذخیره و انتقال خاک ($d>۰/۲$ µm) را با تشکیل منافذ ثانویه و نیز تغییر اندازه و تراکم خاکدانه‌های خاک افزایش دهد که به لحاظ ذخیره آب قابل استفاده گیاه و انتقال آب و عناصر غذایی حائز اهمیت است ولی بر منافذ باقیمانده ($d<۰/۲$ µm) اثر معنی‌دار ندارد. با افزایش دمای پیرولیز در دامنه ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد تغییرات معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی و رفتار رطوبتی خاک ایجاد نشد.

منابع

Andrenelli M.C., Maienzab A., Genesiob L., Migliettab F., Pellegrini S., Vaccari F.P. and Vignozzi N. 2016. Field application of pelletized biochar: Short-term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil. Journal of Agricultural Water Management, 163: 190–196.

de Melo Carvalho M.T., de Holanda Nunes Maia A., Madari B.E., Bastiaans L., van Oort P.A.J., Heinemann A.B., Soler da Silva M.A., Petter F.A., Marimon Jr. B.H. and Meinke H. 2014. Biochar increases plant-available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. Solid Earth, 5: 939–952.

Hardie M., Clothier, B., Bound, S., Oliver, G., Close, D. 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? Plant and Soil, 376: 347–361.

Hillel D. 1982. Introduction to Soil Physics. Academic Press, New York, 364 pp.

Lehmann J. and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management: An introduction. P. 67-84. In J. Lehmann and S. Joseph (ed.) Biochar for environmental management. Science and Technology. James & James. Earthscan. London. UK.

Lim T.J., Spokas K.A., Feyereisen G. and Novak J. M. 2015, predicting the impact of biochar additions on soil hydraulic properties, Chemosphere, 142:136-44.

Major J., Rondon M., Molina D., Riha S. J. and Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil, 333: 117–128.

Mollinedo J., Schumacher E.T. and Chintala R. 2015. Influence of feedstocks and pyrolysis on biochar's capacity to modify soil water retention characteristics, Analytical and Applied Pyrolysis, 114:100–108.

Mukherjee A. and Lal, R. 2013. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. Agronomy, 3:313–39.

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.

Rowell D. L. 1994. Soil Science: Methods and Applications. Longman Scientific & Technical, UK, 350 pp.

Van Genuchten M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of American Journal, 44: 892-898.

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. EUR 24099 EN. Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 149 pp.

Wraith M. and Or D. 1998. Nonlinear Parameter Estimation Using Spreadsheet Software. Journal of Natural Resources and Life Sciences Education, 27: 13-19.

Yu O. Y., Raichle B. Sink, S. 2013. Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 4(1):1-9.

The effects of palm leaf biochar on water holding capacity in a sandy loam soil

M. Nowroozi[1], S.H. Tabatabaee[2], M.R. Nouri[3] and H.R. Motaghian[4]

1) Faculty member, Dept. of Water and Soil, Bushehr Center, Organization of Agricultural Research and Education and Ph.D Student, Dept. of Water Engineering, Shahr-e-kord University, I.R. Iran
2) Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Shahr-e-kord University, I.R. Iran
3) Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Shahr-e-kord University, I.R. Iran
4) Assistant Prof., Dept. of Soil Science Department, Shahr-e-kord University, I.R. Iran

Abstract

Pyrolyzed at different temperatures (300, 350, 400, 450 and 500 ^{o}C), five biochars obtained. Biochars evenly added to soil (air-dried and passed through a 2 mm sieve) in powdered form at the rate of 3% (w/w) and incubated for 2 months. By measuring water content at FC and PWP, available water (AW) calculated. Also, water holding capacity (WHC) and θ_s measured. The results showed that by increasing temperature from 300 to 500 ^{o}C, physical properties of the soil had not significant changes. Soil bulk density significantly ($P<0.01$) decreased, which could be attributed to low density of biochar particles and its contribution on rearrangement of soil pores. WHC, AW, θ_s and FC increased 24.4%, 20.1%, 23.4% and 24% respectively compared to control, but PWP had not significant changes. Data of WRCs indicated a significant ($P<0.01$) increase in pores greater than 0.2 µm, which are important in storing plant available water.

Keywords: Biochar; Available Water; Soil Structure; Water Holding Capacity