اثر بقایای تازه، بیوچار و کمپوست شاخساره درختچه برگ نو بر کمیّت‌های آب قابل استفاده در دو خاک با بافت متفاوت

مهسا حدادیان، محمّدرضا مصدقی و حسین شریعتمداری
به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادان گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

رطوبت، تهویه، مقاومت مکانیکی و دما چهار ویژگی فیزیکی خاک است که رشد و جذب آب توسط ریشه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اصلاح‌کننده‌های آلی می‌توانند در بهبود ساختمان، کیفیت فیزیکی و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک مؤثر باشند. در این پژوهش، تیمارهای آلی شامل بقایای تازه، بیوچار و کمپوست شاخساره برگ نو در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی به دو خاک با بافت مختلف افزوده شده و خاک تیمارشده درون سیلندرهای استیل قرار گرفت. نمونه‌های خاک تحت ۱۰ چرخه تر وخشک‌شدن انکوبه شدند. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی در تیمارهای مورد بررسی اندازه‌گیری شد. مقادیر کمیّت‌های آب قابل استفاده شامل PAW_{100}، $LLWR_{100}$ و IWC در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی بود. هم‌چنین اثر نوع تیمار آلی تنها بر IWC معنی‌دار بود که در این بین، بیوچار کم‌ترین اثر را داشت. در مجموع می‌توان گفت استفاده از بقایای درختچه برگ نو و تبدیل آن به کمپوست در مدیریت آب خاک، و افزایش کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک ارزشمند است.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، کمپوست، درختچه برگ نو، آب قابل استفاده خاک، گنجایش آب انتگرالی.

مقدمه

رطوبت، تهویه، دما و مقاومت مکانیکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک هستند که جذب آب توسط ریشه و نهایتاً رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Kirkkham, 2005). از جمله مهم‌ترین این عوامل آب است. رطوبت خاک علاوه بر اثر مستقیم، بر شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک مانند انتقال و جذب مواد غذایی توسط گیاه و فعالیت جانداران مؤثر است. آثار مستقیم و غیرمستقیم آب بر رشد گیاه و مقدار محصول سبب آن گشته که از دیرباز مقدار آب قابل استفاده خاک[1] (SAW) برای گیاه و اندازه‌گیری آن مورد توجه کشاورزان و پژوهشگران در این زمینه قرار گیرد. ارزیابی دقیق آب قابل استفاده خاک از جمله مهم‌ترین عوامل موثر در مدیریت خاک و تولید محصول است.

مقدار ماده آلی خاک، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک و فرآیندهای خاک را به شدت تحت تأثیر قرار داده و یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود. در واقع ماده آلی عاملی برای تداوم حاصلخیزی خاک و جلوگیری از فرسایش بوده، و باعث افزایش گنجایش نگهداشت آب و در نتیجه افزایش میزان مقاومت گیاه در اقلیم‌های گرم و خشک می‌شود. بقایای تازه، بیوچار و کمپوست از جمله مواد آلی بهبوددهنده شرایط فیزیکی و پایداری ساختمان خاک و در پی آن افزایش‌دهنده گنجایش نگهداشت آب خاک هستند (Ibrahim et al., 2013).

مقدار آب قابل استفاده خاک (SAW)، از جمله مهم‌ترین ویژگی فیزیکی خاک بوده که متأثر از بافت، ساختمان و توزیع اندازه ذرات خاک است. به منظور توصیف آب قابل استفاده خاک مفاهیم مختلفی در صد سال اخیر ارائه شده‌اند. مفهوم آب قابل دسترس گیاه[2] (PAW) از اولین و متداول‌ترین مفاهیم ارائه‌شده در این زمینه است. ولی در سال‌های اخیر تعاریف نوینی

[1]-Soil available water
[2]-Plant available water

به منظور توصیف کمّی مقدار آب قابل استفاده خاک برای گیاه پیشنهاد شده‌اند. این مفاهیم عبارتند از: دامنه رطوبتی بدون محدودیت[۳] (NLWR)، دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت[۴] (LLWR)، گنجایش آب انتگرالی[۵] (IWC) و انرژی انتگرالی[۶] (E_I).

آب قابل دسترس گیاه (PAW) اولین مفهومی است که توسط ویشمایر و هندریکسون (۱۹۳۱) پیشنهاد شده است. در این دیدگاه آن‌ها بیان داشتند که آب قابل دسترس گیاه، کل آب خاک در محدوده گنجایش زراعی[۷] (FC) تا نقطه پژمردگی دائم[۸] (PWP) است (Veihmeyer and Hendrickson, 1931):

$$\mathrm{PAW} = \mathrm{FC} - \mathrm{PWP} = \int_{h_{\mathrm{FC}}}^{h_{\mathrm{PWP}}} C(h)\,dh \qquad (۱)$$

در مفهوم PAW فرض می‌شود تمام آب خاک موجود بین FC و PWP به طور یکنواخت در دسترس گیاه است. با توجه به کاستی‌های این مفهوم، در دهه‌های اخیر مفاهیم دیگری در رابطه با آب قابل استفاده خاک برای گیاه پیشنهاد شد.

NLWR در سال ۱۹۸۵ توسط لتی پیشنهاد شد (Letey, 1985) و در سال ۱۹۹۴ داسیلوا و همکاران واژه NLWR را باتوجه به اثرگذاری تغییرات محیطی و عوامل محدودکننده دیگر کمّی کرده و با مفهوم LLWR (دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت) جایگزین نمودند. LLWR دامنه‌ای از رطوبت خاک است که محدودیت برای رشد گیاه در ارتباط با پتانسیل ماتریک، تهویه و مقاومت مکانیکی خاک، حداقل است (da Silva et al., 1994):

$$\mathrm{LLWR} = \mathrm{UL} - \mathrm{LL} = \int_{h_{\mathrm{UL}}}^{h_{\mathrm{LL}}} C(h)\,dh \qquad (۲)$$

برای محاسبه LLWR لازم است حد بالایی[۹] (UL) و حد پایینی[۱۰] (LL) آن مشخص شود. در صورتی که در مکش ماتریک ۱۰۰ یا ۳۳۰ هکتوپاسکال، میزان تخلخل تهویه‌ای به اندازه‌ی برطرف ساختن نیاز اکسیژن ریشه رسیده باشد، مقدار رطوبت نظیر مکش ماتریک ۱۰۰ یا ۳۳۰ هکتوپاسکال به عنوان حد بالایی در نظر گرفته می‌شود. در غیر این صورت، رطوبت نظیر تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد به عنوان حد بالایی در نظر گرفته می‌شود.

گرونولت و همکاران (۲۰۰۱) گنجایش آب انتگرالی (IWC) را به عنوان روش نوینی برای محاسبه آب قابل استفاده خاک پیشنهاد نمودند. در این روش توابع وزنی با توجه به دامنه محدودیت‌ها به عنوان ضریب، در مقدار آب لایه خاک ضرب شده و سپس انتگرال‌گیری برای تعیین کل آب قابل استفاده انجام می‌گیرد که معادله کلی آن به شکل زیر است (Groenevelt et al., 2001):

$$\mathrm{IWC} = \int_0^{\infty} [\prod_{i=1}^{n} \omega_i(h)]\,C(h)\,dh \qquad (۳)$$

که در اینجا $C(h) = |d\theta/dh|$، گنجایش ویژه رطوبتی[۱۱] یا شیب منحنی مشخصه رطوبتی بر حسب hPa^{-1} بوده و با مشتق‌گیری از معادله منحنی مشخصه رطوبتی خاک[۱۲] (SWCC) بدست می‌آید؛ $\omega_i(h)$ توابع وزنی[۱۳] برای انواع محدودیت‌های فیزیکی $(i = 1,2,\ldots,n)$ است که مقادیر آن در دامنه صفر (محدودیت کامل) تا ۱ (بدون محدودیت) تغییر می‌کند و h مکش ماتریک بر حسب hPa و Π نشان‌دهنده *ضرب‌پذیری*[۱۴] توابع وزنی است.

مقدار ماده آلی خاک، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک و فرآیندهای خاک را به شدت تحت تأثیر قرار داده و یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود. در واقع ماده آلی عاملی برای تداوم حاصلخیزی خاک و جلوگیری از فرسایش بوده، و باعث افزایش گنجایش نگهداشت آب و در نتیجه افزایش میزان مقاومت گیاه در اقلیم‌های گرم و خشک می-

---

[3]-Non–limiting water range
[4]-Least limiting water range
[5]-Integral water capacity
[6]-Integral energy
[7]-Field capacity
[8]-Permanent wilting point
[9]-Upper limit
[10]-Lower limit
[11]-Specific water capacity
[12]-Soil water characteristic curve
[13]-Weighting functions
[14]-Multiplicativity

شود. بقایای تازه، بیوچار و کمپوست از جمله مواد آلی بهبوددهنده شرایط فیزیکی و پایداری ساختمان خاک و در پی آن افزایش‌دهنده گنجایش نگهداشت آب خاک هستند. پژوهش‌های اندکی به بررسی هم‌زمان اثر بقایای تازه، بیوچار و کمپوست بر مقدار آب قابل استفاده خاک پرداخته است. در این راستا، هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر بقایای تازه، بیوچار و کمپوست شاخساره درختچه برگ نو بر کمیّت‌های آب قابل استفاده خواهد بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از دو خاک لوم رسی و لوم شنی (با ویژگی‌های دیگر تقریباً یکسان) در استان اصفهان استفاده شد. سعی بر آن بود که تنها تفاوت این دو خاک در بافت و مقدار رس آن‌ها باشد. به منظور انتخاب ماده آلی و تبدیل آن به بیوچار و کمپوست، از گیاه برگ نو استفاده شد.

به منظور بازسازی نمونه‌های خاک، تاثیر بیش‌تر تیمارهای آلی بر ساختمان خاک و شبیه‌سازی شرایط طبیعی، ۱۰ چرخه تر و خشک‌شدن بر نمونه‌های خاک اعمال شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت توسط پل رطوبتی به رطوبت گنجایش زراعی رسانده شد، و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون هواکش‌دار در دمای ۳۵ سلسیوس قرار گرفته و خشک شدند. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور و در دمای ۲۴ درجه سلسیوس قرار می‌گرفتند.

برای اندازه‌گیری منحنی مشخصه رطوبتی، نمونه‌های خاک ساخته‌شده درون سیلندرها به آهستگی طی ۲۴ ساعت از قسمت زیر اشباع شدند. سپس مقدار رطوبت در مکش‌های ماتریک ۰، ۱، ۱۰ و ۵۰ هکتوپاسکال با استفاده از دستگاه جعبه شن، در مکش‌های ماتریک ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۳۰ هکتوپاسکال به کمک دستگاه جعبه شن-کائولین و در مکش‌های ماتریک بیش‌تر (یعنی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ هکتوپاسکال) با استفاده از دستگاه صفحه فشار اندازه‌گیری شد. توزیع اندازه منافذ در خاک‌های مورد مطالعه از توزیع دو-نمایی[15] پیروی می‌کند. بنابراین مدل دو-تخلخلی[16] دورنر (Durner, 1994) با محدودیت معلم (Mualem, 1976) توسط ابزار Excel Solver بر داده‌های منحنی مشخصه رطوبتی خاک برازش داده شد.

مقاومت فروروی خاک با ریز-فروسنج مخروطی اندازه‌گیری شد. این ویژگی در مکش‌های ماتریک ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ هکتوپاسکال اندازه‌گیری شد. داده‌های منحنی مشخصه مقاومت مکانیکی خاک با استفاده از مدل تنظیم-شده ون‌گنوختن (van Genuchten, 1980) توسط ابزار Excel Solver مدل‌سازی شده و پارامترهای برازش مدل گزارش شد.

پس از مدل‌سازی داده‌های منحنی مشخصه رطوبتی و منحنی مشخصه مقاومت مکانیکی خاک و تعیین پارامترهای برازش، کمیّت‌های آب قابل استفاده خاک با استفاده از نرم‌افزار SAWCal، که توسط عسگرزاده و همکاران (۲۰۱۴) توسعه یافته است، محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مقادیر آب فراهم گیاه (PAW_{100} و PAW_{330})، دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ($LLWR_{100}$ و $LLWR_{330}$) و گنجایش آب انتگرالی (IWC) در جدول ۱ ارائه شده است. مقایسه میانگین مقادیر آب فراهم خاک (SAW) محاسبه‌شده توسط PAW_{100}، PAW_{330}، $LLWR_{100}$، $LLWR_{330}$ و IWC نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای نوع خاک و درصد کاربرد تیمارهای آلی وجود دارد (جدول ۲). PAW تنها بر اساس جذب یکنواخت تمام آب موجود در دامنه بین FC و PWP بوده و نیاز ریشه به اکسیژن در دامنه مرطوب و محدودیت مقاومت مکانیکی زیاد و هدایت هیدرولیکی کم در دامنه خشک را در نظر نگرفته است. بنابراین مقادیر محاسبه‌شده SAW در خاک‌های مورد بررسی با استفاده از کمّیت PAW از سایر کمّیت‌ها بیش‌تر است. در سطح ۲ درصد تیمارهای آلی و هم‌چنین در خاک لوم رسی، مقدار IWC از PAW بیش‌تر

[15]-Bi-modal pore size distribution
[16]-Dual-porosity model

است که علت آن می‌تواند به اثر مثبت تیمارهای آلی افزوده‌شده بر ساختمان و کیفیت خاک مربوط باشد که سبب تعدیل اثر دیگر محدودیت‌ها در این تیمارها شده است.

در خاک لوم رسی، به دلیل منافذ مویینه و سطح ویژه بیش‌تر، نگه‌داشت آب به ویژه در دامنه SAW بیش‌تر از خاک لوم شنی است. هم‌چنین پس از افزودن بقایا، محدودیت تهویه ضعیف (در دامنه مرطوب) و یا مقاومت مکانیکی زیاد (در دامنه خشک) برای جذب آب توسط ریشه تعدیل شده و در نتیجه SAW افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که در سطح ۲ درصد تیمارهای آلی این محدودیت‌های فیزیکی ناچیز شده است یعنی توابع وزنی محدودیت‌ها در دامنه رطوبتی وسیع‌تری برابر با یک است که سبب افزایش مقدار IWC گشته است.

با توجه به جدول ۲ دیده می‌شود که بین کمیّت‌های $LLWR_{100}$ و $LLWR_{330}$ و هم‌چنین بین PAW_{100} و PAW_{330} تفاوت وجود دارد که علت این تفاوت انتخاب حد بالایی متفاوت ($\theta_{FC\text{-}100}$ یا $\theta_{FC\text{-}330}$) در هنگام محاسبات SAW است. این نتیجه بدان معناست که با وجود انتخاب روش مشابه (مثلاً LLWR)، انتخاب مکش ماتریک برای گنجایش زراعی می‌تواند به طور معنی‌داری بر مقدار آب قابل استفاده محاسبه‌ای مؤثر باشد. معمولاً مقدار آبی که در دامنه مکش ماتریک ۱۰۰ تا ۳۳۰ هکتوپاسکال وجود دارد، قابل توجه بوده و باعث ایجاد تفاوت قابل توجه بین مقادیر SAW محاسبه‌شده در روش‌های مشابه محاسبه آب قابل استفاده می‌شود. بنابراین انتخاب مکش ماتریک متناسب با گنجایش زراعی، یکی از مباحث مهم در تعیین آب فراهم خاک است که باید با توجه به نوع خاک و شرایط طبیعی مورد بررسی قرار گیرد.

به طور کلی مقادیر محاسبه‌شده برای IWC بزرگ‌تر از مقدار محاسبه‌شده برای $LLWR_{100}$ است (جدول ۲). بنابراین می‌توان گفت که در مجموع روش IWC نسبت به روش LLWR مقادیر آب قابل استفاده بیش‌تری محاسبه می‌کند. علت این یافته انتخاب محدوده‌های بحرانی متفاوت و تغییر تدریجی این محدودیت‌ها با مکش ماتریک خاک در روش محاسبه IWC است. عسگرزاده و همکاران (۱۳۹۱) و حسینی (۱۳۹۴) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها گزارش کرده‌اند که مقادیر SAW محاسبه‌شده توسط مفاهیم مختلف با یکدیگر تفاوت داشته و در اغلب خاک‌ها و تیمارهای مورد بررسی آنها مقادیر SAW محاسبه‌شده با کمّیت IWC در مقایسه با سایر کمّیت‌ها بیش‌تر بوده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس بر مبنای میانگین مربعات داده‌ها (MS) داده‌ها برای مقادیر آب فراهم گیاه (PAW_{100} و PAW_{330})، دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ($LLWR_{100}$ و $LLWR_{330}$) و گنجایش آب انتگرالی (IWC) در تیمارهای مورد بررسی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	MS				
		PAW_{100}	PAW_{330}	$LLWR_{100}$	$LLWR_{330}$	IWC
		$cm^3\ cm^{-3}$				
تیمار	۶					
شاهد در برابر تیمارهای آلی	۱	ns ۰/۰۰۰۵۳	* ۰/۰۰۵۱	ns ۰/۰۰۰۵	ns ۰/۰۰۳۱	* ۰/۰۰۴۸
نوع تیمار آلی	۲	ns ۰/۰۰۰۳۳	ns ۰/۰۰۰۰۵	ns ۰/۰۰۰۸۷	ns ۰/۰۰۶۲	* ۰/۰۰۴
درصد تیمار آلی	۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱۳	** ۰/۰۰۳۰۲	ns ۰/۰۰۲۵	** ۰/۰۱۰۵
نوع تیمارآلی × درصد تیمار آلی	۲	ns ۰/۰۰۰۶	ns ۰/۰۰۰۱۴	ns ۰/۰۰۰۷۹	ns ۰/۰۱۳۵	ns ۰/۰۰۷۰
بافت خاک	۱	* ۰/۰۰۲	ns ۰/۰۰۱۵	* ۰/۰۰۲	ns ۰/۰۲۴	** ۰/۰۰۴۸
تیمار × بافت خاک	۶					
شاهد در برابر تیمار آلی × بافت	۱	ns ۰/۰۰۰۵۳	* ۰/۰۰۵۱	ns ۰/۰۰۰۵	ns ۰/۰۰۳۱	* ۰/۰۰۴۸
نوع تیمار آلی × بافت	۲	ns ۰/۰۰۰۱۹	ns ۰/۰۰۰۱۴	ns ۰/۰۰۰۰۰۸	ns ۰/۰۰۹۵	ns ۰/۰۰۰۰۱۸
درصد تیمار آلی × بافت	۱	ns ۰/۰۰۵۷	ns ۰/۰۰۰۱۵	ns ۰/۰۰۰۶۷	ns ۰/۰۱۲۸	ns ۰/۰۰۰۵۵
نوع تیمار آلی × درصد تیمار آلی × بافت	۲	ns ۰/۰۰۶۲	ns ۰/۰۰۰۲۹	ns ۰/۰۰۰۶۰۹	ns ۰/۰۰۷۰	ns ۰/۰۰۰۹
خطا	۲۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۰۱	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۰۹

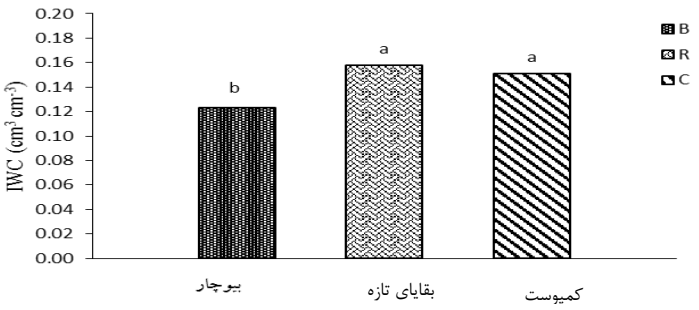
*، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می‌باشند. ns بیانگر عدم وجود اثر معنی‌دار است.

جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که نوع خاک دارای اثر معنی‌دار بر مقادیر PAW_{100}، PAW_{330}، $LLWR_{100}$ و IWC است (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر بافت (نوع) خاک بر کمیّت‌های آب قابل استفاده نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار SAW، همواره در خاک لوم رسی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با خاک لوم شنی داشت. در خاک لوم رسی، کم‌ترین مقدار SAW مربوط به PAW_{330} و بیش‌ترین مقدار SAW محاسبه‌شده مربوط به IWC است. بنابراین به طور کلی می‌توان گفت با ریزشدن بافت خاک، مقادیر SAW محاسبه‌شده توسط کمیّت‌های PAW_{100}، PAW_{330}، $LLWR_{100}$ و IWC افزایش معنی‌داری یافته است. اثر افزایشی مقدار رس بر کمیّت‌های مختلف SAW را می‌توان به اثر افزایشی شدیدتر آن بر مقادیر رطوبتی تعیین-شده برای حد بالایی این کمیّت‌ها نسبت داد؛ در واقع افزایش مقدار رس با افزایش نگه¬داشت آب در مکش‌های کم تا میانه (به دلیل ساختمان‌سازی و افزایش منافذ متوسط) سبب افزایش مقدار آب فراهم خاک شده است. نتایج این پژوهش با یافته-های داسیلوا و همکاران (۱۹۹۷) برای LLWR هماهنگی دارد. صفادوست و همکاران (۲۰۱۴) نیز دریافتند که مقدار LLWR در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی است. اونلس و آرچر (۲۰۰۵) با استفاده از بانک اطلاعاتی خاک‌های آمریکا نشان دادند که با افزایش مقدار کربن آلی در صورت ثابت‌بودن سایر ویژگی‌ها مانند بافت، ساختمان و کانی‌شناسی خاک، PAW به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که نوع تیمار آلی تنها بر کمیّت IWC اثر معنی‌دار داشته است (جدول ۱). بیش‌ترین مقادیر آب فراهم محاسبه‌شده مربوط به تیمارهای بقایای تازه و کمپوست است که مقدار آن‌ها به طور معنی‌داری از بیوچار بیش‌تر است (شکل ۱). در توجیه این یافته می‌توان گفت که بقایای تازه و کمپوست با اثر قوی‌تر در تعدیل محدودیت‌های فیزیکی خاک (برای نمونه مقاومت مکانیکی)، ویژگی آب‌دوستی و افزایش نگه‌داشت رطوبت، سبب افزایش مقدار آب فراهم خاک می‌شوند. این درحالی است که اثر کم‌تر بیوچار بر مقدار آب فراهم محاسبه‌شده نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به اثر کم‌تر آن در تعدیل محدودیت‌های فیزیکی خاک نسبت داد. البته ممکن است اثر سایر عوامل مانند بافت و ساختمان خاک بر روند تغییرات مؤثر بوده و اثر کیفیت و یا کمّیت مواد آلی افزوده‌شده را تحت‌الشعاع قرار دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر نوع خاک و مقدار تیمارهای آلی بر مقادیر آب فراهم گیاه (PAW_{100} و PAW_{330})، دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ($LLWR_{100}$ و $LLWR_{330}$) و گنجایش آب انتگرالی (IWC)

تیمارهای آزمایشی	PAW_{100}	PAW_{330}	$LLWR_{100}$	IWC
	---------- $cm^3\ cm^{-3}$ ----------			
نوع خاک				
لوم شنی (SL)	۰/۱۳۰^{b}	۰/۱۱۹^{a}	۰/۱۰۹^{b}	۰/۱۲۹^{b}
لوم رسی (CL)	۰/۱۴۴^{a}	۰/۱۰۷^{a}	۰/۱۲۴^{a}	۰/۱۵۰^{a}
درصد تیمارآلی				
۱	۰/۱۳۱^{b}	۰/۰۹۲^{b}	۰/۱۰۹^{b}	۰/۱۲۷^{b}
۲	۰/۱۴۵^{a}	۰/۱۰۴^{a}	۰/۱۲۷^{a}	۰/۱۶۱^{a}

در هر ستون و در هر گروه اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, $p<$۰/۰۵).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر نوع تیمار آلی بر مقادیر گنجایش آب انتگرالی (IWC). ستون‌های دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار با یکدیگر دارند (LSD, $p<$۰/۰۵).

منابع

حسینی، ف.، ۱۳۹۴. اثر هم‌زیستی قارچ اندوفیت-گیاه بر فراهمی آب و ویژگی‌های فیزیکی خاک، و رشد گیاه تحت تنش‌های خشکی و مکانیکی. رساله دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

عسگرزاده، ح.، ۱۳۹۱. مفاهیم نوین آب قابل استفاده برای گیاه: ارزیابی هم‌خوانی بین اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای. رساله دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

Asgarzadeh, H., M. R. Mosaddeghi and A. M. Nikbakht. 2014b. SAWCal: A user-friendly program for calculating soil available water quantities and physical quality indices. *Comput. Electron. Agric.* 109: 86–93.

da Silva, A. P., and B. D. Kay. 1997. Estimating least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 877–883.

da Silva, A. P., B. D. Kay and E. Perfect. 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1775–1782.

Durner, W., 1994. Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. *Water Resour. Res.* 30: 211–223.

Groenevelt, P. H., C. D. Grant and S. Semetsa. 2001. A new procedure to determine soil water availability. *Aust. J. Soil Res.* 39: 577–598.

Ibrahim, H. M., M. I. Wabel, A. R. A. Usman and A. Al-Omran. 2013. Effect of Conocarpus Biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. *Soil Sci.* 178: 165–173.

Kirkham, M. B., 2005. *Principles of Soil and Plant Water Relations*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.

Letey, J., 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil Sci.* 1: 277–294.

Mualem, Y., 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.* 12: 513–522.

Olness, A., and D. Archer. 2005. Effect of organic carbon on available water in soil. *Soil Sci.* 170: 90–101.

Safadoust, A., P. Feizee, A. A. Mahboubi, B. Gharabaghi, M. R. Mosaddeghi and B. Ahrens. 2014. Least limiting water range as affected by soil texture and cropping system. *Agric. Water Manage.* 136: 34–41.

van Genuchten, M. Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892–898.

Veihmeyer, F. J., and A. H. Hendrickson. 1931. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. *Soil Sci.* 32: 181–193.

Effect of *Ligustrum* Shoot Residues, Biochar and Compost on Available Water Quantities in Two Texturally–Different Soils

Mahsa Hadadian, Mohammad Reza Mosaddeghi and Hossein Shariatmadari
Former MSc Student and Professors, Respectively, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

Abstract

Water, air, mechanical resistance and temperature are the four main physical properties of soil affecting root growth and water uptake by plants. Soil organic conditioners could improve soil structure, physical quality and hydraulic properties. In this study organic treatments including *Ligustrum* shoot residues, biochar and compost were added in three levels (0, 1 and 2 mass percent) to two texturally-different soils, and then the treated soils were packed into steel cylinders. The amended soil samples were subjected to 10 wetting and drying cycles during an incubation period. Then, selected soil physical and chemical properties were measured in the treated soils. Soil available water quantities including PAW_{100}, $LLWR_{100}$ and IWC were greater in clay loam soil than in sandy loam soil. Moreover, adding the organic amendments significantly affected the IWC, while the effect of biochar was least .Overally, *Ligustrum*' shoot residues, and its' compost are valuable amendments for soil water management and enhancement of soil physical and chemical quality.

Keywords: Biochar, Compost, *Ligustrum* sp., Soil available water, Integral water capacity.